

# 5. Die Standardsprache SQL

Stefan Deßloch

Grundlagen

- Grundlagen
  - Funktions- und Einsatzbereiche
  - Befehlsübersicht und SQL-Grammatik
- Mengenorientierte Anfragen (Retrieval)<sup>1</sup>
  - Anfragetypen
  - Aggregatfunktionen, Vergleichsprädikate
  - Erklärungsmodell für die Anfrageauswertung
- Möglichkeiten der Datenmanipulation (DML)
- Möglichkeiten der Datendefinition (DDL)
  - Basisrelationen
  - Integritätsbedingungen
- Abbildung von Beziehungen
  - Rolle des Fremdschlüssels
  - Umsetzung der verschiedenen Beziehungstypen
- Wartung von Beziehungen
  - Relationale Invarianten
  - Auswirkungen referentieller Aktionen

Mengenorientierte  
Anfragen

Daten-  
manipulation

Daten-  
definition

Abbildung von  
Beziehungen

Wartung von  
Beziehungen

1. Eine ungenaue Antwort auf die richtige Frage ist viel mehr wert als eine präzise Antwort auf die falsche Frage (John W. Tukey).

# Abbildungsorientierte Sprachen am Beispiel von SQL

Grundlagen

- Seit 1974 viele Sprachentwürfe

- SQUARE: Specifying Queries As Relational Expressions
- SEQUEL: Structured English Query Language
- Weiterentwicklung zu **SQL (Structured Query Language)**
- QUEL, OLQ, PRTV, . . .

Mengenorientierte  
Anfragen

- Sprachentwicklung von SQL<sup>2</sup>

- Entwicklung einer vereinheitlichten DB-Sprache für alle Aufgaben der DB-Verwaltung
- Lehrexperimente mit Studenten mit und ohne Programmiererfahrung
- Erweiterung der Anfragesprache zur „natürlichen“ Formulierung bestimmter Fragen
- gezielte Verbesserungen verschiedener Sprachkonstrukte zur Erleichterung des Verständnisses und zur Reduktion von Fehlern

Daten-  
manipulation

Daten-  
definition

Abbildung von  
Beziehungen

Wartung von  
Beziehungen

- Information Technology – Database Language SQL – Part 1 and Part 2: Framework (for SQL:1999) and Foundation (SQL:1999), International Standard ([www.jtc1sc32.org](http://www.jtc1sc32.org))  
Information Technology – Database Language SQL – Technical Corrigendum xxx for SQL:1999, ... 2008-01-27: >1700 Dokumente

# Abbildungsorientierte Sprachen am Beispiel von SQL (2)

Grundlagen

Mengenorientierte  
Anfragen

Daten-  
manipulation

Daten-  
definition

Abbildung von  
Beziehungen

Wartung von  
Beziehungen

- Sprachentwicklung von SQL (Forts.)
  - leichter Zugang durch verschiedene „Sprachebenen“ anwachsender Komplexität:
    - einfache Anfragemöglichkeiten für den gelegentlichen Benutzer
    - mächtige Sprachkonstrukte für den besser ausgebildeten Benutzer
- Spezielle Sprachkonstrukte für den DBA
- SQL wurde **„de facto“-Standard** in der relationalen Welt (X3H2-Vorschlag wurde 1986 von ANSI, 1987 von ISO akzeptiert)
  - Portabilität von Anwendungen
  - Minimierung der Ausbildungskosten
  - Anwendungs-Lebensdauer
  - Interoperabilität
- Weiterentwicklung des Standards<sup>3</sup>
  - SQL2 mit drei Stufen (1992), SQL:1999, SQL:2003, SQL:2007 (XQuery, SQL/XML, and the Semantic Web)

3. The nice thing about standards is that there are so many of them to choose from (Andrew S. Tanenbaum)

- **Eigenschaften**
  - Auswahlvermögen **äquivalent** dem Relationenkalkül und der **Relationenalgebra**
  - Vermeidung von mathematischen Konzepten wie Quantoren

➔ trotzdem: relational vollständig

**SQL: strukturierte Sprache, die auf englischen Schlüsselwörtern basiert<sup>4</sup>**

Grundbaustein

```
SELECT PNR
FROM PERS
WHERE ANR = 'K55'
```

↑  
Abbildung

Ein bekanntes Attribut oder eine Menge von Attributen wird mit Hilfe einer Relation in ein gewünschtes Attribut oder einer Menge von Attributen abgebildet.

**Allgemeines Format**

*<Spezifikation der Operation>*

*<Liste der referenzierten Tabellen>*

*[ WHERE Boolescher Prädikatsausdruck ]*

4. Ausführliche Behandlung in vielen Lehrbüchern, z. B.: Pernul, G., Unland, R.: Datenbanken im Unternehmen — Analyse, Modellbildung und Einsatz, Oldenbourg-Verlag, 2001; Türker, C.: SQL:1999 & SQL:2003, dpunkt.verlag, 2003

# SQL2-Grammatik

- Semantik durch „allgemeine Regeln“ in natürlicher Sprache
- SQL-Syntax (Auszug, Table=Relation, Column=Attribut, Listenelemente durch Komma getrennt)

Grundlagen

Mengenorientierte Anfragen

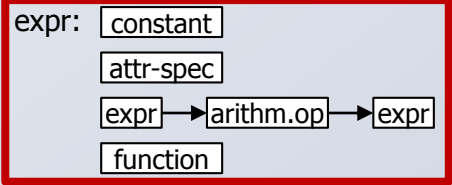
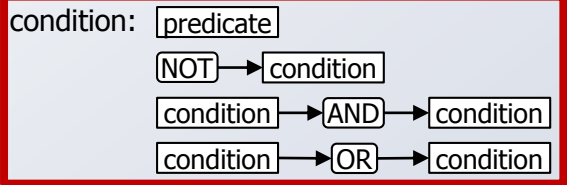
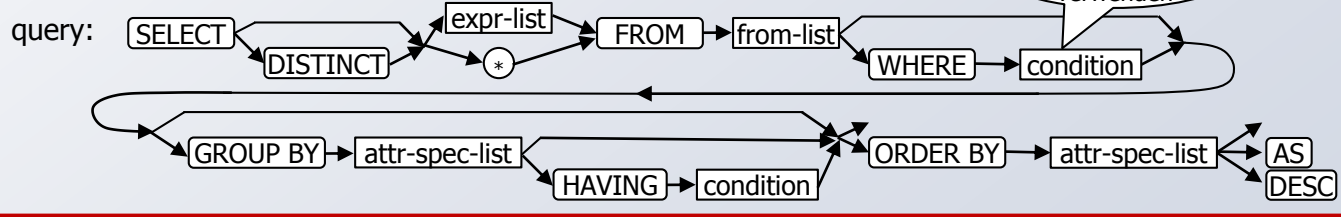
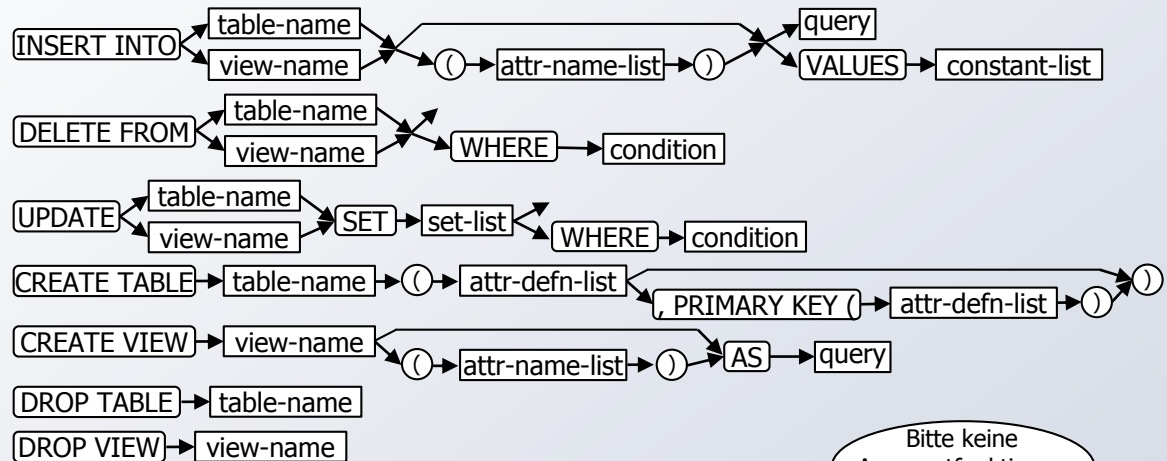
Datenmanipulation

Datendefinition

Abbildung von Beziehungen

Wartung von Beziehungen

SQL-statement: `query`

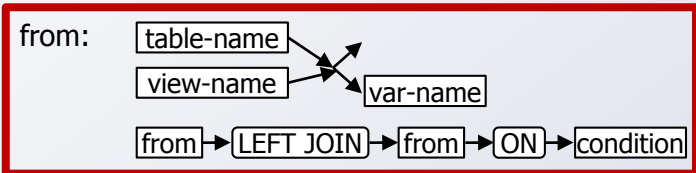
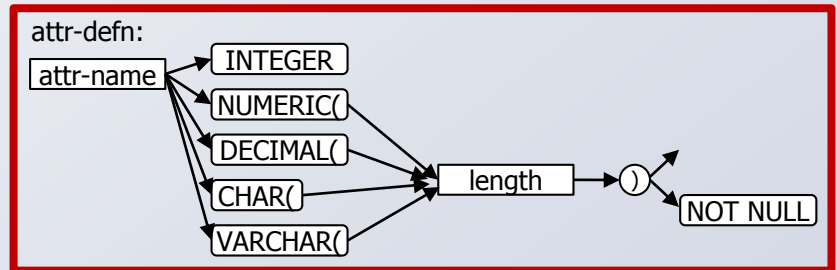
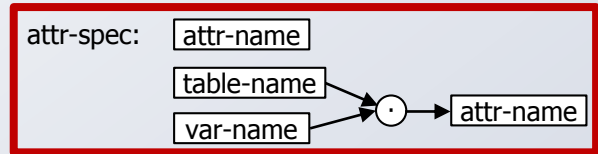
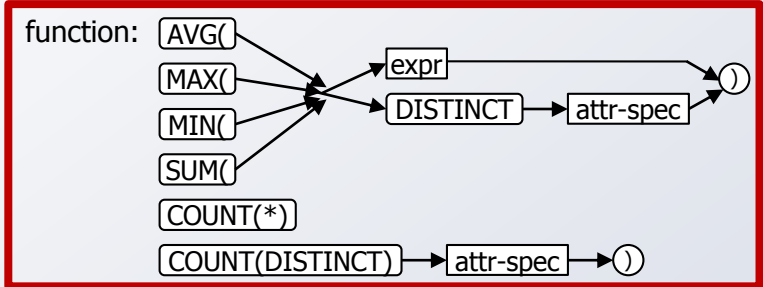
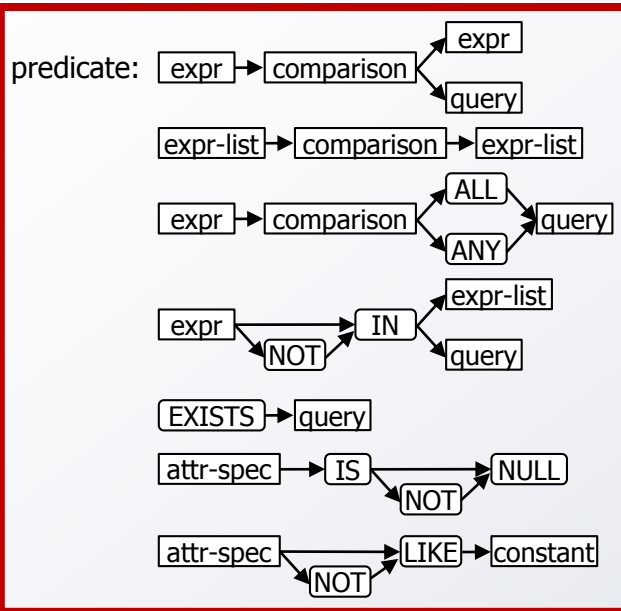


arithm.op: + - \* /

comparison: = <> < > <= >=

# SQL2-Grammatik (2)

Grundlagen



Mengenorientierte Anfragen

Datenmanipulation

Datendefinition

Abbildung von Beziehungen

Wartung von Beziehungen

Grundlagen

Mengenorientierte  
Anfragen

Daten-  
manipulation

Daten-  
definition

Abbildung von  
Beziehungen

Wartung von  
Beziehungen

```
select-exp
 ::= SELECT [ALL | DISTINCT] select-item-commalist
    FROM table-ref-commalist
    [WHERE cond-exp]
    [GROUP BY column-ref-commalist]
    [HAVING cond-exp]
```

- Mit **SELECT \*** kann das ganze Tupel ausgegeben werden
- **FROM**-Klausel spezifiziert das Objekt (Relation, Sicht), das verarbeitet werden soll (hier durch SELECT)
- **WHERE**-Klausel kann eine Sammlung von Prädikaten enthalten, die mit *AND* und *OR* verknüpft sein können
- Folgende Prädikate (Verbundterme) sind möglich:

$$A_i \Theta a_i$$

$$\Theta \in \{=, <>, <, \leq, >, \geq\}$$

$$A_i \Theta A_j$$



# Beispiel-DB: BÜHNE

Grundlagen

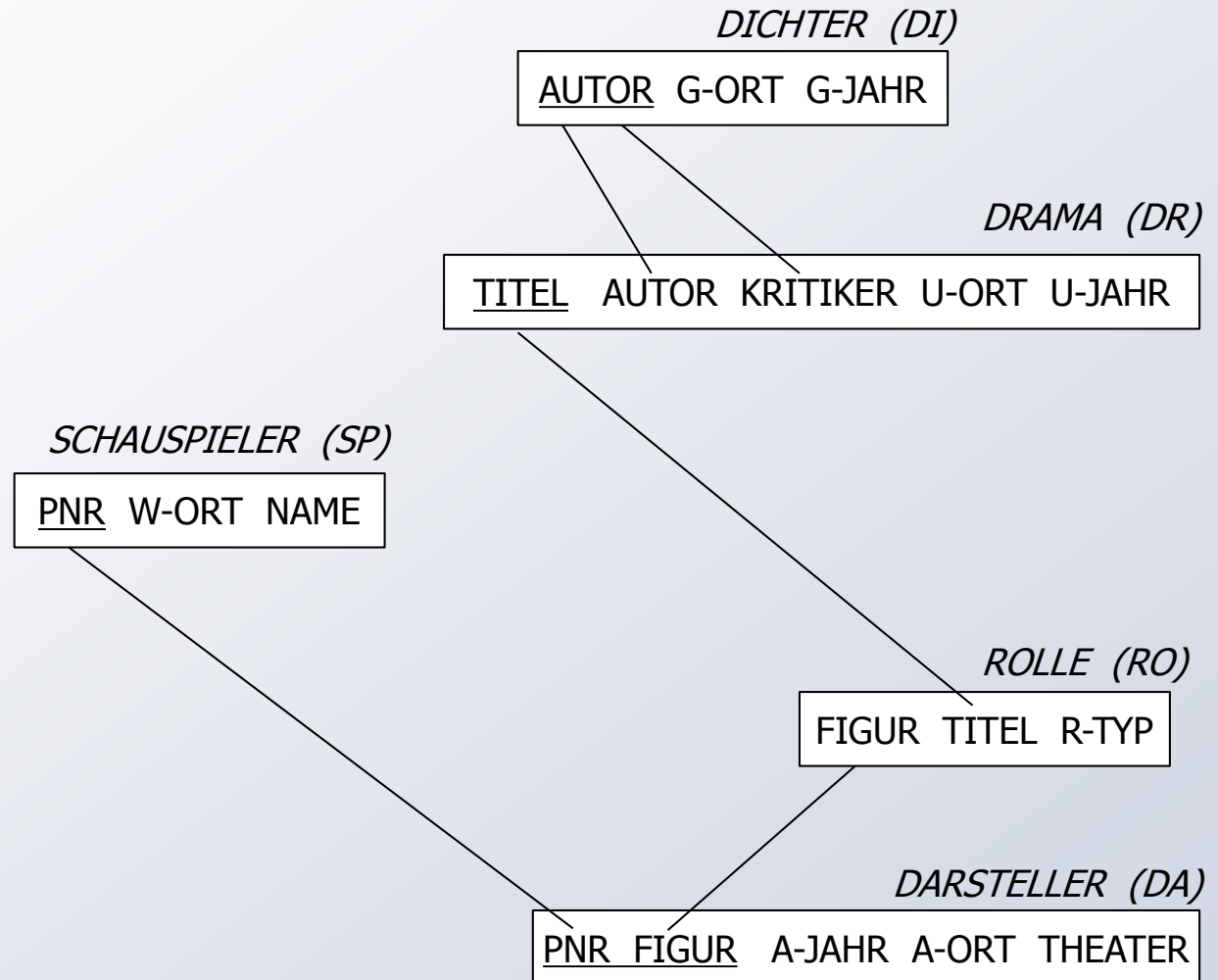
Mengenorientierte Anfragen

Datenmanipulation

Datendefinition

Abbildung von Beziehungen

Wartung von Beziehungen



# Untermengenbildung in einer Relation

Q1: Welche Dramen von Goethe wurden nach 1800 uraufgeführt?

```

SELECT *
FROM DRAMA
WHERE AUTOR = 'Goethe' AND U-JAHR > 1800
    
```

- Benennung von Ergebnis-Spalten

```

SELECT NAME,
        'Berechnetes Alter:' AS TEXT,
        CURRENT_DATE - GEBDAT AS ALTER
FROM SCHAUSPIELER
    
```

- Ausgabe von Attributen, Text oder Ausdrücken
- Spalten der Ergebnisrelation können (um)benannt werden (AS)

- Ein Prädikat in einer *WHERE*-Klausel kann ein Attribut auf Zugehörigkeit zu einer Menge testen:

$A_i \text{ IN } (a_1, a_j, a_k)$	explizite Mengendefinition
$A_i \text{ IN } (\text{SELECT } \dots)$	implizite Mengendefinition

Grundlagen

Mengenorientierte  
Anfragen

Daten-  
manipulation

Daten-  
definition

Abbildung von  
Beziehungen

Wartung von  
Beziehungen

# Untermengenbildung in einer Relation (2)

Grundlagen

Mengenorientierte  
Anfragen

Daten-  
manipulation

Daten-  
definition

Abbildung von  
Beziehungen

Wartung von  
Beziehungen

Q2: Finde die Schauspieler (PNR), die Faust, Hamlet oder Wallenstein gespielt haben.

```
SELECT  DISTINCT PNR  
FROM    DARSTELLER  
WHERE   FIGUR IN ('Faust', 'Hamlet', 'Wallenstein')
```

- Duplikate in der Ausgabeliste werden nicht eliminiert (Default)
- *DISTINCT* erzwingt Duplikateliminierung

# Geschachtelte Abbildung

➔ Die Menge, die zur Qualifikation herangezogen wird, kann Ergebnis einer geschachtelten Abbildung sein.

