Einführung in Datenbanken

Kapitel 14: Relationale Algebra in SQL

Prof. Dr. Stefan Brass

Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

Wintersemester 2024/25

http://www.informatik.uni-halle.de/~brass/db24/

Lernziele

Nach diesem Kapitel sollten Sie Folgendes können:

- `UNION` und `UNION ALL` in SQL-Anfragen verwenden.

  Auch solche mit anschließendem `ORDER BY` oder mit einem Null-Wert in der `SELECT`-Liste. Anfragen mit den Operatoren `INTERSECT` und `EXCEPT` lesen können.

- Den Outer Join in der SQL-92 Join-Syntax unter `FROM` verwenden.

  Normale Joins mindestens lesen können. Die Verwendung des Inner Join in dieser Syntax ist Geschmackssache, der Outer Join führt dagegen zu kürzeren Anfragen.

- Einige Probleme/mögliche Fehler bei Outer Join Anfragen aufzählen und erklären.

  Und natürlich in eigenen Anfragen diese Fehler vermeiden.

Inhalt

Beispiel-Datenbank

STUDENTEN

SID	VORNAME	NACHNAME	EMAIL
101	Lisa	Weiss	...
102	Michael	Grau	NULL
103	Daniel	Sommer	...
104	Iris	Winter	...

BEWERTUNGEN

SID	ATYP	ANR	PUNKTE
101	H	1	10
101	H	2	8
101	Z	1	12
102	H	1	9
102	H	2	9
102	Z	1	10
103	H	1	5
103	Z	1	7

AUFGABEN

ATYP	ANR	THEMA	MAXPT
H	1	ER	10
H	2	SQL	10
Z	1	SQL	14

Einleitung

- Den ursprünglichen SQL-Kern kann man am einfachsten als Variante des Tupelkalküls verstehen (der wiederum eine Anwendung der Prädikatenlogik ist).

  Allerdings müssen in SQL Tupelvariablen direkt bei der Deklaration an eine Relation gebunden werden. Dadurch spart man sich relativ komplizierte Einschränkungen der möglichen Formeln, um die endliche Auswertbarkeit zu garantieren. Der Preis dafür ist, dass `UNION` unbedingt nötig ist. Damit hatte SQL von Anfang an auch einen Operator der relationalen Algebra.

- Wenn man will, kann man SQL aber auch aus Sicht der relationalen Algebra verstehen.

  Allerdings sind `EXISTS`-Unteranfragen schwierig in relationale Algebra zu übersetzen, man muss dann die ganze logische Formel über Mengenoperationen wie $\cap$, $\cup$ ausdrücken (statt $\wedge$, $\vee$).

- Mit SQL-92 kamen zu SQL explizite Joins hinzu.

Von Relationaler Algebra zu SQL (1)

- Ein Ausdruck in relationaler Algebra

$$\pi_{A_1,\ldots,A_n}\left(\sigma_F(R_1 \times \cdots \times R_m)\right)$$

wird in SQL geschrieben als

```
SELECT A1, ..., An
FROM   R1, ..., Rm
WHERE  F
```

  - Das Schlüsselwort `SELECT` entspricht also der Projektion.
  - Die Relationen unter `FROM` werden mit $\times$ verknüpft.
  - Unter `WHERE` wird die Selektionsbedingung geschrieben.

    Umgekehrt ist aber nicht jede `WHERE`-Bedingung auch als Selektionsbedingung möglich (keine Unteranfragen).

Von Relationaler Algebra zu SQL (2)

- Haben verschiedene R_i Attribute mit gleichem Namen A, schreibt man $R_i.A$, um den Bezug eindeutig zu machen.
- Man kann aber auch Umbenennungen verwenden:

  $$\pi_{A_1,\ldots,A_n}\Big(\sigma_F(\rho_{X_1}(R_1) \times \cdots \times \rho_{X_m}(R_m))\Big)$$

  wird in SQL geschrieben als

  ```
  SELECT A1, ..., An
  FROM   R1 X1, ..., Rm Xm
  WHERE  F
  ```

  Man kann die X_i auch als Kopien der Relationen R_i verstehen.
- SQL arbeitet mit Multimengen von Tupeln, Duplikate sind also möglich.
- Bei Bedarf verwende man `SELECT DISTINCT` statt `SELECT`.

Von Relationaler Algebra zu SQL (3)

- SQL hat einen `UNION`-Operator, um Ergebnisse mehrerer `SELECT`-Ausdrücke zu kombinieren.

  Dieser wird unten eingeführt und ausführlich erklärt.

- Es gibt entsprechend auch andere Mengenoperationen in SQL, diese werden aber selten verwendet:
  - `EXCEPT` für Mengendifferenz,
  - `INTERSECT` für den Schnitt.

  Meist verwendet man eher Unteranfragen (z.B. `NOT EXISTS`).

- Unteranfragen unter `FROM` erlauben den typischen Algebra-Stil, dass man Relationen schrittweise verknüpft.

Inhalt

UNION (1)

- In SQL kann man die Ergebnisse von zwei Anfragen mit `UNION` verknüpfen.

  $R \cup S$ ist die Menge aller Tupel, die in R, in S, oder in beiden sind.

- `UNION` wird benötigt, da es sonst keine Möglichkeit gibt, eine Ergebnisspalte mit Werten aus mehreren Tabellenspalten (Eingabespalten) zu konstruieren.

  Dies wird z.B. benötigt, wenn Subklassen durch verschiedene Tabellen representiert werden. Z.B. könnte es eine Tabelle `STUDENTEN` und eine andere Tabelle `GASTHÖRER` geben.

- `UNION` wird auch für Fallunterscheidungen verwendet (um **if ... then ... else ...** darzustellen).

UNION (2)

- Die Unteranfragen, die durch `UNION` verknüpft werden, müssen Tabellen mit der gleichen Anzahl von Spalten liefern. Die Datentypen der korrespondierenden Spalten müssen kompatibel sein.

  Die Attributnamen müssen nicht übereinstimmen. Oracle und SQL Server verwenden im Ergebnis die Attributnamen der ersten Unteranfrage.
  DB2 verwendet ggf. künstliche Spaltennamen (1, 2, ...).

