

Inhalt

Vorwort	35
---------------	----

TEIL I Grundlagen

1 Installation und Aktualisierung von SQL Server 2016	39
--------------------------------------------------------------------	-----------

1.1 Überblick über die verfügbaren SQL-Server-2016-Versionen	39
1.2 Installationsvoraussetzungen	40
1.3 Installation von SQL Server 2016	41
1.4 Installation des Management Studios	49
1.5 Installation der SQL-Server-Beispieldatenbank	51
1.5.1 Behandlung eines möglichen Fehlers während der Installation der Beispieldatenbank	54
1.6 Aktualisierung auf SQL Server 2016	55

2 Datenbankgrundlagen	61
------------------------------------	-----------

2.1 Server und Client	61
2.2 Relationale Datenbanken	62
2.2.1 Struktureller Aufbau von Tabellen	65
2.2.2 Im Zusammenhang mit Tabellen gebräuchliche Fachbegriffe	66
2.2.3 Schlüssel	67
2.2.4 Beziehungsarten	77
2.3 Datenbankmanagementsystem	80
2.4 Integritätsarten	83

3 Logischer Datenbankentwurf 85

3.1 Grundlagen des Datenbankentwurfs	85
3.2 Normalisierungsregeln (Normalformen)	86
3.2.1 Erste Normalform	87
3.2.2 Zweite Normalform	90
3.2.3 Dritte Normalform	91
3.3 Normalisierung in der Praxis	93
3.4 Denormalisierung	96
3.5 Entity-Relationship-Diagramme	97

4 Die Oberfläche von SQL Server 2016 101

4.1 Das SQL Server Management Studio	101
4.1.1 Der Objekt-Explorer	108
4.2 Das Bearbeiten von SQL-Anweisungen im Management Studio	118
4.2.1 Der SQL-Abfrage-Editor	118
4.2.2 Der Ergebnisbereich	125
4.2.3 Der Abfrage-Designer	128
4.3 SQL-Server-Dokumentation und Hilfen zur Programmierung	130
4.3.1 Die SQL-Server-Dokumentation	131
4.3.2 SQL-Server-IntelliSense	132
4.3.3 Der Vorlagen-Explorer	133
4.3.4 Die Skriptgenerierung	136
4.4 Überblick über die SQL-Server-Dienste	138
4.5 Das Dienstprogramm »sqlcmd«	139
4.6 SQL-Server-Integration in die Windows PowerShell	142
4.6.1 Allgemeiner Aufruf der PowerShell	143
4.6.2 Aufruf der PowerShell mit SQL-Server-Integration	144
4.6.3 Zugriff auf SQL Server mit der Windows PowerShell	145
4.6.4 Die SQL-Server-Cmdlets	149

5 Grundlegende Abfragetechniken

153

5.1	Einführung in SQL	153
5.2	SQL-Grundlagen	154
5.2.1	Formatierung	154
5.2.2	Bezeichner	155
5.2.3	Systemdatentypen	156
5.2.4	Informationen zu den Datentypen einer Tabelle	161
5.2.5	Verwendung und Kennzeichnung von Zahlen, Zeichenketten und Datums-/Uhrzeitwerten	162
5.2.6	Kommentare	162
5.3	Grundlegende Operatoren	163
5.3.1	Arithmetische Operatoren	163
5.3.2	Zeichenkettenoperator	164
5.3.3	Vergleichsoperatoren	164
5.3.4	Logische Operatoren	165
5.4	Einfache Abfragen	167
5.4.1	»USE«	167
5.4.2	»SELECT ... FROM«	168
5.4.3	Berechnete Spalten in Abfragen	171
5.4.4	»DISTINCT«	172
5.4.5	»ORDER BY«-Klausel	173
5.4.6	»WHERE«-Klausel	176
5.5	Auswahloperatoren	181
5.5.1	»IS (NOT) NULL«-Auswahloperator	181
5.5.2	»BETWEEN«-Auswahloperator	183
5.5.3	»IN«-Auswahloperator	184
5.5.4	»LIKE«-Auswahloperator	185
5.6	Aggregatfunktionen	189
5.7	Unterabfragen	192
5.7.1	Definition der Werteliste des »IN«-Operators durch eine Unterabfrage	193
5.7.2	Verwendung der Operatoren »ALL« und »ANY« mit Unterabfragen	195
5.7.3	Korrelierte Unterabfragen	197

5.8	Zusammenfassung, Gruppierung und Beschränkung von Abfrageergebnissen	198
5.8.1	Verknüpfung mehrerer Abfrageergebnisse durch »UNION«	198
5.8.2	Beschränkung des Abfrageergebnisses mit »TOP (n)«	199
5.8.3	Seitenweises Abrufen von Datensätzen	202
5.8.4	»GROUP BY«-Klausel	204
5.9	Die Mengen-Operatoren »EXCEPT« und »INTERSECT«	209
5.9.1	Der »EXCEPT«-Operator	210
5.9.2	Der »INTERSECT«-Operator	210
5.10	Ausgaben mit »PRINT« und »SELECT«	211

6 Grundlagen der SQL-Programmierung 213

6.1	Das Stapeltrennzeichen »GO«	213
6.2	(Lokale) Variablen	215
6.2.1	Variablendeklaration	215
6.2.2	Wertezuweisung an eine Variable	216
6.2.3	Kombinierte Deklaration und Wertezuweisung	217
6.2.4	Inkrement und Dekrement	217
6.2.5	Gültigkeitsbereich von Variablen	218
6.2.6	Verwendung von Variablen	219
6.2.7	Lokale und globale Variablen in SQL Server	219
6.2.8	Wertezuweisung an Variablen durch Abfragen	220
6.3	Ablaufsteuerung	223
6.3.1	Blöcke	223
6.3.2	»IF ... ELSE«	224
6.3.3	»IF EXISTS«	226
6.3.4	»DROP IF EXISTS«	228
6.3.5	»WHILE«-Schleife	228
6.3.6	»RETURN«	231
6.3.7	»GOTO«	231
6.3.8	»WAITFOR«	232
6.4	Fallunterscheidungen	233
6.4.1	Die »CASE«-Funktion	234
6.4.2	Die »IIF«-Funktion	239
6.4.3	Die »CHOOSE«-Funktion	240
6.4.4	Die »ISNULL«-Funktion	240

