

---

**Datenbanken**  
**Theorie**

---

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einführung</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Das Entity Relationship Model</b>	<b>3</b>
2.1	Modellelemente . . . . .	3
2.2	Kardinalität . . . . .	6
<b>3</b>	<b>Abbildungsregeln</b>	<b>9</b>
3.1	Tabellen . . . . .	9
3.2	Abbildungsregeln . . . . .	9
<b>4</b>	<b>Relationenalgebra</b>	<b>15</b>
4.1	Relationen . . . . .	15
4.2	Mengenorientierte Operatoren . . . . .	15
4.3	Die relationenorientierten Operatoren . . . . .	18
<b>5</b>	<b>SQLite</b>	<b>21</b>
5.1	Relationales Datenbank Managment System . . . . .	21
5.2	Structured Query Language . . . . .	21
5.3	SQLite . . . . .	22

# 1 Einführung

## Tabellen

Wir werden uns im Folgenden auf einen weit verbreiteten Typ von Datenbanken beschränken:

Dabei spielt die Datenstrukturierung durch Tabellen eine besondere Rolle.

MITARBEITER

<i>Mitarbeiter_Nr</i>	Name	Ort

- Ein Merkmal oder Attribut ordnet jedem Eintrag der Tabelle einen bestimmten Datenwert aus einem vordefinierten *Wertebereich* (*Domain*) zu.
- Ein *Identifikationsschlüssel* oder *Schlüssel* einer Tabelle ist ein Merkmal oder eine minimale Merkmalskombination, dessen Werte die Datensätze (Tupel) der Tabelle eindeutig identifizieren.

MITARBEITER

<i>Mitarbeiter_Nr</i>	Name	Ort
203	Schweizer	Stans
73	Becker	Buochs
191	Meier	Oberdorf
...	...	...

- Jeder Schlüsselwert identifiziert eindeutig einen Datensatz innerhalb der Tabelle. Verschiedene Tupel dürfen keine identischen Schlüssel aufweisen (*Eindeutigkeit*).
- Falls der Schlüssel eine Kombination von Merkmalen darstellt, muss diese minimal sein. D. h. kein Merkmal der Kombination kann weggelassen werden, ohne dass die Eindeutigkeit der Identifikation verloren geht (*Minimalität*).

Schlüsselattribute sind durch Kursivschrift oder durch Unterstreichen zu kennzeichnen.

Anstelle eines natürlichen Merkmals oder einer natürlichen Merkmalskombination kann ein künstliches Merkmal als Schlüssel eingeführt werden. Zum Beispiel eine Schüler-Nummer anstelle der Merkmalskombination Name, Vorname, Adresse)

Ein künstlicher Schlüssel sollte aufgrund dieser Überlegungen *anwendungsneutral* und ohne *Semantik* (Aussagekraft, Bedeutung) sein. Man bedenke auch, dass sich die Bedeutung eines „sprechenden Schlüssels“ mit der Zeit ändern kann.

Eine *Tabelle* oder *Relation* ist eine Menge von Tupeln, die tabellenförmig dargestellt werden und folgende Anforderungen erfüllen:

- Eine Tabelle besitzt einen eindeutigen Tabellennamen.
- Innerhalb einer Tabelle ist jeder Merkmalsname eindeutig und bezeichnet eine bestimmte Spalte mit der gewünschten Eigenschaft.
- Die Anzahl der Merkmale ist beliebig, die Ordnung der Spalten innerhalb der Tabelle ist bedeutungslos.
- Die Anzahl der Tupel ist beliebig. Die Ordnung der Tupel innerhalb der Tabelle ist bedeutungslos.
- Eines der Merkmale oder eine (minimale) Merkmalskombination identifiziert eindeutig die Tupel innerhalb der Tabelle und wird als *Primärschlüssel* bezeichnet.

## Datenmodellierung

„Ein *Datenmodell* (engl. *data model*) beschreibt auf strukturierte und formale Weise die für eine Informationssystem notwendigen Daten und Datenbeziehungen.“ [Meier, S. 17]

Dazu werden die nötigen *Datenklassen* (*Datenkategorien*, *Entitätsmengen*) erfasst und zueinander in Beziehung gebracht.

### 1. *Datenanalyse*

Die für das Informationssystem notwendigen Daten und deren Beziehungen werden gemeinsam mit den Benutzern ermittelt. (Fragebögen, Bedarfsanalysen, Formularsammlungen)

Daraus wird eine Dokumentation zusammengestellt, welche die Zielsetzung und die wesentlichen Informationssachverhalte enthält.

### 2. *Entwurf eines Entitäten-Beziehungsmodells*

Entitätsmengen (Datenkategorien) und Beziehungsmengen werden grafisch durch Rechtecke bzw. Rhomben dargestellt. (Dazu gleich mehr ...)

### 3. *Überführung des Entitäten-Beziehungsmodell in ein relationales Datenbankschema*

Durch *Abbildungsregeln* wird das Entitäten-Beziehungsmodell in ein relationales Datenbankschema überführt.

## 2 Das Entity Relationship Model

Das Entity Relationship Model (ERM) ist ein graphisches Datenmodell zur formalisierten Darstellung von Beziehungen zwischen Daten mittels eines Diagramms. Diese Modellierungstechnik gehört heute zum Standard in der Entwicklung von Datenbanken. Im ERM soll ein Ausschnitt aus einer realen Geschäftsbeziehung dargestellt werden. Oft gibt es verschiedene Modellierungsmöglichkeiten eines bestimmten Sachverhaltes. Die zentralen Modellierungseinheiten sind der Entitätstyp, der Beziehungstyp und das Attribut. Einfach formuliert besteht die Welt in einem ERM aus Objekten (*Entities*), zwischen denen Beziehungen (*Relationships*) bestehen. Sowohl Entities als auch Relationships können mittels Attributen genauer spezifiziert werden. Ein ERM kann schliesslich in eine relationale (tabellarische) Datenbank überführt werden.

Das ERM wurde in seiner Grundform 1976 von Peter Chen vorgestellt. Mittlerweile existieren etliche Abwandlungen und/oder Erweiterungen der ursprünglichen Chen-Notation. In diesem Lehrgang wird die modifizierte Chen-Notation (Modified Chen Notation oder MC-Notation) verwendet. Sie ist eine Erweiterung der originalen Chen-Notation, bei der die Aussage „kein oder ein Element“ mit dem Buchstaben *c* (choice, can), und die Aussage „ein oder mehr Element(e)“ mit dem Buchstaben *m* (must, multiple) angegeben wird.

Im nächsten Kapitel wird beschrieben, welche Modellelemente zur Modellierung eines ERM eingesetzt werden.

