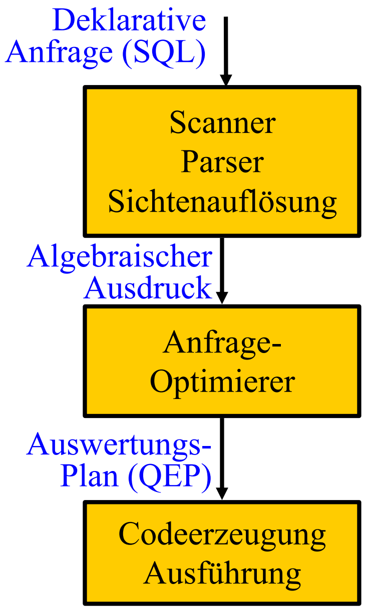
Anfragebearbeitung

- Logische Optimierung
- Physische Optimierung
- (Kostenmodelle
- „Tuning“)

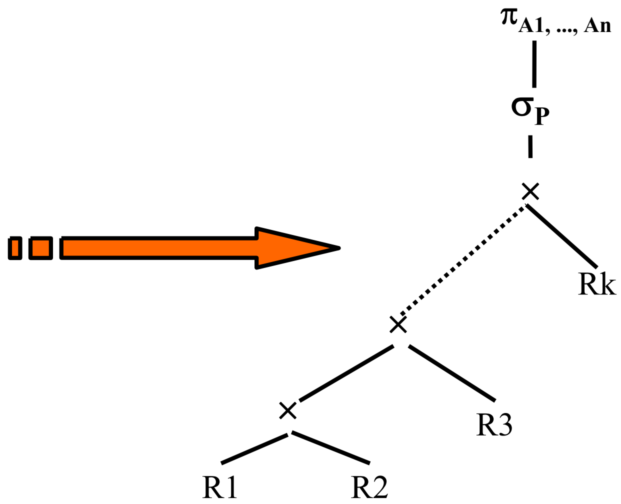
Kapitel 8

Ablauf der Anfrageoptimierung



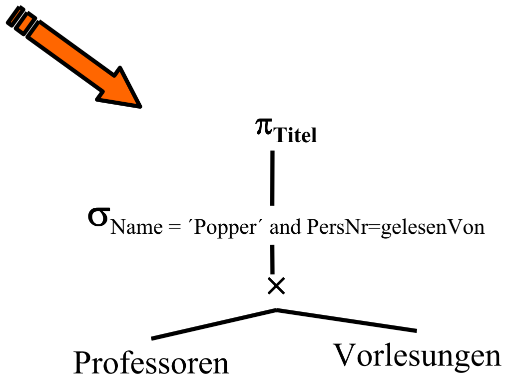
Kanonische Übersetzung

select A1, ..., An
from R1, ..., Rk
where P



Kanonische Übersetzung

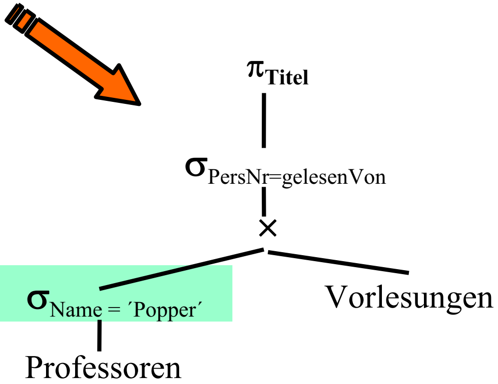
select Titel
from Professoren, Vorlesungen
where Name = ´Popper´ **and**
PersNr = gelesenVon



$\pi_{\text{Titel}}(\sigma_{\text{Name = ´Popper´ and PersNr=gelesenVon}}(\text{Professoren} \times \text{Vorlesungen}))$

Erste Optimierungsidee

select Titel
from Professoren, Vorlesungen
where Name = ´Popper´ **and**
PersNr = gelesenVon



$\pi_{\text{Titel}}(\sigma_{\text{PersNr=gelesenVon}}((\sigma_{\text{Name = ´Popper´}}\ \text{Professoren}) \times \text{Vorlesungen}))$

Optimierung von Datenbank- Anfragen

Grundsätze:

- Sehr hohes Abstraktionsniveau der mengenorientierten Schnittstelle (SQL).
- Sie ist deklarativ, nicht-prozedural, d.h. es wird spezifiziert, was man finden möchte, aber nicht wie.
- Das wie bestimmt sich aus der Abbildung der mengenorientierten Operatoren auf Schnittstellen-Operatoren der internen Ebene (Zugriff auf Datensätze in Dateien, Einfügen/Entfernen interner Datensätze, Modifizieren interner Datensätze).
- Zu einem was kann es zahlreiche wie's geben: effiziente Anfrageauswertung durch Anfrageoptimierung.
- i.Allg. wird aber nicht die optimale Auswertungsstrategie gesucht (bzw. gefunden) sondern eine einigermaßen effiziente Variante
  - Ziel: „avoiding the worst case"

Äquivalenzerhaltende Transformationsregeln

1. Aufbrechen von Konjunktionen im Selektionsprädikat

   $\sigma_{c_1 \wedge c_2 \wedge \ldots \wedge c_n}(R) \equiv \sigma_{c_1}(\sigma_{c_2}(\ldots(\sigma_{c_n}(R))\ldots))$
2. σ ist kommutativ

   $\sigma_{c_1}(\sigma_{c_2}((R)) \equiv \sigma_{c_2}(\sigma_{c_1}((R))$
3. π -Kaskaden: Falls $L_1 \subseteq L_2 \subseteq \ldots \subseteq L_n$, dann gilt

   $\pi_{L_1}(\pi_{L_2}(\ldots(\pi_{L_n}(R))\ldots)) \equiv \pi_{L_1}(R)$
4. Vertauschen von σ und π

   Falls die Selektion sich nur auf die Attribute $A_1, \ldots, A_n$ der Projektionsliste bezieht, können die beiden Operationen vertauscht werden

   $\pi_{A_1, \ldots, A_n}(\sigma_c(R)) \equiv \sigma_c(\pi_{A_1, \ldots, A_n}(R))$
5. $\times$, $\cup$, $\cap$ und $\bowtie$ sind kommutativ

   $R \bowtie_c S \equiv S \bowtie_c R$

Äquivalenzerhaltende Transformationsregeln

6. Vertauschen von σ mit $\bowtie$

   Falls das Selektionsprädikat c nur auf Attribute der Relation R zugreift, kann man die beiden Operationen vertauschen:

   $\sigma_c(R \bowtie_j S) \equiv \sigma_c(R) \bowtie_j S$

   Falls das Selektionsprädikat c eine Konjunktion der Form „$c_1 \wedge c_2$" ist und c_1 sich nur auf Attribute aus R und c_2 sich nur auf Attribute aus S bezieht, gilt folgende Äquivalenz:

   $\sigma_c(R \bowtie_j S) \equiv \sigma_c(R) \bowtie_j (\sigma_{c_2}(S))$

Äquivalenzerhaltende Transformationsregeln

7. Vertauschung von π mit $\bowtie$

Die Projektionsliste L sei: $L = \{A_1,\ldots,A_n, B_1,\ldots,B_m\}$, wobei A_i Attribute aus R und B_i Attribute aus S seien. Falls sich das Joinprädikat c nur auf Attribute aus L bezieht, gilt folgende Umformung:

$$\pi_L(R \bowtie_c S) \equiv (\pi_{A_1,\ldots,A_n}(R)) \bowtie_c (\pi_{B_1,\ldots,B_n}(S))$$

Falls das Joinprädikat sich auf weitere Attribute, sagen wir $A_1', \ldots, A_p'$, aus R und $B_1', \ldots, B_q'$ aus S bezieht, müssen diese für die Join-Operation erhalten bleiben und können erst danach herausprojiziert werden:

$$\pi_L(R \bowtie_c S) \equiv \pi_L(\pi_{A_1,\ldots,A_n,A_1',\ldots,A_n'}(R) \bowtie_c \pi_{B_1,\ldots,B_n,B_1',\ldots,B_n'}(R))$$

Für die $\times$-Operation gibt es kein Prädikat, so dass die Einschränkung entfällt.

