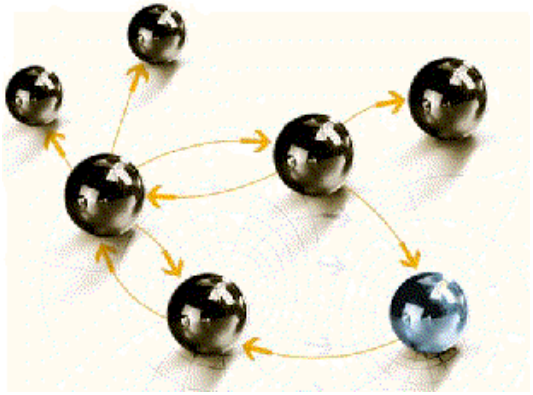


cps4it

# DB2 for z/OS

## Teil 3 – Anwendungsentwicklung und DB2

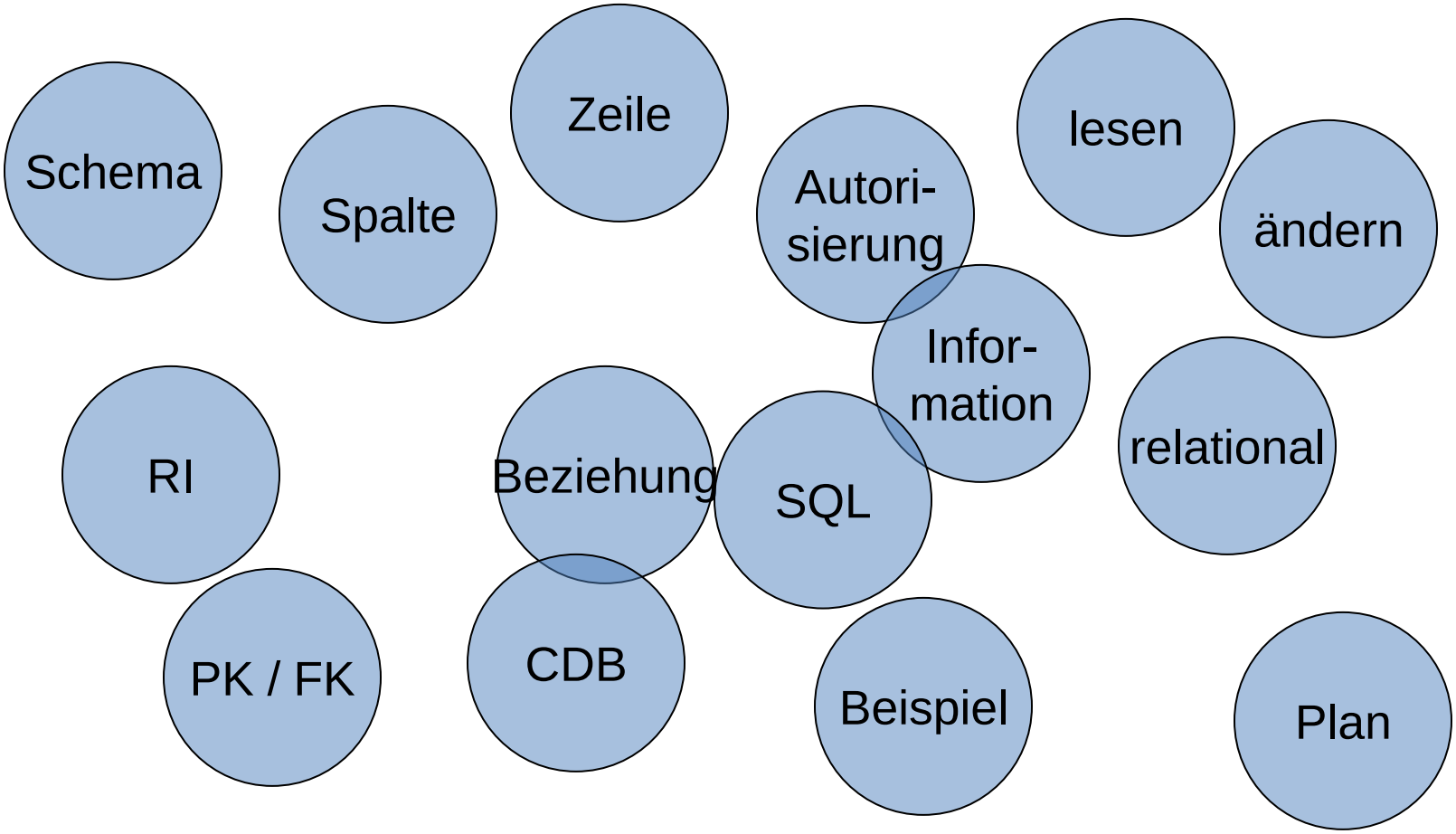
**cps4it**
consulting, projektmanagement und seminare für die informationstechnologie
Ralf Seidler, Stromberger Straße 36A, 55411 Bingen
Fon: +49-6721-992611, Fax: +49-6721-992613, Mail: ralf.seidler@cps4it.de
Internet: http://www.cps4it.de

# Inhalt

- DB2-Systemkatalog
- DB2-Utilities
- SQL im Anwendungsprogramm
- Cursor-Verarbeitung
- Explain und Performance

