

Datenbank-Architektur für Fortgeschrittene

Ausarbeitung 1: Anfrageverarbeitung

Thomas Baumann / Egemen Kaba

04. Mai 2013

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Vorbereitung	1
2.1	Einrichten Datenbasis	1
2.2	Tabellenstatistik	2
3	Ausführungsplan	2
4	Versuche ohne Index	2
4.1	Projektion	2
4.2	Selektion	4
4.3	Join	6
5	Versuche mit Index	8
5.1	Projektion	8
5.2	Selektion	9
5.3	Join	12
6	Quiz	14
7	Deep Left Join	15
8	Eigene SQL-Anfrage	22
9	Reflexion	23

1 Einleitung

Die Ausarbeitung haben wir mit folgender Datenbankverbindung ausgeführt.

The screenshot shows the 'Oracle' tab of a database connection configuration window. The 'Verbindungsname' is 'hades11gdbarc01', 'Benutzername' is 'dbarc01', and 'Kennwort' is masked with dots. The 'Kennwort speichern' checkbox is checked. Under the 'Oracle' tab, 'Verbindungstyp' is set to 'Einfach' and 'Rolle' is 'Standard'. The 'Hostname' is 'hades.imvs.technik.fhnw.ch' and 'Port' is '1521'. The 'Service-Name' is 'hades11g.hades.fhnw.ch', which is selected with a radio button. At the bottom, there are three unchecked checkboxes: 'BS-Authentifizierung', 'Kerberos-Authentifizierung', and 'Proxyverbindung'.

2 Vorbereitung

2.1 Einrichten Datenbasis

Die Datenbank haben wir mit folgenden Querys eingerichtet.

SQL-Query

```
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;
```

2.2 Tabellenstatistik

SQL-Query

```
1 SELECT segment_name, bytes, blocks, extents
2 FROM user_segments;
3
4 SELECT table_name, num_rows
5 FROM user_tab_statistics;
```

Folgende Tabellenstatistik haben wir mit den oben genannten Querys erhoben.

Tabelle	Anzahl Zeilen	Grösse in Bytes	Anzahl Blöcke	Anzahl Extents
CUSTOMERS	150'000	29'360'128	3'584	43
LINEITEMS	6'001'215	897'581'056	109'568	178
NATIONS	25	65'536	8	1
ORDERS	1'500'000	201'326'592	24'576	95
PARTS	200'000	32'505'856	3'968	46
PARTSUPPS	800'000	142'606'336	17'408	88
REGIONS	5	65'536	8	1
SUPPLIERS	10'000	2'097'152	256	17

3 Ausführungsplan

SQL-Query

```
1 EXPLAIN PLAN FOR
2 SELECT *
3 FROM parts;
4
5 SELECT plan_table_output
6 FROM TABLE(DBMS_XPLAN.DISPLAY('plan_table',null,'serial'));
```

Ausführungsplan

Id	Operation	Name	Rows	Bytes	Cost (%CPU)	Time
0	SELECT STATEMENT		190K	26M	1051 (1)	00:00:13
1	TABLE ACCESS FULL	PARTS	190K	26M	1051 (1)	00:00:13

Die Tabelle zeigt die einzelnen Schritte des Ausführungsplanes, welche der Optimizer erstellt hat, mit den jeweilig zurückgegebenen Anzahl Zeilen, deren Grösse, die Kosten und Zeit für die Teilschritte. Man kann sich den Ausführungsplan als Baum vorstellen. Die Einrückungen stellen die Knotentiefe dar. Die Kosten für einen Elternknoten werden aus der Summe der Kosten der Kindknoten plus die eigenen Kosten berechnet.

Für die nächsten Aufgaben verwenden wir das obenstehende Statement. Wir haben jeweils das Query ausgetauscht um den Ausführungsplan zu erhalten.

4 Versuche ohne Index

4.1 Projektion

SQL-Query

```
1 SELECT *
2 FROM orders;
```

Ausführungsplan

Id	Operation	Name	Rows	Bytes	Cost (%CPU)	Time
0	SELECT STATEMENT		1579K	209M	6612 (1)	00:01:20
1	TABLE ACCESS FULL	ORDERS	1579K	209M	6612 (1)	00:01:20

Reflexion

Da alle Zeilen und Spalten der Tabelle ausgelesen werden müssen wird hier ein Full Table Scan durchgeführt. Aus der Statistik geht hervor, dass diese Tabelle 1579K Zeilen umfasst, 209MB gross ist und ein Full Table Scan 6612 CPU-Indexpunkte beansprucht.

SQL-Query

```
1 SELECT o_clerk
2 FROM orders;
```

Ausführungsplan

Id	Operation	Name	Rows	Bytes	Cost (%CPU)	Time
0	SELECT STATEMENT		1579K	25M	6608 (1)	00:01:20
1	TABLE ACCESS FULL	ORDERS	1579K	25M	6608 (1)	00:01:20

Reflexion

Es werden wiederum alle Zeile, jedoch nicht alle Spalten ausgelesen. Exakt läuft es so ab, dass zuerst die ganze Tabelle gelesen wird und danach die nicht benötigten Spalten herausgefiltert werden. Das verringert die Anzahl Daten, die gespeichert werden müssen, drastisch von 209MB auf 25MB. Zudem ist die benötigte CPU-Leistung minimal weniger, aufgrund der Reduktion des zu verwaltenden Speichers.