### 2.1 Modellelemente

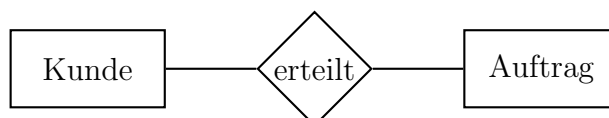
#### Entitätstyp (*entity type*)

Ein Entitätstyp wird eingesetzt, um eine gleichartige Menge (Entitätsmenge) materieller oder immaterieller Objekte (Entitäten) abzubilden. Dabei wird jedem Entitätstyp ein Name zugeordnet. Beispiele sind „Kunde“, „Mitarbeiter“ und „Auftrag“; als graphisches Symbol wird das Rechteck verwendet.



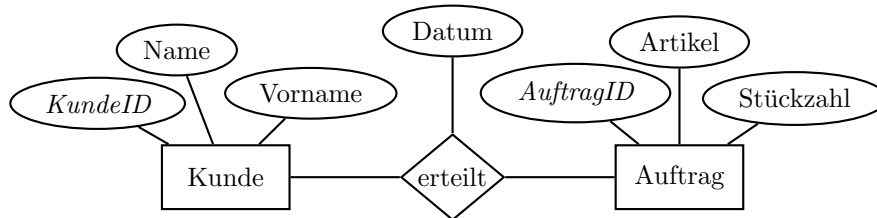
#### Beziehungstyp (*relationship type*)

Ein Beziehungstyp erlaubt es, eine gleichartige Menge von Zuordnungen zwischen Objekt-Beziehungen abzubilden: Entitätstypen werden durch einen Beziehungstyp miteinander verbunden. Als Name von Beziehungstypen werden Bezeichnungen eingesetzt, die die Zuordnung verbal darstellen. Beispiele sind „Kunde erteilt Auftrag“ und „Auftrag bezieht sich auf Produkt“. Als graphisches Symbol wird die Raute verwendet.



## Attribut (*attribute*)

Attribute werden eingesetzt, um die Eigenschaften von Entitäts- und Beziehungstypen im Modell abzubilden. Entitätstypen müssen durch Attribute ergänzt werden, bei Beziehungstypen sind Attribute hingegen optional. Auch Attribute erhalten Namen. Attribute des Entitätstyps „Produkt“ können beispielsweise „Produktname“ oder „Lagerbestand“ sein. Als graphisches Symbol für ein Attribut wird eine Ellipse verwendet.

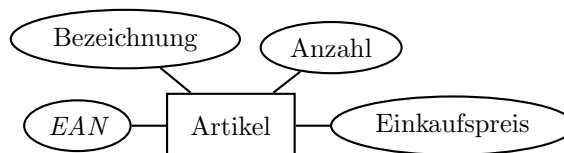


## Schlüssel

Prinzipiell muss jeder Entitäts- und Beziehungstyp über einen Schlüssel verfügen, also über ein Attribut, das eine Identifikation der zugrunde liegenden Entitäten ermöglicht (= Primärschlüssel). Sofern zur Identifikation mehrerer Attribute bzw. deren Attributwerte kombiniert werden müssen, bilden diese Attribute gemeinsam den Schlüssel (= zusammengesetzter Schlüssel). Die Bezeichnungen der zum Schlüssel gehörenden Attribute werden unterstrichen oder kursiv dargestellt. Die einander direkt zugeordneten Entitäts- und Beziehungstypen werden durch ungerichtete Kanten miteinander verbunden.

## Aufgabe 1

Betrachten Sie das folgende Diagramm und setzen Sie den richtigen Begriff an Stelle der Auslassungspunkte ein.



- (a) „Artikel“ ist ein/eine ...
- (b) „Anzahl“ ist ein/eine ...
- (c) „EAN“ (European Article Number) ist ein/eine ...
- (d) „Artikel(4005800001192, Nivea Creme, 530, 2.20)“ ist ein/eine ...

## Aufgabe 2

Zählen Sie fünf Attribute der Entitätsmenge „Buch“ auf. Welches Attribut wäre als Primärschlüssel geeignet?

- 
- 
- 
- 
- 
- 

## Domänen

Die Domäne eines Attributs bezeichnet den Wertevorrat, aus dem die Werte eines Attributs stammen.

*Beispiele:*

- Die Domäne des Attributs „Geburtsjahr“:  
 $\{1900, 1901, \dots, 2012, 2013\}$
- Domäne des Attributs „Hausnummer“:  
 $\{1, 2, 3, \dots\}$ .
- Domäne des Attributs „Vorname“:  
 $\{\text{Aadina, Aaron, Adalbert, } \dots, \text{Zacharias, Zita, Zeno, Zoé}\}$ .

## Aufgabe 3

Gib die Domänen der folgenden Attribute an.

- (a) Postleitzahl (Schweiz)
- (b) Kanton (Schweiz)
- (c) Betriebssystem
- (d) Reptilien der Schweiz

## Aufgabe 4

Welche Beziehungsmenge(n) kommen in Frage?

- (a) Artikel – Kunde
- (b) Schüler(in) – Lehrer(in)
- (c) Käufer – Rechnung
- (d) Frau – Mann
- (e) Komponist – Musikstück
- (f) Person – Ort
- (g) Netzwerkkarte – MAC-Adresse
- (h) Flughafen – Fluggesellschaft
- (i) Kino – Kinofilm
- (j) Pizza – Zutaten
- (k) Firma – Firma

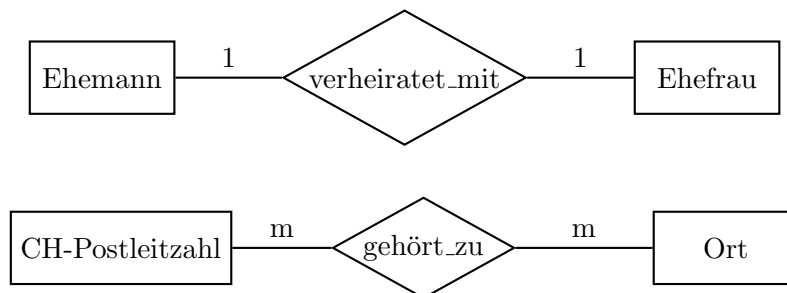
## 2.2 Kardinalität

### Beziehungstyp

Ein Beziehungstyp beinhaltet immer eine Angabe darüber, wie viele Entitäten des einen Entitätstyps mit einer Entität des anderen Entitätstyps in Beziehung stehen können und umgekehrt. Diese Angabe bezeichnet man als Kardinalität des Beziehungstyps bzw. als Assoziationstyp. Dabei bedeuten

Typ	Beschreibung
1	genau ein(e)
c	höchstens ein(e)
m	mindestens ein(e)
mc	beliebig viele

### Beispiele zum Beziehungstyp







Üblicherweise notiert man die Kardinalität zwischen der Beziehungsmenge und der Ziel-Entität. Im letzten Beispiel:

- Jede Person ist an *genau einem* Ort geboren und
- Jeder Ort ist Geburtsort von *beliebig vielen* Personen

### Aufgabe 5

Skizzieren Sie die Diagramme zu den unten beschriebenen Beziehungen und geben Sie den Beziehungstyp richtig an. Die Attribute können weggelassen werden.

