Kapitel 3
Datenintegrität

Folien zum Datenbankpraktikum
Wintersemester 2010/11 LMU München

unter Verwendung der Folien des Datenbankpraktikums aus dem Wintersemester 2007/08 von Dr. Matthias Schubert

Übersicht

Integritätsbedingungen (Integrity Constraints)

- Bedingungen, die von einer Datenbank zu jedem Zeitpunkt erfüllt sein müssen
- Einschränkungen der möglichen **DB-Zustände** (Ausprägungen der Relationen)
- Einschränkungen der möglichen **Zustandsübergänge** (Update-Operationen)
- Von wem werden Integritätsbedingungen überwacht:
  - vom DBMS?
  - vom Anwendungsprogramm?

- Integritätsbedingungen sind Teil des Datenmodells

  → wünschenswert ist eine zentrale Überwachung im DBMS innerhalb des Transaktionsmanagements

  → Einhaltung unabhängig von der jeweiligen Anwendung gewährleistet, es gelten dieselben Integritätsbedingungen für alle Benutzer
- für eine Teilmenge von Integritätsbedingungen (`primary key`, `unique`, `foreign key`, `not null`, `check`) ist dies bei den meisten relationalen Datenbanken realisiert
- für eine allgemeinere Klasse von Integritätsbedingungen häufig Definition und Realisierung im Anwendungsprogramm notwendig

  → Problem: Nur bei Verwendung des jeweiligen Anwendungsprogrammes ist die Einhaltung der Integritätsbedingungen garantiert, Korrektheit, ...
- ORACLE: einfache Integritätsbedingungen direkt in DDL (**deklarativ**), Unterstützung für komplexere Integritätsbedingungen durch Trigger-Mechanismus (**prozedural**)

Übersicht

Deklarative Constraints

- Teil der Schemadefinition (`create table ...`)
- Arten:
  - Schlüsseleigenschaft: `primary key` (einmal), `unique` (beliebig)
  - keine Nullwerte: `not null` (implizit bei `primary key`)
  - Typintegrität: Datentyp
  - Wertebedingungen: `check (<Bedingung>)`
  - referentielle Integrität: `foreign key ... references ...` (nur Schlüssel)
- Constraints können **attributsbezogen** (für jeweils ein Attribut) und **tabellenbezogen** (für mehrere Attribute) definiert werden.
- Beschreibung möglich durch geschlossene logische Formeln (Sätze) 1.Stufe.

  Bsp. (Notation wie Tupelkalkül): Es darf keine zwei Räume mit gleicher R_ID geben.

  $\boldsymbol{IB_1}$: $\forall r_1 \in Raum\ (\forall r_2 \in Raum\ (r_1[R\_ID] = r_2[R\_ID] \Rightarrow r_1 = r_2))$

  Für jede Belegung muss ein entsprechender Raum existieren.

  $\boldsymbol{IB_2}$: $\forall b \in Belegung\ (\exists r \in Raum\ (b[R\_ID] = r[R\_ID]))$

- Definition des Beispiels in SQL:
  - Bei *IB1* handelt es sich um eine Eindeutigkeitsanforderung an die Attributswerte von *R_ID* in der Relation *Raum* (Schlüsseleigenschaft).
  - *IB2* fordert die referentielle Integrität der Attributswerte von *R_ID* in der Relation *Belegung* als Fremdschlüssel aus der Relation *Raum*.

```
CREATE TABLE raum
(
   r_id  varchar2(10)          UNIQUE,                          (IB1)
    ...                        PRIMARY KEY
);


CREATE TABLE belegung (
   b_id  number(10),
   r_id  varchar2(10)          CONSTRAINT fk_belegung_raum      (IB2)
                                       REFERENCES raum(r_id)
                                                  raum
                               [ON DELETE CASCADE],
    ...
);
```


- Weiteres Beispiel:

```
CREATE TABLE stadt
(
      name varchar2(25) NOT NULL,                          attributsbezogen
      bezirk varchar2(25) NOT NULL,                        attributsbezogen
      kfz_kennz char(4),
      flaeche number(10,2) NOT NULL                        attributsbezogen
         CONSTRAINT check_flaeche CHECK (flaeche > 0),     attributsbezogen
      CONSTRAINT pk PRIMARY KEY (name,bezirk)              tabellenbezogen
);

ALTER TABLE stadt DISABLE CONSTRAINT check_flaeche;
```

Überwachung von Integritätsbedingungen durch das DBMS

Definitionen:

- ***S*** sei ein Datenbankschema
- ***IB*** sei eine Menge von Integritätsbedingungen ***I*** über dem Schema ***S***
- ***DB*** sei Instanz von ***S***, d.h. der aktuelle Datenbankzustand (über dem Schema ***S***)
- ***U*** sei eine Update-Transaktion, d.h. eine Menge zusammengehöriger Einfüge-, Lösch- und Änderungsoperationen
- ***U(DB)*** sei der aktuelle Datenbankzustand nach Ausführen von ***U*** auf ***DB***
- ***Check (I, DB)*** bezeichne den Test der Integritätsbedingung ***I*** auf dem aktuellen Datenbankzustand ***DB***

Check (I, DB) = { *true*, falls ***I*** in ***DB*** erfüllt ist; *false*, falls ***I*** in ***DB*** nicht erfüllt ist

Prüfen der Integrität

Wann sollen Integritätsbedingungen geprüft werden?

