

Datenbank Architektur für Fortgeschrittene

Ausarbeitung 1: Anfrageverarbeitung

Daniel Gürber
Stefan Eggenschwiler

02.05.2013

Inhaltsverzeichnis

1	Vorbereitung	1
1.1	Einleitung	1
1.2	Einrichten Datenbasis	1
2	Statistiken erheben	2
3	Ausführungsplan	2
4	Versuche ohne Index	2
4.1	Projektion	2
4.2	Selektion	3
4.3	Join	5
5	Versuch mit Index	6
5.1	Projektion	6
5.2	Selektion	6
5.3	Join	9
6	Quiz	11
7	Deep Left Join	13
8	Eigene SQL-Abfragen	15
9	Reflexion zur Ausarbeitung	16

1 Vorbereitung

1.1 Einleitung

Diese Ausarbeitung behandelt die Übung „SQL Tuning“. Sie wird Schritt für Schritt gelöst. Gezeigt werden das SQL-Statement und den dazugehörigen Ausführungsplan, der von der Oracle Datenbank generiert wird. Bei nennenswerten Erkenntnissen werden diese unterhalb des Ausführungsplan in einer kurzen Reflexion behandelt. Die Nummerierung im Dokument entspricht dabei der Nummern des Übungsblattes. Um die Übung auszuführen haben wir folgende Verbindungsdaten verwendet:

Connection Name hades11gdbarc03
Username dbarc03
Password ;YouKnowIt;
Role default
Connection Type Basic
Hostname hades.imvs.technik.fhnw.ch
Port 1521
SID ;kein Eintrag;
Service Name hades11g.hades.fhnw.ch

1.2 Einrichten Datenbasis

```
1 CREATE TABLE regions
2 AS SELECT *
3   FROM dbarc00.regions;
4
5 CREATE TABLE nations
6 AS SELECT *
7   FROM dbarc00.nations;
8
9 CREATE TABLE parts
10 AS SELECT *
11   FROM dbarc00.parts;
12
13 CREATE TABLE customers
14 AS SELECT *
15   FROM dbarc00.customers;
16
17 CREATE TABLE suppliers
18 AS SELECT *
19   FROM dbarc00.suppliers;
20
21 CREATE TABLE orders
22 AS SELECT *
23   FROM dbarc00.orders;
24
25 CREATE TABLE partsupps
26 AS SELECT *
27   FROM dbarc00.partsupps;
28
29 CREATE TABLE lineitems
30 AS SELECT *
31   FROM dbarc00.lineitems;
```

2 Statistiken erheben

```
1 BEGIN
2  DBMS_STATS.GATHER_TABLE_STATS('dbarc00','parts');
3 END;
```

Tabelle	Anzahl Zeilen	Grösse in Bytes	Anzahl Blöcke	Anzahl Extents
CUSTOMERS	150000	23850000	3494	43
LINEITEMS	6001215	750151875	109217	186
NATIONS	25	2675	4	1
ORDER	1500000	166500000	24284	95
PARTS	200000	26400000	3859	46
PARTSUPPS	800000	114400000	16650	88
REGIONS	5	480	4	1

3 Ausführungsplan

```
1 EXPLAIN PLAN FOR
2 SELECT *
3 FROM parts;
```

```
1 SELECT plan_table_output
2 FROM TABLE(DBMS_XPLAN.DISPLAY('plan_table',null,'serial'));
```

Id	Operation	Name	Rows	Bytes	Cost (%CPU)	Time
0	SELECT STATEMENT		200K	25M	1051 (1)	00:00:13
1	TABLE ACCESS FULL	PARTS	200K	25M	1051 (1)	00:00:13

Reflexion

Da weder ein Index, noch ein Filterkriterium gesetzt sind, wird die gesamte Tabelle ausgelesen und zurückgegeben.

4 Versuche ohne Index

4.1 Projektion

```
1 EXPLAIN PLAN FOR
2 SELECT *
3 FROM ORDERS;
```

Id	Operation	Name	Rows	Bytes	Cost (%CPU)	Time
0	SELECT STATEMENT		1500K	158M	6610 (1)	00:01:20
1	TABLE ACCESS FULL	ORDERS	1500K	158M	6610 (1)	00:01:20

Reflexion

Da weder ein Index, noch ein Filterkriterium gesetzt sind, wird die gesamte Tabelle ausgelesen und zurückgegeben.

```

1 EXPLAIN PLAN FOR
2 SELECT o_clerk
3 FROM ORDERS;

```

Id	Operation	Name	Rows	Bytes	Cost (%CPU)	Time
0	SELECT STATEMENT		1500K	22M	6607 (1)	00:01:20
1	TABLE ACCESS FULL	ORDERS	1500K	22M	6607 (1)	00:01:20

Reflexion

Da weder ein Index, noch ein Filterkriterium gesetzt sind, wird die gesamte Tabelle ausgelesen, da aber nur die o_clerk Spalte ausgelesen wird, sinkt die Größe von 158 MB auf 22 MB.

```

1 EXPLAIN PLAN FOR
2 SELECT DISTINCT o_clerk
3 FROM ORDERS;

```

Id	Operation	Name	Rows	Bytes	Cost (%CPU)	Time
0	SELECT STATEMENT		1000	16000	6676 (2)	00:01:21
1	HASH UNIQUE		1000	16000	6676 (2)	00:01:21
2	TABLE ACCESS FULL	ORDERS	1500K	22M	6607 (1)	00:01:20

Reflexion

Da weder ein Index, noch ein Filterkriterium gesetzt sind, wird die gesamte Tabelle ausgelesen. Durch das Schlüsselwort DISTINCT wird ein HASH UNIQUE ausgelöst, wodurch die Kosten auf 6676 steigen, die Grösse aber auf 16000 Bytes sinkt.

