Kapitel 4

SQL

Generelle Anmerkungen

- SQL: Structured Query Language
- Früherer Name war SEQUEL
- Standardisierte Anfragesprache fuer relationale DBMS: SQL-89, SQL-92, SQL-99
- SQL ist eine deklarative Anfragesprache

Teile von SQL

- Vier große Teile:
  - DRL: Data Retrieval Language
  - DML: Data Manipulation Language
  - DDL: Data Definition Language
  - DCL: Data Control Language

DRL

- Die DRL enthält die Kommandos, um Anfragen stellen zu können
- Eine einfache Anfrage besteht aus den drei Klauseln **select**, **from** und **where**

select *Liste von Attributen*
from *Liste von Relationen*
where *Prädikat*;

Ein einfaches Beispiel

Student

MatrNr	Name	Geburtstag
1	Schmidt	1980-10-12
2	Müller	1982-07-30
3	Klein	1981-03-24
4	Meier	1982-07-30

Anfrage: "Gib mir die gesamte Information über alle Studenten"

```
select *
from Student;
```

Ergebnis

MatrNr	Name	Geburtstag
1	Schmidt	1980-10-12
2	Müller	1982-07-30
3	Klein	1981-03-24
4	Meier	1982-07-30

Attribute selektieren

Anfrage: "Gib mir die Matrikelnr und den Namen aller Studenten"

```
select  MatrNr, Name
from    Student;
```

MatrNr	Name
1	Schmidt
2	Müller
3	Klein
4	Meier

Duplikateliminierung

- Im Gegensatz zur relationalen Algebra eliminert SQL keine Duplikate
- Falls Duplikateliminierung erwünscht ist, muß das Schlüsselwort **distinct** benutzt werden

Beispiel

```
select  Geburtstag
from    Student;
```

Geburtstag
1980-10-12
1982-07-30
1981-03-24
1982-07-30

```
select  distinct Geburtstag
from    Student;
```

Birthdate
1980-10-12
1982-07-30
1981-03-24

Where Klausel

Anfrage: "Gib mir alle Informationen über Studenten mit einer MatrNr kleiner als 3"

```
select *
from   Student
where  MatrNr < 3;
```

MatrNr	Name	Geburtstag
1	Schmidt	1980-10-12
2	Müller	1982-07-30

Prädikate

- Prädikate in der where-Klausel können logisch kombiniert werden mit: AND, OR, NOT
- Als Vergleichsoperatoren können verwendet werden: $=, <, <=, >, >=$, between, like

Beispiel für Between

Anfrage: "Gib mir die Namen aller Studenten, die zwischen 1982-01-01 und 1984-01-01 geboren wurden"

```
select Name
from   Student
where Geburtstag between 1982-01-01 and 1984-01-01;
```

ist äquivalent zu

```
select Name
from   Student
where Geburtstag >= 1982-01-01
and   Geburtstag <= 1984-01-01;
```

Stringvergleiche

- Stringkonstanten müssen in einfachen Anführungszeichen eingeschlossen sein

Anfrage: "Gib mir alle Informationen über den Studenten mit dem Namen Meier"

```
select *
from Student
where Name = 'Meier';
```

Suche mit Jokern (Wildcards)

Anfrage: "Gib mir alle Informationen über Studenten deren Namen mit einem M anfängt"

```
select *
from Student
where Name like 'M%';
```

Mögliche Joker

- _ steht für ein beliebiges Zeichen
- % steht für eine beliebige Zeichenkette (auch der Länge 0)

Nullwerte

- In SQL gibt es einen speziellen Wert **NULL**
- Dieser Wert existiert für alle verschiedenen Datentypen und repräsentiert unbekannte, nicht verfügbare oder nicht anwendbare Werte
- Auf NULL wird folgendermaßen geprüft:

```
select *
from Student
where Geburtstag is NULL;
```

Nullwerte(2)