6.5	Funktionen	241
6.5.1	Konfigurationsfunktionen	241
6.5.2	Datums-/Uhrzeitfunktionen	242
6.5.3	Zeichenfolgenfunktionen	248
6.5.4	Mathematische Funktionen	252
6.5.5	Funktionen zur Statusabfrage	252
6.5.6	Konvertierungsfunktionen	253
6.5.7	Formatierung von Ausdrücken mit der »FORMAT«-Funktion	259
6.6	Dynamische SQL-Anweisungen	261
6.6.1	Ausführung dynamischer Anweisungen mit »EXECUTE«	262
6.6.2	Ausführung dynamischer Anweisungen mit »sp_executesql«	262
6.7	Fehler in SQL Server und ihre Behandlung	263
6.7.1	Struktur von Fehlermeldungen in SQL Server	263
6.8	Fehlerbehandlung	266
6.8.1	Fehlerbehandlung mit »TRY« und »CATCH«	266
6.8.2	Funktionen zur Fehlerbehandlung	270
6.8.3	Gegenüberstellung von »TRY ... CATCH« und »@@ERROR«	272
6.8.4	Abbruchverursachende Fehler	275
6.8.5	Erstellung benutzerdefinierter Fehlermeldungen	275
6.8.6	Programmgesteuerte Fehlerauslösung	277
6.8.7	Fehlerauslösung unter Verwendung von Parametern	279
6.8.8	Löschen von benutzerdefinierten Fehlermeldungen	285

7 Mehrtabellenabfragen 287

7.1	Tabellen verknüpfen (»JOIN«-Anweisung)	287
7.1.1	Einbindung zweier Tabellen in die »SELECT«-Anweisung	287
7.1.2	Innere Verknüpfung (»INNER JOIN«)	289
7.1.3	Äußere Verknüpfung (»OUTER JOIN«)	291
7.1.4	Mehrfache »JOIN«-Anweisungen	293
7.1.5	Kreuzverknüpfung (»CROSS JOIN«)	294
7.1.6	Umkehrung der Funktionsweise von »INNER JOIN«	295
7.2	Abfragen unter Verwendung mehrerer Server	296
7.2.1	Vollgekennzeichnete (vollqualifizierte) Namen	296
7.2.2	Einrichtung eines Verbindungsservers	297

8 Erstellen und Ändern von Datenbanken 299

8.1 Erstellen einer einfachen Datenbank	299
8.2 Einfluss der »model«-Datenbank auf das Erstellen neuer Datenbanken	306
8.3 Löschen von Datenbanken	308
8.4 Erstellen einer Datenbank mit mehreren Dateien	308
8.5 Nachträgliche Änderungen an Datenbankdateien	311
8.5.1 Dateien hinzufügen	311
8.5.2 Dateieigenschaften ändern	312
8.5.3 Dateien löschen	313
8.6 Erstellen einer Datenbank mit mehreren Dateigruppen	313
8.7 Datenbanken verkleinern	316
8.8 Datenbankdateien verkleinern	318
8.9 Gespeicherte Systemprozeduren (Stored Procedures) zur Datenbankverwaltung	319
8.10 Datenbank-Momentaufnahmen	320
8.10.1 Erstellen einer Datenbank-Momentaufnahme	320
8.10.2 Interne Verwaltung einer Datenbank-Momentaufnahme	323
8.10.3 Erstellen eines Snapshots für eine Datenbank mit mehreren Datendateien	327
8.10.4 Weitere Informationen zu Momentaufnahmen	328
8.10.5 Datenbank-Momentaufnahme löschen	329
8.11 Transparente Datenverschlüsselung	329
8.11.1 Die Struktur der transparenten Datenverschlüsselung in SQL Server	330

9 Erstellen von Tabellen 333

9.1 Die grundlegende Syntax zur Tabellenerstellung	333
9.1.1 Berechnete Spalten	335
9.1.2 Definition einer Identitätsspalte	336
9.1.3 »SPARSE«-Eigenschaft einer Tabellenspalte	337
9.1.4 Festlegung des physischen Speicherorts	341

9.1.5	Verwendung von FILESTREAM zur Speicherung von Daten im Dateisystem	342
9.2	Tabellen ändern	350
9.2.1	Spalten hinzufügen »ADD«	350
9.2.2	Spalten ändern »ALTER COLUMN«	351
9.2.3	Spalten löschen »DROP COLUMN«	352
9.3	Löschen von Tabellen	352
9.4	Implementierung der Datenintegrität	353
9.4.1	Die Einschränkungsarten im Überblick	353
9.4.2	Definition von Einschränkungen	354
9.4.3	Eigenschaften von Constraints	355
9.4.4	Lösch- und Änderungsweitergabe	359
9.5	Anwendungsbeispiel zu Einschränkungen	360
9.6	Nachträgliche Definition von Einschränkungen	362
9.7	Verwaltung von Einschränkungen	363
9.7.1	Deaktivierung und Aktivierung von Einschränkungen	364
9.7.2	Löschen einer Einschränkung	365
9.8	Temporäre Tabellen	365
9.8.1	Lokale temporäre Tabellen	365
9.8.2	Globale temporäre Tabellen	366
9.9	Partitionierung von Tabellen	367
9.9.1	Erstellung einer Partitionsfunktion	369
9.9.2	Erstellung eines Partitionsschemas	370
9.9.3	Erstellung einer partitionierten Tabelle	372

10 Speicherung von Daten in FileTables 377

10.1	Voraussetzungen für die Verwendung von FileTables	377
10.1.1	Aktivierung von FILESTREAM auf Serverebene	377
10.1.2	Vorhandensein einer Datenbank mit einer FILESTREAM-Dateigruppe und konfiguriertem, nicht transaktionalem Zugriff	378
10.2	Erstellung einer FileTable	380
10.3	Zugriff auf eine FileTable	382
10.4	Sichten zur Abfrage vorhandener FileTables in einer Datenbank	384