#### Aufgabe 5 (a)

Ein Hersteller produziert mehrere Artikel. Artikel werden immer nur von einem Hersteller produziert.

#### Aufgabe 5 (b)

Ein Mitarbeiter gehört einer Abteilung an. Eine Abteilung hat mindestens einen Mitarbeiter.

#### Aufgabe 5 (c)

Ein Lehrer unterrichtet mindestens einen Schüler. Ein Schüler wird von mindestens einem Lehrer unterrichtet.

## Aufgabe 5 (d)

Ein Drucker ist an genau einem Computer angeschlossen. Einem Computer ist höchstens ein Drucker angeschlossen.

## Aufgabe 6

Erstellen Sie ein ERM einer DVD-Ausleihe unter folgenden Voraussetzungen.

- Die Kunden haben einen Namen, Vornamen sowie eine Adresse mit Strasse, PLZ und Ort
- Die DVDs haben einen Titel, eine Altersfreigabe (FSK) und eine International Standard Audiovisual Number (ISAN).
- Ein Kunde kann mehrere DVDs ausleihen. Von jeder DVD gibt es nur ein Exemplar.

## Quellen

- <http://www.enzyklopaedie-der-wirtschaftsinformatik.de/lexikon/daten-wissen/Datenmanagement/Daten-/Entity-Relationship-Model-/index.html> [6.10.2012]
- <http://ebus.informatik.uni-leipzig.de/www/media/lehre/seminar-pioniere04/sem04swp-hartmann-vortrag.pdf> [6.10.2012]
- [http://de.wikipedia.org/wiki/Chen-Notation#Modifizierte\\_Chen-Notation](http://de.wikipedia.org/wiki/Chen-Notation#Modifizierte_Chen-Notation) [6.10.2012]

# 3 Abbildungsregeln

## 3.1 Tabellen

### Einleitung

Da ein relationales Datenbankschema als Objekte nur Tabellen zulässt, müssen sowohl die Entitäts- als auch die Beziehungsmengen in Tabellenform ausgedrückt werden. Dabei muss nach folgenden Regeln, sog. Abbildungsregeln, vorgegangen werden.

### Aufbau der Tabellen

Die Tabellen müssen für unsere Zwecke wie folgt aufgebaut sein:

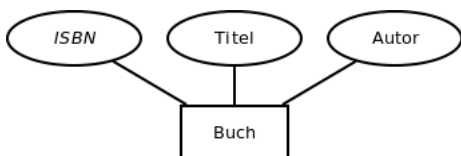
- Der Tabellename wird in Grossbuchstaben geschrieben.
- In der Kopfzeile stehen die *Merkmalsnamen*. Jede Tabellenzeile mit Daten wird *Datensatz*, oder *Tupel* genannt.
- Jede *Spalte* eines Datensatzes enthält einen *Datenwert* aus dem *Wertebereich (Domäne)* des Merkmals.
- Jede Tabelle benötigt ein Merkmal (oder eine „minimale“ Merkmalskombination), das (die) jeden Datensatz eindeutig indentifiziert. Ein solcher Schlüssel wird *Identifikationsschlüssel* genannt und durch Kursivdruck oder Unterstreichen hervorgehoben.

## 3.2 Abbildungsregeln

### Abbildungsregel 1

- Jede Entitätsmenge muss als eigenständige Tabelle mit einem eindeutigen Primärschlüssel und einem eindeutigen Namen definiert werden.
- Als Primärschlüssel der Tabelle dient entweder ein Attribut oder eine Attributs-Kombination.
- Die übrigen Merkmale der Entitätsmengen werden zu Attributen der Tabelle.

### Beispiel zur Abbildungsregel 1



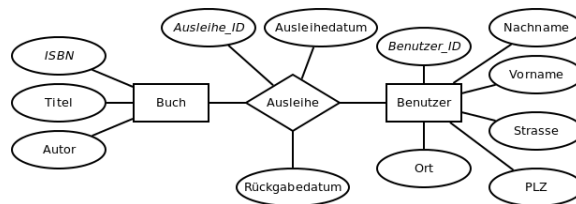
BUCH

<i>ISBN</i>	Titel	Autor
...	...	...

## Abbildungsregel 2

- Jede Beziehungsmenge kann als eigenständige Tabelle definiert werden, wobei die Primärschlüssel der zugehörigen Entitätsmengen als sogenannte Fremdschlüssel in dieser Tabelle auftreten müssen.
- Der Primärschlüssel der Beziehungsmengentabelle kann der aus den Fremdschlüsseln zusammengesetzte Schlüssel oder ein künstlicher Schlüssel sein.
- Weitere Merkmale der Beziehungsmenge erscheinen als zusätzliche Attribute in der Tabelle.

### Beispiel zur Abbildungsregel 2



BUCH

<i>ISBN</i>	Titel	Autor
...	...	...

AUSLEIHE

<i>Ausleihe_ID</i>	ISBN	Benutzer_ID	Ausgabe	Rückgabe
...	...	...	...	...

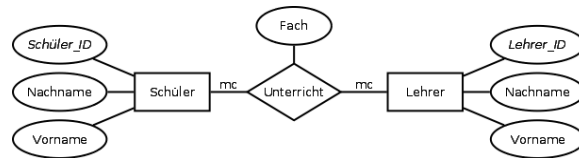
BENUTZER

	Nachname	Vorname	...
...	...	...	...

## Abbildungsregel 3

- Jede komplex-komplexe Beziehungsmenge (komplex bedeutet: m oder mc) muss als eigenständige Tabelle definiert werden.
- Die Primärschlüssel der zugehörigen Entitätsmengen treten dabei als Fremdschlüssel auf.
- Der Primärschlüssel der Beziehungsmengentabelle ist entweder der aus den Fremdschlüsseln zusammengesetzte Schlüssel oder ein künstlicher Schlüssel.
- Weitere Merkmale der Beziehungsmenge erscheinen als zusätzliche Attribute in der Tabelle.

### Beispiel zur Abbildungsregel 3



#### SCHÜLER

<i>Schüler_ID</i>	Nachname	Vorname
...	...	...

#### UNTERRICHT

<i>Unterricht_ID</i>	Schüler_ID	Lehrer_ID	Fach
...	...	...	...

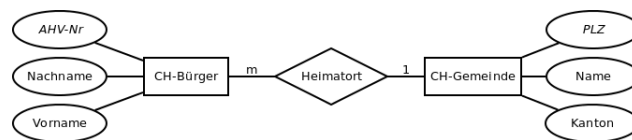
#### LEHRER

<i>Lehrer_ID</i>	Nachname	Vorname
...	...	...

### Abbildungsregel 4

- Eine einfach-komplexe Beziehungsmenge (einfach bedeutet: 1 oder c) kann ohne eine eigenständige Beziehungsmengentabelle durch die beiden Tabellen der zugeordneten Entitätsmengen ausgedrückt werden.
- Dazu wird in der Tabelle mit der einfachen Kardinalität ein Fremdschlüssel auf die referenzierte Tabelle mit eventuell weiteren Merkmalen der Beziehungsmenge geführt.