- Nullwerte werden in arithmetischen Ausdrücken durchgereicht: falls mindestens ein Operand NULL ist, ist das Ergebnis ebenfalls NULL
- SQL hat eine dreiwertige Logik: **wahr**(w), **falsch**(f), and **unbekannt**(u):

not	
w	f
u	u
f	w

and	w	u	f
w	w	u	f
u	u	u	f
f	f	f	f

or	w	u	f
w	w	w	w
u	w	u	u
f	w	u	f

- Im Ergebnis einer SQL-Anfrage tauchen nur Tupel auf, für die die Auswertung der where-Klausel wahr ergibt

Mehrere Relationen

- Falls mehrere Relationen in der from-Klausel auftauchen, werden sie mit einem Kreuzprodukt verbunden
- Beispiel:

Anfrage: "Gib alle Vorlesungen und Professoren aus"

```
select  *
from    Vorlesung, Professor;
```

Joins

- Kreuzprodukte machen meistens keinen Sinn, interessanter sind Joins
- Joinprädikate werden in der where-Klausel angegeben:

```
select *
from   Vorlesung, Professor
where  ProfPersNr = PersNr;
```

Joins(2)

- Es dürfen beliebig viele Relationnamen in der from-Klausel stehen
- Wenn keine Kreuzprodukte erwünscht, sollten alle in der where-Klausel gejoint werden
- Die verschiedenen Joinvarianten aus der relationalen Algebra sind auch in SQL möglich:

select *
from R_1 [natural|left outer|right outer|full outer]
join R_2 [on $R_1.A = R_2.B$];

Joins(3)

- Weiteres Problem: Namenskollisionen (gleichnamige Attribute in verschiedenen Relationen) müssen aufgelöst werden
- Beispiel: Join von
  - `Student(MatrNr, Name, Geburtstag)`
  - `besucht(MatrNr, Nr)`
  - `Vorlesung(Nr, Titel, Credits)`

Qualifizierte Attributnamen

- In dieser Beispielanfrage muß spezifiziert werden woher MatrNr und Nr herkommen sollen
- Dazu schreibt man den Relationenname vor den Attributnamen

```
select *
from   Student, besucht, Vorlesung
where  Student.MatrNr = besucht.MatrNr
and    besucht.Nr = Vorlesung.Nr;
```

Kurzform

- Um sich Tipparbeit zu sparen, können die Relationen auch umbenannt werden

```
select *
from   Student S, besucht B, Vorlesung V
where  S.MatrNr = B.MatrNr
and    B.Nr = V.Nr;
```

Mengenoperationen

- In SQL gibt es auch die üblichen Operationen auf Mengen: Vereinigung, Schnitt und Differenz
- Setzen wie in der relationalen Algebra gleiches Schema der verknüpften Relationen voraus

Vereinigung

Prof1

PersNr	Name
1	Moerkotte
2	Kemper

Prof2

PersNr	Name
2	Kemper
3	Weikum

Anfrage: "Vereinige beide Listen"

```
select * from Prof1
union
select * from Prof2;
```

PersNr	Name
1	Moerkotte
2	Kemper
3	Weikum

Duplikateliminierung

- Im Gegensatz zu **select** eliminiert **union** automatisch Duplikate
- Falls Duplikate im Ergebnis erwünscht sind, muß der **union all**-Operator benutzt werden

Schnitt

Prof1

PersNr	Name
1	Moerkotte
2	Kemper

Prof2

PersNr	Name
2	Kemper
3	Weikum

Anfrage: "Welche Professoren sind auf beiden Listen"

```
select * from Prof1
intersect
select * from Prof2;
```

PersNr	Name
2	Kemper

Mengendifferenz

Prof1

PersNr	Name
1	Moerkotte
2	Kemper

Prof2

PersNr	Name
2	Kemper
3	Weikum

Anfrage: "Welche Professoren sind auf der ersten aber nicht auf der zweiten Liste?"

```
select * from Prof1
except
select * from Prof2;
```