# DB2-Systemkatalog

## Begriffe



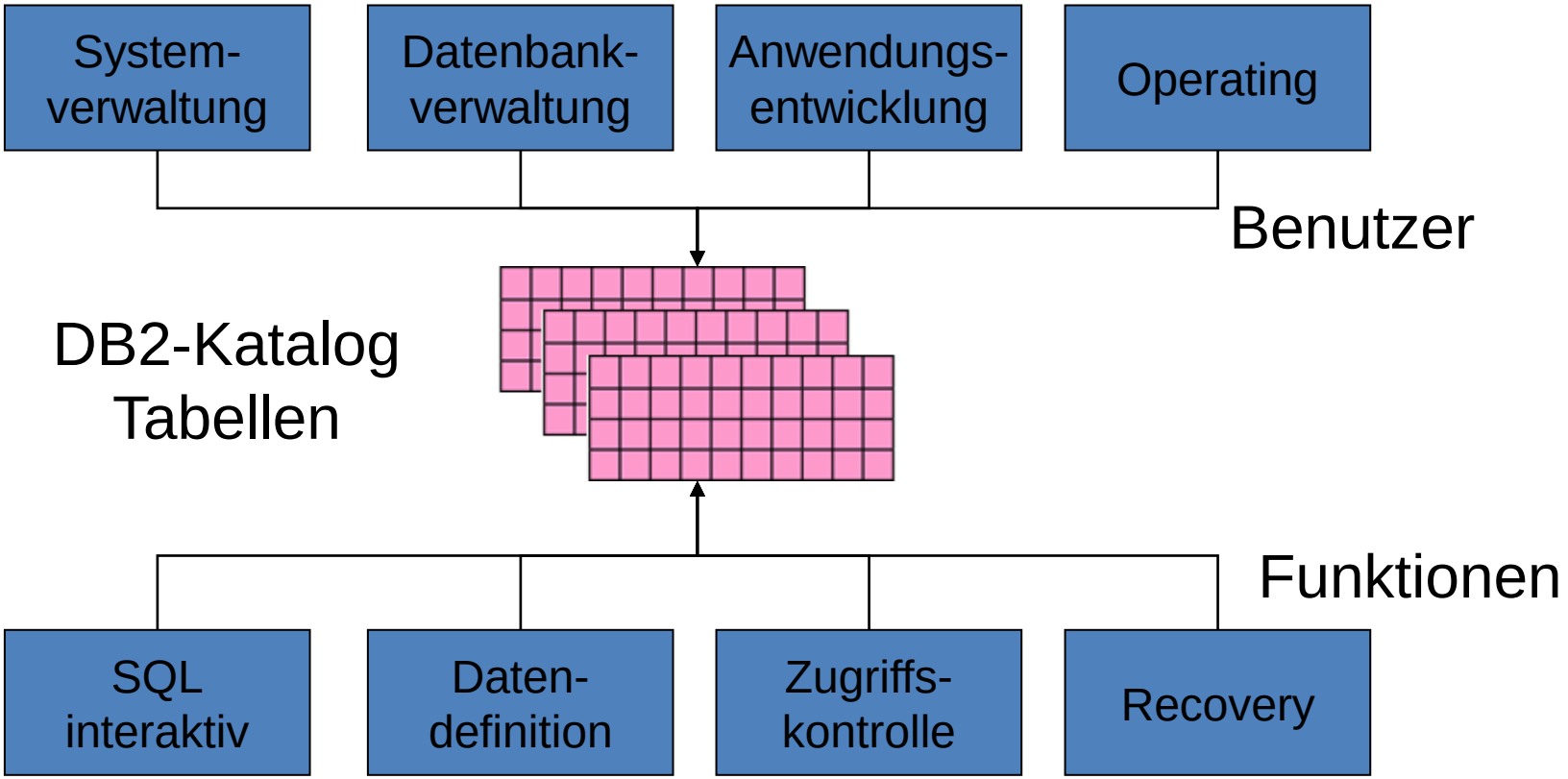
# DB2-Systemkatalog

## allgemeines

- enthalten alle Informationen zu allen Tabellen innerhalb DB2
- Präfix (d.h. Creator): SYSIBM
- logisch aufgeteilt
- bauen auf eigenem Datenmodell auf

# DB2-Systemkatalog

## Schema



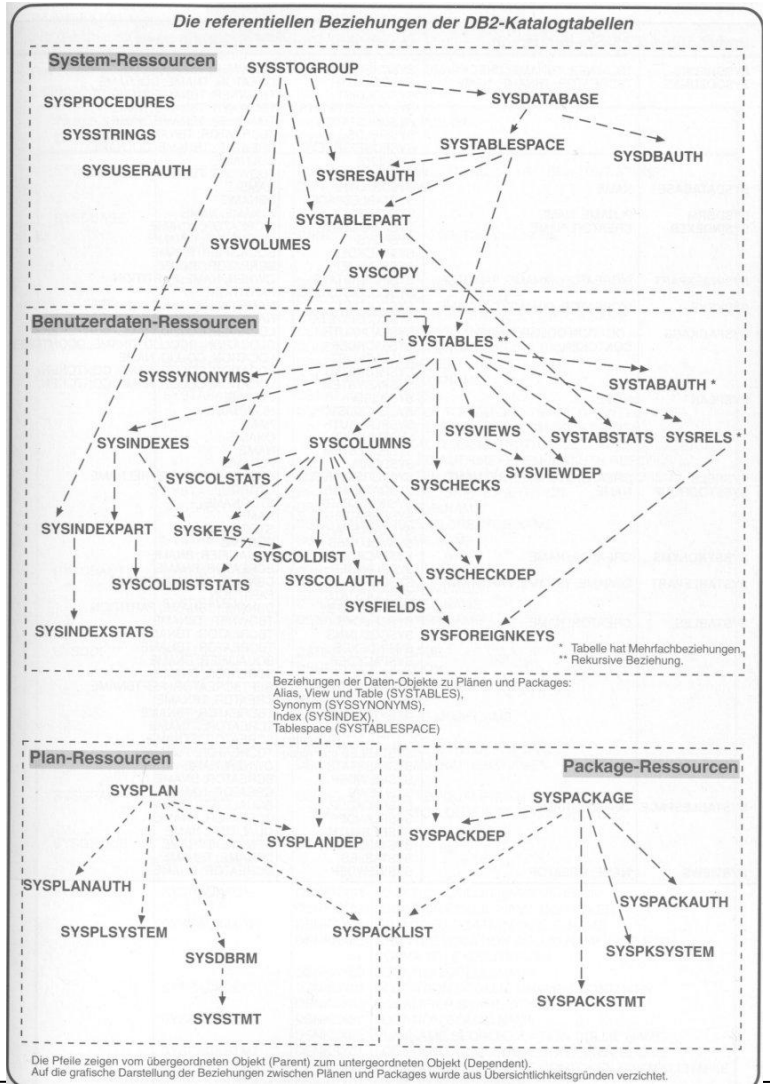
# DB2-Systemkatalog

## Liste der Tabellen mit Funktionen

| Ressource-Typ | Tabelle | Inhalte |
|---|---|---|
| **Benutzer-Privilegien**<br>- Autorisierung | SYSCOLAUTH | GRANT-Privilegien für Update einzelner Spalten einer Tabelle (TABLE) |
| | SYSDBAUTH | GRANT-Privilegien für eine bestimmte Database (DATABASE) |
| | SYSPACKAUTH | GRANT-Privilegien für Packages (PACKAGE) |
| | SYSPLANAUTH | GRANT-Privilegien für Application Plans (PLAN) |
| | SYSRESAUTH | GRANT-Privilegien für Collections, Bufferpools, Storage Groups und Tablespaces (USE) |
| | SYSTABAUTH | GRANT-Privilegien für Tables und Views (TABLE/VIEW) |
| | SYSUSERAUTH | GRANT-Privilegien für System-Privilegien (SYSTEM) |
| **Benutzerbezogene Objekt-Typen:**<br>- Tabelle (Base-Table),<br>- View,<br>- Alias,<br>- Synonym. | SYSCHECKDEP | Abhängigkeiten eines Check Constraints zu Spalten einer Tabelle |
| | SYSCHECKS | Eine Zeile pro Check Constraint einer Tabelle |
| | SYSCOLUMNS | Eine Zeile pro Spalte jeder Tabelle und jedes Views |
| | SYSFIELDS | Eine Zeile für jede Spalte mit Feld-Prozedur |
| | SYSFOREIGNKEYS | Eine Zeile für jede Spalte eines Foreign Keys |
| | SYSRELS | Eine Zeile pro referential constraint |
| | SYSSYNONYMS | Eine Zeile pro Synonym einer Tabelle bzw. eines Views |
| | SYSTABLES | Eine Zeile pro Tabelle, Alias oder View |
| | SYSVIEWDEP | Abhängigkeiten zwischen einem View und Basis-Tabellen oder anderen Views |
| | SYSVIEWS | SQL-SELECT-Definition eines Views |
| **Systembezogene Objekt-Typen:**<br>- Database,<br>- Tablespace,<br>- Index und Indexspace,<br>- Storage Group,<br>- Volumes | SYSCOLDIST | Für die erste Index-Spalte die inhaltliche Streuung bei ungleicher Verteilung. |
| | SYSDATABASE | Eine Zeile pro Database |
| | SYSINDEXES | Eine Zeile pro Index |
| | SYSINDEXPART | Eine Zeile für jeden unpartitioned Index bzw. jede Index-Partition |
| | SYSKEYS | Eine Zeile pro Spalte eines Index-Keys |
| | SYSSTOGROUP | Eine Zeile pro Storage Group |
| | SYSTABLEPART | Eine Zeile pro Tablespace bzw. pro Partition |
| | SYSTABLESPACE | Eine Zeile pro Tablespace |
| | SYSVOLUMES | Eine Zeile pro Volume jeder Storage Group |
| **Anwendungen**<br>- Collection<br>- DBRM<br>- Package<br>- Plan<br>- Stored Procedures | SYSDBRM | Eine Zeile pro Data Base Request Modul (DBRM) |
| | SYSPACKAGE | Eine Zeile pro Package des lokalen Servers |
| | SYSPACKDEP | Abhängigkeiten der Package zu lokalen Objekten |
| | SYSPACKLIST | Packages und/oder Collections eines Plans |
| | SYSPACKSTMT | Texte der SQL-Statements einer Package |
| | SYSPKSYSTEM | Ausführbare Connections einer Package |
| | SYSPLAN | Eine Zeile pro Plan |
| | SYSPLANDEP | Abhängigkeiten des Plans zu lokalen Objekten |
| | SYSPLSYSTEM | Ausführbare Connections eines Plans |
| | SYSPROCEDURES | Eine Zeile pro Stored Procedure |
| | SYSSTMT | Texte der SQL-Statements eines DBRMs |
| **Partition-Level-Statistik-Tabellen** | SYSCOLDISTSTATS | Partitionbezogene Infos analog SYSCOLDIST |
| | SYSCOLSTATS | Partitionbezogene Infos analog SYSCOLUMNS |
| | SYSINDEXSTATS | Partitionbezogene Infos analog SYSINDEXES |
| | SYSTABSTATS | Partitionbezogene Infos analog SYSTABLES |
| **Sonstiges**<br>- Recovery-Status<br>- Konvertierungsregeln<br>- Sonstige Tabellen | SYSCOPY | Informationen für das Recovery-Utility |
| | SYSDUMMY1 | Dummy-Tabelle für Nutzung von Funktionen, die keine Daten benötigen |
| | SYSSTRINGS | Konvertierungs-Informationen für Code-Umsetzung |