4.2 Selektion

Exact Point Query

```

1 EXPLAIN PLAN FOR
2 SELECT *
3 FROM orders
4 WHERE o_orderkey=44444;

```

Id	Operation	Name	Rows	Bytes	Cost (%CPU)	Time
0	SELECT STATEMENT		1	111	6602 (1)	00:01:20
* 1	TABLE ACCESS FULL	ORDERS	1	111	6602 (1)	00:01:20

Predicate Information (identified by operation id):

```

1 - filter("O_ORDERKEY"=44444)

```

Reflexion

Da kein Index vorhanden ist, wird die ganze Tabelle ausgelesen und auf o_orderkey gefiltert.

Partial Point Query

```
1 EXPLAIN PLAN FOR
2 SELECT *
3 FROM orders
4 WHERE o_orderkey=44444 OR o_clerk='Clerk#000000286';
```

Id	Operation	Name	Rows	Bytes	Cost	(%CPU)	Time
0	SELECT STATEMENT		1501	162K	6629	(1)	00:01:20
* 1	TABLE ACCESS FULL	ORDERS	1501	162K	6629	(1)	00:01:20

Predicate Information (identified by operation id):

```
1 - filter("O_CLERK"='Clerk#000000286' OR "O_ORDERKEY"=44444)
```

Reflexion

Da kein Index vorhanden ist, wird die ganze Tabelle ausgelesen und auf o_orderkey und o_clerk gefiltert, die zusätzliche Bedingung erhöht die Kosten von 6602 auf 6629.

```
1 EXPLAIN PLAN FOR
2 SELECT *
3 FROM orders
4 WHERE o_orderkey=44444 AND o_clerk='Clerk#000000286';
```

Id	Operation	Name	Rows	Bytes	Cost	(%CPU)	Time
0	SELECT STATEMENT		1	111	6611	(1)	00:01:20
* 1	TABLE ACCESS FULL	ORDERS	1	111	6611	(1)	00:01:20

Predicate Information (identified by operation id):

```
1 - filter("O_ORDERKEY"=44444 AND "O_CLERK"='Clerk#000000286')
```

Reflexion

Da kein Index vorhanden ist, wird die ganze Tabelle ausgelesen und auf o_orderkey und o_clerk gefiltert, die AND Bedingung senkt von die Kosten von 6629 auf 6611 verglichen mit der OR Bedingung.

```
1 EXPLAIN PLAN FOR
2 SELECT *
3 FROM orders
4 WHERE o_orderkey*2=44444 AND o_clerk='Clerk#000000286';
```

Id	Operation	Name	Rows	Bytes	Cost	(%CPU)	Time
0	SELECT STATEMENT		15	1665	6615	(1)	00:01:20
* 1	TABLE ACCESS FULL	ORDERS	15	1665	6615	(1)	00:01:20

Predicate Information (identified by operation id):

```
1 - filter("O_ORDERKEY"*2=44444 AND "O_CLERK"='Clerk#000000286')
```

Reflexion

Da kein Index vorhanden ist, wird die ganze Tabelle ausgelesen und auf o_orderkey und o_clerk gefiltert, die zusätzliche Multiplikation erhöht die Kosten nur um 4.

Range Query

```
1 EXPLAIN PLAN FOR
2 SELECT *
3 FROM orders
4 WHERE o_orderkey BETWEEN 111111 AND 222222
```

Id	Operation	Name	Rows	Bytes	Cost (%CPU)	Time
0	SELECT STATEMENT		27780	3011K	6603 (1)	00:01:20
* 1	TABLE ACCESS FULL	ORDERS	27780	3011K	6603 (1)	00:01:20

Predicate Information (identified by operation id):

```
1 - filter("O_ORDERKEY" <= 222222 AND "O_ORDERKEY" >= 111111)
```

Reflexion

Da kein Index vorhanden ist, wird die ganze Tabelle ausgelesen und auf o_orderkey gefiltert, die Range Query ist nur um 1 teurer als die Abfrage auf den einzelnen Wert. Die Intervallgrösse spielt in diesem Beispiel, abgesehen von der höheren bzw. tieferen Anzahl Bytes keine Rolle.

Partial Range Query

```
1 EXPLAIN PLAN FOR
2 SELECT *
3 FROM orders
4 WHERE o_orderkey BETWEEN 44444 AND 55555
5 AND o_clerk BETWEEN 'Clerk#000000130' AND 'Clerk#000000139'
```

Id	Operation	Name	Rows	Bytes	Cost (%CPU)	Time
0	SELECT STATEMENT		6	666	6611 (1)	00:01:20
* 1	TABLE ACCESS FULL	ORDERS	6	666	6611 (1)	00:01:20

Predicate Information (identified by operation id):

```
1 - filter("O_ORDERKEY" <= 55555 AND "O_CLERK" <= 'Clerk#000000139' AND
"O_ORDERKEY" >= 44444 AND "O_CLERK" >= 'Clerk#000000130')
```

Reflexion

Da kein Index vorhanden ist, wird die ganze Tabelle ausgelesen und auf o_orderkey und o_clerk gefiltert, die Range Query ist nur um 8 teurer als die letzte Abfrage.