PersNr	Name
1	Moerkotte

Sortierung

- Tupel in einer Relation sind nicht (automatisch) sortiert
- Das Ergebnis einer Anfrage kann mit Hilfe der **order by**-Klausel sortiert werden
- Es kann aufsteigend oder absteigend sortiert werden (voreingestellt ist aufsteigend)

Beispiel

```
select *
from   Student
order by Geburtstag desc, Name;
```

MatrNr	Name	Geburtstag
4	Meier	1982-07-30
2	Müller	1982-07-30
3	Klein	1981-03-24
1	Schmidt	1980-10-12

Geschachtelte Anfragen

- Anfragen können in anderen Anfragen geschachtelt sein, d.h. es kann mehr als eine select-Klausel geben
- Geschachteltes select kann in der where-Klausel, in der from-Klausel und sogar in einer select-Klausel selbst auftauchen
- Im Prinzip wird in der "inneren" Anfrage ein Zwischenergebnis berechnet, das in der "äußeren" benutzt wird

Select in Where-Klausel

- Zwei verschiedene Arten von Unteranfragen: korrelierte und unkorrelierte
- unkorreliert: Unteranfrage bezieht sich nur auf "eigene" Attribute
- korreliert: Unteranfrage referenziert auch Attribute der äußeren Anfrage

Unkorrelierte Unteranfrage

Anfrage: "Gib mir die Namen aller Studenten, die die Vorlesung Nr 5 besuchen"

```
select S.Name
from   Student S
where  S.MatrNr in
       (select B.MatrNr
       from   besucht B
       where  B.Nr = 5);
```

- Unteranfrage wird einmal ausgewertet, für jedes Tupel der äußeren Anfrage wird geprüft, ob die MatrNr im Ergebnis der Unteranfrage vorkommt

Korrelierte Unteranfrage

Anfrage: "Finde alle Professoren für die Assistenten mit verschiedenen Fachgebieten arbeiten"

```
select  distinct P.Name
from    Professor P, Assistent A
where   A.Boss = P.PersNr
and     exists
        (select *
        from    Assistent B
        where   B.Boss = P.PersNr
        and     A.Fachgebiet <> B.Fachgebiet);
```

- Für jedes Tupel der äußeren Anfrage hat innere Anfrage verschiedene Werte, das exists-Prädikat ist wahr, wenn die Unteranfrage mind. ein Tupel enthält

Andere geschachtelte Selects

- Beim Schachteln eines selects in einer select-Klausel muß darauf geachtet werden, daß nur ein Tupel mit einem Attribut zurückgeliefert wird
- Beim Schachteln in einer from-Klausel sind korrelierte Unteranfragen (je nach DBMS) oft nicht erlaubt

Aggregatfunktionen

- Attributwerte (oder ganze Tupel) können auf verschiedene Arten zusammengefaßt werden
  - Zählen: count()
  - Aufsummieren: sum()
  - Durchschnitt bilden: avg()
  - Maximum finden: max()
  - Minimum finden: min()

Beispiel

Student

MatrNr	Name	Geburtstag
1	Schmidt	1980-10-12
2	Müller	1982-07-30
3	Klein	1981-03-24
4	Meier	1982-07-30

```
select count(*)
from   Student;
```

1
4

Beispiel(2)

Student

MatrNr	Name	Geburtstag
1	Schmidt	1980-10-12
2	Müller	1982-07-30
3	Klein	1981-03-24
4	Meier	1982-07-30

```
select count(distinct Geburtstag)
from   Student;
```

1
3

Min/Max

Anfrage:"Gib mir den Studenten mir der größten MatrNr"'

```
select  Name, max(MatrNr)
from    Student;
```

- Funktioniert so nicht!!!

