Löschen von Datenbankobjekten

```
CREATE TYPE bla AS OBJECT (x NUMBER);
/
CREATE TABLE blatab OF bla;
SELECT table_name, table_type FROM user_object_tables;      -- name: blatab, type: bla
DROP TYPE bla FORCE;
SELECT table_name, table_type FROM user_object_tables;      -- nichts
CREATE TYPE bla AS OBJECT (x NUMBER);
/
CREATE TABLE blatab OF bla;   -- ORA-00955: name is already used by an existing object
SELECT * FROM user_objects WHERE object_name='BLATAB';             -- blatab - invalid
SELECT object_name, object_type, status from user_objects;
SELECT object_name, object_type, status from user_objects WHERE object_type = 'TABLE';
```

Problem: alle Tabellen löschen (Skript drop-all-tables)

- Verwendung von user_tables ignoriert invalide Tabellen.
- Nested Tables können nicht mit DROP TABLE gelöscht werden, sondern nur mit der Tabelle zu der sie gehören.
- Verwendung von "user_objects where object_type = 'TABLE'" bricht ab, wenn es eine (möglicherweise invalide, also in user_object_tables auch nicht mehr als nested gelistete) Nested Table löschen soll.

Praktikum: Datenbankprogrammierung in SQL/ORACLE

9.8 Fazit

- *Objektrelationale Tabellen* (Folie 256):
  Kompatibilität mit den grundlegenden Konzepten von SQL.
  U.a. Fremdschlüsselbedingungen von objektrelationalen Tabellen zu relationalen Tabellen.
- *Objektorientiertes Modell* (Folie 279):
  ... etwas kompliziert zu handhaben.
- *Object/Objekt-Relationale Views* (Folie 314):
  erlauben ein objektorientiertes externes Schema. Benutzer-Interaktionen werden durch Methoden und `INSTEAD OF`-Trigger auf das interne Schema umgesetzt.
  Implementierung auf relationaler Basis.
- *Objekttypen-Konzept* als Basis für (vordefinierte, in Java implementierte Klassen als) Datentypen zur Behandlung von nicht-atomaren Werten (XML (siehe Folie 409), Multimedia etc.).

Kapitel 10
Embedded SQL

Kopplungsarten zwischen Datenbank- und Programmiersprachen

- Erweiterung der Datenbanksprache um Programmierkonstrukte (z.B. PL/SQL)
- Erweiterung von Programmiersprachen um Datenbankkonstrukte: Persistente Programmiersprachen (Persistent Java – dann kein SQL als Anfragesprache)
- Datenbankzugriff aus einer Programmiersprache (JDBC)
- Einbettung der Datenbanksprache in eine Programmiersprache: “Embedded SQL” (C, Pascal, Java/SQLJ)

Praktikum: Datenbankprogrammierung in SQL/ORACLE

10.1 Embedded SQL: Grundprinzipien

... realisiert für C, Pascal, C++, Java (als SQLJ, siehe Folie 397) und weitere.

Impedance Mismatch bei der SQL-Einbettung

- Typsysteme Programmiersprache ↔ Datenbanksystem passen nicht zusammen
- Unterschiedliche Paradigmen: Mengenorientiert vs. einzelne Variablen

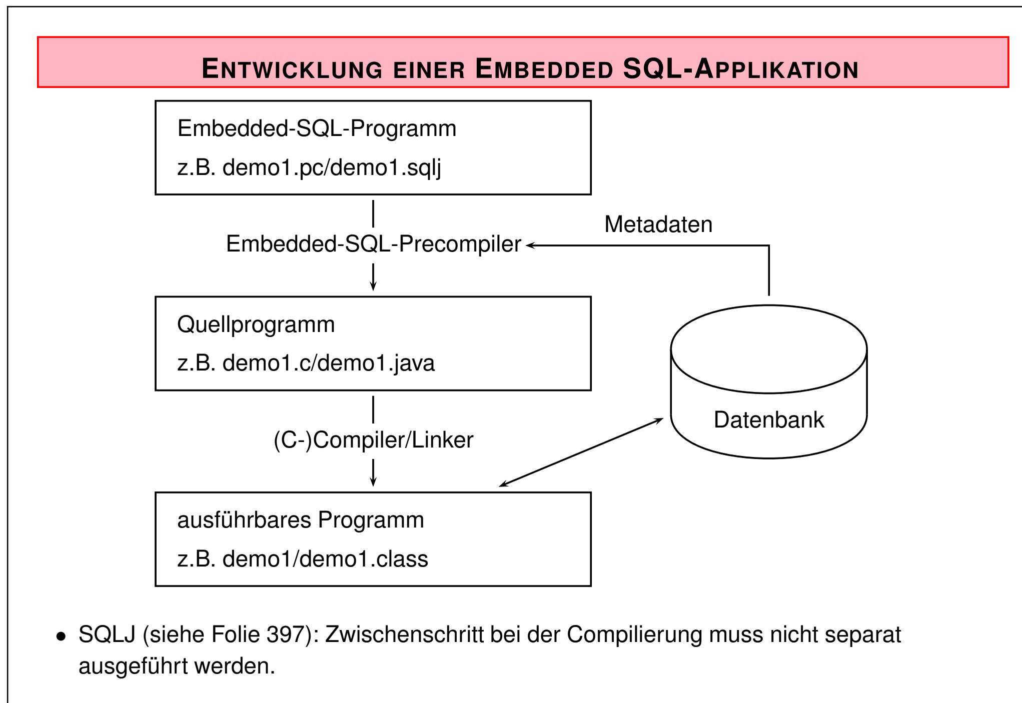
Realisierte Lösung

- Abbildung von Tupeln bzw. Attributen auf Datentypen der Hostsprache,
- Iterative Verarbeitung der Ergebnismenge mittels Cursor.

Auswirkungen auf die Hostsprache

- Struktur der Hostsprache bleibt unverändert,
- Spezielle Anweisungen zum Verbindungsaufbau,
- Jede SQL-Anweisung kann eingebettet werden,
- Verwendung von “Hostvariablen” (der umgebenden Programmiersprache) in SQL-Statements,
- SQL-Anweisungen wird `EXEC SQL` (oder sonstwas) vorangestellt.

Entwicklung einer Embedded SQL-Applikation



- SQLJ (siehe Folie 397): Zwischenschritt bei der Compilierung muss nicht separat ausgeführt werden.

Praktikum: Datenbankprogrammierung in SQL/ORACLE

10.2 Embedded SQL in C [Legacy]

Hinweis: dieser Abschnitt kann ausgelassen und durch SQLJ (Folie 397) ersetzt werden. Er ist nur noch für die Arbeit mit Legacy-Datenbanken relevant, die diese Technologie verwenden.

Verbindungsaufbau

Embedded-Anwendung: Verbindung zu einer Datenbank muss explizit hergestellt werden.

```
EXEC SQL CONNECT :username IDENTIFIED BY :passwd;
```

- `username` und `passwd` Hostvariablen vom Typ `CHAR` bzw. `VARCHAR`..
- Strings sind hier nicht erlaubt!

Äquivalent:

```
EXEC SQL CONNECT :uid;
```

wobei `uid` ein String der Form `"name/passwd"` ist.

Hostvariablen

- Kommunikation zwischen Datenbank und Anwendungsprogramm
- Output-Variablen übertragen Werte von der Datenbank zum Anwendungsprogramm
- Input-Variablen übertragen Werte vom Anwendungsprogramm zur Datenbank.
- jeder Hostvariablen zugeordnet: Indikatorvariable zur Verarbeitung von NULL-Werten.
- werden in der *Declare Section* deklariert:

```
EXEC SQL BEGIN DECLARE SECTION;
 int population;        /* host variable */
 short population\_ind;   /* indicator variable */
EXEC SQL END DECLARE SECTION;
```

- in SQL-Statements wird Hostvariablen und Indikatorvariablen ein Doppelpunkt (“:”) vorangestellt
- Datentypen der Datenbank- und Programmiersprache müssen kompatibel sein

Praktikum: Datenbankprogrammierung in SQL/ORACLE

Indikatorvariablen

Verarbeitung von Nullwerten und Ausnahmefällen

Indikatorvariablen für Output-Variablen:

- -1 : der Attributwert ist `NULL`, der Wert der Hostvariablen ist somit undefiniert.
- 0 : die Hostvariable enthält einen gültigen Attributwert.
- $>$0 : die Hostvariable enthält nur einen Teil des Spaltenwertes. Die Indikatorvariable gibt die ursprüngliche Länge des Spaltenwertes an.
- -2 : die Hostvariable enthält einen Teil des Spaltenwertes wobei dessen ursprüngliche Länge nicht bekannt ist.

Indikatorvariablen für Input-Variablen:

- -1 : unabhängig vom Wert der Hostvariable wird `NULL` in die betreffende Spalte eingefügt.
- $>=$0 : der Wert der Hostvariable wird in die Spalte eingefügt.