### Beispiel zur Abbildungsregel 4



#### CH-BÜRGER

<i>AHV-Nr</i>	Nachname	Vorname	PLZ_Heimatort
...	...	...	...

#### CH-GEMEINDE

<i>PLZ</i>	Name	Kanton
...	...	...

### Abbildungsregel 5

- Eine einfach-einfache Beziehungsmenge kann ohne eine eigenständige Tabelle durch die beiden Tabellen der zugeordneten Entitätsmengen ausgedrückt werden, indem einer der Primärschlüssel der referenzierten Tabelle als Fremdschlüssel in die andere Tabelle eingebracht wird.

- Normalerweise fügen wir in die Tabelle mit der Kardinalität „1“ den Fremdschlüssel der referenzierten Tabelle ein.

### Beispiel zur Abbildungsregel 5



KLASSE

<i>Klasse_ID</i>	Anzahl_Schüler	Lehrer_ID
...	...	...

LEHRER

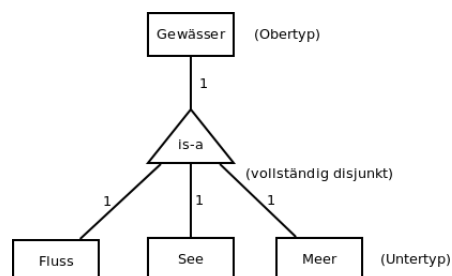
<i>Lehrer_ID</i>	Nachname	Vorname
...	...	...

Würde man umgekehrt den Primärschlüssel der Tabelle KLASSE als Fremdschlüssel in der Tabelle LEHRER einsetzen, so müsste man bei den Lehrern, die nicht Klassenlehrer sind, in der Spalte „Klassen\_ID“ einen Nullwert einsetzen. Nullwerte sind in relationalen Datenbanken jedoch nicht unproblematisch.

### Abbildungsregel 6

- Unter einer Generalisation versteht man ein Abstraktionsvorgang, bei dem einzelne Entitätsmengen zu einer übergeordneten Entitätsmenge verallgemeinert werden. Beispielsweise sind sowohl ein Manager, ein Lehrling und ein Fachspezialist Mitarbeiter einer bestimmten Firma. Umgekehrt lassen sich die in einer Generalisationshierarchie abhängigen Subentitätsmengen als Spezialisierung interpretieren.
- Jede Entitätsmenge einer Generalisationshierarchie verlangt eine eigenständige Tabelle, wobei der Primärschlüssel der übergeordneten Tabelle auch zum Primärschlüssel der untergeordneten Tabellen wird.
- Wenn sich die Subentitätsmengen der Spezialisierung gegenseitig ausschließen (d. h. gegenseitig disjunkt sind), führen wir in der übergeordneten Tabelle z. B. das Merkmal „Kategorie“ ein, in welcher ein bestimmter Mitarbeiter nicht mehreren Kategorien gleichzeitig angehört.

### Beispiel zur Abbildungsregel 6



- Fluss *is a* Gewässer (Generalisierung)
- Gewässer *can be a* Fluss (Spezialisierung)

### GEWÄSSER

<i>GewässerID</i>	GewässerName	Kategorie
...	...	...

### FLUSS

<i>GewässerID</i>	Länge
...	...

### SEE

<i>GewässerID</i>	Fläche	Tiefe
...	...	...

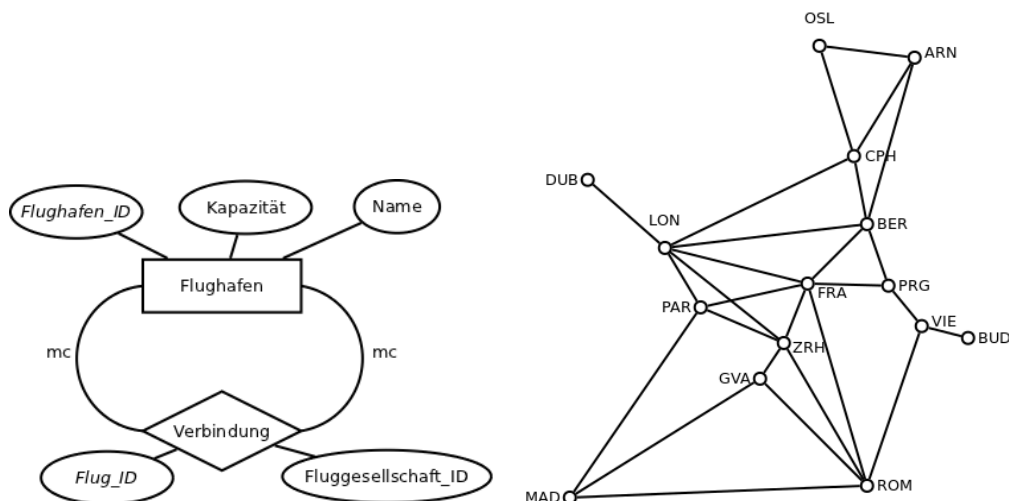
### MEER

<i>GewässerID</i>	Fläche	Tiefe
...	...	...

## Abbildungsregel 7

- Bei einer Aggregation (Vereinigung, Zusammenführen von Einzeldaten) müssen sowohl die Entitätsmenge als auch die Beziehungsmenge je als eigenständige Tabelle definiert werden, falls der Beziehungstyp komplex-komplex ist (= netzwerkartige Aggregation, z. B. das Flugliniennetz). Die Tabelle der Beziehungsmenge enthält in diesem Fall zweimal den Schlüssel aus der Tabelle der zugehörigen Entitätsmenge als zusammengesetzten Schlüssel, mit entsprechenden *Rollennamen*.

## Beispiel zur Abbildungsregel 7



### FLUGHAFEN

<i>FlughafenID</i>	Name	Kapazität
...	...	...

### VERBINDUNG

<i>FlugID</i>	FlughafenID.ab	FlughafenID.an	AirlineID
...	...	...	...

Im Falle einer einfach-komplexen Beziehung (=hierarchische Aggregation, z. B. die Stückliste) kann die Entitätsmenge mit der Beziehungsmenge zu einer einzigen Tabelle kombiniert

werden. Beispielsweise könnten die beiden Tabellen „Artikel“ und „Stückliste“ in einer einzigen Tabelle „Artikelstruktur“ zusammengefasst werden. Dabei würde man zu den Articleigenschaften je die Artikelnummer des eindeutig übergeordneten Artikels aufführen.



# 4 Relationenalgebra

## 4.1 Relationen

- Der Begriff der Relation kann mathematisch präzise definiert werden.
- Für uns genügt es zu wissen: *Relation = Tabelle*
- Wir werden sehen, wie man mit Relationen, d. h. mit Tabellen sinnvoll operieren kann.