Min/Max(2)

- Aggregatfunktionen reduzieren alle Werte einer Spalte zu einem **einzigen** Wert
- Für das Attribut `MatrNr` sagen wir dem DBMS, daß das Maximum genommen werden soll
- Für das Attribut `Name` geben wir dem DBMS keinerlei Information, wie die ganzen verschiedenen Namen auf einen reduziert werden sollen

Min/Max(3)

- Wie geht es richtig?
- Mit Hilfe einer geschachtelten Anfrage:

```
select  MatrNr, Name
from    Student
where   MatrNr =
        (select max(MatrNr)
        from Student);
```

Gruppieren

- Manchmal möchte man Tupel in verschiedene Gruppen aufteilen und diese Gruppen getrennt aggregieren

Anfrage:"Für jede Vorlesung zähle die Anzahl der teilnehmenden Studenten"

```
select Nr, count(*) as Anzahl
from   besucht
group by Nr;
```

Ergebnis

besucht

MatrNr	Nr
1	1
1	2
2	1
2	3
4	1
4	2
4	3

$\longrightarrow$

Nr	Anzahl
1	3
2	2
3	2

Gruppieren(2)

- Alle Attribute die nicht in der group by-Klausel auftauchen dürfen nur aggregiert in der select-Klausel stehen
- Z.B. ist folgende Anfrage nicht korrekt (aus dem gleichen Grund wie die erste max-Anfrage):

```
select  PersNr, Titel, count(*) as Anzahl
from    Vorlesung
group by PersNr;
```

Having

- Die where-Klausel wird vor dem Gruppieren ausgewertet
- Wenn nach der Gruppierung noch weiter ausgefiltert werden soll, muß **having**-Klausel benutzt werden

Illustration

Anfrage:"Finde alle Professoren die mehr als drei Vorlesungen halten"

```
select  PersNr, count(Nr) as AnzVorl
from    Vorlesung
group by PersNr
having count(*) > 3;
```

Sichten

- Gehören eigentlich zur DDL
- Werden aber oft verwendet, um Anfragen übersichtlicher zu gestalten, deswegen besprechen wir sie hier
- Stellen eine Art "virtuelle Relation" dar
- Zeigen einen Ausschnitt aus der Datenbank

Sichten(2)

- Vorteile
  - Vereinfachen den Zugriff für bestimmte Benutzergruppen
  - Können eingesetzt werden, um den Zugriff auf die Daten einzuschränken
- Nachteile
  - Nicht auf allen Sichten können Änderungsoperationen ausgeführt werden

Komplizierte Anfrage

Anfrage:"Finde die Namen aller Professoren die Vorlesungen halten, die mehr als der Durchschnitt an Credits wert sind und die mehr als drei Assistenten beschäftigen"

- Es wird nicht gleich alles auf einmal gemacht, sondern in kleinere übersichtlichere Teile heruntergebrochen
- Diese Teile werden mit Hilfe von Sichten realisiert

Komplizierte Anfrage(2)

- Finde alle Vorlesungen mit überdurchschnittlich viel Credits:

```
create view ÜberSchnittCredit as
select  Nr, ProfPersNr
from    Vorlesung
where   Credits >
        (select avg (Credits)
        from    Vorlesung);
```

Komplizierte Anfrage(3)

- Finde (die PersNr) aller Professoren mit mehr als drei Assistenten:

```
create view VieleAssistenten as
select  Boss
from    Assistent
group by Boss
having count(*) > 3;
```

Komplizierte Anfrage(4)

- Jetzt wird alles zusammengesetzt (dabei können Sichten wie eine herkömmliche Relation angesprochen werden)

```
select  Name
from    Professor
where PersNr in
        (select PersNr
        from    ÜberSchnittCredit)
and PersNr in
        (select Boss
        from    VieleAssistenten);
```

DML

- DML enthält Befehle um
  - Daten einzufügen
  - Daten zu löschen
  - Daten zu ändern

Daten einfügen

- Daten werden mit dem **insert**-Befehl eingefügt
- Einfügen von konstanten Werten
  - Unter Angabe aller Attributwerte:

```
insert into Professor
values(123456, 'Kossmann', 012);
```

  - Weglassen von Attributwerten:

```
insert into Professor(PersNr, Name)
values(123456, 'Kossmann');
```

Daten einfügen(2)

- Daten aus anderen Relationen kopieren

```
insert into Professor(PersNr, Name)
select  PersNr, Name
from    Assistent
where   PersNr = 111111;
```

