Teil II

Relationale Datenbanken – Daten als Tabellen

Relationale Datenbanken – Daten als Tabellen

Relationenmodell

- Konzeptuell ist die Datenbank eine Menge von Tabellen

WEINE

WeinID	Name	Farbe	Jahrgang	Weingut
1042	La Rose Grand Cru	Rot	1998	Château La Rose
2168	Creek Shiraz	Rot	2003	Creek
3456	Zinfandel	Rot	2004	Helena
2171	Pinot Noir	Rot	2001	Creek
3478	Pinot Noir	Rot	1999	Helena
4711	Riesling Reserve	Weiß	1999	Müller
4961	Chardonnay	Weiß	2002	Bighorn

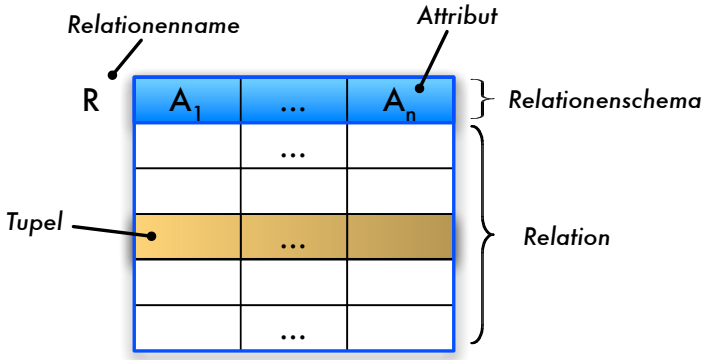
ERZEUGER

Weingut	Anbaugebiet	Region
Creek	Barossa Valley	South Australia
Helena	Napa Valley	Kalifornien
Château La Rose	Saint-Emilion	Bordeaux
Château La Pointe	Pomerol	Bordeaux
Müller	Rheingau	Hessen
Bighorn	Napa Valley	Kalifornien

- Tabelle = „Relation“

Darstellung von Relationen und Begriffe

- **Fett** geschriebene Zeilen: Relationenschema
- Weitere Einträge in der Tabelle: Relation
- Eine Zeile der Tabelle: Tupel
- Eine Spaltenüberschrift: Attribut
- Ein Eintrag: Attributwert



Integritätsbedingungen: Schlüssel

- Attribute einer Spalte identifizieren eindeutig gespeicherte Tupel: Schlüsseleigenschaft
- etwa **Weingut** für Tabelle **ERZEUGER**

ERZEUGER

Weingut	**Anbaugebiet**	**Region**
Creek	Barossa Valley	South Australia
Helena	Napa Valley	Kalifornien
Château La Rose	Saint-Emilion	Bordeaux
Château La Pointe	Pomerol	Bordeaux
Müller	Rheingau	Hessen
Bighorn	Napa Valley	Kalifornien

- auch Attributkombinationen können Schlüssel sein!
- Schlüssel können durch Unterstreichen gekennzeichnet werden

Integritätsbedingungen: Fremdschlüssel

- Schlüssel einer Tabelle können in einer anderen (oder derselben!) Tabelle als eindeutige Verweise genutzt werden: Fremdschlüssel, referenzielle Integrität
- etwa **Weingut** in **WEINE** als Verweise auf **ERZEUGER**
- ein Fremdschlüssel ist ein Schlüssel in einer „fremden“ Tabelle

Fremdschlüssel /2

WEINE

WeinID	Name	Farbe	Jahrgang	Weingut → ERZEUGER
1042	La Rose Grand Cru	Rot	1998	Château La Rose
2168	Creek Shiraz	Rot	2003	Creek
3456	Zinfandel	Rot	2004	Helena
2171	Pinot Noir	Rot	2001	Creek
3478	Pinot Noir	Rot	1999	Helena
4711	Riesling Reserve	Weiß	1999	Müller
4961	Chardonnay	Weiß	2002	Bighorn

