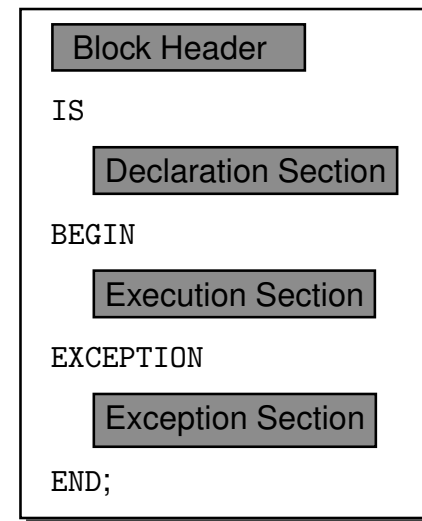


Kapitel 8 Prozedurale Erweiterungen: PL/SQL

8.1 Prozeduren, Funktionen und Kontrollstrukturen in PL/SQL

Blockstruktur von PL/SQL



- Erweiterung von SQL um prozedurale Elemente *innerhalb* der SQL-Umgebung, *PL/SQL (Procedural language extensions to SQL)*.
- “Stored Procedures/Functions” innerhalb der DB
- direkter Zugriff auf Datenbankinhalt
- Vorteile von PL/SQL: Bessere Integration der prozeduralen Elemente in die Datenbank; Nutzung in Prozeduren, Funktionen und Triggern

Weitere Nutzung

- Programmierung von Objektmethoden (seit Oracle 8/1997)

- Block Header: Art des Objekts (Funktion, Prozedur oder *anonym* (innerhalb eines anderen Blocks)), und Parameterdeklarationen.
- Declaration Section: Deklarationen der in dem Block verwendeten Variablen,
- Execution Section: Befehlssequenz des Blocks,
- Exception Section: Reaktionen auf eventuell auftretende Fehlermeldungen.

EINFACHE, ANONYME BLÖCKE

- nur Declaration und Execution Section
- werden direkt ausgeführt
- DECLARE ... BEGIN ... END;
/

Wichtig: nach dem Semikolon noch ein Vorwärtsslash ("/") in einer separaten Zeile, um die Deklaration auszuführen!!!

(Beispiel → nächste Folie)

AUSGABE-GENERIERUNG

- verwendet das DBMS_Output Package
- einmalig **SET SERVEROUTPUT ON** (z.B., beim Starten von sqlplus)
- innerhalb von PL/SQL-Blocks:
dbms_output.put_line('bla');
- Bei Prozeduren etc.: Ausgabe erscheint erst *nach* kompletter Ausführung der Prozedur etc.

```
set serveroutput on;
DECLARE
bla NUMBER;
BEGIN
  bla := 42;
  dbms_output.put_line(bla);
END;
/
```

[Filename: PLSQL/output.sql]

PROZEDUREN

```
CREATE [OR REPLACE] PROCEDURE <proc_name>
  [(<parameter-list>)]
  IS <pl/sql-body>;
/
```

- OR REPLACE: existierende Prozedurdefinition wird überschrieben.
- (<parameter-list>): Deklaration der formalen Parameter:


```
(<variable> [IN|OUT|IN OUT] <datatype>,
  ⋮
  <variable> [IN|OUT|IN OUT] <datatype>)
```
- IN, OUT, IN OUT: geben an, wie die Prozedur/Funktion auf den Parameter zugreifen kann (Lesen, Schreiben, beides).
- Default: IN.
- Bei OUT und IN OUT muss beim Aufruf eine Variable angegeben sein, bei IN ist auch eine Konstante erlaubt.
- <datatype>: alle von PL/SQL unterstützten Datentypen; *ohne* Längenangabe (VARCHAR2 anstelle VARCHAR2(20)).
- <pl/sql-body> enthält die Definition der Prozedur in PL/SQL.

FUNKTIONEN

Analog, zusätzlich wird der Datentyp des Ergebnisses angegeben:

```
CREATE [OR REPLACE] FUNCTION <funct_name>
  [(<parameter-list>)]
  RETURN <datatype>
  IS <pl/sql body>;
/
```

- datatype darf dabei nur ein atomarer SQL-Datentyp sein. Es können damit also keine Tabellen zurückgegeben werden.
- PL/SQL-Funktionen werden mit


```
RETURN <ausdruck>;
```

 verlassen. Jede Funktion muss mindestens ein RETURN-Statement im <body> enthalten.
- Eine Funktion darf keine Seiteneffekte auf die Datenbasis haben (siehe Oracle-Dokumentation *PL/SQL User's Guide and Reference*).

PROZEDUREN UND FUNKTIONEN

- Im Falle von “... created with compilation errors”:
 SHOW ERRORS;
 ausgeben lassen.
- Prozeduren und Funktionen können mit DROP PROCEDURE/FUNCTION <name> gelöscht werden.
- Aufruf von Prozeduren im PL/SQL-Skript:
 <procedure> (arg1,...,argn);
 (wenn ein formaler Parameter als OUT oder IN OUT angegeben ist, muss das Argument eine Variable sein)
- Aufruf von Prozeduren in SQLPlus:
 execute <procedure> (arg1,...,argn);
- Verwendung von Funktionen in PL/SQL:
 ... <function> (arg1,...,argn) ...
 wie in anderen Programmiersprachen.
- Die system-eigene Tabelle DUAL wird verwendet um das Ergebnis freier Funktionen in sqlplus ausgeben zu lassen:
 SELECT <function> (arg1,...,argn)
 FROM DUAL;