Daten ändern

- Änderungen werden mit dem **update**-Befehl vorgenommen

```
update Professor
set    ZimmerNr = 121
where  PersNr = 123456;
```

Daten löschen

- Der **delete**-Befehl löscht Daten

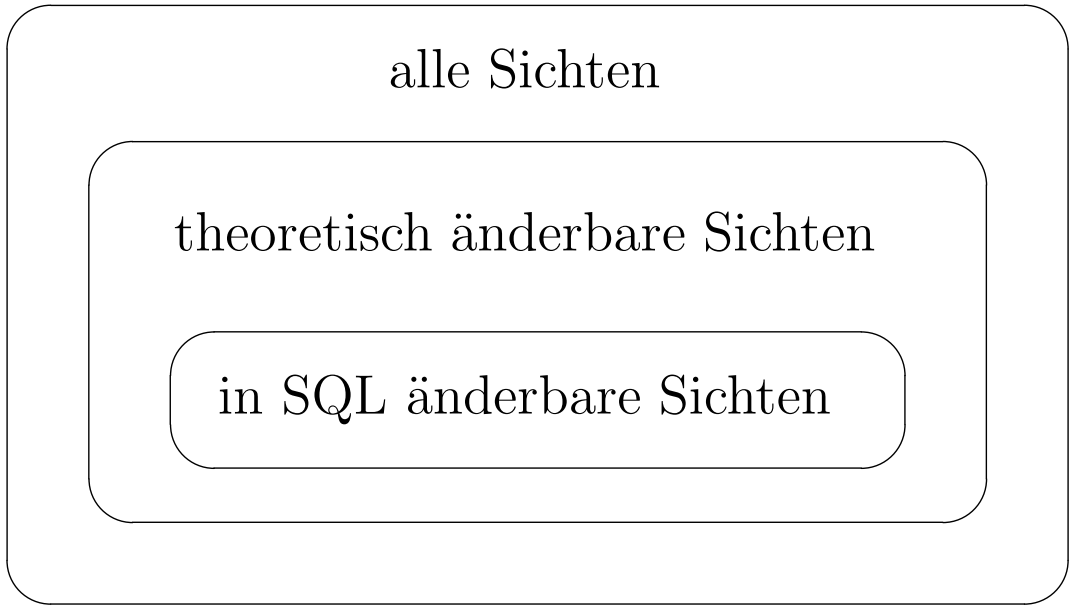
```
delete from Professor
where PersNr = 123456;
```

- Vorsicht! Das Weglassen der where-Klausel löscht den Inhalt der gesamten Relation

```
delete from Professor;
```

Änderbarkeit von Sichten

- In SQL
  - nur eine Basisrelation
  - Schlüssel muss vorhanden sein
  - keine Aggregatfunktionen, Gruppierung und Duplikatelimination
- Allgemein:



DDL

- Mit Hilfe der DDL kann das Schema einer Datenbank definert werden
- Enthält auch Befehle, um den Zugriff auf Daten zu kontrollieren

Relationen anlegen

- Mit dem **create table**-Befehl werden Relatinen angelegt

```
create table Professor (
  PersNr     integer,
  Name       varchar(80),
  ZimmerNr   integer
);
```

Schlüssel definieren

- Für jede Relation kann ein Primärschlüssel definiert werden

```
create table Professor (
  PersNr      integer,
  Name        varchar(80),
  ZimmerNr    integer ,
  primary key (PersNr)
);
```

Integritätsbedingungen

- Zu den Aufgaben eines DBMS gehört es auch, die Konsistenz der Daten zu sichern
- Semantische Integritätsbedingungen beschreiben Eigenschaften der modellierten Miniwelt
- DBMS kann mit Hilfe von Constraints automatisch diese Bedingungen überprüfen

Constraints

- Neben Primärschlüsseln gibt es eine ganze Reihe weiterer Integritätsbedingungen:
  - not null
  - unique
  - check-Klauseln