SQL-Query

```
1 SELECT DISTINCT o_clerk
2 FROM orders;
```

Ausführungsplan

Id	Operation	Name	Rows	Bytes	TempSpc	Cost (%CPU)	Time
0	SELECT STATEMENT		1579K	25M		15333 (1)	00:03:04
1	HASH UNIQUE		1579K	25M	36M	15333 (1)	00:03:04
2	TABLE ACCESS FULL	ORDERS	1579K	25M		6608 (1)	00:01:20

Reflexion

Wie beim vorherigen Befehl werden alle Zeilen einer bestimmten Spalte ausgelesen, was wiederum einen Zugriff auf die gesamte Tabelle nötig macht. Zusätzlich zu diesem Aufwand müssen vorangehend alle doppelten Einträge herausgefiltert werden, was die massiv angestiegenen CPU-Kosten bei Id 0 und 1 erklärt. Die zusätzliche Operation mit der Id 1 dient dazu, die doppelten Werte herauszufiltern. Für die Speicherung von Zwischenresultaten wird dabei temporärer Speicher beansprucht.

4.2 Selektion

SQL-Query

```
1 SELECT *
2 FROM orders
3 WHERE o_orderkey = 44444;
```

Ausführungsplan

Id	Operation	Name	Rows	Bytes	Cost (%CPU)	Time
0	SELECT STATEMENT		267	37113	6603 (1)	00:01:20
* 1	TABLE ACCESS FULL	ORDERS	267	37113	6603 (1)	00:01:20

Predicate Information (identified by operation id):

1 - filter("O_ORDERKEY "=44444)

Reflexion

Es soll nur ein Tupel ausgewählt werden (Spalte ist Primary Key), da jedoch kein index besteht, ist nicht bekannt, wo der Eintrag liegt und zusätzlich kann nach dem ersten Fund nicht abgebrochen werden. Deshalb muss wieder ein Full Table Scan durchgeführt werden. Durch die Bedingung wird viel weniger Hauptspeicher benötigt.

SQL-Query

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

Ausführungsplan

Id	Operation	Name	Rows	Bytes	Cost (%CPU)	Time
0	SELECT STATEMENT		267	37113	6631 (1)	00:01:20
* 1	TABLE ACCESS FULL	ORDERS	267	37113	6631 (1)	00:01:20

Predicate Information (identified by operation id):

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

Reflexion

Im Vergleich zum vorherigen Query sind nur die Kosten minimal gestiegen, dies ist auf die zweite Bedingung zurück zu führen.

SQL-Query

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

Ausführungsplan

Id	Operation	Name	Rows	Bytes	Cost (%CPU)	Time
0	SELECT STATEMENT		158	21962	6612 (1)	00:01:20

```
|* 1 | TABLE ACCESS FULL| ORDERS | 158 | 21962 | 6612 (1)| 00:01:20 |
-----
Predicate Information (identified by operation id):
-----
1 - filter("O_ORDERKEY"=44444 AND "O_CLERK"='Clerk#000000286')
```

Reflexion

Durch die AND-verknüpfung muss die zweite Bedingung nur überprüft werden, wenn die Erste erfüllt ist. So sind alle Werte, ausser die Zeit gesunken.

SQL-Query

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

Ausführungsplan

```
-----
| Id | Operation          | Name | Rows | Bytes | Cost (%CPU)| Time     |
-----
| 0 | SELECT STATEMENT   |      | 158 | 21962 | 6616 (1)| 00:01:20 |
|* 1 | TABLE ACCESS FULL| ORDERS | 158 | 21962 | 6616 (1)| 00:01:20 |
-----
Predicate Information (identified by operation id):
-----
1 - filter("O_ORDERKEY"*2=44444 AND "O_CLERK"='Clerk#000000286')
```

Reflexion

Die Werte sind alle genau gleich, wie beim vorherigen Query, obwohl eigentlich eine zusätzliche Operation pro Zeile notwendig ist ($o_orderkey * 2$). Wir vermuten, dass dieses Query vor der Abfrage optimiert wird, besser gesagt, die Berechnung wird vereinfacht, so muss nur eine Operation ausgeführt werden:

```
1 o_orderkey = 22222 AND o_clerk = 'Clerk#000000286'
```

SQL-Query

```
1 SELECT *
2 FROM orders
3 WHERE o_orderkey BETWEEN 111111 AND 222222;
```

Ausführungsplan

```
-----
| Id | Operation          | Name | Rows | Bytes | Cost (%CPU)| Time     |
-----
| 0 | SELECT STATEMENT   |      | 267 | 37113 | 6603 (1)| 00:01:20 |
|* 1 | TABLE ACCESS FULL| ORDERS | 267 | 37113 | 6603 (1)| 00:01:20 |
-----
Predicate Information (identified by operation id):
-----
1 - filter("O_ORDERKEY">=111111 AND "O_ORDERKEY"<=222222)
```

Reflexion

Die Selektion

```
1 column BETWEEN x AND y
```

wird durch folgendes

```
1 column >= x AND column <= y
```

ersetzt. Im Vergleich zum Vorherigen, sind die Anzahl Zeilen und die Speicherbenutzung gestiegen, dies weil mehr Tupel selektiert werden. Hingegen sind die Kosten gesunken, dies ist aus unserer Sicht dadurch zu Begründen, da bei beiden Vergleichen, die gleiche Spalte verwendet wird.