BEISPIEL: PROZEDUR

- Einfache Prozedur: PL/SQL-Body enthält nur SQL-Befehle

Informationen über Länder sind über mehrere Relationen verteilt.

```
CREATE OR REPLACE PROCEDURE InsertCountry
(name VARCHAR2, code VARCHAR2,
 area NUMBER, pop NUMBER,
 gdp NUMBER, inflation NUMBER, pop_growth NUMBER)
IS
BEGIN
    INSERT INTO Country (Name,Code,Area,Population)
        VALUES (name,code,area,pop);
    INSERT INTO Economy (Country,GDP,Inflation)
        VALUES (code,gdp,inflation);
    INSERT INTO Population (Country,Population_Growth)
        VALUES (code,pop_growth);
END;
/
```

[Filename: PLSQL/insertcountry.sql]

```
EXECUTE InsertCountry
('Lummerland', 'LU', 1, 4, 50, 0.5, 0.25);
```

BEISPIEL: FUNKTION

- Einfache Funktion: Einwohnerdichte eines Landes

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION Density (arg VARCHAR2)
RETURN number
IS
    temp number;
BEGIN
    SELECT Population/Area
    INTO temp
    FROM Country
    WHERE code = arg;
    RETURN temp;
END;
/
```

[Filename: PLSQL/density.sql]

```
SELECT Density('D')
FROM dual;
```

PL/SQL-VARIABLEN UND DATENTYPEN.

Deklaration der PL/SQL-Variablen in der Declaration Section:

```
DECLARE
<variable> <datatype> [NOT NULL] [DEFAULT <value>];
:
<variable> <datatype> [NOT NULL] [DEFAULT <value>];
```

Einfache Datentypen:

BOOLEAN: TRUE, FALSE, NULL,

BINARY_INTEGER, PLS_INTEGER: Ganzzahlen mit Vorzeichen.

NATURAL, INT, SMALLINT, REAL, ...: Numerische Datentypen.

```
DECLARE
anzahl NUMBER DEFAULT 0;
name VARCHAR2(50);
```

***anchored* TYPDEKLARATION**

Angabe einer PL/SQL-Variablen, oder Tabellenspalte (!) deren Typ man übernehmen will:

```
<variable> <variable'>%TYPE
  [NOT NULL] [DEFAULT <value>];
```

oder

```
<variable> <table>.<col>%TYPE
  [NOT NULL] [DEFAULT <value>];
```

- `cityname City.Name%TYPE`
- `%TYPE` wird zur Compile-Time bestimmt.

ZUWEISUNG AN VARIABLEN

- “klassisch” innerhalb des Programms:


```
a := b;
```
- Zuweisung des (einspaltigen und einzeiligen!) Ergebnisses einer Datenbankabfrage an eine PL/SQL-Variablen:


```
SELECT ...
  INTO <PL/SQL-Variablen>
  FROM ...
```

```
DECLARE
cname country.name%TYPE;
BEGIN
  SELECT name
  INTO cname
  FROM country
  WHERE code='D';
  dbms_output.put_line(cname);
END;
/
```

[Filename: PLSQL/simple.sql]

PL/SQL-DATENTYPEN: RECORDS

Ein RECORD enthält mehrere Felder, entspricht einem Tupel in der Datenbasis:

```
TYPE city_type IS RECORD
(Name City.Name%TYPE,
Country VARCHAR2(4),
Province VARCHAR2(50),
Population NUMBER,
Latitude NUMBER,
Longitude NUMBER);

the_city city_type;
```

anchored Typdeklaration für Records

Records mit Tabellenzeilen-Typ deklarieren: %ROWTYPE:

```
<variable> <table-name>%ROWTYPE;
```

Äquivalent zu oben:

```
the_city city%ROWTYPE;
```

Zuweisung an Records

- Aggregierte Zuweisung: zwei Variablen desselben Record-Typs:


```
<variable> := <variable'>;
```
- Feldzuweisung: ein Feld wird einzeln zugewiesen:


```
<record.feld> := <variable>|<value>;
```
- SELECT INTO: Ergebnis einer Anfrage, die *nur ein einziges Tupel* liefert:


```
SELECT ...
INTO <record-variable>
FROM ... ;
```

```
DECLARE
c continent%ROWTYPE;
BEGIN
SELECT *
INTO c
FROM continent
WHERE name='Europe';
dbms_output.put_line(c.name || ' : ' || c.area);
END;
/
```

[Filename: PLSQL/simple2.sql]

Vergleich von Records

Beim Vergleich von Records muss jedes Feld einzeln verglichen werden.

SQL-STATEMENTS IN PL/SQL

- DML-Kommandos INSERT, UPDATE, DELETE sowie **SELECT INTO**-Statements.
- Diese SQL-Anweisungen dürfen auch PL/SQL-Variablen enthalten.
- Befehle, die *nur ein einziges Tupel betreffen*, können mit RETURNING Werte an PL/SQL-Variablen zurückgeben:

```
UPDATE ... SET ... WHERE ...
RETURNING <expr-list>
INTO <variable-list>;
```

Z.B. Row-ID des betroffenen Tupels zurückgeben:

```
DECLARE tmprowid ROWID;
BEGIN
  :
  INSERT INTO Politics (Country,Independence)
  VALUES (Code,SYSDATE)
  RETURNING ROWID
  INTO tmprowid;
  :
END;
```

KONTROLLSTRUKTUREN

- IF THEN - [ELSIF THEN] - [ELSE] - END IF,
- verschiedene Schleifen:
- Simple LOOP: LOOP ... END LOOP;
- WHILE LOOP:


```
WHILE <bedingung> LOOP ... END LOOP;
```
- Numeric FOR LOOP:


```
FOR <loop_index> IN
  [REVERSE] <Anfang> .. <Ende>
  LOOP ... END LOOP;
```

 Die Variable <loop_index> wird dabei *automatisch* als INTEGER deklariert.
- EXIT [WHEN <bedingung>]: LOOP verlassen.
- den allseits beliebten GOTO-Befehl mit Labels:


```
<<label_i>> ... GOTO label_j;
```
- NULL-Werte verzweigen immer in den ELSE-Zweig.
- GOTO: nicht von außen in ein IF-Konstrukt, einen LOOP, oder einen lokalen Block hineinspringen, nicht von einem IF-Zweig in einen anderen springen.
- hinter einem Label muss immer mindestens ein ausführbares Statement stehen;
- NULL Statement.

GESCHACHELTE BLÖCKE

Innerhalb der *Execution Section* werden *anonyme Blöcke* zur Strukturierung verwendet. Hier wird die *Declaration Section* mit DECLARE eingeleitet (es gibt keinen Block Header):

```
BEGIN
  -- Befehle des äußeren Blocks --
  DECLARE
    -- Deklarationen des inneren Blocks
  BEGIN
    -- Befehle des inneren Blocks
  END;
  -- Befehle des äußeren Blocks --
END;
```

8.2 Course/Iteratoren zur Verarbeitung von Ergebnismengen

- Datenbankabfragen: mengenorientiert
- Programmiersprache: variablenbasiert

Design Patterns: Kollektionen und Iteratoren

(vgl. Informatik I)

- Kollektion: Sammlung von Items (Liste, Baum, Heap, Menge)
- Iterator: Hilfsklasse zum Durchlaufen/Aufzählen aller Items
- Methoden:
 - Erzeugen/Initialisieren des Iterators,
 - Weiterschalten, Test, ob noch weitere Elemente vorhanden sind,
 - Zugriff auf ein Element,
 - (Schliessen des Iterators)

... Iteratoren werden im Weiteren immer wieder verwendet.

CURSORBASIERTER DATENBANKZUGRIFF

Zeilenweiser Zugriff auf eine Relation aus einem PL/SQL-Programm.

Cursordeklaration in der *Declaration Section*:

```
CURSOR <cursor-name> [(<parameter-list>)]
IS
  <select-statement>;
```

- (<parameter-list>): Parameter-Liste,
- nur IN als Übergaberichtung erlaubt.
- Zwischen SELECT und FROM auch PL/SQL-Variablen und PL/SQL-Funktionen. PL/SQL-Variablen können ebenfalls in den WHERE-, GROUP- und HAVING-Klauseln verwendet werden.

Beispiel:

Alle Städte in dem in der Variablen `the_country` angegebenen Land:

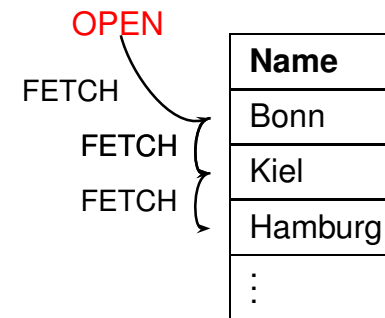
```
DECLARE
  CURSOR cities_in (the_country Country.Code%TYPE)
  IS SELECT Name
     FROM City
     WHERE Country=the_country;
```

Cursore: Grundprinzip

- OPEN <cursor-name> [(<argument-list>)];

Erzeugt mit dem gegebenen SELECT-Statement eine *virtuelle Tabelle* mit einem "Fenster", das über einem Tupel stehen kann und schrittweise vorwärts bewegt wird. Mit OPEN wird der Cursor initialisiert:

```
OPEN cities_in ('D');
```



Cursore: Verwendung

- `FETCH <cursor-name> INTO <record-variable>;` oder `FETCH <cursor-name> INTO <variable-list>;`
bewegt den Cursor auf die nächste Zeile des Ergebnisses der Anfrage und kopiert diese in die angegebene Record-Variable oder Variablenliste.

Diese kann z.B. mit `<cursor-name>%ROWTYPE` mit dem Record-Typ des Cursors definiert werden:

```
<variable> <cursor-name>%ROWTYPE;
```

- `CLOSE <cursor-name>;` schließt einen Cursor.

```
DECLARE CURSOR cities_in
  (crs_country Country.Code%TYPE)
  IS SELECT Name
     FROM City
     WHERE Country = crs_country;
city_in cities_in%ROWTYPE;
BEGIN
  OPEN cities_in ('D');
  FETCH cities_in INTO city_in;
  dbms_output.put_line(city_in.Name);
  FETCH cities_in INTO city_in;
  dbms_output.put_line(city_in.Name);
  CLOSE cities_in;
END;
/
```

Cursore: Attribute

Kontrolle über die Verarbeitung eines Cursors:

- `<cursor-name>%ISOPEN`: Cursor offen?
- `<cursor-name>%FOUND`: Solange ein Cursor bei der letzten `FETCH`-Operation ein neues Tupel gefunden hat, ist `<cursor-name>%FOUND = TRUE`.
- `<cursor-name>%NOTFOUND`: `TRUE` wenn man alle Zeilen eines Cursors `GEFETCHT` hat.
- `<cursor-name>%ROWCOUNT`: Anzahl der von einem Cursor bereits gelesenen Tupel.
- nicht innerhalb eines SQL-Ausdrucks.

[Filename: PLSQL/cursor1.sql]

Cursore: Attribute

```

CREATE OR REPLACE PROCEDURE first_city
    (the_country country.code%TYPE)
IS BEGIN
    DECLARE CURSOR cities_in
    (crs_country Country.Code%TYPE)
    IS SELECT Name
        FROM City
        WHERE Country = crs_country;
    city_in cities_in%ROWTYPE;
BEGIN
    OPEN cities_in (the_country);
    FETCH cities_in INTO city_in;
    IF cities_in%FOUND
    THEN DBMS_OUTPUT.PUT_LINE(city_in.name);
    ELSE DBMS_OUTPUT.PUT_LINE('Nothing found!');
    END IF;
    CLOSE cities_in;
END;
END;
/

```

[Filename: PLSQL/cursor-attrs.sql]