# DB2-Systemkatalog

## Beziehungen zwischen den Tabellen



# DB2-Systemkatalog

**weitere Details …**

- PK-FK-Beziehungen zwischen den Tabellen
- Informationen der Katalog-Tablespaces und Indizes
- was mit den Tabellen gemacht werden darf
- Katalog-Strukturen
- etc.

- siehe DB2 Theorie und Praxis (Denne)

# DB2-Systemkatalog

## Benutzung

- Benutzer kann nur Abfragen
- Änderungen über Befehle
  - CREATE, DROP, ALTER für DB2-Objekte
  - GRANT, REVOKE für Autorisierungen
- Informationen über Kopieren von Datenbanken

# DB2-Systemkatalog

## wichtige Katalogtabellen – Extrakt

- SYSTABLES
  - 1 Zeile je Table und View
  - Felder: NAME, CREATOR, COLCOUNT …
- SYSCOLUMNS
  - 1 Zeile für jede Spalte aller Tabellen
  - Felder: NAME, TBNAME, COLTYPE …
- SYSINDEXES
  - 1 Zeile für jeden Index
  - Felder: NAME, TBNAME, CREATOR

# DB2-Systemkatalog

## Beispiel für Abfragen – 1

- Aufgabe:
  - Welche Tabellen enthalten Spalten mit dem Namen LNR?
- Befehl

```
SELECT TBNAME
  FROM SYSIBM.SYSCOLUMNS
 WHERE NAME = 'LNR'
```

- Ergebnis

```
TBNAME
-------
LIEFERANT
AUFTRAG
```

# DB2-Systemkatalog

## Beispiel für Abfragen – 2

- Aufgabe:
  - Welche Spalten hat die Tabelle LIEFERANT?
- Befehl

```
SELECT NAME
  FROM SYSIBM.SYSCOLUMNS
 WHERE TBNAME = 'LIEFERANT'
```

- Ergebnis

```
NAME
-------
LNR
LNAME
LSTATUS
ORT
```

# DB2-Systemkatalog

## Übung(en)

- Kapitel 1.4.5.31 Beispiel 31
- Kapitel 1.4.5.32 Beispiel 32

# DB2-Systemkatalog

## Übung(en)

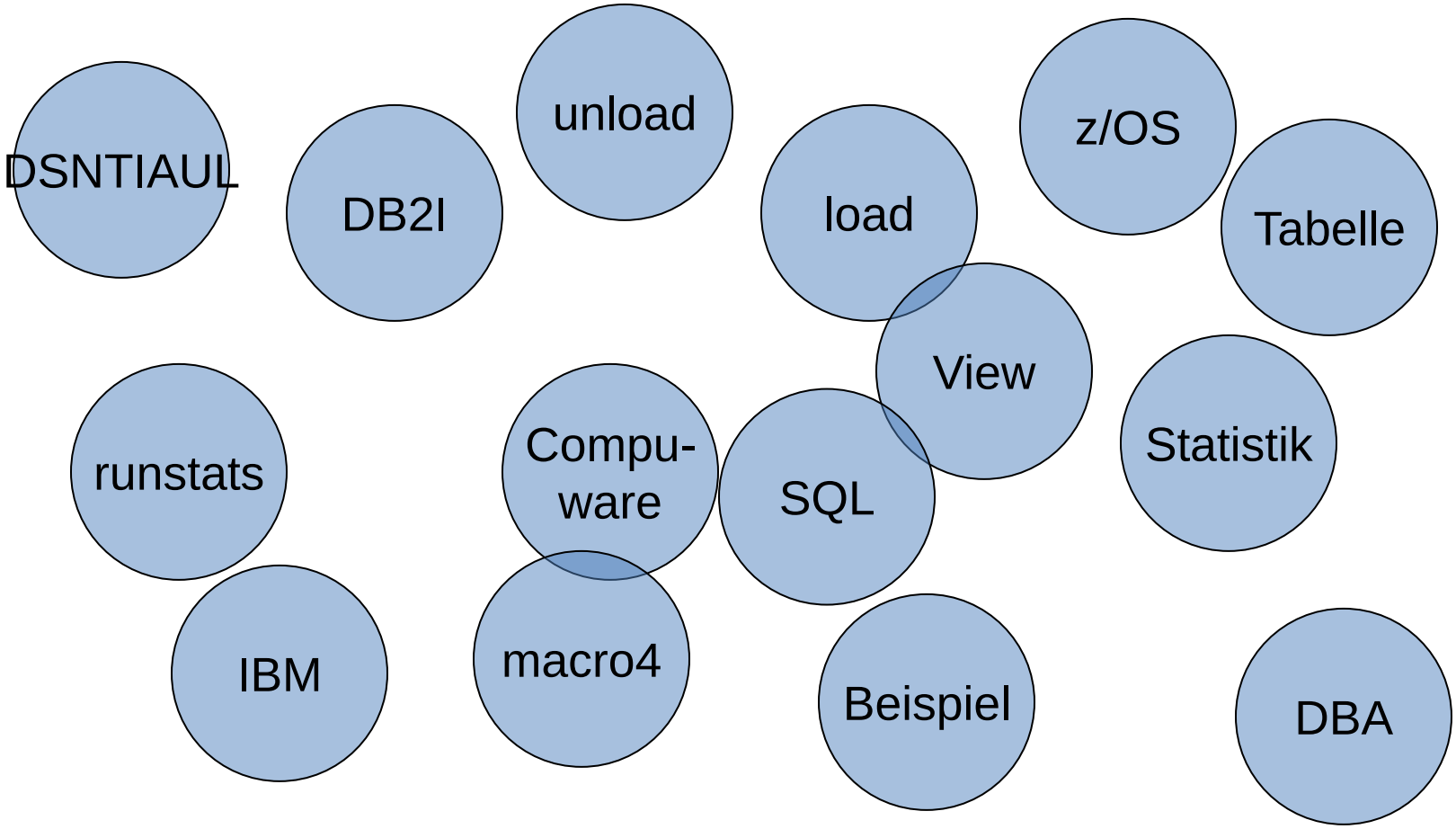
- Kapitel 8.1 versch. Infos auslesen

# Inhalt

- DB2-Systemkatalog
- DB2-Utilities
- SQL im Anwendungsprogramm
- Cursor-Verarbeitung
- Explain und Performance

# DB2-Utilities

## Begriffe



# DB2-Utilities

## allgemeines

- (fast) alle Funktionen sind im Dialog aufrufbar

| | |
|---|---|
| DSNTIAUL | unload |
| DSNTIB71 | unload |
| DSNU (Clist) | load |
| DSNUTILB | runstats |

- Benötigt werden diese im Allgemeinen nicht, da jede Firma eigene Verfahren zu Verfügung stellt
- Trotzdem ist es interessant zu wissen, dass es so etwas gibt.