4.3 Join

```
1 EXPLAIN PLAN FOR
2 SELECT *
3 FROM orders, customers
4 WHERE o_custkey = c_custkey
5 AND o_orderkey < 100;
```

Id	Operation	Name	Rows	Bytes	Cost (%CPU)	Time
0	SELECT STATEMENT		25	6750	7555 (1)	00:01:31
* 1	HASH JOIN		25	6750	7555 (1)	00:01:31
* 2	TABLE ACCESS FULL	ORDERS	25	2775	6602 (1)	00:01:20
3	TABLE ACCESS FULL	CUSTOMERS	150K	22M	951 (1)	00:00:12

Predicate Information (identified by operation id):

```
1 - access("O_CUSTKEY" = "C_CUSTKEY")
2 - filter("O_ORDERKEY" < 100)
```

Reflexion

Da kein Index vorhanden ist, werden beide Tabellen voll geladen. Die orders Tabelle wird gefiltert und mit Hilfe von custkey word ein HASH JOIN ausgeführt. Die Formulierung mit INNER JOIN spielt

5 Versuch mit Index

```
1 CREATE INDEX o_orderkey_ix ON orders(o_orderkey);
```

```
1 CREATE INDEX o_clerk_ix ON orders(o_clerk);
```

Index Name	Index Grösse	Tabellengrösse in Bytes
o_orderkey_ix	60817408	166500000
o_clerik_ix	96468992	166500000

5.1 Projektion

```
1 EXPLAIN PLAN FOR
2 SELECT DISTINCT o_clerk
3 FROM ORDERS;
```

Id	Operation	Name	Rows	Bytes	Cost (%CPU)	Time
0	SELECT STATEMENT		1000	16000	1615 (5)	00:00:20
1	HASH UNIQUE		1000	16000	1615 (5)	00:00:20
2	INDEX FAST FULL SCAN	O_CLERK_IX	1500K	22M	1546 (1)	00:00:19

Reflexion

Die Verwendung des Index senkt die Kosten dieser abfrage von 6676 auf 1615 (Faktor 4.1).

5.2 Selektion

Exact Point Query

```
1 EXPLAIN PLAN FOR
2 SELECT *
3 FROM ORDERS
4 WHERE o_orderkey=44444
```

Id	Operation	Name	Rows	Bytes	Cost (%CPU)	Time
0	SELECT STATEMENT		1	111	4 (0)	00:00:01
1	TABLE ACCESS BY INDEX ROWID	ORDERS	1	111	4 (0)	00:00:01
* 2	INDEX RANGE SCAN	O_ORDERKEY_IX	1		3 (0)	00:00:01

Predicate Information (identified by operation id):

```
2 - access("O_ORDERKEY "=44444)
```

Reflexion

Die Verwendung des Index senkt die Kosten dieser abfrage von 6602 auf 4 (Faktor 1650).


```

1 EXPLAIN PLAN FOR
2 SELECT /*+ FULL(orders) */ *
3 FROM ORDERS
4 WHERE o_orderkey=44444

```

Id	Operation	Name	Rows	Bytes	Cost (%CPU)	Time
0	SELECT STATEMENT		1	111	6602 (1)	00:01:20
* 1	TABLE ACCESS FULL	ORDERS	1	111	6602 (1)	00:01:20

Predicate Information (identified by operation id):

1 - filter("O_ORDERKEY"=44444)

Reflexion

Wenn ein TABLE ACCESS FULL erzwungen wird, entsprechen die Kosten wieder denen ohne Index.

Partial Point Query

```

1 EXPLAIN PLAN FOR
2 SELECT *
3 FROM orders
4 WHERE o_orderkey=44444 OR o_clerk='Clerk#000000286';

```

Id	Operation	Name	Rows	Bytes	Cost (%CPU)	Time
0	SELECT STATEMENT		1501	162K	336 (0)	00:00:05
1	TABLE ACCESS BY INDEX ROWID	ORDERS	1501	162K	336 (0)	00:00:05
2	BITMAP CONVERSION TO ROWIDS					
3	BITMAP OR					
4	BITMAP CONVERSION FROM ROWIDS					
* 5	INDEX RANGE SCAN	O_CLERK_IX			8 (0)	00:00:01
6	BITMAP CONVERSION FROM ROWIDS					
* 7	INDEX RANGE SCAN	O_ORDERKEY_IX			3 (0)	00:00:01

Predicate Information (identified by operation id):

5 - access("O_CLERK"='Clerk#000000286')

7 - access("O_ORDERKEY"=44444)

Reflexion

Die Verwendung der Indexes senkt die Kosten von 6611 auf 336 (Faktor 19.7) und führt zu BITMAP Operationen.

```

1 EXPLAIN PLAN FOR
2 SELECT *
3 FROM orders
4 WHERE o_orderkey=44444 AND o_clerk='Clerk#000000286';

```

Id	Operation	Name	Rows	Bytes	Cost (%CPU)	Time
0	SELECT STATEMENT		1	111	4 (0)	00:00:01
* 1	TABLE ACCESS BY INDEX ROWID	ORDERS	1	111	4 (0)	00:00:01
* 2	INDEX RANGE SCAN	O_ORDERKEY_IX	1		3 (0)	00:00:01

Predicate Information (identified by operation id):

1 - filter("O_CLERK"='Clerk#000000286')

2 - access("O_ORDERKEY"=44444)

Reflexion

Die Verwendung des Index senkt die Kosten dieser Abfrage von 6611 auf 4 (Faktor 1652.8) und ist somit stärker optimiert als die OR Abfrage.

```

1 EXPLAIN PLAN FOR
2 SELECT *
3 FROM orders
4 WHERE o_orderkey*2=44444 AND o_clerk='Clerk#000000286';