```

execute first_city('D');
execute first_city('X');

```

- Aufgabe: Programmieren Sie eine explizite WHILE-Schleife, die alle Städte eines Landes ausgibt.

Cursore: Hinweis

nicht möglich:

```

OPEN cities_in ('D');
OPEN cities_in ('CH');
FETCH cities_in INTO <variable>;

```

- *ein* parametrisierter Cursor,
- *nicht* eine Familie von Cursorsen!

CURSOR FOR LOOP

Spezielle Schleife zur Iteration über den Inhalt eines Cursors:

```
FOR <record_index> IN <cursor-name>
LOOP ... END LOOP;
```

- <record_index> wird dabei *automatisch* als Variable vom Typ <cursor-name>%ROWTYPE deklariert,
- <record_index> *immer* von einem Record-Type – ggf. einspaltig.
- Es wird automatisch ein OPEN ausgeführt,
- bei jeder Ausführung des Schleifenkörpers wird *automatisch* ein FETCH ausgeführt,
- → Schleifenkörper enthält i.a. *keinen* FETCH-Befehl,
- am Ende wird automatisch ein CLOSE ausgeführt,
- Spalten müssen explizit adressiert werden.

Cursor FOR LOOP: Beispiel

Beispiel: Für jede Stadt in dem gegebenen Land soll der Name ausgegeben werden:

```
CREATE OR REPLACE PROCEDURE list_cities
    (the_country country.code%TYPE)
IS
BEGIN
    DECLARE CURSOR cities_in
        (crs_country country.Code%TYPE)
    IS SELECT Name
        FROM City
        WHERE Country = crs_country;
    BEGIN
        FOR the_city IN cities_in(the_country)
        LOOP
            dbms_output.put_line(the_city.name);
        END LOOP;
    END;
END;
/
```

[Filename: PLSQL/cursor-loop1.sql]

```
execute list_cities('D');
```

EINGEBETTETER CURSOR FOR LOOP

- SELECT-Anfrage kann auch direkt in die FOR-Klausel geschrieben werden.

```
CREATE OR REPLACE PROCEDURE list_big_cities
(the_country country.code%TYPE)
IS
BEGIN
  FOR the_city IN
    ( SELECT Name
      FROM City
      WHERE Country = the_country
      AND Population > 1000000 )
  LOOP
    dbms_output.put_line(the_city.Name);
  END LOOP;
END;
/
```

[Filename: PLSQL/cursor-loop2.sql]

```
execute list_big_cities('D');
```

SCHREIBZUGRIFF VIA CURSOR

Mit WHERE CURRENT OF <cursor-name> kann man auf das zuletzt von dem genannten Cursor gefETCHte Tupel zugreifen:

```
UPDATE <table-name>
SET <set_clause>
WHERE CURRENT OF <cursor_name>;

DELETE FROM <table-name>
WHERE CURRENT OF <cursor_name>;
```

- Dabei bestimmt die Positionierung des Cursors bezüglich der Basistabellen den Ort der Änderung (im Gegensatz zu View Updates).

PL/SQL-DATENTYPEN: PL/SQL TABLES

Array-artige Struktur, *eine* Spalte mit beliebigem Datentyp (also auch RECORD), normalerweise mit BINARY_INTEGER indiziert.

```
TYPE <tabtype> IS TABLE OF <datatype>
    [INDEX BY BINARY_INTEGER];
<tablename> <tabtype>;
```

Built-in-Funktionen und -Prozeduren:

```
<variable> := <tablename>.<built-in-function>;
oder
<tablename>.<built-in-procedure>;
```

- COUNT (fkt): Anzahl der belegten Zeilen.
- EXISTS(i) (fkt): TRUE falls Zeile i der Tabelle nicht leer.
- DELETE (proc): Löscht alle Zeilen einer Tabelle.
- DELETE(i): Löscht Zeile i einer Tabelle.
- FIRST/LAST (fkt): niedrigster/höchster belegter Indexwert. (ist null falls Tabelle leer ist!)
- NEXT/PRIOR(n) (fkt): Gibt ausgehend von n den nächsthöheren/nächstniedrigen belegten Indexwert.

PL/SQL Tables als einfache Collections

- dann (implizit) indiziert mit 1..n (falls nicht leer)

```
SELECT ...
BULK COLLECT INTO <tablename>
FROM ...
WHERE ...
```

```
DECLARE
    TYPE tabtype IS TABLE OF city%ROWTYPE;
    tab tabtype;
BEGIN
    SELECT *
        BULK COLLECT INTO tab
        FROM city
        WHERE country = 'D';
    IF tab.COUNT > 0 THEN
        FOR i IN tab.FIRST .. tab.LAST LOOP
            dbms_output.put_line(tab(i).name);
        END LOOP;
    END IF;
END;
/
```

[Filename: PLSQL/table1.sql]

- analog TABLE OF <table>.<attr>%TYPE und dann Zugriff nur mit tab(i)
- bei BULK COLLECT wird der vorherige Inhalt der Tabelle

PL/SQL TABLES ALS INDIZIERTE COLLECTIONS

```
TYPE <tabtype> IS TABLE OF <datatype>
  INDEX BY BINARY_INTEGER;
<tablename> <tabtype>;
```

- Adressierung: <tablename>(n)
- *sparse*: nur die Zeilen gespeichert, die Werte enthalten.
- Dann springen mit WHILE und <tablename>.next:

```
DECLARE
  TYPE plz_table_type IS TABLE OF City.Name%TYPE
    INDEX BY BINARY_INTEGER;
  plztab plz_table_type;
  i NUMBER;
BEGIN
  plztab(37077) := 'Goettingen';
  plztab(79110) := 'Freiburg';
  plztab(33334) := 'Kassel';
  i := plztab.first;          -- 33334
  WHILE NOT i IS NULL LOOP
    dbms_output.put_line(i || ' ' || plztab(i));
    i := plztab.next(i);
  END LOOP;
END;
/
```

[Filename: PLSQL/table2.sql]

PL/SQL Tables

- Tabellen können auch als Ganzes zugewiesen werden