11 Verwendung der räumlichen und hierarchischen Datentypen

385

11.1 Räumliche Datentypen	385
11.1.1 Der »geometry«-Datentyp	386
11.1.2 Der »geography«-Datentyp	386
11.1.3 Koordinatenübergabe an räumliche Datentypen	386
11.1.4 Das Klassenmodell räumlicher Datentypen	387
11.1.5 Grundlegende Techniken zur Verwendung räumlicher Datentypen	393
11.1.6 Allgemeine Verwendung räumlicher Datentypen	397
11.1.7 Methoden zur Verarbeitung räumlicher Daten	398
11.1.8 Circular Arcs	408
11.1.9 Beispiel für die Verwertung des »geography«-Datentyps	412
11.1.10 Indizierung von Geodaten	415
11.2 Der hierarchische Datentyp	419
11.2.1 Die Methoden des hierarchischen Datentyps	422

12 Daten verwalten

429

12.1 Grundlegende Befehle zur Datensatzmanipulation	429
12.1.1 Einfügen von Datensätzen mit »INSERT«	429
12.1.2 Daten aktualisieren mit »UPDATE«	434
12.1.3 Löschen von Daten mit »DELETE«	437
12.2 Verwendung des Zeilenkonstruktors	438
12.3 Kombinierte Auswahl-/Einfügeanweisungen	439
12.3.1 »INSERT ... SELECT«	439
12.3.2 »SELECT ... INTO«	440
12.4 Die »MERGE«-Anweisung	441
12.4.1 Grundlagen der »MERGE«-Anweisung	442
12.4.2 Filterung von Datensätzen	445
12.4.3 Die »OUTPUT«-Klausel	447
12.5 Massenkopierprogramme	448
12.5.1 »BULK INSERT«	448
12.5.2 »bcp«	449

13 Benutzerverwaltung und Schemas 451

13.1 Authentifizierung am Server	452
13.1.1 Einrichten eines Logins mit Windows-Authentifizierung	453
13.1.2 Einrichten eines Logins mit SQL-Server-Authentifizierung	454
13.2 Datenbankzugriff erteilen	456
13.3 Zusammenfassung von Benutzern zu Rollen	458
13.3.1 Feste Serverrollen	459
13.3.2 Feste Datenbankrollen	460
13.3.3 Hinzufügen eines Benutzers zu einer Rolle	463
13.4 Rechtevergabe an Benutzer und Rollen	465
13.4.1 Objektberechtigungen	465
13.4.2 Anweisungsberechtigungen	465
13.4.3 SQL-Anweisungen zur Rechtevergabe	467
13.5 Deaktivierung und Aktivierung von Logins und Datenbankbenutzern	471
13.6 Vordefinierte Konten auf Server- und Datenbankebene	473
13.6.1 Das Login »system administrator« (»sa«)	474
13.6.2 Der Datenbankbenutzer »guest«	474
13.7 Schema	476
13.7.1 Objektverwaltung bis SQL Server 2000	477
13.7.2 Objektverwaltung seit SQL Server 2005	478
13.7.3 Erstellen eines Schemas	478
13.7.4 Namensauflösung bei fehlender Schema-Angabe	481

14 Eigenständige Datenbanken 483

14.1 Das Konzept der eigenständigen Datenbanken	483
14.2 Konfiguration des Servers zur Verwendung eigenständiger Datenbanken	483
14.3 Erstellung einer eigenständigen Datenbank	484
14.4 Identifizierung eigenständiger Datenbanken	485
14.5 Besonderheiten der Benutzerverwaltung eigenständiger Datenbanken	486
14.6 Verbindungsaufbau zu einer eigenständigen Datenbank	487

14.7	Konvertierung einer Datenbank in eine eigenständige Datenbank	489
14.7.1	Durchführung der Konvertierung	490
14.7.2	Konvertierung von Benutzern	491
14.7.3	Identifizierung datenbankübergreifender Elemente	491
14.8	Migration einer eigenständigen Datenbank auf einen anderen Server	492
14.8.1	Sicherung einer eigenständigen Datenbank auf dem Quellserver	493
14.8.2	Wiederherstellung einer eigenständigen Datenbank auf dem Zielsever	493

15 Sichten 495

15.1	Einsatz von Sichten	496
15.2	Verwalten von Sichten	498
15.2.1	Erstellen einer Sicht	498
15.2.2	Ändern einer Sicht	499
15.2.3	Löschen einer Sicht	500
15.3	Datenmanipulationsanweisungen auf eine Sicht	500
15.3.1	DML-Anweisungen auf eine Sicht ohne »WHERE«-Klausel	501
15.3.2	DML-Anweisungen auf eine Sicht mit »WHERE«-Klausel	502
15.4	Systemansichten von SQL Server	506
15.4.1	Informationsschemasichten	506
15.4.2	Systemansichten im Schema »sys«	507

16 Programmierung von gespeicherten Prozeduren 509

16.1	Überblick über die Verwendung von gespeicherten Prozeduren in SQL Server	509
16.2	Erstellung und Aufruf von gespeicherten Prozeduren	513
16.2.1	Grundlegende Syntax zu Erstellung einer gespeicherten Prozedur ...	513
16.2.2	Verwendung von Eingabeparametern	515
16.2.3	Die verschiedenen Arten der Parameterübergabe	518
16.2.4	Verweisbezogene Übergabe	520
16.2.5	Verwendung von Ausgabeparametern	522
16.2.6	Verwendung eines Rückgabestatuscodes	526
16.3	Tabellenübergabe an eine gespeicherte Prozedur	530

16.4 Optionen von gespeicherten Prozeduren	532
16.4.1 »ENCRYPTION«	532
16.4.2 »RECOMPILE«	534
16.4.3 »RESULT SETS«	536
16.4.4 »EXECUTE AS«	537

17 Programmierung von benutzerdefinierten Funktionen 539

17.1 Überblick über benutzerdefinierte Funktionen	539
17.2 Skalare Funktionen (Skalarwertfunktionen)	540
17.3 Inlinefunktionen (Tabellenwertfunktionen)	544
17.4 Tabellenwertfunktion mit mehreren Anweisungen	547
17.5 Ändern und Löschen von benutzerdefinierten Funktionen	549
17.5.1 Ändern einer benutzerdefinierten Funktion	549
17.5.2 Löschen einer benutzerdefinierten Funktion	550
17.6 Verwendung des Datentyps »table« als lokale Variable	550
17.6.1 Verwendung von Einschränkungen	552