```

Id	Operation	Name	Rows	Bytes	Cost (%CPU)	Time
0	SELECT STATEMENT		15	1665	1464 (1)	00:00:18
* 1	TABLE ACCESS BY INDEX ROWID	ORDERS	15	1665	1464 (1)	00:00:18
* 2	INDEX RANGE SCAN	O_CLERK_IX	1500		8 (0)	00:00:01

Predicate Information (identified by operation id):

```

1 - filter("O_ORDERKEY"*2=44444)
2 - access("O_CLERK"='Clerk#000000286')

```

Reflexion

Die Verwendung des Index senkt die Kosten dieser Abfrage von 6615 auf 1464 (Faktor 4.5) sie ist aber, wegen der Multiplikation, um den Faktor 366 langsamer als die vorherige AND Abfrage, im Gegensatz zum Faktor 1.0006 ohne Index.

Range Query

```

1 EXPLAIN PLAN FOR
2 SELECT *
3 FROM orders
4 WHERE o_orderkey BETWEEN 111111 AND 222222

```

Id	Operation	Name	Rows	Bytes	Cost (%CPU)	Time
0	SELECT STATEMENT		27780	3011K	932 (1)	00:00:12
1	TABLE ACCESS BY INDEX ROWID	ORDERS	27780	3011K	932 (1)	00:00:12
* 2	INDEX RANGE SCAN	O_ORDERKEY_IX	27780		68 (0)	00:00:01

Predicate Information (identified by operation id):

```

2 - access("O_ORDERKEY">=111111 AND "O_ORDERKEY"<=222222)

```

Reflexion

Die Verwendung des Index senkt die Kosten dieser Abfrage von 6603 auf 932 (Faktor 7.1). Wird der Intervall genug gross gewhlt, z.B. 22222222, wird wieder ein TABLE ACCESS FULL ausgefhrt, da der aufwand fr die Index Berechnungen grsser wre.

Partial Range Query

```

1 EXPLAIN PLAN FOR
2 SELECT *
3 FROM orders
4 WHERE o_orderkey BETWEEN 44444 AND 55555
5 AND o_clerk BETWEEN 'Clerk#000000130' AND 'Clerk#000000139'

```

Id	Operation	Name	Rows	Bytes	Cost (%CPU)	Time
0	SELECT STATEMENT		6	666	27 (12)	00:00:01
1	TABLE ACCESS BY INDEX ROWID	ORDERS	6	666	27 (12)	00:00:01
2	BITMAP CONVERSION TO ROWIDS					
3	BITMAP AND					
4	BITMAP CONVERSION FROM ROWIDS					
5	SORT ORDER BY					
* 6	INDEX RANGE SCAN	O_ORDERKEY_IX	2780		9 (0)	00:00:01
7	BITMAP CONVERSION FROM ROWIDS					
8	SORT ORDER BY					
* 9	INDEX RANGE SCAN	O_CLERK_IX	2780		14 (0)	00:00:01

Predicate Information (identified by operation id):

```

6 - access("O_ORDERKEY">=44444 AND "O_ORDERKEY"<=55555)
9 - access("O_CLERK">='Clerk#000000130' AND "O_CLERK"<='Clerk#000000139')

```

Reflexion

Die Verwendung des Index senkt die Kosten dieser Abfrage von 6611 auf 27 (Faktor 244.9), die Verwendung von 2 Filterkriterien führt wieder zu BITMAP Operationen.

5.3 Join

```
1 EXPLAIN PLAN FOR
2 SELECT *
3 FROM orders, customers
4 WHERE o_custkey = c_custkey;
```

Id	Operation	Name	Rows	Bytes	TempSpc	Cost (%CPU)	Time
0	SELECT STATEMENT		1500K	386M		17514 (1)	00:03:31
* 1	HASH JOIN		1500K	386M	24M	17514 (1)	00:03:31
2	TABLE ACCESS FULL	CUSTOMERS	150K	22M		951 (1)	00:00:12
3	TABLE ACCESS FULL	ORDERS	1500K	158M		6610 (1)	00:01:20

Predicate Information (identified by operation id):

```
1 - access("O_CUSTKEY"="C_CUSTKEY")
```

Reflexion

In diesem Statement wird auf beide Tabellen TABLE ACCESS FULL ausgeführt, die gesetzten Indexes haben keinen Einfluss auf den Ausführungsplan.

```
1 EXPLAIN PLAN FOR
2 SELECT *
3 FROM orders, customers
4 WHERE o_custkey = c_custkey
5 AND o_orderkey < 100;
```

Id	Operation	Name	Rows	Bytes	Cost (%CPU)	Time
0	SELECT STATEMENT		25	6750	957 (1)	00:00:12
* 1	HASH JOIN		25	6750	957 (1)	00:00:12
2	TABLE ACCESS BY INDEX ROWID	ORDERS	25	2775	4 (0)	00:00:01
* 3	INDEX RANGE SCAN	O_ORDERKEY_IX	25		3 (0)	00:00:01
4	TABLE ACCESS FULL	CUSTOMERS	150K	22M	951 (1)	00:00:12

Predicate Information (identified by operation id):

```
1 - access("O_CUSTKEY"="C_CUSTKEY")
3 - access("O_ORDERKEY"<100)
```

Reflexion

Die Verwendung des Index senkt die Kosten dieser Abfrage von 7555 auf 957 (Faktor 7.9).

```
1 CREATE INDEX c_custkey_ix ON customers(c_custkey);
```

```
1 EXPLAIN PLAN FOR
2 SELECT *
3 FROM orders, customers
4 WHERE o_custkey = c_custkey;
```

Id	Operation	Name	Rows	Bytes	TempSpc	Cost (%CPU)	Time
0	SELECT STATEMENT		1500K	386M		17514 (1)	00:03:31
* 1	HASH JOIN		1500K	386M	24M	17514 (1)	00:03:31
2	TABLE ACCESS FULL	CUSTOMERS	150K	22M		951 (1)	00:00:12
3	TABLE ACCESS FULL	ORDERS	1500K	158M		6610 (1)	00:01:20

Predicate Information (identified by operation id):

```
1 - access("O_CUSTKEY"="C_CUSTKEY")
```

Reflexion

Auf diese Abfrage hat das setzen des Indexes keinen Einfluss.

