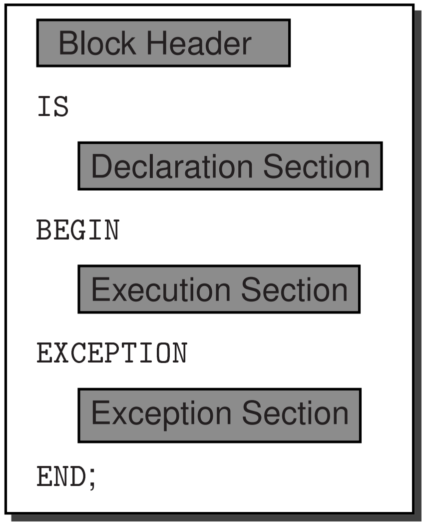
Prozedurale Erweiterungen: PL/SQL

- keine prozeduralen Konzepte in SQL (Schleifen, Verzweigungen, Variablendeklarationen)
- viele Aufgaben nur umständlich über Zwischentabellen oder überhaupt nicht in SQL zu realisieren.
  - Transitive Hülle.
- Programme repräsentieren anwendungsspezifisches Wissen, das nicht in der Datenbank enthalten ist.

Erweiterungen

- Einbettung von SQL in prozedurale Wirtssprachen (*embedded SQL*); meistens Pascal, C, C++, oder neuerdings auch Java (JDBC),
- Erweiterung von SQL um prozedurale Elemente *innerhalb* der SQL-Umgebung, *PL/SQL* (*Procedural language extensions to SQL*).
- Vorteile von PL/SQL: Bessere Integration der prozeduralen Elemente in die Datenbank; Nutzung in Prozeduren, Funktionen und Triggern.
- benötigt für Objektmethoden.

Blockstruktur von PL/SQL



- 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.

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>;
/
```

- 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.

Wichtig: nach dem Semikolon noch ein Vorwärtsslash (“/”), um die Deklaration auszuführen!!!

Im Falle von “... created with compilation errors”:

```
SHOW ERRORS;
```

ausgeben lassen.

Prozeduren und Funktionen können mit `DROP PROCEDURE/FUNCTION <name>` gelöscht werden.

Prozeduren und Funktionen

- Aufruf von Prozeduren im PL/SQL-Skript:
  `<procedure> (arg1,...,argn);`
  (wenn ein formaler Parameter als OUT oder INOUT angegeben ist, muss das Argument eine Variable sein)
- Aufruf in 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 ausgeben zu lassen.

```
SELECT <function> (arg1,...,argn)
FROM DUAL;
```


Praktikum: Datenbankprogrammierung in SQL/ORACLE

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


PL/SQL-Variablen und Datentypen.

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

```
<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.

```
anzahl NUMBER DEFAULT 0;
name VARCHAR2(30);
```

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 Datenbankanfrage an eine PL/SQL-Variable:

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

Beispiel:

```
the_name country.name%TYPE
         ⋮
SELECT name
INTO the_name
FROM country
WHERE name='Germany';
```

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(32),
   Population NUMBER,
   Longitude NUMBER,
   Latitude 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;
```


Praktikum: Datenbankprogrammierung in SQL/ORACLE

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 ... ;
  ```

```
the_country country%ROWTYPE
         ⋮
SELECT *
INTO the_country
FROM country
WHERE name='Germany';
```

Vergleich von Records:
Beim Vergleich von Records muss jedes Feld einzeln verglichen werden.

PL/SQL-Datentypen: PL/SQL Tables

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

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

```
<var> <type>;
```

```
plz_table_type IS TABLE OF City.Name%TYPE
  INDEX BY BINARY_INTEGER;
```

```
plz_table plz_table_type;
```

- Adressierung: `<var>(1)`

```
plz_table(79110):= Freiburg;
plz_table(33334):= Kassel;
```

- *sparse*: nur die Zeilen gespeichert, die Werte enthalten.

Tabellen können auch als Ganzes zugewiesen werden

```
andere_table := plz_table;
```


Praktikum: Datenbankprogrammierung in SQL/ORACLE

PL/SQL-Datentypen: PL/SQL Tables

Zusätzlich *built-in*-Funktionen und -Prozeduren:

```
<variable> := <pl/sql-table-name>.<built-in-function>;
oder
<pl/sql-table-name>.<built-in-procedure>;
```

- COUNT (fkt): Anzahl der belegten Zeilen.
  plz_table.count = 2
- EXISTS (fkt): TRUE falls Tabelle nicht leer.
- DELETE (proc): Löscht alle Zeilen einer Tabelle.
- FIRST/LAST (fkt): niedrigster/höchster belegter Indexwert.
  plz_table.first = 33334
- NEXT/PRIOR(n) (fkt): Gibt ausgehend von n den nächsthöheren/nächstniedrigen belegten Indexwert.
  plz_table.next(33334) = 79110

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

- DDL-Statements in PL/SQL nicht direkt unterstützt: DBMS_SQL-Package.