18 Programmierung und Einsatz von Triggern 555

18.1 DML-Trigger	555
18.1.1 Programmierung von DML-Triggern	557
18.2 DDL-Trigger	576
18.2.1 DDL-Trigger mit Serverbereich	576
18.2.2 DDL-Trigger mit Datenbankbereich	578
18.2.3 Informationen zur Auslösung von DDL-Triggern	580

19 Nachverfolgung von Datenänderungen 583

19.1 Die Möglichkeiten zur Nachverfolgung von Datenänderungen: Change Data Capture und die Änderungsnachverfolgung	583
19.2 Change Data Capture	584
19.2.1 Konfiguration der Datenbank zur Verwendung von Change Data Capture	585

19.2.2	Konfiguration von Change Data Capture zur Überwachung einer Tabelle	586
19.2.3	Die Aufzeichnungsinstanz	589
19.2.4	Verwendung der Abfragefunktionen	591
19.2.5	Zyklische Abfragen	596
19.2.6	Abfragen auf einen Zeitbereich	596
19.2.7	Erstellung von Datetime-Wrapperfunktionen für die Abfrage auf Zeitbereiche	597
19.3	Änderungsnachverfolgung	598

20 Temporal tables 603

20.1	Die Funktionsweise von temporal tables	603
20.2	Erstellung von temporal tables	604
20.2.1	Eine temporal table mit einer automatisch angelegten history table erstellen?	605
20.2.2	Eine temporal table mit Anlegen einer benannten history table erstellen	606
20.2.3	Eine temporal table unter Verwendung einer vorhandenen history table erstellen	607
20.3	Verwaltung der Einträge in der temporal und history table	608
20.4	Abfragen von temporal tables	611
20.4.1	»AS OF«	612
20.4.2	»BETWEEN...AND«	613
20.4.3	»FROM...TO«	614
20.4.4	»CONTAINED IN«	614
20.4.5	»SYSTEM_TIME_ALL«	615
20.5	Löschen von temporal tables	615

21 Dynamische Datenmaskierung 617

21.1	Funktionen zur Maskierung von Spalteninhalten	617
21.2	Beispiel zur Erstellung einer Tabelle mit dynamischer Datenmaskierung	618
21.3	Zugriff auf dynamisch maskierte Spalteninhalte	620

22 Verschlüsselung von Spalten mit Always Encrypted 621

22.1	Voraussetzungen einer Client-Applikation für die Verwendung von Always Encrypted	622
22.2	Beispiel für die Konfiguration von Always Encrypted	622
22.2.1	Anlegen der Beispieltabelle	623
22.2.2	Erstellung des Spaltenhauptschlüssels	623
22.2.3	Erstellung des Spaltenverschlüsselungsschlüssels	625
22.2.4	Verschlüsselung zweier Spalten der Beispieltabelle	626
22.2.5	Abfrage auf die Beispieltabelle	631
22.3	Schlüsselmanagement	632

23 Zeilenbasierte Sicherheit 633

23.1	Das Prinzip der zeilenbasierten Sicherheit	633
23.1.1	Die Filterfunktion	633
23.1.2	Die Sicherheitsrichtlinie	634
23.2	Beispiel für die Implementierung der zeilenbasierten Sicherheit	634
23.2.1	Erstellung der Filterfunktion	636
23.2.2	Sicherheitsrichtlinie mit »FILTER«-Prädikat	636
23.2.3	Sicherheitsrichtlinie mit »BLOCK«-Prädikaten	637

24 Ereignisbenachrichtigungen (Event Notifications) 641

24.1	Konfiguration einer Datenbank zur Nutzung des Service Brokers	642
24.2	Konfiguration des Zieldienstes	643
24.2.1	Einrichtung der Warteschlange	643
24.2.2	Erstellung des Dienstes	643
24.2.3	Einrichtung der Route	644
24.3	Erstellen einer Ereignisbenachrichtigung	645
24.4	Auslösen und Empfangen einer Ereignisbenachrichtigung	646

24.5	Service-Broker-Aktivierung	647
24.5.1	Erstellung der Aktivierungsprozedur	647
24.5.2	Modifizierung der Warteschlange zur Verwendung der internen Aktivierung	650
24.6	Löschen der erstellten Objekte	651

25 Erstellung und Einsatz eines Cursors 653

25.1	Funktionsweise eines Cursors	653
25.2	Erstellung eines Cursors	655
25.3	Öffnen eines Cursors	657
25.4	Das Abrufen von Datensätzen aus einem Cursor	658
25.4.1	Aufruf einer »FETCH«-Anweisung ohne Verwendung von Variablen	658
25.4.2	Aufruf einer »FETCH«-Anweisung unter Verwendung von Variablen	659
25.4.3	Die Verwendung von Positionsangaben zum Abruf von Daten aus einem Cursor	659
25.5	Schließen und Löschen eines Cursors	666
25.6	Schleifenprogrammierung zum automatischen Durchlaufen eines Cursors	667
25.7	Daten in der Cursorauswahl aktualisieren und löschen	672
25.7.1	Aktualisieren	673
25.7.2	Löschen	673

26 Sequenzen 675

26.1	Erstellung einer Sequenz mit Standardeinstellungen	675
26.2	Informationen zu den vorhandenen Sequenzen in einer Datenbank	676
26.3	Abrufen von Sequenzwerten	676
26.3.1	Abruf einzelner Sequenzwerte	676
26.3.2	Anfordern eines Wertebereichs	677

26.4 Die Verwendung der Parameter »AS«, »START«, »INCREMENT«, »MINVALUE«, »MAXVALUE«, »CYCLE« und »CACHE«	678
26.4.1 »AS«, »START« und »INCREMENT«	678
26.4.2 »MAXVALUE«	680
26.4.3 »CYCLE«	682
26.4.4 »MINVALUE«	682
26.4.5 »CACHE«	683