10.2 Embedded SQL

Cursore

- Analog zu PL/SQL
- notwendig zur Verarbeitung einer Ergebnismenge, die mehr als ein Tupel enthält

Cursor-Operationen

- `DECLARE <cursor-name> CURSOR FOR <sql statement>`
- `OPEN <cursor-name>`
- `FETCH <cursor-name> INTO <varlist>`
- `CLOSE <cursor-name>`

Fehlersituationen

- der Cursor wurde nicht geöffnet bzw. nicht deklariert
- es wurden keine (weiteren) Daten gefunden
- der Cursor wurde geschlossen, aber noch nicht wieder geöffnet

`Current of`**-Klausel** analog zu PL/SQL

Praktikum: Datenbankprogrammierung in SQL/ORACLE

Beispiel

```
int main() {
   EXEC SQL BEGIN DECLARE SECTION;
      char cityName[50];     /* output host var */
      int cityEinw;          /* output host var */
      char* landID = "D";    /* input host var */
      short ind1, ind2;      /* indicator vars */
      char* uid = "/";
   EXEC SQL END DECLARE SECTION;
   EXEC SQL CONNECT :uid;   /* Verbindung zur Datenbank herstellen */
   EXEC SQL DECLARE StadtCursor CURSOR FOR   /* Cursor deklarieren */
      SELECT Name, Einwohner  FROM Stadt  WHERE Code = :landID;
   EXEC SQL OPEN StadtCursor;  /* Cursor oeffnen */
   printf("Stadt                  Einwohner\n");
   while (1)
   { EXEC SQL FETCH StadtCursor INTO :cityName:ind1 ,
                              :cityEinw INDICATOR :ind2;
     if(ind1 != -1 && ind2 != -1)
     {  printf("%s     %d \n", cityName, cityEinw); }};  /* keine NULLwerte ausgeben *
   EXEC SQL CLOSE StadtCursor; }
```

Hostarrays

- sinnvoll, wenn die Größe der Antwortmenge bekannt ist oder nur ein bestimmter Teil interessiert.
- vereinfacht Programmierung, da damit häufig auf einen Cursor verzichtet werden kann.
- verringert zudem Kommunikationsaufwand zwischen Client und Server.

```
EXEC SQL BEGIN DECLARE SECTION;
   char cityName[50][20];    /* host array */
   int cityPop[20];         /* host array */
EXEC SQL END DECLARE SECTION;
...
EXEC SQL SELECT Name, Population
         INTO :cityName, :cityPop
         FROM City
         WHERE Code = 'D';
```

holt 20 Tupel in die beiden Hostarrays.

Praktikum: Datenbankprogrammierung in SQL/ORACLE

PL/SQL in Embedded-Anweisungen

- Oracle Pro*C/C++ Precompiler unterstützt PL/SQL-Blöcke.
- PL/SQL-Block kann anstelle einer SQL-Anweisung verwendet werden.
- PL/SQL-Block verringt Kommunikationsaufwand zwischen Client und Server
- Übergabe in einem Rahmen:

```
EXEC SQL EXECUTE
DECLARE
  ...
BEGIN
  ...
END;
END-EXEC;
```

Dynamisches SQL

SQL-Anweisungen können durch Stringoperationen zusammengestellt werden. Zur Übergabe an die Datenbank dienen unterschiedliche Befehle, abhängig von den in der Anweisung auftretenden Variablen.

10.2 Embedded SQL

Transaktionen

- Anwendungsprogramm wird als geschlossene Transaktion behandelt, falls es nicht durch `COMMIT`- oder `ROLLBACK`-Anweisungen unterteilt ist
- In Oracle wird nach Beendigung des Programms automatisch ein `COMMIT` ausgeführt
- DDL-Anweisungen generieren vor und nach ihrer Ausführung implizit ein `COMMIT`
- Verbindung zur Datenbank durch
  `EXEC SQL COMMIT RELEASE;` oder
  `EXEC SQL ROLLBACK RELEASE;`
  beenden.
- Savepoints: `EXEC SQL SAVEPOINT <name>`

Praktikum: Datenbankprogrammierung in SQL/ORACLE

Ausnahmebehandlung: SQLCA (SQL Communications Area)

Enthält Statusinformationen bzgl. der zuletzt ausgeführten SQL-Anweisung

```
struct sqlca {
   char   sqlcaid[8];
   long   sqlcabc;
   long   sqlcode;
   struct { unsigned short sqlerrml;
            char sqlerrmc[70];
   } sqlerrm;
   char   sqlerrp[8];
   long   sqlerrd[6];
   char   sqlwarn[8];
   char   sqlext[8];
};
```

Interpretation der Komponente `sqlcode`:

- 0: die Verarbeitung einer Anweisung erfolgte ohne Probleme.
- $>$0: die Verarbeitung ist zwar erfolgt, dabei ist jedoch eine Warnung aufgetreten.
- $<$0: es trat ein ernsthafter Fehler auf und die Anweisung konnte nicht ausgeführt werden.

10.2 Embedded SQL

WHENEVER-Statement

spezifiziert Aktionen die im Fehlerfall automatisch vom DBS ausgeführt werden sollen.

```
EXEC SQL WHENEVER <condition> <action>;
```

<condition>

- `SQLWARNING` : die letzte Anweisung verursachte eine “no data found” verschiedene Warnung (siehe auch `sqlwarn`). Dies entspricht `sqlcode` $>$ 0 aber ungleich 1403.
- `SQLERROR` : die letzte Anweisung verursachte einen (ernsthaften) Fehler. Dies entspricht `sqlcode` $<$ 0.
- `NOT FOUND` : `SELECT INTO` bzw. `FETCH` liefern keine Antworttupel zurück. Dies entspricht `sqlcode` 1403.

<action>

- `CONTINUE` : das Programm fährt mit der nächsten Anweisung fort.
- `DO flq proc_name>` : Aufruf einer Prozedur (Fehlerroutine); `DO break` zum Abbruch einer Schleife.
- `GOTO <label>` : Sprung zu dem angegebenen Label.
- `STOP`: das Programm wird ohne `commit` beendet (exit()), stattdessen wird ein `rollback` ausgeführt.

Praktikum: Datenbankprogrammierung in SQL/ORACLE

Kapitel 11
Java und Datenbanken

- Java: plattformunabhängig
- überall, wo eine *Java Virtual Machine (JVM)* läuft, können Java-Programme ablaufen.
- APIs: Application Programming Interfaces; Sammlungen von Klassen und Schnittstellen, die eine bestimmte Funktionalität bereitstellen.

Mehrere der bisher behandelten Aspekte können mit Java gekoppelt werden:

- Prozeduren und Funktionen, Member Methods: Java Stored Procedures (Folie 337),
- Objekttypen: Java Object Types (Folie 343)
  (so kann man beliebige Datenstrukturen implementieren und anbieten $\rightarrow$ XML),
- Low-Level-Infrastruktur für Datenbankzugriff aus Java: JDBC (Folie 350),
- Embedded SQL (intern basierend auf JDBC): SQLJ (Folie 397).

Standardisierung

- JDBC ist ein Java-API, das (DB-produktunabhängigen) low-level-Datenbankzugriff aus Java erlaubt.
- SQLJ: ANSI-Standard als Teil des SQL-Standards, bestehend aus drei Teilen:
  - Part 0: Embedded SQL in Java (ANSI X3.135.10-1998, bzw ISO-Standard “Database Language SQL:1999 – Part 10: Object Language Bindings (SQL/OLB)”; siehe Abschnitt “SQLJ”)
  - Part 1: SQL routines using Java (ANSI NCITS 331.1-1999, siehe Abschnitt “Java in Stored Procedures”).
  - Part 2: SQL types using Java (ANSI NCITS 331.2-2000, siehe Abschnitt “Java in SQL-Objekttypen”, u.a. → XMLType).
  - Part 1 und 2 bilden zusammen Part 13 des SQL:1999-Standards (ISO/IEC 9075-13:2002) “SQL Routines and Types Using the Java Programming Language (SQL/JRT)”

Technische Hinweise/Settings im IFI [Juli 2018]

- benötigte jars (in CLASSPATH reinnehmen):
  `/afs/informatik.uni-goettingen.de/group/dbis/public/oracle/instantclient` :
  ojdbc8.jar, [orai18n.jar], [orai18n-mapping.jar]
  `/afs/informatik.uni-goettingen.de/group/dbis/public/oracle/lib` :
  xdb.jar, [xmlparserv2.jar - Konflikt mit XML-P-jars]
  `/afs/informatik.uni-goettingen.de/group/dbis/public/oracle/sqlj/lib` :
  runtime12.jar, translator.jar
- Unix settings für Oracle (incl. CLASSPATH):
  `/afs/informatik.uni-goettingen.de/group/dbis/public/oracle/.oracle_env`
- Wenn JDBC-Verbindungsaufbau zu lange dauert:
  `java -Djava.security.egd=file:///dev/urandom` *`classfilename`*
  (JDBC-Verbindungen sind verschlüsselt. Normales /random basiert auf externen Ereignissen (Maus, Portanfragen), die an Poolrechnern nicht genügend vorliegen).