Erzwingen eines Nested Loop Joins:

```
1 EXPLAIN PLAN FOR
2 SELECT /*+ USE_NL (o c) */ *
3 FROM orders o, customers c
4 WHERE o_custkey = c_custkey;
```

Id	Operation	Name	Rows	Bytes	Cost (%CPU)	Time
0	SELECT STATEMENT		1500K	386M	3007K (1)	10:01:34
1	NESTED LOOPS					
2	NESTED LOOPS		1500K	386M	3007K (1)	10:01:34
3	TABLE ACCESS FULL	ORDERS	1500K	158M	6610 (1)	00:01:20
* 4	INDEX RANGE SCAN	C_CUSTKEY_IX	1		1 (0)	00:00:01
5	TABLE ACCESS BY INDEX ROWID	CUSTOMERS	1	159	2 (0)	00:00:01

Predicate Information (identified by operation id):

```
4 - access("O_CUSTKEY"="C_CUSTKEY")
```

Reflexion

Das Erzwingen des NESTED LOOPS führt zwar zur Verwendung des Index, steigert aber die Kosten auf von 17514 auf 3007K.

Erzwingen eines Nicht-Hash Joins:

```
1 EXPLAIN PLAN FOR
2 SELECT /*+ NO_USE_HASH (o c) */ *
3 FROM orders o, customers c
4 WHERE o_custkey = c_custkey;
```

Id	Operation	Name	Rows	Bytes	TempSpc	Cost (%CPU)	Time
0	SELECT STATEMENT		1500K	386M		50568 (1)	00:10:07
1	MERGE JOIN		1500K	386M		50568 (1)	00:10:07
2	SORT JOIN		150K	22M	52M	6202 (1)	00:01:15
3	TABLE ACCESS FULL	CUSTOMERS	150K	22M		951 (1)	00:00:12
* 4	SORT JOIN		1500K	158M	390M	44366 (1)	00:08:53
5	TABLE ACCESS FULL	ORDERS	1500K	158M		6610 (1)	00:01:20

Predicate Information (identified by operation id):

```
4 - access("O_CUSTKEY"="C_CUSTKEY")
  filter("O_CUSTKEY"="C_CUSTKEY")
```

Reflexion

Das Erzwingen des NESTED LOOPS führt nicht zur Verwendung des Index, und steigert aber die Kosten auf von 17514 auf 50568.

6 Quiz

```
1 EXPLAIN PLAN FOR
2 SELECT count(*)
3 FROM parts, partsupps, lineitems
4 WHERE p_partkey=ps_partkey
5 AND ps_partkey=l_partkey
6 AND ps_suppkey=l_suppkey
7 AND ((ps_partkey = 5 AND p_type = 'MEDIUM ANODIZED BRASS')
8 OR (ps_partkey = 5 AND p_type = 'MEDIUM BRUSHED COPPER'));
```

Ausgangslage:

Id	Operation	Name	Rows	Bytes	Cost (%CPU)	Time
0	SELECT STATEMENT		1	45	35577 (2)	00:07:07
1	SORT AGGREGATE		1	45		
* 2	HASH JOIN		4	180	35577 (2)	00:07:07
* 3	HASH JOIN		4	144	5872 (6)	00:01:11
* 4	TABLE ACCESS FULL	PARTSUPPS	4	36	4525 (1)	00:00:55
* 5	TABLE ACCESS FULL	PARTS	2667	72009	1052 (1)	00:00:13
6	TABLE ACCESS FULL	LINEITEMS	6001K	51M	29675 (1)	00:05:57

Predicate Information (identified by operation id):

```
2 - access("PS_PARTKEY"="L_PARTKEY" AND "PS_SUPPKEY"="L_SUPPKEY")
3 - access("P_PARTKEY"="PS_PARTKEY")
   filter("PS_PARTKEY"=5 AND "P_TYPE"='MEDIUM ANODIZED BRASS' OR
         "PS_PARTKEY"=5 AND "P_TYPE"='MEDIUM BRUSHED COPPER')
4 - filter("PS_PARTKEY"=5)
```

Auf ps_partkey wird gefiltert:

```
1 CREATE INDEX ps_partkey_ix ON partsupps(ps_partkey);
```

Id	Operation	Name	Rows	Bytes	Cost (%CPU)	Time
0	SELECT STATEMENT		1	45	31055 (2)	00:06:13
1	SORT AGGREGATE		1	45		
* 2	HASH JOIN		4	180	31055 (2)	00:06:13
* 3	HASH JOIN		4	144	1350 (23)	00:00:17
4	TABLE ACCESS BY INDEX ROWID	PARTSUPPS	4	36	4 (0)	00:00:01
* 5	INDEX RANGE SCAN	PS_PARTKEY_IX	4		3 (0)	00:00:01
* 6	TABLE ACCESS FULL	PARTS	2667	72009	1052 (1)	00:00:13
7	TABLE ACCESS FULL	LINEITEMS	6001K	51M	29675 (1)	00:05:57