### Tabellen (Repetition)

Merkmal oder Attribut

Tabellenname  
MITARBEITER

Schlüsselmerkmal	ID	Name	Ort
	5	Schweizer	Fribourg
	64	Becker	Basel
	28	Meier	Bern
	13	Huber	Basel

Datensatz, Zeile, Tupel

Spalte                      Datenwert

## 4.2 Mengenorientierte Operatoren

### Übersicht

- Vereinigung von Tabellen ( $R \cup S$ )
- Durchschnitt von Tabellen ( $R \cap S$ )
- Differenz von Tabellen ( $R \setminus S$ )
- Kartesisches Produkt von Tabellen ( $R \times S$ )

Für die ersten drei Operatoren müssen die Tabellen vereinigungsverträglich sein.

Zwei Tabellen sind *vereinigungsverträglich*, wenn sie folgende Eigenschaften haben.

- Beide Tabellen haben die gleiche *Anzahl* Merkmale.
- Die Datentypen korrespondierender Spalten sind identisch.

## Aufgabe

Sind die folgenden Tabellen vereinigungsverträglich?

### WAHLPFLICHTFACH

<i>WID</i>	Titel	Lehrperson
41	Geschichte der Neuzeit	A. Meier
65	Die Mathematik der Antike	L. Euler
19	Volleyball II	S. Portmann

### ABENDKURS

<i>AID</i>	Titel	Kursleitung
108	Word für Fortgeschrittene	R. Ratlos
459	Metallbearbeitung	H. Phaistos
98	Advanced	T. Beutel

#### 4.2.1 Der Vereinigungsoperator (union)

Zwei vereinigungsverträgliche Tabellen  $R$  und  $S$  werden mengentheoretisch vereinigt, indem sämtliche Einträge aus  $R$  und sämtliche Einträge aus  $S$  in die Resultattabelle eingefügt werden. Gleichzeitig werden identische Datensätze eliminiert.

ADRESSEN1			ADRESSEN2		
<i>ID</i>	Name	Vorname	<i>ID</i>	Name	Vorname
12	Meier	Andreas	65	Bischof	Maria
47	Müller	Michael	39	Schmid	Susanne
39	Schmid	Susanne			

#### ADRESSEN1 $\cup$ ADRESSEN2

<i>ID</i>	Name	Vorname
12	Meier	Andreas
47	Müller	Michael
39	Schmid	Susanne
65	Bischof	Maria

#### 4.2.2 Der Durchschnittsoperator (intersection)

Zwei vereinigungsverträgliche Tabellen  $R$  und  $S$  werden geschnitten, indem sämtliche Einträge, die sowohl in  $R$  als auch in  $S$  vorhanden sind, in die Resultattabelle aufgenommen werden.

ADRESSEN1			ADRESSEN2		
<i>ID</i>	Name	Vorname	<i>ID</i>	Name	Vorname
12	Meier	Andreas	65	Bischof	Maria
47	Müller	Michael	39	Schmid	Susanne
39	Schmid	Susanne			

ADRESSEN1  $\cap$  ADRESSEN2

<i>ID</i>	Name	Vorname
39	Schmid	Susanne

#### 4.2.3 Der Subtraktionsoperator $\setminus$ (difference)

Sind  $R$  und  $S$  zwei vereinigungsverträgliche Tabellen, so wird die Differenz  $R \setminus S$  gebildet, indem man aus  $R$  sämtliche Einträge entfernt, die in  $S$  enthalten sind.

ADRESSEN1			ADRESSEN2		
<i>ID</i>	Name	Vorname	<i>ID</i>	Name	Vorname
12	Meier	Andreas	65	Bischof	Maria
47	Müller	Michael	39	Schmid	Susanne
39	Schmid	Susanne			

ADRESSEN1  $\setminus$  ADRESSEN2

<i>ID</i>	Name	Vorname
12	Meier	Andreas
47	Müller	Michael

#### 4.2.4 Das kartesische Produkt

- Unter dem kartesischen Produkt  $R \times S$  versteht man die Menge aller möglichen Kombinationen aus Tupeln aus  $R$  mit Tupeln aus  $S$ .
- Für das kartesische Produkt müssen die betrachteten Tabellen *nicht* vereinigungsverträglich sein.

ADRESSEN			HOBBY	
<i>AID</i>	Name	Vorname	<i>HID</i>	Bezeichnung
12	Meier	Andreas	1	Wandern
47	Müller	Michael	2	Schwimmen
39	Schmid	Susanne		

FREIZEIT = ADRESSEN  $\times$  HOBBY

<i>AID</i>	Name	Vorname	<i>HID</i>	Bezeichnung
12	Meier	Andreas	1	Wandern
12	Meier	Andreas	2	Schwimmen
47	Müller	Michael	1	Wandern
47	Müller	Michael	2	Schwimmen
39	Schmid	Susanne	1	Wandern
39	Schmid	Susanne	2	Schwimmen

## 4.3 Die relationenorientierten Operatoren

### Übersicht

- Die relationenorientierten Operatoren ergänzen die mengenorientierten Operatoren
- Wie beim kartesischen Produkt werden *keine* vereinigungsverträglichen Tabellen vorausgesetzt.

Diese Operatoren werden nachfolgende besprochen:

- Die Projektion einer Tabelle  $R$  auf ein Merkmal  $M$
- Die Selektion einer Zeile aus einer Tabelle  $R$  anhand der Formel  $F$
- Der Verbund zweier Tabellen  $R$  und  $S$  über das Prädikat  $P$

Ein *Prädikat* ist eine Funktion, die einen Wahrheitswert (*wahr* oder *falsch*) zurückliefert.

#### 4.3.1 Der Projektionsoperator $\pi_M(R)$

- Der Projektionsoperator bildet mit den in  $M$  angegebenen Merkmalsnamen die Tabelle  $R$  auf eine Teiltabelle ab.
- Die Merkmalsnamen dürfen in einer beliebigen Reihenfolge aufgelistet werden.

ADRESSEN

$ID$	Name	Vorname	PLZ	Ort
12	Meier	Andreas	6370	Stans
47	Müller	Michael	8000	Zürich
39	Schmid	Susanne	3000	Bern

$\pi_{\text{Vorname}}(\text{ADRESSEN})$

Vorname
Andreas
Michael
Susanne

$\pi_{\text{Ort,Name}}(\text{ADRESSEN})$

Ort	Name
Stans	Meier
Zürich	Müller
Bern	Schmid

#### 4.3.2 Der Selektionsoperator $\sigma_F(R)$

- Unter  $\sigma_F(R)$  versteht man alle Tupel aus  $R$ , welche die Selektionsbedingung  $F$  erfüllen.
- Eine Selektionsbedingung  $F$  besteht aus einer bestimmten Anzahl von Merkmalsnamen oder konstanten Werten, die durch Vergleichsoperatoren wie  $<$ ,  $>$  oder  $=$  sowie durch logische Operatoren wie AND, OR und NOT miteinander kombiniert werden können.