Äquivalenzerhaltende Transformationsregeln

8. Die Operationen $\bowtie$, $\times$, $\cup$, $\cap$ sind jeweils (einzeln betrachtet) assoziativ. Wenn also Φ eine dieser Operationen bezeichnet, so gilt:

$$(R \,\Phi\, S)\,\Phi\, T \equiv R\,\Phi(S\,\Phi\,T)$$

9. Die Operation σ ist distributiv mit $\cup$, $\cap$, $-$. Falls Φ eine dieser Operationen bezeichnet, gilt:

$$\sigma_c(R\,\Phi\,S) \equiv (\sigma_c(R))\ \Phi\ (\sigma_c(S))$$

10. Die Operation π ist distributiv mit $\cup$.

$$\pi_c(R \cup S) \equiv (\pi_c(R)) \cup (\pi_c(S))$$

Äquivalenzerhaltende Transformationsregeln

11. Die Join- und/oder Selektionsprädikate können mittels der Regeln von De Morgan umgeformt werden:

$$\neg(c_1 \wedge c_2) \equiv (\neg c_1) \vee (\neg c_2)$$
$$\neg(c_1 \vee c_2) \equiv (\neg c_1) \wedge (\neg c_2)$$

12. Ein kartesisches Produkt, das von einer Selektions-Operation gefolgt wird, deren Selektionsprädikat Attribute aus beiden Operanden des kartesischen Produktes enthält, kann in eine Joinoperation umgeformt werden.

Sei c eine Bedingung der Form $A\ \theta\ B$, mit A ein Attribut von R und B ein Attribut aus S.

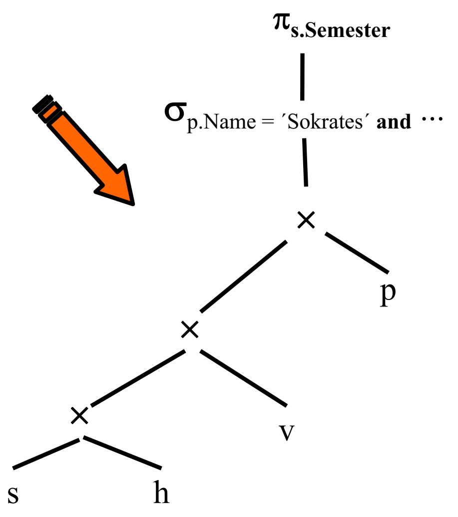
$$\sigma_c(R \times S) \equiv R \bowtie_c S$$

Heuristische Anwendung der Transformationsregeln

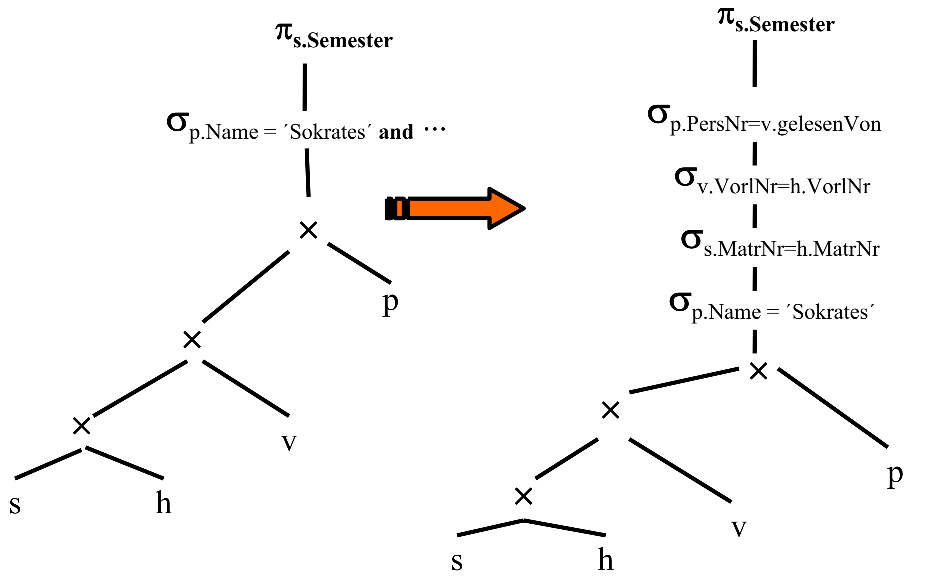
1. Mittels Regel 1 werden konjunktive Selektionsprädikate in Kaskaden von σ-Operationen zerlegt.
2. Mittels Regeln 2, 4, 6, und 9 werden Selektionsoperationen soweit „nach unten" propagiert wie möglich.
3. Mittels Regel 8 werden die Blattknoten so vertauscht, dass derjenige, der das kleinste Zwischenergebnis liefert, zuerst ausgewertet wird.
4. Forme eine $\times$-Operation, die von einer σ-Operation gefolgt wird, wenn möglich in eine $\otimes$-Operation um
5. Mittels Regeln 3, 4, 7, und 10 werden Projektionen soweit wie möglich nach unten propagiert.
6. Versuche Operationsfolgen zusammenzufassen, wenn sie in einem „Durchlauf" ausführbar sind (z.B. Anwendung von Regel 1, Regel 3, aber auch Zusammenfassung aufeinanderfolgender Selektionen und Projektionen zu einer „Filter"-Operation).