27 Indizes 685

27.1 Der nicht gruppierte Index auf einem Heap	686
27.1.1 Vorgehensweise beim Durchlaufen eines Index	689
27.2 Der gruppierte Index	689
27.3 Der nicht gruppierte Index auf einem gruppierten Index	693
27.4 Der Columnstore-Index	696
27.5 Erstellung von Indizes	696
27.5.1 Manuelle Erstellung eines Index	696
27.5.2 Automatische Erstellung von Indizes	699
27.6 Verwaltung von Indizes	700
27.6.1 Fragmentierung	700
27.6.2 Neuerstellung von Indizes	703
27.6.3 Löschen eines Index	703
27.7 Statistiken	704
27.7.1 Löschen einer Statistik	707
27.7.2 Aktualisieren einer Statistik	707
27.7.3 Informationen zu Statistiken abrufen	708
27.8 Planung des Einsatzes von Indizes	709
27.8.1 Verwenden des Datenbankmodul-Optimierungsratgebers	710
27.8.2 Optimierung von Indizes mithilfe von Systemansichten	717
27.9 Weitere Optimierungsmöglichkeiten mithilfe von Indizes	718
27.9.1 Indizes mit eingeschlossenen Spalten	718
27.9.2 Gefilterte Indizes	723
27.9.3 Indizierte Ansichten	724
27.9.4 Partitionierte Indizes	725

28 Columnstore-Indizes 727

28.1	Das Grundprinzip von Columnstore-Indizes	727
28.2	Erstellung eines nicht gruppierten Columnstore-Index	729
28.2.1	Beispiel für den Leistungsvergleich eines regulären nicht gruppierten Index mit einem nicht gruppierten Columnstore-Index	730
28.2.2	Steuerung der Verwendung nicht gruppierter Columnstore-Indizes	733
28.3	Erstellung eines gruppierten Columnstore-Index	734
28.4	Abfragen von Informationen über vorhandene Columnstore-Indizes	737

29 Transaktionen 739

29.1	Einführung in Transaktionen	739
29.2	ACID	741
29.3	Interne Transaktionsverarbeitung	744
29.4	Verhalten bei Systemfehlern	745
29.5	Programmierung expliziter Transaktionen	747
29.6	Implizite Transaktionen	750
29.7	Sperren	752
29.7.1	Sperrebenen	753
29.7.2	Gemeinsame Sperren (Shared Locks)	753
29.7.3	Exklusive Sperren (Exclusive Locks)	754
29.8	Isolationsstufen auf Verbindungsebene	755
29.8.1	»READ UNCOMMITTED«	756
29.8.2	»READ COMMITTED«	758
29.8.3	»REPEATABLE READ«	759
29.8.4	»SERIALIZABLE«	761
29.8.5	Snapshot	762
29.8.6	Zusammenfassung der Eigenschaften von Sperrstufen	763
29.8.7	Setzen eines Timeout-Werts	764
29.9	Sperrhinweise auf Tabellenebene	764
29.10	Informationen zu Sperren	766
29.11	Deadlocks	766
29.11.1	Vermeidung von Deadlocks	768

29.11.2	Beispiel zur Erzeugung eines Deadlocks	768
29.11.3	Erfassung von Deadlocks im Profiler	769

30 Speicheroptimierte Tabellen 771

30.1	Grundlagen der speicheroptimierten Tabellen	771
30.1.1	Vor- und Nachteile speicheroptimierter Tabellen	772
30.2	Beständigkeit speicheroptimierter Tabellen	772
30.2.1	Speicheroptimierte Tabellen mit nicht beständigen Inhalten	773
30.2.2	Speicheroptimierte Tabellen mit beständigen Inhalten	773
30.3	Konfiguration einer Datenbank zur Verwendung speicheroptimierter Tabellen	773
30.3.1	Hinzufügen einer Dateigruppe zur Speicherung speicheroptimierter Tabellen	774
30.3.2	Hinzufügen einer Datei zur Speicherung speicheroptimierter Tabellen	775
30.3.3	Festlegung der Isolationsstufe für speicheroptimierte Tabellen	776
30.4	Erstellung speicheroptimierter Tabellen	777
30.4.1	Erstellung einer speicheroptimierten Tabelle mit beständigen Inhalten	777
30.4.2	Erstellung einer speicheroptimierten Tabelle mit nicht beständigen Inhalten	778
30.5	Vergleich des Verhaltens beider Arten von speicheroptimierten Tabellen	779

31 Indizierung speicheroptimierter Tabellen 781

31.1	Unterschiede zwischen der Indizierung speicheroptimierter und dateibasierter Tabellen	781
31.2	Indexarten für die Verwendung mit speicheroptimierten Tabellen	782
31.2.1	Nicht gruppierte Indizes	782
31.2.2	Nicht gruppierte Hash-Indizes	782
31.3	Überlegungen zur Verwendung nicht gruppierter Indizes oder nicht gruppierter Hash-Indizes	787
31.4	Abfragen zu Indizes speicheroptimierter Tabellen	787

32 Systemintern kompilierte gespeicherte Prozeduren

789

32.1 Überblick über systemintern kompilierte gespeicherte Prozeduren und deren Verwendung	789
32.2 Erstellung systemintern kompilierter gespeicherter Prozeduren	790
32.2.1 Erstellung einer systemintern kompilierten gespeicherten Prozedur für den lesenden Zugriff auf eine speicheroptimierte Tabelle	792
32.2.2 Erstellung einer nativ kompilierten Prozedur zur Demonstration der Optionen »ATOMIC« und »LANGUAGE«	793
32.3 Ändern einer systemintern kompilierten gespeicherten Prozedur	794
32.4 Informationen zum Speicherort und den geladenen DLL-Dateien	795

TEIL III .NET-Programmierung

33 SQL Server als Laufzeitumgebung für .NET

799

33.1 Die Programmiermodelle im Vergleich	799
33.1.1 T-SQL	799
33.1.2 Erweiterte gespeicherte Prozeduren	800
33.1.3 Einbindung von COM-Objekten	801
33.1.4 Einsatz von Managed Code	801
33.2 Die CLR-Integration im Detail	803
33.2.1 CLR-Hosting	804
33.2.2 Thread- und Speichermanagement	805
33.2.3 I/O-Zugriffe	805
33.2.4 Assemblies Loading	805
33.2.5 Application Domain Management	806
33.3 Der Hosting-Layer	807
33.4 Verwaltung von Assemblies	809
33.5 Sicherheitsstufen	811