## ADRESSEN

ID	Name	Vorname	PLZ	Ort
12	Meier	Andreas	6370	Stans
47	Müller	Michael	8000	Zürich
39	Schmid	Susanne	3000	Bern
23	Meier	Stefan	6000	Luzern

### $\sigma_{\text{Name=Meier}}(\text{ADRESSEN})$

ID	Name	Vorname	PLZ	Ort
12	Meier	Andreas	6370	Stans
23	Meier	Stefan	6000	Luzern

### $\sigma_{\text{Name=Meier AND PLZ}<6100}(\text{ADRESSEN})$

ID	Name	Vorname	PLZ	Ort
23	Meier	Stefan	6000	Luzern

### 4.3.3 Der Verbundoperator $R \bowtie_P S$

- Der Verbundoperator der beiden Tabellen  $R$  und  $S$  über das Prädikat  $P$  ist die Menge aller Tupel aus dem kartesischen Produkt  $R \times S$ , die das Verbundprädikat  $P$  erfüllen.
- Das Verbundprädikat  $P$  enthält je ein Merkmal aus der Tabelle  $R$  und eines aus  $S$ . Diese beiden Merkmale werden durch die Vergleichsoperatoren  $<$ ,  $>$  und  $=$  in Beziehung gesetzt, damit die Tabellen kombiniert werden können.
- Enthält das Verbundprädikat  $P$  den Vergleichsoperator  $=$ , so spricht man von einem *Gleichheitsverbund*. (engl. *equi-join*)
- Lässt man das Verbundprädikat weg ( $P = \{\}$ ), so erhält man als Spezialfall das kartesische Produkt:  $R \bowtie_{P=\{\}} S = R \times S$ .

## KUNDE

KID	Name	Ort
21312	Meier	Stans
5945	Müller	Zürich
45101	Schmid	Bern

## EINKAUF

EID	Datum	KID	Betrag
135	3.9.2011	92415	123.70
136	4.9.2011	5945	95.00
137	7.9.2011	21312	69.35

### $\text{KUNDE} \bowtie_{\text{KUNDE.KID}=\text{EINKAUF.KID}} \text{EINKAUF}$

KID	Name	Ort	EID	Datum	KID	Betrag
21312	Meier	Stans	137	7.9.2011	21312	69.35
5945	Müller	Zürich	136	4.9.2011	5945	95.00

#### 4.3.4 Der Verbundoperator $R \bowtie_P S$ (Fortsetzung)

KUNDE  $\times$  EINKAUF

<i>KID</i>	Name	Ort	EID	Datum	KID	Betrag
21312	Meier	Stans	135	3.9.2011	92415	123.70
21312	Meier	Stans	136	4.9.2011	5945	95.00
<i>21312</i>	<i>Meier</i>	<i>Stans</i>	<i>137</i>	<i>7.9.2011</i>	<i>21312</i>	<i>69.35</i>
5945	Müller	Zürich	135	3.9.2011	92415	123.70
<i>5945</i>	<i>Müller</i>	<i>Zürich</i>	<i>136</i>	<i>4.9.2011</i>	<i>5945</i>	<i>95.00</i>
5945	Müller	Zürich	137	7.9.2011	21312	69.35
45101	Schmid	Bern	135	3.9.2011	92415	123.70
45101	Schmid	Bern	136	4.9.2011	5945	95.00
45101	Schmid	Bern	137	7.9.2011	21312	69.35

KUNDE  $\bowtie_{\text{KUNDE.KID}=\text{EINKAUF.KID}}$  EINKAUF

<i>KID</i>	Name	Ort	EID	Datum	KID	Betrag
<i>21312</i>	<i>Meier</i>	<i>Stans</i>	<i>137</i>	<i>7.9.2011</i>	<i>21312</i>	<i>69.35</i>
<i>5945</i>	<i>Müller</i>	<i>Zürich</i>	<i>136</i>	<i>4.9.2011</i>	<i>5945</i>	<i>95.00</i>

#### Quelle

- Andreas Meier, *Relationale und Postrelationale Datenbanken*, Springer, 2007

## 5 SQLite

### 5.1 Relationales Datenbank Management System

#### RDBMS

- Für die praktische Arbeit mit den Daten muss das *relationale Datenmodell* als *relationale Datenbank* implementiert werden.
- Ein Datenbankprogramm, das nicht nur das Speichern und Abfragen sondern auch das Verwalten der Daten und der Benutzer ermöglicht, wird *Relationales Datenbank Management System (RDBMS)* genannt.

#### Aufgaben eines RDBMS

- Datenbanken anlegen
- Tabellen erstellen und löschen
- Datensätze in Tabellen einfügen
- Datensätze aus Tabellen löschen
- Datenbankabfragen tätigen
- DB-Benutzer verwalten (Passwörter, Berechtigungen, ...)
- Transaktionsüberwachung (→ ACID)

### 5.2 Structured Query Language

In der Praxis existieren viele verschiedene RDBMS. Ihre Anwendungsschnittstelle ist in der Regel die Datenbanksprache *Structured Query Language (SQL)*.

Auch wenn der SQL-Sprachkern standardisiert ist, gibt es je nach Datenbank(-Hersteller) verschiedene SQL-Dialekte:

- IBM DB2 (kommerziell)
- Oracle Database (kommerziell und eingeschränkte Version für kostenlose Nutzung)
- Microsoft SQL Server (kommerziell)
- MySQL (Open Source und kommerziell)
- PostgreSQL (Open Source)
- SQLite (Open Source)
- ...

## 5.3 SQLite

SQLite ist ein kostenloses leichtgewichtiges RDBMS, das im Gegensatz zu seinen grossen Geschwistern

- keinen Server benötigt,
- ohne Konfiguration auskommt,
- auf vielen Plattformen verfügbar ist,
- in einer einzelnen Datei integriert ist,
- sparsam mit Speicherplatz umgeht.

Dennoch unterstützt SQLite einen grossen Teil des SQL92-Standards und ist sehr zuverlässig.

### 5.3.1 Information und Download

<http://www.sqlite.org/>

### 5.3.2 GUI

Für SQLite gibt es auch grafische Benutzerschnittstellen (GUI), die die Arbeit mit dem RDBMS vereinfachen.

Wir werden dafür das Firefox Add-On *SQLite Manager* verwenden. Dieses Programm verwendet den Browser als GUI und erlaubt das Speichern der Datenbank im lokalen Dateisystem.

### 5.3.3 Datentypen

Jeder Wert, der in einer SQLite-DB gespeichert oder von ihr verändert wird, gehört zu einer der folgenden Datentypen:

- **NULL** der NULL-Wert ( $\neq 0$ )
- **INTEGER** eine ganze Zahl mit Vorzeichen (je nach Grössenordnung 1, 2, 3, 4, 6, oder 8 Bytes)
- **REAL** Fließkommazahl (8 Byte, IEEE 754-Format)
- **TEXT** Zeichenkette (je nach DB-Kodierung UTF-8, UTF-16BE oder UTF-16LE)
- **BLOB** (Binary Large Object) exakte Kopie des Inputs



### 5.3.4 Datum und Zeit

Datum- und Zeitangaben werden am einfachsten als TEXT gespeichert. Es sind auch Darstellungen als REAL möglich, die jedoch Umrechnungen erfordern.

