

db Berater GmbH

Datenbanken - Netzwerke - Beratung Service

### Datenbankoptimierung

### Deep Dive into Indexing

Referent: Uwe Ricken  
db Berater GmbH

**MCSE:** SQL Server 2012  
**MCITP:** SQL Server 2008 Development  
**MCITP:** SQL Server 2008 Administration  
**MCITP:** SQL Server 2005 Administration  
**MCC:** 2011 / 2013

Website: <http://www.db-berater.de>  
Blog: <http://db-berater.blogspot.de>  
Email: [uwe.ricken@db-berater.de](mailto:uwe.ricken@db-berater.de)

SNEK 2 – 13.04.2013 und 14.04.2013  
db Berater GmbH – Uwe Ricken

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

db Berater GmbH

Datenbanken - Netzwerke - Beratung Service

### Agenda

- Heap
  - was ist ein Heap
  - Struktur eines Heap
  - Speicherung von eindeutigen Daten in Heaps
- Clustered Index
  - Was ist ein „Clustered Index“
  - Struktur eines Clustered Index
  - Ideale Datentypen für Clustered Index
  - Schlechte Datentypen für Clustered Index
- NonClustered Index
  - Was ist ein nonclustered Index
  - Struktur eines nonclustered Index
  - INCLUDE Operator
  - FILTER Operator
- Abfragepläne und voll qualifizierte Objektdefinitionen
- SARGable Query
- Multi-Column-Indexe
- Parameter Sniffing
- Plan Guides

SNEK 2 – 13.04.2013 und 14.04.2013  
db Berater GmbH – Uwe Ricken

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

db Berater GmbH

Datenbanken - Netzwerke - Beratung Service

### Indexstrukturen

### Was ist ein Heap

id	index_id = 0	first_lam_page
IAM		
Header	Header	Header
Datenzeilen	Datenzeilen	Datenzeilen

- Ein Heap ist eine Tabelle ohne gruppierten Index.
- Heaps haben eine Zeile in `sys.partitions`, mit `index_id = 0` für jede vom Heap verwendete Partition.
- Standardmäßig verfügt ein Heap über eine einzelne Partition.
- Wenn ein Heap über mehrere Partitionen verfügt, hat jede Partition eine Heapstruktur, in der die Daten für die jeweilige Partition enthalten sind.
- Wenn ein Heap z. B. über vier Partitionen verfügt, gibt es vier Heapstrukturen – jeweils eine in jeder Partition.

Demo

SNEK 2 – 13.04.2013 und 14.04.2013  
db Berater GmbH – Uwe Ricken

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

db Berater GmbH - Uwe Ricken

1

db Berater GmbH

Datenbanken - Netzwerke - Beratung - Service

### Indexstrukturen

#### Was ist ein Clustered Index

- In SQL Server sind Indizes in Form von B-Strukturen aufgebaut. Jede Seite in der B-Struktur eines Indexes wird als **Indexknoten** bezeichnet.
- Der oberste Knoten der B-Struktur wird als Stammknoten (Root) bezeichnet.
- Die Knoten auf der untersten Ebene des Indexes werden als Blattknoten (Leaf) bezeichnet.
- Alle anderen Indexebenen zwischen dem Stamm- und den Blattknoten werden zusammenfassend als Zwischenebenen bezeichnet.
- In einem clustered Index enthalten die Leaf-Level die Datensseiten der zugrunde liegenden Tabelle.**
- Die Root- und B-Tree Nodes enthalten Indexseiten, in denen Indexzeilen enthalten sind.
- Jede Indexzeile enthält einen Schlüsselwert und einen Pointer auf eine Seite im B-Tree oder auf eine Datenzeile im Leaf-Level des Indexes.

Demo

SNEK 2 – 13.04.2013 und 14.04.2013  
db Berater GmbH – Uwe Ricken

---

---

---

---

---

---

---

---

db Berater GmbH

Datenbanken - Netzwerke - Beratung - Service

### Indexstrukturen

#### Was ist ein nonclustered Index

- nonclustered Indizes weisen dieselbe B-Tree-Struktur auf wie gruppierte Indizes, mit Ausnahme der beiden folgenden signifikanten Unterschiede:
  - Die Datenzeilen der zugrunde liegenden Tabelle werden nicht auf der Grundlage ihrer nicht gruppierten Schlüssel sortiert und gespeichert.
  - Die Blattebene eines nicht gruppierten Indexes besteht aus Indexseiten, nicht aus Datenseiten.
- Jede Zeile eines nicht gruppierten Indexes enthält einen nicht gruppierten Schlüsselwert und einen Rowlocator. Dieser Rowlocator zeigt auf die Datenzeile des gruppierten Indexes oder des Heaps mit dem Schlüsselwert.
- Zeilenlokatoren in nonclustered Indexzeilen bestehen entweder aus Zeigern, die auf jeweils eine Zeile zeigen, oder aus einem Schlüssel eines gruppierten Indexes für eine Zeile