- SQL unterscheidet zwischen
  - `UNION`: $\cup$ mit Duplikatelimination und

    Es werden alle Duplikate entfernt, nicht nur solche, die durch die Vereinigung entstanden sind.
  - `UNION ALL`: Konkatenation (erhält Duplikate).

  Duplikatelimination ist ziemlich teuer.

UNION (3)

- Geben Sie für jeden Studenten die Gesamtpunktzahl für Hausaufgaben aus (auch für Studierende, die keine Aufgaben abgegeben haben).

```
SELECT   VORNAME, NACHNAME, SUM(PUNKTE) AS SUMME
FROM     STUDENTEN S, BEWERTUNGEN B
WHERE    S.SID = B.SID AND ATYP = 'H'
GROUP BY S.SID, VORNAME, NACHNAME
UNION ALL
SELECT   VORNAME, NACHNAME, 0 AS SUMME
FROM     STUDENTEN S
WHERE    S.SID NOT IN (SELECT SID
                       FROM   BEWERTUNGEN
                       WHERE  ATYP = 'H')
```

UNION (4)

- Erstellen Sie Noten für die Studenten basierend auf Hausaufgabe 1:

```
SELECT S.SID, S.VORNAME, S.NACHNAME, 1 NOTE
FROM   STUDENTEN S, BEWERTUNGEN B
WHERE  S.SID=B.SID AND B.ATYP='H' AND B.ANR=1
AND    B.PUNKTE >= 9
    UNION ALL
SELECT S.SID, S.VORNAME, S.NACHNAME, 2 NOTE
FROM   STUDENTEN S, BEWERTUNGEN B
WHERE  S.SID=B.SID AND B.ATYP='H' AND B.ANR=1
AND    B.PUNKTE >= 7 AND B.PUNKTE < 9
    UNION ALL
...
```

Andere Mengenoperationen in SQL

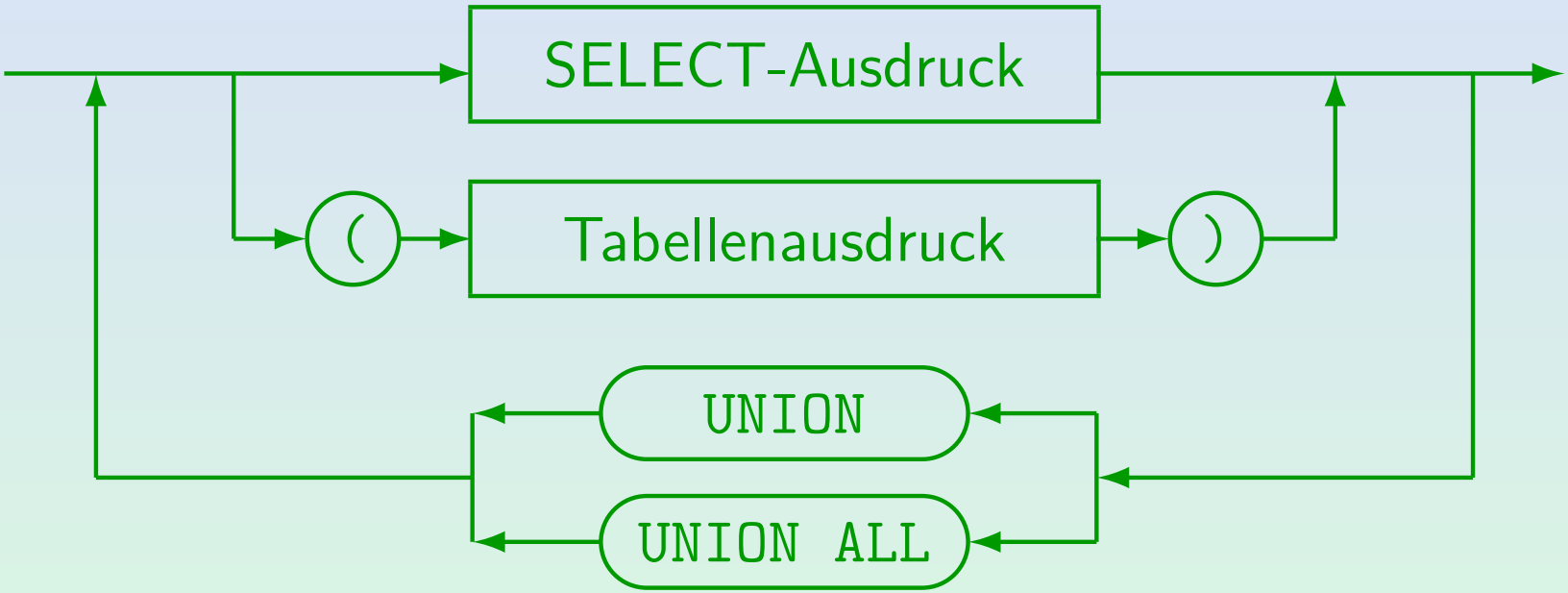
- SQL-86 enthielt nur `UNION [ALL]`.
- Der SQL-92 Standard enthält zusätzlich `EXCEPT` (Mengendifferenz, $\setminus$) und `INTERSECT` ($\cap$).

  SQL-86, SQL Server, Access und MySQL (ab Ver. 4) unterstützen nur `UNION [ALL]`. Vor Ver. 4 hatte MySQL kein `UNION`. DB2 bietet alle SQL-92 Mengenoperatoren. In Oracle heißt es `MINUS` statt `EXCEPT`. Für `MINUS` und `INTERSECT` wird `ALL` in Oracle nicht unterstützt.
- Diese Operationen tragen nichts zur Ausdruckskraft von SQL bei.

  Anfragen, die `EXCEPT`/`MINUS` und `INTERSECT` enthalten, können in äquivalente SQL-Anfragen ohne diese Konstrukte umgeformt werden. Anfragen die `UNION` enthalten, können dies im Allgemeinen nicht. Damit ist nur `UNION` wirklich wichtig.

UNION: Syntax

Tabellenausdruck:



- MySQL unterstützt Union nicht. SQL-86 enthält `UNION` und `UNION ALL`.
- SQL-92 und DB2 unterstützen auch `INTERSECT`, `INTERSECT ALL`, `EXCEPT`, und `EXCEPT ALL`. Oracle 8 unterstützt `UNION`, `UNION ALL`, `INTERSECT` und `MINUS`.
- In Access kann man Klammern nicht um eine ganze Anfrage setzen.