SQL-Query

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

Ausführungsplan

Id	Operation	Name	Rows	Bytes	Cost (%CPU)	Time
0	SELECT STATEMENT		10	1390	6613 (1)	00:01:20
* 1	TABLE ACCESS FULL	ORDERS	10	1390	6613 (1)	00:01:20

Predicate Information (identified by operation id):

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

Reflexion

Auch hier wurden die BETWEEN wieder mit grösser gleich und kleiner gleich ersetzt. Die Resultierende Anzahl Tupel und der benötigte Speicher sind nochmals gesunken. Wohin gegen die Kosten gestiegen sind, da bis zu vier Vergleiche notwendig sind.

4.3 Join

SQL-Query

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

Ausführungsplan

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)
```


Varianten

SQL-Query

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

Ausführungsplan

Id	Operation	Name	Rows	Bytes	Cost (%CPU)	Time
0	SELECT STATEMENT		25	6750	7556 (1)	00:01:31
* 1	HASH JOIN		25	6750	7556 (1)	00:01:31
* 2	TABLE ACCESS FULL	ORDERS	25	2775	6604 (1)	00:01:20
3	TABLE ACCESS FULL	CUSTOMERS	150K	22M	951 (1)	00:00:12

Predicate Information (identified by operation id):

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

SQL-Query

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

Ausführungsplan

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

SQL-Query

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

Ausführungsplan

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

Der Optimizer wählt bei allen Varianten automatisch die Performanteste aus. Somit kann man sagen, dass die Reihenfolge in der WHERE Klausel keine Rolle spielt.

Im Folgenden werden einige Gründe aufgeführt:

Es wird ein Fremdschlüssel von orders und der Primärschlüssel von customers verglichen, dadurch können in beiden Tabellen nicht benötigte Tupel vorab herausgefiltert werden. Dies hat den Vorteil, dass weniger Speicher und CPU für weitere Operationen benötigt werden. Danach werden die restlichen Tupel der Tabelle orders mit der zweiten Bedingung herausgefiltert. Wenn nun die minimalst mögliche Anzahl Tupel erreicht worden sind, wird auf die Tabelle customers zugegriffen und mit der Tabelle orders gejoint.

5 Versuche mit Index

SQL-Query

```
1 SELECT segment_name, bytes
2 FROM user_segments;
```

Index	Grösse in Bytes	Tabellen Grösse in Bytes	Anteil von Index an Tabelle
O_ORDERKEY_IX	30'408'704	201'326'592	15.10%
O_CLERK_IX	48'234'496	201'326'592	23.96%

5.1 Projektion

SQL-Query

```
1 SELECT DISTINCT o_clerk
2 FROM orders;
```

Ausführungsplan

Id	Operation	Name	Rows	Bytes	Cost (%CPU)	Time	
0	SELECT STATEMENT		1000	16000	1622 (5)	00:00:20	
1	HASH UNIQUE		1000	16000	1622 (5)	00:00:20	
2	INDEX FAST FULL SCAN	O_CLERK_IX	1500K	22M	1553 (1)	00:00:19	

Reflexion

Statt dem Full Table Access wird jetzt ein Index Range Scan angewendet. Dadurch können die benötigten Einträge wesentlich schneller gefunden werden. Konkret werden im Vergleich zum Versuch ohne Index über weniger Reihen iteriert, weniger Platz im Memory sowie kein temporärer Speicher mehr benötigt, weniger CPU beansprucht und das Query wird deutlich schneller abgearbeitet.

5.2 Selektion

SQL-Query

```
1 SELECT *
2 FROM orders
3 WHERE o_orderkey = 44444;
```

Ausführungsplan

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

Hier wird selektiv mittels eines Index Range Scan gesucht. Es liefert die Position auf der Disk mittels der ROWID. Anhand dieser ROWID wird wiederum direkt auf die Tabelle zugegriffen.

SQL-Query