Q3: Finde die Figuren, die in Dramen von Schiller oder Goethe vorkommen.

```
SELECT FIGUR
FROM ROLLE
WHERE TITEL IN (
    SELECT TITEL
    FROM DRAMA
    WHERE AUTOR IN ('Schiller', 'Goethe')
)
```

} äußere  
Abbildung

} innere  
Abbildung

- innere und äußere Relationen können identisch sein
- eine geschachtelte Abbildung kann beliebig tief sein

Grundlagen

Mengenorientierte  
Anfragen

Daten-  
manipulation

Daten-  
definition

Abbildung von  
Beziehungen

Wartung von  
Beziehungen

# Symmetrische Notation

Grundlagen

Mengenorientierte  
Anfragen

Daten-  
manipulation

Daten-  
definition

Abbildung von  
Beziehungen

Wartung von  
Beziehungen

Q4: Finde die Figuren und ihre Autoren, die in Dramen von Schiller oder Goethe vorkommen.

```
SELECT R.FIGUR, D.AUTOR
FROM ROLLE R, DRAMA D
WHERE R.TITEL = D.TITEL
      AND (D.AUTOR = 'Schiller' OR D.AUTOR = 'Goethe')
```

- Einführung von **Tupelvariablen** (*correlation names*) erforderlich
  - Auflösen von Namenskonflikten
- Vorteile der symmetrischen Notation
  - Ausgabe von Größen aus inneren Blöcken
  - keine Vorgabe der Auswertungsrichtung (DBS optimiert!)
  - direkte Formulierung von Vergleichsbedingungen über Relationengrenzen hinweg möglich
  - einfache Formulierung des Verbundes

# Symmetrische Notation (2)

Grundlagen

Mengenorientierte  
Anfragen

Daten-  
manipulation

Daten-  
definition

Abbildung von  
Beziehungen

Wartung von  
Beziehungen

Q5: Finde die Dichter (AUTOR, G-ORT), deren Dramen von Dichtern mit demselben Geburtsort (G-ORT) kritisiert wurden.

**SELECT** A.AUTOR, A.G-ORT

**FROM** DICHTER A, DRAMA D, DICHTER B

**WHERE** A.AUTOR = D.AUTOR

**AND** D.KRITIKER = B.AUTOR

**AND** A.G-ORT = B.G-ORT

- Welche Rolle spielen die Bedingungen A.AUTOR = D.AUTOR und D.KRITIKER = B.AUTOR in der erhaltenen Lösung?

# Symmetrische Notation (3)

Q6: Finde die Schauspieler (NAME, W-ORT), die bei in Weimar uraufgeführten Dramen an ihrem Wohnort als 'Held' mitgespielt haben.

```

SELECT  S.NAME, S.W-ORT
FROM    SCHAUSPIELER S, DARSTELLER D, ROLLE R, DRAMA A
WHERE   S.PNR = D.PNR           (F1)
           AND D.FIGUR = R.FIGUR (F2)
           AND R.TITEL = A.TITEL (F3)
           AND A.U-ORT = 'Weimar' (F4)
           AND R.R-TYP = 'Held'   (F5)
           AND D.A-ORT = S.W-ORT  (F6)
    
```

- Wie sieht das Auswertungsmodell (Erklärungsmodell) bei symmetrischer Notation aus?

Grundlagen

Mengenorientierte  
Anfragen

Daten-  
manipulation

Daten-  
definition

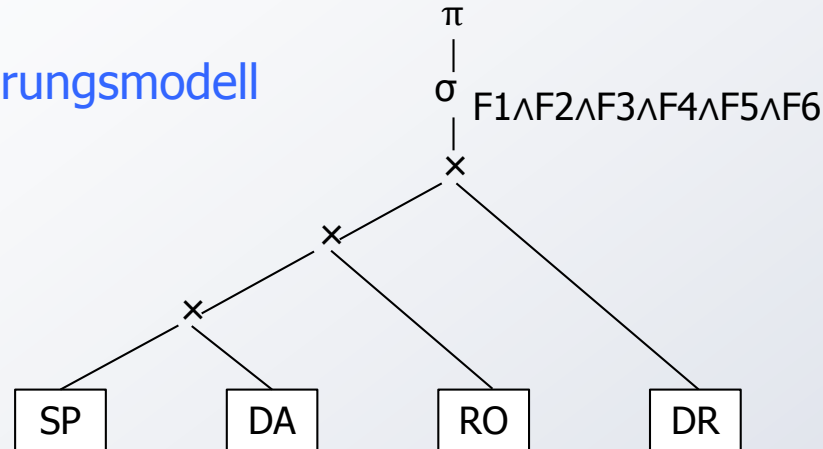
Abbildung von  
Beziehungen

Wartung von  
Beziehungen

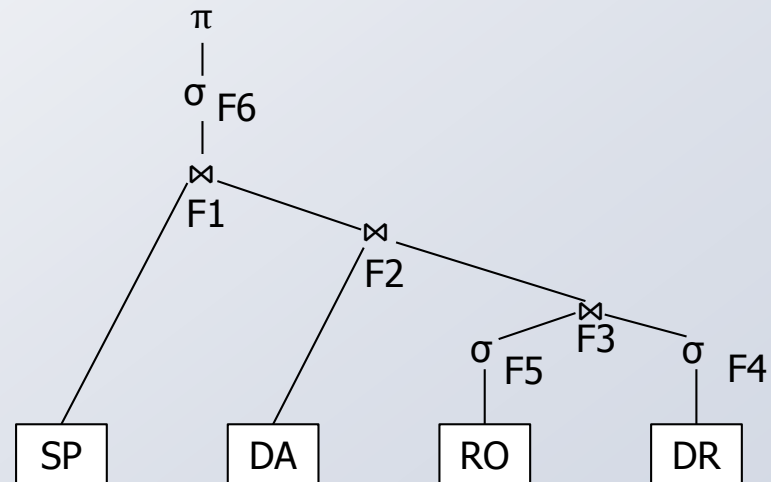
# Ausführung von SQL-Anweisungen

Grundlagen

- Abstraktes Erklärungsmodell für Q6



- Verbesserter Operatorbaum für Q6



- Heuristische Optimierungsregeln

- Führe Selektionen so früh wie möglich aus!
- Verknüpfung von kartesischem Produkt und Selektion zu Join!
- Bestimme die Verbundreihenfolge so, dass die Anzahl und Größe der Zwischenobjekte minimiert wird!

Mengenorientierte Anfragen

Datenmanipulation

Datendefinition

Abbildung von Beziehungen

Wartung von Beziehungen



# Alternative zur "klassischen" Joinsyntax: Verbundausdrücke

join-table-expression

```
::= table-reference CROSS JOIN table reference
   | table-reference [NATURAL] [join-type] JOIN table-reference
     [ ON conditional-expression | USING ( column-commalist ) ]
   | ( join-table-expression )
```

join-type

```
::= INNER | LEFT [OUTER] | RIGHT [OUTER] | FULL [OUTER] | UNION
```

- Explizite Spezifikation von Joins in der FROM-Klausel

```
SELECT R.FIGUR, D.AUTOR, D.TITEL
FROM ROLLE R JOIN DRAMA D ON R.TITEL= D.TITEL
```

```
SELECT R.FIGUR, D.AUTOR, TITEL
FROM ROLLE R JOIN DRAMA D USING (TITEL)
```

```
SELECT R.FIGUR, D.AUTOR, TITEL
FROM ROLLE R NATURAL JOIN DRAMA D
```

Liefern das gleiche Ergebnis wie:

```
SELECT R.FIGUR, D.AUTOR, D.TITEL
FROM ROLLE R, DRAMA D
WHERE R.TITEL= D.TITEL
```

Grundlagen

Mengenorientierte  
Anfragen

Daten-  
manipulation

Daten-  
definition

Abbildung von  
Beziehungen

Wartung von  
Beziehungen

Grundlagen

ORDER BY order-item-commalist

Mengenorientierte  
Anfragen

**Q7:** Finde die Schauspieler, die an einem Ort wohnen, an dem sie gespielt haben, sortiert nach Name (aufsteigend), W-Ort (absteigend).

```

SELECT      S.NAME, S.W-ORT
FROM        SCHAUSPIELER S, DARSTELLER D
WHERE       S.PNR = D.PNR
AND         S.W-ORT = D.A-ORT
ORDER BY    S.NAME ASC, S.W-ORT DESC
    
```

- Ohne Angabe der ORDER-BY-Klausel wird die Reihenfolge der Ausgabe durch das System bestimmt (Optimierung der Auswertung)
- ORDER-BY ist bei geschachtelten Abbildungen nicht für innere Abbildungen verwendbar!

Wartung von  
Beziehungen

# Aggregat-Funktionen

Grundlagen

Aggregate-function-ref

```
 ::= COUNT(*)
    | {AVG | MAX | MIN | SUM | COUNT}
    ([ALL | DISTINCT] scalar-exp)
```

Mengenorientierte Anfragen

- Standard-Funktionen: AVG, SUM, COUNT, MIN, MAX
  - Elimination von Duplikaten: DISTINCT
  - keine Elimination: ALL (Defaultwert)

➔ Typverträglichkeit erforderlich

Q8: Bestimme das Durchschnittsgehalt der Schauspieler, die älter als 50 Jahre sind. (GEHALT und ALTER seien Attribute von SP)

```
SELECT    AVG (GEHALT) AS GDURCHSCHNITT
FROM      SCHAUSPIELER
WHERE     ALTER > 50
```

- Auswertung
  - Aggregat-Funktion (AVG) wird angewendet auf einstellige Ergebnisliste (GEHALT)
  - keine Eliminierung von Duplikaten
  - Verwendung von arithmetischen Ausdrücken ist möglich: AVG (GEHALT/12)

# Aggregat-Funktionen (2)

Grundlagen

Mengenorientierte  
Anfragen

Daten-  
manipulation

Daten-  
definition

Abbildung von  
Beziehungen

Wartung von  
Beziehungen

Q9: An wievielen Orten wurden Dramen uraufgeführt (U-Ort)?

```
SELECT COUNT (DISTINCT U-ORT)
FROM DRAMA
```

Q10: An welchen Orten wurden mehr als zwei Dramen uraufgeführt?

Versuch: **SELECT** DISTINCT U-ORT  
**FROM** DRAMA  
**WHERE** COUNT(U-ORT) > 2



```
SELECT DISTINCT U-ORT
FROM DRAMA D
WHERE 2 <
    (SELECT COUNT(*)
     FROM DRAMA X
     WHERE X.U-ORT = D.U-ORT)
```

- keine geschachtelte Nutzung von Funktionsreferenzen!
- Aggregat-Funktionen in WHERE-Klausel unzulässig!

# Aggregat-Funktionen (3)

Q11: Welches Drama (Titel, U-Jahr) wurde zuerst aufgeführt?

Versuch: **SELECT** TITEL, MIN(U-JAHR)  
**FROM** DRAMA



**SELECT** TITEL, U-JAHR  
**FROM** DRAMA  
**WHERE** U-JAHR = (**SELECT** MIN(U-JAHR)  
**FROM** DRAMA)

Grundlagen

Mengenorientierte  
Anfragen

Daten-  
manipulation

Daten-  
definition

Abbildung von  
Beziehungen

Wartung von  
Beziehungen

# Partitionierung einer Relation in Gruppen

Grundlagen

GROUP BY column-ref-commalist

Mengenorientierte  
Anfragen

**Beispielschema:** PERS (PNR, NAME, GEHALT, ALTER, ANR)  
PRIMARY KEY (PNR)

Daten-  
manipulation

Daten-  
definition

**Q12:** Liste alle Abteilungen und das Durchschnittsgehalt ihrer Angestellten auf (Monatsgehalt).

```
SELECT    ANR, AVG(GEHALT/12)
FROM      PERS
GROUP BY ANR
```

- GROUP-BY-Klausel wird immer zusammen mit Aggregat-Funktion benutzt
- Die Aggregat-Funktion wird jeweils auf die Tupeln einer Gruppe angewendet
- Die Ausgabe-Attribute müssen verträglich miteinander sein

Abbildung von  
Beziehungen

Wartung von  
Beziehungen

# Auswahl von Gruppen

Grundlagen

HAVING cond-exp

Mengenorientierte Anfragen

**Beispielschema:** PERS (PNR, NAME, GEHALT, ALTER, ANR)  
PRIMARY KEY (PNR)

Datenmanipulation

Datendefinition

**Q13:** Liste die Abteilungen zwischen K50 und K60 auf, bei denen das Durchschnittsalter ihrer Angestellten kleiner als 30 ist.

```

SELECT      ANR
FROM        PERS
WHERE       ANR ≥ 'K50' AND ANR ≤ 'K60'
GROUP BY   ANR
HAVING     AVG(ALTER) < 30
    
```

➔ Wie sieht ein allgemeines Erklärungsmodell für die Anfrageauswertung aus?

# Hierarchische Beziehung auf einer Relation

Grundlagen

Beispielschema: **PERS** (PNR, NAME, GEHALT, MNR)  
 PRIMARY KEY (PNR)  
 FOREIGN KEY (MNR) REFERENCES PERS

Mengenorientierte Anfragen

Q14: Finde die Angestellten, die mehr als ihre (direkten) Manager verdienen  
 (Ausgabe: NAME, GEHALT, NAME des Managers)

Datenmanipulation

Datendefinition

```

SELECT X.NAME, X.GEHALT, Y.NAME
FROM PERS X, PERS Y
WHERE X.MNR = Y.PNR
AND X.GEHALT > Y.GEHALT
    
```

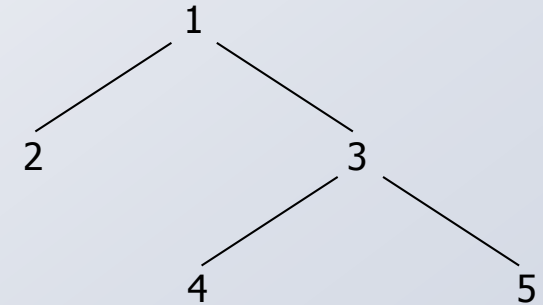


Abbildung von Beziehungen

Wartung von Beziehungen



# Hierarchische Beziehung auf einer Relation (2)

Grundlagen

- Erklärung der Auswertung der Formel

$$X.MNR = Y.PNR \text{ AND } X.GEHALT > Y.GEHALT$$

PERS	PNR	NAME	GEH.	MNR	PERS	PNR	NAME	GEH.	MNR
	406	Abel	50 K	829		406	Abel	50 K	829
	123	Maier	60 K	829		123	Maier	60 K	829
	829	Müller	55 K	574		829	Müller	55 K	574
	574	May	50 K	-		574	May	50 K	-

AUSGABE	X.NAME	X.GEHALT	Y.NAME
	Maier	60 K	Müller
	Müller	55 K	May

Mengenorientierte Anfragen

Datenmanipulation

Datendefinition

Abbildung von Beziehungen

Wartung von Beziehungen

# Hierarchische Beziehung auf einer Relation (2)

- Alternatives Erklärungsmodell für Q14:  
Verbund von PERS mit sich selbst und anschließende Selektion

PERS	PNR	NAME	GEH.	MNR	PERS'	PNR'	NAME'	GEH.'	MNR'
	406	Abel	50 K	829		406	Abel	50 K	829
	123	Maier	60 K	829		123	Maier	60 K	829
	829	Müller	55 K	574		829	Müller	55 K	574
	574	May	50 K	-		574	May	50 K	-

Verbundbedingung:  $MNR = PNR'$

PERS $\bowtie$ PERS'	PNR	NAME	GEH	MNR	PNR'	NAME'	GEH'	MNR'
	406	Abel	50 K	829	829	Müller	55 K	574
	123	Maier	60 K	829	829	Müller	55 K	574
	829	Müller	55 K	574	574	May	50 K	-

Selektionsbedingung:  $GEHALT > GEHALT'$

AUSGABE	NAME	GEHALT	NAME'
	Maier	60 K	Müller
	Müller	55 K	May

Grundlagen

Mengenorientierte  
Anfragen

Daten-  
manipulation

Daten-  
definition

Abbildung von  
Beziehungen

Wartung von  
Beziehungen

# Auswertung von SQL-Anfragen - Erklärungsmodell

Grundlagen

Mengenorientierte Anfragen

Datenmanipulation

Datendefinition

Abbildung von Beziehungen

Wartung von Beziehungen

1. Die auszuwertenden Relationen werden durch die **FROM**-Klausel bestimmt. Aliasnamen erlauben die mehrfache Verwendung derselben Relation
2. Das **Kartesische Produkt** aller Relationen der FROM-Klausel wird gebildet.
3. Tupeln werden ausgewählt durch die **WHERE**-Klausel.
4. Prädikat muss zu „true“ evaluieren
5. Aus den übrig gebliebenen Tupeln werden Gruppen gemäß der **GROUP-BY**-Klausel derart gebildet, dass eine Gruppe aus allen Tupeln besteht, die hinsichtlich aller in der GROUP-BY-Klausel aufgeführten Attribute gleiche Werte enthalten.
6. Gruppen werden ausgewählt, wenn sie die **HAVING**-Klausel erfüllen.
7. Prädikat in der HAVING-Klausel muss zu „true“ evaluieren.
8. Prädikat in der HAVING-Klausel darf sich nur auf Gruppeneigenschaften beziehen (Attribute der GROUP-BY-Klausel oder Anwendung von Aggregat-Funktionen).
9. Die Ausgabe wird durch die Auswertung der **SELECT**-Klausel abgeleitet.
10. Wurde eine GROUP-BY-Klausel spezifiziert, dürfen als Select-Elemente nur Ausdrücke aufgeführt werden, die für die gesamte Gruppe genau einen Wert ergeben (Attribute der GROUP-BY-Klausel oder Anwendung von Aggregat-Funktionen).
11. Die Ausgabereihenfolge wird gemäß der **ORDER-BY**-Klausel hergestellt.
12. Wurde keine ORDER-BY-Klausel angegeben, ist die Ausgabereihenfolge systembestimmt (indeterministisch).