Hier einige Darstellungen, die von SQLite erkannt werden:

- *YYYY-MM-DD*
- *YYYY-MM-DD HH:MM*
- *YYYY-MM-DD HH:MM:SS*
- *YYYY-MM-DD HH:MM:SS.sss*
- *HH:MM*
- *HH:MM:SS*
- *HH:MM:SS.sss*
- ...

### 5.3.5 CREATE TABLE

#### Beispiel

```
CREATE TABLE personal (  
  pid          INTEGER PRIMARY KEY AUTOINCREMENT,  
  nachname    TEXT NOT NULL,  
  vorname     TEXT CHECK(vorname != 'Konstanze'),  
  eintritt    TEXT NOT NULL DEFAULT CURRENT_DATE,  
  garderobe   INTEGER UNIQUE  
);
```

#### Beispiel

```
CREATE TABLE wohnungen (  
  wohnungsnummer INTEGER NOT NULL,  
  gebaedenummer  INTEGER NOT NULL,  
  PRIMARY KEY (wohnungsnummer, gebaedenummer)  
);
```

### 5.3.6 DROP TABLE

```
DROP TABLE [IF EXISTS] db_name.table_name;
```

#### Beispiel

```
DROP TABLE IF EXISTS personal;
```

### 5.3.7 INSERT INTO

```
INSERT INTO db_name.table_name (col1, col2, ...) VALUES (val1, val2, ...)
```

#### Beispiel

```
INSERT INTO personal (pid, nachname, vorname, eintritt, garderobe)  
VALUES (11, 'Meier', 'Andreas', '04-06-2009', 17);
```

#### Beispiel

```
INSERT INTO personal (eintritt, nachname, garderobe, vorname)  
VALUES ('25-11-2018', 'Bernasconi', 39, 'Maria');
```

### 5.3.8 ALTER TABLE

Übliche Verwendung:

```
ALTER TABLE db_name.table_name RENAME TO new_table_name
```

und

```
ALTER TABLE db_name.table_name ADD COLUMN column_def
```

### 5.3.9 DELETE

```
DELETE FROM db_name.table_name;
```

oder

```
DELETE FROM db_name.table_name WHERE condition;
```

### 5.3.10 ACID-Transaktionen

- **Atomic:** *Die Transaktion darf nicht in kleinere Teile zerlegt werden.*
- **Consistent:** *Die Transaktion muss die DB in einem konsistenten (widerspruchsfreien) Zustand belassen.*
- **Isolated:** *Die Transaktion muss von denen anderer Clients abgeschirmt werden.*
- **Durable:** *Nach dem erfolgreichen Abschluss der Transaktion muss diese ein permanenter und unwiderruflicher Teil der DB werden.*

### BEGIN/COMMIT TRANSACTION

Normalerweise befindet sich SQLite im *autocommit*-Modus: jede Eingabe wird implizit als einzelne Transaktion verarbeitet.

Problem: *Verlangsamt die Ausführung von SQL-Befehlen*

```
BEGIN [DEFERRED|IMMEDIATE|EXCLUSIVE] [TRANSACTION] DB-Befehle COMMIT [TRANSACTION]  
oder END [TRANSACTION]
```

### 5.3.11 Die SELECT-Pipeline

#### Überblick

```
SELECT [DISTINCT] select_heading FROM source_tables WHERE filter_expression  
GROUP BY grouping_expressions      HAVING filter_expression ORDER BY ordering_expressions  
LIMIT count      OFFSET count
```

#### Auswertungsreihenfolge

1. FROM *source\_tables*

Legt eine oder mehrere Ausgangstabellen fest und kombiniert sie zu einer grossen Arbeitstabelle.

2. WHERE *filter\_expressions*

Filtiert bestimmte Zeilen aus der Arbeitstabelle heraus.

3. GROUP BY *grouping\_expressions*

Fasst Zeilen zusammen, die in bestimmten Werten übereinstimmen.

4. SELECT *select\_heading*

Definiert die Kolonnen der Resultatmenge sowie die gruppierenden Funktionen (Aggregatsfunktionen), sofern diese anwendbar sind.

5. HAVING *filter\_expression*

Filtiert bestimmte Zeilen aus der gruppierten Tabelle. Verlangt ein GROUP BY.

6. DISTINCT

Eliminiert identische Zeilen.

7. ORDER BY *ordering\_expressions*

Sortiert die Zeilen der Resultatmenge.

8. OFFSET *count*

Überspringt *count* Zeilen am anfang der Resultatmenge. Verlangt ein LIMIT.

9. LIMIT *count*

Begrenzt die Anzahl der auszugebenden Zeilen der Resultatmenge auf *count*.

### 5.3.12 Der FROM-Abschnitt

Für die Kombination von Ausgangstabellen gibt es folgende Möglichkeiten:

## CROSS JOIN

Ein ungefiltertes Kreuzprodukt der Tabellen. *Achtung!*

a	b	×	c	d	=	a	b	c	d
1	2		2	7		1	2	2	7
3	7		1	2		1	2	1	2
4	5					3	7	2	7
						3	7	1	2
						4	5	2	7
						4	5	1	2

```
SELECT * FROM tab1 CROSS JOIN tab2;
```

## [INNER] JOIN

Ein Kreuzprodukt, das durch eine Bedingung gefiltert wird, die nach dem Schlüsselwort **ON** steht.

a	b	⋈ <sub>b=c</sub>	c	d	=	a	b	c	d
1	2		2	7		1	2	2	7
3	7		1	2					
4	5								

```
SELECT * FROM tab1 INNER JOIN tab2 ON b=c;
```

Da ein **INNER JOIN** häufig verwendet wird, kann man dafür die Abkürzung **JOIN** verwenden.

## NATURAL JOIN

Filtert im Kreuzprodukt automatisch nach Kolonnen mit identischen Kolonnennamen. Dies ist bequem, kann aber gefährlich werden, wenn man seine Kolonnen unsorgfältig benennt.

a	b	⋈	c	b	=	a	b	c
1	2		2	7		1	2	1
3	7		1	2		3	7	2
4	5							

```
SELECT * FROM tab1 NATURAL JOIN tab2;
```

Ein **NATURAL JOIN** führt Kolonnen mit gemeinsamen Merkmalsnamen nur einmal auf.