Demo

SNEK 2 – 13.04.2013 und 14.04.2013  
db Berater GmbH – Uwe Ricken

---

---

---

---

---

---

---

---

db Berater GmbH

Datenbanken - Netzwerke - Beratung - Service

### Indexstrukturen

#### Nonclustered Index in einem Heap

- In einem HEAP wird ein Systemattribut [RID] = (Random ID) zur Verwaltung der Eindeutigkeit eines Datensatzes verwaltet. Es dient als Verweis zur Datapage im Heap.
- Der KeyHashValue ist ein eindeutiger Hashwert, der aus allen Indexattributen gebildet wird und einen Datenzeile eindeutig in einigen anderen Tools und dmvs repräsentiert.

	Field	Pageld	Row	Level	col1 (key)	HEAP RID (key)	KeyHashValue	Row Size
1	1	10352	0	0	stuff 1	0x0002000001000000	(d1aeeec902304)	112
2	1	10352	1	0	stuff 1	0x0002000001000100	(ba84e5f4ad57)	112
3	1	10352	2	0	stuff 1	0x0002000001000200	(ec1b6d18d40a)	112
4	1	10352	3	0	stuff 1	0x0002000001000300	(873164c75a59)	112
5	1	10352	4	0	stuff 1	0x0002000001000400	(abc4ee81cc19)	112

SNEK 2 – 13.04.2013 und 14.04.2013  
db Berater GmbH – Uwe Ricken

---

---

---

---

---

---

---

---

dbBerater GmbH  
Datenbanken - Netzwerke - Beratung Service

### Indexstrukturen

#### Nonclustered Index in einem clustered Index

- In einem Clustered Index ist IMMER der „Clustered Key zur Verwaltung der Eindeutigkeit eines Datensatzes enthalten. Es dient als Verweis zur Datapage im Clustered Index.
- Der KeyHashValue ist ein eindeutiger Hashwert, der aus allen Indexattributen gebildet wird und einen Datenzeile eindeutig in einigen anderen Tools und dmvs repräsentiert.
- Ist der Index nicht eindeutig (UNIQUE), wird ein UNIQUIFIER zusätzlich gespeichert, um die Indexwerte eindeutig zu definieren.

Field	PageId	Row	Level	col1 (key)	Id (key)	UNIQUIFIER (key)	KeyHashValue	Row Size	
1	1	39601	0	0	stuff 1	1	0	(969d9115ada1)	108
2	1	39601	1	0	stuff 1	2	0	(d5b49e9b201e)	108
3	1	39601	2	0	stuff 1	3	0	(4df3eaf3fd13)	108
4	1	39601	3	0	stuff 1	4	0	(52e680873b61)	108
5	1	39601	4	0	stuff 1	5	0	(caa1f4efe66c)	108
6	1	39601	5	0	stuff 1	6	0	(8989b616bd3)	108
7	1	39601	6	0	stuff 1	7	0	(11cf9f09b6de)	108
8	1	39601	7	0	stuff 1	8	0	(b7a22f89e736)	108

SNEK 2 – 13.04.2013 und 14.04.2013  
db Berater GmbH – Uwe Ricken

---

---

---

---

---

---

---

---

dbBerater GmbH  
Datenbanken - Netzwerke - Beratung Service

### Indexstrukturen

#### clustered Index - Suchverfahren

```
SELECT *  
FROM dbo.tbl_Companies  
WHERE Id = 1234;
```

Demo

Id	Companyname	ContactName	Phone	Fax	Email	InsertPos
3765	...	...	...	...	...	...
3766	ABC GmbH	Uwe Ricken	...	...	...	...