Vereinigung vs. Verbund

Aufgabe:

- Zwei Alternativen zur Repräsentation der Bewertungen für Hausaufgaben und Klausuren sind:

Bewertungen_1

STUDENT	H	Z	E
Jim Ford	95	60	75
Ann Lloyd	80	90	95

Bewertungen_2

STUDENT	ATYP	PZT
Jim Ford	H	95
Jim Ford	Z	60
Jim Ford	E	75
Ann Lloyd	H	80
Ann Lloyd	Z	90
Ann Lloyd	E	95

- Übersetzen Sie in beiden Richtungen mittels SQL.

Vergleich mit bedingten Ausdrücken (1)

- Während `UNION` eine klassische Lösung für Fallunterscheidungen ist, haben neuere DBMS-Versionen auch bedingte Ausdrücke (siehe Kapitel 11):
- Z.B.: Ausgabe der Ergebnisse von Lisa Weiss, dabei Aufgabentyp ausgeschrieben:

```
SELECT CASE WHEN ATYP='H' THEN 'Hausaufgabe'
            WHEN ATYP='Z' THEN 'Zwischenklausur'
            WHEN ATYP='E' THEN 'Endklausur'
            ELSE 'Unbekannte Kat.' END,
       ANR, PUNKTE
FROM   STUDENTEN S, BEWERTUNGEN B
WHERE  S.SID = B.SID
AND    VORNAME = 'Lisa' AND NACHNAME = 'Weiss'
```

Vergleich mit bedingten Ausdrücken (2)

- Erste drei Fälle mit UNION (deutlich länger):

```
WITH LISA AS (SELECT B.ATYP, B.ANR, B.PUNKTE
              FROM   STUDENTEN S, BEWERTUNGEN B
              WHERE  S.VORNAME = 'Lisa'
              AND    S.NACHNAME = 'Weiss'
              AND    S.SID = B.SID)
SELECT 'Hausaufgabe' AS ATYP, ANR, PUNKTE
FROM   LISA WHERE ATYP = 'H'
UNION  ALL
SELECT 'Zwischenklausur' AS ATYP, ANR, PUNKTE
FROM   LISA WHERE ATYP = 'Z'
UNION  ALL
SELECT 'Endklausur' AS ATYP, ANR, PUNKTE
FROM   LISA WHERE ATYP = 'E'
```

Inhalt

Beispiel-Datenbank

STUDENTEN

SID	VORNAME	NACHNAME	EMAIL
101	Lisa	Weiss	...
102	Michael	Grau	NULL
103	Daniel	Sommer	...
104	Iris	Winter	...

BEWERTUNGEN

SID	ATYP	ANR	PUNKTE
101	H	1	10
101	H	2	8
101	Z	1	12
102	H	1	9
102	H	2	9
102	Z	1	10
103	H	1	5
103	Z	1	7

AUFGABEN

ATYP	ANR	THEMA	MAXPT
H	1	ER	10
H	2	SQL	10
Z	1	SQL	14

Verbunde in SQL-92 (1)

- Eine wichtige und nützliche Operation der relationalen Algebra ist der Verbund (mit Varianten).
- In SQL-86 kann man einen Verbund nicht direkt spezifizieren. Man verwendet das kartesische Produkt (`FROM`) und selektiert dann (`WHERE`).

  Dies ist noch immer der normale Fall.

- Natürlicher Verbund von `BEWERTUNGEN` und `AUFGABEN`:

```
SELECT B.ATYP AS ATYP, B.ANR AS ANR, SID,
       PUNKTE, THEMA, MAXPT
FROM   BEWERTUNGEN B, AUFGABEN A
WHERE  B.ATYP = A.ATYP AND B.ANR = A.ANR
```

Verbunde in SQL-92 (2)

- In SQL-92 kann man z.B. schreiben:

```
SELECT SID, ANR, (PUNKTE/MAXPT)*100
FROM   BEWERTUNGEN B NATURAL JOIN AUFGABEN A
WHERE  ATYP = 'H'
```

- Durch die Schlüsselwörter „`NATURAL JOIN`“ fügt das System automatisch die Verbundbedingung hinzu:

```
B.ATYP = A.ATYP AND B.ANR = A.ANR
```

- SQL-92 erlaubt Verbunde in der `FROM`-Klausel, sowie auch auf der äußersten Anfrage-Ebene (wie `UNION`).

Somit kann man viel im Stil der relationalen Algebra schreiben.

Verbunde in SQL-92 (3)

- Aktuelle Systeme unterstützen die SQL-92 Joins (mit Abweichungen in Details):
  - PostgreSQL unterstützt SQL-92 Joins seit Version 7.0 (2000), aber den Outer Join erst seit Version 7.1 (2001).
  - Oracle unterstützt die SQL-92 Joins seit Version 9i (2001).
  - In relativ vielen Systemen (z.B. MySQL) findet die vom Standard geforderte Verschmelzung gleicher Spalten beim Natural Join nicht statt.

    Es sollte nur eine Spalte `ANR` geben, und nicht `A.ANR` und `B.ANR`.
  - Einige Verbundtypen werden in DB2, SQL Server und Access unterstützt, aber der „natürliche Verbund“ nicht. Man muss in diesen Systemen die Bedingung explizit aufschreiben (mit `ON`, siehe nächste Folie).

Verbunde in SQL-92 (4)

- Der SQL-92 Join mit `ON` ist gut portabel:

```
SELECT SID, B.ANR, (PUNKTE/MAXPT)*100
FROM   BEWERTUNGEN B INNER JOIN AUFGABEN A
       ON B.ATYP = A.ATYP AND B.ANR = A.ANR
WHERE  B.ATYP = 'H'
```

- Wenn man mag, kann man so die Verbund-Bedingung vom Rest der `WHERE`-Bedingung optisch trennen.
- Syntaktisch wären auch Bedingungen unter `ON` möglich, die gar keine Verbund-Bedingungen sind, das ist aber schlechter Stil.
- Der `NATURAL JOIN` hat den Nachteil, dass eine spätere Erweiterung einer Tabelle um eine Spalte seine Semantik ändern kann (daher besser `ON` oder `USING`, s.u.).