```
1 SELECT /*+ FULL(orders) */ *
2 FROM orders
3 WHERE o_orderkey = 44444;
```

Ausführungsplan

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

Der Hint erzwingt einen Full Table Access, was zu einen massiven Anstieg des Ressourcenverbrauchs führt. Der Index wird dabei nicht benutzt.

SQL-Query

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

Ausführungsplan

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

Durch den Zugriff auf Indizes wird auch hier direkt auf die benötigten Tupel zugegriffen. Statt einer werden zwei Indizes verwendet, da die OR-Verknüpfung den Zugriff auf zwei indexierte Spalten verlangt.

SQL-Query

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

Ausführungsplan

	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

Bevor hier der Index Range Scan auf die Spalte orderkey angewendet wird, werden die Einträge nach der Spalte clerk gefiltert. Dies geschieht deswegen, weil ein Tupel Kriterien in zwei Spalten erfüllen muss.

SQL-Query

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

Ausführungsplan

	Id		Operation		Name		Rows		Bytes		Cost (%CPU)		Time	
	0		SELECT STATEMENT				15		1665		1470 (1)		00:00:18	
	* 1		TABLE ACCESS BY INDEX ROWID		ORDERS		15		1665		1470 (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

SQL-Query

```
1 SELECT *
2 FROM orders
3 WHERE o_orderkey BETWEEN 111111 AND 222222;
```

Ausführungsplan

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

Der Optimizer wandelt den BETWEEN-Befehl in zwei mathematische Operationen um. Hier wird der Index Range Scan ausgeführt, weil der Range klein genug gewählt wurde, dass sich die Anzahl IO-Zugriffe noch lohnt.

SQL-Query

```
1 SELECT *
2 FROM orders
3 WHERE o_orderkey BETWEEN 111111 AND 222222123;
```

Ausführungsplan

Id	Operation	Name	Rows	Bytes	Cost (%CPU)	Time
0	SELECT STATEMENT		1472K	155M	6617 (1)	00:01:20
* 1	TABLE ACCESS FULL	ORDERS	1472K	155M	6617 (1)	00:01:20

Predicate Information (identified by operation id):

1 - filter("O_ORDERKEY">=111111 AND "O_ORDERKEY"<=222222123)

Reflexion

Hier wurde nun ein Full Table Scan ausgeführt, weil der Range gross genug gewählt wurde, dass es wegen der vielen IO-Zugriffe nicht mehr lohnt.

SQL-Query

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

Ausführungsplan

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					

	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

Der Ausführungsplan zeigt auf, dass hier die Anwendung von Nested Loops Ressourcentechnisch unsinnig ist. Der Grund liegt darin, dass hier über jedes einzelne Tuppel iteriert werden muss, was nicht nötig wäre.

Im Folgenden wird mittels Hint angegeben, dass kein Hash Join angewendet werden soll. Zudem wird exemplarisch, dass Basisbeispiel der vorherigen Übungen von Kapitel 5.3 verwendet.

SQL-Query

```
1 SELECT /* NO_USE_HASH (orders customers) */
2 FROM orders, customers
3 WHERE o_custkey = c_custkey;
```

Ausführungsplan

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

Wenn der Hash Join nicht verwendet werden darf, wird hier ein Merge Join durchgeführt. Auch hier sind die Kosten höher als beim Hash Join. Der Grund dafür ist, dass zum einen die Tabellen für den Merge zuvor sortiert werden müssen.

6 Quiz

SQL-Query

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

Ausführungsplan

	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)
5 - filter("P_TYPE"='MEDIUM ANODIZED BRASS' OR "P_TYPE"='MEDIUM BRUSHED COPPER')

```

Wie aus dem Ausführungsplan ohne Indexes hervorgeht, werden 35577 Kosten verursacht. Diese werden hauptsächlich durch einen Full Table Scan auf LINEITEMS verursacht.

Wie haben danach verschieden indexes eingeführt und sind schliesslich auf folgendes Endergebnis gekommen:

### SQL-Query

```

1 CREATE INDEX p_partkey_ix ON parts(p_partkey);
2 CREATE INDEX ps_partkey_ix ON partsupps(ps_partkey);
3 CREATE INDEX l_partkey_ix ON lineitems(l_partkey);
4 CREATE INDEX ps_suppkey_ix ON partsupps(ps_suppkey);
5 CREATE INDEX l_suppkey_ix ON lineitems(l_suppkey);
6 CREATE INDEX p_type_ix ON parts(p_type);

```

### Ausführungsplan

| Id   | Operation                     | Name          | Rows | Bytes | Cost (%CPU) | Time     |
|------|-------------------------------|---------------|------|-------|-------------|----------|
| 0    | SELECT STATEMENT              |               | 1    | 45    | 52 (0)      | 00:00:01 |
| 1    | SORT AGGREGATE                |               | 1    | 45    |             |          |
| 2    | NESTED LOOPS                  |               | 4    | 180   | 52 (0)      | 00:00:01 |
| 3    | NESTED LOOPS                  |               | 4    | 144   | 12 (0)      | 00:00:01 |
| 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 BY INDEX ROWID   | PARTS         | 1    | 27    | 2 (0)       | 00:00:01 |
| * 7  | INDEX RANGE SCAN              | P_PARTKEY_IX  | 1    |       | 1 (0)       | 00:00:01 |
| 8    | BITMAP CONVERSION COUNT       |               | 1    | 9     | 52 (0)      | 00:00:01 |
| 9    | BITMAP AND                    |               |      |       |             |          |
| 10   | BITMAP CONVERSION FROM ROWIDS |               |      |       |             |          |
| * 11 | INDEX RANGE SCAN              | L_PARTKEY_IX  | 30   |       | 2 (0)       | 00:00:01 |
| 12   | BITMAP CONVERSION FROM ROWIDS |               |      |       |             |          |
| * 13 | INDEX RANGE SCAN              | L_SUPPKEY_IX  | 30   |       | 2 (0)       | 00:00:01 |