Predicate Information (identified by operation id):

```
2 - access("PS_PARTKEY"="L_PARTKEY" AND "PS_SUPPKEY"="L_SUPPKEY")
3 - access("P_PARTKEY"="PS_PARTKEY")
   filter("PS_PARTKEY"=5 AND "P_TYPE"='MEDIUM ANODIZED BRASS' OR "PS_PARTKEY"=5 AND
         "P_TYPE"='MEDIUM BRUSHED COPPER')
```

Tabelle partsubs wird jetzt mit dem Index gescannt, Kosten von 35577 auf 31055 gesenkt.
Auf p_type wird gefiltert:

```
1 CREATE INDEX p_type_ix ON parts(p_type);
```

Id	Operation	Name	Rows	Bytes	Cost (%CPU)	Time
0	SELECT STATEMENT		1	45	29885 (1)	00:05:59
1	SORT AGGREGATE		1	45		
* 2	HASH JOIN		4	180	29885 (1)	00:05:59
3	NESTED LOOPS					
4	NESTED LOOPS		4	144	180 (0)	00:00:03
5	TABLE ACCESS BY INDEX ROWID	PARTSUPPS	4	36	4 (0)	00:00:01
* 6	INDEX RANGE SCAN	PS_PARTKEY_IX	4		3 (0)	00:00:01
7	BITMAP CONVERSION TO ROWIDS					
8	BITMAP AND					
9	BITMAP OR					
10	BITMAP CONVERSION FROM ROWIDS					
* 11	INDEX RANGE SCAN	P_TYPE_IX			8 (0)	00:00:01
12	BITMAP CONVERSION FROM ROWIDS					
* 13	INDEX RANGE SCAN	P_TYPE_IX			8 (0)	00:00:01
14	BITMAP OR					
15	BITMAP CONVERSION FROM ROWIDS					
* 16	INDEX RANGE SCAN	P_TYPE_IX			8 (0)	00:00:01
17	BITMAP CONVERSION FROM ROWIDS					
* 18	INDEX RANGE SCAN	P_TYPE_IX			8 (0)	00:00:01
* 19	TABLE ACCESS BY INDEX ROWID	PARTS	1	27	180 (0)	00:00:03
20	TABLE ACCESS FULL	LINEITEMS	6001K	51M	29675 (1)	00:05:57

Predicate Information (identified by operation id):

2 - access("PS_PARTKEY"="L_PARTKEY" AND "PS_SUPPKEY"="L_SUPPKEY")
6 - access("PS_PARTKEY"=5)
11 - access("P_TYPE"='MEDIUM ANODIZED BRASS')
13 - access("P_TYPE"='MEDIUM BRUSHED COPPER')
16 - access("P_TYPE"='MEDIUM ANODIZED BRASS')
18 - access("P_TYPE"='MEDIUM BRUSHED COPPER')
19 - filter("P_PARTKEY"="PS_PARTKEY" AND ("PS_PARTKEY"=5 AND "P_TYPE"='MEDIUM ANODIZED

Tabelle parts wird jetzt mit dem Index gescannt, Kosten von 31055 auf 29885 gesenkt.
Auf l_partkey_ix wird gejoined:

```
1 CREATE INDEX l_partkey_ix ON lineitems(l_partkey);
```

Id	Operation	Name	Rows	Bytes	Cost (%CPU)	Time
0	SELECT STATEMENT		1	45	308 (0)	00:00:04
1	SORT AGGREGATE		1	45		
2	NESTED LOOPS					
3	NESTED LOOPS		4	180	308 (0)	00:00:04
4	NESTED LOOPS		4	144	180 (0)	00:00:03
5	TABLE ACCESS BY INDEX ROWID	PARTSUPPS	4	36	4 (0)	00:00:01
* 6	INDEX RANGE SCAN	PS_PARTKEY_IX	4		3 (0)	00:00:01
* 7	TABLE ACCESS BY INDEX ROWID	PARTS	1	27	180 (0)	00:00:03
8	BITMAP CONVERSION TO ROWIDS					
9	BITMAP AND					
10	BITMAP OR					
11	BITMAP CONVERSION FROM ROWIDS					
* 12	INDEX RANGE SCAN	P_TYPE_IX			8 (0)	00:00:01
13	BITMAP CONVERSION FROM ROWIDS					
* 14	INDEX RANGE SCAN	P_TYPE_IX			8 (0)	00:00:01
15	BITMAP OR					
16	BITMAP CONVERSION FROM ROWIDS					
* 17	INDEX RANGE SCAN	P_TYPE_IX			8 (0)	00:00:01
18	BITMAP CONVERSION FROM ROWIDS					
* 19	INDEX RANGE SCAN	P_TYPE_IX			8 (0)	00:00:01
* 20	INDEX RANGE SCAN	L_PARTKEY_IX	30		2 (0)	00:00:01
* 21	TABLE ACCESS BY INDEX ROWID	LINEITEMS	1	9	32 (0)	00:00:01

Predicate Information (identified by operation id):

6 - access("PS_PARTKEY"=5)
7 - filter("P_PARTKEY"="PS_PARTKEY" AND ("PS_PARTKEY"=5 AND "P_TYPE"='MEDIUM ANODIZED BRASS' OR "PS_PARTKEY"=5 AND "P_TYPE"='MEDIUM BRUSHED COPPER'))
12 - access("P_TYPE"='MEDIUM ANODIZED BRASS')
14 - access("P_TYPE"='MEDIUM BRUSHED COPPER')
17 - access("P_TYPE"='MEDIUM ANODIZED BRASS')
19 - access("P_TYPE"='MEDIUM BRUSHED COPPER')
20 - access("PS_PARTKEY"="L_PARTKEY")
21 - filter("PS_SUPPKEY"="L_SUPPKEY")

Tabelle lineitems wird jetzt mit dem Index gescannt, Kosten von 29885 auf 308 gesenkt. Die Kosten wurden im gesamten von 35577 auf 308 gesenkt (Faktor 115.5).