Verbunde in SQL-92 (5)

- Mit der expliziten Verbundbedingung ist die Anfrage nicht kürzer als die äquivalente Anfrage in klassischer Syntax (Verbund-Bedingung unter `WHERE`).
- Die Ausdruckskraft von SQL wird durch die neuen Verbund-Konstrukte nicht vergrößert.

  Jede Anfrage mit den neuen Verbund-Konstrukten kann in eine äquivalente Anfrage ohne diese Konstrukte überführt werden.
- Der Grund, warum Verbunde zu SQL hinzugefügt wurden, ist wahrscheinlich der „äußere Verbund“: Hierfür ist die äquivalente Formulierung in SQL-86 deutlich länger.

Inhalt

Äußerer Verbund: Wdh.

- Der normale Verbund eliminiert Tupel ohne Verbundpartner:

A	B
a_1	b_1
a_2	b_2

$\bowtie$

B	C
b_2	c_2
b_3	c_3

$=$

A	B	C
a_2	b_2	c_2

- Der linke äußere Verbund stellt sicher, dass Tupel der linken Tabelle auch im Ergebnis vorhanden sind:

A	B
a_1	b_1
a_2	b_2

$\overset{\text{L}}{\bowtie}$

B	C
b_2	c_2
b_3	c_3

$=$

A	B	C
a_1	b_1	
a_2	b_2	c_2

Zeilen der linken Seite werden, falls notwendig, mit „Null“ aufgefüllt.

Es gibt auch einen rechten und einen vollen äußeren Verbund.

Äußerer Verbund in SQL (1)

- Z.B. Anzahl der Abgaben pro Hausaufgabe. Falls es keine Abgabe gibt, soll 0 ausgegeben werden:

```
SELECT   A.ANR, COUNT(SID)
FROM     AUFGABEN A LEFT OUTER JOIN BEWERTUNGEN B
         ON A.ATYP = B.ATYP AND A.ANR = B.ANR
WHERE    A.ATYP = 'H'
GROUP BY A.ANR
```

- Im Ergebnis des linken äußeren Verbunds treten alle Übungen auf. In Übungen ohne Abgaben werden die Attribute `SID` und `PUNKTE` mit Nullwerten aufgefüllt.
- `COUNT(SID)` zählt nur Zeilen, wo `SID` nicht Null ist.

Äußerer Verbund in SQL (2)

- Äquivalente Anfrage in SQL-86 (12 vs. 5 Zeilen):

```
SELECT   A.ANR, COUNT(*)
FROM     AUFGABEN A, BEWERTUNGEN B
WHERE    A.ATYP = 'H' AND B.ATYP = 'H'
AND      A.ANR = B.ANR
GROUP BY A.ANR
UNION ALL
SELECT   A.ANR, 0
FROM     AUFGABEN A
WHERE    A.ATYP = 'H'
AND      A.ANR NOT IN (SELECT B.ANR
                       FROM   BEWERTUNGEN B
                       WHERE  B.ATYP = 'H')
```

Äußerer Verbund in SQL (3)

- Geben Sie für jeden Studenten die Anzahl der abgegebenen Hausaufgaben aus (einschließlich 0).
- Die folgende Anfrage funktioniert nicht: Studenten ohne Hausaufgaben werden nicht aufgelistet.

```
SELECT VORNAME, NACHNAME, COUNT(ANR)
FROM   STUDENTEN S LEFT OUTER JOIN BEWERTUNGEN B
       ON S.SID = B.SID
WHERE  B.ATYP = 'H'
GROUP BY S.SID, VORNAME, NACHNAME
```

Falsch!

- Der äußere Verbund wird konstruiert, bevor die `WHERE`-Bedingung ausgewertet wird.

Äußerer Verbund in SQL (4)

- Mögliche Verbundpartner dürfen nicht nach Konstruktion des äußeren Verbundes eliminiert werden.
- Man muss die Hausaufgabenergebnisse selektieren bevor der äußere Verbund gemacht wird:

```
SELECT VORNAME, NACHNAME, COUNT(B.ANR)
FROM   STUDENTEN S LEFT OUTER JOIN
           (SELECT SID, ANR
            FROM   BEWERTUNGEN
            WHERE  ATYP = 'H') B
       ON S.SID = B.SID
GROUP BY S.SID, VORNAME, NACHNAME
```

Äußerer Verbund in SQL (5)

- Man kann auch die Bedingung für die rechte Tabelle in die Verbundbedingung integrieren:

```
SELECT VORNAME, NACHNAME, COUNT(B.ANR)
FROM   STUDENTEN S LEFT OUTER JOIN BEWERTUNGEN B
       ON S.SID = B.SID AND B.ATYP = 'H'
GROUP BY S.SID, VORNAME, NACHNAME
```

- SQL-92 lässt jede `WHERE`-Bedingung, die sich nur auf die rechte oder linke Tabelle bezieht, zu.
(Das sollte aber nicht missbraucht werden.)

  Es scheint, dass DB2 und Access keine Unteranfragen in der `ON`-Klausel zulassen. In Access müssen komplexere Bedingungen in Klammern eingeschlossen werden.

Äußerer Verbund in SQL (6)

- Bedingungen für die linke Tabelle machen in einem linken äußeren Verbund wenig Sinn.
- Z.B. betrachte man diese Anfrage:

```
SELECT A.ATYP, A.ANR, B.SID, B.PUNKTE
FROM   AUFGABEN A LEFT OUTER JOIN BEWERTUNGEN B
       ON A.ATYP = 'H' AND B.ATYP = 'H'
          AND A.ANR = B.ANR
```

- Aufgabe:
  Wird `A.ATYP = 'Z'` in der Ausgabe auftauchen?

  ☐ ja ☐ nein

Äußerer Verbund in SQL (7)

- Zum Teil kann `NOT EXISTS` durch einen äußeren Verbund ersetzt werden (z.B. für MySQL vor Ver. 4.1).
- Z.B. Studenten ohne eine gelöste Hausaufgabe:

```
SELECT S.SID. S.VORNAME, S.NACHNAME
FROM   STUDENTEN S LEFT OUTER JOIN BEWERTUNGEN B
       ON S.SID = B.SID AND B.ATYP = 'H'
WHERE  B.ATYP IS NULL
```

- Natürlich kann man statt `B.ATYP` jedes Attribut von `BEWERTUNGEN` auf Null testen.