11.1 Java in Stored Procedures und Member Methods

- Oracle hat (seit 8i/8.1.5; Feb. 1999) eine eigene, integrierte JVM
  - keine GUI-Funktionalität
  - Java-Entwicklung außerhalb des DB-Servers
  - keine `main()`-Methode in Klassen, nur statische Methoden (= Klassenmethoden)
  - ab 9i Nutzung von Klassen als Objekttypen
  - kein Multithreading
  - DB-Zugriff über JDBC/SQLJ, dabei wird der serverseitige JDBC-Treiber verwendet (siehe Folien 350 und 397).
- Quelldateien (`.java`), Klassendateien (`.class`) oder Archive (`.jar`) können eingelesen werden.
- Shell: `loadjava`, `dropjava`
- DB: CREATE JAVA SOURCE, DROP JAVA SOURCE, DROP JAVA CLASS
- `select object_type, object_name from user_objects`
  `where object_type like '%JAVA%' order by 1;`
- Einbettung in Prozedur/Funktion (*Wrapper*, *call spec*) (void-Methoden als Prozeduren, non-void als Funktionen)

Praktikum: Datenbankprogrammierung in SQL/ORACLE

Laden von Java-Code per Shell

Außerhalb der DB wird eine Klasse geschrieben:

```
public class Greet
{ public static String sayHello (String name)
  { System.out.println("This is Java"); // Java output
    return "Hello " + name + "!";       // return value
 } }
```
[Filename: Java/Greet.java]

- Einlesen in die Datenbank mit `loadjava`.
  Empfehlenswert ist hier ein Alias um user/passwd nicht jedesmal angeben zu müssen:

  ```
  alias loadjava='loadjava -thin -u uname/passwd@dbis'
  dbis@s042> loadjava -r Greet.java
  ```
- `-r`: wird sofort compiliert und Referenzen aufgelöst (sonst: on-demand zur Laufzeit)
- Einlesen von .class-Dateien (ohne `-r`) – die Datenbank muss dieselbe Java-Version, wie auf dem Rechner wo man es compiliert hat, verwenden:

  ```
  dbis@s042> loadjava Greet.class
  ```
- analog mit .jar (das Sourcen und/oder class-Files enthält)
- Löschen einer Java-Klasse: analog mit `dropjava Greet` (auch hier alias definieren)

Erzeugen von Java-Klassen in SQL

Klasse ausserhalb der DB entwickeln und dann in der DB generieren:

```
CREATE OR REPLACE JAVA SOURCE NAMED "Hello"
AS
// here also imports are allowed
public class Greet
{ public static String sayHello (String name)
  { System.out.println("This is Java"); // Java output
    return "Hello " + name + "!";  // return value     }};
/
```
[Filename: Java/Greet-Create.sql]

- Wichtig: Name der Klasse in doppelte Anführungszeichen (case sensitive)
- mit dem als nächstes beschriebenen Wrapper eine PL/SQL-Prozedur daraus erzeugen,
- Löschen mit

  `DROP JAVA SOURCE "Hello";`
- Analog: Klassen als Binaries laden:

  `CREATE OR REPLACE JAVA CLASS USING` `BFILE(`*directory_object*, *filename*`);`

  `CREATE OR REPLACE JAVA CLASS USING` `{BLOB|CLOB|BFILE}` *subquery*`;`

Einbinden des Java-Codes in PL/SQL-Funktion/Prozedur

Innerhalb der Datenbank:

- Funktion als Wrapper (*call spec*):

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION greet (person IN VARCHAR2)
  RETURN VARCHAR2 AS
LANGUAGE JAVA
NAME 'Greet.sayHello (java.lang.String)
      return java.lang.String';
/
```
[Filename: Java/Greet.sql]

- Bei void-Methoden: Prozedur als Wrapper
- Aufruf: `SELECT greet('Jim') FROM DUAL;`

GREET('JIM')
Hello Jim!

- Für die Java-Ausgabe muss man sowohl das Java-Output-Buffering als auch den SQL-Output aktivieren:

  ```
  CALL dbms_java.set_output(2000);
  SET SERVEROUTPUT ON;
  ```

  Beispiel: `SELECT greet(name) FROM COUNTRY;`

Syntax des Prozedur/Funktions-Wrappers

```
CREATE [OR REPLACE]
  { PROCEDURE <proc_name>[(<parameter-list>)]
    | FUNCTION <func_name>[(<parameter-list>)] RETURN sql_type}
  {IS | AS} LANGUAGE JAVA
  NAME '<java_method_name>[(<java-parameter-list>)]
    [return <java_type_fullname>]';
  /
```

- Bei void-Methoden: Prozeduren,
- Bei non-void-Methoden: Funktionen,
- Die `<parameter-list>` muss der `<java-parameter-list>` entsprechen:
  - gleiche Länge,
  - sich entsprechende Parameter-Typen; Parameter-Typ-Mapping: siehe JDBC
- Achtung: In der NAME-Spezifikation muss `return` klein geschrieben werden,
- Aufruf des Wrappers eingebettet aus SQL und PL/SQL in Anfragen, DML-Operationen, Prozeduren, Triggern, ...

Soweit ist noch kein Datenbank-Zugriff aus den Methoden möglich. Dies wird durch JDBC ermöglicht (siehe Folie 350).

Praktikum: Datenbankprogrammierung in SQL/ORACLE

Nullwerte an Java übergeben

- wenn das Argument NULL ist, ist es in Java `null`,
- `return null` wird als SQL NULL-Wert interpretiert.

```
CREATE OR REPLACE JAVA SOURCE NAMED "Hello"
AS
public class Greet
{ public static String sayHello (String name)
  { System.out.println("This is Java");
    if (name != null)
       return "Hello " + name + "!";
    else return null;
} };
/
```

[Filename: Java/Greet-Null-Create.sql]

- wie vorher per Wrapper eine PL/SQL-Prozedur daraus erzeugen,
- `SELECT greet(NULL) FROM DUAL;`
- Anmerkung: in Oracle problemlos, in DB2 muss CREATE PROCEDURE mit GENERAL WITH NULLS bzw. SIMPLE WITH NULLS spezifiziert werden (→ Doku)

11.2 Java in SQL-Objekttypen

Man SQL-Typen auf Basis von Java-Klassen definieren. Die Java-Klasse muss das Interface `java.sql.SQLData` sowie ggf. weitere anwendungsspezifische Methoden implementieren:

- `public String getSQLTypeName()`
  liefert den entsprechenden SQL-Datentyp zurück
  "This method is called by the JDBC driver to get the name of the UDT [user-defined datatype] instance that is being mapped to this instance of SQLData."
- `public void readSQL(SQLInput stream, String typeName) throws SQLException`
  liest Daten aus der Datenbank und initialisiert das Java-Objekt
- `public void writeSQL(SQLOutput stream)`
  bildet das Java-Objekt auf die Datenbank ab.
  (vgl. Marshalling/Unmarshalling zwischen XML und Java in JAXB)

Diese drei Methoden werden nachher nicht vom Benutzer, sondern intern bei der Umsetzung aufgerufen.

BEISPIEL: JAVA-KLASSE `GeoCoordJ`

- Die Java-Klasse kann einen beliebigen Namen haben
- sie muss/soll die folgenden Methoden besitzen (siehe nächste Folie):
  - getSQLTypeName `MYGEOCOORD`: Name des SQL-Typs in Oracle
  - die Felddeklarationen (Namen können anders als in SQL sein)
  - Felder lesen/setzen in der Reihenfolge der SQL-Definition
  - Lese-/Schreibmethoden: `stream.read/write<type>`
  - Wenn die Klasse ausserdem in Java (mit JDBC) verwendet werden soll, ist ein Konstruktor und ein toString() sinnvoll.
  - die anwendungsspezifischen Methoden, die in Anfragen benutzt werden sollen (Namen können anders als in SQL sein).
- Klasse GeoCoordJ in Oracle laden :

  ```
  dbis@s042> loadjava -r GeoCoordJ.java
  ```
- jetzt hat man eine Klasse, die man zur Definition eines SQL-Typs verwenden kann.

Beispiel: Java-Klasse `GeoCoordJ`

```
import java.sql.*;

public class GeoCoordJ implements java.sql.SQLData {
  private double lat, lon;

  public String getSQLTypeName() {
    return "MYGEOCOORD";   // just to illustrate something
 }
 public void readSQL(SQLInput stream, String typeName)
   throws SQLException {
     lat = stream.readDouble();
     lon = stream.readDouble();
 }
 public void writeSQL(SQLOutput stream)
   throws SQLException {
     stream.writeDouble(lat);
     stream.writeDouble(lon);
 }
 // ... continue next slide
```



```
  // the constructor is not needed in the database
  // but we need it for "outside" with JDBC
  public GeoCoordJ(double la, double lo) {
     lat = la;  lon = lo;
  }
  // then, the standard constructor must be explicitly
  // defined because it is needed in the database
  public GeoCoordJ() {
     lat = 0;  lon = 0;
  }
  // used when printing e.g. in JDBC
  public String toString() {
    return "GeoCoord(" + lat + "/" + lon + ")";
  }
  public double distance(GeoCoordJ other) {
    return
      6370 *  Math.acos(
         Math.cos(this.lat/180*3.14) *
         Math.cos(other.lat/180*3.14) *
         Math.cos( (this.lon - other.lon)
                   /180*3.14 ) +
         Math.sin(this.lat/180*3.14) *
         Math.sin(other.lat/180*3.14)  );
} }
```

[Filename: Java/GeoCoordJ.java]

SQL-Wrapper-Type

- Namen des Typs, der Attribute/Spalten und der Methoden müssen nicht mit der verwendeten Java-Klasse übereinstimmen (EXTERNAL NAME ...):

```
CREATE OR REPLACE TYPE jgeocoord          -- Typname, der in SQL verwendet wird
AS OBJECT
EXTERNAL NAME 'GeoCoordJ  '          -- Name der Java-Klasse, die verwendet wird
LANGUAGE JAVA
USING SQLData
( latitude NUMBER EXTERNAL NAME 'lat',  -- Mapping der Attributnamen SQL<->Java
  longitude NUMBER EXTERNAL NAME 'lon',
  MEMBER FUNCTION distance (other IN jgeocoord) RETURN NUMBER   -- Signatur SQL
    EXTERNAL NAME 'distance (GeoCoordJ) return double');    -- Signatur in Java
/
CREATE TABLE jcoordtable OF jgeocoord;
INSERT INTO jcoordtable VALUES (jgeocoord(50,0));
INSERT INTO jcoordtable VALUES (jgeocoord(-34,151));

SELECT x.longitude, x.distance(jgeocoord(51.5,0))
FROM jcoordtable x;
```

LONGITUDE	X.DISTANCE(...)
0	166.681667
151	16977.5482

[Filename: Java/GeoCoordJ.sql]

Praktikum: Datenbankprogrammierung in SQL/ORACLE

Java-Objekte als Zeilenobjekte

- Signatur wie im CREATE TYPE vorgegeben.
  Diese wird wie optional mit den EXTERNAL NAME-Spezifikationen angegeben auf die Java-Klasse abgebildet.
- Tabelle sieht aus wie eine normale Tupel-/Objekttabelle:

```
DESC jcoordtable;
```

Name	Null?	Type
LATITUDE		NUMBER
LONGITUDE		NUMBER

- Einträge sehen aus wie ganz normale Zeilenobjekte:

```
SELECT * FROM jcoordtable;
```

Longitude	Latitude
50	0
-34	151

Java-Objekte als Spaltenobjekte

- duplicate the “Mountain” table with Java coordinates:
  recall: the name of the SQL type is ’jgeocoord’

```
CREATE TABLE mountainJcoord
AS (SELECT name, mountains, elevation, type,
       jgeocoord(m.coordinates.latitude,
                 m.coordinates.longitude) as coords
    FROM mountain m);

SELECT name, coords,
       m.coords.distance(jgeocoord(51.5,0))
FROM mountainJcoord m
ORDER BY 3 DESC;
```

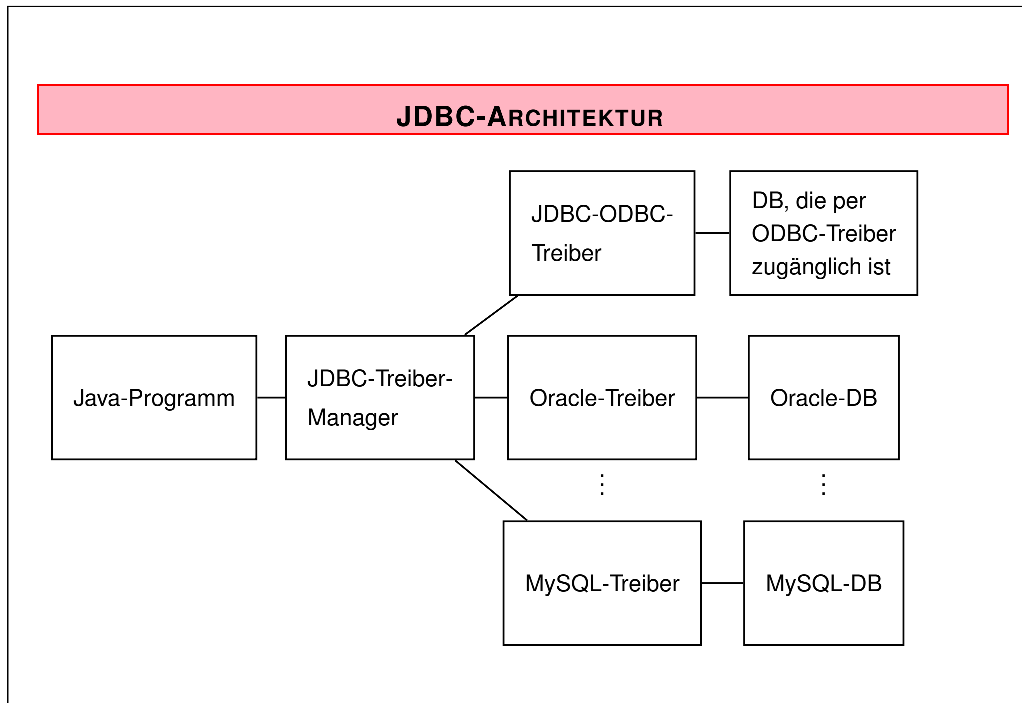
[Filename: Java/mountainjcoord.sql]

- `select * from mountainjcoord`:
  Einträge sind Spaltenobjekte, die z.B. als `JGEOCOORD(15.14, 120.3)`
  (d.h., der Typname der im CREATE TYPE genannt ist)
  ausgegeben werden.

Praktikum: Datenbankprogrammierung in SQL/ORACLE

11.3 JDBC (*Java Database Connectivity*): API für Low-Level-Datenbankzugriff

- Interface für den (entfernten) Datenbankzugriff von Java-Programmen aus,
- Teil des SDK (`java.sql.*`),
- Applikation kann unabhängig vom darunterliegenden DBMS programmiert werden,
- setzt die Idee von ODBC (Open DataBase Connectivity; ein 1992 entwickelter Standard zum Zugriff auf Datenbanken aus Programmiersprachen) auf Java um,
- gemeinsame Grundlage ist der X/Open SQL CLI (Call Level Interface) Standard.



JDBC-ARCHITEKTUR

- Kern: Treiber-Manager (`java.sql.DriverManager`)
- darunter: Treiber für einzelne DBMS'e

JDBC-API

- flexibel:
  - Applikation kann unabhängig vom darunterliegenden DBMS programmiert werden
- "low-level":
  - Statements werden durch Strings übertragen
  - im Gegensatz zu SQLJ (später) keine Verwendung von Programmvariablen in den SQL-Befehlen
    (d.h. Werte müssen explizit eingesetzt werden)

Darauf aufbauend:

- Embedded SQL für Java (SQLJ)
- direkte Darstellung von Tabellen und Tupeln in Form von Java-Klassen

JDBC-Funktionalität

- Aufbau einer Verbindung zur Datenbank (`DriverManager, Connection`)
- Versenden von SQL-Anweisungen an die Datenbank (`Statement`, `PreparedStatement` und `CallableStatement`)
- Verarbeitung der Ergebnismenge (`ResultSet`)

JDBC-Treiber-Manager

`java.sql.DriverManager`

- verwaltet (registriert) Treiber
- wählt bei Verbindungswunsch den passenden Treiber aus und stellt Verbindung zur Datenbank her.
- Es wird nur ein `DriverManager` benötigt.

⇒ Klasse `DriverManager`:
- nur `static` Methoden (operieren auf Klasse)
- Konstruktor ist `private` (keine Instanzen erzeugbar)

Benötigte Treiber müssen angemeldet werden:

`DriverManager.registerDriver(driver*)`

Im Praktikum für den Oracle-Treiber:

```
DriverManager.registerDriver
      (new oracle.jdbc.driver.OracleDriver());
```

erzeugt eine neue Oracle-Treiber-Instanz und "gibt" sie dem DriverManager.

VERBINDUNGSAUFBAU

- `DriverManager` erzeugt offene Verbindungs-Instanz:

  ```
  Connection conn = DriverManager.getConnection(<jdbc-url>, <user-id>, <passwd>);
  ```

  oder

  ```
  Connection conn = DriverManager.getConnection(<jdbc-url>, <props-filename>);
  ```

  (Login-Daten aus Datei, via `java.util.Properties`).

- Datenbank wird eindeutig durch die JDBC-URL bezeichnet:
  - `jdbc:<subprotocol>:<subname>`
  - `<subprotocol>`: Name des produktspezifischen Treiber-Protokolls
  - `<subname>` ist produktspezifisch zusammengesetzt

  Bei uns, mit einer Oracle-Datenbank:

  ```
  jdbc:oracle:<driver-name>:@//<IP-Address DB Server>:<Port>/<Service>
  ```

  ```
  String url =
    'jdbc:oracle:thin:@//xxx.xxx.xxx.xxx:1521/dbis.informatik.uni-goettingen.de';
  ```

  (die aktuelle URL steht hoffentlich auf dem Aufgabenblatt)

- Verbindung beenden: `conn.close();`

Praktikum: Datenbankprogrammierung in SQL/ORACLE

VERSENDEN VON SQL-ANWEISUNGEN

`Statement`-Objekte

- werden durch Aufruf von Methoden einer bestehenden Verbindung `<connection>` erzeugt.
- `Statement`: einfache SQL-Anweisungen ohne Parameter
- `PreparedStatement`: Vorcompilierte Anfragen, Anfragen mit Parametern
- `CallableStatement`: Aufruf von gespeicherten Prozeduren

Klasse "Statement"

```
Statement <name> = <connection>.createStatement();
```

Sei `<string>` ein SQL-Statement *ohne Semikolon*.

- `ResultSet <statement>.executeQuery(<string>)`:
  SQL-Anfragen an die Datenbank. Dabei wird eine Ergebnismenge zurückgegeben.
- `int <statement>.executeUpdate(<string>)`: SQL-Statements, die eine Veränderung an der Datenbasis vornehmen (einschliesslich CREATE PROCEDURE etc). Der Rückgabewert gibt an, wieviele Tupel von der SQL-Anweisung betroffen waren.
- `boolean <statement>.execute(<string>)` – Sonstiges:
  - Generierung und Aufrufe von Prozeduren/Funktionen (siehe CallableStatements),
  - Statement dynamisch als String erzeugt, und man weiß nicht, ob es eine Query oder ein Update ist,
  - "true" wenn das (erste) Ergebnis ein ResultSet ist; "false" sonst (siehe später).

Ein `Statement`-Objekt kann beliebig oft wiederverwendet werden, um SQL-Anweisungen zu übermitteln.

Mit der Methode `close()` kann ein Statement-Objekt geschlossen werden.

Praktikum: Datenbankprogrammierung in SQL/ORACLE

Behandlung von Ergebnismengen

Klasse "`ResultSet`" (Iterator-Pattern):

```
ResultSet <name> = <statement>.executeQuery(<string>);
```

- virtuelle Tabelle, auf die von der "Hostsprache" – hier also Java – zugegriffen werden kann.
- `ResultSet`-Objekt unterhält einen Cursor, der mit
  `<result-set>.next();`
  auf das nächste (bzw. am Anfang auf das erste) Tupel gesetzt wird.
- `<result-set>.next()`
  liefert den Wert `false` wenn alle Tupel gelesen wurden.