# DB2-Utilities

## DSNTIAUL

- ASM-Programm
- bis 100 Tabellen selektieren und entladen auf PS-Datei
  - kompletter Inhalt
  - Auswahl von Daten wie
    - alle Spalten
    - bestimmte Zeilen über Tabellenname
    - Spaltenauswahl mit beliebiger Selektion über View
    - parametrisiert mit einem SQL
- generieren von Lade-Statements

# DB2-Utilities

## DSNTIAUL – Beispiel 1

```
//UNLOAD  EXEC PGM=IKJEFT01,DYNAMNBR=20
//SYSTSPRT DD  SYSOUT=*
//SYSTSIN  DD  *
 DSN SYSTEM(DSN)
 RUN  PROGRAM(DSNTIAUL) PLAN(DSNTIB81) -
      LIB('DSN810.RUNLIB.LOAD')
//SYSPRINT DD SYSOUT=*
//SYSUDUMP DD SYSOUT=*
//SYSREC00 DD DSN=DSN8UNLD.SYSREC00,
//
   UNIT=SYSDA,SPACE=(32760,(1000,500)),DISP=(,CATLG),
//            VOL=SER=SCR03
//SYSPUNCH DD DSN=DSN8UNLD.SYSPUNCH,
//            UNIT=SYSDA,SPACE=(800,(15,15)),DISP=(,CATLG),
//            VOL=SER=SCR03,RECFM=FB,LRECL=120,BLKSIZE=1200
//SYSIN    DD *
DSN8810.PROJ WHERE DEPTNO='D01'
```

# DB2-Utilities

## DSNTIAUL – Beispiel 2

```
//UNLOAD  EXEC PGM=IKJEFT01,DYNAMNBR=20
//SYSTSPRT DD  SYSOUT=*
//SYSTSIN  DD  *
 DSN SYSTEM(DSN)
 RUN  PROGRAM(DSNTIAUL) PLAN(DSNTIB81) -
       LIB('DSN810.RUNLIB.LOAD')
//SYSPRINT DD SYSOUT=*
//SYSUDUMP DD SYSOUT=*
//SYSREC00 DD DUMMY
//SYSPUNCH DD DSN=DSN8UNLD.SYSPUNCH,
//            UNIT=SYSDA,SPACE=(800,(15,15)),DISP=(,CATLG),
//            VOL=SER=SCR03,RECFM=FB,LRECL=120,BLKSIZE=1200
//SYSIN    DD *
DSN8810.DEPT
```

# DB2-Utilities

## DSNTIAUL – Beispiel 3

```
//UNLOAD  EXEC PGM=IKJEFT01,DYNAMNBR=20
//SYSTSPRT DD  SYSOUT=*
//SYSTSIN  DD  *
 DSN SYSTEM(DSN)
 RUN  PROGRAM(DSNTIAUL) PLAN(DSNTIB81) PARMS('SQL,250') -
          LIB('DSN810.RUNLIB.LOAD')
//SYSPRINT DD SYSOUT=*
...
...
//SYSIN    DD *
LOCK TABLE DSN8810.EMP IN SHARE MODE;
LOCK TABLE DSN8810.PROJ IN SHARE MODE;
SELECT * FROM DSN8810.PROJ;
SELECT * FROM DSN8810.EMP
  WHERE WORKDEPT LIKE 'D%'
  ORDER BY EMPNO;
```

250 rows pro fetch

# DB2-Utilities

## DSNU / DSNUTILB

- DSNU
  - Clist
  - generiert JCL zum Laden
  - JCL editierbar
  - Aufruf über TSO DSNU
- DSNUTILB
  - ASM-Programm
  - Aktualisieren der Runstats
  - Aufruf über DB2I

# DB2-Utilities

## DSNTEP2

- Batch-Programm
- Ausführung von dynamischen SQLs
- Beispiel:

```
//RUNTEP2 EXEC PGM=IKJEFT01,DYNAMNBR=20
//SYSTSPRT DD SYSOUT=*
//SYSTSIN  DD *
 DSN SYSTEM(DSN)
 RUN PROGRAM(DSNTEP2) PLAN(DSNTEP81) -
        LIB('SYS1.DB2.LINKLIB')
//SYSPRINT DD SYSOUT=*
//SYSUDUMP DD SYSOUT=*
//SYSIN    DD *
 SELECT * FROM DSN8810.PROJ;
```

# DB2-Utilities

**und Produkte von verschiedenen Firmen …**

- FileAid for DB2 (Compuware)
- File Manager for z/OS (IBM)
- InSync (macro4)
- BMC Mastermind / DB2 Catalog Manager
- Plan Analyzer (Platinum)
- QuickStart

# DB2-Utilities

## Produkt FileAid for DB2

- Tabellen ansehen
- Tabellen ändern
- DB2-Objekte anlegen, löschen, ändern
- Tabellen laden / entladen
- SQL im Batch laufen lassen
- etc.

# DB2-Utilities

## Übung(en)

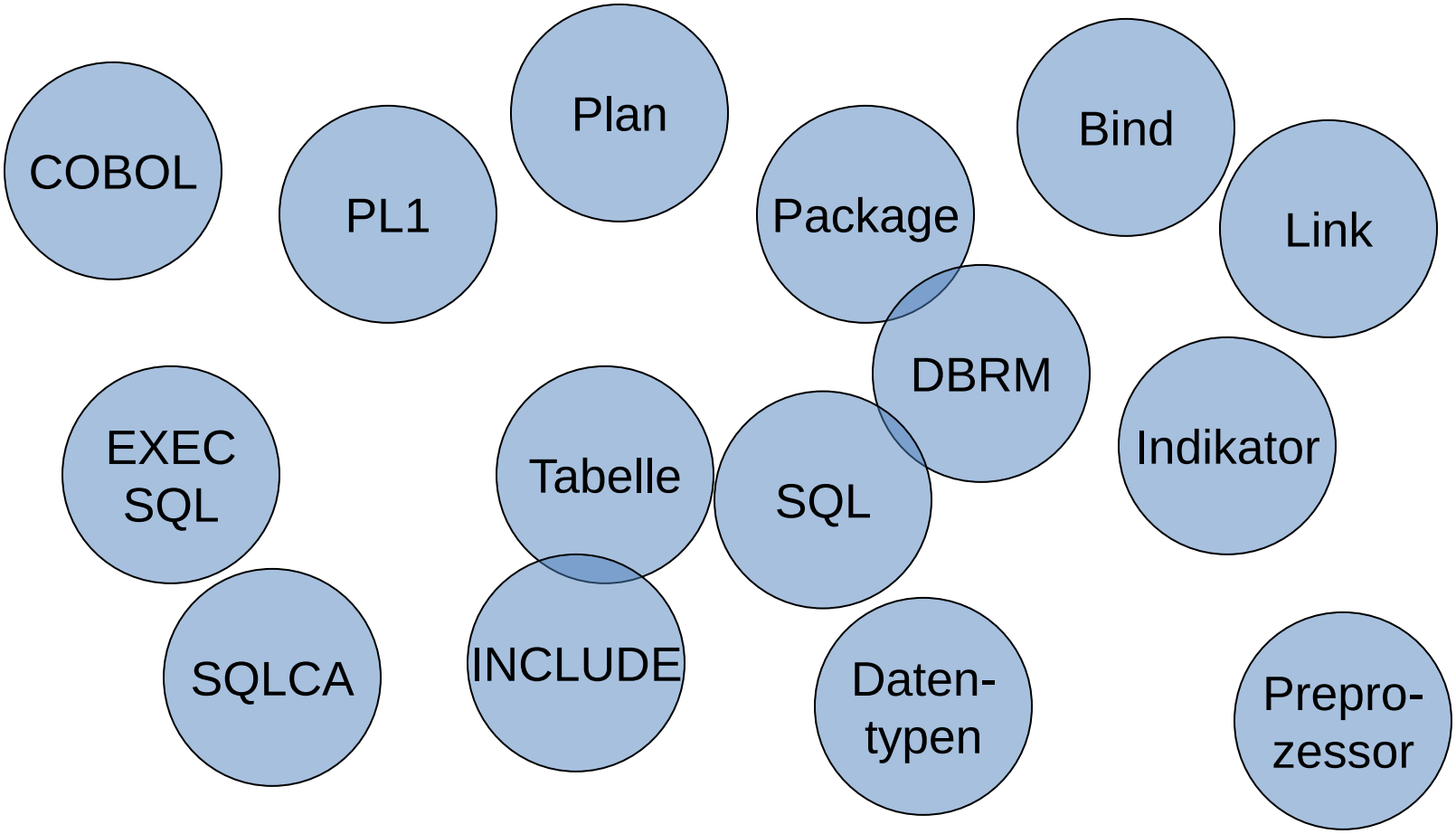
- Kapitel 9.1 Tabelle entladen
- Kapitel 9.2 Tabelle teilweise entladen
- Kapitel 9.3 Runstats aktualisieren
- Kapitel 9.4 BMC Catalog Manager nutzen
- Kapitel 9.5 Aufruf Quickstart
- Kapitel 9.6 spielen mit FileAid DB2

