Kapitel 2
SQL und PL/SQL

Folien zum Datenbankpraktikum
Wintersemester 2012/13 LMU München

Übersicht

Syntax einer SQL-Anfrage

logische Abarbeitungsreihenfolge ohne **`union`**

`select` [**`distinct`**] <Attributsliste, (arithm.) Ausdrücke, ...>	**6**
`from` <Relationenliste, Tupelvariablen>	**1**
[**`where`** <Bedingung>]	**2**
[**`group by`** <Attributsliste>	**3**
[**`having`** <Gruppen-Bedingung>]]	**4**
[**`union [all]`** / **`intersect`** / **`minus select ...`**]	
[**`order by`** <Liste von Spaltennamen>]	**5**

In Oracle: `order by` auf nicht selektierten Attributen möglich,

`union` erzwingt `select`

Bedeutung (Semantik) einer SQL-Anfrage

1. Kreuzprodukt aller Relationen, die in der **`from`**-Klausel vorkommen
2. Selektion aller Tupel, die die **`where`**-Klausel erfüllen
3. Partitionierung der Tupel in Gruppen, so dass die Tupel einer Gruppe in den Gruppierungsattributen übereinstimmen
4. Selektion aller Gruppen, die die **`having`**-Klausel erfüllen
5. Auswertung der **`select`**-Klausel: Auswahl der angegebenen Attribute (Projektion) und Elimination von Duplikaten, falls **`select distinct`** angegeben ist
   - ohne group by: für jedes in Schritt 2 verbliebene Tupel wird ein Ergebnistupel erzeugt
   - mit group by: für jede in Schritt 4 verbliebene Gruppe wird ein Ergebnistupel erzeugt
6. Auswertung des zweiten **`select`**-Statements und Durchführung der Mengenoperation
7. Sortierung entsprechend der **`order by`**-Klausel

Bemerkung: Die tatsächliche Auswertung einer Anfrage läuft in der Regel nicht in der Reihenfolge dieser Schritte ab (Performanz); sie muss nur das gleiche Ergebnis liefern.

Einfache Anfragen

- Einzelne Attribute einer Relation R, die eine bestimmte Bedingung erfüllen:

```
select * from R where a1 > a7
```

- Join:

```
select R1.a1, R1.a2 from R1, R2 where R1.a1 = R2.a2
```

- Bedingungen (Prädikate):
  - einfache Vergleiche: `< > =` ... , verknüpft durch `and`, `or`, `not`
  - Pattern matching: `like 'literals'` mit Platzhaltern:
    _ für beliebiges Zeichen, % für beliebigen String
  - Duplikate sind möglich, Abhilfe: `select distinct`
  - Attributeindeutigkeit durch Voranstellung des Relationennamens
    (hilfreich z.B. bei: `where R1.a1 = R2.a1`)

- Tupelvariable (zur Abkürzung oder zur Eindeutigkeit bei Self-Joins):

```
select r1.a1 from R r1, R r2 where r1.a1 > r2.a2
```

- Outer Join: Liefert alle Tupel des einfachen Joins *und* alle Zeilen der einen Relation, die mit keiner Zeile der anderen Relation 'matchen' (mit `null`-Werten in den Join-Attributen).

  Beispiel: `Teilnahme (PersNr, Projekt)`

  `Angestellter (PersNr, Name)`

  "Ermittle die Namen aller Angestellten zusammen mit der Bezeichnung des Projekts, an dem sie arbeiten."

  ```
  select Name, Projekt from Angestellter, Teilnahme
  where Angestellter.PersNr = Teilnahme.PersNr
  ```

  liefert nur Angestellte, die an Projekten mitarbeiten.

  ```
  select Name, Projekt
  from Angestellter left outer join Teilnahme using (PersNr)
  ```

Select-Klausel

Mit den Attributen (Spalten) kann auch gerechnet werden:

- arithmetische Ausdrücke: `+`, `-`, `/`, `*`
  - mit Konstanten
  - mit Attributen