```
andere_table := plz_table;
```
- Unterschied BULK COLLECT zu Cursor:
 - Cursor wird on-demand iteratorbasiert ausgewertet, kann abgebrochen werden,
 - BULK COLLECT wertet komplett aus und legt das Ergebnis in PL/SQL-Tabelle ab.
 - * BULK COLLECT ist daher ineffizienter, gibt aber die DB sofort wieder frei (falls eine andere Transaktion schreibend zugreifen möchte).

PL/SQL Tables als Rückgabewert einer Funktion

```

CREATE OR REPLACE TYPE membership_type AS OBJECT (
    country VARCHAR2(4),
    type VARCHAR2(60) );
/
CREATE OR REPLACE TYPE memberships_type
AS TABLE OF membership_type;
/
CREATE OR REPLACE FUNCTION members_of(org VARCHAR2)
RETURN memberships_type
IS
    toreturn memberships_type;
BEGIN
    SELECT membership_type(country, type)
    BULK COLLECT INTO toreturn
    FROM ismember
    WHERE organization = org;
    RETURN toreturn;
END;
/

SELECT country, type
FROM TABLE(SELECT members_of('EU') FROM DUAL);

```

[Filename: PLSQL/return_table.sql]

DDL-KOMMANDOS IN PL/SQL

DDL-Statements werden in PL/SQL nicht direkt unterstützt:

- EXECUTE IMMEDIATE <string>
 <string> kann dabei eine Konstante sein, oder kann dynamisch zusammengesetzt werden

```

BEGIN
    execute immediate 'drop table continent';
END;

```

```

CREATE OR REPLACE PROCEDURE clean
IS
BEGIN
    FOR tn IN
        ( SELECT table_name FROM all_tables
          WHERE table_name LIKE 'TMP_%')
    LOOP
        execute immediate 'DROP TABLE ' || tn.table_name;
    END LOOP;
END;
/

```

[Filename: PLSQL/clean.sql]

DYNAMIC SQL MIT EXECUTE IMMEDIATE

- String zusammenbauen wie eben, oder
- Platzhalter für Werte, die dann bei Ausführung eingesetzt werden

```
DECLARE country VARCHAR2(4) := 'CDN';
        org VARCHAR2(10) := 'EU';
BEGIN
    execute immediate
        'insert into isMember VALUES (:1, :2, :3)'
        using country, org, 'candidate';
END;
/
```

- Wert in eine PL/SQL-Variable einlesen: INTO

```
CREATE OR REPLACE PROCEDURE sp (cname City.name%TYPE)
IS BEGIN declare cty city%ROWTYPE;
    BEGIN
        execute immediate 'select * from city where name= :1'
            into cty
            using cname;
        dbms_output.put_line(cty.population);
    END; END;
/
execute sp('Berlin');
```

[Filename: PLSQL/dynamicselect.sql]

8.3 Zugriffsrechte auf PL/SQL-Datenbankobjekte

Benutzung von Funktionen/Prozeduren:

- Benutzungsrechte vergeben:
GRANT EXECUTE ON <procedure/function> TO <user>;
- Prozeduren und Funktionen werden jeweils mit den Zugriffsrechten des *Besitzers* ausgeführt.
- nach
GRANT EXECUTE ON <procedure/function> TO <user>;
kann dieser User die Prozedur/Funktion auch dann aufrufen, wenn er kein Zugriffsrecht auf die dabei benutzten Tabellen hat.
- Möglichkeit, Zugriffsberechtigungen strenger zu formulieren als mit GRANT ... ON <table> TO ...:
Zugriff nur in einem ganz speziellen, durch die Prozedur oder Funktion gegebenen Kontext.
- Entsprechende Privilegien muss man direkt (GRANT ... TO <user>), und nicht nur über eine Rolle bekommen haben.

8.4 Geschachtelte Tabellen unter PL/SQL

Nested_Languages		
Country	Languages	
D	German	100
CH	German	65
	French	18
	Italian	12
	Romansch	1
FL	NULL	
F	French	100
⋮	⋮	

Nutzung geschachtelter Tabellen in ORACLE nicht ganz unproblematisch:

“Bestimme alle Länder, in denen Deutsch gesprochen wird, sowie den Anteil der deutschen Sprache in dem Land”

Eine solche Anfrage muss für *jedes* Tupel in *Nested_Languages* die innere Tabelle untersuchen.

- SELECT THE kann jeweils nur ein Objekt zurückgeben,
- keine Korrelation mit umgebenden Tupeln möglich.
- Verwendung einer (Cursor-)Schleife.

Geschachtelte Tabellen unter PL/SQL: Beispiel

```

CREATE TABLE tempCountries
  (Land    VARCHAR2(4),
   Sprache VARCHAR2(20),
   Anteil  NUMBER);

CREATE OR REPLACE PROCEDURE Search_Countries
  (the_Language IN VARCHAR2)
IS CURSOR countries IS
  SELECT Code
  FROM Country;
BEGIN
  DELETE FROM tempCountries;
  FOR the_country IN countries
  LOOP
    INSERT INTO tempCountries
    SELECT the_country.code,Name,Percentage
    FROM THE(SELECT Languages
             FROM Nested_Language
             WHERE Country = the_country.Code)
    WHERE Name = the_Language;
  END LOOP;
END;
/