# Erklärungsmodell von SQL-Anfragen - Beispiele

Grundlagen

Mengenorientierte  
Anfragen

Daten-  
manipulation

Daten-  
definition

Abbildung von  
Beziehungen

Wartung von  
Beziehungen

FROM R

R	A	B	C
	Rot	10	10
	Rot	20	10
	Gelb	10	50
	Rot	10	20
	Gelb	80	180
	Blau	10	10
	Blau	80	10
	Blau	20	200

WHERE B <= 50

R'	A	B	C
	Rot	10	10
	Rot	20	10
	Gelb	10	50
	Rot	10	20
	Gelb	80	180
	Blau	10	10
	Blau	80	10
	Blau	20	200

# Erklärungsmodell von SQL-Anfragen – Beispiele (2)

Grundlagen

Mengenorientierte Anfragen

Datenmanipulation

Datendefinition

Abbildung von Beziehungen

Wartung von Beziehungen

**GROUP BY** A

R''	A	B	C
	Rot	10	10
	Rot	20	10
	Rot	10	20
	Gelb	10	50
	Blau	10	10
	Blau	20	200

**HAVING** MAX(C) > 100

R'''	A	B	C
	Rot	10	10
	Rot	20	10
	Rot	10	20
	Gelb	10	50
	Blau	10	10
	Blau	20	200

**SELECT** A, SUM(B), 12

R''''	A	SUM(B)	12
	Blau	30	12

**ORDER BY** A

R''''	A	SUM(B)	12
	Blau	30	12

# Erklärungsmodell von SQL-Anfragen (Beispiele 3)

Grundlagen

Mengenorientierte Anfragen

Datenmanipulation

Datendefinition

Abbildung von Beziehungen

Wartung von Beziehungen

PERS	PNR	ANR	GEH	BONUS	ALTER
	0815	K45	80K	0	52
	4711	K45	30K	1	42
	1111	K45	50K	2	43
	1234	K56	40K	3	31
	7777	K56	80K	3	45
	0007	K56	20K	3	41

**Q151:** **SELECT** ANR, **SUM**(GEH)  
**FROM** PERS  
**WHERE** BONUS <> 0  
**GROUP BY** ANR  
**HAVING** **COUNT**(\*) > 1  
**ORDER BY** ANR **DESC**

ANR	SUM(GEH)
K56	140K
K45	80K

**Q152:** **SELECT** ANR, **SUM**(GEH)  
**FROM** PERS  
**WHERE** BONUS <> 0  
**GROUP BY** ANR  
**HAVING** **COUNT**(**DISTINCT** BONUS) > 1  
**ORDER BY** ANR **DESC**

ANR	SUM(GEH)
K45	80K

# Erklärungsmodell von SQL-Anfragen (Beispiele 4)

PERS	PNR	ANR	GEH	BONUS	ALTER
	0815	K45	80K	0	52
	4711	K45	30K	1	42
	1111	K45	50K	2	43
	1234	K56	40K	3	31
	7777	K56	80K	3	45
	0007	K56	20K	3	41

**Q153:** Die Summe der Gehälter pro Abteilung, in der mindestens ein Mitarbeiter 40 Jahre oder älter ist, soll berechnet werden.

```

SELECT    ANR, SUM(GEHALT)
FROM      PERS
GROUP BY  ANR
HAVING    MAX(ALTER) ≥ 40
    
```

ANR	SUM(GEH)
K45	160K
K56	140K

**Q154:** Warum löst folgende Anfrage nicht Q153?

```

SELECT    ANR, SUM(GEHALT)
FROM      PERS
WHERE     ALTER ≥ 40
GROUP BY  ANR
HAVING    COUNT(*) ≥ 1
    
```

ANR	SUM(GEH)
K45	160K
K56	100K

Grundlagen

Mengenorientierte Anfragen

Datenmanipulation

Datendefinition

Abbildung von Beziehungen

Wartung von Beziehungen

# Suchbedingungen

Grundlagen

Mengenorientierte Anfragen

Datenmanipulation

Datendefinition

Abbildung von Beziehungen

Wartung von Beziehungen

- **Sammlung von Prädikaten**

- Verknüpfung mit AND, OR, NOT
- Auswertungsreihenfolge ggf. durch Klammern

- **Nicht quantifizierte Prädikate**

- Vergleichsprädikate  $\Theta$

```
comparison-cond
 ::= row-constructor  $\Theta$  row-constructor
row-constructor
 := scalar-exp | (scalar-exp-commalist) | (table-exp)
```

- BETWEEN-Prädikate

```
row-constr [NOT] BETWEEN row-constr
AND row-constr
```

Beispiel: GEHALT BETWEEN 80K and 100K

- IN-Prädikate
- Ähnlichkeitssuche: LIKE-Prädikat
- Behandlung von Nullwerten

- n **Quantifizierte Prädikate: ALL, ANY, EXISTS**

- n **Weitere Prädikate**

- MATCH-Prädikat für Tupelvergleiche
- UNIQUE-Prädikat zur Bestimmung von Duplikaten



```
row-constr    [NOT] IN (table-exp)
scalar-exp    [NOT] IN (scalar-exp-commalist)
```

- $x \text{ IN } (a, b, \dots, z) \Leftrightarrow x = a \text{ OR } x = b \dots \text{ OR } x = z$
- $\text{row-constr IN (table-exp)} \Leftrightarrow \text{row-constr} = \text{ANY (table-exp)}$
- $x \text{ NOT IN erg} \Leftrightarrow \text{NOT (x IN erg)}$

Q16: Finde die Namen der Schauspieler, die den Faust gespielt haben

```
SELECT  S.NAME
FROM    SCHAUSPIELER S
WHERE   'Faust' IN
        (SELECT  D.FIGUR
         FROM    DARSTELLER D
         WHERE   D.NR = S.PNR)
```

N Auswertungen der inneren Abb.

```
SELECT  S.NAME
FROM    SCHAUSPIELER S
WHERE   S.PNR IN
        (SELECT  D.PNR
         FROM    DARSTELLER D
         WHERE   D.FIGUR = 'Faust')
```

1 Auswertung der inneren Abb.

```
SELECT  S.NAME
FROM    SCHAUSPIELER S, DARSTELLER D
WHERE   S.PNR IN = D.PNR
        AND D.FIGUR = 'Faust'
```

Vermeidung von Subqueries

# Ähnlichkeitssuche

Grundlagen

Mengenorientierte Anfragen

Datenmanipulation

Datendefinition

Abbildung von Beziehungen

Wartung von Beziehungen

- Unterstützung der Suche nach Objekten
  - von denen **nur Teile des Inhalts** bekannt sind oder
  - die einem **vorgegebenen Suchkriterium möglichst nahe** kommen

- Aufbau einer Maske mit Hilfe zweier spezieller Symbole

% bedeutet „null oder mehr beliebige Zeichen“

\_ bedeutet „genau ein beliebiges Zeichen“

%TENB\_ \_ \_

- Klassen der Ähnlichkeitssuche

1. **Syntaktische Ähnlichkeit** (Einsatz von Masken)

LIKE M\_ \_ ER

2. **Phonetische Ähnlichkeit** (Codierung von Lauten)

? MAIER

3. **Semantische Ähnlichkeit** (Ontologien, Synonyme, Oberbegriffe, ...)

POLITIKER ~

Char-string-exp [NOT] LIKE char-string-exp  
[ESCAP char-string-exp]

## Unscharfe Suche

- LIKE-Prädikat vergleicht einen Datenwert mit einem „Muster“ bzw. einer „Maske“
- Das LIKE-Prädikat ist TRUE, wenn der entsprechende Datenwert der Maske mit zulässigen Substitutionen von Zeichen für % und \_ entspricht.

- **NAME LIKE '%SCHMI%'**

wird z.B. erfüllt von 'H.-W. SCHMITT', 'SCHMITT, H.-W.'  
'BAUSCHMIED', 'SCHMITZ,

- **ANR LIKE '\_7%'**

wird erfüllt von Abteilungen mit einer 7 als zweitem Zeichen

- **NAME NOT LIKE '%-%'**

wird erfüllt von allen Namen ohne Bindestrich

## Suche nach '%' und '\_' durch Voranstellen eines Escape-Zeichens möglich

- **STRING LIKE '%\\_\_%' ESCAPE '\'**

wird erfüllt von STRING-Werten mit Unterstrich

## SIMILAR-Prädikat in SQL: 1999

- Erlaubt die Nutzung von regulären Ausdrücken zum Maskenaufbau
- Beispiel: NAME **SIMILAR TO** '(SQL-(86 | 89 | 92 | 99)) | (SQL(1 | 2 | 3))'

# NULL-Werte

Grundlagen

Mengenorientierte Anfragen

Datenmanipulation

Datendefinition

Abbildung von Beziehungen

Wartung von Beziehungen

- **Attributspezifikation:** Es kann für jedes Attribut festgelegt werden, ob NULL-Werte zugelassen sind oder nicht
- **Verschiedene Bedeutungen**
  - Datenwert ist momentan nicht bekannt
  - Attributwert existiert nicht für ein Tupel
- **Auswertung von Booleschen Ausdrücken mit einer dreiwertigen Logik**

NOT	
T	F
F	T
?	?

AND	T	F	?
T	T	F	?
F	F	F	F
?	?	F	?

OR	T	F	?
T	T	T	T
F	T	F	?
?	T	?	?

- n **Die Auswertung eines NULL-Wertes** in einem Vergleichsprädikat mit irgendeinem Wert ist UNKNOWN (?)

# NULL-Werte - Beispiele

Grundlagen

Mengenorientierte Anfragen

Datenmanipulation

Datendefinition

Abbildung von Beziehungen

Wartung von Beziehungen

PERS	PNR	ANR	GEH	PROV	<b>GEH &gt; PROV</b>
	0815	K45	80K	-	?
	4711	K45	30K	50K	F
	1111	K45	20K	-	?
	1234	K56	-	-	?
	7777	K56	80K	100K	F

PERS	PNR	ANR	GEH	PROV	<b>GEH &gt; 70K AND PROV &gt; 50K</b>
	0815	K45	80K	-	$T \wedge ? = ?$
	4711	K45	30K	50K	$F \wedge F = F$
	1111	K45	20K	-	$F \wedge ? = F$
	1234	K56	-	-	$? \wedge ? = ?$
	7777	K56	80K	100K	$T \wedge T = T$

PERS	PNR	ANR	GEH	PROV	<b>GEH &gt; 70K OR PROV &gt; 50K</b>
	0815	K45	80K	-	$T \vee ? = T$
	4711	K45	30K	50K	$F \vee F = F$
	1111	K45	20K	-	$F \vee ? = ?$
	1234	K56	-	-	$? \vee ? = ?$
	7777	K56	80K	100K	$T \vee T = T$

➔ Das Ergebnis ? nach vollständiger Auswertung einer WHERE-Klausel wird wie FALSE behandelt

# NULL-Werte (2)

- Eine arithmetische Operation (+, -, \*, /) mit einem NULL-Wert führt auf einen NULL-Wert

PERS	PNR	ANR	GEH	PROV
	0815	K45	80K	-
	4711	K45	30K	50K
	1111	K45	20K	-
	1234	K56	-	-
	7777	K56	80K	100K

```

SELECT PNR, GEH + PROV
FROM PERS
0815, -
4711, 80K
.....
    
```

## n Verbund

Tupel mit NULL-Werten im Verbundattribut nehmen **nicht** am Verbund teil  
 NULL = NULL → false!

Grundlagen

Mengenorientierte  
Anfragen

Daten-  
manipulation

Daten-  
definition

Abbildung von  
Beziehungen

Wartung von  
Beziehungen

# NULL-Werte (3)

Grundlagen

Mengenorientierte  
Anfragen

Daten-  
manipulation

Daten-  
definition

Abbildung von  
Beziehungen

Wartung von  
Beziehungen

- Achtung

Im allgemeinen ist

$$\text{AVG (GEH)} \neq \text{SUM (GEH) / COUNT (PNR)}$$

da bei Aggregatfunktionen NULL-Werte "gestrichen" werden

Hier: 52,5K <> 210K / 5

- Spezielles Prädikat zum Test auf NULL-Werte

row-constr IS [NOT] NULL

Beispiel

```

SELECT  PNR, PNAME
FROM    PERS
WHERE   GEHALT IS NULL
    
```

# Quantifizierte Prädikate

Grundlagen

Mengenorientierte Anfragen

Datenmanipulation

Datendefinition

Abbildung von Beziehungen

Wartung von Beziehungen

## All-or-Any-Prädikate

row-constr  $\Theta$  {ALL | ANY | SOME} (table-exp)

$\Theta$  **ALL:** Prädikat wird zu „true“ ausgewertet, wenn der  $\Theta$ -Vergleich für alle Ergebniswerte von table-exp „true“ ist

$\Theta$  **ANY/ $\Theta$ SOME:**

analog, wenn der  $\Theta$ -Vergleich für einen Ergebniswert „true“ ist

## Existenztests

[NOT] EXISTS (table-exp)

- Das Prädikat wird zu „false“ ausgewertet, wenn table-exp auf die leere Menge führt, sonst zu „true“
- Im EXISTS-Kontext darf table-exp mit (SELECT \*...) spezifiziert werden (Normalfall)

## Semantik

$x \Theta$  ANY (SELECT y FROM T WHERE p)  $\Leftrightarrow$   
 EXISTS (SELECT \* FROM T WHERE (p) AND  $x \Theta$  T.y)

$x \Theta$  ALL (SELECT y FROM T WHERE p)  $\Leftrightarrow$   
 NOT EXISTS (SELECT \* FROM T WHERE (p) AND NOT ( $x \Theta$  T.y))



# Quantifizierte Prädikate - Beispiele

Grundlagen

Mengenorientierte  
Anfragen

Daten-  
manipulation

Daten-  
definition

Abbildung von  
Beziehungen

Wartung von  
Beziehungen

Q17: Finde die Manager, die mehr verdienen als alle ihre direkten Untergebenen

```

SELECT DISTINCT M.PNR
FROM PERS M
WHERE M.GEHALT > ALL
    (SELECT P.GEHALT
     FROM PERS P
     WHERE P.MNR = M.PNR)
    
```

Q18: Finde die Namen der Schauspieler, die mindestens einmal gespielt haben  
(... nie gespielt haben)

```

SELECT S.NAME
FROM SCHAUSPIELER S
WHERE (NOT) EXISTS
    (SELECT *
     FROM DARSTELLER D
     WHERE D.PNR = S.PNR)
    
```

# Quantifizierte Prädikate – Beispiele (2)

SCHAUSPIELER (PNR, NAME, ...)	ROLLE (FIGUR, TITEL, ...)	NOT	EXISTS	R
S1 ...	F	S1	S2	S3
S2	H	F	T	F
S3	W			

DARSTELLER (PNR, FIGUR, ...)	NOT	EXISTS	D
S1 F	S1	S2	S3
S2 F	F	F	T
S2 H	T	F	F
S2 W	T	F	T
S3 H			

Q19: Finde die Namen aller Schauspieler, die alle Rollen gespielt haben

Andere Formulierung:

Finde die Namen der Schauspieler,

so dass keine Rolle „existiert“,

die sie nicht gespielt haben.

```

SELECT S.NAME
FROM SCHAUSPIELER S
WHERE NOT EXISTS
  (SELECT *
   FROM ROLLE R
   WHERE NOT EXISTS
     (SELECT *
      FROM DARSTELLER D
      WHERE D.PNR = S.PNR
            AND D.FIGUR = R.FIGUR))
  
```

# Es gibt immer viele Möglichkeiten !

Q20: Finde die Messstation mit der niedrigsten gemessenen Temperatur

Gegeben:	station (snr, name, ...)	wettert (datum, snr, mintemp, ...)
	S1 ...	0101 S1 -373 ...
	S2	0101 S2 -284 ...
	S3	0201 S1 -175 ...
	...	...

In wettert stehen die täglich gemessenen Minimaltemperaturen der verschiedenen Messstationen<sup>6</sup>

**Gute Lösung:** (Aggregat-Funktion in Subquery)

```
SELECT s.name FROM station s, wettert w
WHERE s.snr=w.snr and w.mintemp=
      (SELECT MIN(ww.mintemp) FROM wettert ww);
```

**Schlechte Lösung:** Keine Joins

```
SELECT name FROM station WHERE snr=(
      SELECT DISTINCT snr FROM wettert WHERE mintemp=(
      (SELECT MIN(ww.mintemp) FROM wettert ww);
```

6. Zusatz: Die Temperaturen werden als Integer in Zehntelgraden aufgezeichnet. Manche Stationen können bei der Temperatur Nullwerte aufweisen, die als '-2732' (0 Kelvin) (oder als NULL) codiert sind. Bei allen Lösungen fehlt die Behandlung des Nullwertes.