- Aggregatsfunktionen: **`min`**, **`max`**, **`sum`**, **`avg`**, **`count`**, …

  Beispiel: `Angestellter(PersNr, Gehalt, ...)`

  “Durchschnittsgehalt aller Angestellten.”

```
select avg(Gehalt) from Angestellter
```

Subqueries

- In der **`where`**- oder **`having`**-Klausel können weitere **`select`**-Statements auftreten, sog. Subqueries (nested queries, geschachtelte Anfragen).
- **Einfache Subqueries** werden **einmal** ausgewertet, mit dem Ergebnis wird weitergerechnet.

Beispiel: `Student (MatrNr, Name, Vorname)`

`Teilnahme (MatrNr, Veranstaltung)`

"Namen aller Studierenden, die an mindestens einer Vorlesung teilnehmen."

```
select distinct Name
from Student
where MatrNr in (select MatrNr from Teilnahme)
```

Könnte auch mit Join gelöst werden:

```
select distinct Name
from Student s, Teilnahme t
where s.MatrNr = t.MatrNr
```

- **Korrelierte Subqueries:**
  - sind abhängig von der äußeren Query
  - werden für jedes Tupel ausgewertet, das in der äußeren Query bearbeitet wird
  - Das obige Beispiel kann auch mit korrelierter Subquery gelöst werden:

```
select Name
from Student s
where exists (
       select * from Teilnahme t where s.MatrNr = t.MatrNr)
```

  - Anderes Beispiel: `Angestellter(PersNr, Gehalt, Abteilung)`

    "Alle Angestellten, die mehr verdienen als das Durchschnittsgehalt ihrer Abteilung."

```
select *
from Angestellter a
where a.Gehalt > (select avg(b.Gehalt) from Angestellter b
                  where a.Abteilung = b.Abteilung)
```

- **Subqueries in der from-Klausel:**

  Beispiel:

```
select Name
from ( select Name, MatrNr from Student s, Teilnahme t
                          where s.MatrNr = t.MatrNr )
```

  → möglich, aber meist redundantes Statement

  → kann aber in Sonderfällen Performanz (kleinere Joins) oder Lesbarkeit erhöhen

  → besser: vorher Views definieren

Group by-Klausel

- Syntax: **`group by <Gruppierungsattribute>`**
- Wirkung: Mengen von Tupeln mit gleichen Werten in den angegebenen Attributen werden zu Gruppen zusammengefasst. Die Ergebnisrelation enthält ein Tupel für jede Gruppe.
- Die Attribute in der **`select`**-Klausel müssen Gruppierungsattribute sein. Andere Attribute dürfen nur in Aggregatsfunktionen vorkommen.
- Beispiel: *"Minimales und maximales Gehalt der Angestellten in jeder Abteilung."*

```
select Abteilung, min(Gehalt), max(Gehalt)
from Angestellter
group by Abteilung
```

Having-Klausel

- Syntax: **`having <Bedingung>`**
- Wirkung: Für jede Gruppe aus **`group by`** (oder ganze Ergebnismenge, falls kein **`group by`** angegeben) wird **`<Bedingung>`** geprüft und nur bei **`true`** in das Ergebnis aufgenommen.
- Beispiel: *"Minimales und maximales Gehalt der Angestellten von jeder Abteilung, in der das Durchschnittsgehalt unter EUR 1500 liegt."*

```
select Abteilung, min(Gehalt), max(Gehalt)
from Angestellter
group by Abteilung
having avg(Gehalt) < 1500
```

Order by-Klausel

- Syntax: **`order by <Sortierungsattribute> [ASC | DESC]`**
  (pro Sortierungsattribut)

  wobei **ASC** = ascending (aufsteigend), **DESC** = descending (absteigend)
- Wirkung: Ergebnistupel werden sortiert
- Beispiel:

```
select Name, Vorname
from Student
order by Name, Vorname
```