EXECUTE Search_Countries('German');
SELECT * FROM tempCountries;

```

(RE)AKTIVES VERHALTEN

- Bis jetzt: Funktionen und Prozeduren werden durch den Benutzer explizit aufgerufen.
- Trigger: Ausführung wird durch das Eintreten eines Ereignisses in der Datenbank angestoßen.

8.5 Trigger

EINSCHUB: INTEGRITÄTSBEDINGUNGEN

- Spalten- und Tabellenbedingungen
 - Wertebereichsbedingungen (*domain constraints*),
 - Verbot von Nullwerten,
 - Uniqueness und Primärschlüssel-Bedingungen,
 - CHECK-Bedingungen.
- ! Alles nur als Bedingungen an *eine* Zeile innerhalb *einer* Tabelle formulierbar.

ASSERTIONS

- Bedingungen, die den gesamten DB-Zustand betreffen.
`CREATE ASSERTION <name> CHECK (<bedingung>)`
- Diese werden allerdings von ORACLE bisher nicht unterstützt.

⇒ Also muss man sich etwas anderes überlegen.

TRIGGER

- spezielle Form von PL/SQL-Prozeduren,
- werden beim Eintreten eines bestimmten Ereignisses ausgeführt.
- Spezialfall aktiver Regeln nach dem **Event-Condition-Action**-Paradigma.
- einer Tabelle (oft auch noch einer bestimmten Spalte) zugeordnet.
- Bearbeitung wird durch das Eintreten eines Ereignisses (Einfügen, Ändern oder Löschen von Zeilen der Tabelle) ausgelöst (**Event**).
- Ausführung von Bedingungen an den Datenbankzustand abhängig (**Condition**).
- **Action:**
 - *vor* oder *nach* der Ausführung der entsprechenden aktivierenden Anweisung ausgeführt.
 - einmal pro auslösender Anweisung (Statement-Trigger) oder einmal für jede betroffene Zeile (Row-Trigger) ausgeführt.
 - Trigger-Aktion kann auf den alten und neuen Wert des gerade behandelten Tupels zugreifen.

TRIGGER

```
CREATE [OR REPLACE] TRIGGER <trigger-name>
  BEFORE | AFTER
  {INSERT | DELETE | UPDATE} [OF <column-list>]
  [ OR {INSERT | DELETE | UPDATE} [OF <column-list>]]
  :
  [ OR {INSERT | DELETE | UPDATE} [OF <column-list>]]
  ON <table>
  [REFERENCING OLD AS <name> NEW AS <name>]
  [FOR EACH ROW]
  [WHEN (<condition>)]
  <pl/sql-block>;
```

- BEFORE, AFTER: Trigger wird vor/nach der auslösenden Operation ausgeführt.
- OF <column> (nur für UPDATE) schränkt Aktivierung auf angegebene Spalte ein.
- Zugriff auf Zeileninhalte vor und nach der Ausführung der aktivierenden Aktion mittels OLD bzw. NEW. Schreiben in NEW-Werte nur mit BEFORE-Trigger.
- FOR EACH ROW: Row-Trigger, sonst Statement-Trigger.
- WHEN (<condition>): zusätzliche Bedingung; hier werden OLD und NEW verwendet; Subqueries an die Datenbank sind nicht erlaubt.
- Referenzieren der Variablen im PL/SQL-Teil als :OLD und :NEW.

TRIGGER: BEISPIEL

Wenn ein Landes-Code geändert wird, pflanzt sich diese Änderung auf die Relation *Province* fort:

```
CREATE OR REPLACE TRIGGER change_Code
BEFORE UPDATE OF Code ON Country
FOR EACH ROW
BEGIN
    UPDATE Province
    SET Country = :NEW.Code
    WHERE Country = :OLD.Code;
END;
/
```

[Filename: PLSQL/changecode.sql]

```
UPDATE Country
SET Code = 'UK'
WHERE Code = 'GB';
```

```
SELECT * FROM Province WHERE Country='UK';
```

TRIGGER: BEISPIEL

Wenn ein Land neu angelegt wird, wird ein Eintrag in *Politics* mit dem aktuellen Jahr erzeugt:

```
CREATE TRIGGER new_Country
AFTER INSERT ON Country
FOR EACH ROW
WHEN (:NEW.population > 2)
BEGIN
    INSERT INTO Politics (Country,Independence)
    VALUES (:NEW.Code,SYSDATE);
END;
/
```

[Filename: PLSQL/newcountry.sql]

```
INSERT INTO Country (Name,Code,Population)
VALUES ('Lummerland', 'LU', 4);
```

```
SELECT * FROM Politics WHERE country='LU';
```

TRIGGER: MUTATING TABLES

- Zeilenorientierte Trigger: immer direkt vor/nach der Veränderung einer Zeile aufgerufen
- jede Ausführung des Triggers sieht einen anderen Datenbestand der Tabelle, auf der er definiert ist, sowie der Tabellen, die er evtl. ändert
- ↪ Ergebnis *abhängig von der Reihenfolge* der veränderten Tupel

ORACLE: Betroffene Tabellen werden während der gesamten Aktion als *mutating* gekennzeichnet, können nicht von Triggern gelesen oder geschrieben werden.

Nachteil: Oft ein zu strenges Kriterium.

- Trigger soll auf Tabelle zugreifen auf der er selber definiert ist.
 - Nur das auslösende Tupel soll von dem Trigger gelesen/geschrieben werden: Verwendung eines BEFORE-Triggers und der :NEW- und :OLD-Variablen
 - Es sollen neben dem auslösenden Tupel auch weitere Tupel verwendet werden: Verwendung eines Statement-orientierten Triggers
- Trigger soll auf andere Tabellen zugreifen: Verwendung von Statement-Triggern und ggf. Hilfstabellen.

INSTEAD OF-TRIGGER

- *View Updates*: Updates müssen auf Basistabellen umgesetzt werden.
- View-Update-Mechanismen eingeschränkt.
- INSTEAD OF-Trigger: Änderung an einem View wird durch andere SQL-Anweisungen ersetzt.