  Der Test auf den Nullwert prüft, ob das aktuelle `STUDENTEN`-Tupel einen Verbundpartner gefunden hat.

Inhalt

Verbundsyntax: Übersicht (1)

- SQL-92 hat folgende Verbundtypen:
  - `[INNER] JOIN`: Gewöhnlicher Verbund.
  - `LEFT [OUTER] JOIN`: Erhält Tupel der linken Tabelle.
  - `RIGHT [OUTER] JOIN`: Erhält alle Tupel von rechts.
  - `FULL [OUTER] JOIN`: Erhält alle Eingabetupel.
  - `CROSS JOIN`: Kartesisches Produkt $\times$.
  - `UNION JOIN`: Diese Vereinigung füllt die Spalten der anderen Tabelle mit Nullwerten auf.

    `UNION JOIN` wurde in SQL-99 gelöscht (ist aber interessante Idee).
- Schlüsselworte in [...] sind optional.

Verbundsyntax: Übersicht (2)

- Mögliche Spezifikationen der Verbundbedingung:
  - Schlüsselwort `NATURAL` vor dem Verbundnamen.
  - „`ON` ⟨`Bedingung`⟩“ folgt dem Verbund.
  - „`USING` $(A_1, \ldots, A_n)$“ folgt dem Verbund.

    `USING` listet alle Verbundattribute (z.B. um den natürlichen Verbund zu spezifizieren). Attribute mit den Namen $A_1, \ldots, A_n$ müssen in beiden Tabellen auftauchen. Die Verbundbedingung ist dann $R.A_1 = S.A_1 \wedge \cdots \wedge R.A_n = S.A_n$. `NATURAL` ist äquivalent zu `USING` mit allen gleichen Attributnamen.
- Nur eines der Konstrukte kann verwendet werden.
- `CROSS JOIN` und `UNION JOIN` haben keine Verbundbedingung.

Verbundsyntax: Übersicht (3)

- Nach dem Standard liefern der `NATURAL` Join und der Join mit `USING` eine Tabelle mit nur einer Kopie der gemeinsamen Attribute.
- Diese Attribute sind die ersten Spalten im Ergebnis. Man kann sie nicht mit Tupelvariablen ansprechen.

```
SELECT *
FROM   BEWERTUNGEN B NATURAL JOIN AUFGABEN A
```

- Die Ergebnisspalten sind `ATYP`, `ANR`, `B.SID`, `B.PUNKTE`, `A.THEMA`, `A.MAXPT` (in dieser Reihenfolge).

  Es ist unzulässig, sich auf `B.ATYP` oder `A.ATYP` zu beziehen: Es kann nur `ATYP` verwendet werden (das gleiche gilt für `ANR`).

Verbundsyntax: Übersicht (4)

- Man kann in der FROM-Klausel auch sowohl Verbunde verwenden, als auch weitere Tupelvariablen deklarieren (getrennt durch „,“).
- Das Ergebnis eines Verbundes zweier Tabellen kann mit einer dritten Tabelle verbunden werden (usw.):

```
SELECT ...
FROM   R LEFT JOIN S ON R.A=S.B
         LEFT JOIN T ON S.C=T.D
```

- Um Join-Ausdrücke kann man Klammern setzen, nicht um normale Tupelvariablen-Deklarationen.

Für den (...)-Ausdruck kann man keine Tupelvariable einführen.

Verbundsyntax: Details (1)

- Oracle 9i unterstützt die SQL-92 Verbunde.

  Einschließlich des Natural Join, aber ohne `UNION JOIN` (der in SQL:1999 entfernt wurde). Oracle 8i unterstützte keinen der SQL-92 Verbunde.

- Innerer und äußerer Verbund mit `ON` funktionieren auch in DB2, SQL Server, Access und MySQL.

  In Access und MySQL ist das Schlüsselwort `INNER` nicht optional.

- `USING` und `NATURAL` funktionieren nur in Oracle 9i.

  `NATURAL` existiert auch in MySQL, aber MySQL vereinigt die gleichen Attribute nicht. Das verletzt den SQL-92 Standard.

Verbundsyntax: Details (2)

- `CROSS JOIN` wird in PostgreSQL, Oracle 9i, SQL Server und MySQL unterstützt, aber nicht in Access und DB2.

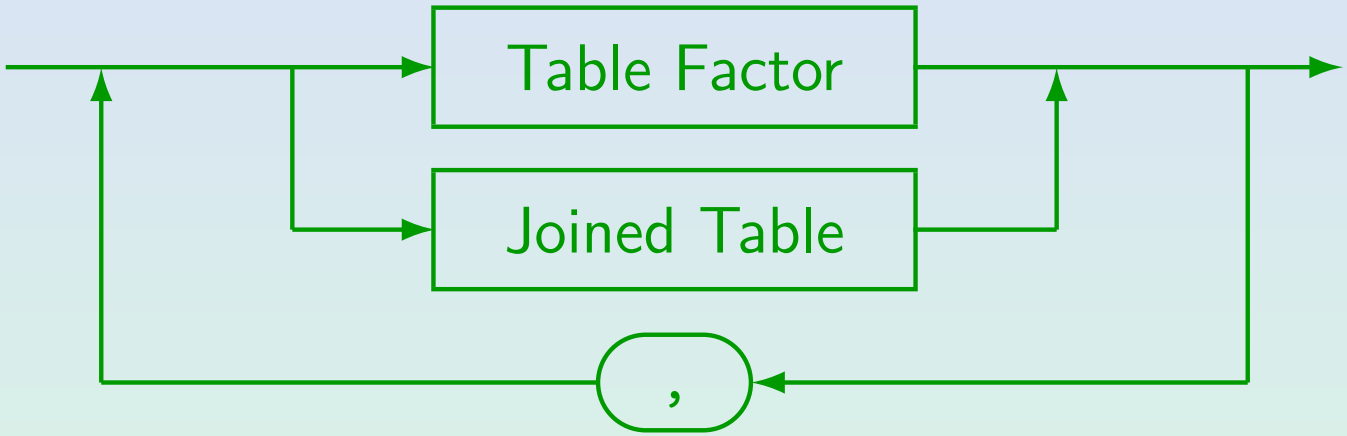
  Da man ein Komma für den `CROSS JOIN` schreiben kann, ist dies auch nicht sehr sinnvoll. Die Bindungsstärke von „`,`“ und `CROSS JOIN` sind verschieden.