ERZEUGER

Weingut	Anbaugebiet	Region
Creek	Barossa Valley	South Australia
Helena	Napa Valley	Kalifornien
Château La Rose	Saint-Emilion	Bordeaux
Château La Pointe	Pomerol	Bordeaux
Müller	Rheingau	Hessen
Bighorn	Napa Valley	Kalifornien

Die Anweisung `create table`

```
create table basisrelationenname (
             spaltenname_1 wertebereich_1 [not null],
             ...
             spaltenname_k wertebereich_k [not null])
```

- Wirkung dieses Kommandos ist sowohl
  - die Ablage des Relationenschemas im Data Dictionary, als auch
  - die Vorbereitung einer „leeren Basisrelation“ in der Datenbank

Mögliche Wertebereiche in SQL

- **integer** (oder auch **integer4**, **int**),
- **smallint** (oder auch **integer2**),
- **float**(*p*) (oder auch kurz **float**),
- **decimal**(*p*,*q*) und **numeric**(*p*,*q*) mit jeweils *q* Nachkommastellen,
- **character**(*n*) (oder kurz **char**(*n*), bei $n = 1$ auch **char**) für Zeichenketten (Strings) fester Länge *n*,
- **character varying**(*n*) (oder kurz **varchar**(*n*) für Strings variabler Länge bis zur Maximallänge *n*,
- **bit**(*n*) oder **bit varying**(*n*) analog für Bitfolgen, und
- **date**, **time** bzw. **timestamp** für Datums-, Zeit- und kombinierte Datums-Zeit-Angaben

Beispiel für `create table`

```
create table WEINE (
   WeinID int not null,
   Name varchar(20) not null,
   Farbe varchar(10),
   Jahrgang int,
   Weingut varchar(20))
```

- **`primary key`** kennzeichnet Spalte als Schlüsselattribut

`create table` mit Fremdschlüssel

```
create table WEINE (
   WeinID int,
   Name varchar(20) not null,
   Farbe WeinFarbe,
   Jahrgang int,
   Weingut varchar(20),
   primary key(WeinID),
   foreign key(Weingut) references ERZEUGER(Weingut))
```

- **`foreign key`** kennzeichnet Spalte als Fremdschlüssel

Nullwerte

- **`not null`** schließt in bestimmten Spalten Nullwerte als Attributwerte aus
- Kennzeichnung von Nullwerte in SQL durch **`null`**; hier $\perp$
- **`null`** repräsentiert die Bedeutung „*Wert unbekannt*“, „*Wert nicht anwendbar*“ oder „*Wert existiert nicht*“, gehört aber zu keinem Wertebereich
- **`null`** kann in allen Spalten auftauchen, außer in Schlüsselattributen und den mit **`not null`** gekennzeichneten

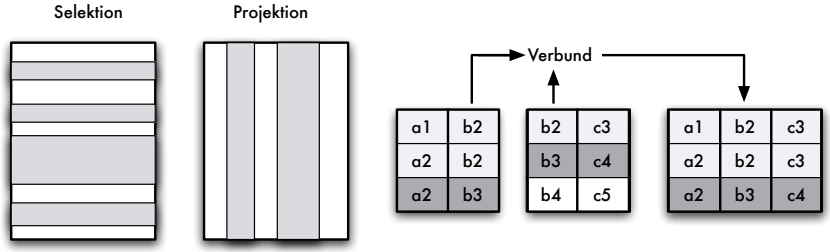
Weiteres zur Datendefinition in SQL

- Neben Primär- und Fremdschlüsseln können in SQL angegeben werden:
  - mit der **`default`**-Klausel Defaultwerte für Attribute,
  - mit der **`create domain`**-Anweisung benutzerdefinierte Wertebereiche und
  - mit der **`check`**-Klausel weitere lokale Integritätsbedingungen innerhalb der zu definierenden Wertebereiche, Attribute und Relationenschemata