## LEFT OUTER JOIN

Ergänzt einen **INNER JOIN** um diejenigen Zeilen in der ersten Tabelle, zu denen es keine passenden Zeilen in der zweiten Tabelle gibt und füllt die Kolonnen mit **NULL**-Werten auf.

a	b	⋈ <sub>b=d</sub>	c	d	=	a	b	c	d
1	2		2	7		1	2	1	2
3	7		1	2		3	7	2	7
4	5					4	5	NULL	NULL

```
SELECT * FROM tab1 LEFT OUTER JOIN tab2 on b=d;
```

### 5.3.13 Der WHERE-Abschnitt

Nach WHERE kann man eine (oder mehrere) Bedingung(en) angeben, nach denen man die Resultattabelle filtert (*Selektion*). Beispielsweise mit den Vergleichsoperatoren (=, !=, <, <=, >, >=, BETWEEN ... AND ...), den logischen Operatoren (AND, OR, NOT) oder mit LIKE.

```
SELECT a, c FROM tab WHERE b >= 5;
```

a	b	c	⇒	a	c
3	5	7		3	7
9	3	1		2	4
2	6	4			

### 5.3.14 Der GROUP BY-Abschnitt

GROUP BY fasst Zeilen zusammen, die in bestimmten Werten übereinstimmen.

Üblicherweise wendet man auf die gruppierten Zeilen im SELECT-Teil eine der Aggregatsfunktionen count(...), sum(...), min(...), max(...) oder avg(...) auf eines der Attribute an.

```
SELECT a, b, sum(c) FROM tab GROUP BY a;
```

a	b	c	⇒	a	b	c	⇒	a	b	c
3	12	7		3	12	7		1	32	5
1	27	5		3	30	4		2	19	17
3	30	4		1	27	5		3	30	11
2	14	9		1	32	0				
2	19	8		2	14	9				
1	32	0		2	19	8				

Die mittlere Tabelle stellt einen Zwischenschritt in der Berechnung dar und wird nicht ausgegeben.

**Achtung:** Einträge, die weder von der Zusammenfassung noch von der Aggregatsfunktion betroffen sind (hier: Attribut *b*), erhalten jeweils den Eintrag der letzten Zeile in der Gruppe. Sie sind von der Reihenfolge der Daten abhängig und damit nicht vorhersehbar.

### 5.3.15 Die SELECT-Kopfzeile

Die SELECT-Kopfzeile dient dazu, das Format und den Inhalt der Resultattabelle zu definieren.

```
SELECT expression [AS column_name] [...]
```

Mit dem Optionalen Argument AS kann ein Alias definiert werden, der dann in Resultattabelle erscheint. Wenn der Aliasname Leerzeichen enthält, so muss er von Anführungs- und Schlusszeichen eingeschlossen sein.

Als *expression* kann auch ein Stern (\*) verwendet werden, der jede Kolonne im Resultat anzeigt.

### 5.3.16 Der HAVING-Abschnitt

Die HAVING-Klausel ist im Grunde identisch mit der WHERE-Klausel.

Der Unterschied besteht darin, dass die WHERE-Klausel *vor* einem GROUP BY und die HAVING-Klausel nach einem GROUP BY ausgewertet wird.

Deshalb sollte man die HAVING-Klausel nur als Filterinstrument nach einem GROUP BY verwenden.

### Beispiel

```
SELECT a, sum(c) AS summe FROM tab
GROUP BY a
HAVING summe > 10;
```

a	b	c	⇒	a	summe	⇒	a	summe
3	12	7		3	11		2	17
1	27	5		1	5		3	11
3	30	4		2	17			
2	14	9						
2	19	8						
1	32	0						

### 5.3.17 Das DISTINCT-Schlüsselwort

Mit dem Schlüsselwort DISTINCT werden in der Resultatabelle identischen Zeilen allfällige duplizierte Zeilen entfernt.

*Beachte:* Da SQLite alle Zeilen paarweise auf Identität prüfen muss, ist es eine *teure* Operation, die bei grossen Tabellen einen grossen Zeitaufwand verursachen kann.

### Beispiel

```
SELECT DISTINCT a from tab;
```

a	b	c	⇒	a
3	6	9		3
1	4	8		1
3	5	7		2
2	4	9		
2	6	7		
1	5	8		

### 5.3.18 Der ORDER BY-Abschnitt

Die ORDER BY-Klausel dient dazu, die Zeilen der Resultatabelle zu sortieren bzw. zu ordnen.

ORDER BY *expression*

[COLLATE *collation\_name*] [ASC|DESC] [, ...]

COLLATE bezeichnet die vorgegebene Ordnung in der die Symbole des Zeichensatzes verglichen werden. Beispielsweise werden mit COLLATE NOCASE alle Grossbuchstaben in Kleinbuchstaben verwandelt.

Ohne Angabe einer Sortierreihenfolge wird standardmässig ASC (aufsteigend) verwendet.

## Beispiel

```
SELECT * FROM tab
ORDER BY a ASC, b DESC;
```

a	b	c	⇒	a	b	c
3	6	9		1	5	8
1	4	8		1	4	8
3	5	7		2	6	7
2	4	9		2	4	9
2	6	7		3	6	9
1	5	8		3	5	7

### 5.3.19 Die LIMIT- und OFFSET-Abschnitte

LIMIT und OFFSET ermöglichen eine spezielle Teilmenge der Resultattabelle anzuzeigen.

LIMIT beschränkt die Anzahl der ausgegebenen Zeilen.

OFFSET sagt, wie viele Zeilen vor der ersten Ausgabe *weggelassen* werden sollen.

#### Beispiele:

```
LIMIT 10           gibt die Zeilen 1–10 aus
LIMIT 10 OFFSET 3  gibt die Zeilen 4–13 aus
LIMIT 3 OFFSET 20  gibt die Zeilen 21–23 aus
```

**Achtung:** Es gibt noch eine Abkürzung, bei der OFFSET implizit an erster Stelle von LIMIT steht.

```
LIMIT 3, 20  gibt die Zeilen 4–23 aus
```

### 5.3.20 Aggregatsfunktionen

- `count(col)`: Anzahl der Zeilen in `col`
- `min(col)`: kleinster Wert in `col`
- `max(col)`: grösster Wert in `col`
- `sum(col)`: Summe aller Werte in `col`
- `avg(col)`: Durchschnitt der Werte in `col`

Darüber hinaus kann man die üblichen Operatoren `+`, `-`, `*` und `/` zum Operieren auf den Kolonnen verwenden.

### 5.3.21 Subqueries (Unterabfragen)

Anstelle einer gegebenen Tabelle (nach FROM) darf auch ein weiteres SELECT-Statement stehen, das in runde Klammern eingeschlossen werden muss.

```
SELECT ... FROM (SELECT ...) WHERE ...;
```

### 5.3.22 Mengenoperationen

Die Resultate von jeweils zwei **SELECT**-Ausdrücken können durch die folgenden Mengenoperationen im Sinne der Mengenalgebra verknüpft werden, sofern sie vereinigungsverträglich sind.

- **SELECT ... UNION SELECT ...**  
Bildet die Vereinigungsmenge ( $\cup$ ) der Resultate der beiden **SELECT**-Ausdrücke.
- **SELECT ... INTERSECT SELECT ...**  
Bildet die Durchschnittsmenge ( $\cap$ ) der Resultate der beiden **SELECT**-Ausdrücke.
- **SELECT ... EXCEPT SELECT ...**  
Bildet die Mengendifferenz ( $\setminus$ ) von der ersten und der zweiten Resultatmenge.