34.1 CLR-Unterstützung aktivieren	813
34.1.1 CLR-Unterstützung per Skript aktivieren	815
34.2 CLR-Prozeduren und Funktionen	815
34.2.1 CLR vs. T-SQL	815
34.2.2 Prozeduren vs. Funktionen	815
34.2.3 Veröffentlichung von Methoden	816
34.2.4 Implementierungsregeln	817
34.2.5 Parameter und Rückgabewerte	818
34.2.6 Sicherheitsaspekte	819
34.3 Gespeicherte Prozeduren	820
34.3.1 Eine gespeicherte Prozedur mit Visual Studio erstellen	820
34.3.2 Das »SqlProcedure«-Attribut	824
34.3.3 Parameter und Rückgabe	824
34.3.4 Temporäre Prozeduren	825
34.3.5 Assembly bereitstellen	825
34.3.6 Assembly ohne Visual Studio kompilieren	826
34.3.7 Installation mit »sqlcmd« durchführen	827
34.3.8 Prozeduren mit Visual Studio debuggen	827
34.4 Benutzerdefinierte Funktionen	828
34.4.1 Einschränkungen	828
34.4.2 Das »SqlFunction«-Attribut	829
34.4.3 Funktionen bereitstellen	830
34.4.4 Skalare Funktionen	831
34.4.5 Eine Skalarfunktion erstellen	831
34.4.6 Tabellenwertige Funktionen	832
34.4.7 Unterschiede zwischen T-SQL- und CLR-Funktionen	832
34.4.8 Eine tabellenwertige Funktion erstellen	833
34.5 Serverseitiger Datenzugriff mit ADO.NET	836
34.5.1 Der Kontext	837
34.5.2 Verbindung zur Datenbank herstellen	838
34.6 Pipes	838
34.6.1 Die »Send«-Methode	839
34.6.2 Die »ExecuteAndSend()«-Methode	841
34.6.3 Ausgabestrom steuern	842
34.7 Impersonalisierung	845

34.8 Benutzerdefinierte Typen	850
34.8.1 »Das SqlUserDefinedType«-Attribut	851
34.8.2 Einen benutzerdefinierten Datentyp erstellen	852
34.8.3 Das »Nullable«-Interface	852
34.8.4 Die »ToString()«-Methode	853
34.8.5 »Die Parse()«-Methode	853
34.8.6 Erstellung des »CalendarWeek«-Datentyps	853
34.8.7 Den »CalendarWeek«-Typ installieren	856
34.8.8 Den »CalendarWeek-Typ« testen	856
34.8.9 Validierungen	857
34.8.10 Methoden implementieren	858
34.8.11 Serialisierung	860
34.8.12 Typen als Klassen abbilden	864
34.8.13 Zugriff vom Client	864
34.9 Benutzerdefinierte Aggregate	866
34.9.1 Das »SqlUserDefinedAggregate«-Attribut	866
34.9.2 Die »Init()«-Methode	867
34.9.3 Die »Accumulate()«-Methode	867
34.9.4 Die »Merge()«-Methode	868
34.9.5 Die »Terminate()«-Methode	868
34.9.6 Ein Beispielaggregat	868
34.9.7 Das »MaxRange«-Aggregat implementieren	869
34.9.8 Hinweise zur Implementierung	872
34.9.9 Aggregate installieren	873
34.10 Benutzerdefinierte Trigger	873
34.10.1 Das »SqlTrigger«-Attribut	874
34.10.2 Die »TriggerContext«-Klasse	875
34.10.3 Trigger implementieren	876
34.10.4 Hinweise zur Implementierung	879
34.10.5 Trigger installieren	880
34.11 Administration und Monitoring von CLR-Objekten	880
34.11.1 Informationen über die installierten Assemblies ermitteln	880
34.11.2 Laufzeitinformationen von CLR-Objekten ermitteln	882

35 T-SQL: erweiterte Themen

35.1 Kompatibilität festlegen	885
35.2 Änderungen der Kompatibilität ab SQL Server 2008	886

35.3	Änderungen bei nicht ANSI-konformen Abfragen	887
35.4	»CROSS APPLY« und »OUTER APPLY«	888
35.5	Kreuztabellen mit »PIVOT« erstellen	890
35.5.1	Entscheidungstabellen mit »PIVOT« erstellen	894
35.5.2	Kreuztabellen in flache Listen transformieren	895
35.6	Common Table Expressions	897
35.6.1	Verarbeitung von hierarchischen Daten	901
35.6.2	Maximale Rekursionsstufe einstellen	905
35.7	Fehlerbehandlung	905
35.7.1	Informationen über den Fehler ermitteln	907
35.7.2	Eigene Fehler auslösen	910
35.7.3	Verschachtelte Fehlerbehandlung	911
35.8	Ranking- und Windowing-Funktionen	912
35.8.1	Ergebnisse mit »RANK()« gewichten	913
35.8.2	Ranking ohne Lücken mit »DENSE_RANK()«	914
35.8.3	Gruppierte Ranglisten mit Windowing	914
35.8.4	Zeilen mit »ROW_NUMBER()« nummerieren	916
35.8.5	Paging mit »ROW_NUMBER()«	917
35.8.6	Daten mit »NTILE()« partitionieren	918
35.9	Die »OUTPUT«-Klausel	919
35.10	Die »TABLESAMPLE«-Klausel	921
35.11	»EXCEPT«- und »INTERSECT«-Statement	923
35.12	Tabellenwertparameter	925
35.12.1	Tabellenwertparameter definieren	925
35.12.2	Tabellenwertparameter verwenden	926
35.12.3	Prozeduren mit Tabellenwertparametern aufrufen	926
35.12.4	Aufruf vom Client mit ADO.NET	927
35.12.5	Limitationen	929
36	Einsatz von XML und JSON in der Datenbank	931
<hr/>		
36.1	Warum XML?	932
36.2	HTML und XML	932
36.2.1	Auszeichnungssprachen	933
36.2.2	Auszeichnungen	934
36.3	XML-Fähigkeiten von SQL Server	936