# Es gibt immer viele Möglichkeiten ! (2)

Grundlagen

Mengenorientierte  
Anfragen

Daten-  
manipulation

Daten-  
definition

Abbildung von  
Beziehungen

Wartung von  
Beziehungen

Naja, worst case?!: Keine Aggregat-Funktion

```

SELECT DISTINCT name FROM station
WHERE snr IN (
    SELECT W1.snr FROM wettert W1
    WHERE NOT EXISTS (
        SELECT * FROM wettert W2
        WHERE W2.mintemp < W1.mintemp));
    
```

# Auch das ist eine SQL-Anfrage

- Durch Tool zur Entscheidungsunterstützung (*OnLine Analytical Processing, OLAP*) und GUI-Nutzung automatisch erzeugt.

```

select distinct a.fn
from T1 a
where a.owf =
    (select min(b.owf)
     from T1 b
     where (1=1) and (b.aid='SAS' and
                    b.fc in (select c.cid
                           from T2 c
                           where c.cn='HKG') and
                    b.tc in (select d.cid
                           from T2d
                           where d.cn='HLYD') and
                    b.fid in (select e.fid
                             from T3 e
                             where e.did in
                                   (select f.did
                                    from T4 f
                                    where f.dow='saun')) and
                    b.fdid in (select g.did
                              from T4 g
                              where g.dow='saun')))) and
    (1=1) and (a.aid='SAS' and
              a.fc in (select h.cid
                      from T2 h
                      where h.cn='HKG') and
              a.tc in (select i.cid
                      from T2 i
                      where i.cn='HLYD') and
              a.did in (select j.fid
                       from T3 j
                       where j.did in
                             (select k.did
                              from T4 k
                              where k.dow='saun')) and
              a.fid in (select l.did
                       from T4 l
                       where l.dow=saun))
    
```

Grundlagen

Mengenorientierte  
Anfragen

Daten-  
manipulation

Daten-  
definition

Abbildung von  
Beziehungen

Wartung von  
Beziehungen

Grundlagen

Mengenorientierte  
Anfragen

Daten-  
manipulation

Daten-  
definition

Abbildung von  
Beziehungen

Wartung von  
Beziehungen

- Einfügen von Tupeln

```
INSERT INTO table [(column-commalist)]
                {VALUES row-constr-commalist |
                table-exp|
                DEFAULT VALUES }
```

**M1: Füge den Schauspieler Garfield mit der PNR 4711 ein** (satzweises Einfügen)

```
INSERT INTO SCHAUSPIELER (PNR, NAME, W-ORT)
VALUES (4711, 'Garfield', DEFAULT)
```

- n Alle nicht angesprochenen Attribute erhalten Default- bzw. Nullwerte
- n Falls alle Werte in der richtigen Reihenfolge versorgt werden, kann die Attributliste weggelassen werden
- n Mengenorientiertes Einfügen ist möglich, wenn die einzufügenden Tupel aus einer anderen Relation mit Hilfe einer SELECT-Anweisung ausgewählt werden können.

Grundlagen

M2: Füge die Schauspieler aus KL in die Relation TEMP ein

**INSERT INTO** TEMP

**(SELECT \***

**FROM SP**

**WHERE** W-ORT = 'KL')

- n Eine (leere) Relation TEMP sei vorhanden. Die Datentypen ihrer Attribute müssen kompatibel zu den Datentypen der ausgewählten Attribute sein.
- n Ein mengenorientiertes Einfügen wählt die spezifizierte Tupelmengung aus und kopiert sie in die Zielrelation
- n Die kopierten Tupel sind unabhängig von ihren Ursprungstupeln.

Mengenorientierte Anfragen

Datenmanipulation

Datendefinition

Abbildung von Beziehungen

Wartung von Beziehungen

# Löschen von Tupeln durch Suchklauseln

Grundlagen

```
searched-delete  
::= DELETE FROM table [WHERE cond-exp]
```

Mengenorientierte  
Anfragen

- Der Aufbau der WHERE-Klausel entspricht dem in der SELECT-Anweisung

Daten-  
manipulation

**M3: Lösche den Schauspieler mit der PNR 4711.**

Daten-  
definition

```
DELETE FROM SCHAUSPIELER  
WHERE PNR=4711
```

Abbildung von  
Beziehungen

**M4: Lösche alle Schauspieler, die nie gespielt haben.**

```
DELETE FROM SCHAUSPIELER S  
WHERE NOT EXISTS  
(SELECT *  
FROM DARSTELLER D  
WHERE D.PNR = S.PNR)
```

Wartung von  
Beziehungen



# Ändern von Tupeln durch Suchklauseln

Grundlagen

searched-update

```
::= UPDATE table SET update-assignment-commalist
[WHERE cond-exp]
```

Mengenorientierte  
Anfragen

M5: Gib den Schauspielern, die am Pfalztheater spielen, eine Gehaltserhöhung von 5% (Annahme: GEHALT in Schauspieler)

Daten-  
manipulation

```
UPDATE      SCHAUSPIELER S
SET         S.GEHALT = S.GEHALT * 1.05
WHERE       EXISTS
              (SELECT  *
               FROM    DARSTELLER D
               WHERE   D.PNR = S.PNR AND D.THEATER = 'Pfalz')
```

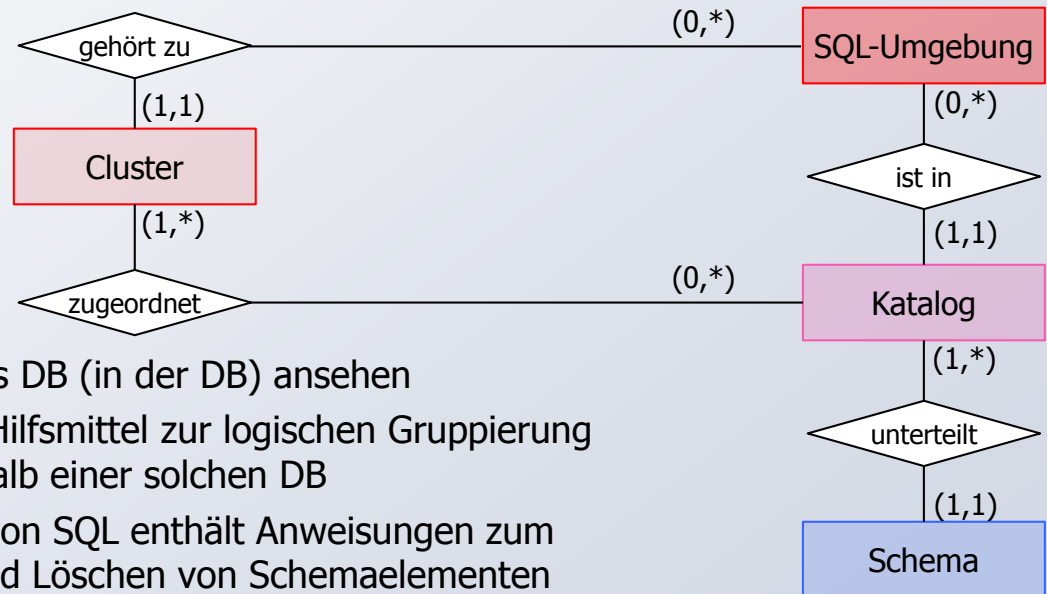
n [Einschränkung \(SQL-92 Entry/Intermediate\)](#)

Innerhalb der WHERE-Klausel in einer Lösch- oder Änderungsanweisung darf die Zielrelation in einer FROM-Klausel nicht referenziert werden.

# Datendefinition nach SQL

- Was ist alles zu definieren, um eine "leere DB" zu erhalten?
- SQL-Umgebung (environment) besteht aus
  - einer Instanz eines DBMS zusammen mit
  - einer Menge von Daten in Katalogen (als Tabellen organisiert)
  - einer Reihe von Nutzern (authorization identifiers) und Programmen (modules)

## Wichtige Elemente der SQL-Umgebung



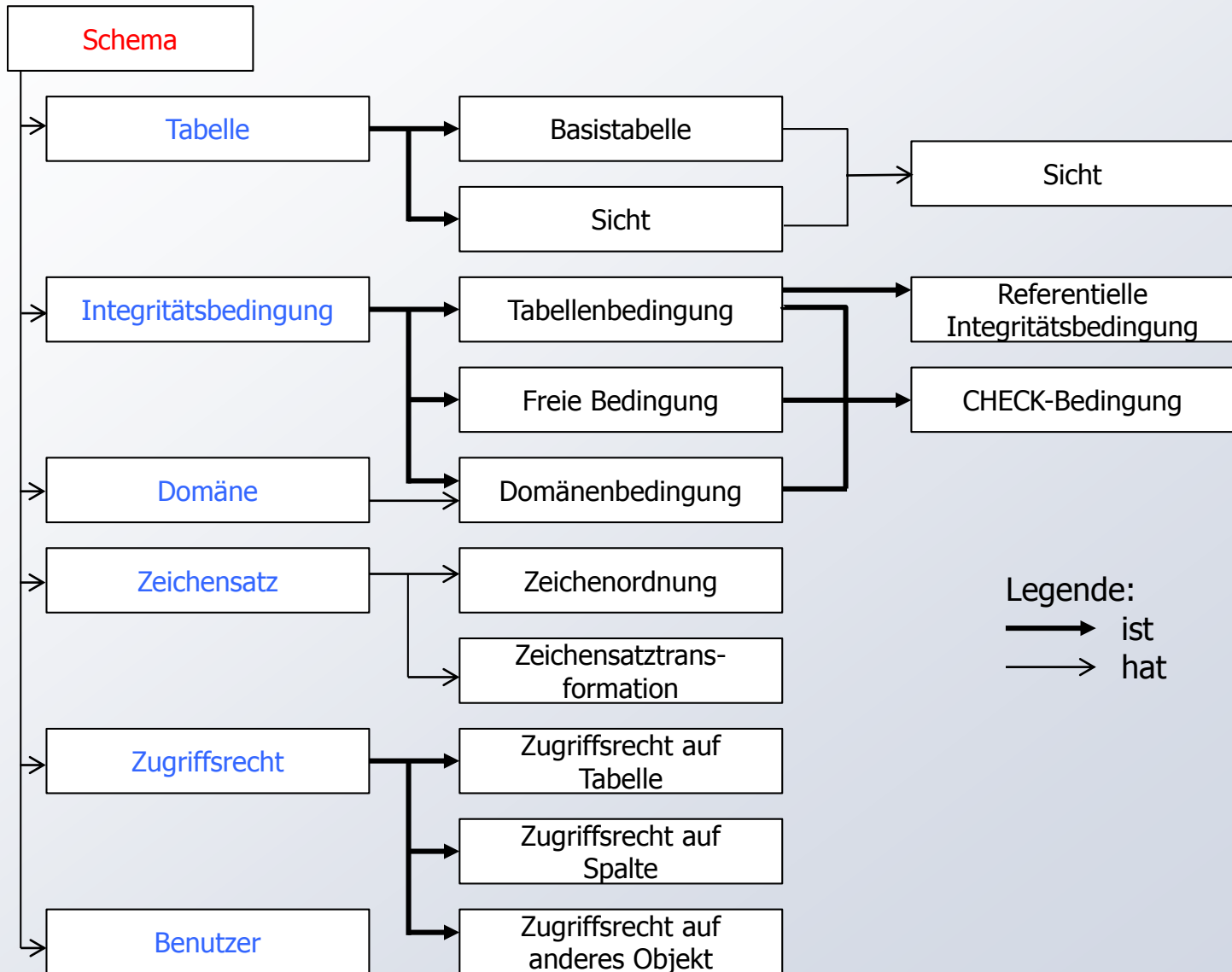
## SQL-Schema

- Katalog kann man als DB (in der DB) ansehen
- SQL-Schemata sind Hilfsmittel zur logischen Gruppierung von Objekten innerhalb einer solchen DB
- Datendefinitionsteil von SQL enthält Anweisungen zum Erzeugen, Ändern und Löschen von Schemaelementen

➔ Kataloge bestehen aus SQL-Schemata und können innerhalb einer SQL-Umgebung optional auf ein oder mehrere Cluster<sup>7</sup> verteilt werden.

7. Sinn dieser Clusterbildung ist die Zuordnung von genau einem Cluster zu jeder SQL-Sitzung und dadurch wiederum die Zuordnung einer Menge von Daten bzw. Katalogen zu dieser Sitzung.

# Elemente des SQL-Schemas



Legende:  
 —→ ist  
 —→ hat

Grundlagen

Mengenorientierte  
Anfragen

Daten-  
manipulation

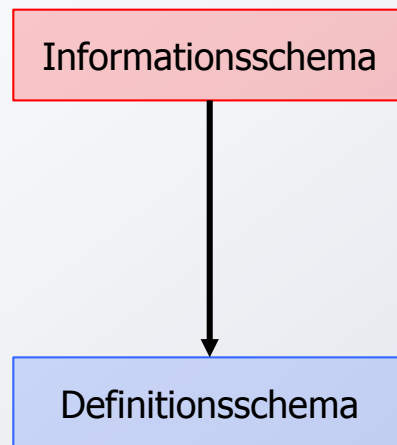
Daten-  
definition

Abbildung von  
Beziehungen

Wartung von  
Beziehungen

- Ziel der SQL-Normierung
  - möglichst große Unabhängigkeit der DB-Anwendungen von speziellen DBS
  - einheitliche Sprachschnittstelle genügt **nicht!**
  - Beschreibung der gespeicherten Daten und ihrer Eigenschaften (**Metadaten**) nach einheitlichen und verbindlichen Richtlinien ist genauso wichtig

n Zweischichtiges Definitionsmodell zur Beschreibung der Metadaten<sup>8</sup>



- Bietet **einheitliche Sichten** in normkonformen Implementierungen
- Ist **für den Benutzer zugänglich** und somit die definierte Schnittstelle zum Katalog
- Beschreibt **hypothetische** Katalogstrukturen, also Meta-Metadaten
- Erlaubt „**Altsysteme**“ mit abweichenden Implementierungen normkonform zu werden

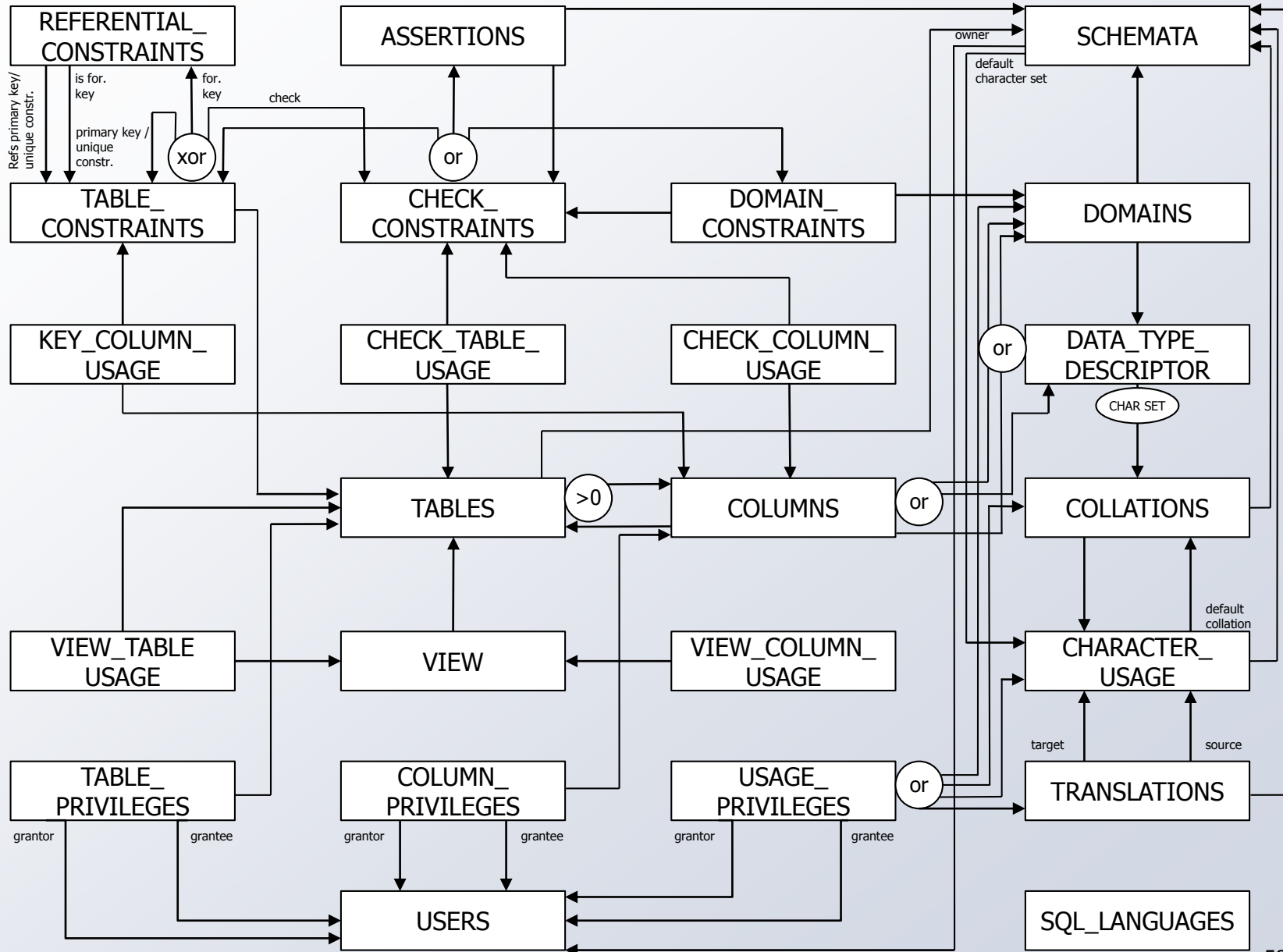
n Welche Meta-Metadaten enthält ein „generisches“ SQL-DBMS?<sup>9</sup>

- DEFINITION\_SCHEMA umfasst 24 Basistabellen und 3 Zusicherungen
- In den Tabellendefinitionen werden ausschließlich 3 Domänen verwendet: SQL\_IDENTIFIER, CHARACTER\_DATA und CARDINAL\_NUMBER

8. Als Definitionsgrundlage für die Sichten des Informationsschemas spezifiziert die SQL-Norm das Definitionsschema, das sich auf ein ganzes Cluster von SQL-Katalogen bezieht und die Elemente aller darin enthaltenen SQL-Schemata beschreibt.