```
ResultSet countries =
  stmt.executeQuery("SELECT Name, Code, Population
                     FROM Country");
```

Name	<u>code</u>	Population
Germany	D	83536115
Sweden	S	8900954
Canada	CDN	28820671
Poland	PL	38642565
Bolivia	BOL	7165257
..	..	..

Behandlung von Ergebnismengen

- Zugriff auf die einzelnen Spalten des Tupels unter dem Cursor mit

  `<result-set>.get<type>(<attribute>)`

- `<type>` ist dabei ein Java-Datentyp,

SQL-Typ	get-Methode
INTEGER	getInt
REAL, FLOAT	getFloat
BIT	getBoolean
CHAR, VARCHAR	getString

  - `getString` funktioniert immer (*type casting*).
  - `getObject` funktioniert immer, dann mit `instanceof` prüfen und casten.

- `<attribute>` kann entweder durch Attributnamen oder durch die Spaltennummer gegeben sein.

```
countries.getString("Code");
countries.getInt("Population");
countries.getInt(3);
```

- Bei `get<type>` werden die Daten des Ergebnistupels (SQL-Datentypen) in Java-Typen konvertiert.

Praktikum: Datenbankprogrammierung in SQL/ORACLE

Beispiel-Code

```
import java.sql.*;
class JdbcCities {
public static void main (String args []) throws SQLException
{ // Oracle-Treiber laden
  DriverManager.registerDriver (new oracle.jdbc.driver.OracleDriver());
  // Verbindung zur Datenbank herstellen
  String url = "jdbc:oracle:thin://@xxx.xxx.xxx.xxx:1521/dbis.informatik.uni-goettingen.de";
  Connection conn = DriverManager.getConnection(url,"scott","tiger");
  // Anfrage an die Datenbank
  Statement stmt = conn.createStatement();
  ResultSet rset = stmt.executeQuery("SELECT Name, Population FROM City");
  while (rset.next()) { // Ergebnis verarbeiten
    String s = rset.getString(1);
    int i = rset.getInt("Population");
    System.out.println (s + " " + i + "\n");
    }
  rset.close(); stmt.close(); conn.close();
  }}
```

Verbindungsaufbau zu Oracle mit Properties-File

- `conn.props` (Dateiname ist frei wählbar) ist eine Datei (bzw. Datei im .jar-Archiv), die folgendermassen aussieht:

```
#conn.props:
## fuer normales JDBC
url=jdbc:oracle:thin:@//xxx.xxx.xxx.xxx:1521/dbis.informatik.uni-goettingen.de
user=scott
password=tiger
### fuer SQLJ dasselbe nochmal
sqlj.url=jdbc:oracle:thin:@//xxx.xxx.xxx.xxx:1521/dbis.informatik.uni-goettingen.de
sqlj.user=scott
sqlj.password=tiger
```

[Filename: Java/conn.props – muss jeder selber schreiben]

- Eine Datei dieser Form kann man in eine Instanz von java.util.Properties einlesen (ein key-Value-Hash) und dann mit getProperty() oder automatisch abfragen.
- `conn.props` ggf. mit ins .jar legen.

Praktikum: Datenbankprogrammierung in SQL/ORACLE

Verbindungsaufbau mit Properties-File

```
import java.sql.*;
import java.io.FileInputStream;
import java.util.Properties;
class JdbcCities {
public static void main (String args []) throws Exception   // File oder SQL Exc
{ // Oracle-Treiber laden
  DriverManager.registerDriver (new oracle.jdbc.driver.OracleDriver());
  // Verbindung zur Datenbank herstellen
  Properties props = new Properties();
  props.load(new FileInputStream("conn.props"));
  Connection conn = DriverManager.getConnection(props.getProperty("url"), props);
   // Anfrage an die Datenbank
  Statement stmt = conn.createStatement();
  ResultSet rset = stmt.executeQuery("SELECT Name, Population FROM City");
  while (rset.next()) {     // Verarbeitung der Ergebnismenge
    String s = rset.getString(1);
    int i = rset.getInt("Population");
    System.out.println (s + " " + i);   }
    rset.close(); stmt.close(); conn.close(); }}
```

[Filename: Java/JdbcCities.java]

Behandlung von Ergebnismengen: JDBC-Datentypen

- JDBC steht zwischen Java (Objekttypen) und SQL (Typen mit unterschiedlichen Namen).
- `java.sql.Types` definiert *generische* SQL-Typen, mit denen JDBC arbeitet: (oft Subklassen der Java-Typen)

Java-Typ	JDBC-SQL-Typ in `java.sql.Types`
java.lang.String	CHAR, VARCHAR
java.math.BigDecimal	NUMBER, NUMERIC, DECIMAL
boolean	BIT
byte	TINYINT
short	SMALLINT
int	INTEGER
long	BIGINT
float	REAL
double	FLOAT, DOUBLE
convert to java.time.*	TIMESTAMP (DATE, TIME)

Diese werden auch verwendet, um Meta-Daten zu verarbeiten.

Praktikum: Datenbankprogrammierung in SQL/ORACLE

Behandlung von Ergebnismengen

Im Fall von allgemeinen Anfragen weiß man oft nicht, wieviele Spalten eine Ergebnismenge hat, wie sie heißen, und welche Typen sie haben.

Instanz der Klasse `ResultSetMetaData` enthält Metadaten über das vorliegende ResultSet:

```
ResultSetMetaData <name> = <result-set>.getMetaData();
```

erzeugt ein `ResultSetMetaData`-Objekt, das Informationen über die Ergebnismenge enthält:

- `int getColumnCount()`:
  Spaltenanzahl der Ergebnismenge
- `String getColumnLabel(int)`:
  Attributname der Spalte ‹int›
- `String getTableName(int)`:
  Tabellenname der Spalte ‹int›
- `int getColumnType(int)`:
  JDBC-Typ der Spalte ‹int›
  (ein SQL Type aus der Enumeration java.sql.Types; 2002 ist java.sql.Types.STRUCT)
- `String getColumnTypeName(int)`:
  Unterliegender DBMS-Typ der Spalte ‹int›

Behandlung von Ergebnismengen

- keine NULL-Werte in Java:

  `<resultSet>.wasNull()`

  testet, ob der zuletzt gelesene Spaltenwert NULL war.

Beispiel: Ausgabe aller Zeilen eines ResultSets

```
ResultSetMetaData rsetmetadata = rset.getMetaData();
int numCols = rsetmetadata.getColumnCount();
while (rset.next()) {
  for(int i=1; i<=numCols; i++) {
    String returnValue = rset.getString(i);
    if (rset.wasNull())
       System.out.println ("null");
    else
       System.out.println (returnValue);
  }
}
```

- Mit der Methode `close()` kann ein ResultSet-Objekt explizit geschlossen werden.

Praktikum: Datenbankprogrammierung in SQL/ORACLE

Beispiel: Auslesen einer beliebigen Tabelle

```
import java.sql.*;
import java.io.FileInputStream;
import java.util.Properties;
class JdbcSelect {
  public static void main (String args []) throws Exception {
  DriverManager.registerDriver(new oracle.jdbc.driver.OracleDriver());
  Properties props = new Properties();
  props.load(new FileInputStream("conn.props"));
  Connection conn = DriverManager.getConnection(props.getProperty("url"), props);
  Statement stmt = conn.createStatement();
  ResultSet rset = stmt.executeQuery("SELECT * FROM " + args[0]);
   ResultSetMetaData rsetmetadata = rset.getMetaData();
  int numCols = rsetmetadata.getColumnCount();
  while (rset.next()) {
    for(int i=1; i<=numCols; i++) {
      String value = rset.getString(i);
      if (rset.wasNull()) System.out.print("null");
         else System.out.print(value);
      System.out.print("  ");
    }
    System.out.println();
  }
  rset.close(); stmt.close(); conn.close();
}}
```

```
dbis@c42> java JdbcSelect City
```

[Filename: Java/JdbcSelect.java]

11.3 Java und Datenbanken

Auslesen von einfachen Zeilenobjekten

Zeilenobjekte entsprechen Tupeln über atomaren Datentypen (vgl. Folie 348):

```
dbis@c42> java JdbcSelect jcoordtable
```

Auslesen von Objekten: benutzerdefinierte SQL-Typen

- Für Instanzen von Spaltenobjekten wird “null” ausgegeben, oder man erhält sogar einen Fehler:

  ```
  dbis@c42> java jdbcSelect mountain
  ```

- Objekte mit getObject(n) auslesen
  (behandelt auch Strings, Zahlen etc. korrekt)
- Instanzen von mit PL/SQL benutzerdefinierten SQL-Typen haben als SQL-Typ (aus den Metadaten mit ResultSetMetaData.getColumnType(i)) java.sql.Types.STRUCT und implementieren das Interface java.sql.STRUCT.
- Objekttyp-Name (aus der Instanz): String name = x.getSQLTypeName()
- attribute: Object[ ] attrs = x.getAttributes()
  enthält dann Strings, Zahlwerte, oder wieder Objekte

Praktikum: Datenbankprogrammierung in SQL/ORACLE

Beispiel: Auslesen von SQL-Objekten – Metadaten

- erster Teil: Metadaten der Spalten aus dem ResultSetMetaData:
  - JDBC-Typen aus der Enum java.sql.Types
    z.B. 12=VARCHAR, 2=NUMERIC, 2002=STRUCT, (Oracle: 2008 = Java-definiert)
  - Typnamen im DBMS
    z.B. das PL/SQL-definierte MAY.GEOCOORD oder das Java-definierte MAY.JGEOCOORD