# Inhalt

- DB2-Systemkatalog
- DB2-Utilities
- SQL im Anwendungsprogramm
- Cursor-Verarbeitung
- Explain und Performance

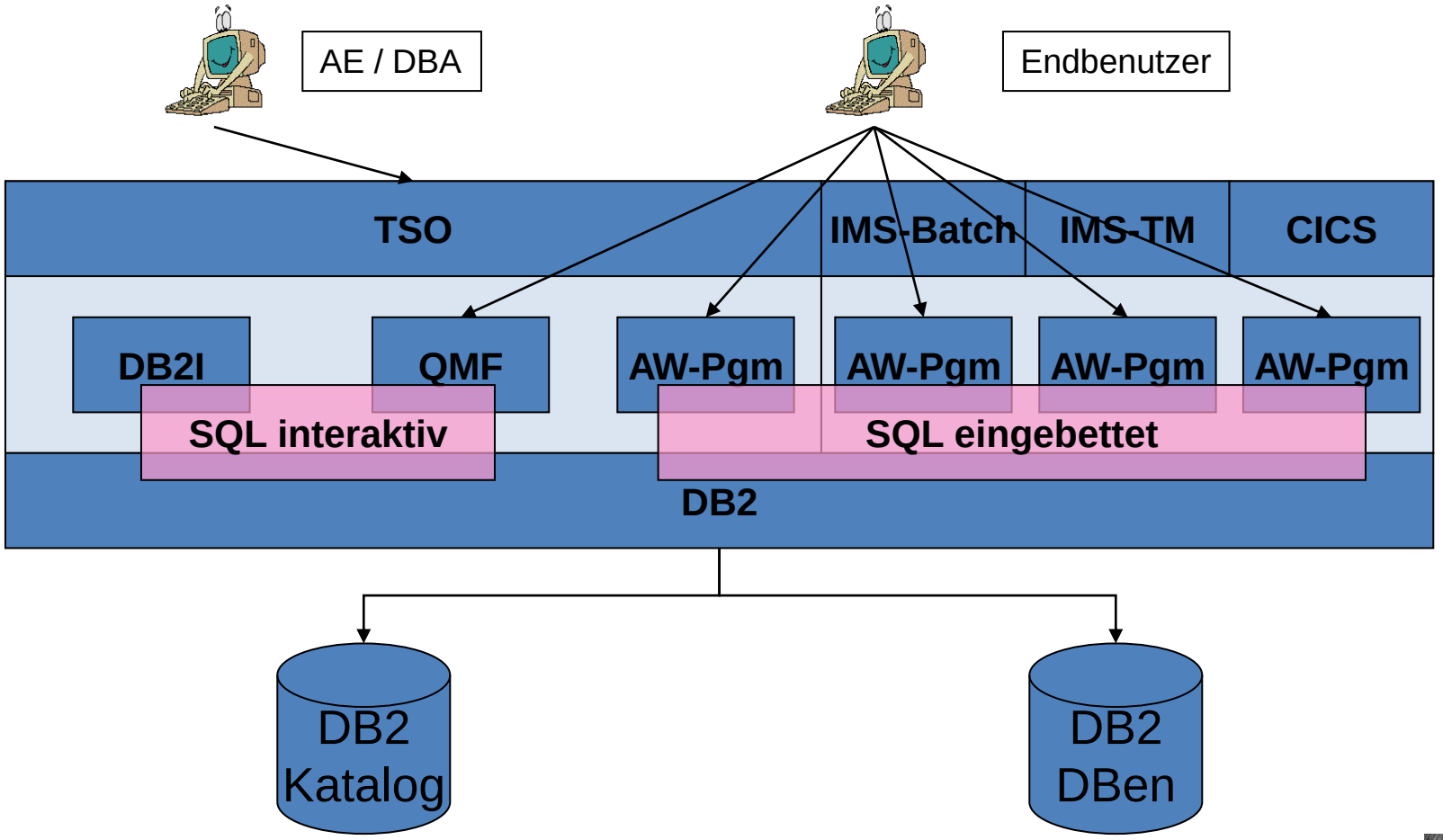
# SQL im Anwendungsprogramm

## Begriffe



# SQL im Anwendungsprogramm

## Schnittstelle für IT-Leute



# SQL im Anwendungsprogramm

## allgemeines – 1

- alle SQL-Befehle können eingebettet werden
  - DML (SELECT, UPDATE, …)
  - DDL (CREATE TABLE, …)
  - DCL (GRANT, REVOKE, …)
- erlaubte Programmiersprachen
  - PL1, COBOL, Fortran
  - Assembler, C, C++, Ada
  - Basic, APL2
  - JAVA, PROLOG, LE

# SQL im Anwendungsprogramm

## allgemeines – 2

- Es gibt Detailunterschiede zwischen interaktiven und eingebetteten SQL-Befehlen.
- Es sind zusätzliche SQL-Befehle im Anwendungsprogramm nötig.
- Die Logik ist unterschiedlich:
  - Programmiersprachen sind “prozedural”
    Ein Satz nach dem anderen.
  - SQL-Sprache ist “nicht-prozedural”
    SET-Verarbeitung

# SQL im Anwendungsprogramm

## Kennzeichnung

- COBOL: **EXEC SQL** SELECT … **END-EXEC.**
- Fortran: **EXEC SQL** SELECT …
- PL1: **EXEC SQL** SELECT … **;**
- ASM: **EXEC SQL** SELECT …

# SQL im Anwendungsprogramm

## Beispiel – PL1

- Tabelle:
  - LIEFERANT (LNR, LNAME, LSTATUS, ORT
- Befehl:

```
EXEC SQL
    SELECT LSTATUS, ORT
     INTO :LSTATUS, :STADT
     FROM LIEFERANT
    WHERE LNR = :LNR
;
```

# SQL im Anwendungsprogramm

## Beispiel – COBOL

- Tabelle:
  - LIEFERANT (LNR, LNAME, LSTATUS, ORT
- Befehl:

```
EXEC SQL
    SELECT LSTATUS, ORT
     INTO :LSTATUS, :STADT
     FROM LIEFERANT
    WHERE LNR = :LNR
END-EXEC.
```

# SQL im Anwendungsprogramm

## Hostvariable

- Felder im SQL, die im Programm definiert sind, nennt man Hostvariablen. Diese sind durch einen **:** vor dem Namen gekennzeichnet.
- Hostvariablen und Datenbankfelder können den gleichen Namen tragen.