7 Deep Left Join

```
1 SELECT *
2 FROM orders, lineitems, partsupp, parts
3 WHERE orders.o_orderkey = lineitems.l_orderkey
4 AND lineitems.l_suppkey = partsupp.ps_suppkey
5 AND partsupp.ps_partkey = parts.p_partkey;
```

Id	Operation	Name	Rows	Bytes	TempSpc	Cost (%CPU)	Time
0	SELECT STATEMENT		482M	229G		9176K (1)	30:35:13
* 1	HASH JOIN		482M	229G	27M	9176K (1)	30:35:13
2	TABLE ACCESS FULL	PARTS	200K	25M		1051 (1)	00:00:13
* 3	HASH JOIN		486M	171G	118M	168K (2)	00:33:39
4	TABLE ACCESS FULL	PARTSUPPS	800K	109M		4526 (1)	00:00:55
* 5	HASH JOIN		6086K	1369M	175M	84027 (1)	00:16:49
6	TABLE ACCESS FULL	ORDERS	1500K	158M		6610 (1)	00:01:20
7	TABLE ACCESS FULL	LINEITEMS	6001K	715M		29752 (1)	00:05:58

Predicate Information (identified by operation id):

```
1 - access("PARTSUPPS"."PS_PARTKEY"="PARTS"."P_PARTKEY")
3 - access("LINEITEMS"."L_SUPPKEY"="PARTSUPPS"."PS_SUPPKEY")
5 - access("ORDERS"."O_ORDERKEY"="LINEITEMS"."L_ORDERKEY")
```

Nach einigem Suchen konnten wir anhand folgenden Statements einen Bushy Tree erzeugen:
(Quelle: <http://dboptimizer.com/2011/12/09/right-deep-left-deep-and-bushy-joins/>)

```

1 SELECT  *
2 FROM
3 (
4 SELECT /*+ no_merge */ *
5 FROM ORDERS, LIMEITEMS
6 WHERE ORDERS.o_orderkey = LINEITEMS.l_orderkey
7 )
8 ,
9 (
10 SELECT /*+ no_merge */ *
11 FROM PARTSUPPS, PARTS
12 WHERE PARTSUPPS.ps_partkey = PARTS.p_partkey
13 )
14 WHERE l_suppkey = ps_suppkey;

```

Id	Operation	Name	Rows	Bytes	TempSpc	Cost	(%CPU)	Time
0	SELECT STATEMENT		482M	286G		211K	(2)	00:42:23
* 1	HASH JOIN		482M	286G	234M	211K	(2)	00:42:23
2	VIEW		792K	225M		12812	(1)	00:02:34
* 3	HASH JOIN		792K	207M	27M	12812	(1)	00:02:34
4	TABLE ACCESS FULL	PARTS	200K	25M		1051	(1)	00:00:13
5	TABLE ACCESS FULL	PARTSUPPS	800K	109M		4526	(1)	00:00:55
6	VIEW		6086K	1967M		84027	(1)	00:16:49
* 7	HASH JOIN		6086K	1369M	175M	84027	(1)	00:16:49
8	TABLE ACCESS FULL	ORDERS	1500K	158M		6610	(1)	00:01:20
9	TABLE ACCESS FULL	LINEITEMS	6001K	715M		29752	(1)	00:05:58

Predicate Information (identified by operation id):

```

1 - access("L_SUPPKEY"="PS_SUPPKEY")
3 - access("PARTSUPPS"."PS_PARTKEY"="PARTS"."P_PARTKEY")
7 - access("ORDERS"."O_ORDERKEY"="LINEITEMS"."L_ORDERKEY")

```

Reflexion

Beim Vergleichen der beiden Ausführungspläne erkennt man schnell, dass die erste Version eines Deep Left Joins sehr hohe Kosten mit sich bringt. Diese werden v.A. durch das mehrmalige Joinen derselben Tabellen verursacht.

Im zweiten Statement wird durch das Verwenden von Hints eine Reihenfolge erzwungen, in der die Tabellen ge-joined werden sollen und das Mergen wird unterbunden.