- `UNION JOIN` unterstützt keins der sechs Systeme.

  Man kann aber in SQL-92 (und z.B. Oracle, DB2, SQL Server, nicht Access) eine Unteranfrage unter `FROM` schreiben, die `UNION` oder `UNION ALL` enthält. Mit etwas mehr Aufwand kann also der Union Join simuliert werden. Nebenbei bemerkt, ist es etwas seltsam, dass z.B. „`FROM A NATURAL JOIN B`“ in SQL-92 zulässig ist, aber „`FROM A UNION B`“ nicht. Auch lässt SQL-92 die Schreibweise „`FROM (SELECT * FROM A UNION SELECT * FROM B) X`“ zu, aber das gleiche mit „`NATURAL JOIN`“ statt „`UNION`“ liefert einen Syntaxfehler [Date/Darwen, 1997, S. 148].

Verbundsyntax: Formal (1)

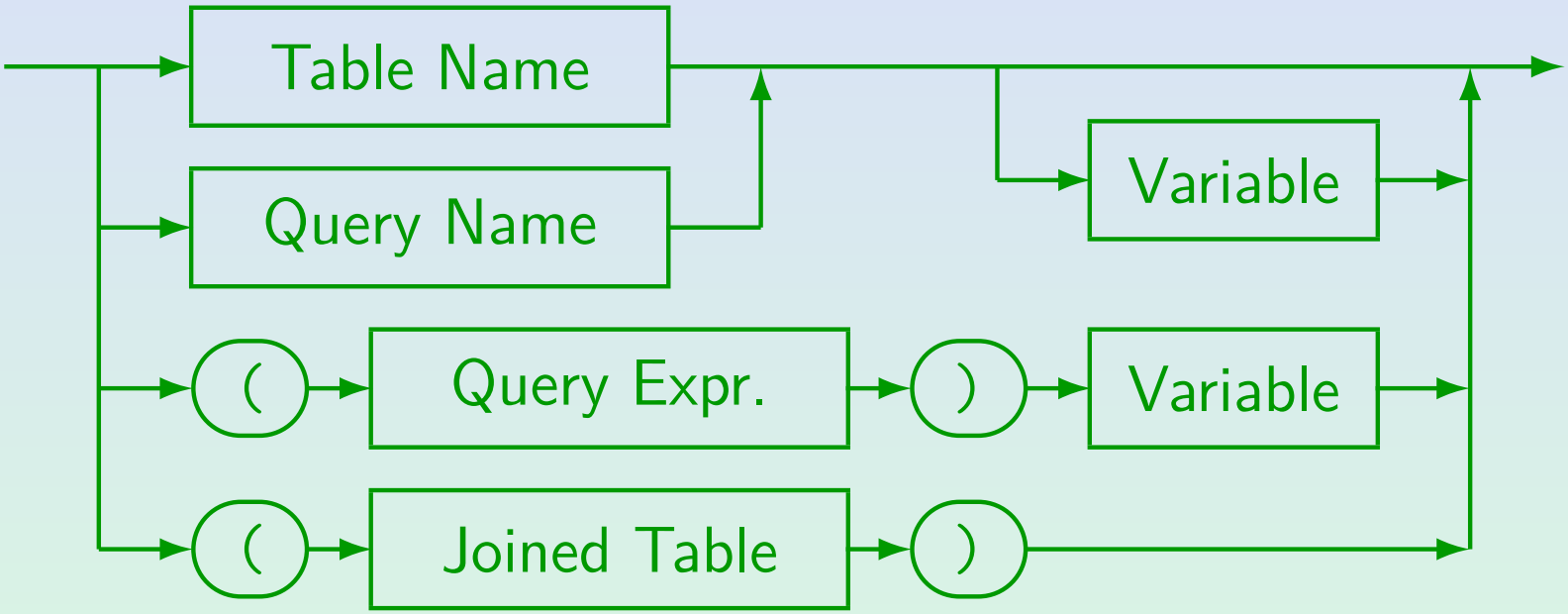
Quell-Liste (nach FROM):



- Die Syntaxgraphen sind eine vereinfachte Version der Grammatik aus dem SQL-2008 Standard. Deswegen sind die Namen der Graphen (syntaktische Kategorien, Nichtterminalsymbole) hier in Englisch. Es wurden allerdings viele kompliziertere Konstrukte weggelassen.
- Der Standard hat eine syntaktische Kategorie „Table Reference“, die (im wesentlichen) der Alternative zwischen „Table Factor“ und „Joined Table“ entspricht.

Verbundsyntax: Formal (2)

Table Factor:



- „Query Name“ ist mit der `WITH`-Klausel definiert.
- „Query Expression“ ist eine Unteranfrage (inkl. ggf. `WITH`, `UNION`, `ORDER BY`).
- Der Standard und viele Systeme erlauben „`AS`“ vor der Variable.
- Der Standard+einige DBMS erlauben Spalten-Umbenennung: `R X(A, B)`.