SNEK 2 – 13.04.2013 und 14.04.2013  
db Berater GmbH – Uwe Ricken

---

---

---

---

---

---

---

---

dbBerater GmbH  
Datenbanken - Netzwerke - Beratung Service

### Indexstrukturen

#### nonclustered Index - Suchverfahren

```
SELECT *  
FROM dbo.tbl_Companies WHERE  
Companyname = 'db Berater GmbH';
```

Demo

SNEK 2 – 13.04.2013 und 14.04.2013  
db Berater GmbH – Uwe Ricken

---

---

---

---

---

---

---

---

dbBerater GmbH

Datenbanken - Netzwerke - Beratung Service

### Indexstrukturen

#### Analysewerkzeuge

- Hilfsmittel für die Analyse von Indexen
  - sys.indexes = Liste aller Indexe eines Objekts
  - sys.dm\_db\_index\_physical\_stats = Analyse des Fragmentierungslevels
  - sys.dm\_db\_index\_operational\_stats = Analyse über Aktionen „am“ Index
  - sys.dm\_db\_index\_usage\_stats = Analyse der Verwendung eines Index
  - sys.dm\_db\_database\_page\_allocations = Physikalische Struktur der Pages (SQL 2012!)
  - DBCC IND = sys.dm\_db\_database\_page\_allocations
  - DBCC PAGE = Inhalt einer Datenseite

SNEK 2 – 13.04.2013 und 14.04.2013

db Berater GmbH – Uwe Ricken

---

---

---

---

---

---

---

---

dbBerater GmbH

Datenbanken - Netzwerke - Beratung Service

### Indexstrukturen

#### dmo für die Verwaltung und Analyse von Indexes

- Informationen über JEDEN Index erhält man durch Abfrage der Systemview [sys].[indexes]:  

```
SELECT * FROM sys.indexes WHERE object_id = OBJECT_ID('dbo.tbl_HEAP', 'U');
```

object_id	name	index_id	type	type_desc	is_unique	data_space_id	inrow_data_key	is_stats_key	is_stats_created
1	18099105	NULL	0	0	HEAP	0	1	0	0
2	18099105	in_Bl_Heap_Gat1	2	2	NONCLUSTERED	0	1	0	0

Demo

SNEK 2 – 13.04.2013 und 14.04.2013

db Berater GmbH – Uwe Ricken

---

---

---

---

---

---

---

---

dbBerater GmbH

Datenbanken - Netzwerke - Beratung Service

### Indexstrukturen

#### dmo für die Verwaltung und Analyse von Indexes

- Informationen über Speichervolumen und Grad der Fragmentierung auf allen Levels eines Index erhält man mittels sys.dm\_db\_index\_physical\_stats  

```
SELECT * FROM sys.dm_db_index_physical_stats(db_id(), object_id('dbo.tbl_Clustered'), DEFAULT, DEFAULT, 'DETAILED');
```

index_type_desc	alloc_unit_desc	index_depth	index_level	avg_fragmentation_in_p	fragment_co	avg_fragment_size_in_p	page_count	avg_page_space_used	
1	CLUSTERED INDEX	IN_ROW_DATA	3	0	0.417933130699008	199	26.4522613065327	5364	96.9081418334569
2	CLUSTERED INDEX	IN_ROW_DATA	3	1	0	19	1	19	44.474988880682
3	CLUSTERED INDEX	IN_ROW_DATA	3	2	0	1	1	1	3.0493253101063
4	NONCLUSTERED INDEX	IN_ROW_DATA	3	0	2.99270072992701	216	6.3429525525259	1370	99.1746725686864
5	NONCLUSTERED INDEX	IN_ROW_DATA	3	1	0	39	1	39	49.017642629296
6	NONCLUSTERED INDEX	IN_ROW_DATA	3	2	0	1	1	1	54.4230294046972

SNEK 2 – 13.04.2013 und 14.04.2013

db Berater GmbH – Uwe Ricken

---

---

---

---

---

---

---

---

dbBerater GmbH

Datenbanken • Netzwerke • Beratung • Service

### Indexstrukturen

dmo für die Verwaltung und Analyse von Indexes

- Informationen über die E/A-Aktivitäten (sehr oberflächlich!) und damit zusammenhängende Sperren / Latches / Zugriffsmethoden erhält man mittels `sys.dm_db_index_operational_stats`

```
SELECT * FROM sys.dm_db_index_operational_stats(db_id(),
object_id('dbo.tbl_Clustered'), DEFAULT, DEFAULT, 'DETAILED');
```

base_id	object_id	index_id	partition_number	leaf_insert_count	leaf_delete_count	leaf_update_count	leaf_ghost_count	nonleaf_insert_count
1	1554104577	1	1	100000	0	0	0	5264
2	1554104577	2	1	100000	0	0	0	1370