Durch den Ausführungsplan sieht man schnell, dass so ein Bushy Tree erstellt wird. Ausserdem merkt man, dass die Kosten um ein Vielfaches geringer sind als beim ersten Statement. (Um den Faktor 43)

Um die Anfrage weiter zu Beschleunigen haben wir folgende Indizes erstellt:

```
1 CREATE INDEX o_orderkey_ix ON orders(o_orderkey);
```

```
1 CREATE INDEX l_orderkey_ix ON lineitems(l_orderkey);
```

```
1 CREATE INDEX l_suppkey_ix ON lineitems(l_suppkey);
```

```
1 CREATE INDEX ps_suppkey_ix ON partsupps(ps_suppkey);
```

```
1 CREATE INDEX ps_partkey_ix ON partsupps(ps_partkey);
```

```
1 CREATE INDEX p_partkey_ix ON parts(p_partkey);
```


Deep Left Join:

Id	Operation	Name	Rows	Bytes	TempSpc	Cost (%CPU)	Time
0	SELECT STATEMENT		482M	229G		9176K (1)	30:35:13
* 1	HASH JOIN		482M	229G	27M	9176K (1)	30:35:13
2	TABLE ACCESS FULL	PARTS	200K	25M		1051 (1)	00:00:13
* 3	HASH JOIN		486M	171G	118M	168K (2)	00:33:39
4	TABLE ACCESS FULL	PARTSUPPS	800K	109M		4526 (1)	00:00:55
* 5	HASH JOIN		6086K	1369M	175M	84027 (1)	00:16:49
6	TABLE ACCESS FULL	ORDERS	1500K	158M		6610 (1)	00:01:20
7	TABLE ACCESS FULL	LINEITEMS	6001K	715M		29752 (1)	00:05:58

Predicate Information (identified by operation id):

```

1 - access("PARTSUPPS"."PS_PARTKEY"="PARTS"."P_PARTKEY")
3 - access("LINEITEMS"."L_SUPPKEY"="PARTSUPPS"."PS_SUPPKEY")
5 - access("ORDERS"."O_ORDERKEY"="LINEITEMS"."L_ORDERKEY")

```

Bushy Tree:

Id	Operation	Name	Rows	Bytes	TempSpc	Cost (%CPU)	Time
0	SELECT STATEMENT		482M	286G		211K (2)	00:42:23
* 1	HASH JOIN		482M	286G	234M	211K (2)	00:42:23
2	VIEW		792K	225M		12812 (1)	00:02:34
* 3	HASH JOIN		792K	207M	27M	12812 (1)	00:02:34
4	TABLE ACCESS FULL	PARTS	200K	25M		1051 (1)	00:00:13
5	TABLE ACCESS FULL	PARTSUPPS	800K	109M		4526 (1)	00:00:55
6	VIEW		6086K	1967M		84027 (1)	00:16:49
* 7	HASH JOIN		6086K	1369M	175M	84027 (1)	00:16:49
8	TABLE ACCESS FULL	ORDERS	1500K	158M		6610 (1)	00:01:20
9	TABLE ACCESS FULL	LINEITEMS	6001K	715M		29752 (1)	00:05:58

Predicate Information (identified by operation id):

```

1 - access("L_SUPPKEY"="PS_SUPPKEY")
3 - access("PARTSUPPS"."PS_PARTKEY"="PARTS"."P_PARTKEY")
7 - access("ORDERS"."O_ORDERKEY"="LINEITEMS"."L_ORDERKEY")

```

Reflexion

Wir haben festgestellt, dass der Oracle Optimizer die Verwendung von Indizes sowohl beim Bushy Tree, als auch beim Left Deep Join unterbunden hat, weswegen die Performance nicht weiter verbessert werden konnte.

8 Eigene SQL-Abfragen

```

1 EXPLAIN PLAN FOR
2 SELECT *
3 FROM lineitems, orders
4 WHERE l_orderkey=o_orderkey
5 AND o_orderkey BETWEEN 100 AND 1000;

```

Ergibt ohne Index folgenden Ausführungsplan:

Id	Operation	Name	Rows	Bytes	Cost (%CPU)	Time
0	SELECT STATEMENT		227	53572	36282 (1)	00:07:16
* 1	HASH JOIN		227	53572	36282 (1)	00:07:16
* 2	TABLE ACCESS FULL	ORDERS	227	25197	6602 (1)	00:01:20
* 3	TABLE ACCESS FULL	LINEITEMS	908	110K	29679 (1)	00:05:57

Predicate Information (identified by operation id):

```

1 - access("L_ORDERKEY"="O_ORDERKEY")
2 - filter("O_ORDERKEY"<=1000 AND "O_ORDERKEY">=100)
3 - filter("L_ORDERKEY"<=1000 AND "L_ORDERKEY">=100)

```

Nun setzen wir je einen Index auf o_orderkey und l_orderkey.

```
1 CREATE INDEX l_orderkey_ix ON lineitems(l_orderkey);
2 CREATE INDEX o_orderkey_ix ON orders(o_orderkey);
```

Id	Operation	Name	Rows	Bytes	Cost (%CPU)	Time
0	SELECT STATEMENT		227	53572	51 (2)	00:00:01
* 1	HASH JOIN		227	53572	51 (2)	00:00:01
2	TABLE ACCESS BY INDEX ROWID	ORDERS	227	25197	11 (0)	00:00:01
* 3	INDEX RANGE SCAN	O_ORDERKEY_IX	227		3 (0)	00:00:01
4	TABLE ACCESS BY INDEX ROWID	LINEITEMS	908	110K	39 (0)	00:00:01
* 5	INDEX RANGE SCAN	L_ORDERKEY_IX	908		5 (0)	00:00:01

Predicate Information (identified by operation id):

```
1 - access("L_ORDERKEY"="O_ORDERKEY")
3 - access("O_ORDERKEY">=100 AND "O_ORDERKEY"<=1000)
5 - access("L_ORDERKEY">=100 AND "L_ORDERKEY"<=1000)
```

Durch Verwendung der Indexes konnten die Kost von 36282 auf 51 gesenkt werden (Faktor 711).

9 Reflexion zur Ausarbeitung

Wir haben im Laufe der Ausarbeitung gesehen, dass Indizes, wenn richtig angewendet, zu teils extremen Kosteneinsparungen führen können.