36.4	Der XML-Datentyp	937
36.4.1	Vor- und Nachteile der XML-Datenspeicherung	937
36.4.2	XML-Felder anlegen	939
36.4.3	XML-Felder mit einem Schema verknüpfen	941
36.5	Auf gespeicherte XML-Daten zugreifen	943
36.5.1	Eine kurze Einführung in XPath	943
36.5.2	XQuery als Abfragesprache	945
36.5.3	Die Methoden des XML-Datentyps	946
36.5.4	Indizierung von XML-Feldern	951
36.6	Darstellung von Abfrageergebnissen im XML-Format	954
36.6.1	Der »RAW«-Modus	956
36.6.2	Allgemeine Optionen der »FOR XML«-Klausel	958
36.6.3	Der »AUTO«-Modus	961
36.6.4	Der »PATH«-Modus	963
36.6.5	Der »EXPLICIT«-Modus	964
36.7	XML-Schema ermitteln	970
36.8	XML-Daten in einem relationalen Modell speichern	972
36.8.1	Ein XML-Dokument in eine Tabelle importieren	973
36.9	Bereitstellung von Daten im JSON-Format	975
36.9.1	Eine kurze Beschreibung des JSON-Formats	975
36.9.2	Die »FOR JSON«-Direktive	976
36.9.3	Der »AUTO«-Modus	977
36.9.4	Der »PATH«-Modus	978
36.9.5	JSON-Daten mit »OPENJSON« konvertieren	982
36.9.6	Weitere JSON-Funktionen in SQL Server 2016	986

37 Datenbankzugriff mit ADO.NET 989

37.1	Einleitung	989
37.1.1	Projekte anlegen und speichern	990
37.1.2	Die Beispieldatenbank	991
37.2	Die Datenprovider	992
37.3	Die Verbindung zu einer Datenbank herstellen	993
37.3.1	Die Verbindungszeichenfolge	994
37.3.2	Die Verbindung mit einer bestimmten SQL-Server-Instanz aufbauen	995
37.3.3	Öffnen und Schließen einer Verbindung	999

37.3.4	Das Verbindungspooling	1003
37.3.5	Die Ereignisse eines »Connection«-Objekts	1007
37.3.6	Verbindungszeichenfolgen aus einer Konfigurationsdatei abrufen	1009
37.3.7	Die Klasse »SqlConnection« im Überblick	1011
37.3.8	Verbindungen mit dem OleDb-Datenprovider	1013
37.4	Die Datenbankabfrage	1015
37.4.1	Das »SqlCommand«-Objekt	1015
37.4.2	Abfragen, die genau ein Ergebnis liefern	1020
37.5	Das »SqlDataReader«-Objekt	1021
37.5.1	Datensätze einlesen	1021
37.5.2	Schließen des »SqlDataReader«-Objekts	1024
37.5.3	MARS (Multiple Active Resultsets)	1024
37.5.4	Batchabfragen mit »NextResult« durchlaufen	1026
37.5.5	Das Schema eines »SqlDataReader«-Objekts untersuchen	1027
37.6	Parametrisierte Abfragen	1029
37.6.1	Parametrisierte Abfragen mit dem SqlClient-Datenprovider	1030
37.6.2	Die Klasse »SqlParameter«	1032
37.6.3	Asynchrone Abfragen	1033
37.6.4	Gespeicherte Prozeduren (Stored Procedures)	1036
37.7	Der »SqlDataAdapter«	1043
37.7.1	Was ist ein »DataAdapter«?	1043
37.7.2	Die Konstruktoren der Klasse »DataAdapter«	1045
37.7.3	Die Eigenschaft »SelectCommand«	1046
37.7.4	Den lokalen Datenspeicher mit »Fill« füllen	1046
37.7.5	Tabellenzuordnung mit »TableMappings«	1050
37.7.6	Das Ereignis »FillError« des »SqlDataAdapters«	1055
37.8	Daten im lokalen Speicher – das »DataSet«	1056
37.8.1	Verwenden des »DataSet«-Objekts	1057
37.8.2	Dateninformationen in eine XML-Datei schreiben	1061
37.8.3	Dem »DataSet« Schemainformationen übergeben	1062
37.8.4	Schemainformationen bereitstellen	1064
37.8.5	Eigenschaften einer »DataColumn«, die der Gültigkeitsprüfung dienen	1064
37.8.6	Die Constraints-Klassen einer »DataTable«	1065
37.8.7	Das Schema mit Programmcode erzeugen	1066
37.8.8	Schemainformationen mit »SqlDataAdapter« abrufen	1068
37.8.9	Änderungen in einer »DataTable« vornehmen	1071
37.8.10	Was bei einer Änderung einer Datenzeile passiert	1076
37.8.11	Manuelles Steuern der Eigenschaft »DataRowState«	1080

37.9 Mit mehreren Tabellen arbeiten	1081
37.9.1 Der Weg über »JOIN«-Abfragen	1081
37.9.2 Mehrere Tabellen in einem »DataSet«	1083
37.9.3 Eine »DataRelation« erzeugen	1083
37.9.4 »DataRelations« und Einschränkungen	1084
37.9.5 In Beziehung stehende Daten suchen	1087
37.9.6 Ergänzung zum Speichern von Schemainformationen in einer XML-Schemadatei	1089
37.10 Aktualisieren der Datenbank	1089
37.10.1 Aktualisieren mit dem »CommandBuilder«-Objekt	1089
37.10.2 Manuell gesteuerte Aktualisierungen	1092
37.10.3 Aktualisieren mit »ExecuteNonQuery«	1093
37.10.4 Manuelles Aktualisieren mit dem »DataAdapter«	1101
37.10.5 Den zu aktualisierenden Datensatz in der Datenbank suchen	1104
37.10.6 Den Benutzer über fehlgeschlagene Aktualisierungen informieren	1109
37.10.7 Konfliktverursachende Datenzeilen bei der Datenbank abfragen	1112