9. Das nicht normkonforme Schema SYSCAT von DB2 enthält 37 Tabellen

# Das Definitionsschema



Grundlagen

Mengenorientierte Anfragen

Datenmanipulation

Datendefinition

Abbildung von Beziehungen

Wartung von Beziehungen

# Definition von Schemata

- Anweisungssyntax (vereinfacht)

```
CREATE SCHEMA [schema] [AUTHORIZATION user]
[DEFAULT CHARACTER SET char-set]
[schema-element-list]
```

- Jedes Schema ist einem Benutzer (*user*) zugeordnet, z.B. DBA
- Schema erhält Benutzernamen, falls keine explizite Namensangabe erfolgt
- Definition aller Definitionsbereiche, Basisrelationen, Sichten (*Views*), Integritätsbedingungen und Zugriffsrechte

## D1: Benennung des Schemas

n CREATE SCHEMA Beispiel-DB AUTHORIZATION DB-Admin

## n Datentypen

CHARACTER [ ( length ) ]	(Abkürzung: CHAR)
CHARACTER VARYING [ ( length ) ]	(Abkürzung: VARCHAR)
...	
NUMERIC [ ( precision [ , scale ] ) ]	
DECIMAL [ ( precision [ , scale ] ) ]	(Abkürzung: DEC)
INTEGER	(Abkürzung: INT)
REAL	
...	
DATE	
TIME	
...	

Grundlagen

Mengenorientierte  
Anfragen

Daten-  
manipulation

Daten-  
definition

Abbildung von  
Beziehungen

Wartung von  
Beziehungen

Grundlagen

Mengenorientierte  
Anfragen

Daten-  
manipulation

Daten-  
definition

Abbildung von  
Beziehungen

Wartung von  
Beziehungen

- Domänen-Konzept zur Festlegung zulässiger Werte

```
CREATE DOMAIN domain [AS] data type
    [DEFAULT {literal | niladic-function-ref | NULL}]
    [[CONSTRAINT constraint] CHECK (cond-exp) [deferrability]]
```

- n Spezifikationsmöglichkeiten

- Optionale Angabe von Default-Werten
- Wertebereichseingrenzung durch benannte CHECK-Bedingung möglich
- CHECK-Bedingungen können Relationen der DB referenzieren. SQL-Domänen sind also dynamisch!

- n Beispiele

- CREATE DOMAIN ABTNR AS CHAR (6)
- CREATE DOMAIN ALTER AS INT  
DEFAULT NULL  
CONSTRAINT ALTERSBEGRENZUNG  
CHECK (VALUE IS NULL OR (VALUE > 18 AND VALUE < 70))



# Definition von Attributen

- Bei der Attributdefinition (column definition) können folgende Angaben spezifiziert werden

- Attributname
- Datentyp bzw. Domain
- Defaultwert sowie Constraints

```
column-def
 ::= column {data type | domain}
           [DEFAULT {literal | niladic-function-ref | NULL}]
           [column-constraint-def-list]
```

## n Beispiele

- PNAME CHAR (30)
- PALTER ALTER (siehe Definition von Domain ALTER)

## n Als Constraints können

- Verbot von Nullwerten (NOT NULL)
  - Eindeutigkeit (UNIQUE bzw. PRIMARY KEY)
  - FOREIGN-KEY-Klausel
  - CHECK-Bedingungen
- definiert werden

```
column-constraint-def
 ::= [CONSTRAINT constraint]
     {NOT NULL
      |{PRIMARY KEY | UNIQUE}
      |references-def
      |CHECK (cond-exp)}
     [deferrability]
```

## n Constraint-Namen sind vorteilhaft

- Diagnosehilfe bei Fehlern
- gezieltes Ansprechen bei SET oder DROP des Constraints

### Beispiel:

```
Verkaufs_Preis DECIMAL (9, 2)
                CONSTRAINT Ausverkauf
                CHECK (Verkaufs_Preis <= (SELECT MIN (Preis) FROM Konkurrenz_Preise))
```

Grundlagen

Mengenorientierte  
Anfragen

Daten-  
manipulation

Daten-  
definition

Abbildung von  
Beziehungen

Wartung von  
Beziehungen



# Definition von Attributen (2)

Grundlagen

Mengenorientierte Anfragen

Datenmanipulation

Datendefinition

Abbildung von Beziehungen

Wartung von Beziehungen

## Überprüfungszeitpunkt

- Jeder Constraint bzgl. einer SQL2-Transaktion ist zu jedem Zeitpunkt in einem von zwei Modi: „immediate“ oder „deferred“
- Die Überprüfung eines Constraints erfolgt
  - für "immediate" constraints direkt nach der Änderungsoperation, und
  - für "deferred" constraints am Ende der Transaktion
- Der Default-Modus ist „immediate“

```
deferrability
 ::= INITIALLY {DEFERRED | IMMEDIATE}
    [NOT] DEFERRABLE
```

## Aufbau der FOREIGN-KEY-Klausel

```
references-def ::=
    REFERENCES base-table [(column-commalist)]
    [ON DELETE    referential-action]
    [ON UPDATE    referential-action]
```

```
referential-action
 ::= NO ACTION | CASCADE | SET DEFAULT | SET NULL
```

- Fremdschlüssel kann auch auf Schlüsselkandidat definiert sein
- Referentielle Aktionen werden später behandelt

# Erzeugung von Basisrelationen

Grundlagen

## Definition einer Relation

- Definition aller zugehörigen Attribute mit Typspezifikation
- Spezifikation aller Integritätsbedingungen (Constraints)

```
CREATE TABLE base-table
    (base-table-element-commalist)
```

```
base-table-element
    ::= column-def | base-table-constraint-def
```

Mengenorientierte Anfragen

## D2: Erzeugung der neuen Relationen PERS und ABT

### CREATE TABLE PERS

```
(PNR          INT          PRIMARY KEY,
 BERUF        CHAR (30),
 PNAME        CHAR (30)    NOT NULL,
 PALTER       ALTER,      (* siehe Domaindefinition *)
 MGR          INT          REFERENCES PERS,
 ANR          ABTNR        NOT NULL, (* Domaindef. *)
 W-ORT        CHAR (25)    DEFAULT ' ',
 GEHALT       DEC (9,2)    DEFAULT 0,00
                                CHECK (GEHALT < 120.000,00))
```

**FOREIGN KEY (ANR) REFERENCES ABT)**

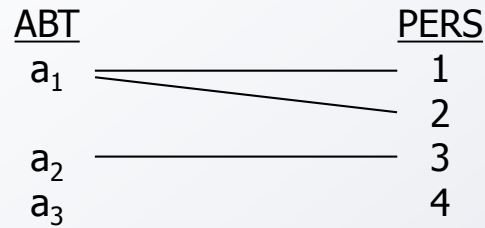
### CREATE TABLE ABT

```
(ANR          ABTNR        PRIMARY KEY,
 ANAME        CHAR (30)    NOT NULL,
 ANZAHL-ANGEST INT          NOT NULL
                                CHECK (ANZAHL-ANGEST =
... )                                (SELECT COUNT(*) FROM PERS P WHERE P.ANR = ABT.ANR))
```

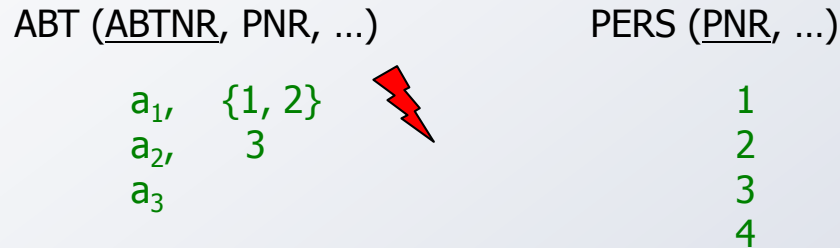
➔ **Wie kann ANZAHL-ANGEST überprüft werden?** ↴

# Abbildung von Beziehungen

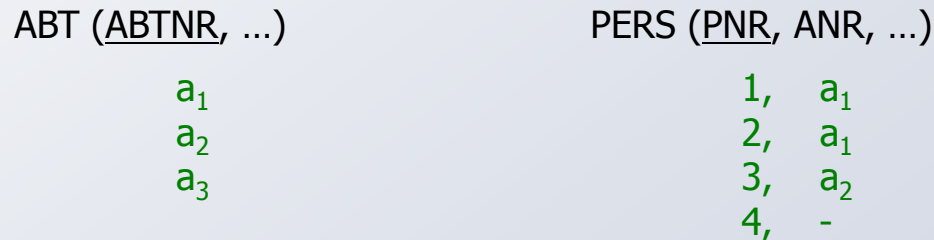
- Beispiel: Darstellung einer (1:n)-Beziehung



- n Abbildungsversuch (FS auf welche Seite?)



- n Abbildung im Relationenmodell



Grundlagen

Mengenorientierte  
Anfragen

Daten-  
manipulation

Daten-  
definition

Abbildung von  
Beziehungen

Wartung von  
Beziehungen

# Abbildung von Beziehungen (2)

- ER-Diagramm: (1:n)-Beziehung



- Umsetzung ins Relationenmodell

ABT (ABTNR ...,

...

PRIMARY KEY (ABTNR))

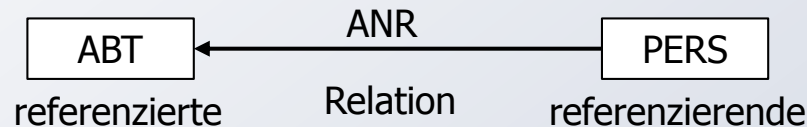
PERS (PNR ...,

ANR ...,

PRIMARY KEY (PNR),

FOREIGN KEY (ANR) REFERENCES ABT)

- Referenzgraph



- Zusätzliche Einschränkungen

- Jeder Angestellter (PERS) muss in einer Abteilung beschäftigt sein ([1,1]).  
 ➔ PERS.ANR ... NOT NULL
- Jeder Abteilung (ABT: [0,1]) darf höchstens einen Angestellten beschäftigen.  
 ➔ PERS.ANR ... UNIQUE

- Bemerkung

- In SQL2 kann nicht spezifiziert werden, dass ein Vater einen Sohn haben muss, z. B. [1,n]. Die Anzahl der Söhne lässt sich nicht einschränken (außer [0,1]).

Grundlagen

Mengenorientierte Anfragen

Datenmanipulation

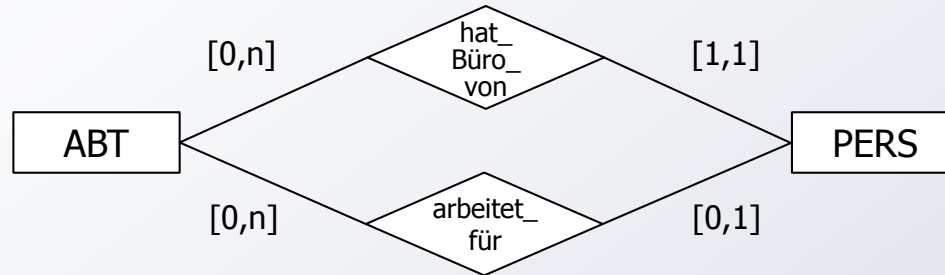
Datendefinition

Abbildung von Beziehungen

Wartung von Beziehungen

# Abbildung von Beziehungen (3)

ER-Diagramm

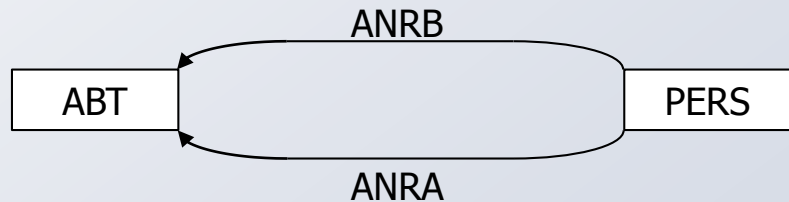


Umsetzung ins Relationenmodell

ABT (ABTNR ...,  
 ...  
 PRIMARY KEY (ABTNR))

PERS (PNR ...,  
 ANRA ...,  
 ANRB... NOT NULL,  
 PRIMARY KEY (PNR),  
 FOREIGN KEY (ANRA) REFERENCES ABT,  
 FOREIGN KEY (ANRB) REFERENCES ABT)

Referenzgraph



Bemerkung

- Für jede FS-Beziehung benötigt man ein separates FS-Attribut.
- Mehrere FS-Attribute können auf dasselbe PS/SK-Attribut verweisen.

Grundlagen

Mengenorientierte Anfragen

Datenmanipulation

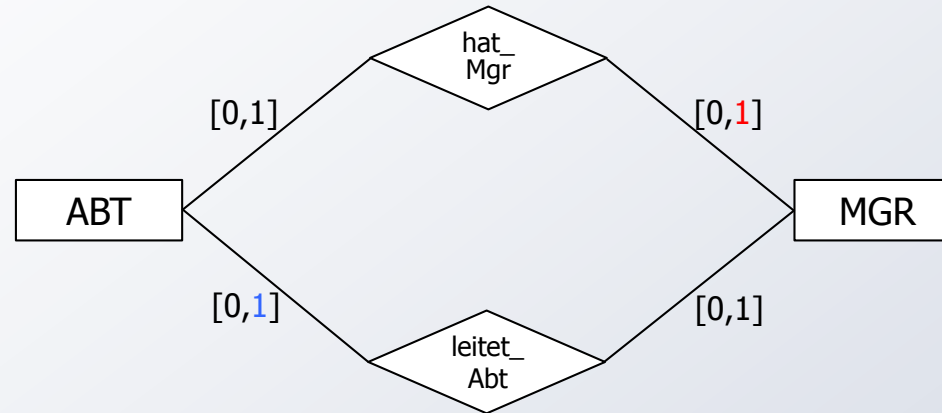
Datendefinition

Abbildung von Beziehungen

Wartung von Beziehungen

# Abbildung von Beziehungen (4)

- Ziel: Darstellung einer symmetrischen (1:1)-Beziehung
- Erster Versuch: ER-Diagramm



## n Umsetzung ins Relationenmodell

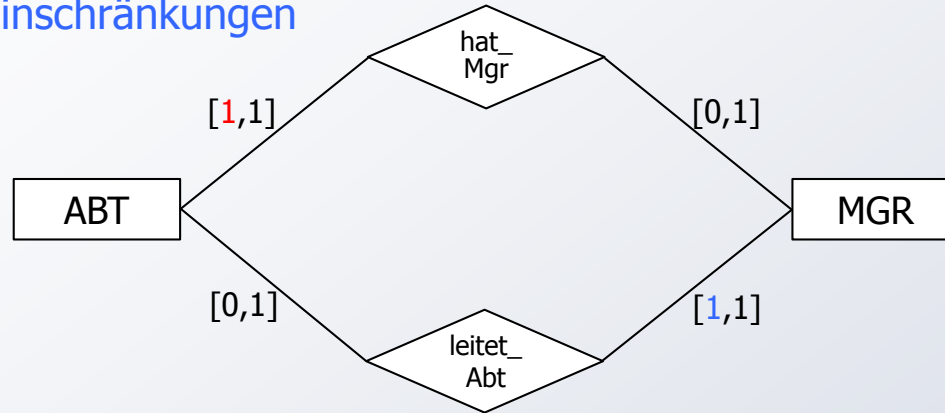
ABT (ANR ...,  
 MNR ... **UNIQUE**,  
 ...  
 PRIMARY KEY (ANR),  
 FOREIGN KEY (MNR)  
 REFERENCES MGR)

MGR (MNR ...,  
 ANR ... **UNIQUE**,  
 ...  
 PRIMARY KEY (MNR),  
 FOREIGN KEY (ANR)  
 REFERENCES ABT)

➔ Es sind alternative Lösungen möglich

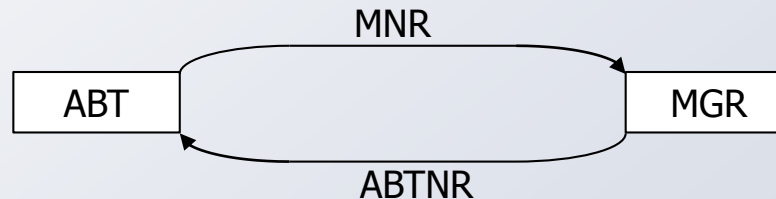
# Abbildung von Beziehungen (5)

## Zusätzliche Einschränkungen



- Jede Abteilung hat einen Manager → ABT.MNR ... UNIQUE NOT NULL
- Jeder Manager leitet eine Abteilung → MGR.ABTNR ... UNIQUE NOT NULL

## Referenzgraph



- ➔ Kann durch die beiden (n:1)-Beziehungen eine symmetrische (1:1)-Beziehung ausgedrückt werden?

Grundlagen

Mengenorientierte  
Anfragen

Daten-  
manipulation

Daten-  
definition

Abbildung von  
Beziehungen

Wartung von  
Beziehungen

# Abbildung von Beziehungen (6)

n Beispiel: Darstellung einer (1:1)-Beziehung

<u>ABT</u>	<u>MGR</u>
a <sub>1</sub>	1
a <sub>2</sub>	2
a <sub>3</sub>	3
a <sub>4</sub>	4

n Versuch

ABT (ABTNR, MNR, ...)

MGR (MNR, ABTNR, ...)

a <sub>1</sub>	1
a <sub>2</sub>	2
a <sub>3</sub>	3
a <sub>4</sub>	-

1	a <sub>1</sub>
2	a <sub>3</sub>
3	a <sub>2</sub>
4	-



n Abbildung im Relationenmodell

ABT (ABTNR, MNR, ...)

MGR (MNR, ...)

a <sub>1</sub>	1
a <sub>2</sub>	2
a <sub>3</sub>	3
<del>a<sub>4</sub></del>	<del>-</del>
<del>a<sub>5</sub></del>	<del>2</del>

1
2
3
<u>4</u>

ABT.MNR **UNIQUE** ⇨ 1:1-Beziehung

ABT.MNR **NOT NULL** ⇨ [1, 1] für ABT

MGR.MNR **REFERENCES ABT(MNR)**  
⇨ [1, 1] für MGR

n Abbildung im Relationenmodell (Variation über Schlüsselkandidaten)

ABT (ABTNR, MNR, ...)

MGR (SVNR, MNR, ...)