- Bemerkung: Statt Attributnamen kann auch die Position in der **`select`**-Liste angegeben werden (nützlich bei langen Ausdrücken):

```
select Name, Vorname
from Student
order by 1, 2
```

Mengenoperationen

- Syntax:
```
select ...
{ union [all] | intersect | minus }
select ...
```
- Wirkung: Mengenoperation ∪ (bei Verwendung von **`all`** keine Duplikatelimination), ∩, \ auf den Ergebnistupeln
- Beispiel:

```
select Name, Vorname
from Student
 union
select Name, Vorname
from Professor
```

Null-Werte

- Kein definierter Attributwert → verschiedene Interpretationsmöglichkeiten:
  - Wert existiert nicht (nie für das Tupel)
  - Wert ist derzeit nicht bekannt
  - Wert ist bekannt, aber nicht verfügbar (z.B. aus Datenschutzgründen)

- Wie wird **`null`** behandelt?
  - Wenn **`null`**-Werte an arithmetischen Operationen (`+, - ,/ , *`) beteiligt sind, wird das Ergebnis auch zu **`null`**.
  - Wenn **`null`**-Werte an Vergleichsoperationen (<, >, =, ...) beteiligt sind, wird das Ergebnis **unknown**. Wenn das Gesamtergebnis **`unknown`** ist, dann ist dies äquivalent zu **`false`**.
  - Für Test auf **`null`** die Operatoren **`is null`**, **`is not null`** verwenden!
  - Bei Aggregierung werden **`null`**-Werte nicht gezählt!
  - Bei Gruppierung, Duplikatelimination bilden **`null`**-Werte eine Gruppe.
  - Bei Sortierung ist **`null`** größter Wert.

- Bei logischen Operatoren **and**, **or**, **not** → dreiwertige Logik

  z.B. für **and**:

and	true	false	unknown
true	true	false	unknown
false	false	false	false
unknown	unknown	false	unknown

Beispiel:
```
select Name,Vorname
from Student
where Vorname > 'S' and Vorname < 'T'
```

liefert keine null-Werte als Vornamen.

Übersicht

Was sind Views?

- Views sind virtuelle, abgeleitete Relationen.
- Inhalt wird definiert durch **`select`**-Anweisung.
- Views werden in der Regel nicht materialisiert abgespeichert, sondern nur ihre Definition.
- Verwendungszweck:
  - Datenschutz: der Zugriff auf bestimmte Zeilen oder Spalten einer Tabelle kann unterbunden werden.
  - Ausblenden unnötiger Informationen
- Syntax:

```
create view <name> (<attr1>, ..., <attrn>) as
select <arg1>, ..., <argn> from ...
```

- Praxis: Viewdefinitionen in Textdateien (*.sql) editieren
  - *SQL*PLUS*: mit `start` bzw. `@` laden
  - *SQLDeveloper*: Skript per Button ausführen

Übersicht

Motivation

- SQL bietet keine Rekursion (Iteration) → keine Berechnungsvollständigkeit!
- Beispiel: (Transitive Hülle)

  gegeben: Relation `Strasse(von, nach)`

  gesucht: ist “E” von “A” erreichbar ?

  Annahme: Hilfsrelation `erreichbar(ort)` ist verfügbar (anfangs leer)

```
insert into erreichbar values (A);
while (E ∉ erreichbar ∧ erreichbar wächst an) {
    insert into erreichbar {
       select nach from strasse
        where von in (select * from erreichbar);}
}
```

  Ist mit reinem SQL nicht ausdrückbar : keine Schleifen!