Predicate Information (identified by operation id):

- ```

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

```

7 Deep Left Join

Verwendetes Statement, um ein initiales Deep Left Join zu erzeugen:

SQL-Query

```

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

```

Ausführungsplan

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")

Modifiziertes Statement, um ein Bushy Tree zu erzeugen:

SQL-Query

```

1 SELECT *
2 FROM
3 (
4   SELECT /*+ no_merge */ *
5   FROM orders, lineitems
6   WHERE orders.o_orderkey = lineitems.l_orderkey
7 )
8 ,
9 (
10  SELECT /*+ no_merge */ *
11  FROM partsups, parts
12  WHERE partsups.ps_partkey = parts.p_partkey
13 )
14 WHERE l_suppkey = ps_suppkey;

```

Ausführungsplan

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

Im ersten Statement sieht man gut, dass ein Deep Left Join erzeugt wird. Die Kosten sind jedoch extrem hoch. Diese Kosten werden vor allem durch Joins von Tabellen mit bereits gejointen Tabellen verursacht.

Im zweiten Statement wird nun durch Umformulierung und Einfügen von Hints explizit angegeben, in welcher Reihenfolge die Tabellen gejoint und dass diese nicht gemerged werden sollen. Im Ausführungsplan sieht man sehr gut, dass zuerst zwei Views mit jeweils zwei gejointen Tabellen erstellt wird. Anschliessend werden diese beiden View gejoint, was schlussendlich zu einem Bushy-Tree führt. Ebenfalls sind die Kosten massiv gesunken. Konkret um knapp einem Faktor von 40!

Folgende Indizes wurden nun erstellt, um die Anfragen schneller durchlaufen zu lassen:

SQL-Query

```

1 CREATE INDEX o_orderkey_ix ON orders(o_orderkey);
2 CREATE INDEX l_orderkey_ix ON lineitems(l_orderkey);
3 CREATE INDEX l_suppkey_ix ON lineitems(l_suppkey);
4 CREATE INDEX ps_suppkey_ix ON partsups(ps_suppkey);
5 CREATE INDEX ps_partkey_ix ON partsups(ps_partkey);
6 CREATE INDEX p_partkey_ix ON parts(p_partkey);

```

Das Ergebnis bei Left Deep Join:

Ausführungsplan

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")

```

Das Ergebnis bei Bushy Tree:

Ausführungsplan

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

Der Optimizer hatte sowohl bei Left Deep Join als auch beim Bushy Tree die Benutzung von Indizes blockiert. Somit konnte auch kein Performance-Zuwachs feststellen.

Mit den folgenden Statements wurde versucht, einen Fast Full Index-Scan zu erzwingen. Jedoch wurde das vom Optimizer ebenfalls inoriert.

Left Deep Join mit Hint

SQL-Query

```

1 SELECT /**
2     INDEX_FFS(orders O_ORDERKEY_IX)
3     INDEX_FFS(lineitems L_ORDERKEY_IX)
4     INDEX_FFS(lineitems L_SUPPKEY_IX)
5     INDEX_FFS(partsups PS_PARTKEY_IX)
6     INDEX_FFS(partsups PS_SUPPKEY_IX)
7     INDEX_FFS(parts P_PARTKEY_IX)*/ *
8 FROM orders, lineitems, partsups, parts
9 WHERE orders.o_orderkey = lineitems.l_orderkey
10 AND lineitems.l_suppkey = partsups.ps_suppkey
11 AND partsups.ps_partkey = parts.p_partkey;

```

Bushy Tree mit Hint

SQL-Query

```

1 SELECT *
2 FROM
3 (
4 SELECT /** no_merge INDEX_FFS(order O_ORDERKEY_IX) INDEX_FFS(lineitems L_ORDERKEY_IX) */ *
5 FROM orders, lineitems
6 WHERE orders.o_orderkey = lineitems.l_orderkey
7 )
8 ,
9 (
10 SELECT /** no_merge INDEX_FFS(partsups PS_PARTKEY_IX) INDEX_FFS(parts P_PARTKEY_IX) */ *
11 FROM partsups, parts
12 WHERE partsups.ps_partkey = parts.p_partkey
13 )
14 WHERE l_suppkey = ps_suppkey;

```

Folgend wurden einige Versuche unternommen, um Statements zu bilden, wo der Optimizer die Indizes wieder zulässt. Dabei wurden die Spalten geändert, über die gejoint wurde:

SQL-Query