Grundlagen

Mengenorientierte  
Anfragen

Daten-  
manipulation

Daten-  
definition

Abbildung von  
Beziehungen

Wartung von  
Beziehungen



# Abbildung von Beziehungen (7)

- ER-Diagramm: Symmetrische (1:1)-Beziehung



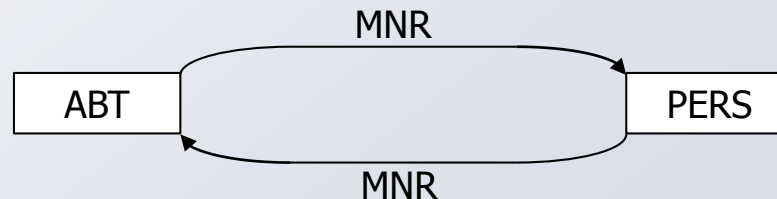
- Umsetzung ins Relationenmodell

ABT (ANR ...,  
MNR ... UNIQUE NOT NULL,  
...  
PRIMARY KEY (ANR),  
FOREIGN KEY (MNR)  
REFERENCES MGR)

MGR (MNR ...,  
...  
PRIMARY KEY (MNR),  
FOREIGN KEY (MNR)  
REFERENCES ABT(MNR))

➔ Es sind alternative Lösungen möglich

- Referenzgraph



- Die Nutzung des MNR-Attributes für beide FS-Beziehungen gewährleistet hier die Einhaltung der (1:1)-Beziehung
- Der Fall  $([0,1], [0,1])$  ist so nicht darstellbar

# Abbildung von Beziehungen (8)

## n Variation über Schlüsselkandidaten

ABT (ANR ...,  
 MNR ... UNIQUE,  
 ...  
 PRIMARY KEY (ANR),  
 FOREIGN KEY (MNR)  
 REFERENCES MGR(MNR))

MGR (SVNR ...,  
 MNR ... UNIQUE  
 ...  
 PRIMARY KEY (SVNR)  
 FOREIGN KEY (MNR)  
 REFERENCES ABT (MNR))

- Die Nutzung von Schlüsselkandidaten mit der Option NOT NULL erlaubt die Darstellung des Falles ([1,1], [1,1])
- Alle Kombinationen mit [0,1] und [1,1]) sind möglich

➔ Es sind alternative Lösungen möglich

Grundlagen

Mengenorientierte  
Anfragen

Daten-  
manipulation

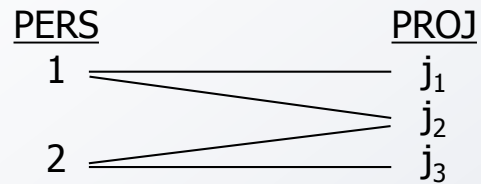
Daten-  
definition

Abbildung von  
Beziehungen

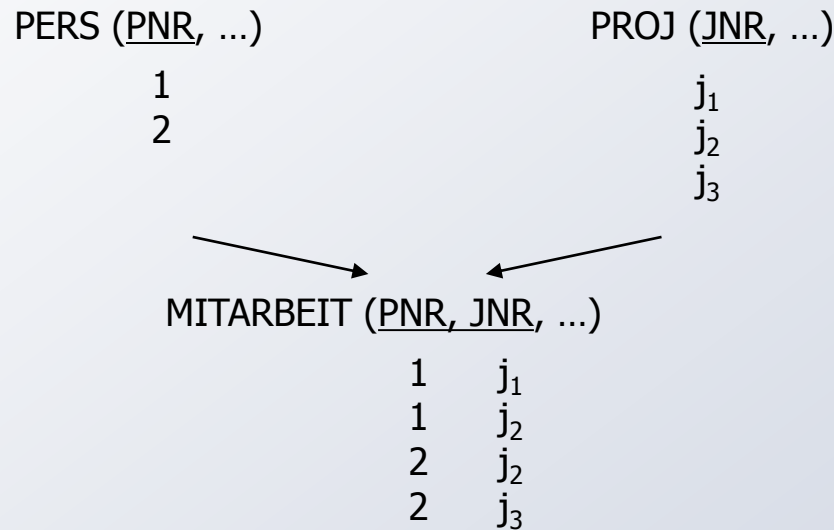
Wartung von  
Beziehungen

# Abbildung von Beziehungen (9)

n Beispiel: Darstellung einer (n:m)-Beziehung



n Abbildung im Relationenmodell



Grundlagen

Mengenorientierte Anfragen

Datenmanipulation

Datendefinition

Abbildung von Beziehungen

Wartung von Beziehungen

# Abbildung von Beziehungen (10)

- ER-Diagramm: (n:m)-Beziehung



- Umsetzung ins Relationenmodell

PERS (PNR ...,

...

PRIMARY KEY (PNR))

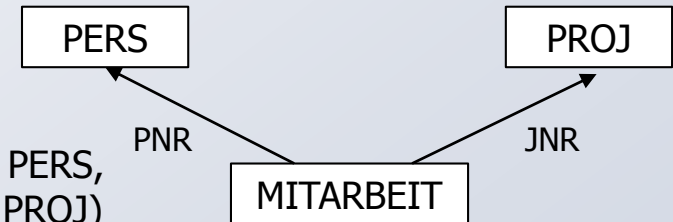
PROJ (JNR ...,

...

PRIMARY KEY (JNR))

MITARBEIT (PNR ...,  
JNR ...,

PRIMARY KEY (PNR,JNR),  
FOREIGN KEY (PNR) REFERENCES PERS,  
FOREIGN KEY (JNR) REFERENCES PROJ)



- ➔ Diese Standardlösung erzwingt „Existenzabhängigkeit“ von MITARBEIT. Soll dies vermieden werden, dürfen die Fremdschlüssel von MITARBEIT nicht als Teil des Primärschlüssels spezifiziert werden.
- ➔ Ist die Realisierung von [1,n] oder [1,m] bei der Abbildung der (n:m)-Beziehung möglich?

Grundlagen

Mengenorientierte  
Anfragen

Daten-  
manipulation

Daten-  
definition

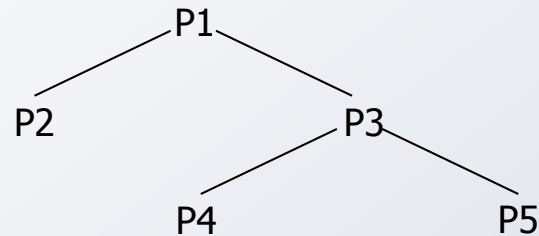
Abbildung von  
Beziehungen

Wartung von  
Beziehungen

# Abbildung von Beziehungen (11)

- Beispiel: Darstellung einer (1:n)-Beziehung als Selbstreferenz

PERS



- n Mögliche Abbildung (Redundanz!)

PERS' (PNR, ...)

P1  
P2  
:  
P5

HAT\_MGR (PNR, MNR, ...)

P2	P1
P3	P1
P4	P3
P5	P3

- n Abbildung im Relationenmodell

PERS (PNR, ..., MNR)

P1	-
P2	P1
P3	P1
P4	P3
P5	P3

Grundlagen

Mengenorientierte  
Anfragen

Daten-  
manipulation

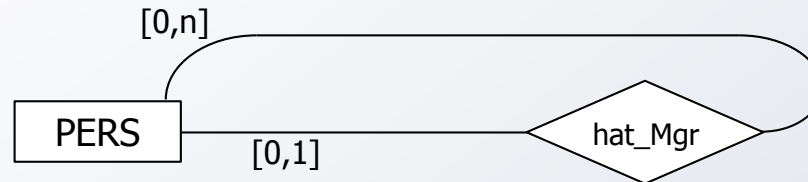
Daten-  
definition

Abbildung von  
Beziehungen

Wartung von  
Beziehungen

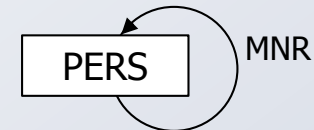
# Abbildung von Beziehungen (12)

- ER-Diagramm: (1:n)-Beziehung als Selbstreferenz



- Umsetzung ins Relationenmodell

PERS (PNR ...,  
MNR ...,  
...  
PRIMARY KEY (PNR),  
FOREIGN KEY (MNR) REFERENCES PERS (PNR))



- ➔ Lösung erlaubt Darstellung der Personal-Hierarchie eines Unternehmens.  
Die referentielle Beziehung stellt hier eine partielle Funktion dar, da die „obersten“ Manager einer Hierarchie keinen Manager haben
- ➔ MNR ... NOT NULL lässt sich nur realisieren, wenn die „obersten“ Manager als ihre eigenen Manager interpretiert werden.  
Dadurch treten jedoch Referenzyklen auf, was die Frageauswertung und die Konsistenzprüfung erschwert

- Welche Beziehungsstruktur erzeugt MNR ... UNIQUE NOT NULL?

Grundlagen

Mengenorientierte  
Anfragen

Daten-  
manipulation

Daten-  
definition

Abbildung von  
Beziehungen

Wartung von  
Beziehungen

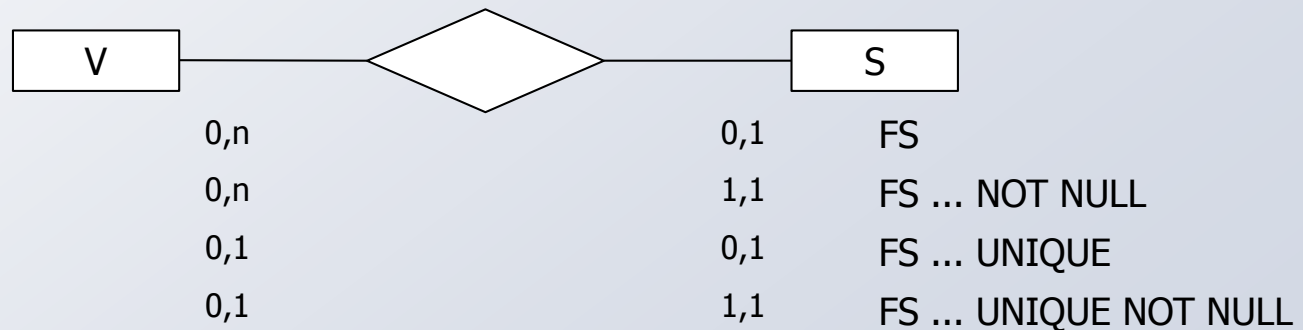
# Abbildung von Beziehungen - Zusammenfassung

- Relationenmodell hat **wertbasierte** Beziehungen
    - Fremdschlüssel (FS) und zugehöriger Primärschlüssel/Schlüsselkandidat (PS/SK) repräsentieren eine Beziehung (gleiche Wertebereiche!)
    - Alle Beziehungen (FS $\leftrightarrow$ PS/SK) sind binär und symmetrisch
    - Auflösung einer Beziehung geschieht durch Suche
    - Es sind i. Allg. k (1:n)-Beziehungen zwischen zwei Relationen möglich
- ➔ **Objektorientierte Datenmodelle haben referenzbasierte Beziehungen!**

## n Spezifikationsmöglichkeiten in SQL

PS	PRIMARY KEY (implizit: UNIQUE NOT NULL)
SK	UNIQUE [NOT NULL]
FS	[UNIQUE] [NOT NULL]

## n Fremdschlüsseldeklaration (in S)



Grundlagen

Mengenorientierte  
Anfragen

Daten-  
manipulation

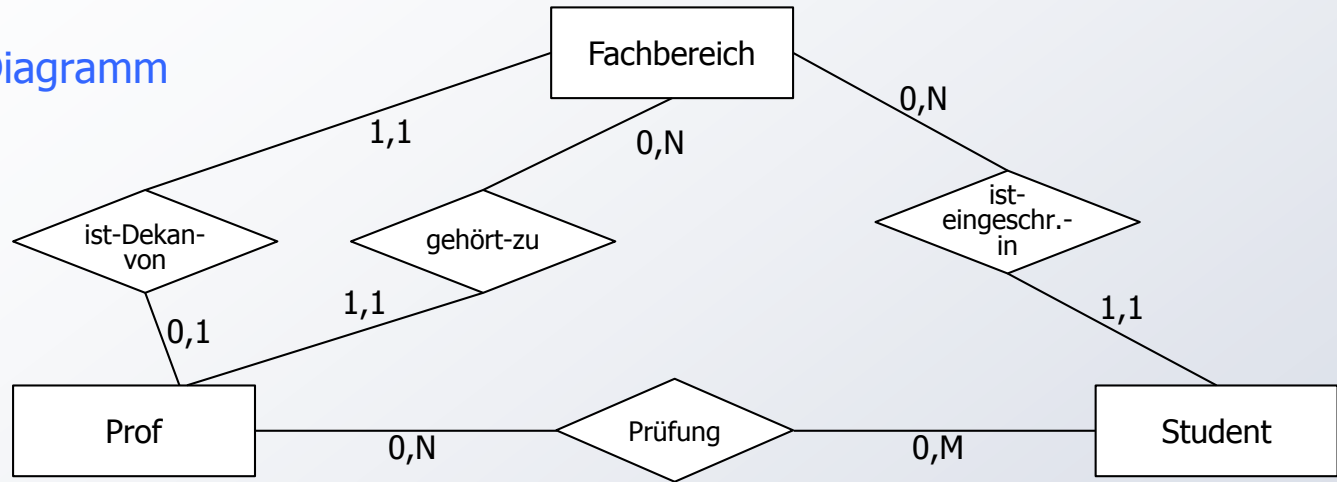
Daten-  
definition

Abbildung von  
Beziehungen

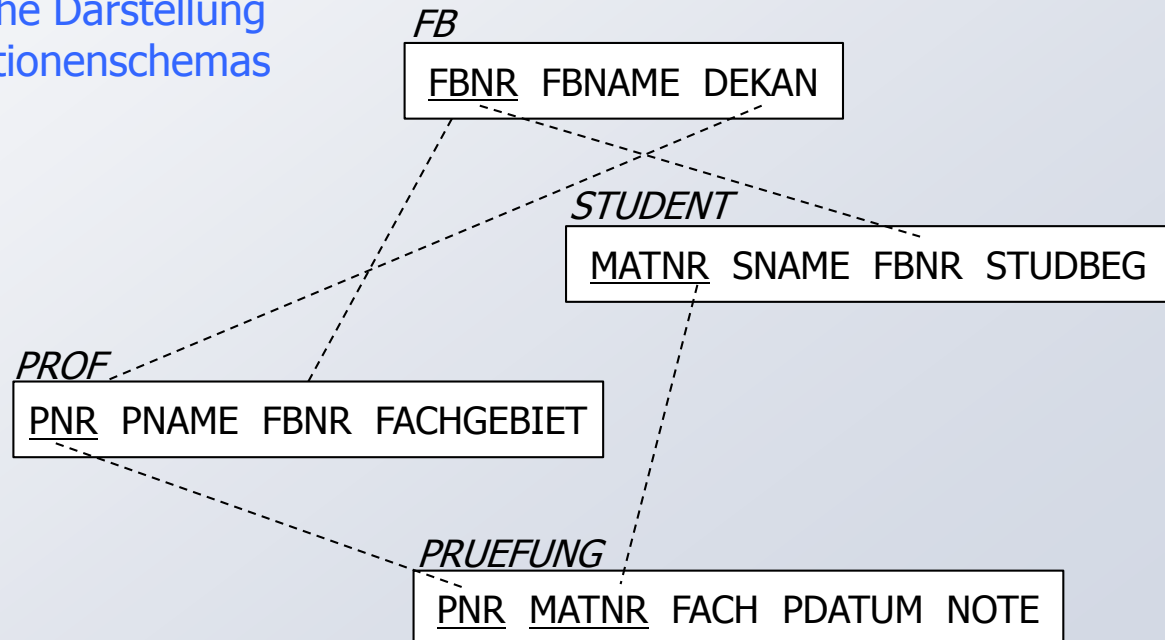
Wartung von  
Beziehungen

# Beispiel-Miniwelt

- ER-Diagramm



- Graphische Darstellung des Relationenschemas





# Spezifikation des relationalen DB-Schemas (nach dem SQL2-Standard)

## Wertebereiche

```
CREATE DOMAIN FACHBEREICHSNUMMER AS CHAR (4)
CREATE DOMAIN FACHBEREICHSNAMEN AS VARCHAR (20)
CREATE DOMAIN FACHBEZEICHNUNG AS VARCHAR (20)
CREATE DOMAIN NAMEN AS VARCHAR (30)
CREATE DOMAIN PERSONALNUMMER AS CHAR (4)
CREATE DOMAIN MATRIKELNUMMER AS INT
CREATE DOMAIN NOTEN AS SMALLINT
CREATE DOMAIN DATUM AS DATE
```

## Relationen

```
CREATE TABLE FB (
  FBNR FACHBEREICHSNUMMER PRIMARY KEY,
  FBNAME FACHBEREICHSNAMEN UNIQUE,
  DEKAN PERSONALNUMMER UNIQUE NOT NULL,
  CONSTRAINT FFK FOREIGN KEY (DEKAN)
    REFERENCES PROF (PNR)
    ON UPDATE CASCADE
    ON DELETE RESTRICT)
```

```
CREATE TABLE PROF (
  PNR PERSONALNUMMER PRIMARY KEY,
  PNAME NAMEN NOT NULL,
  FBNR FACHBEREICHSNUMMER NOT NULL,
  FACHGEBIET FACHBEZEICHNUNG,
  CONSTRAINT PFK1 FOREIGN KEY (FBNR)
    REFERENCES FB (FBNR)
    ON UPDATE CASCADE
    ON DELETE SET DEFAULT)
```

// Es wird hier verzichtet, die Rückwärtsrichtung der „ist-Dekan-von“-Beziehung explizit als Fremdschlüsselbeziehung zu spezifizieren. Damit fällt auch die mögliche Spezifikation von referentiellen Aktionen weg.