- Abhilfe:
  - Einbettung von SQL in eine Hostsprache (z.B. C, Java) → Embedded SQL, JDBC
  - Hersteller-spezifische SQL-Erweiterungen, z.B. PL/SQL, PL/pgSQL

PL/SQL (Oracle): Erweiterung von SQL um prozedurale Elemente

Eigenschaften:

- Tupelweise Verarbeitung
- Befehlsblöcke
- Variablendeklarationen
- Konstantendeklarationen
- Cursordefinitionen (s. Abschnitt 2.4)
- Prozedur- und Funktionsdefinitionen
- Kontroll-Befehle, z.B. Schleifen
- Zuweisungen
- Exception- und Fehlerbehandlung
- keine statischen DDL-Befehle möglich (dynamisches SQL nötig, s. Kapitel 4)

= äußerste „Schale“ (immer notwendig)

```
declare |
function name as / is
procedure name as / is

Vereinbarungen

begin

Befehle

exception

Fehlerbehandlung

end {name};

/
```

markiert Ende der Deklaration bzw. es folgt eine weitere

Variablendeklaration

Deklaration	Beispiel
varname type;	birthdate DATE; name VARCHAR(20) NOT NULL := ‘Huber‘;
constname CONSTANT *type* := *wert*;	pi CONSTANT REAL := 3.14159;
Datentypen • alle SQL-Datentypen • Subtypen	 CHAR, NUMBER, … z.B. bei NUMBER: FLOAT, DECIMAL, …
BOOLEAN	switch BOOLEAN NOT NULL := TRUE;
%TYPE	balance NUMBER(7,2); min_balance balance%TYPE; varname table.attr%TYPE;
%ROWTYPE	/* employee(name VARCHAR(20), salary NUMBER(7,2), dept NUMBER(3)); */ emp_rec employee%ROWTYPE;

Befehle

- SQL-Befehle (keine DDL-Befehle)
  - `insert, delete, update, select ... into ... from ...`
- Cursorbefehle (siehe Abschnitt 2.4)
- Kontrollbefehle
  - **`if ... then .. else/elsif ... end if`**,
  - **`loop ... end loop`**, **`while ... loop ... end loop`**,
  - **`for`** *`i`* **`in`** *`lb..ub`* **`loop ... end loop`**,
  - **`exit`**, **`goto`** *`label`*
- Zuweisungen
  - *`varname`* `:=` *`wert`*`;`
- Funktionen
  - alle in SQL zulässigen Funktionen (‘+’, ‘||’, `TODATE(...)`, ...)

Ausnahmebehandlung (exception handling)

- Mechanismus zum Abfangen und Behandeln von Fehlersituationen
- Interne Fehlersituationen (in ORACLE):
  - Treten auf, wenn das PL/SQL-Programm eine ORACLE-Regel verletzt oder ein systemabhängiges Limit überschreitet
  - z.B. Division durch Null, Speicherfehler, etc.
  - Oracle-Fehler werden intern über eine Nummer (Fehlercode) identifiziert
  - Exceptions benötigen einen Namen → Zuordnung von Namen zu Fehlercodes notwendig
  - Namen für die häufigsten Fehler sind bereits vordefiniert, z.B.: `ZERO_DIVIDE`, `STORAGE_ERROR`, ...

- Externe Fehlersituationen:
  - werden vom Benutzer definiert
  - müssen deklariert werden
  - müssen explizit aktiviert werden

- Syntax:

Kommentare

```
DECLARE
   exc_name EXCEPTION;                          -- Deklaration
   ...
BEGIN
   ...
   IF ... THEN
      RAISE exc_name;                           -- Aktivierung
   END IF;
   ...
EXCEPTION
   WHEN exc_name THEN ...                       -- Behandlung
   WHEN zero_divide THEN ...
   WHEN OTHERS THEN ...
END;
```

- Einige Möglichkeiten der Ausnahmebehandlung:
  - Behebung des aufgetretenen Fehlers (wenn möglich)
  - Transaktion zurücksetzen (rollback)
  - Ggf. erneuter Versuch (z.B. bei Überlastung des Servers)
  - Fehlermeldung an den Anwender und Abbruch, z.B.:

```
raise_application_error(-20000,'Exception exc_name occurred');
```