```
import java.sql.*;
import java.io.FileInputStream;
import java.util.Properties;
class JdbcSelectObj {
  public static void main (String args []) throws Exception {
   Connection conn = getConn();  // unten rausgescrollt
   Statement stmt = conn.createStatement();
   ResultSet rset = stmt.executeQuery("SELECT * FROM " + args[0]);
   ResultSetMetaData rsmd = rset.getMetaData();
   int numCols = rsmd.getColumnCount();
   for(int i=1; i<=numCols; i++)  System.out.print(rsmd.getColumnType(i) + " ");
   System.out.println();
   for(int i=1; i<=numCols; i++)  System.out.print(rsmd.getColumnTypeName(i) + " ");
   System.out.println();
   // continue next slide
```

```
  while (rset.next()) {
   for(int i=1; i<=numCols; i++) {
    Object value = rset.getObject(i);
    // System.out.println(rsmd.getColumnType(i));
    if (rset.wasNull()) System.out.print("null  ");
    else if (rsmd.getColumnType(i) == java.sql.Types.STRUCT)
    { java.sql.Struct s = (java.sql.Struct)value;
      System.out.print(s.getSQLTypeName() + "( ");
      Object[] attrs = s.getAttributes();
      // attributes
      for (int j = 0; j < attrs.length; j++) System.out.print(attrs[j] + " ");
      System.out.print(")");
    }
    // This also covers Java instances (uses their toString())
    else System.out.print(value + "  ");
  }
  System.out.println();  }
  rset.close(); stmt.close(); conn.close();  }
private static Connection getConn() throws Exception {
  DriverManager.registerDriver(new oracle.jdbc.driver.OracleDriver());
  Properties props = new Properties();
  props.load(new FileInputStream("conn.props"));
  Connection conn = DriverManager.getConnection(props.getProperty("url"), props);
  return conn;  }}
```

[Filename: Java/JdbcSelectObj.java]

Auslesen von Objekten von PL/SQL-Typen

- gibt die Instanzen von via PL/SQL definierten Objekttypen generisch als STRUCTS, Kontruktoraufruf und Parameter (ohne Komma zwischen den Parametern) aus:

  `dbis@c42> java jdbcSelectObj mountain`

  Ausgabe der Koordinaten z.B. als `MAY.GEOCOORD(19.2 -98.6)` .

Auslesen von Objekten: Instanzen von Java-Klassen

Für Instanzen von Java-basierten SQL-Typen (jgeocoord) in Spaltenobjekten (d.h. nicht für die Zeilenobjekte von Folie 348, die wie Tupel behandelt werden) wird eine Instanz der entsprechenden Java-Klasse erzeugt:

- (Folie 347): SQL-Typ "jgeocoord" benutzt die Java-Klasse "GeoCoordJ".
- GeoCoordJ.java/.class liegt zugreifbar im "Java/"-Subdirectory.
- sonst: java.sql.SQLException: ... ClassNotFoundException: GeoCoordJ

⇒ Bei der Konvertierung des SQL-Typs aus dem JDBC-ResultSet ist der (abweichende!) Name der Java-Klasse bekannt, der Java-Code aber nicht (würde evtl. auch auf der JVM des Clients garnicht laufen).

- Wenn man die "Original-Klasse", die in der DB verwendet wird, nicht hat, kann man dort irgendeine Klasse hinlegen, die den entsprechenden Namen hat und die Methoden des Interfaces java.sql.SQLData und diejenigen Methoden, die man tatsächlich benutzen möchte (auch das können mehr sein, als im Original), implementiert.
- `java JdbcSelectObj mountainJCoord`
  ruft generisch im normalen print-Zweig deren toString() auf.

⇒ kein cast notwendig, da für den Compiler toString() bei Object definiert ist, und der Code *zur Laufzeit* dynamisch korrekt gebunden wird.

Auslesen und Verwenden von Java-Objekten

- Wenn man Methoden/Felder einer Instanz einer Java-Klasse verwenden will, die bei Object nicht automatisch definiert sind, muss man entsprechend testen (Java-Typen haben als java.sql.Types bei Oracle die Konstante 2008) und explizit casten.

```
import java.sql.*;
import java.io.FileInputStream;
import java.util.Properties;
class JdbcSelectObjCast {
  public static void main (String args []) throws Exception {
    DriverManager.registerDriver(new oracle.jdbc.driver.OracleDriver());
    Properties props = new Properties();
    props.load(new FileInputStream("conn.props"));
    Connection conn = DriverManager.getConnection(props.getProperty("url"), props);
    Statement stmt = conn.createStatement();
    ResultSet rset = stmt.executeQuery("SELECT * FROM " + args[0]);
    ResultSetMetaData rsmd = rset.getMetaData();
    int numCols = rsmd.getColumnCount();

    // continue next slide
```

```
  while (rset.next()) {
   for(int i=1; i<=numCols; i++) {
    Object value = rset.getObject(i);
    // System.out.println(rsmd.getColumnType(i));
    if (rset.wasNull()) System.out.print("null");
    else if (rsmd.getColumnType(i) == 2008 &&
       ((java.sql.SQLData)value).getSQLTypeName() == "MYGEOCOORD")  // <<<< test
    { GeoCoordJ gc = (GeoCoordJ)value;        // <<<< cast
      System.out.print(gc + " ");
      System.out.print(gc.distance(new GeoCoordJ(0,0)));  // <<<< call
    }
    else if (rsmd.getColumnType(i) == 2008 && value instanceof GeoCoordJ) // <<<< test
    { GeoCoordJ gc = (GeoCoordJ)value;        // <<<< cast
      System.out.print(gc + " ");
      System.out.print(gc.distance(new GeoCoordJ(0,0))); // <<<< call
    }
    else if (rsmd.getColumnType(i) == java.sql.Types.STRUCT)
    { System.out.print(((java.sql.Struct)value).getSQLTypeName() + "( ");
      Object[] attrs = ((java.sql.Struct)value).getAttributes();
      for (int j = 0; j < attrs.length; j++) System.out.print(attrs[j] + " ");
      System.out.print(")");
    }
    else System.out.print(value + "  "); // also covers Java instances (uses toString())
  }
  System.out.println();  }
rset.close(); stmt.close(); conn.close();  }}
```


Dynamisches SQL: Generisches execute()

(selten verwendet)

Häufig: `<string>` dynamisch generiert. Wenn man nicht weiß, ob es eine Query oder ein Update ist, kann man mit execute() generisch vorgehen.

- `boolean <statement>.execute(<string>)`, (nur für Statement, nicht für PreparedStatement und CallableStatement)
- "true" wenn das (erste) Ergebnis ein ResultSet ist; "false" sonst.
- `ResultSet getResultSet()`: Falls das (erste) Ergebnis eine Ergebnismenge ist, wird diese zurückgegeben; falls kein Ergebnis mehr vorhanden, oder das (erste) Ergebnis ein Update-Zähler ist: `null` zurückgeben.
- `int getUpdateCount()`: Falls das (erste) Ergebnis ein Update-Zähler ist, wird dieser ($n \geq 0$) zurückgegeben; falls kein Ergebnis mehr vorhanden, oder das (erste) Ergebnis eine Ergebnismenge ist, wird -1 zurückgegeben.

PREPARED STATEMENTS

```
PreparedStatement <name> =
  <connection>.prepareStatement(<string>);
```

- SQL-Anweisung `<string>` wird vorcompiliert.
- damit ist die Anweisung fest im Objektzustand enthalten
- effizienter als `Statement`, wenn ein SQL-Statement häufig (mit ggf. verschiedenen Parametern) ausgeführt werden soll.
- Abhängig von `<string>` ist nur eine der (parameterlosen!) Methoden
  - `<prepared-statement>.executeQuery()` oder
  - `<prepared-statement>.executeUpdate()`

  anwendbar.

Prepared Statements: Parameter

- Eingabeparameter werden durch "?" repräsentiert

```
PreparedStatement giveCountryPop =
  conn.prepareStatement("SELECT Population FROM Country WHERE Code = ?");
```

- "?"-Parameter werden mit

  `<prepared-statement>.set<type>(<pos>,<value>);`

  gesetzt, bevor ein `PreparedStatement` ausgeführt wird.
- `<type>`: Java-Datentyp,
- `<pos>`: Position des zu setzenden Parameters,
- `<value>`: Wert.

Beispielsequenz:

```
giveCountryPop.setString(1,"D");
ResultSet rset = giveCountryPop.executeQuery();
if (rset.next()) System.out.print(rset.getInt(1));
giveCountryPop.setString(1,"CH");
ResultSet rset = giveCountryPop.executeQuery();
if (rset.next()) System.out.print(rset.getInt(1));
```

PreparedStatement (Cont'd)

- Nullwerte werden gesetzt durch

  `setNULL(<pos>,<sqlType>);`

  `<sqlType>` bezeichnet den JDBC-Typ dieser Spalte.
- nicht sinnvoll in Anfragen (Abfrage nicht mit "= NULL" sondern mit "IS NULL"), sondern z.B. bei INSERT-Statements oder Prozeduraufrufen etc.

Praktikum: Datenbankprogrammierung in SQL/ORACLE

Beispiel: PreparedStatement

```
import java.sql.*;
import java.io.FileInputStream;
import java.util.Properties;
class JdbcCountryPop {
  public static void main (String args []) throws Exception {
 DriverManager.registerDriver(new oracle.jdbc.driver.OracleDriver());
 Properties props = new Properties();
 props.load(new FileInputStream("conn.props"));
 Connection conn = DriverManager.getConnection(props.getProperty("url"), props);
 PreparedStatement giveCountryPop =
   conn.prepareStatement("SELECT Population FROM Country WHERE Code = ?");
 giveCountryPop.setString(1,args[0]);
 ResultSet rset = giveCountryPop.executeQuery();
 if(rset.next()) {
  int pop = rset.getInt(1);
  if (rset.wasNull()) System.out.println("null");
  else System.out.println(pop);  }
 else System.out.println("No existing country code");
 conn.close();
}}
```