# Spezifikation des relationalen DB-Schemas (Fortsetzung)

Grundlagen

```
CREATE TABLE STUDENT (
  MATNR          MATRIKELNUMMER          PRIMARY KEY,
  SNAME          NAMEN                    NOT NULL,
  FBNR           FACHBEREICHSDNUMMER     NOT NULL,
  STUDBEG        DATUM,
  CONSTRAINT SFK FOREIGN KEY (FBNR)
  REFERENCES FB (FBNR)
  ON UPDATE CASCADE
  ON DELETE RESTRICT)
```

Mengenorientierte Anfragen

Datenmanipulation

Datendefinition

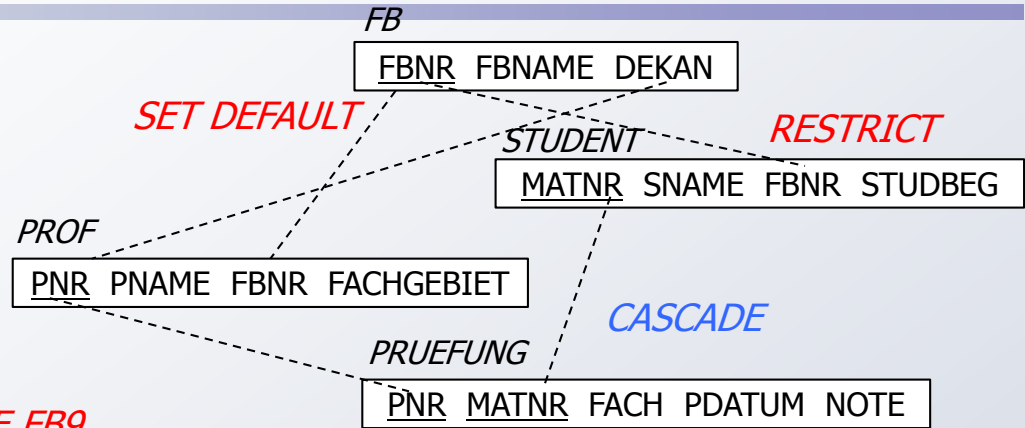
Abbildung von Beziehungen

```
CREATE TABLE PRUEFUNG (
  PNR           PERSONALNUMMER,
  MATNR         MATRIKELNUMMER,
  FACH          FACHBEZEICHNUNG,
  PDATUM        DATUM          NOT NULL,
  NOTE          NOTEN          NOT NULL,
  PRIMARY KEY (PNR, MATNR),
  CONSTRAINT PR1FK FOREIGN KEY (PNR)
  REFERENCES PROF (PNR)
  ON UPDATE CASCADE
  ON DELETE CASCADE,
  CONSTRAINT PR2FK FOREIGN KEY (MATNR)
  REFERENCES STUDENT (MATNR)
  ON UPDATE CASCADE
  ON DELETE CASCADE)
```

Wartung von Beziehungen

# Darstellung des „Inhalts“ der Miniwelt in Relationen

n DB-Schema



• Ausprägungen *DELETE FB9*

FB	FBNR	FBNAME	DEKAN
	FB9	WIRTSCHAFTSWISS	4711
	FB5	INFORMATIK	2223

*zuerst exmatrikulieren! (DELETE)*

STUDENT	MATNR	SNAME	FBNR	STUDBEG
	123 766	COY	FB 9	1.10.05
	225 332	MÜLLER	FB 5	15.04.02
	654 711	ABEL	FB 5	15.10.04
	226 302	SCHULZE	FB 9	1.10.05
	196 481	MAIER	FB 5	23.10.05
	130 680	SCHMID	FB 9	1.04.07

PROF	PNR	PNAME	FBNR	FACHGEB
	1234	HÄRDER	FB 5	DATENBANKSYSTEME
	5678	WEDEKIND	FB 9	INFORMATIONSSYSTEME
	4711	MÜLLER	FB 9	OPERATIONS RESEARCH
	6780	NEHMER	FB 5	BETRIEBSSYSTEME

PRÜFUNG	PNR	MATNR	FACH	PDATUM	NOTE
	5678	123 766	BWL	22.10.07	4
	4711	123 766	OR	16.01.08	3
	1234	654 711	DV	17.04.08	2
	1234	123 766	DV	17.04.07	4
	6780	654 711	SP	19.09.07	2
	1234	196 481	DV	15.10.07	1
	6780	196 481	BS	23.10.07	3

Grundlagen

- **Relationale Invarianten**

1. Primärschlüsselbedingung: Eindeutigkeit, keine Nullwerte!
2. Fremdschlüsselbedingung: Zugehöriger PS (SK) muss existieren

Mengenorientierte Anfragen

- **Welche PROBLEME sind zu lösen?**

- 1. Operationen in der Sohn-Relation**

- a) Einfügen eines Sohn-Tupels
- b) Ändern des FS in einem Sohn-Tupel
- c) Löschen eines Sohn-Tupels

- ➔ **Welche Maßnahmen sind erforderlich?**

- Beim Einfügen erfolgt eine Prüfung, ob in einem Vater-Tupel ein PS/SK-Wert gleich dem FS-Wert des einzufügenden Tupels existiert
- Beim Ändern eines FS-Wertes erfolgt eine analoge Prüfung

Datenmanipulation

Datendefinition

Abbildung von Beziehungen

Wartung von Beziehungen

Grundlagen

Mengenorientierte  
Anfragen

Daten-  
manipulation

Daten-  
definition

Abbildung von  
Beziehungen

Wartung von  
Beziehungen

- Welche PROBLEME sind zu lösen?

## 2. Operationen in der Vater-Relation

- Löschen eines Vater-Tupels
- Ändern des PS/SK in einem Vater-Tupel
- Einfügen eines Vater-Tupels

➔ Welche Reaktion ist wann möglich/sinnvoll?

- Verbiete Operation
- Lösche/ändere rekursiv Tupel mit zugehörigen FS-Werten
- Falls Sohn-Tupel erhalten bleiben soll (nicht immer möglich, z.B. bei Existenzabhängigkeit), setze FS-Wert zu NULL oder Default

## 3. Wie geht man mit NULL-Werten um?

- Dreiwertige Logik verwirrend: T, F, ?
- Vereinbarung: NULL  $\neq$  NULL (z.B. beim Verbund)
- Bei Operationen: Ignorieren von NULL-Werten

➔ Spezielle Semantiken von NULL-Werten erforderlich

# Wartung der referentiellen Integrität

- SQL2-Standard führt „referential actions“ ein
  - genauere Spezifikation der referentiellen Aktionen
  - für jeden Fremdschlüssel (FS) separat festzulegen

## 1. Sind „Nullen“ verboten?

NOT NULL

## 2. Löschregel für Zielrelation (referenzierte Relation)

ON DELETE

{NO ACTION | CASCADE | SET NULL | SET DEFAULT | RESTRICT<sup>10</sup>}

## 3. Änderungsregel für Ziel-Primärschlüssel (PS oder SK)

ON UPDATE

{NO ACTION | CASCADE | SET NULL | SET DEFAULT | RESTRICT}

- **NO ACTION** Sie ist die Defaulteinstellung. Für die spezifizierte Referenz wird keine referentielle Aktion ausgeführt. Durch eine DB-Operation können jedoch mehrere Referenzen (mit unterschiedlichen Optionen) betroffen sein; am Ende aller zugehörigen referentiellen Aktionen wird die Einhaltung der referentiellen Integrität geprüft
- **CASCADE** Operation „kaskadiert“ zu allen zugehörigen Sätzen
- **SET NULL** FS wird in zugehörigen Sätzen zu „Null“ gesetzt
- **SET DEFAULT** FS wird in den zugehörigen Sätzen auf einen benutzer-definierten Default-Wert gesetzt
- **RESTRICT** Operation wird nur ausgeführt, wenn keine zugehörigen Sätze (FS-Werte) vorhanden sind

10. Die Option RESTRICT kam in SQL:1999 neu hinzu; sie ist restriktiver als NO ACTION, da eine integritätsverletzende Anweisung sofort zurückgewiesen wird.

# Auswirkungen referentieller Aktionen

- Referentielle Aktionen

ON DELETE {CASCADE | RESTRICT | SET NULL | SET DEFAULT | NO ACTION}  
 ON UPDATE {CASCADE | RESTRICT | SET NULL | SET DEFAULT | NO ACTION}

## 1. Isolierte Betrachtung von STUDENT – FB



- Beispiel-DB

FB	FBNR	FBNAME
	FB9	WIRTSCHAFTSWISS
	FB5	INFORMATIK

STUDENT	MATNR	SNAME	FBNR
	123 766	COY	FB 9
	225 332	MÜLLER	FB 5
	654 711	ABEL	FB 5
	226 302	SCHULZE	FB 9

- Operationen

- Lösche FB (FBNR=FB5)
- Ändere FB ((FBNR=FB9) → (FBNR=FB10))

DC	DR	DSN	DSD	DNA
del	x	-	FBX	x
del	x	-	FBX	x

- Referentielle Aktionen

- DC, DSN, DSD, DR, DNA
- UC, USN, USD, UR, UNA

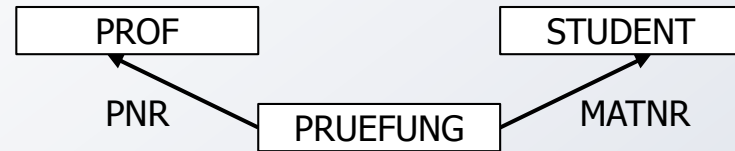
UC	UR	USN	USD	UNA
del	x	-	FBX	x
del	x	-	FBX	x

- Eindeutigkeit der Operationen?



# Auswirkungen referentieller Aktionen (2)

## 2. Isolierte Betrachtung von STUDENT – PRUEFUNG - PROF



### n Beispiel-DB

PROF	<u>PNR</u>	PNAME	STUDENT	<u>MATNR</u>	SNAME	PRÜFUNG	<u>PNR</u>	<u>MATNR</u>	FACH
	1234	HÄRDER		123 766	COY		4711	123 766	OR
	4711	MÜLLER		654 711	ABEL		1234	654 711	DV
							1234	123 766	DV
							4711	654 711	OR

### n Einsatz nicht möglich für

- USN, DSN → Schlüsselverletzung
- USD, DSD → ggf. Mehrdeutigkeit
- UNA, DNA → Wirkung identisch mit UR, DR

### n Auswirkungen von Aktualisierungsoperationen

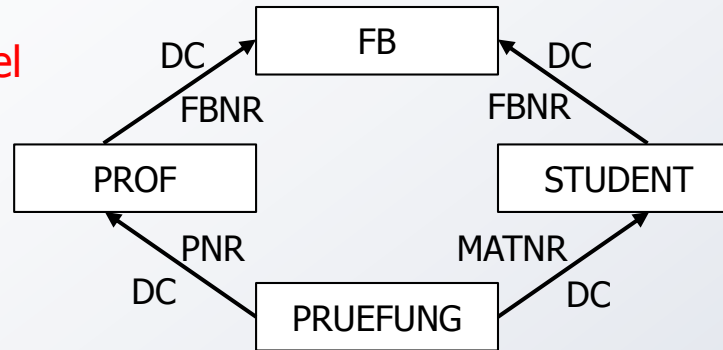
- Verträglichkeit der verbleibenden referentiellen Aktionen (hier CASCADE, RESTRICT)

Student \ Prof	DC	DR	UC	UR
DC	✓	✓	✓	✓
DR	✓	✓	✓	✓
UC	✓	✓	✓	✓
UR	✓	✓	✓	✓

➔ Unabhängige referentielle Beziehungen können unabhängig definiert und gewartet werden



## 3. Vollständiges Beispiel



- Lösche FB (FBNR=FB9)

erst links

- Löschen in FB
- Löschen in PROF
- Löschen in PRUEFUNG
- Löschen in STUDENT
- Löschen in PRUEFUNG

erst rechts

- Löschen in FB
- Löschen in STUDENT
- Löschen in PRUEFUNG
- Löschen in PROF
- Löschen in PRUEFUNG

- ➔ Ergebnis der Operation unabhängig von der Reihenfolge der referentiellen Aktionen
- ➔ Eindeutigkeit des erreichten DB-Zustandes

n Was heißt Unabhängigkeit der referentiellen Beziehungen?

- Es sind mehrere Kombinationen von referentiellen Aktionen möglich:  
z. B. DSD, UC oder DC, USN
- Eindeutigkeit bei allen Aktualisierungsoperationen

- ➔ sicheres Schema

Grundlagen

Mengenorientierte  
Anfragen

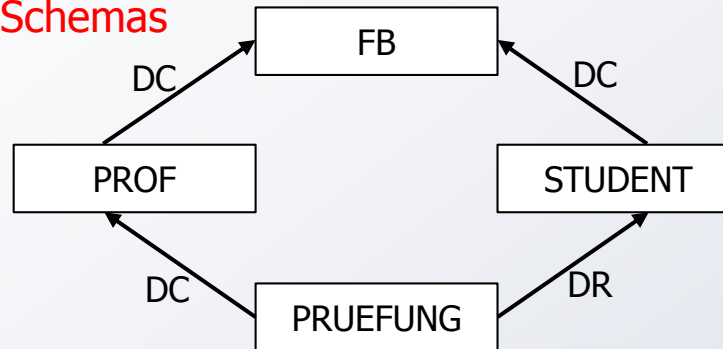
Daten-  
manipulation

Daten-  
definition

Abbildung von  
Beziehungen

Wartung von  
Beziehungen

## 4. Modifikation des Schemas



### n Lösche FB (FBNR=FB9)

#### erst links

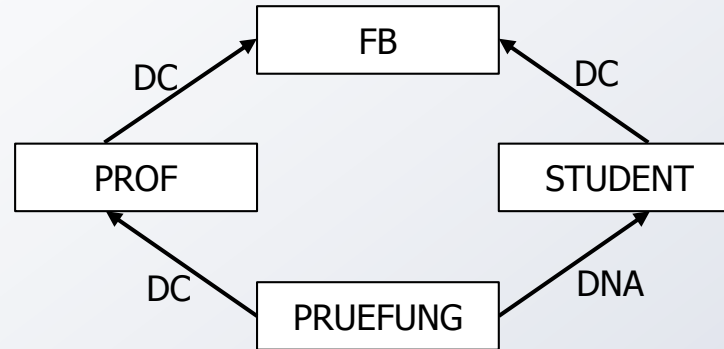
- Löschen in FB
  - Löschen in PROF
  - Löschen in PRUEFUNG
  - Löschen in STUDENT
  - Löschen in PRUEFUNG
- Wenn ein Student bei einem FB-fremden Professor geprüft wurde  
→ Rücksetzen

#### erst rechts

- Löschen in FB
  - Löschen in STUDENT
  - Löschen in PRUEFUNG
- Wenn ein gerade gelöschter Student eine Prüfung abgelegt hatte  
→ Rücksetzen  
sonst:
- Löschen in PROF
  - Löschen in PRUEFUNG

- ➔ Es können reihenfolgenabhängige Ergebnisse auftreten!
- ➔ Die Reihenfolgenabhängigkeit ist hier wertabhängig

## 5. Weitere Modifikation des Schemas



n Lösche FB (FBNR=FB9)

### erst links

- Löschen in FB
  - Löschen in PROF
  - Löschen in PRUEFUNG
  - Löschen in STUDENT
- Test, ob es noch offene Referenzen in PRUEFUNG auf gelöschte Studenten gibt; wenn ja → Rücksetzen

### erst rechts

- Löschen in FB
  - Löschen in STUDENT
  - Löschen in PROF
  - Löschen in PRUEFUNG
- Test, ob es noch offene Referenzen in PRUEFUNG auf gelöschte Studenten gibt; wenn ja → Rücksetzen

- Bei der NA-Option wird der explizite Test der referenzierenden Relation ans Ende der Operation verschoben. Eine Verletzung der referentiellen Beziehung führt zum Rücksetzen.

➔ Schema ist immer sicher

Grundlagen

Mengenorientierte  
Anfragen

Daten-  
manipulation

Daten-  
definition

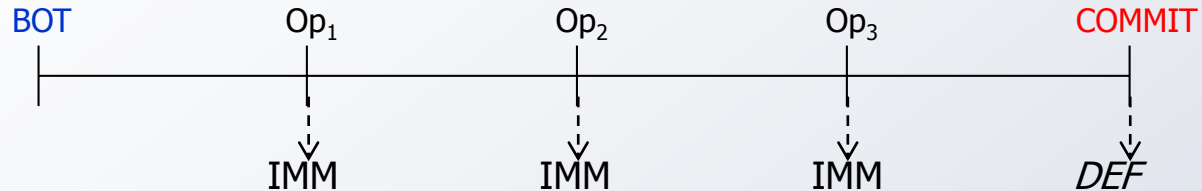
Abbildung von  
Beziehungen

Wartung von  
Beziehungen

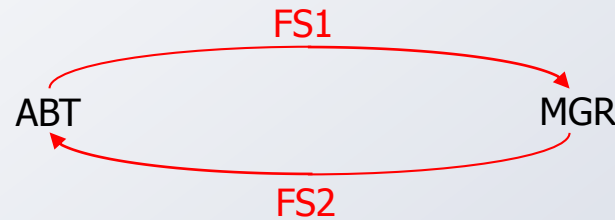
- Aufgabe: Verhinderung von mehrdeutigen DB-Operationen
- Maßnahmen
  - Statische Schemaanalyse zur Feststellung sicherer DB-Schemata
    - ➔ nur bei einfach strukturierten Schemata effektiv
    - ➔ bei wertabhängigen Konflikten zu restriktiv (konflikträchtige Schemata)
    - ➔ Hohe Komplexität der Analysealgorithmen
  - Dynamische Überwachung der Modifikationsoperationen
    - ➔ hoher Laufzeitaufwand
- Vorgehensweise
  1. Falls Sicherheit eines Schemas festgestellt werden kann, ist keine Laufzeitüberwachung erforderlich
  2. Alternative Möglichkeiten zur Behandlung konfliktträchtiger Schemata
    - a) Sie werden verboten:
      - Statische Schemaanalyse kann Sicherheit eines Schemas nicht feststellen
      - Dabei sind ggf. pessimistische Annahmen zu treffen, je nachdem, ob bei der Analyse nur Relationen oder auch ihre Attribute (Attributkonflikte) betrachtet werden.
    - b) Sie werden erlaubt (in SQL:1999 so vorgeschrieben):
      - Die referentiellen Aktionen werden bei jeder Operation dynamisch überwacht.
      - Falls ein Konflikt erkannt wird, wird die Operation zurückgesetzt.