Anwendung der Transformationsregeln

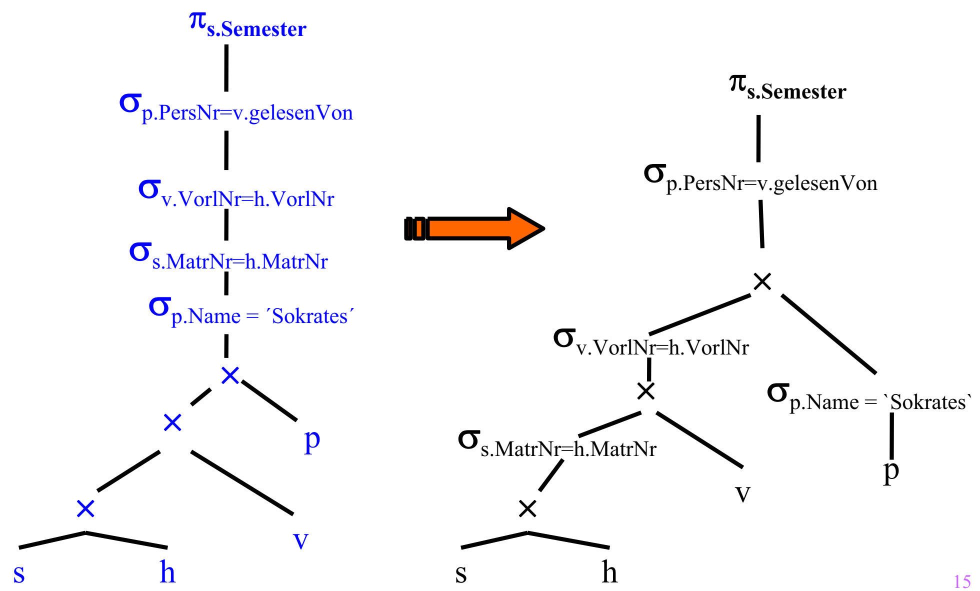
select distinct s.Semester
from Studenten s, hören h
Vorlesungen v, Professoren p
where p.Name = ´Sokrates´ **and**
v.gelesenVon = p.PersNr **and**
v.VorlNr = h.VorlNr **and**
h.MatrNr = s.MatrNr