Not Null Constraint

- Erzwingt, daß beim Einfügen von Tupeln bestimmte Attributwerte angegeben werden müssen
- Zwingend für Schlüssel

```
create table Professor (
  PersNr     integer not null primary key,
  Name       varchar(80) not null,
  ZimmerNr   integer
);
```

Check-Klauseln

- Durch **check**-Klauseln kann der Wertebereich für Attribute eingeschränkt werden

```
create table Professor (
  PersNr     integer not null primary key,
  Name       varchar(80) not null,
  ZimmerNr   integer
  check (ZimmerNr > 0 and ZimmerNr < 99999),
);
```

Check-Klauseln(2)

- In Check-Klauseln können vollständige SQL-Anfragen angegeben werden

```
create table besucht (
  MatrNr   integer,
  Nr       integer,
  check    (MatrNr not in
           (select G.MatrNr
           from prüft P
           where P.Nr = besucht.Nr
           and P.Note < 5)),
  primary key (MatrNr, Nr)
);
```

Referentielle Integrität

- R und S sind zwei Relationen mit den Schemata $\mathcal{R}$ bzw. $\mathcal{S}$
- κ ist Primärschlüssel von R
- Dann ist $\alpha \subset \mathcal{S}$ ein Fremdschlüssel, wenn für alle Tupel $s \in S$ gilt:
  - $s.\alpha$ enthält entweder nur Nullwerte oder nur Werte ungleich Null
  - Enthält $s.\alpha$ keine Nullwerte, so existiert ein Tupel $r \in R$ mit $s.\alpha = r.\kappa$
- Die Einhaltung dieser Eigenschaften wird *referentielle Integrität* genannt

Referentielle Integrität(2)

- In SQL kann referentielle Integrität durchgesetzt werden:

```
create table Professor (
  PersNr  integer primary key,
  ...
);
create table Vorlesung (
  Nr              integer primary key,
  ...
  ProfPerNr    integer not null,
  foreign key (ProfPersNr)
  references Professor(PersNr)
);
```

Referentielle Integrität(3)

- Änderungen an Schlüsselattributen können automatisch propagiert werden
- **set null**: alle Fremdschlüsselwerte die auf einen Schlüssel zeigen der geändert oder gelöscht wird werden auf NULL gesetzt
- **cascade**: alle Fremdschlüsselwerte die auf einen Schlüssel zeigen der geändert oder gelöscht wird werden ebenfalls auf den neuen Wert geändert bzw gelöscht

Referentielle Integrität(4)

```
create table Vorlesung (
  Nr            integer primary key,
  ...
  ProfPersNr    integer not null,
  foreign key (ProfPersNr) references Professor(PersNr)
                [on delete {set null | cascade}]
                [on update {set null | cascade}]
);
```

Vorgegebene Werte

- Wenn beim Einfügen ein Attributwert nicht spezifiziert wird, dann wird ein vorgegebener Wert (default value) eingesetzt
- Wenn kein bestimmter Wert vorgegeben wird, ist NULL default value

```
create table Assistent (
  PersNr       integer not null primary key,
  Name         varchar(80) not null,
  Fachgebiet   varchar(200) default 'Informatik'
);
```

Indexe

- Indexe beschleunigen den Zugriff auf Relationen (verlangsamen allerdings Änderungsoperationen)
- Die meisten DBMS legen automatisch einen Index auf dem Primärschlüssel an (um schnell die Eindeutigkeit prüfen zu können)
- Weitere Details zu Indexen gibt es später

create [**unique**] **index** *Indexname*
on table *Relation* (*Attribut* [**asc** | **desc**],
Attribut [**asc** | **desc**], . . .)