```

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

```

Mit Index

Ausführungsplan

Id	Operation	Name	Rows	Bytes	TempSpc	Cost (%CPU)	Time
0	SELECT STATEMENT		3292K	1604M		170K (1)	00:34:12

	*	1		HASH JOIN				3292K		1604M		175M		170K		(1)		00:34:12	
		2		TABLE ACCESS FULL		ORDERS		1500K		158M				6610		(1)		00:01:20	
	*	3		HASH JOIN				3246K		1238M		218M		92355		(1)		00:18:29	
	*	4		HASH JOIN				800K		209M		27M		12812		(1)		00:02:34	
		5		TABLE ACCESS FULL		PARTS		200K		25M				1051		(1)		00:00:13	
		6		TABLE ACCESS FULL		PARTSUPPS		800K		109M				4526		(1)		00:00:55	
		7		TABLE ACCESS FULL		LINEITEMS		6001K		715M				29752		(1)		00:05:58	

Predicate Information (identified by operation id):

- ```

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

```

Ohne Index

### Ausführungsplan

|  |   |    |  |                   |  |           |  |       |  |       |  |         |  |             |  |          |  |
|--|---|----|--|-------------------|--|-----------|--|-------|--|-------|--|---------|--|-------------|--|----------|--|
|  |   | Id |  | Operation         |  | Name      |  | Rows  |  | Bytes |  | TempSpc |  | Cost (%CPU) |  | Time     |  |
|  |   | 0  |  | SELECT STATEMENT  |  |           |  | 3292K |  | 1604M |  |         |  | 170K (1)    |  | 00:34:12 |  |
|  | * | 1  |  | HASH JOIN         |  |           |  | 3292K |  | 1604M |  | 175M    |  | 170K (1)    |  | 00:34:12 |  |
|  |   | 2  |  | TABLE ACCESS FULL |  | ORDERS    |  | 1500K |  | 158M  |  |         |  | 6610 (1)    |  | 00:01:20 |  |
|  | * | 3  |  | HASH JOIN         |  |           |  | 3246K |  | 1238M |  | 218M    |  | 92355 (1)   |  | 00:18:29 |  |
|  | * | 4  |  | HASH JOIN         |  |           |  | 800K  |  | 209M  |  | 27M     |  | 12812 (1)   |  | 00:02:34 |  |
|  |   | 5  |  | TABLE ACCESS FULL |  | PARTS     |  | 200K  |  | 25M   |  |         |  | 1051 (1)    |  | 00:00:13 |  |
|  |   | 6  |  | TABLE ACCESS FULL |  | PARTSUPPS |  | 800K  |  | 109M  |  |         |  | 4526 (1)    |  | 00:00:55 |  |
|  |   | 7  |  | TABLE ACCESS FULL |  | LINEITEMS |  | 6001K |  | 715M  |  |         |  | 29752 (1)   |  | 00:05:58 |  |

Predicate Information (identified by operation id):

- ```

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

```

SQL-Query

```

1 SELECT *
2 FROM
3 (
4 SELECT /*+ no_merge */ *
5 FROM orders, lineitems
6 WHERE orders.o_orderkey = lineitems.l_orderkey
7 )
8 ,
9 (
10 SELECT /*+ no_merge */ *
11 FROM partsupps, parts
12 WHERE partsupps.ps_suppkey = parts.p_partkey
13 )
14 WHERE lineitems.l_orderkey = partsupps.ps_suppkey;

```

Mit Index

Ausführungsplan

		Id		Operation		Name		Rows		Bytes		TempSpc		Cost (%CPU)		Time	
		0		SELECT STATEMENT				3292K		65M				54044 (1)		00:10:49	
	*	1		HASH JOIN				3292K		65M		25M		54044 (1)		00:10:49	
		2		TABLE ACCESS FULL		ORDERS		1500K		8789K				6599 (1)		00:01:20	
	*	3		HASH JOIN				3246K		46M		16M		41981 (1)		00:08:24	
	*	4		HASH JOIN				800K		7031K		3328K		6351 (1)		00:01:17	
		5		TABLE ACCESS FULL		PARTS		200K		976K				1050 (1)		00:00:13	
		6		TABLE ACCESS FULL		PARTSUPPS		800K		3125K				4523 (1)		00:00:55	

	7		TABLE ACCESS FULL		LINEITEMS		6001K		34M				29663	(1)		00:05:56	

Predicate Information (identified by operation id):																	

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

Ohne Index

Ausführungsplan

	Id		Operation		Name		Rows		Bytes		TempSpc		Cost	(%CPU)		Time	

	0		SELECT STATEMENT				3292K		65M				54044	(1)		00:10:49	
	* 1		HASH JOIN				3292K		65M		25M		54044	(1)		00:10:49	
	2		TABLE ACCESS FULL		ORDERS		1500K		8789K				6599	(1)		00:01:20	
	* 3		HASH JOIN				3246K		46M		16M		41981	(1)		00:08:24	
	* 4		HASH JOIN				800K		7031K		3328K		6351	(1)		00:01:17	
	5		TABLE ACCESS FULL		PARTS		200K		976K				1050	(1)		00:00:13	
	6		TABLE ACCESS FULL		PARTSUPPS		800K		3125K				4523	(1)		00:00:55	
	7		TABLE ACCESS FULL		LINEITEMS		6001K		34M				29663	(1)		00:05:56	

Predicate Information (identified by operation id):																	

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

SQL-Query