# Durchführung der Änderungsoperationen

- Prüfung der referentiellen Integrität (IMMEDIATE/DEFERRED)



n Bei zyklischen Referenzpfaden



- wenigstens ein Fremdschlüssel im Zyklus muss „NULL“ erlauben **oder**
- Prüfung der referentiellen Integrität muss verzögert (DEFERRED) werden (z. B. bei COMMIT)

SET CONSTRAINTS { constr. ... | ALL } IMMEDIATE | DEFERRED

- Reichweite: aktuelle Transaktion

n Bei Constraint-Verletzung

- IMMEDIATE: verursachende DML-Operation scheitert
- DEFERRED: Transaktion scheitert

Grundlagen

Mengenorientierte Anfragen

Datenmanipulation

Datendefinition

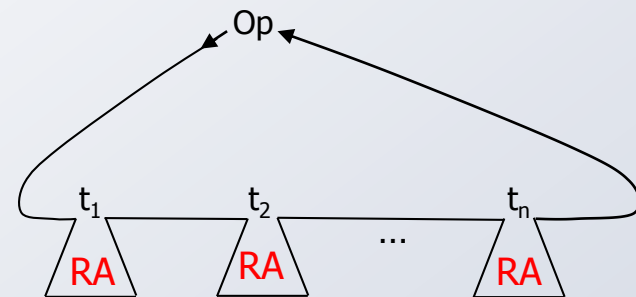
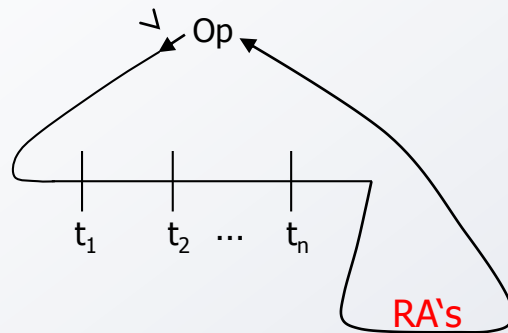
Abbildung von Beziehungen

Wartung von Beziehungen

# Durchführung der Änderungsoperationen (2)

## n Durchführung der referentiellen Aktionen (RA)

- Benutzeroperationen (Op) sind in SQL immer *atomar*
- mengenorientiertes oder satzorientiertes (*in-flight*) Verarbeitungsmodell



- IMMEDIATE-Bedingungen müssen erfüllt sein an Anweisungsgrenzen (→ mengenorientierte Änderung)
- Satzorientiertes Modell darf nur genutzt werden, wenn Äquivalenz zum mengenorientierten Modell garantiert ist
  - Beispiel: PERS-MGR → PERS.PNR (RESTRICT)  
Lösche alle Angestellten aus Abteilung K55, inklusive Manager

Grundlagen

Mengenorientierte Anfragen

Datenmanipulation

Datendefinition

Abbildung von Beziehungen

Wartung von Beziehungen

# Beispiel – Data Warehousing

Grundlagen

## Create Table Produkt

(Pnr P-Nummer (\*Domaindef.\*)&br/>
 Bezeichnung Char(4),

.../  
**Primary Key** (Pnr))

## Create Table Verkäufer

(Vnr V-Nummer (\*Domaindef.\*)&br/>
 VName Char(20),

.../  
**Primary Key** (Vnr))

## Create Table Zeit

(Znr Z-Nummer (\*Domaindef.\*)&br/>
 Datum Date NOT NULL,  
 Besonderheit Char(80)

.../  
**Primary Key** (Znr))

## Create Table Lieferant

(Lnr L-Nummer (\*Domaindef.\*)&br/>
 LName Char(2),

Ort .../  
**Primary Key** (Lnr))

## Create Table Markt

(Mnr M-Nummer (\*Domaindef.\*)&br/>
 Adresse .../  
**Primary Key** (Mnr))

Mengenorientierte  
Anfragen

Daten-  
manipulation

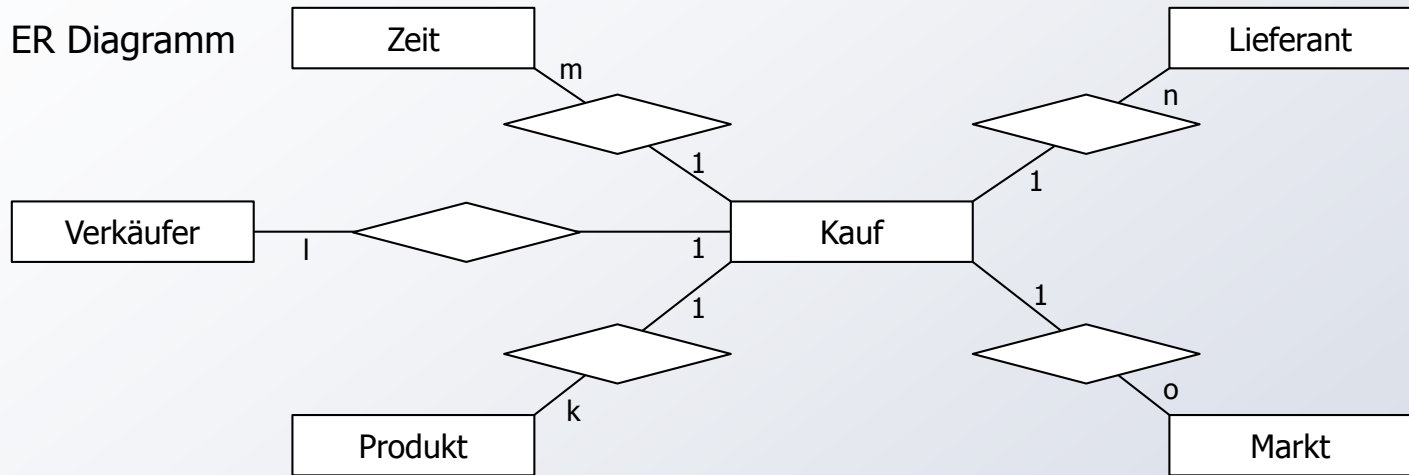
Daten-  
definition

Abbildung von  
Beziehungen

Wartung von  
Beziehungen

# Beispiel – Data Warehousing (2)

- Kauf als Entity mit unabhängigen Beziehungen



## Create Table Kauf

(Knr	K-Nummer	(*Unique Not Null*)
Pnr	P-Nummer	(*siehe Domaindefinition*),
Vnr	V-Nummer	(*siehe Domaindefinition*),
Znr	Z-Nummer	(*siehe Domaindefinition*),
Lnr	L-Nummer	(*siehe Domaindefinition*),
Mnr	M-Nummer	(*siehe Domaindefinition*),
Menge	Integer	NOT NULL,
Preis	Money	NOT NULL,

**Primary Key** (Knr),

**Foreign Key** (Pnr) References Produkt

**Foreign Key** (Vnr) References Verkäufer

**Foreign Key** (Znr) References Zeit

**Foreign Key** (Lnr) References Lieferant

**Foreign Key** (Mnr) References Markt

**ON DELETE SET DEFAULT** (oder **SET NULL**),

**ON DELETE SET DEFAULT** (oder **SET NULL**),

**ON DELETE SET DEFAULT** (oder **SET NULL**),

**ON DELETE SET DEFAULT** (oder **SET NULL**),

**ON DELETE SET DEFAULT** (oder **SET NULL**)

Grundlagen

Mengenorientierte  
Anfragen

Daten-  
manipulation

Daten-  
definition

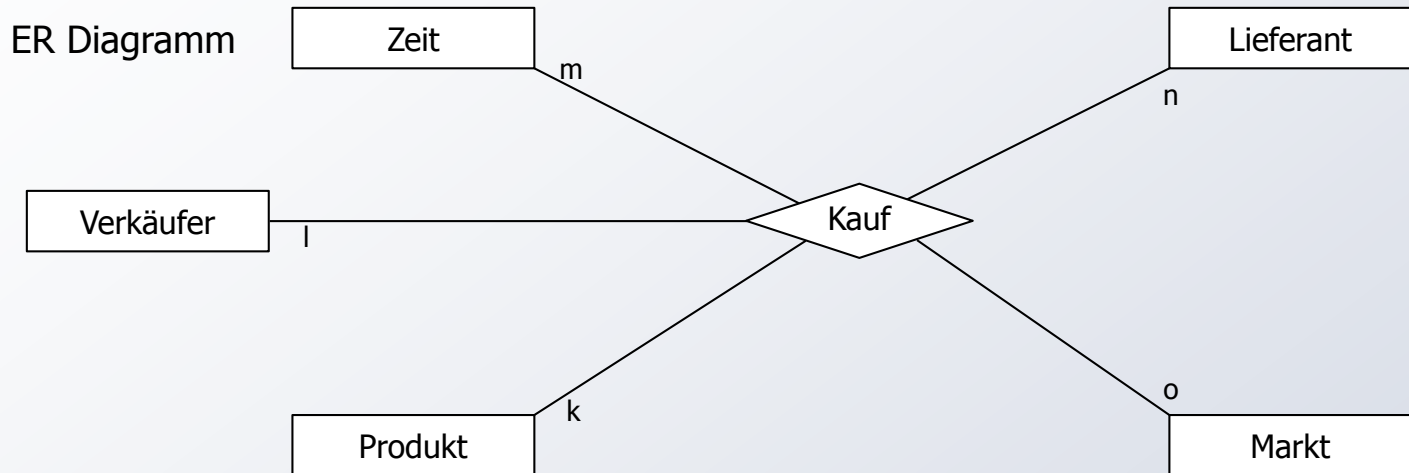
Abbildung von  
Beziehungen

Wartung von  
Beziehungen



# Beispiel – Data Warehousing (3)

- Kauf als 5-stellige Beziehung



**Create Table Kauf**

(Pnr	P-Nummer	(*siehe Domaindefinition*),
Vnr	V-Nummer	(*siehe Domaindefinition*),
Znr	Z-Nummer	(*siehe Domaindefinition*),
Lnr	L-Nummer	(*siehe Domaindefinition*),
Mnr	M-Nummer	(*siehe Domaindefinition*),
Menge	Integer	<b>NOT NULL,</b>
Preis	Money	<b>NOT NULL,</b>

**Primary Key** (Pnr, Vnr, Znr, Lnr, Mnr),

**Foreign Key** (Pnr) References Produkt

**Foreign Key** (Vnr) References Verkäufer

**Foreign Key** (Znr) References Zeit

**Foreign Key** (Lnr) References Lieferant

**Foreign Key** (Mnr) References Markt

**ON DELETE CASCADE,**

**ON DELETE CASCADE,**

**ON DELETE CASCADE,**

**ON DELETE CASCADE,**

**ON DELETE CASCADE)**

Grundlagen

Mengenorientierte  
Anfragen

Daten-  
manipulation

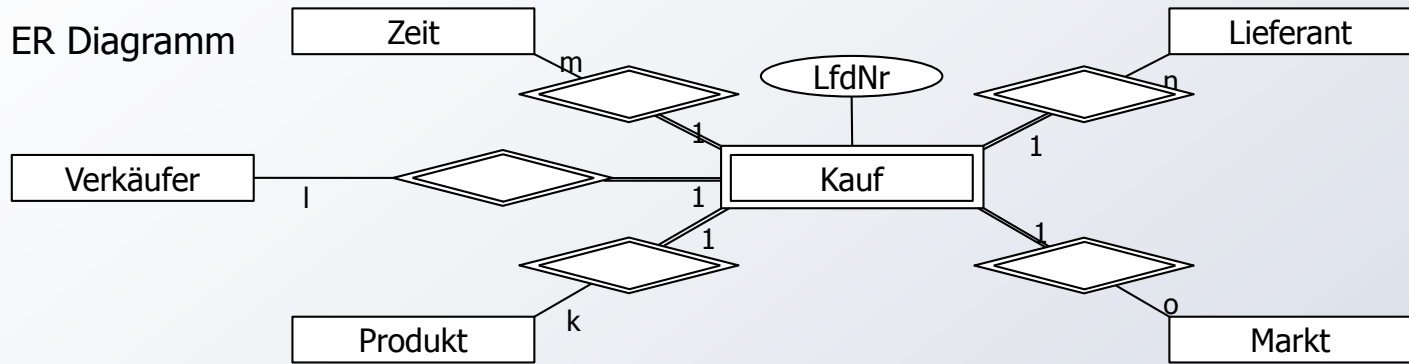
Daten-  
definition

Abbildung von  
Beziehungen

Wartung von  
Beziehungen

# Beispiel – Data Warehousing (4)

n Kauf als existenzabhängiges Entity mit 5 begründenden binären Beziehungen



Existenzabhängigkeit wird über den Primärschlüssel von Kauf ausgedrückt: Er besteht aus LfdNr und von den konstituierenden Entities ererbten Schlüsselteilen

### Create Table Kauf

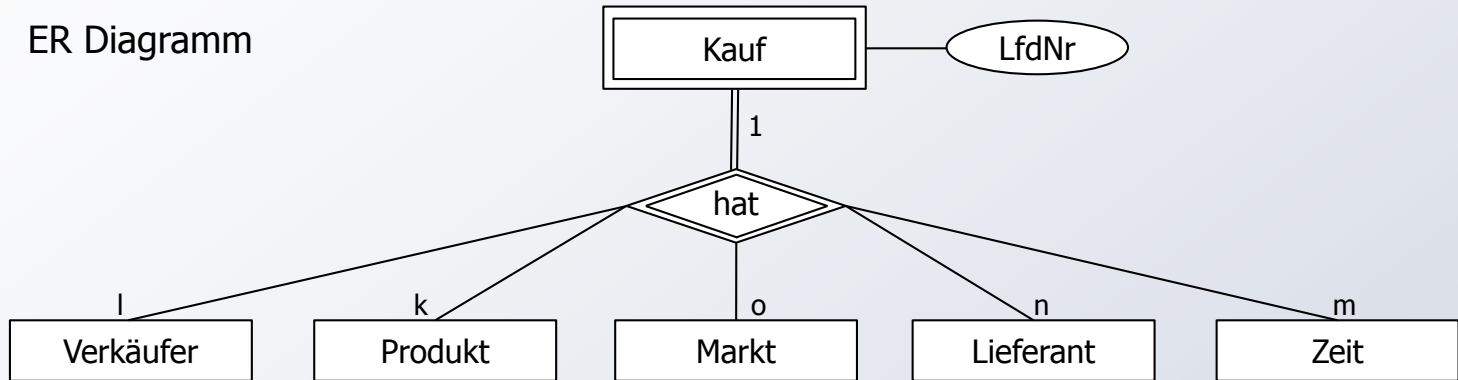
(LfdNr	Integer,		
(Pnr	P-Nummer		(*siehe Domaindefinition*),
Vnr	V-Nummer		(*siehe Domaindefinition*),
Znr	Z-Nummer		(*siehe Domaindefinition*),
Lnr	L-Nummer		(*siehe Domaindefinition*),
Mnr	M-Nummer		(*siehe Domaindefinition*),
Menge	Integer		<b>NOT NULL,</b>
Preis	Money		<b>NOT NULL,</b>
<b>Primary Key</b> (LfdNr, Pnr, Vnr, Znr, Lnr, Mnr),			
<b>Foreign Key</b> (Pnr) References Produkt			<b>ON DELETE CASCADE,</b>
<b>Foreign Key</b> (Vnr) References Verkäufer			<b>ON DELETE CASCADE,</b>
<b>Foreign Key</b> (Znr) References Zeit			<b>ON DELETE CASCADE,</b>
<b>Foreign Key</b> (Lnr) References Lieferant			<b>ON DELETE CASCADE,</b>
<b>Foreign Key</b> (Mnr) References Markt			<b>ON DELETE CASCADE)</b>

# Beispiel – Data Warehousing (5)

Grundlagen

n Kauf als existenzabhängiges Entity mit einer begründenden 6-stelligen Beziehung

ER Diagramm



**Create Table Kauf**

(LfdNr	Integer,	
(Pnr	P-Nummer	(*siehe Domaindefinition*),
Vnr	V-Nummer	(*siehe Domaindefinition*),
Znr	Z-Nummer	(*siehe Domaindefinition*),
Lnr	L-Nummer	(*siehe Domaindefinition*),
Mnr	M-Nummer	(*siehe Domaindefinition*),
Menge	Integer	<b>NOT NULL,</b>
Preis	Money	<b>NOT NULL,</b>

**Primary Key** (LfdNr, Pnr, Vnr, Znr, Lnr, Mnr),

**Foreign Key** (Pnr) References Produkt  
**Foreign Key** (Vnr) References Verkäufer  
**Foreign Key** (Znr) References Zeit  
**Foreign Key** (Lnr) References Lieferant  
**Foreign Key** (Mnr) References Markt

**ON DELETE CASCADE,**  
**ON DELETE CASCADE,**  
**ON DELETE CASCADE,**  
**ON DELETE CASCADE,**  
**ON DELETE CASCADE)**

➔ Beide existenzabhängige Modellierungen unterscheiden sich in SQL nicht!

Grundlagen

Mengenorientierte Anfragen

Datenmanipulation

Datendefinition

Abbildung von Beziehungen

Wartung von Beziehungen

- **SQL-Anfragen**
  - Mengenorientierte Spezifikation, verschiedene Typen von Anfragen
  - Vielfalt an Suchprädikaten
  - Auswahlmächtigkeit von SQL ist höher als die der Relationenalgebra.
  - Erklärungsmodell für die Anfrageauswertung: Festlegung der Semantik von Anfragen mit Hilfe von Grundoperationen
  - Optimierung der Anfrageauswertung durch das DBS
- **Mengenorientierte Datenmanipulation**
- **Datendefinition**
  - CHECK-Bedingungen für Wertebereiche, Attribute und Relationen
  - Spezifikation des Überprüfungszeitpunktes
- **Kontrolle von Beziehungen**
  - SQL erlaubt nur die Spezifikation von binären Beziehungen.
  - Referentielle Integrität von **FS --> PS/SK** wird stets gewährleistet.
  - Rolle von PRIMARY KEY, UNIQUE, NOT NULL
  - Es ist nur eine eingeschränkte Nachbildung von Kardinalitätsrestriktionen möglich; insbesondere kann **nicht** spezifiziert werden, dass „**ein Vater Söhne haben muss**“.
- **Wartung der referentiellen Integrität**
  - SQL2/3 bietet reichhaltige Optionen für referentielle Aktionen
  - Es sind stets sichere Schemata anzustreben
  - Falls eine statische Schemaanalyse zu restriktiv für die Zulässigkeit eines Schemas ist, muss für das gewünschte Schema eine Laufzeitüberwachung der referentiellen Aktionen erfolgen.