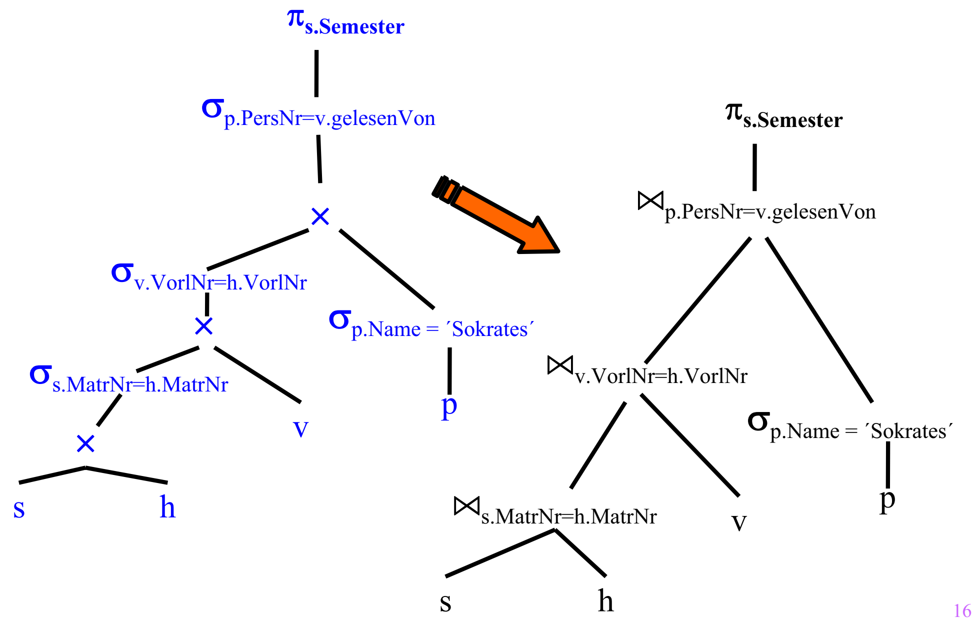
Aufspalten der Selektionsprädikate



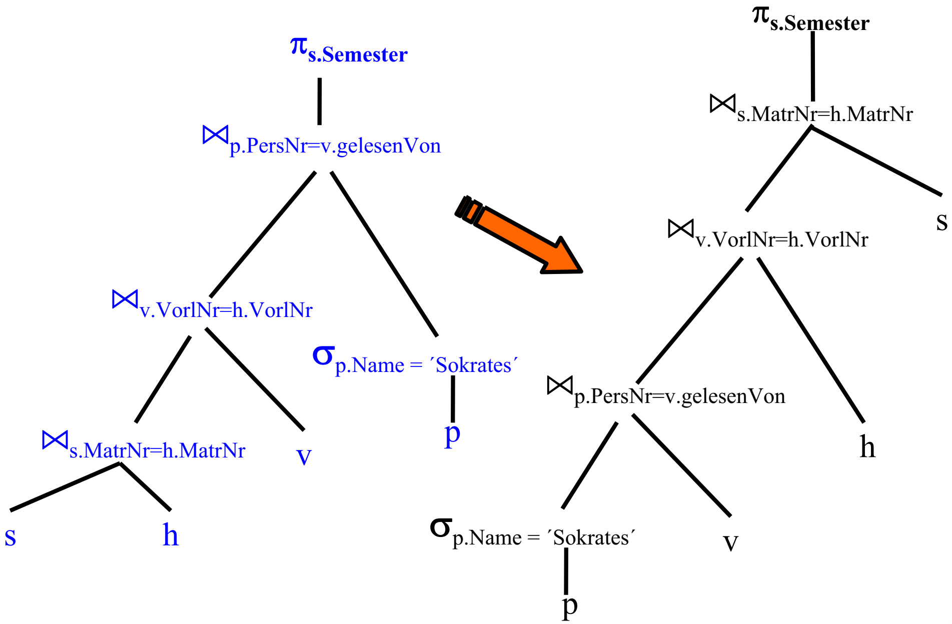
Verschieben der Selektionsprädikate „Pushing Selections“