Objekte entfernen

- Relationen, Sichten und Indexe können mit dem **drop**-Befehl wieder entfernt werden:
  - **drop table** *Relation*;
  - **drop view** *Sicht*;
  - **drop index** *Index*;

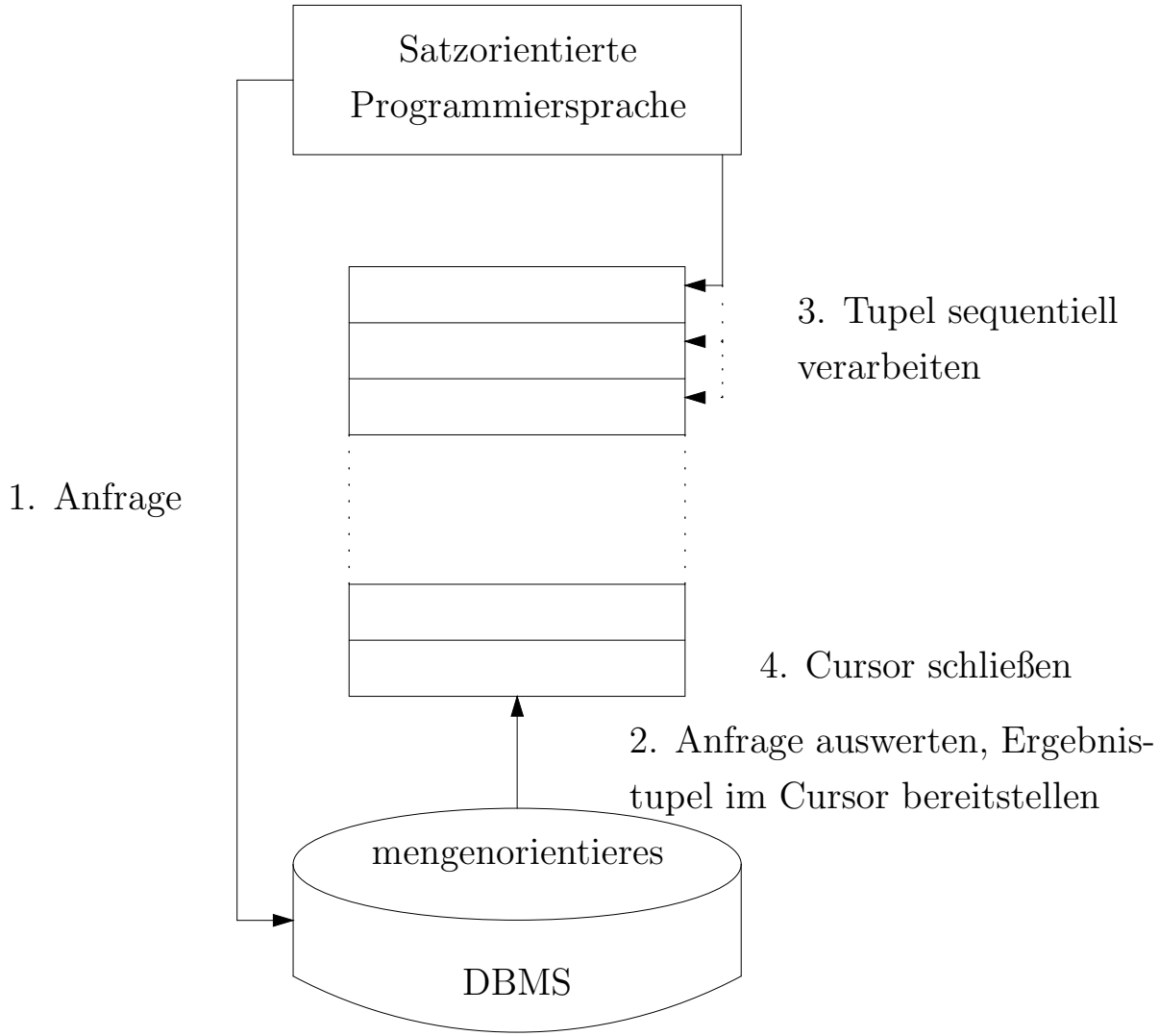
DCL

- Enthält Befehle um den Fluß von Transaktionen zu steuern
- Eine Transaktion ist eine Menge von Interaktionen zwischen Anwendung/Benutzer und dem DBMS
- Wird später im Rahmen von Transaktionsverwaltung behandelt