Anfrageoperationen auf Tabellen

- Basisoperationen auf Tabellen, die die Berechnung von neuen Ergebnistabellen aus gespeicherten Datenbanktabellen erlauben
- Operationen werden zur sogenannten Relationenalgebra zusammengefasst
- Mathematik: Algebra ist definiert durch Wertebereich sowie darauf definierten Operationen
  $\rightarrow$ für Datenbankanfragen entsprechen die Inhalte der Datenbank den Werten, Operationen sind dagegen Funktionen zum Berechnen der Anfrageergebnisse
- Anfrageoperationen sind beliebig kombinierbar und bilden eine Algebra zum „Rechnen mit Tabellen“ – die sogenannte relationale Algebra oder auch Relationenalgebra

Relationenalgebra: Übersicht



Selektion σ

- Selektion: Auswahl von Zeilen einer Tabelle anhand eines Selektionsprädikats

$$\sigma_{\texttt{Jahrgang}>2000}(\texttt{WEINE})$$

WeinID	Name	Farbe	Jahrgang	Weingut
2168	Creek Shiraz	Rot	2003	Creek
3456	Zinfandel	Rot	2004	Helena
2171	Pinot Noir	Rot	2001	Creek
4961	Chardonnay	Weiß	2002	Bighorn

Projektion π

- Projektion: Auswahl von Spalten durch Angabe einer Attributliste

$$\pi_{\texttt{Region}}(\texttt{ERZEUGER})$$

Region
South Australia
Kalifornien
Bordeaux
Hessen

- Die Projektion entfernt doppelte Tupel.

Natürlicher Verbund $\bowtie$

- Verbund (engl. *join*): verknüpft Tabellen über gleichbenannte Spalten, indem er jeweils zwei Tupel verschmilzt, falls sie dort gleiche Werte aufweisen

$$\texttt{WEINE} \bowtie \texttt{ERZEUGER}$$

WeinID	**Name**	...	**Weingut**	**Anbaugebiet**	**Region**
1042	La Rose Grand Cru	...	Ch. La Rose	Saint-Emilion	Bordeaux
2168	Creek Shiraz	...	Creek	Barossa Valley	South Australia
3456	Zinfandel	...	Helena	Napa Valley	Kalifornien
2171	Pinot Noir	...	Creek	Barossa Valley	South Australia
3478	Pinot Noir	...	Helena	Napa Valley	Kalifornien
4711	Riesling Reserve	...	Müller	Rheingau	Hessen
4961	Chardonnay	...	Bighorn	Napa Valley	Kalifornien

- Das Weingut „Château La Pointe“ ist im Ergebnis verschwunden $\rightsquigarrow$ Tupel, die keinen Partner finden (*dangling tuples*), werden eliminiert

Kreuzprodukt $\times$

- Der natürliche Verbund entartet zum Kreuzprodukt (engl. *cross product*), wenn die beiden Relationen keine gemeinsamen Attribute haben.
- $R \times S$: Hierbei wird jedes Tupel der Relation R mit jedem Tupel der Relation S veknüpft, und es entstehen $|R| * |S|$ Ergebnistupel.

Beispiel: gegeben zwei Relationen R und S:

A	B
12	Foo
18	Bar

X	Y	Z
HD	400	12
KA	120	11
MA	19	18

Ergebnis zu $R \times S$:

A	B	X	Y	Z
12	Foo	HD	400	12
12	Foo	KA	120	11
12	Foo	MA	19	18
18	Bar	HD	400	12
18	Bar	KA	120	11
18	Bar	MA	19	18

Kombination von Operationen

$$\pi_{\text{Name,Farbe,Weingut}}\left(\sigma_{\text{Jahrgang}>2000}(\texttt{WEINE}) \bowtie \sigma_{\text{Region='Kalifornien'}}(\texttt{ERZEUGER})\right)$$

ergibt

Name	Farbe	Weingut
Zinfandel	Rot	Helena
Chardonnay	Weiß	Bighorn

Umbenennung β

- Anpassung von Attributnamen mittels Umbenennung:

WEINLISTE

Name
La Rose Grand Cru
Creek Shiraz
Zinfandel
Pinot Noir
Riesling Reserve

EMPFEHLUNG

Wein
La Rose Grand Cru
Riesling Reserve
Merlot Selection
Sauvignon Blanc

- Angleichen durch:

$$\beta_{\text{Name}\leftarrow\text{Wein}}\ (\texttt{EMPFEHLUNG})$$

Mengenoperationen

- Vereinigung $r_1 \cup r_2$ von zwei Relationen r_1 und r_2: sammelt die Tupelmengen zweier Relationen unter einem gemeinsamen Schema auf
- Attributmengen(/listen) beider Relationen müssen identisch sein

$$\texttt{WEINLISTE} \cup \beta_{\texttt{Name} \leftarrow \texttt{Wein}}(\texttt{EMPFEHLUNG})$$

Name
La Rose Grand Cru
Creek Shiraz
Zinfandel
Pinot Noir
Riesling Reserve
Merlot Selection
Sauvignon Blanc

Mengenoperationen /2

- Differenz $r_1 - r_2$ eliminiert die Tupel aus der ersten Relation, die auch in der zweiten Relation vorkommen

$$\texttt{WEINLISTE} - \beta_{\texttt{Name}\leftarrow\texttt{Wein}}(\texttt{EMPFEHLUNG})$$

ergibt:

Name
Creek Shiraz
Zinfandel
Pinot Noir

Mengenoperationen /3

- Durchschnitt $r_1 \cap r_2$: ergibt die Tupel, die in beiden Relationen gemeinsam vorkommen

$$\texttt{WEINLISTE} \cap \beta_{\texttt{Name} \leftarrow \texttt{Wein}}(\texttt{EMPFEHLUNG})$$

liefert:

Name
La Rose Grand Cru
Riesling Reserve

SQL-Anfrage als Standardsprache

- Anfrage an eine einzelne Tabelle

```
select Name, Farbe
from WEINE
where Jahrgang = 2002
```

- SQL hat Multimengensemantik — Duplikate in Tabellen werden in SQL nicht automatisch unterdrückt!
- Mengensemantik durch **distinct**

```
select distinct Name
from WEINE
```

Verknüpfung von Tabellen

- Kreuzprodukt als Basisverknüpfung

```
select *
from WEINE, ERZEUGER
```

- Verbund durch Operator **natural join**

```
select *
from WEINE natural join ERZEUGER
```

- Verbund alternativ durch Angabe einer Verbundbedingung!

```
select *
from WEINE, ERZEUGER
where WEINE.Weingut = ERZEUGER.Weingut
```

Kombination von Bedingungen

- Ausdruck in Relationenalgebra

$$\pi_{\text{Name,Farbe,Weingut}}(\sigma_{\text{Jahrgang}>2000}(\texttt{WEINE}) \bowtie \sigma_{\text{Region='Kalifornien'}}(\texttt{ERZEUGER}))$$

- Anfrage in SQL

```
select Name, Farbe, WEINE.Weingut
from WEINE, ERZEUGER
where Jahrgang > 2000 and
      Region = 'Kalifornien' and
      WEINE.Weingut = ERZEUGER.Weingut
```

Mengenoperationen in SQL

- Vereinigung in SQL explizit mit **`union`**
- Differenzbildung durch geschachtelte Anfragen

```
select *
from WINZER
where Name not in (
      select Nachname
      from KRITIKER)
```

Änderungsoperationen in SQL

- **`insert`**: Einfügen eines oder mehrerer Tupel in eine Basisrelation oder Sicht
- **`update`**: Ändern von einem oder mehreren Tupel in einer Basisrelation oder Sicht
- **`delete`**: Löschen eines oder mehrerer Tupel aus einer Basisrelation oder Sicht
- Lokale und globale Integritätsbedingungen müssen bei Änderungsoperationen automatisch vom System überprüft werden