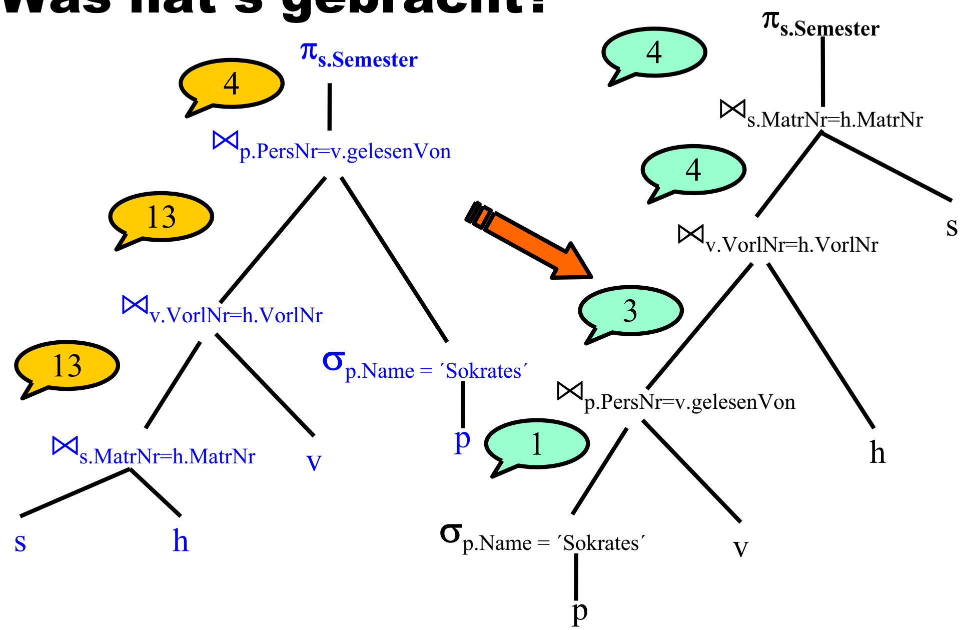
Zusammenfassung von Selektionen und Kreuzprodukten zu Joins



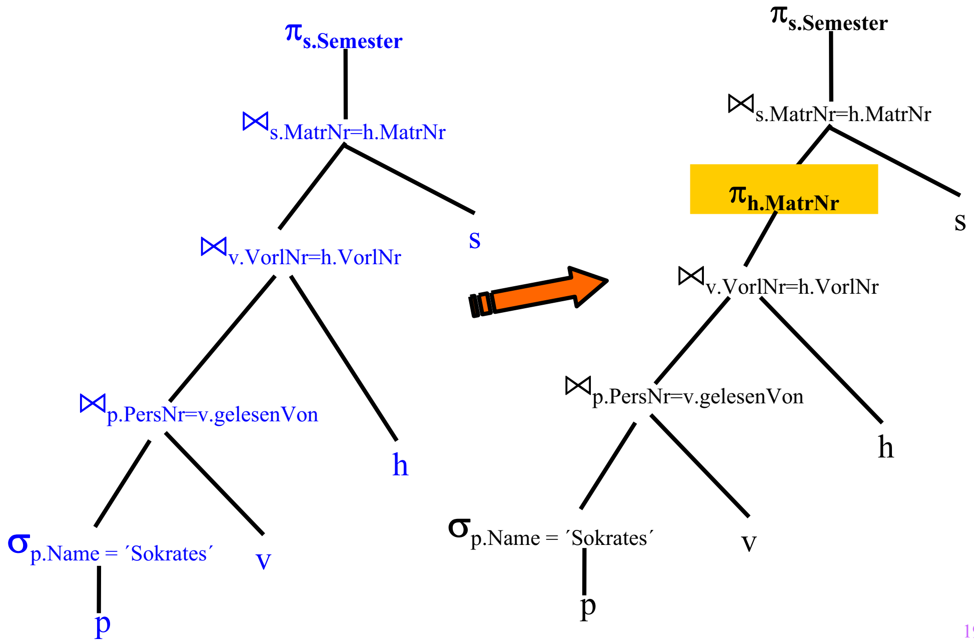
Optimierung der Joinreihenfolge
Kommutativität und Assoziativität ausnutzen



Was hat´s gebracht?



Einfügen von Projektionen



Der natürliche Verbund zweier Relationen R und S

R

A	B	C
a_1	b_1	c_1
a_2	b_2	c_2
a_3	b_3	c_1
a_4	b_4	c_2
a_5	b_5	c_3
a_6	b_6	c_2
a_7	b_7	c_6

$\bowtie$

S

C	D	E
c_1	d_1	e_1
c_3	d_2	e_2
c_4	d_3	e_3
c_5	d_4	e_4
c_7	d_5	e_5
c_8	d_6	e_6
c_5	d_7	e_7