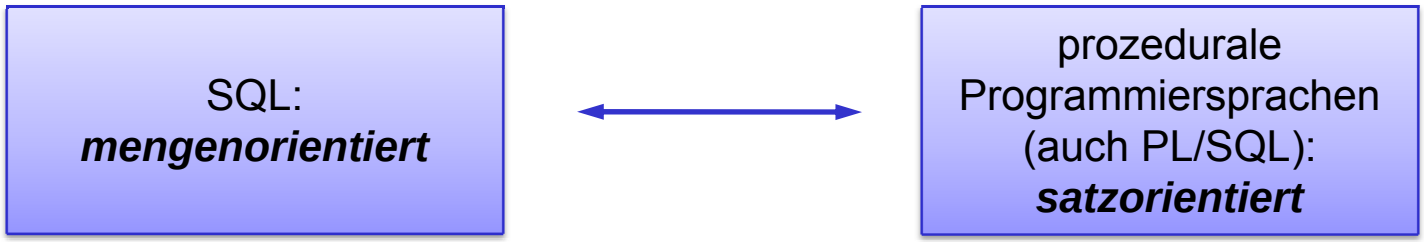
Beispiel

```
SET SERVEROUTPUT ON                                    -- Ausgabe ein
/
DECLARE                                                -- Anonymer PL/SQL-Block
  res NUMBER;
  FUNCTION teilen (samp_num NUMBER) RETURN NUMBER IS      -- (AS)
    numerator NUMBER;
    denominator NUMBER;
    the_ratio NUMBER;
    lower_limit CONSTANT NUMBER := 0.72;
  BEGIN
    SELECT x, y INTO numerator, denominator            -- Schema result_table:
         FROM result_table                             -- Name      Null?    Type
         WHERE sample_id = samp_num;                   -- --------- -------- ---------
    the_ratio := numerator/denominator;                -- SAMPLE_ID NOT NULL NUMBER(3)
    IF the_ratio > lower_limit THEN                    -- X                  NUMBER
         RETURN the_ratio;                             -- Y                  NUMBER
    ELSE
         RETURN -1;
    END IF;
```

```
  EXCEPTION                                    -- gehört zur Funktion “teilen”
    WHEN ZERO_DIVIDE THEN                      -- vordefinierte Ausnahme
         dbms_output.put(‘In EXCEPTION "ZERO_DIVIDE“: ’);
         RETURN NULL;
    WHEN OTHERS THEN
         dbms_output.put(‘In EXCEPTION "OTHERS“: ’);
         RETURN NULL;
  END teilen;
BEGIN                                          -- Hauptblock
  FOR i IN 130..133 LOOP                       -- Inhalt der Relation result_table:
    res := teilen(i);                          -- SAMPLE_ID     X     Y
    dbms_output.put(i);                        -- ------------ ----- -----
    dbms_output.put(‘ ’);                      -- 130           3     4
    dbms_output.put(res);                      -- 131           1     8
    dbms_output.new_line;                      -- 132           2     0
  END LOOP;
END;
/
SET SERVEROUTPUT OFF                           -- Ausgabe aus
```

Übersicht

Problemstellung



- SQL-Anfrage liefert (in der Regel) Tupel**menge** als Ergebnis. Wie kann man damit in PL/SQL umgehen?

  → 2 Möglichkeiten:

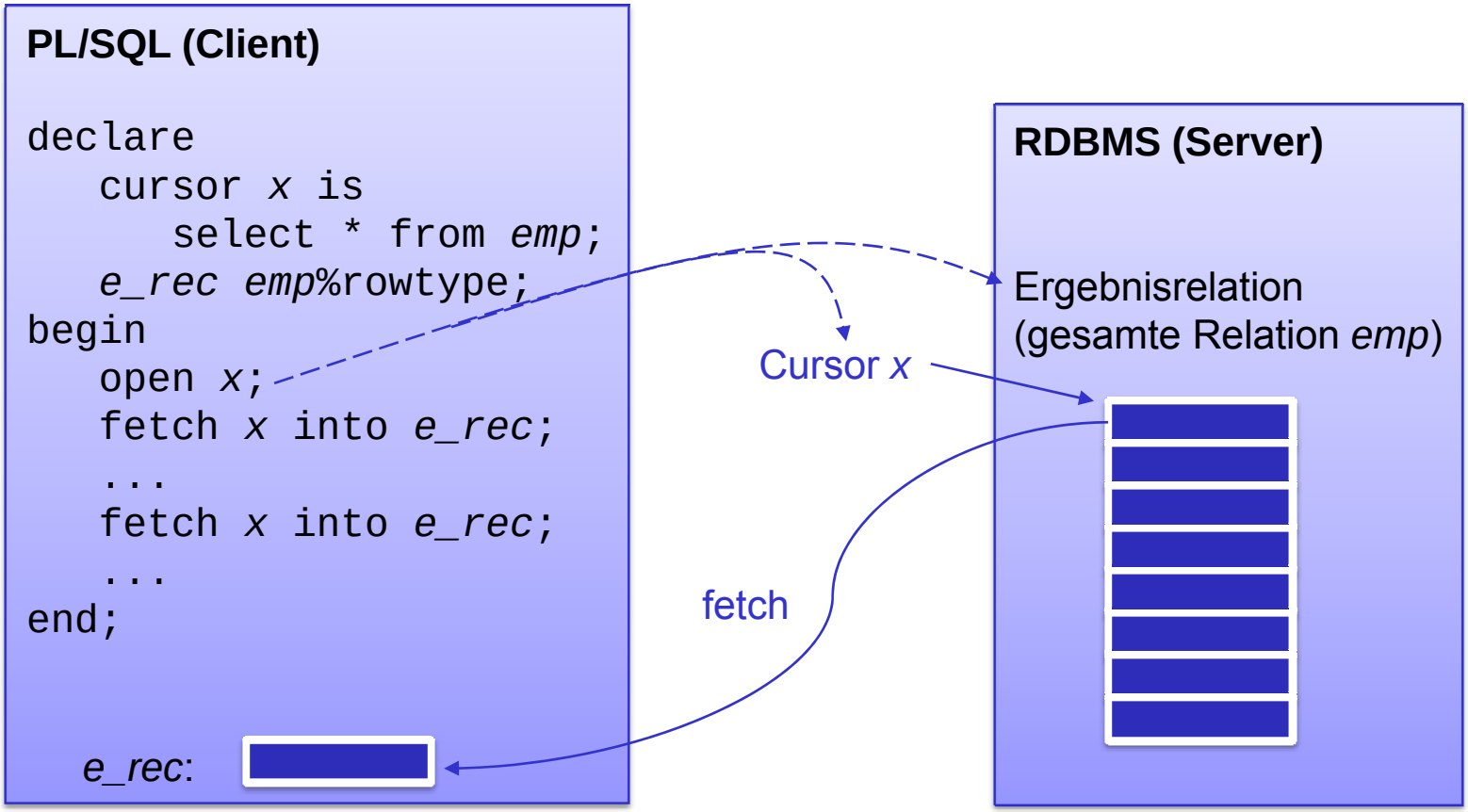
  - 1-Tupel-Befehle für Anfragen, die max. 1 Tupel zurückliefern (z.B. `select ... into ...`)
  - Cursor: Elementweises Durchlaufen der Ergebnismenge und Einlesen jeweils eines Tupels in eine Variable (“Iterator”)

Cursor-Befehle

```
DECLARE
  CURSOR c1 IS                          -- Deklaration des Cursors
    SELECT x FROM result_table
    WHERE y > 0;
  num1 result_table.x%TYPE;             -- Attributtyp auslesen
BEGIN
  OPEN c1;                              -- Cursor öffnen (Auswerten der Anfrage
                                                Zeiger auf erstes Tupel setzen)
  LOOP                                  -- Durchlaufen der Ergebnismenge
    FETCH c1 INTO num1;                 -- aktuelles Tupel in Variable einlesen,
                                                Zeiger auf nächstes Tupel setzen
    EXIT WHEN c1%NOTFOUND;              -- alle Tupel wurden durchlaufen
    dbms_output.put_line(num1);
  END LOOP;
  CLOSE c1;                             -- Cursor schließen
END;
```