```

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

Mit Index

Ausführungsplan

	Id		Operation		Name		Rows		Bytes		TempSpc		Cost	(%CPU)		Time	

	0		SELECT STATEMENT				3292K		65M				17611	(2)		00:03:32	
	* 1		HASH JOIN				3292K		65M		25M		17611	(2)		00:03:32	
	2		INDEX FAST FULL SCAN		O_ORDERKEY_IX		1500K		8789K				965	(2)		00:00:12	
	* 3		HASH JOIN				3246K		46M		16M		11181	(2)		00:02:15	
	* 4		HASH JOIN				800K		7031K		3328K		1360	(2)		00:00:17	
	5		INDEX FAST FULL SCAN		P_PARTKEY_IX		200K		976K				123	(1)		00:00:02	
	6		INDEX FAST FULL SCAN		PS_SUPPKEY_IX		800K		3125K				459	(2)		00:00:06	
	7		INDEX FAST FULL SCAN		L_ORDERKEY_IX		6001K		34M				3854	(2)		00:00:47	

Predicate Information (identified by operation id):																	

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

Ohne Index

Ausführungsplan

	Id		Operation		Name		Rows		Bytes		TempSpc		Cost	(%CPU)		Time	

	0	SELECT STATEMENT		3292K	65M		54044	(1)	00:10:49
	* 1	HASH JOIN		3292K	65M	25M	54044	(1)	00:10:49
	2	TABLE ACCESS FULL	ORDERS	1500K	8789K		6599	(1)	00:01:20
	* 3	HASH JOIN		3246K	46M	16M	41981	(1)	00:08:24
	* 4	HASH JOIN		800K	7031K	3328K	6351	(1)	00:01:17
	5	TABLE ACCESS FULL	PARTS	200K	976K		1050	(1)	00:00:13
	6	TABLE ACCESS FULL	PARTSUPPS	800K	3125K		4523	(1)	00:00:55
	7	TABLE ACCESS FULL	LINEITEMS	6001K	34M		29663	(1)	00:05:56

Predicate Information (identified by operation id):

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

SQL-Query

```

1
2 SELECT o_orderkey, l_orderkey, ps_suppkey, p_partkey
3 FROM
4 (
5 SELECT /** no_merge */ o_orderkey, l_orderkey
6 FROM orders, lineitems
7 WHERE orders.o_orderkey = lineitems.l_orderkey
8 )
9 ,
10 (
11 SELECT /** no_merge */ ps_suppkey, p_partkey
12 FROM partsupps, parts
13 WHERE partsupps.ps_suppkey = parts.p_partkey
14 )
15 WHERE lineitems.l_orderkey = partsupps.ps_suppkey;
```

Mit Index

Ausführungsplan

Id	Operation	Name	Rows	Bytes	TempSpc	Cost (%CPU)	Time			
0	SELECT STATEMENT		3292K	65M		54044	(1)	00:10:49		
* 1	HASH JOIN		3292K	65M	25M	54044	(1)	00:10:49		
2	TABLE ACCESS FULL	ORDERS	1500K	8789K		6599	(1)	00:01:20		
* 3	HASH JOIN		3246K	46M	16M	41981	(1)	00:08:24		
* 4	HASH JOIN		800K	7031K	3328K	6351	(1)	00:01:17		
5	TABLE ACCESS FULL	PARTS	200K	976K		1050	(1)	00:00:13		
6	TABLE ACCESS FULL	PARTSUPPS	800K	3125K		4523	(1)	00:00:55		
7	TABLE ACCESS FULL	LINEITEMS	6001K	34M		29663	(1)	00:05:56		

Predicate Information (identified by operation id):

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

Ohne Index

Ausführungsplan

Id	Operation	Name	Rows	Bytes	TempSpc	Cost (%CPU)	Time			
0	SELECT STATEMENT		3292K	65M		54044	(1)	00:10:49		
* 1	HASH JOIN		3292K	65M	25M	54044	(1)	00:10:49		
2	TABLE ACCESS FULL	ORDERS	1500K	8789K		6599	(1)	00:01:20		
* 3	HASH JOIN		3246K	46M	16M	41981	(1)	00:08:24		
* 4	HASH JOIN		800K	7031K	3328K	6351	(1)	00:01:17		

	5		TABLE ACCESS FULL		PARTS		200K		976K		1050	(1)		00:00:13	
	6		TABLE ACCESS FULL		PARTSUPPS		800K		3125K		4523	(1)		00:00:55	
	7		TABLE ACCESS FULL		LINEITEMS		6001K		34M		29663	(1)		00:05:56	

Predicate Information (identified by operation id):

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

Reflexion

Bei Bushy Trees werden Indizes ignoriert. Einzig bei einem Left Deep Join gelang es, durch Indizes einen Performance-Zuwachs zu erreichen. Bei diesem Versuch wurde darauf geachtet, dass die Spalte, über die auf der linken Seite gejoint wurde, beim nächsten Join wieder verwendet wurde.