$=$

$R \bowtie S$

A	B	C	D	E
a_1	b_1	c_1	d_1	e_1
a_3	b_3	c_1	d_1	e_1
a_5	b_5	c_3	d_2	e_2

Implementierung der Verbindung: Strategien

J1 nested (inner-outer) loop

- „brute force"-Algorithmus

```
foreach  r ∈ R
  foreach s ∈ S
   if s.B = r.A  then Res := Res ∪ (r ∘ s)
```


iterator NestedLoop$_p$

open

- Öffne die linke Eingabe

next

- Rechte Eingabe geschlossen?
  - Öffne sie
- Fordere rechts solange Tupel an, bis Bedingung p erfüllt ist
- Sollte zwischendurch rechte Eingabe erschöpft sein
  - Schließe rechte Eingabe
  - Fordere nächstes Tupel der linken Eingabe an
  - Starte **next** neu
- Gib den Verbund von aktuellem linken und aktuellem rechte Tupel zurück

close

- Schließe beide Eingabequellen

Implementierung der Verbindung: Strategien

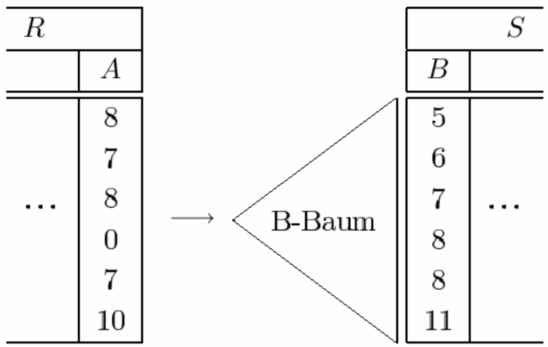
J2 Zugriffsstruktur auf *S*
Index Nested Loop Join

- in jedem Durchlauf von *R* werden nur die in *S* qualifizierenden Tupel gelesen
- dazu ist ein Index auf *B* erforderlich

```
foreach  r ∈ R
   foreach s ∈ S[B=r.A]
         Res := Res ∪ (r ∘ s)
```


Index-Join

Beispiel:



Implementierung der Verbindung: Strategien

J3 Sort-Merge Join

- erfordert zwei Sortierungen
  1. *R* muss nach *A* und
  2. *S* nach *B* sortiert sein
- sehr effizient
- falls *A* oder *B* Schlüsselattribut ist, wird jedes Tupel in *R* und *S* nur genau einmal gelesen

R

…	A
…	5
…	5
…	5
…	6
…	6
…	6
…	7
…	7
…	7

S

B	…
4	…
4	…
4	…
5	…
5	…
6	…
7	…
7	…
7	…
8	…

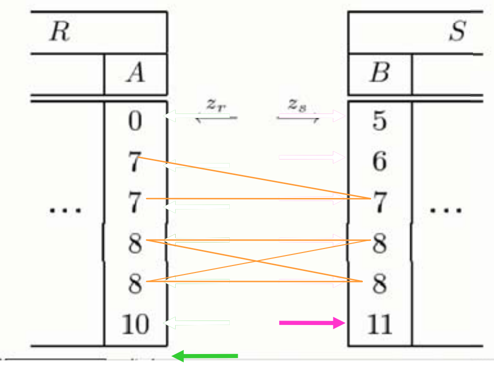
Ergebnis:

…A	B…
…5	5…
…5	5…
…5	5…
…5	5…
…5	5…
…5	5…
…6	6…
…6	6…
…6	6…
…7	7…

Der Merge-Join

- Voraussetzung: *R* und *S* sind sortiert (notfalls vorher sortieren)

Beispiel:



Implementierung der Verbindung: Strategien

J4 Hash-Join

- *R* und *S* werden mittels der gleichen Hashfunktion *h* – angewendet auf *R.A* und *S.B* – auf (dieselben) Hash-Buckets abgebildet
- Hash-Buckets sind i.Allg. auf Hintergrundspeicher (abhängig von der Größe der Relationen)
- Zu verbindende Tupel befinden sich dann im selben Bucket
- Wird (nach praktischen Tests) nur von J3 „geschlagen“, wenn die Relationen schon vorsortiert sind

Implementierung der Verbindung: Strategien

R		*S*	
…	A	B	…
r_1	5	5	s_1
r_2	7	7	s_2
r_3	8	10	s_3
r_4	5	5	s_4