```
dbis@c42> java JdbcCountryPop D
dbis@c42> java JdbcCountryPop X
```

[Filename: Java/JdbcCountryPop.java]

11.3 Java und Datenbanken

ERZEUGEN VON FUNKTIONEN, PROZEDUREN ETC.

- Erzeugen von Prozeduren und Funktionen mit

```
<statement>.executeUpdate(<string>);
```

(`<string>` von der Form `CREATE PROCEDURE ...`)

```
s = 'CREATE PROCEDURE bla() IS BEGIN ... END';
stmt.executeUpdate(s);
```

CALLABLE STATEMENTS: GESPEICHERTE PROZEDUREN

Der *Aufruf der Prozedur* wird als `CallableStatement`-Objekt erzeugt:

- Aufrufsyntax von Prozeduren bei den verschiedenen Datenbanksystemen unterschiedlich

⇒ JDBC verwendet eine *generische* Syntax per Escape-Sequenz (Umsetzung dann durch Treiber)

```
CallableStatement <name> =
  <connection>.prepareCall("{call <procedure>}");
CallableStatement cstmt =
  conn.prepareCall("{call bla()}");
```


CALLABLE STATEMENTS MIT PARAMETERN

```
s = 'CREATE FUNCTION distance(city1 IN Name, city2 IN Name)
     RETURN NUMBER IS BEGIN ... END';
stmt.executeUpdate(s);
```

- Parameter:

```
CallableStatement <name> =
  <connection>.prepareCall("{call <procedure>(?,...,?)}");
```

- Rückgabewert bei Funktionen:

```
CallableStatement <name> =
  <connection>.prepareCall ("{? = call <procedure>(?,...,?)}");
cstmt = conn.prepareCall("{? = call distance(?,?)}");
```

- Für `OUT`-Parameter sowie den Rückgabewert muss zuerst der JDBC-Datentyp der Parameter mit

```
<callable-statement>.registerOutParameter (<pos>,java.sql.Types.<type>);
```

registriert werden.

```
cstmt.registerOutParameter(1,java.sql.Types.NUMERIC);
```

Callable Statements mit Parametern

- Vorbereitung (s.o.)

```
cstmt = conn.prepareCall("{? = call distance(?,?)}");
cstmt.registerOutParameter(1,java.sql.Types.NUMERIC);
```

- IN-Parameter werden über set<type> gesetzt:

```
cstmt.setString(2,"Gottingen");
cstmt.setString(3,"Berlin");
```

- Aufruf mit

```
cstmt.execute();
```

- Lesen des OUT-Parameters mit get<type>:

```
int distance = cstmt.getInt(1);
```


Beispiel: CallableStatement

```
import java.sql.*;
import java.io.FileInputStream;
import java.util.Properties;
class JdbcCallProc {
  public static void main (String args []) throws Exception {
 DriverManager.registerDriver(new oracle.jdbc.driver.OracleDriver());
 Properties props = new Properties();
 props.load(new FileInputStream("conn.props"));
 Connection conn = DriverManager.getConnection(props.getProperty("url"), props);

 CallableStatement call = conn.prepareCall("{? = call greet(?)}");
 call.registerOutParameter(1,java.sql.Types.VARCHAR);
 call.setString(2,args[0]);
 call.execute();
 String answer = call.getString(1);
 System.out.println(answer);
 conn.close();
}}
```

[Filename: Java/JdbcCallProc.java]

Wenn die Funktion “Greet” (vgl. Folie 340) für den User verfügbar ist:

```
dbis@c42> java JdbcCallProc Joe
```

Folge von (Update) Statements verarbeiten

- jedes Statement mit execute() einzeln abzuschicken kostet Zeit.

Statement.addBatch(string)/executeBatch()

- `<statement>.addBatch(<string>)`: Statement (keine Query, nur DML-Updates und DDL-Statements) zum Batch dazunehmen,
- ... beliebig oft ... und dann
- `int[] <statement>.executeBatch()`: alle Statements ausführen; ergibt ein Array mit updateCount-Werten,
- `clearBatch()`

⇒ Folge *verschiedener* Statements erzeugen und ausführen lassen.

PreparedStatement.executeBatch()

- mit `conn.prepareStatement(<string>)` mit Parameter-?-Liste erzeugen
- Parameter mit `<preparedStatement>.set<type>(<pos>,<value>)` setzen,
- `<preparedStatement>.addBatch()`: Gesetzte Werte zum Batch dazunehmen,
- ... beliebig oft ... und dann
- `int[] <preparedStatement>.executeBatch()`: Statement für alle Parametertupel ausführen; ergibt ein Array mit updateCount-Werten,
- `clearBatch()`

⇒ Folge desselben Statements mit verschiedenen Parametern ausführen lassen.

- `con.setAutoCommit(true)` (true ist Default) ist dann auch praktisch.

CallableStatement.executeBatch()

- analog.

ABFRAGEN VON ERGEBNISSEN BEI EXECUTE ()

Häufig: ‹string› dynamisch generiert.

- erste Annahme: liefert nur ein Ergebnis.
- `boolean <stmt>.execute(<string>)`, `boolean <prepstmt>.execute()`, `boolean <callstmt>.execute()`
- "true" wenn das (erste) Ergebnis ein ResultSet ist; "false" sonst.
- `ResultSet <stmt>.getResultSet()`: Falls das (erste) Ergebnis eine Ergebnismenge ist, wird diese zurückgegeben; falls kein Ergebnis mehr vorhanden, oder das (erste) Ergebnis ein Update-Zähler ist: null zurückgeben.
- `int <stmt>.getUpdateCount()`: Falls das (erste) Ergebnis ein Update-Zähler ist, wird dieser ($n \geq 0$) zurückgegeben; falls kein Ergebnis mehr vorhanden, oder das (erste) Ergebnis eine Ergebnismenge ist, wird -1 zurückgegeben.

Praktikum: Datenbankprogrammierung in SQL/ORACLE

FOLGE VON ERGEBNISSEN VERARBEITEN

SQL-Statements, die mehrere Ergebnisse nacheinander zurückliefern.

- `<stmt>.execute(<string>)`, wobei `<string>` mehrere durch ";" getrennte Statements enthält.
  - in Oracle 11 nicht erlaubt
  - in Postgres (und einigen anderen) erlaubt
- `boolean <stmt>.getMoreResults()`: schaltet zum nächsten Ergebnis. true, wenn das nächste Ergebnis eine Ergebnismenge ist, false, wenn es ein Update-Zähler ist, oder keine weiteren Ergebnisse.
- alle Ergebnisse verarbeitet:

```
(( <stmt> .getResultSet() == null) &&
 ( <stmt> .getUpdateCount() == -1))
```

bzw.

```
(( <stmt> .getMoreResults() == false) &&
 ( <stmt> .getUpdateCount() == -1))
```

Folge von Ergebnissen verarbeiten


```
import java.sql.Connection;   import java.sql.DriverManager;
import java.sql.ResultSet;    import java.sql.SQLException;   import java.sql.Statement;

public class JdbcSequence {
 public static void main(String[] args){
  try { // sequence only allowed with postgres!
   Connection con = DriverManager.getConnection("jdbc:postgresql://localhost:5432/thedb", "user", "passwd
   String sql = "CREATE TABLE test AS SELECT * FROM continent; " +
                "DELETE FROM test; DROP TABLE test; " +
                "SELECT * FROM country;";
   Statement stmt = con.createStatement();
   boolean hasMoreResultSets = stmt.execute(sql);
   while ( hasMoreResultSets || stmt.getUpdateCount() != -1 ) {
     if ( hasMoreResultSets ) { // if has rs
        ResultSet rs = stmt.getResultSet();
         int size = 0; while(rs.next()){ size++; }
         System.out.println("Result set size: " + size); }
     else { // if ddl/dml/...
       int queryResult = stmt.getUpdateCount();
       System.out.println(queryResult + " tuples updated");
     } // check whether to continue in the loop:
     hasMoreResultSets = stmt.getMoreResults();
   } // while results
   stmt.close(); con.close();
  } catch (SQLException e) { e.printStackTrace(); } } }
```

[Filename: Java/JdbcSequence.java]

TRANSAKTIONSSTEUERUNG

Per Default ist für eine `Connection` der Auto-Commit-Modus gesetzt:

- implizites Commit nach jeder ausgeführten Anweisung (Transaktion besteht also nur aus einem Statement)
- `con.setAutoCommit(false)` schaltet den Auto-Commit-Modus aus und man muss explizite Commits ausführen.

Dann hat man die folgenden Methoden:

- `con.setSavepoint(String name)` (setzt Sicherungspunkt)
- `con.commit()` (macht Änderungen persistent)
- `con.rollback([<savepoint>)]` (nimmt alle Änderungen [bis zu `<savepoint>`] zurück.

Praktikum: Datenbankprogrammierung in SQL/ORACLE

Beispiel: Transaktionen in JDBC