Schematische Darstellung

- zur Cursor-Verwendung (gilt allgemein, nicht nur für die Verwendung innerhalb PL/SQL)
- *e_rec*: Record-Variable, entspricht genau dem Tupel-Typ von *emp*



Noch ein Beispiel

```
DECLARE
  result temp.col1%TYPE;
  CURSOR c1(a NUMBER) IS                    -- Cursor mit Parameter
    SELECT n1, n2, n3 from data_table
    WHERE exper_num = a;
BEGIN
  FOR c1_rec IN c1(20) LOOP                 -- Cursor öffnen, Variable
                                            passenden Typs deklarieren,
                                            Ergebnismenge durchlaufen

    result := c1_rec.n2 / (c1_rec.n1 + c1_rec.n3);
    INSERT INTO temp VALUES (result, NULL, NULL);
  END LOOP;
END;
```

Übersicht

Stored Functions und Stored Procedures

- PL/SQL-Prozeduren/Funktionen können als Objekte in der DB gespeichert werden.
- Befehl: **CREATE FUNCTION** name (arg1 datatype1, ...)
  RETURN datatype **AS** ...

  CREATE PROCEDURE name (arg1 [**IN**|**OUT**|**IN OUT**] datatype1, ...)
  AS ...

  bewirkt folgende Aktionen:

  - PL/SQL-Compiler übersetzt das Programm und prüft auf syntaktische und semantische Korrektheit.
  - Aufgetretene Fehler werden in das Data Dictionary eingetragen.

    → Abruf im SQL Developer: **select * from user_errors where user = '...'**
    → Ausgabe der Beschreibung und der genauen Position der Fehler aller deklarierten Funktionen/Prozeduren/Trigger
  - Aufrufe von anderen PL/SQL-Programmen werden auf Zugriffsberechtigung überprüft.
  - Source Code und kompiliertes Programm werden in das Data Dictionary eintragen.
  - Rückmeldung an Benutzer

- Abruf von Fehlermeldungen:
  - *direkter Aufruf:*
    ```
    show errors [procedure|function] <proc_name>
    ```
  - *aus Data Dictionary:*
    ```
    select * from user_errors where name = '<PROC_NAME>'
    ```
    (Achtung: `<PROC_NAME>` groß schreiben!)

- Aufruf von gespeicherten Prozeduren/Funktionen:
  - *direkter Aufruf:*
    ```
    execute [<schema_name>.]<procedure_name> (...)
    ```
    ```
    select [<schema_Name>.]<function_name> (...) from dual;
    ```
  - *aus PL/SQL-Block (z.B.* `DECLARE`*):*
    ```
    [<schema_name>.]<procedure_name> (...);
    ```
    ```
    <var_name> := [<schema_name>.]<function_name> (...);
    ```

  Aufruf auch über andere Schnittstellen (z.B. ODBC/JDBC) möglich.

  `dual`: Pseudotabelle

- Vorteile der Speicherung
  - reduzierte Kommunikation zwischen Client und Server ("network round-trips")
  - Programme bereits kompiliert → bessere Performance
  - gezielte Gewährung von Zugriffsrechten: das Ausführungsrecht für eine PL/SQL-Prozedur kann mit den Zugriffsrechten des Erstellers (*definer rights*, default) oder mit denen des Benutzers (*invoker rights*) ausgestattet werden
  - Teil der Anwendungsprogrammierung in DB zentralisiert
  - Verwaltung der Abhängigkeiten zwischen Programmen und anderen DB-Objekten durch DBMS

- Beispiel:

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION increment (x number)
   RETURN number AS
 BEGIN
   return x+1;
END increment;