Die **update**-Anweisung

- Syntax:

```
update basisrelation
set    attribut_1 = ausdruck_1,
       ...
       attribut_n = ausdruck_n
       [ where bedingung ]
```

Beispiel für **update**

WEINE

WeinID	Name	Farbe	Jahrgang	Weingut	Preis
2168	Creek Shiraz	Rot	2003	Creek	7.99
3456	Zinfandel	Rot	2004	Helena	5.99
2171	Pinot Noir	Rot	2001	Creek	10.99
3478	Pinot Noir	Rot	1999	Helena	19.99
4711	Riesling Reserve	Weiß	1999	Müller	14.99
4961	Chardonnay	Weiß	2002	Bighorn	9.90

```
update WEINE
set Preis = Preis * 1.10
where Jahrgang < 2000
```

Beispiel für `update`: neue Werte

WEINE

WeinID	Name	Farbe	Jahrgang	Weingut	Preis
2168	Creek Shiraz	Rot	2003	Creek	7.99
3456	Zinfandel	Rot	2004	Helena	5.99
2171	Pinot Noir	Rot	2001	Creek	10.99
3478	Pinot Noir	Rot	1999	Helena	21.99
4711	Riesling Reserve	Weiß	1999	Müller	16.49
4961	Chardonnay	Weiß	2002	Bighorn	9.90

Weiteres zu **update**

- Realisierung von Eintupel-Operation mittels Primärschlüssel:

```
update WEINE
set Preis = 7.99
where WeinID = 3456
```

- Änderung der gesamten Relation:

```
update WEINE
set Preis = 11
```

Die `delete`-Anweisung

- Syntax:

```
delete
from basisrelation
[ where bedingung ]
```

- Löschen eines Tupels in der `WEINE`-Relation:

```
delete from WEINE
where WeinID = 4711
```

Weiteres zu `delete`

- Standardfall ist das Löschen mehrerer Tupel:

```
delete from WEINE
where Farbe = 'Weiß'
```

- Löschen der gesamten Relation:

```
delete from WEINE
```

Weiteres zu **delete** /2

- Löschoperationen können zur Verletzung von Integritätsbedingungen führen!
- Beispiel: Verletzung der Fremdschlüsseleigenschaft, falls es noch Weine von diesem Erzeuger gibt:

```
delete from ERZEUGER
where Anbaugebiet = 'Hessen'
```

Die `insert`-Anweisung

- Syntax:

```
insert
into basisrelation
   [ (attribut_1, ..., attribut_n) ]
values (konstante_1, ..., konstante_n)
```

- optionale Attributliste ermöglicht das Einfügen von unvollständigen Tupeln

`insert`-Beispiele

```
insert into ERZEUGER (Weingut, Region)
values ('Wairau Hills', 'Marlborough')
```

- nicht alle Attribute angegeben $\rightsquigarrow$ Wert des fehlenden Attribut `Land` wird **`null`**

```
insert into ERZEUGER
values ('Château Lafitte', 'Medoc', 'Bordeaux')
```

Einfügen von berechneten Daten

- Syntax:

```
insert
into basisrelation
       [ (attribut1, ..., attributn) ]
   SQL-anfrage
```

- Beispiel:

```
insert into WEINE (
   select ProdID, ProdName, 'Rot', ProdJahr,
      'Château Lafitte'
   from LIEFERANT
   where LName = 'Wein-Kontor' )
```

Zusammenfassung

- Relationenmodell: Datenbank als Sammlung von Tabellen
- Integritätsbedingungen im Relationenmodell
- Tabellendefinition in SQL
- Relationenalgebra: Anfrageoperatoren
- Grundkonzepte von SQL-Anfragen und -Änderungen