Praktikum: Datenbankprogrammierung in SQL/ORACLE

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.

Geschachtelte 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;
```


Praktikum: Datenbankprogrammierung in SQL/ORACLE

Ausgabe-Generierung

- verwendet das DBMS_Output Package
- einmalig SET SERVEROUTPUT ON
  (z.B., beim Starten von sqlplus)
- inberhalb von PL/SQL-Blocks:
  `dbms_output.put_line('bla');`
- Ausgabe erscheint aber erst *nach* Ausführung der Prozedur/des Triggers.

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:

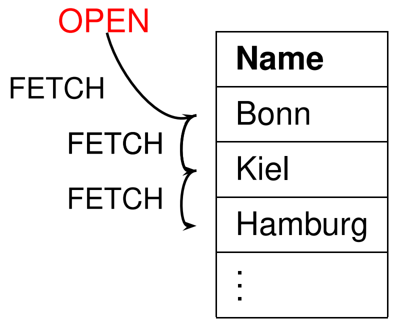
```
DECLARE CURSOR cities_in
   (the_country Country.Code%TYPE)
IS SELECT Name
   FROM City
   WHERE Country=the_country;
```


Cursore

- 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 die Anfrage ausgeführt und der Cursor initialisiert:

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



Cursore

- 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 wird 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.

Beispiel

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

city_in cities_in%ROWTYPE;

BEGIN
   OPEN cities_in ('D');
   FETCH cities_in INTO city_in;
   CLOSE cities_in;
END;
```


Cursore

nicht möglich:

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

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

Cursore: Attribute

- <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.

Cursor FOR LOOP

```
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.

Praktikum: Datenbankprogrammierung in SQL/ORACLE

Cursor FOR LOOP

Beispiel: Für jede Stadt in dem gegebenen Land soll eine Prozedur “request_Info” aufgerufen werden:

```
DECLARE CURSOR cities_in
   (the_country country.Code%TYPE)
IS SELECT Name
   FROM City
   WHERE Country = the_country;
BEGIN
   the_country:='D'; % oder sonstwie setzen
   FOR the_city IN cities_in(the_country)
   LOOP
      request_Info(the_city.name);
   END LOOP;
END;
```

Cursor FOR LOOP

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

```
CREATE TABLE big_cities
(name VARCHAR2(25));

BEGIN
  FOR the_city IN
   SELECT Name
   FROM City
   WHERE Country = the_country
   AND Population > 1000000
  LOOP
   INSERT INTO big_cities
      VALUES (the_city.Name);
  END LOOP;
END;
```


Praktikum: Datenbankprogrammierung in SQL/ORACLE

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).

Zugriffsrechte

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.

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

```
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;
```


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

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 ORACLEbisher 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 **E**vent-**C**ondition-**A**ction-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`. (Aliasing durch `REFERENCING OLD AS ... NEW AS ...`).

  Schreiben in `:NEW`-Werte nur mit `BEFORE`-Trigger.
- `FOR EACH ROW`: Row-Trigger, sonst Statement-Trigger.
- `WHEN (<condition>)`: zusätzliche Bedingung; `OLD` und `NEW` sind in `<condition>` erlaubt.

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;
/

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

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
BEGIN
   INSERT INTO Politics (Country,Independence)
   VALUES (:NEW.Code,SYSDATE);
END;
/

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

SELECT * FROM Politics;
```


Praktikum: Datenbankprogrammierung in SQL/ORACLE

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
- $\leadsto$ 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;

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

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;
/
```

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

Fehlerbehandlung

- Declaration Section: Deklaration (der Namen) benutzerdefinierter Exceptions.

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

- Exception Section: Definition der beim Auftreten einer Exception auszuführenden Aktionen.

  ```
  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 TO_CHAR(SYSDATE,'HH24:MI')
   BETWEEN '12:00' AND '18:00'
  THEN RAISE_APPLICATION_ERROR
   (-20101,'Unerlaubte Aktion');
  END IF;
END;
/
```


Beispiel

```
CREATE OR REPLACE TRIGGER bla
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)

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 `SAVEPOINT`s für Transaktionen,