# SQL im Anwendungsprogramm

## Definition von Hostvariablen

- PL1:

```
DCL LSTATUS FIXED BIN(15);
DCL STADT   CHAR(10);
DCL LNR     CHAR(06);
```

- COBOL:

```
01 LSTATUS  PIC S9(04) BINARY.
01 STADT    PIC  X(10).
01 LNR      PIC  X(06).
```

# SQL im Anwendungsprogramm

## Definition von Hostvariablen – Tabelle

| DB2 | COBOL | PL1 |
|---|---|---|
| INTEGER | PIC S9(9) COMP | BIN FIXED(31) |
| SMALLINT | PIC S9(4) COMP | BIN FIXED(15) |
| DECIMAL(m,n) | PIC S9(m-n)V9(n) COMP-3 | FIXED DEC(m,n) |
| FLOAT | USAGE COMP-2 | BIN FLOAT(53) |
| CHAR(n) | PIC  X(n) | CHAR(n) |
| VARCHAR(n)<br>LONG VARCHAR | PIC S9(4) COMP<br>PIC  X(n) | CHAR(n) VARYING |
| DATE | PIC  X(10) | CHAR(10) |
| TIME | PIC  X(8) | CHAR(8) |
| TIMESTAMP | PIC  X(26) | CHAR(26) |

# SQL im Anwendungsprogramm

## Fehlerbehandlung

- Nach Ausführung eines SQL-Befehls stellt DB2 in einem Bereich Statusinformationen bereit.
- SQLCA
  - Kommunikationsbereich zwischen DB2 und Anwendungsprogamm
  - “Communication Area”
  - muss im Anwendungsprogramm definiert sein
  - zentrales Copybook; wird per SQL INCLUDE bereitgestellt

# SQL im Anwendungsprogramm

## Fehlerbehandlung – SQLCODE

- SQLCODE ist ein Feld in SQLCA
- SQLCODE = 0 alles ok
- SQLCODE = 100 keine Daten gefunden
- SQLCODE < 0 Fehlersituation eingetreten

SQLCA Beschreibung

SQLCA Struktur

# SQL im Anwendungsprogramm

## Fehlerbehandlung – Definition der SQLCA in COBOL

```
01 SQLCA.
      05 SQLCAID       PIC X(8).
      05 SQLCABC       PIC S9(9) COMP-4.
      05 SQLCODE       PIC S9(9) COMP-4.
      05 SQLERRM.
         49 SQLERRML   PIC S9(4) COMP-4.
         49 SQLERRMC   PIC X(70).
      05 SQLERRP       PIC X(8).
      05 SQLERRD       OCCURS 6 TIMES
                       PIC S9(9) COMP-4.
      05 SQLWARN.
         10 SQLWARN0   PIC X.
         10 SQLWARN1   PIC X.
         10 SQLWARN2   PIC X.
         10 SQLWARN3   PIC X.
         10 SQLWARN4   PIC X.
         10 SQLWARN5   PIC X.
         10 SQLWARN6   PIC X.
         10 SQLWARN7   PIC X.
      05 SQLEXT.
         10 SQLWARN8   PIC X.
         10 SQLWARN9   PIC X.
         10 SQLWARNA   PIC X.
         10 SQLSTATE   PIC X(5).
```

# SQL im Anwendungsprogramm

## Fehlerbehandlung – Definition der SQLCA in PL1

```
DECLARE
      1 SQLCA,
        2 SQLCAID CHAR(8),
        2 SQLCABC FIXED(31) BINARY,
        2 SQLCODE FIXED(31) BINARY,
        2 SQLERRM CHAR(70) VAR,
        2 SQLERRP CHAR(8),
        2 SQLERRD(6) FIXED(31) BINARY,
        2 SQLWARN,
          3 SQLWARN0 CHAR(1),
          3 SQLWARN1 CHAR(1),
          3 SQLWARN2 CHAR(1),
          3 SQLWARN3 CHAR(1),
          3 SQLWARN4 CHAR(1),
          3 SQLWARN5 CHAR(1),
          3 SQLWARN6 CHAR(1),
          3 SQLWARN7 CHAR(1),
        2 SQLEXT,
          3 SQLWARN8 CHAR(1),
          3 SQLWARN9 CHAR(1),
          3 SQLWARNA CHAR(1),
          3 SQLSTATE CHAR(5);
```

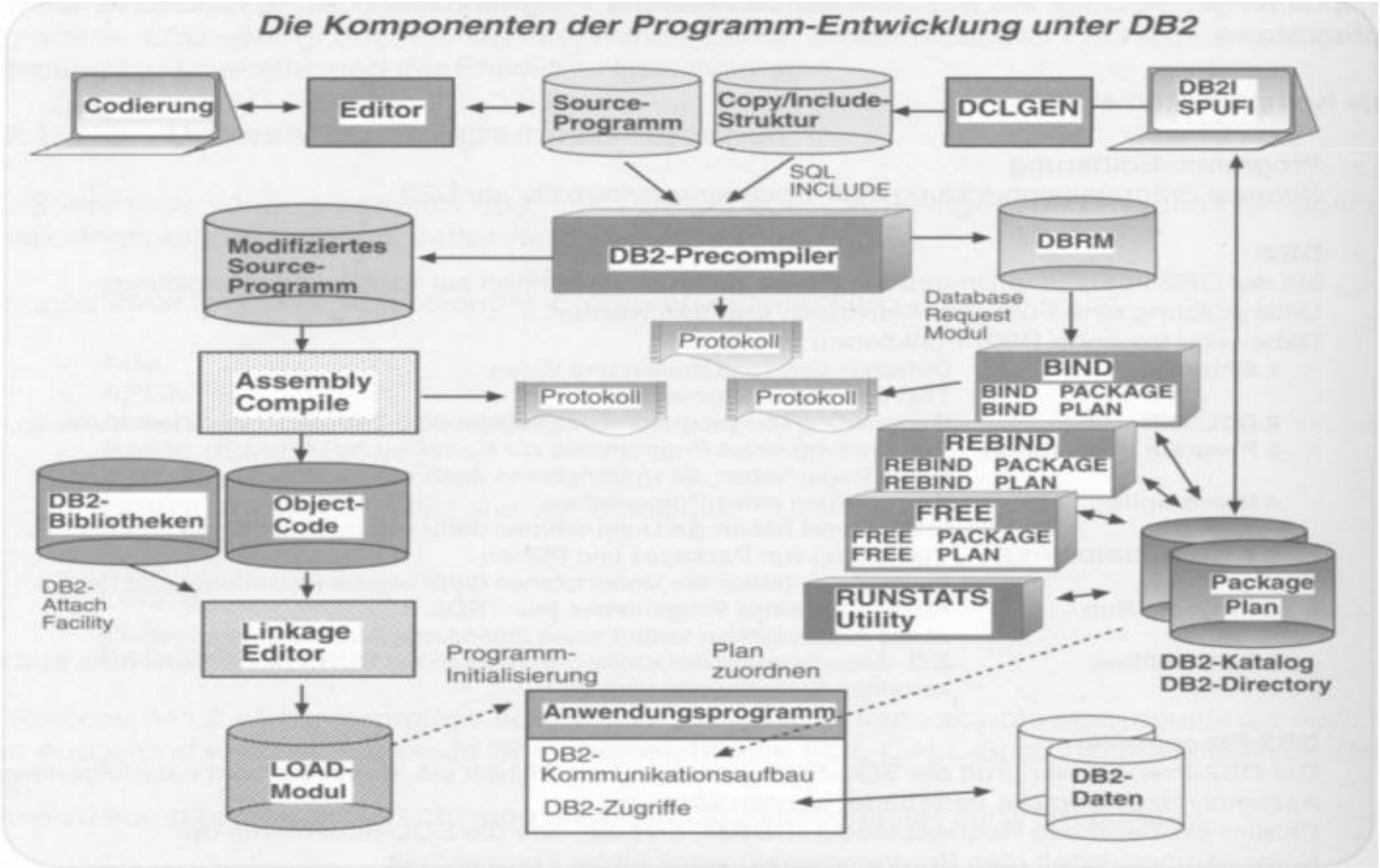
# SQL im Anwendungsprogramm

## Fehlerbehandlung – Felder in der SQLCA (Auswahl)

- SQLCODE Returncode
- SQLERRM Fehlernachricht
- SQLERRP DB2-Modulname
- SQLERRD(3) Anzahl veränderter Zeilen
- SQLWARN0 blank: alles ok / ‘W’: teste 1-7
- SQLWARN1 Truncation bei char-Feldern
- SQLWARN2 NULL-Werte bei Funktionen wurden eliminiert
- SQLWARN3 mehr Spalten als Hostvar.