8 Eigene SQL-Anfrage

Wir haben zwei neue Tabellen gemäss folgenden Angaben erstellt.

SQL-Query

```

1 CREATE TABLE test1
2 AS SELECT *
3 FROM DBARC00.orders;
4
5 CREATE TABLE test2
6 AS SELECT *
7 FROM DBARC00.orders;
```

Nun haben wir eine eigene SQL-Anfrage mit diesen zwei Tabellen erstellt.

SQL-Query

```

1 SELECT *
2 FROM test1 t1, test2 t2
3 WHERE t1.o_orderkey = t2.o_orderkey
4 AND t1.o_orderkey BETWEEN 2345 AND 2543
5 ORDER BY t1.o_orderkey;
```

Ausführungsplan

Id	Operation	Name	Rows	Bytes	Cost (%CPU)	Time		
0	SELECT STATEMENT		266	73948	13200	(1) 00:02:39		
1	SORT ORDER BY		266	73948	13200	(1) 00:02:39		
* 2	HASH JOIN		266	73948	13199	(1) 00:02:39		
* 3	TABLE ACCESS FULL	TEST2	267	37113	6599	(1) 00:01:20		
* 4	TABLE ACCESS FULL	TEST1	267	37113	6600	(1) 00:01:20		

Predicate Information (identified by operation id):

- 2 - access("T1"."O_ORDERKEY"="T2"."O_ORDERKEY")
- 3 - filter("T2"."O_ORDERKEY">=2345 AND "T2"."O_ORDERKEY"<=2543)
- 4 - filter("T1"."O_ORDERKEY">=2345 AND "T1"."O_ORDERKEY"<=2543)

Da auf den Tabellen kein Index besteht, muss ein Full Tale Scan durchgeführt werden, was die hohen Kosten verursachen. Sowohl das joinen, sortieren wie auch das projizieren verursachen wenig kosten, da das Resultat nur auf wenige Anzahl Zeilen geschätzt wird.

Als Gegenmassnahme haben wir zwei Indexes erstellt, jeweils auf die Spalte, auf die wir selektieren.

SQL-Query

```
1 CREATE INDEX test1_oorderkey_idx ON test1(o_orderkey);
2 CREATE INDEX test2_oorderkey_idx ON test2(o_orderkey);
```

Ausführungsplan

Id	Operation	Name	Rows	Bytes	Cost (%CPU)	Time
0	SELECT STATEMENT		48	13344	11 (10)	00:00:01
1	MERGE JOIN		48	13344	11 (10)	00:00:01
2	TABLE ACCESS BY INDEX ROWID	TEST1	48	6672	5 (0)	00:00:01
* 3	INDEX RANGE SCAN	TEST1_OORDERKEY_IDX	48		3 (0)	00:00:01
* 4	SORT JOIN		48	6672	6 (17)	00:00:01
5	TABLE ACCESS BY INDEX ROWID	TEST2	48	6672	5 (0)	00:00:01
* 6	INDEX RANGE SCAN	TEST2_OORDERKEY_IDX	48		3 (0)	00:00:01

Predicate Information (identified by operation id):

```
3 - access("T1"."O_ORDERKEY">=2345 AND "T1"."O_ORDERKEY"<=2543)
4 - access("T1"."O_ORDERKEY"="T2"."O_ORDERKEY")
   filter("T1"."O_ORDERKEY"="T2"."O_ORDERKEY")
6 - access("T2"."O_ORDERKEY">=2345 AND "T2"."O_ORDERKEY"<=2543)
```

Durch die Indexes werden zwei Index Range Scan durchgeführt, welche viel weniger Kosten verursachen. Auch im Vergleich zur ersten Variante, wird nur eine Tabelle sortiert und nachher erst rejoint. Schlussendlich wird die Projektion ausgeführt.

Dies führt zu einer Kostenersparnis vom Faktor 1200.

9 Reflexion

Wir hatten zuerst Probleme uns auf dem DB-Server anzumelden, da wir unser Passwort nicht wussten. So probierten wir die uns bekannten Passwörter aus, was schliesslich dazu führte, dass unser Benutzername gesperrt wurde, da zu viele Anfragen durchgeführt wurden. Da wir auch keinen SSH-Zugriff auf diesen Server haben, beauftragten wir eine andere Gruppe damit unser Konto zu aktivieren.

SQL-Query

```
1 ALTER USER dbarc01 ACCOUNT UNLOCK;
```

Sie konnten dies jedoch nicht vornehmen, da unsere Benutzer zu wenig Rechte haben. Schlussendlich haben wir dem Dozenten Herrn Wyss geschrieben, dass er uns freischalten könnte. Damit wir trotzdem arbeiten konnten, bis wir Antwort vom Dozenten erhielten, durften wir den Account der Gruppe dbarc03 verwenden.