SNEK 2 – 13.04.2013 und 14.04.2013  
db Berater GmbH – Uwe Ricken

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

dbBerater GmbH

Datenbanken • Netzwerke • Beratung • Service

### Indexstrukturen

dmo für die Verwaltung und Analyse von Indexes

- Informationen über die Verwendung eines Index erhält man mittels `sys.dm_db_index_usage_stats`

```
SELECT *
FROM sys.dm_db_index_usage_stats
WHERE database_id = db_id() AND
object_id = OBJECT_ID('dbo.tbl_Clustered') AND
Index_id = 1;
```

index_id	user_seeks	user_scans	user_lookups	user_updates	last_user_seek	last_user_scan	last_user_lookup	last_user_update
1	2	0	0	100000	NULL	NULL	NULL	2013-03-27 14:51:32.950
2	1	0	1	100000	NULL	2013-03-27 14:51:32.953	NULL	2013-03-27 14:51:32.950

SNEK 2 – 13.04.2013 und 14.04.2013  
db Berater GmbH – Uwe Ricken

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

dbBerater GmbH

Datenbanken • Netzwerke • Beratung • Service

### Indexstrukturen

ideale Datentypen vs. schlechte Datentypen

WICHTIG: Das Schlüsselattribut eines clustered Index ist IMMER Bestandteil eines jeden weiteren non clustered Index!

- Der ideale Datentyp für das Schlüsselattribut eines clustered Index ist
  - klein
  - numerisch
  - fortlaufend
- Debatte über Surrogate Key vs. Natural Key  
<http://db-berater.blogspot.de/2013/03/clustered-primary-key-surrogate-key-vs.html>

SNEK 2 – 13.04.2013 und 14.04.2013  
db Berater GmbH – Uwe Ricken

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

db Berater GmbH

Datenbanken - Netzwerke - Beratung Service

### Indexanalyse

Werkzeuge für die Auswertung von Indexen

SET-Befehl	Beschreibung
SET STATISTICS IO ON / OFF	Informationen zum Umfang der Datenträgeraktivitäten, die durch SQL-Anweisungen generiert werden.
SET STATISTICS PROFILE ON / OFF	Zeigt die Profilinformatonen für eine Anweisung an.
SET STATISTICS TIME ON / OFF	Zeigt an, wie viele Millisekunden zum Analysieren, Kompilieren und Ausführen jeder Anweisung benötigt wurden.
SET STATISTICS XML ON / OFF	Bewirkt, dass Transact-SQL-Anweisungen ausgeführt werden und weitere Informationen zur Ausführung der Anweisungen in Form eines definierten XML-Dokuments generiert werden.

SNEK 2 – 13.04.2013 und 14.04.2013

db Berater GmbH – Uwe Ricken

---

---

---

---

---

---

---

---

db Berater GmbH

Datenbanken - Netzwerke - Beratung Service

### SARGable Abfragen

Verwendung von Indexen

- SARGable = Search ARGumentable
- SARGable Abfragen bezeichnen Abfragen, dessen „Prediction-Werte“ einen Index verwenden können
- Ein Ausdruck ist nicht mehr SARGable, wenn der eigentliche Indexwert durch nondeterministische Funktionen verändert wird
- Bei der Ausführung von Abfragen sollte IMMER der Ausführungsplan überprüft werden, da – LEIDER – Microsoft keine Konstanz in der Auswahl von SARGable Funktionen und non SARGable Funktionen hat.

SNEK 2 – 13.04.2013 und 14.04.2013

db Berater GmbH – Uwe Ricken

---

---

---

---

---

---

---

---

db Berater GmbH

Datenbanken - Netzwerke - Beratung Service

### Parameter Sniffing

Verwendung von Indexen

- SQL Server erstellt beim ersten Aufruf einer Stored Procedure oder eines SQL Statements einen Ausführungsplan und speichert diesen Ausführungsplan in den DMO's ab.
- Der zu speichernde Ausführungsplan wird auf Basis der übergebenen Parameter erstellt!
  - ist es z. B. ein Parameter mit hoher Selektivität, wird unter Umständen ein Key Lookup im Clustered Index verwendet
  - Handelt es sich um einen Parameter mit niedriger Selektivität, wäre ein Nested Loop die bessere Wahl
- Der EINMAL gespeicherte Abfrageplan wird für JEDEN weiteren Parameter verwendet – unabhängig vom Grad der Selektivität!
- Möglichkeit der Neukompilierung mit folgenden Optionen
  - WITH RECOMPILE
  - OPTIMIZE FOR
  - TRACEFLAG 4136 (keine gute Wahl)
  - Verwendung von sp\_executeSQL

SNEK 2 – 13.04.2013 und 14.04.2013

db Berater GmbH – Uwe Ricken

---

---

---

---

---

---

---

---