SQL> select increment(5) from dual;
```

Übersicht

Packages

PL/SQL-Prozeduren/Funktionen können in Modulen (Packages) zusammengefasst werden.

Eigenschaften:

- Das Modulkonzept bietet mächtige Strukturierungsmöglichkeiten.
- Ein Package ist als Objekt in der DB gespeichert.
- Trennung von Schnittstelle (*package specification*) und Implementierung (*package body*)
- Schnittstelle definiert nach außen sichtbare Funktions- und Prozedurköpfe sowie Typen, Cursor, Variablen, Konstanten
- Packagename (und ggf. auch -code) ist über das Data Dictionary zugreifbar

Beispiel

```
CREATE OR REPLACE PACKAGE convert AS              -- Definition der Schnittstelle
    PROCEDURE convert_HS (anzahl NUMBER);
    PROCEDURE convert_VL_WS1213 (anzahl NUMBER);
    FUNCTION conv_ok RETURN BOOLEAN;
END convert;
```

```
CREATE OR REPLACE PACKAGE BODY convert AS                    -- Implementierung
    <Variablen- und Cursordeklarationen, lokal zum Package Body>

    PROCEDURE convert_HS (anzahl NUMBER) IS
      <Deklarationen, lokal zur Prozedur>
    BEGIN
      <Statements>
    END convert_HS;

    PROCEDURE convert_VL_WS1213 (anzahl NUMBER) IS ...
    END convert_VL_WS1213;

    FUNCTION conv_ok RETURN BOOLEAN IS
      ok BOOLEAN;
    BEGIN ... RETURN ok;
    END conv_ok;

    PROCEDURE conv_special (...) IS ... END conv_loc1;

    ...
END convert;
```

Erstellen/Aufrufen von Packages

- Befehl `CREATE PACKAGE` bewirkt in etwa dieselben Aktionen wie `CREATE PROCEDURE/FUNCTION` (siehe Abschnitt 'Stored Functions und Stored Procedures')
- Ausgabe zu Debugging-Zwecken mit vordefiniertem Package `dbms_output`
- Aufruf von Package-Prozeduren/Funktionen …
  - *direkter Aufruf:*

```
execute <schema_name>.<package_name>.<proc_name> (...)

select <schema_name>.<package_name>.<function_name> (...)
                                                from dual;
```

  - *aus PL/SQL-Block:*

```
<schema_name>.<package_name>.<proc_name> (...);

<var_name> :=
    <schema_name>.<package_name>.<function_name> (...);
```

Übersicht

SQL-Standardisierungen

- herausgegeben durch Standardisierungsinstitute ANSI und ISO
- Konformitätstests und Zertifizierung durch das NIST von 1980 bis 1996

- **1986: *SQL1* (ANSI):** erster SQL-Standard
- **1989: *SQL89* (ISO):** Erweiterung von SQL 1986 um Embedded SQL + Referentielle Integrität
- **1992: *SQL2 / SQL-92* (ISO):** Standardisierung von Erweiterungen, die die meisten Systeme schon bieten: Datumstypen, Funktionen, etc.; verschiede Ebenen: Entry - Transitional - Intermediate - Full
- **1999: *SQL3 / SQL:1999*:** Rekursion, Trigger, Autorisierung, ADT, Kapselung, Objektorientierung; Anwendungen: Text, Geo, Zeit, Multimedia (SQL MM - Multimedia SQL) → LOBs
- **2003: *SQL:2003 ISO/IEC 9075:2003* (ISO):** Umgang mit XML, Größenbeschränkung von Anfrageergebnismengen (Window Functions), Sequenzen, Spalten mit automatisch generierten Werten
- **2006: *SQL:2006 ISO/IEC 9075-14:2006*:** Zusammenhang mit XML
- **2008: *SQL:2008 ISO/IEC 9075:2008*:** "INSTEAD OF"-Trigger und "TRUNCATE"-Statement
- **2011: *SQL:2011 ISO/IEC 9075:2011*:** aktuelle Revision