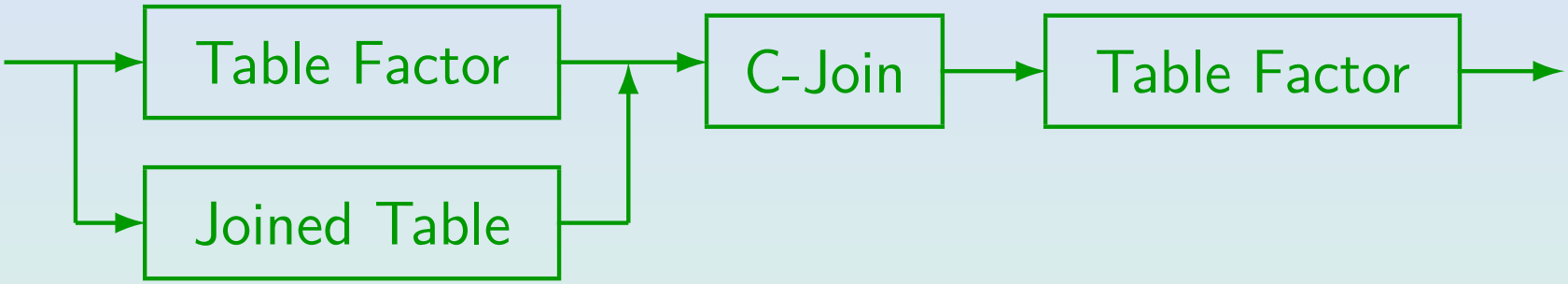
Verbundsyntax: Formal (3)

Joined Table:

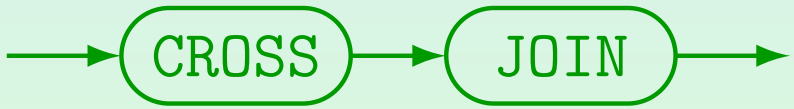
- Noch zum „Table Factor“: Man beachte, dass Tupelvariablen bei Tabellennamen optional sind, bei Unteranfragen nötig, und bei geklammerten Join-Ausdrücken nicht erlaubt sind (bei einigen Systemen geht es doch, aber es ist nicht portabel). Tupelvariablen können natürlich für die einzelnen am Join beteiligten Tabellen eingeführt werden.
- „Qualified Join“ ist mit `ON` oder `USING`, s.u.

Verbundsyntax: Formal (4)

Cross Join:

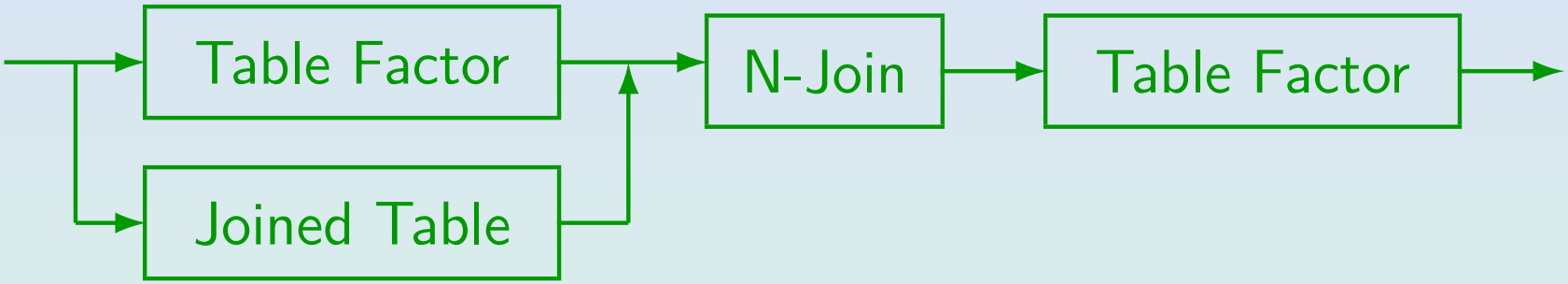


C-Join:



Verbundsyntax: Formal (5)

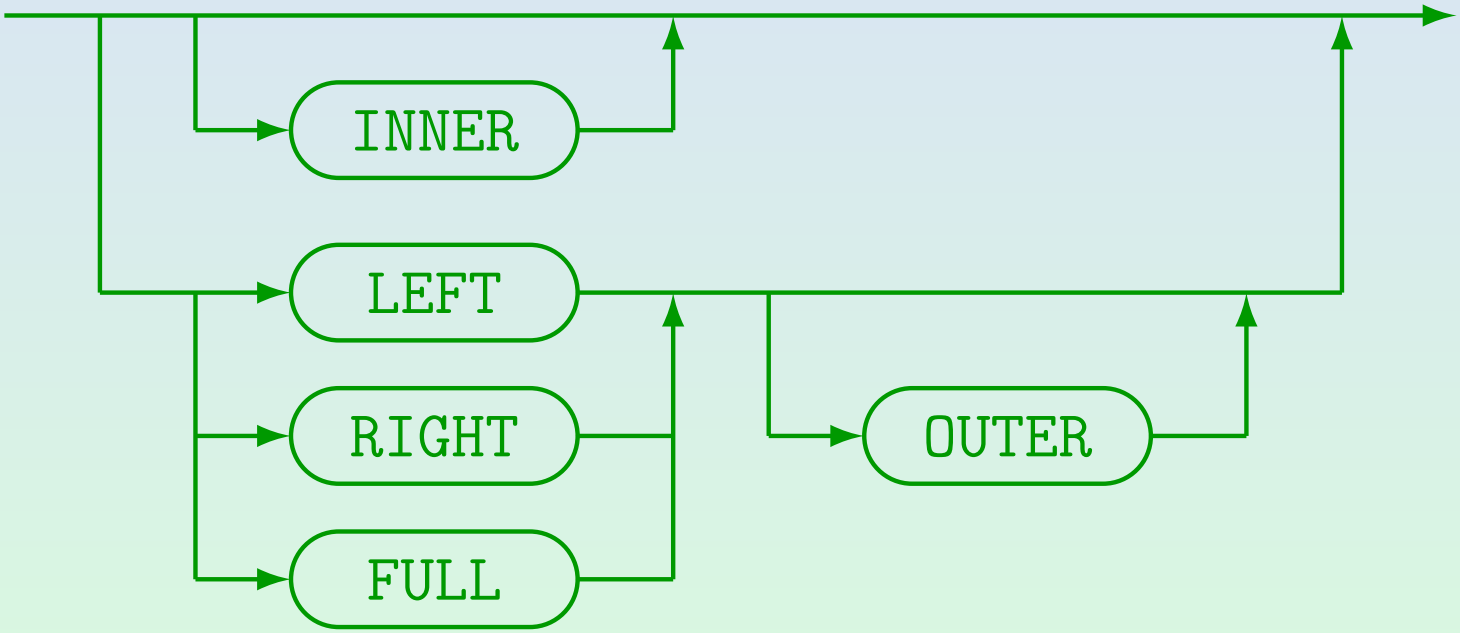
Natural Join:



N-Join:

Verbundsyntax: Formal (6)

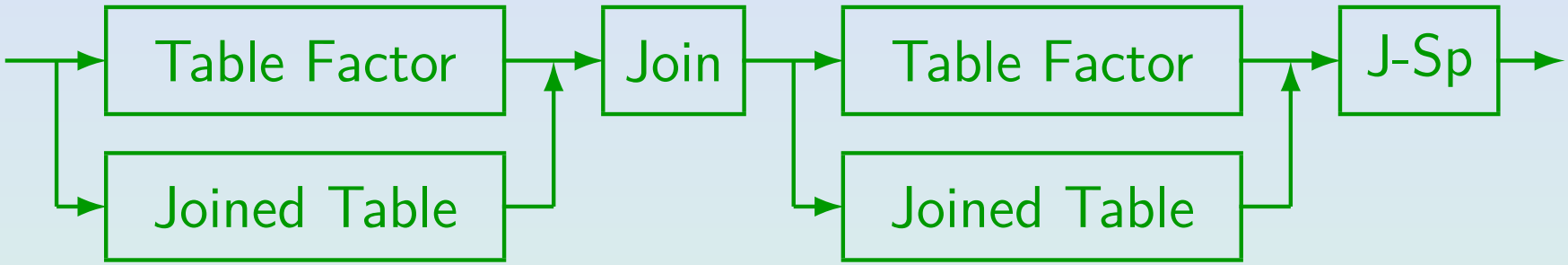
Join Type:



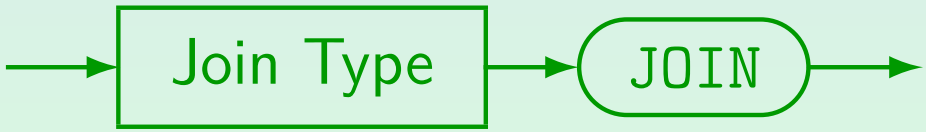
- Der Verbund-Typ ist optional. Wenn kein Typ angegeben ist, wird ein normaler („innerer“) Verbund genommen.

Verbundsyntax: Formal (7)

Qualified Join:



Join:

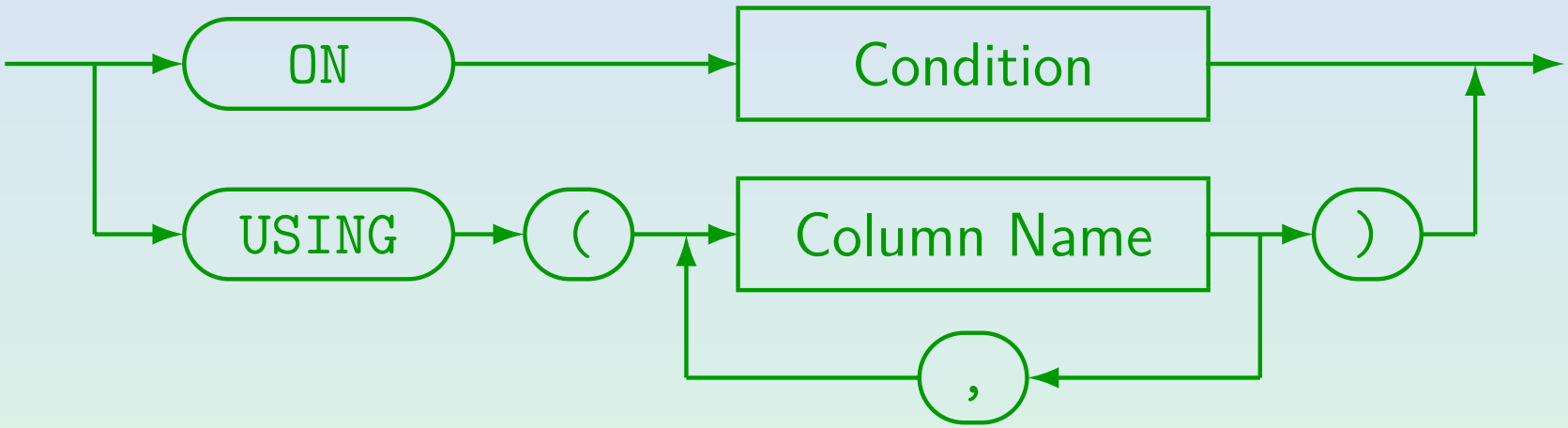


J-Sp („Join Specification“):

- `ON`- oder `USING`-Klausel, siehe nächste Folie.

Verbundsyntax: Formal (8)

J-Sp („Join Specification“):



Äußerer Verbund in Oracle (1)

- In Oracle wird der äußere Verbund traditionell unter `WHERE` spezifiziert (nicht länger nötig ab Version 9i).
- Statt der Bedingung $R.A = S.B$ schreibt man
  - $R.A = S.B(+)$ für den linken äußeren Verbund
  - $R.A(+) = S.B$ für den rechten äußeren Verbund

  D.h. das Zeichen „$(+)$“ wird an die Attribute angehängt, die durch Null ersetzt werden können.

  D.h. dies erhält die Tupel der anderen Tabelle (die nicht mit „(+)“ markiert sind). Viele syntaktische Restriktionen sichern, dass dies wirklich ein äußerer Verbund ist. Wird der Verbund über mehrere Attribute durchgeführt, müssen alle markiert werden. Man kann auch $S.B(+) = c$ mit einer Konstante c schreiben, oder z.B. $R.A = S.B(+)+1$.

Äußerer Verbund in Oracle (2)

- Z.B. Anzahl der Abgaben pro HA (kann 0 sein):

```
SELECT   A.ATYP, A.ANR, COUNT(SID)
FROM     AUFGABEN A, BEWERTUNGEN B
WHERE    A.ATYP = B.ATYP(+) AND A.ANR = B.ANR(+)
GROUP BY A.ATYP, A.ANR
```

- Wie im äußeren Verbund von SQL-92, wird der äußere Verbund durchgeführt, bevor irgendeine andere Bedingung der `WHERE`-Klausel angewandt wird.

  Egal in welcher Reihenfolge die Bedingungen stehen. Aber wie oben gezeigt, kann man eine Unteranfrage unter `FROM` machen, um vor dem äußeren Verbund zu selektieren.