- Periodisches Prüfen der Datenbank ***DB*** gegen alle Integritätsbedingungen:

```
if ((Check (I, DB) = true)) then <ok>
else <Rücksetzen auf letzten konsistenten Zustand>;
```

Probleme:

- Rücksetzen auf letzten geprüften konsistenten Zustand ist aufwändig
- beim Rücksetzen gehen auch korrekte Updates verloren
- erfolgte lesende Zugriffe auf inkonsistente Daten sind nicht mehr rückgängig zu machen

o Inkrementelle Überprüfung bei jedem Update

- Voraussetzung: Update erfolgt auf einem konsistenten Datenbankzustand
- dazu folgende Erweiterung:

Check (I, U, DB) = { *true*, falls ***I*** durch Update ***U*** auf ***DB*** nicht verletzt ist
{ *false*, falls ***I*** durch Update ***U*** auf ***DB*** verletzt ist

dann:

```
<führe U durch>;
if (∀I ∈ IB (Check (I, U, DB) = true)) then <ok>
   else <rollback U>;
```


o bei jedem Update ***U*** alle Integritätsbedingungen gegen die gesamte Datenbank zu testen ist zu teuer, daher Verbesserungen:

1. nur betroffene Integritätsbedingungen testen; z.B. kann die referentielle Integritätsbedingung *Belegung* → *Raum*, nicht durch
   - Änderungen an der Relation *Dozent verletzt werden*
   - Einfügen in die Relation *Raum verletzt werden*
   - Löschen aus der Relation *Belegung verletzt werden*

2. abhängig von ***U*** nur vereinfachte Form der betroffenen Integritätsbedingungen testen; z.B. muss bei Einfügen einer *Belegung* ***x*** nicht die gesamte Bedingung $\boldsymbol{IB_2}$ getestet werden, sondern es reicht der Test von:

$$\exists r \in Raum\ (x[R\_ID] = r[R\_ID])$$

Bei welchen Operationen muss geprüft werden?

Beispiel:

```
create table ta
(a_id ...
  ...
  ...
 primary key (a_id))

create table tb
(b_id ...
 a_id
  ...
primary key (b_id),
foreign key (a_id) references ta)
```

- Insert/Update in Tabelle **`tb`**:

  Existiert zu einem eingefügten/geänderten Fremdschlüssel in **`tb`** kein entsprechender Schlüssel in **`ta`**, dann wird die Operation zurückgewiesen.

- Update in Tabelle **`ta`**:

  Existiert zu einem Schlüssel in **`ta`** ein abhängiger Datensatz (Fremdschlüssel) in **`tb`**, dann wird jede Änderung des Schlüssels zurückgewiesen.

- Löschen in Tabelle **`ta`**:

  - Löschen immer möglich, wenn kein abhängiger Datensatz in **`tb`** existiert
  - weitere Optionen:

Option	Wirkung
`ON DELETE NO ACTION`	Verifikation durch Trigger **(default)**
`ON DELETE RESTRICT`	Änderungsoperation wird zurückgewiesen
`ON DELETE CASCADE`	Abhängige Datensätze in **`tb`** werden automatisch gelöscht; kann sich über mehrstufige Abhängigkeiten fortsetzen
`ON DELETE SET NULL`	Wert des abhängigen Fremdschlüssels **`tb`** wird auf null gesetzt
`ON DELETE SET DEFAULT`	Wert des abhängigen Fremdschlüssels **`tb`** wird auf den Default-Wert der Spalte gesetzt

  - Beispiel: `foreign key (a_id) references ta on delete cascade`

Übersicht

Prozedurale Constraints (Trigger)

- Motivation: Komplexere Bedingungen als bei deklarativen Constraints und damit verbundene Aktionen wünschenswert.