38 LINQ 1119

38.1 Was ist LINQ?	1119
38.1.1 Verzögerte Ausführung	1121
38.1.2 LINQ-Erweiterungsmethoden an einem Beispiel	1121
38.2 LINQ to Objects	1125
38.2.1 Musterdaten	1125
38.2.2 Die allgemeine LINQ-Syntax	1127
38.3 Die Abfrageoperatoren	1129
38.3.1 Übersicht über die Abfrageoperatoren	1129
38.3.2 Die »from«-Klausel	1130
38.3.3 Mit »where« filtern	1132
38.3.4 Die Projektionsoperatoren	1134
38.3.5 Die Sortieroperatoren	1135
38.3.6 Gruppieren mit »GroupBy«	1137
38.3.7 Verknüpfungen mit »Join«	1138
38.3.8 Die Set-Operatoren-Familie	1142
38.3.9 Die Familie der Aggregatoperatoren	1144
38.3.10 Quantifizierungsoperatoren	1147
38.3.11 Aufteilungsoperatoren	1148

38.3.12 Die Elementoperatoren	1150
38.3.13 Die Konvertierungsoperatoren	1153

39 Einführung in das ADO.NET Entity Framework 1155

39.1 Kritische Betrachtung von ADO.NET	1156
39.1.1 Die Organisation der Daten in Klassen	1157
39.2 Ein erstes Entity Data Model (EDM) erstellen	1158
39.3 Das Entity Data Model im Designer	1163
39.3.1 Die übergeordneten Eigenschaften einer Entität	1163
39.3.2 Eigenschaftstypen eines Entitätsobjekts	1164
39.3.3 Assoziationen im Entity Data Model	1167
39.3.4 Der Kontext der Entitäten	1167
39.4 Der Aufbau des Entity Data Models	1168
39.5 Die Klassen des Entity Data Models (EDM)	1172
39.5.1 Die Klassen für die DbContext-API	1173
39.5.2 Die Entitäten für .NET Framework-4-ObjectContext	1174
39.5.3 Der »ObjectContext«	1178
39.6 Die Architektur des Entity Frameworks	1180
39.6.1 Object Services	1180
39.6.2 Die Schichten des Entity Frameworks	1181

40 Abfragen mit .NET 4 Framework-ObjectContext 1183

40.1 Abfragen mit LINQ to Entities	1184
40.1.1 Allgemeine Begriffe in LINQ	1184
40.1.2 Einfache Abfragen	1184
40.1.3 Navigieren in Abfragen	1191
40.1.4 Aggregatmethoden	1196
40.1.5 Joins in LINQ definieren	1198
40.1.6 In Beziehung stehende Daten laden	1201
40.2 Abfragen mit Entity SQL	1207
40.2.1 Ein erstes Beispiel mit Entity SQL	1207
40.2.2 Die fundamentalen Regeln der Entity-SQL-Syntax	1208
40.2.3 Filtern mit Entity SQL	1209
40.2.4 Parametrisierte Abfragen	1211

40.3	Der EntityClient-Provider	1212
40.3.1	Verbindungen mit »EntityConnection«	1213
40.3.2	Die Klasse »EntityCommand«	1214
40.4	Abfrage-Generator-Methoden (QueryBuilder-Methoden)	1215
40.5	SQL-Direktabfragen	1216

41 Entitätsaktualisierung und Zustandsverwaltung 1219

41.1	Aktualisieren von Entitäten	1219
41.1.1	Entitäten ändern	1219
41.1.2	Hinzufügen neuer Entitäten	1221
41.1.3	Löschen einer Entität	1225
41.2	Der Lebenszyklus einer Entität im Objektcontext	1228
41.2.1	Der Zustand einer Entität	1228
41.2.2	Das Team der Objekte im Überblick	1229
41.2.3	Neue Entitäten im Objektcontext	1230
41.2.4	Die Zustände einer Entität	1231
41.2.5	Zusätzliche Entitäten in den Datencache laden	1233
41.3	Das »ObjectStateEntry«-Objekt	1236
41.3.1	Die Current- und Originalwerte abrufen	1238
41.3.2	Die Methode »TryGetObjectStateEntry«	1239
41.3.3	Geänderte Entitäten mit »GetObjectStateEntries« abrufen	1240
41.3.4	Die Methode »GetModifiedProperties«	1241
41.4	Die Klasse »EntityKey«	1241
41.4.1	Die Methoden »GetObjectByKey« und »TryGetObjectByKey«	1242
41.5	Komplexere Szenarien	1243
41.5.1	Die Methode »ChangeState«	1244
41.5.2	Die Methoden »ApplyCurrentChanges« und »ApplyOriginalChanges«	1245

42 Konflikte behandeln 1249

42.1	Allgemeine Betrachtungen	1249
42.1.1	Das pessimistische Sperren	1250
42.1.2	Das optimistische Sperren	1250

42.2	Konkurrierende Zugriffe mit dem Entity Framework	1251
42.2.1	Das Standardverhalten des Entity Frameworks	1251
42.2.2	Das Aktualisierungsverhalten mit »Fixed« beeinflussen	1252
42.2.3	Auf die Ausnahme »OptimisticConcurrencyException« reagieren	1253
42.2.4	Das ClientWins-Szenario	1254
42.2.5	Das StoreWins-Szenario	1257

43 Die DbContext-API 1259

43.1	Datenabfragen mit »DbContext«	1259
43.1.1	Eine Entität mit »DbSet<>.Find« suchen	1261
43.1.2	Lokale Daten mit »Load« und »Local«	1262
43.1.3	In Beziehung stehende Daten laden	1264
43.2	Ändern von Entitäten	1269
43.2.1	Entitäten ändern	1269
43.2.2	Hinzufügen einer neuen Entität	1270
43.2.3	Löschen einer Entität	1271
43.3	Change Tracking (Änderungsnachverfolgung)	1274
43.3.1	Snapshot Change Tracking	1275
43.3.2	Change Tracking Proxies	1278
43.4	Kontextlose Entitäten ändern	1280
43.4.1	Entitätszustände	1281
43.4.2	»DbContext« eine neue Entität hinzufügen	1282
43.4.3	»DbContext« eine geänderte Entität hinzufügen	1283
43.4.4	»DbContext« eine zu löschende Entität angeben	1284
Index		1287