# SQL im Anwendungsprogramm

## Programmentwicklung im DB2



# SQL im Anwendungsprogramm

## Programmentwicklung im DB2 – Phasen – 1

- Programm schreiben
- Precompile
  - Syntaxprüfung
  - Prüfung auf Existenz der Hostvariablen
  - umsetzen SQL-Code in Programm-Code
  - generieren DBRM
  - bei Anwesenheit einer Declare-Struktur wird Kompatibilität geprüft
- Compile

# SQL im Anwendungsprogramm

## Programmentwicklung im DB2 – Phasen – 2

- Bind Package
  - Syntaxprüfung der SQLs
  - prüfen, ob DB2-Objekte existieren
  - Berechtigung prüfen
  - Auswahl optimaler Zugriffspfad
    - berücksichtigen Indizes
    - berücksichtigen Runstats
  - generieren Package bzw. Plan
- Bind / Link

# SQL im Anwendungsprogramm

## Modifikation durch DB2-Preprozessor

**SQL-Statement Vorgabe im Programm:**

```
EXEC SQL
    SELECT      SEMCODE, TERMIN
      INTO      :SEMCODE, :TERMIN
      FROM      V004711
        WHERE   LFD_SEMNR = :LFD-SEMNR
END-EXEC
```

**SQL-Statement Modifikation durch den DB2-Precompiler**

```
**  EXEC SQL
**      SELECT      SEMCODE, TERMIN
**        INTO      :SEMCODE, :TERMIN
**        FROM      V004711
**          WHERE   LFD_SEMNR = :LFD-SEMNR
**  END-EXEC
    PERFORM SQL-INITIAL  UNTIL  SQL-INIT-DONE
    CALL 'DSNHLI'  USING SQL-PLIST2
```

**Durch den DB2-Precompiler eingefügte Routine zur Adressierung der Parameterleiste für das Attach-Facility**

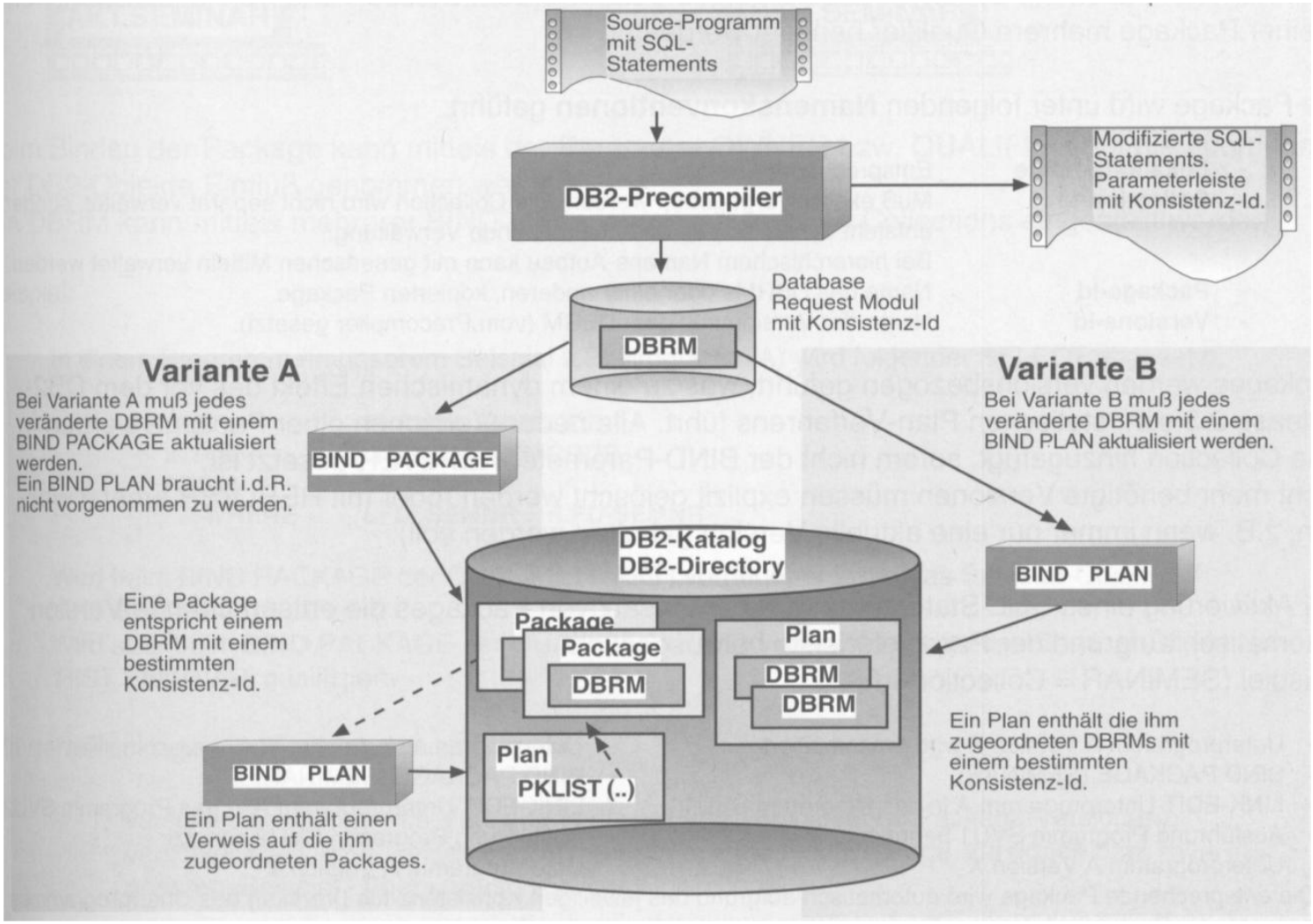
```
SQL-SKIP.
     GO TO SQL-INIT-END.
SQL-INITIAL.
     MOVE 1 TO SQL-INIT-FLAG.
      CALL 'DSNHADDR' USING   SQL-VPARMPTR     OF  SQL-PLIST2
                              SQL-PVAR-LIST2

      CALL 'DSNHADDR' USING   SQL-PVAR-ADDRS   OF  SQL-PLIST2
                              LFD-SEMNR        OF  DCLV004711  SQL-NULL

      CALL 'DSNHADDR' USING   SQL-APARMPTR     OF  SQL-PLIST2
                              SQL-AVAR-LIST2

      CALL 'DSNHADDR' USING   SQL-AVAR-ADDRS   OF  SQL-PLIST2
                              SEMCODE          OF  DCLV004711  SQL-NULL
                              TERMIN           OF  DCLV004711  SQL-NULL
      CALL 'DSNHADDR' USING   SQL-CODEPTR      OF  SQL-PLIST2
                              SQLCA.
SQL-INIT-END.
```