Varianten von SQL

- Eine Datenbank kann nicht nur interaktiv benutzt werden
- SQL kann in andere Programmiersprachen eingebettet werden
- Problem: SQL ist mengenorientiert, die meisten Programmiersprachen nicht

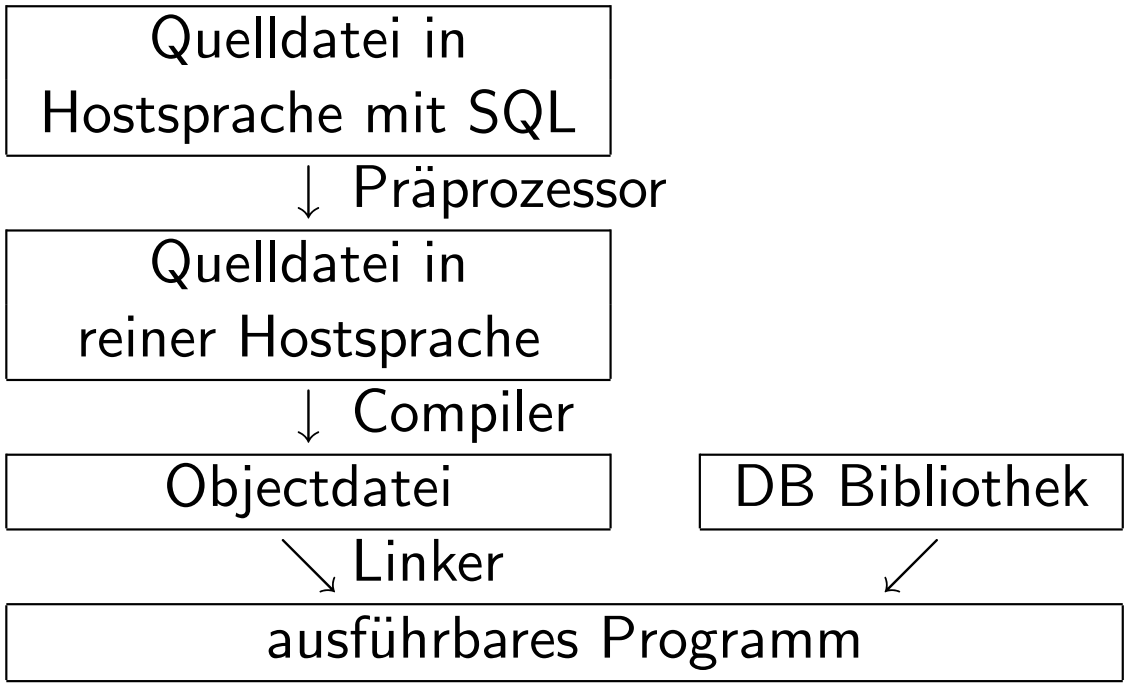
Anfragen in Anwendungen



Embedded SQL

- Hier werden SQL-Befehl direkt in die jeweilige Hostsprache eingebettet (z.B. C, C++, Java, etc.)
- SQL-Befehle werden durch ein vorangestelltes **EXEC SQL** markiert
- Sie werden vom Präprozessor durch Konstrukte der jeweiligen Sprache ersetzt

Embedded SQL(2)



Dynamic SQL

- Wird eingesetzt wenn die Anfragen zur Übersetzungszeit des Programms noch nicht bekannt sind
- Standardisierte Schnittstellen
  - ODBC (Open Database Connectivity)
  - JDBC (für Java)
- Flexibler, aber üblicherweise etwas langsamer als Embedded SQL

Zusammenfassung

- SQL ist *die* Standardsprache im Umgang mit relationalen Systemen
- SQL enthält Befehle zum Abrufen, Ändern, Einfügen und Löschen von Daten
- Es existieren weitere Befehle, um ein Schema zu definieren, den Zugriff zu kontrollieren und Transaktionen zu steuern