```
CREATE [OR REPLACE] TRIGGER <trigger-name>
  INSTEAD OF
  {INSERT | DELETE | UPDATE} ON <view>
  [REFERENCING OLD AS <name> NEW AS <name>]
  [FOR EACH STATEMENT]
  <pl/sql-block>;
```

- Keine Einschränkung auf bestimmte Spalten möglich
- Keine WHEN-Klausel
- Default: FOR EACH ROW

VIEW UPDATES UND INSTEAD OF-TRIGGER

```
CREATE OR REPLACE VIEW AllCountry AS
SELECT Name, Code, Population, Area,
       GDP, Population/Area AS Density,
       Inflation, population_growth,
       infant_mortality
FROM Country, Economy, Population
WHERE Country.Code = Economy.Country
      AND Country.Code = Population.Country;
```

[Filename: PLSQL/allcountry-view.sql]

```
INSERT INTO AllCountry
(Name, Code, Population, Area, GDP,
 Inflation, population_growth, infant_mortality)
VALUES ('Lummerland', 'LU', 4, 1, 0.5, 0, 25, 0);
```

[Filename: PLSQL/insert-allcountry.sql]

Fehlermeldung: Über ein Join-View kann nur *eine* Basistabelle modifiziert werden.

VIEW UPDATES UND INSTEAD OF-TRIGGER

```
CREATE OR REPLACE TRIGGER InsAllCountry
INSTEAD OF INSERT ON AllCountry
FOR EACH ROW
BEGIN
  INSERT INTO
    Country (Name, Code, Population, Area)
VALUES (:NEW.Name, :NEW.Code,
        :NEW.Population, :NEW.Area);
  INSERT INTO Economy (Country, Inflation)
VALUES (:NEW.Code, :NEW.Inflation);
  INSERT INTO Population
    (Country, Population_Growth, infant_mortality)
VALUES (:NEW.Code, :NEW.Population_Growth,
        :NEW.infant_mortality);
END;
/
```

[Filename: PLSQL/instead-of.sql]

- aktualisiert *Country*, *Economy* und *Population*.
- Trigger *New_Country* (AFTER INSERT ON COUNTRY) aktualisiert zusätzlich *Politics*.

FEHLERBEHANDLUNG DURCH EXCEPTIONS IN PL/SQL

- Declaration Section: Deklaration (der Namen) benutzerdefinierter Exceptions.
- Exception Section: Definition der beim Auftreten einer Exception auszuführenden Aktionen.

```
DECLARE <exception> EXCEPTION;
```

```
WHEN <exception>
```

```
    THEN <PL/SQL-Statement>;
```

```
WHEN OTHERS THEN <PL/SQL-Statement>;
```

- Exceptions können dann an beliebigen Stellen des PL/SQL-Blocks durch RAISE ausgelöst werden.

```
IF <condition>
```

```
    THEN RAISE <exception>;
```

ABLAUF

- auslösen einer Exception
- entsprechende Aktion der WHEN-Klausel ausführen
- innersten Block verlassen (oft Anwendung von anonymen Blöcken sinnvoll)

TRIGGER/FEHLERBEHANDLUNG: BEISPIEL

Nachmittags dürfen keine Städte gelöscht werden:

```
CREATE OR REPLACE TRIGGER nachm_nicht_loeschen
BEFORE DELETE ON City
BEGIN
    IF SYSDATE
        BETWEEN to_date('12:00', 'HH24:MI')
            AND to_date('18:00', 'HH24:MI')
    THEN RAISE_APPLICATION_ERROR
        (-20101, 'Unerlaubte Aktion');
    END IF;
END;
/
```

[Filename: PLSQL/trigger-nachmittag.sql]

BEISPIEL

```
CREATE OR REPLACE TRIGGER dummytrigger
INSTEAD OF INSERT ON AllCountry
FOR EACH ROW
BEGIN
  IF user='may'
  THEN NULL;
  END IF;
  ...
END;
/

INSERT INTO AllCountry
(Name, Code, Population, Area, GDP, Inflation,
 population_growth, infant_mortality)
VALUES ('Lummerland', 'LU', 4, 1, 0.5, 0, 25, 0);
```

1 Zeile wurde erstellt.

```
SQL> select * from allcountry where Code='LU';
```

Es wurden keine Zeilen ausgewaehlt.

(aus A. Christiansen, M. Höding, C. Rautenstrauch und G. Saake, ORACLE 8 effizient einsetzen, Addison-Wesley, 1998)

8.6 Zeitgesteuerte Jobs

(eigentlich nicht direkt zu PL/SQL gehörend)

- Implementierung zeitabhängiger Trigger,
- bei jedem Produkt anders.
- Beschreibung hier für Oracle (Stand 12c, 2014)

Jobs und Schedules in Oracle

- Man benötigt die Systemprivilegien CREATE JOB, MANAGE SCHEDULER, ggf. auch CREATE EXTERNAL JOB
- die Konfiguration benutzt eine objektorientierte Syntax (ist auch auf Basis der objektrelationalen Interna umgesetzt)
- interne (PL/SQL) und externe (Aufruf eines Programmes via Pfad) Jobs möglich
- komplexe Spezifikationen von Aufrufzeiten via Schedules möglich.

Einmalige zeitgesteuerte Jobs: Beispiel

- der folgende Job trägt nach einer Minute die (dann) aktuelle Zeit in die Tabelle "jobtest" ein, danach wird der Job gelöscht.
- Syntax in SQLplus:
`execute DBMS_SCHEDULER.CREATE_JOB (<job-spezifikation>);`
 ... dabei werden aber keine Zeilenumbrüche akzeptiert.
- also dasselbe (didaktisch) besser in einen PL/SQL-begin/end-Block packen:

```
create table jobtest (x DATE);
begin
  DBMS_SCHEDULER.CREATE_JOB
    (job_name => 'job1',
     job_type => 'PLSQL_BLOCK',
     job_action => 'begin insert into jobtest
                   values (SYSDATE); end;',
     start_date => SYSDATE+1/1440,
     enabled => TRUE);
end;
/
```

[Filename: PLSQL/simple-job.sql]

Job-Attribute und Aufruf via Scheduler

- enabled: TRUE aktiviert sofort, FALSE hält einen Job deaktiviert
`execute DBMS_SCHEDULER.ENABLE('job1');`
`execute DBMS_SCHEDULER.DISABLE('job1');`
 manuell aufrufen bzw löschen:
`execute DBMS_SCHEDULER.RUN_JOB('job1');`
`execute DBMS_SCHEDULER.DROP_JOB('job1');`
 Fehlermeldungen erhält man nur bei manuellem Aufruf!
- start_date, end_date: ggf. Anfang und Ende.
- auto_drop: default TRUE; FALSE sorgt für Wiederholung.
- repeat_interval: basierend auf "Schedules"; Details siehe Dokumentation, z.B.
 - FREQ = YEARLY|MONTHLY|...|SECONDLY;
 Basisangabe, wie oft,
 - INTERVAL = 1..99
 jedes, jedes zweite, jedes 99. von FREQ,
 - BYMONTH =...; BYDAY=...;
 Spezifikation des "wann" innerhalb des "wie oft",
`repeat_interval => 'FREQ = WEEKLY; INTERVAL = 2;
 BYDAY = MON, THU; BYHOUR = 15, 16; BYMINUTE = 00'`
 jede zweite Woche, Montags+Donnerstags, 15 und 16 Uhr
- job_type: 'PL/SQL_BLOCK', 'STORED_PROCEDURE', 'EXECUTABLE' (externer Job)

Wiederholende zeitgesteuerte Jobs: Beispiel

- der folgende Job erhöht alle zwei Minuten zu jeweils 5 angegebenen Sekundenzeitpunkten die Bevölkerung um 1:

```
begin
DBMS_SCHEDULER.DROP_JOB('job2');
DBMS_SCHEDULER.CREATE_JOB
(job_name => 'job2',
 job_type => 'PLSQL_BLOCK',
 job_action => 'begin
                update country
                set population = population + 1
                where code='CN';
            end;',
 auto_drop => FALSE,
 repeat_interval => 'FREQ = MINUTELY; INTERVAL = 2;
                BYSECOND = 5, 18, 31, 45, 51',
 start_date => SYSDATE+1/2880, -- after 30 secs
 end_date => SYSDATE+11/1440, -- after 11 minutes
 enabled => TRUE);
end;
/
```

[Filename: PLSQL/repeating-job.sql]

- ... in der 11. Minute nur noch 2x. Zusammen also 5x5 (0,2,4,6,8 min) + 1x2 = 27x.

Externe Jobs

- siehe Dokumentation.
- benötigt das Recht CREATE EXTERNAL JOB,
- werden auf dem Rechner ausgeführt, auf dem Oracle läuft,
- Oracle führt einen Benutzerwechsel durch (konfigurierbar, default: nobody/nogroup),
- job_action enthält nur Pfad des auszuführenden Programms, Parameter müssen separat übergeben werden,
- Fehlermeldungen erhält man nur bei manuellem Aufruf mit

```
execute DBMS_SCHEDULER.RUN_JOB('job1');
```

Informationen über bestehende Jobs

```
SELECT job_name, job_action
FROM user_scheduler_jobs;
```

Kapitel 9

Objekt-Relationale Datenbanksysteme

Integration von relationalen Konzepten und Objektorientierung:

- Komplexe Datentypen: Erweiterung des Domain-Konzepts von SQL-2 (vgl. DATE, Geo-Koordinaten)
- Abstrakte Datentypen (“Objekttypen”):
 - Unterscheidung zwischen dem *Zustand* und *Verhalten* eines *Objektes* (Kapselung interner Funktionalität).
 - Im Gegensatz zu einem *Tupel* besitzt ein Objekt
 - * Attribute (beschreiben seinen Zustand),
 - * Methoden – Abfragen und Ändern des Zustandes: *Prozeduren* und *Funktionen* (Oracle 8: PL/SQL, Oracle 8i: auch Java, siehe Folie 326)
 - * MAP/ORDER-Funktionen: Ordnung auf Objekttyp
- Spezielle Ausprägungen:
 - Geschachtelte Tabellen als Attributwerte,
 - Erweiternde Datentypen (Spatial etc.),
 - Built-In XMLType zur Verarbeitung von XML-Daten (siehe Folie 390).

8.7 Weitere PL/SQL-Features

- *Packages*: Möglichkeit, Daten und Programme zu kapseln;
- FOR UPDATE-Option bei Cursordeklarationen;
- *Cursorvariablen*;
- *Exception Handlers*;
- *benannte* Parameterübergabe;
- PL-SQL Built-in Funktionen: Parsing, String-Operationen, Datums-Operationen, Numerische Funktionen;
- Built-in Packages.
- Definition komplexer Transaktionen,
- Verwendung von SAVEPOINTS für Transaktionen.

STUFEN DER OBJEKTORIENTIERUNG

“Konservative” objektrelationale Erweiterungen (seit Oracle 8)

(siehe Folie 243)

- Objekte als “Werte” von Attributen:
Spalten einer Tupeltabelle können *objektwertig* sein.
- Objekte anstelle von Tupeln:
Tabellen von Tupeln vs. *Object Tables* aus Objekten
- Typ definiert gemeinsame Signatur seiner Instanzen
(Objekte)
- bereits behandelt: Komplexe Attributtypen. Besitzen nur *Wertattribute*, keine Methoden.

Objektorientierte Datenbanken

(siehe Folie 269)

- Beziehungen nicht mehr über Schlüssel/Fremdschlüssel
sondern über Referenzen
⇒ Navigation anstatt Joins
- seit ORACLE 9i: Subtypen und Vererbung, Objekttypen aus
Java-Klassen.