```
import java.sql.*;    import java.io.FileInputStream;   import java.util.Properties;
class JdbcTransactions {
public static void main (String args []) throws Exception {
  DriverManager.registerDriver(new oracle.jdbc.driver.OracleDriver());
  Properties props = new Properties();
  props.load(new FileInputStream("conn.props"));
  Connection conn1 = DriverManager.getConnection(props.getProperty("url"), props);
  conn1.setAutoCommit(false);
  Statement stmt1 = conn1.createStatement();
  stmt1.execute("DROP TABLE TTEST");
  stmt1.execute("CREATE TABLE TTEST(A VARCHAR2(4))");
  stmt1.execute("COMMIT");
  stmt1.execute("INSERT INTO TTEST VALUES('1BLA')");
  System.out.println ("select from conn1:");
  ResultSet rset1 = stmt1.executeQuery("SELECT A FROM TTEST");
  while (rset1.next()) { String s = rset1.getString(1);  System.out.println (s); }
  Connection conn2 = DriverManager.getConnection(props.getProperty("url"), props);
  // Anfrage an die Datenbank
  Statement stmt2 = conn2.createStatement();
  stmt2.execute("INSERT INTO TTEST VALUES('2FOO')");
  System.out.println ("select from conn2:");
  ResultSet rset2 = stmt2.executeQuery("SELECT A FROM TTEST");
  while (rset2.next()) { String s = rset2.getString(1); System.out.println (s); }
  stmt1.execute("COMMIT"); conn1.close(); conn2.close();  } }
```

[Filename: Java/JdbcTransactions.java]

Fehlerbehandlung in Anwendungen

- JDBC-Aufrufe werfen ggf. `SQLException`s.
- Nicht geschlossene Verbindungen bleiben offen.
- SQL-Ausführung in try-catch-Block mit finally einbetten:

```
Connection con = null;
Statement stmt = null;
ResultSet rset = null;
try {
      ... con, stmt, rset aufbauen und verarbeiten ...
    } catch (SQLException e) { e.printStackTrace(); }
      finally { rset.close(); stmt.close(); con.close(); }
```


Praktikum: Datenbankprogrammierung in SQL/ORACLE

Fehlerbehandlung, Effizienz

- Wenn die Java-Objekte conn, stmt, rset nur lokal sind, baut der Garbage-Collector sie auch schnell genug ab und schließt die Verbindungen.
- Bei häufigem Kontakt zu derselben Datenbank ist es effizienter, Connection-Objekte nur einmal zu erzeugen/aufzubauen und dann in einem Pool zu verwalten: org.apache.commons.pool.impl.GenericObjectPool‹T›
- `con.close()` gibt die Connection dann an den Pool zurück.
- In diesem Fall werden bei Fehlern liegengebliebene Connections ohne try-catch-finally nicht zurückgegeben, und bleiben offen.

⇒ bei 150 (default) Connections blockiert der Server:
java.sql.SQLRecoverableException: I/O-Fehler: Got minus one from a read call

11.3 Java und Datenbanken

Fehlerbehandlung - Demo

```
import java.sql.*;
import java.util.HashSet;  import java.io.FileInputStream;  import java.util.Properties;
class JdbcConnectionOverflow {
public static void main (String args [])
throws Exception {
  DriverManager.registerDriver(new oracle.jdbc.driver.OracleDriver());
  Properties props = new Properties();
  props.load(new FileInputStream("conn.props"));
  String url = props.getProperty("url");
  Connection conn;  Statement stmt;  ResultSet rset;
  int i = 0;
  HashSet<Connection> s = new HashSet<Connection>();
  while (true) {
    try { Thread.sleep(200);  i++;  System.out.println(i);
      conn = DriverManager.getConnection(url, props);
      s.add(conn);
      stmt = conn.createStatement();
      rset = stmt.executeQuery("select * from qwertz");
    } catch (SQLException e) { e.printStackTrace(); }
    catch (InterruptedException ex) { Thread.currentThread().interrupt(); }
}}}
/* ADMIN only:
select username, count(*) from V$SESSION group by username; */
```

[Filename: Java/JdbcConnectionOverflow.java]

Technischer Hinweis falls JDBC-Verbindungsaufbau stockt

Es kann vorkommen, dass JDBC-Aufrufe plötzlich lange dauern (und beim nächsten Versuch wieder schnell gehen usw.).

Siehe `https://blog.dbi-services.com/connect-times-to-the-db-suddenly-become-very-slow-using-sqlcl/`

Der Oracle JDBC Driver benötigt eine Zufallszahl, um die verbindungsdaten zu verschlüsseln. Die übliche Art, wie diese mit /dev/random generiert werden, kann stocken.

Abhilfe: Aufruf von java mit:

`java -Djava.security.egd=file:///dev/urandom` *java-file argumente*

11.4 SQL-Datenbank-Zugriff in Java Stored Procedures

- Java Stored Procedures: JDBC mit dem serverseitigen JDBC-Treiber von Oracle (`jdbc:default:connection:`).
- User/Password nicht angeben, da es bereits in der DB abläuft:

```
import java.sql.*;
public class GetCountryData{
 public static void getPop (String code) throws SQLException {
  String sql = "SELECT name,population FROM country WHERE code = ?";
  try {
    Connection conn = DriverManager.getConnection("jdbc:default:connection:");
    PreparedStatement pstmt = conn.prepareStatement(sql);
    pstmt.setString(1, code);
    ResultSet rset = pstmt.executeQuery();
    if (rset.next()) System.out.println(rset.getString(2));
    conn.close();
  }
  catch (SQLException e) {
    System.err.println(e.getMessage());
  }}}
```

[Filename: Java/GetCountryData.java]

Praktikum: Datenbankprogrammierung in SQL/ORACLE

Java-Klasse in PL/SQL-Prozedur einbinden

Laden in die Datenbank:

```
loadjava -r GetCountryData.java
```

Definition und Ausführung des Wrappers in der DB:

```
CREATE OR REPLACE PROCEDURE getPopulation (code IN VARCHAR2) AS
  LANGUAGE JAVA
  NAME 'GetCountryData.getPop(java.lang.String)';
/
```

[Filename: Java/getCountryData.sql]

... Output aktivieren:

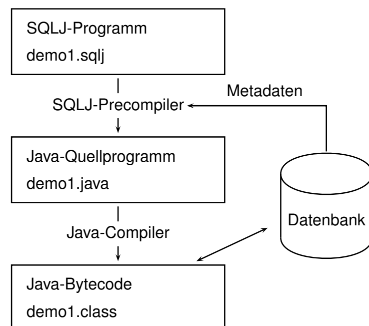
```
SET SERVEROUTPUT ON;
CALL dbms_java.set_output(2000);

EXEC getPopulation('D');
80219712
```

11.5 SQLJ

Realisierung des “Embedded SQL”-Konzeptes für Java:

- Standardisierte Spracherweiterung,
- Eingebettete SQLJ-Aufrufe werden vom Precompiler in pures Java übersetzt und dabei auf JDBC-Aufrufe abgebildet.
- **Oracle**: `sqlj` enthält den Precompiler und Compiler. Der Aufruf von `sqlj demo1.sqlj` erzeugt `demo1.java` und `demo1.class`.
- die Quelldatei muss die Endung `.sqlj` haben.
- Wenn man `demo1.java` anschaut, findet man die Umsetzung via JDBC.



Praktikum: Datenbankprogrammierung in SQL/ORACLE

Aktueller Stand (2017)

- SQLJ wird als “deprecated” (veraltet) bezeichnet.
- sqlj ruft translator.jar auf (von Oracle-Webseiten).
- Mit Java 8 zur Zeit (Juni 2017) nicht lauffähig (Klasse sun/io/CharToByteConverter wird nicht gefunden, existiert in Java 8 nicht mehr)
- aktuelle Installation im CIP-Pool: im sqlj-Skript wird der Classpath auf Java 7 gesetzt.

... interne Java-Version bei Oracle

(Stand Juni 2017, Oracle 12c)

```
SELECT dbms_java.get_ojvm_property(PROPSTRING
   =>'java.version')
FROM dual;

DBMS_JAVA.GET_OJVM_PROPERTY(PROPSTRING=>'JAVA.VERSION')
--------------------------------------------------------------------------------
1.6.0_151
```

- 12c: JDK 7 wird auch unterstützt, aber JDK 6 ist noch Default.

ANWEISUNGEN IN SQLJ

- Anfragen:

```
#sql anIterator
  = {SELECT name, population FROM country};
```

wobei anIterator ein (auch per SQLJ) geeignet definierter Iterator ist.

- DML und DDL:

```
#sql{<statement>};
```

- Prozeduraufrufe:

```
#sql{CALL <proc_name>[(<parameter-list>)]};
```

- Funktionsaufrufe:

```
#sql <variable>=
  {VALUES(<func_name>[(<parameter-list>)])};
```

- Aufruf unbenannter Blöcke:

```
#sql {BEGIN ... END};
```


VERBINDUNGSAUFBAU ZU ORACLE

Ausführliche Variante

```
import java.sql.*;
import oracle.sqlj.runtime.Oracle;
//--------------
import sqlj.runtime.*;
import sqlj.runtime.ref.DefaultContext;
  :
String url = "jdbc:oracle:thin:@//xxx.xxx.xxx.xxx:1521/dbis.informatik.uni-goettingen.
String user = "...";
String passwd = "...";
DriverManager.registerDriver (new oracle.jdbc.driver.OracleDriver());
Connection con = DriverManager.getConnection(url,user,passwd);
DefaultContext ctx = new DefaultContext(con);
DefaultContext.setDefaultContext(ctx);
Oracle.connect(url, user, passwd);
//--------------
```

Verbindungsaufbau zu Oracle: Kompaktere Variante

- verwendet `conn.props`

```
import java.sql.*;
import oracle.sqlj.runtime.Oracle;
  :
Oracle.connect(<JavaClass>.class, "conn.props");
  :
```

- `<JavaClass>.class` ist eine Klasse, die im Dateisystem/jar-Archiv im selben Verzeichnis wie `conn.props` liegt (der Name dieser Klasse dient nur dazu, `conn.props` zu finden!).