  → **Trigger**: Aktion (PL/SQL-Programm), die einer Tabelle zugeordnet ist und durch ein bestimmtes Ereignis ausgelöst wird.
- Ein Trigger enthält Code, der die mögliche Verletzung einer Integritätsbedingung bei einem bestimmten Ereignis-Typ testet und daraufhin bestimmte Aktionen veranlasst.
- mögliche Ereignisse: `insert`, `update`, `delete`
- zwei Arten:
  - ***Befehls-Trigger*** *(statement trigger):* werden einmal pro auslösendem Befehl ausgeführt.
  - ***Datensatz-Trigger*** *(row trigger):* werden einmal pro geändertem/eingefügtem/gelöschtem Datensatz ausgeführt.
- mögliche Zeitpunkte: vor (`BEFORE`) oder nach (`AFTER`) dem auslösenden Befehl

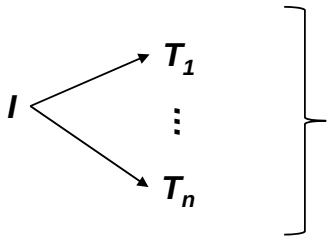
- Datensatz-Trigger haben Zugriff auf zwei Instanzen eines Datensatzes: vor und nach dem Ereignis (Einfügen/Ändern/Löschen)

  Adressierung durch Präfix:

  `:new.` bzw. `:old.` (PL/SQL-Block)

  `new.` bzw. `old.` (Trigger-Restriktion)

- Zu einer Integritätsbedingung ***I*** *gehören in der Regel mehrere Trigger* T_i



Je nach auslösendem Ereignis-Typ unterschiedliche Trigger für die Integritätsbedingung

- Aufbau eines Trigger-Programms:

```
create or replace trigger <trig_name>
before/after/instead of   -- Trigger vor/nach/alt. zu Auslöser ausführen
insert or                                  -- Trigger-Ereignisse
update of <attrib1>, <attrib2>, ... or
delete on <tab_name>/<view_name>/  -- zugehörige Tabelle od. View (DML-Trigger)
         <schema_name>/<db_name>   -- Schema od. Datenbank (DDL-Trigger)
[for each row]                     -- Datensatz-Trigger
when <bedingung>                   -- zusätzliche Trigger-Restriktion
declare                            -- PL/SQL-Block
...
begin
if inserting then <pl/sql>
if updating (<attrib1>) then <pl/sql>
if deleting then <pl/sql>
...
end;
```

Beispiel

- Ausgangspunkt: Relation *Period_Belegung* mit regelmäßig stattfindenden Lehrveranstaltungen in einem Hörsaal
- Hier müssen folgende Bedingungen gelten:

$\forall p \in Period\_Belegung\ (0 \leq p[Tag] \leq 6 \wedge p[Erster\_Termin] \leq p[Letzter\_Termin]$

$\wedge\ p[Tag] = day(p[Erster\_Termin]) \wedge p[Tag] = day(p[Letzter\_Termin])\ )$

→ Formulierung als deklaratives Constraint:

```
SQL> ALTER TABLE Period_Belegung ADD CONSTRAINT check_day
     CHECK (
            (Tag between 0 and 6) and
            (Erster_Termin <= Letzter_Termin) and
            (to_number (to_char (Erster_Termin, 'd')) = Tag) and
            (to_number (to_char (Letzter_Termin, 'd')) = Tag)
           );
```


Formulierung als prozedurales Constraint (Trigger):

```
SQL> CREATE OR REPLACE TRIGGER check_day
       BEFORE
       INSERT OR UPDATE
       ON Period_Belegung
       FOR EACH ROW
     DECLARE
         tag number; et date; lt date;
     BEGIN
         tag := :new.Tag;
         et := :new.Erster_Termin;
         lt := :new.Letzter_Termin;
         if (tag < 0) or (tag > 6) or (et > lt) or
            (day(et) != tag) or (day(lt) != tag) then
             raise_application_error (-20089, 'Falsche Tagesangabe');
          end if;
     END;
```

Sequenzen

- für die Erstellung eindeutiger IDs
- Beispiel:

```
CREATE SEQUENCE <seq_name>
[INCREMENT BY n]                    -- Default: 1
[START WITH n]                      -- Default: 1
[{MAXVALUE n | NOMAXVALUE}]         -- Maximalwert (n | 10^27)
[{MINVALUE n | NOMINVALUE}]         -- Mindestwert (n | -10^26)
[{CYCLE | NOCYCLE}]                 -- zyklisch oder nicht
[{CACHE n | NOCACHE}];              -- Vorcachen von Nummern
```

- Zugreifen über **NEXTVAL** (nächster Wert) und **CURRVAL** (aktueller Wert):

```
CREATE SEQUENCE seq_pers;

INSERT INTO Person (p_id, name, alter)
  VALUES (seq_pers.NEXTVAL, 'Ulf Mustermann', 28);
```


- Beispiel mit Trigger:

```
CREATE OR REPLACE TRIGGER pers_insert
   BEFORE INSERT
   ON Person
   FOR EACH ROW
BEGIN
   SELECT seq_pers.NEXTVAL
   INTO :new.p_id
   FROM dual;
END;


INSERT INTO Person (name, alter)
   VALUES ('Ulf Mustermann', 28);
```

→ kein expliziter Zugriff (`.NEXTVAL`) nötig!