**Durch den DB2-Precompiler eingefügte Parameterleiste für das Attach-Facility**

```
77  SQL-NULL                PIC  S9(9)      COMP-4  VALUE + 0.
77  SQL-INIT-FLAG           PIC  S9(4)      COMP-4  VALUE + 0.
    88  SQL-INIT-DONE       VALUE                   +1.
01  SQL-PLIST2.
    05  SQL-PLIST-CON              PIC S9(9)  COMP-4  VALUE +2656256.   Länge fester Teil und Flag.
    05  SQL-CALLTYPE               PIC S9(4)  COMP-4  VALUE +30.        Typ des Calls.
    05  SQL-PROG-NAME              PIC X(8)           VALUE 'SVU101 '.  Programmname, DBRM-Name.
                                                                        Die folgenden Felder enthalten den Konsistenz-Id
                                                                        des DBRMs (Timestamp oder Level):
    05  SQL-TIMESTAMP-1            PIC S9(9)  COMP-4  VALUE +356396737. Interner Timestamp 1.
    05  SQL-TIMESTAMP-2            PIC S9(9)  COMP-4  VALUE +399142110. Interner Timestamp 2.
    05  SQL-SECTION                PIC S9(4)  COMP-4  VALUE +1.         Sektions-Nr. des Statements im DBRM.
    05  SQL-CODEPTR                PIC S9(9)  COMP-4.                   Adresse der SQLCA.
    05  SQL-VPARMPTR               PIC S9(9)  COMP-4  VALUE +0.         Adresse der Variablenliste der Host-Variablen, die in
                                                                        WHERE definiert sind.
    05  SQL-APARMPTR               PIC S9(9)  COMP-4  VALUE +0.         Adresse der Variablenliste der Host-Variablen, die in
                                                                        INTO definiert sind.
    05  SQL-STMT-NUM               PIC S9(4)  COMP-4  VALUE +558.       Lfd. Statement-Nr. im Programm.
    05  SQL-STMT-TYP               PIC S9(4)  COMP-4  VALUE +231.       SQL-Statement-Typ (hier: SELECT).
    05  SQL-PVAR-LIST2.                                                 Es folgt die Liste der Host-Variablen, die in WHERE
                                                                        definiert sind (in unserem Beispiel nur eine).
        10 SQL-PVAR-SIZE         PIC S9(4)  COMP-4  VALUE +16.        Länge dieser Variablenliste in Bytes.
        10 SQL-PVAR-DESCS.                                           Definition der Host Variable(n), hier nur LFD_SEMNR:
           15 SQL-PVAR-TYPE1     PIC S9(4)  COMP-4  VALUE +500.       Daten-Typ (SQLTYPE), hier: SMALLINT NOT NULL.
           15 SQL-PVAR-LEN1      PIC S9(4)  COMP-4  VALUE +2.         Daten-Länge (SQLLEN), hier: 2 Bytes.
        10 SQL-PVAR-ADDRS.                                           Adressen der Host-Variablen:
           15 SQL-PVAR-ADDR1     PIC S9(9)  COMP-4.                   Adresse der Host-Variablen mit den Daten.
           15 SQL-PVAR-IND1      PIC S9(9)  COMP-4.                   Adresse des Null-Indikators.
    05  SQL-AVAR-LIST2.                                               Es folgt die Liste der Host-Variablen, die in INTO
                                                                        definiert sind (in unserem Beispiel zwei).
        10 SQL-AVAR-SIZE         PIC S9(4)  COMP-4  VALUE +28.        Länge dieser Variablenliste in Bytes (inkl. diesem
                                                                        Längenfeld).
        10 SQL-AVAR-DESCS.                                           Definition der Host Variable(n) - pro Variable 12 Bytes:
                                                                        1.Host-Variable = SEMCODE:
           15 SQL-AVAR-TYPE1     PIC S9(4)  COMP-4  VALUE +452.       Daten-Typ (SQLTYPE), hier: CHARACTER NOT NULL.
           15 SQL-AVAR-LEN1      PIC S9(4)  COMP-4  VALUE +15.        Daten-Länge (SQLLEN), hier: 15 Bytes.
        10 SQL-AVAR-ADDRS.                                           Adressen der Host-Variablen:
           15 SQL-AVAR-ADDR1     PIC S9(9)  COMP-4.                   Adresse der Host-Variablen mit den Daten.
           15 SQL-AVAR-IND1      PIC S9(9)  COMP-4.                   Adresse des Null-Indikators.
                                                                        2. Host-Variable = TERMIN (Daten-Typ = Cobol-Format)
           15 SQL-AVAR-TYPE2     PIC S9(4)  COMP-4  VALUE +452.       Daten-Typ (SQLTYPE), hier: CHARACTER NOT NULL.
           15 SQL-AVAR-LEN2      PIC S9(4)  COMP-4  VALUE +10.        Daten-Länge (SQLLEN), hier: 10 Bytes.
           15 SQL-AVAR-ADDR2     PIC S9(9)  COMP-4.                   Adresse der Host-Variablen mit den Daten.
           15 SQL-AVAR-IND2      PIC S9(9)  COMP-4.                   Adresse des Null-Indikators.
```

# SQL im Anwendungsprogramm

## DBRM, Plan, Package



# SQL im Anwendungsprogramm

## Übung(en)

- Kapitel 10.1 Programm mit SQLCA

# SQL im Anwendungsprogramm

## Kodierregeln

- EXEC SQL INCLUDE SQLCA [END-EXEC.|;]
- Sämtliche DB2-Ressourcen sollten im Programm mit DECLARE TABLE definiert werden.
- Hostvariablen oder Hoststrukturen können benutzt werden; nach SQL-Standard liegen diese in einer eigenen SQL-Section

```
EXEC SQL BEGIN DECLARE SECTION
. . .
EXEC SQL END DECLARE SECTION
```

# SQL im Anwendungsprogramm

## NULL-Werte

- Wenn ein Wert NULL ist, was soll dann als Wert in das Zielfeld übertragen werden?
- Lösung: Indikatoren
- Befehl:

```
EXEC SQL
SELECT TITEL, DAUER
  INTO :TITEL :TITEL-I, :DAUER :DAUER-I
  FROM SEMTYP
 WHERE SEMCODE = :SEMCODE
mit DAUER-I, TITEL-I 2-Byte Binärfeld
```

# SQL im Anwendungsprogramm

## Indikatoren

- Abfrage:

```
IF DAUER-I = -1 THEN NULL-Wert
```

- Achtung! Precompiler meldet keinen Fehler, wenn Indikatoren fehlen.
- Achtung! Fehler wird genau dann gemeldet, wenn ein NULL-Wert auftritt.
- Achtung! Nachträgliches Eintragen von NULL in der Tabellendefinition ist gefährlich.

# SQL im Anwendungsprogramm

## Beispiele

# SQL im Anwendungsprogramm

## sperren oder nicht sperren, das ist hier die Frage

- Frage: Was passiert mit anderen Programmen, wenn ich Tabellendaten ändern will?
  - Antwort: Fortgeschrittenenkurs besuchen ;-)
- Antwort ist wichtig wegen
  - Deadlock
  - Laufzeit
  - CPU-Zeit

# SQL im Anwendungsprogramm

## Begriffe wie LUW, UOW, UOR

- LUW: logical unit of work
- UOW: unit of work (=LUW)
- UOR: unit of recovery
- Syncpoint / Checkpoint
- Rollback / Checkout
- Logdatei schreiben (write ahead)
- Transaktion
- 2-phase-commit

# SQL im Anwendungsprogramm

## Konkurrenzverarbeitung

- Thema: verlorener Update (*ich* will ändern)
- Thema: UOW noch nicht abgeschlossen (es könnte ja noch etwas passieren)
- Thema: erneutes Lesen (ich will die gleichen Daten)
- Thema: Deadlock

# SQL im Anwendungsprogramm

## Konkurrenzverarbeitung – Isolation Level

- wenn LOCKSIZE PAGE/ANY oder ROW
- bei Plan – Parameter: ISOLATION
- bei Package – Parameter: ISOLATION
- für einzelnes SQL-Statement

- RR repeatable read
- RS read stability
- CS cursor stablility
- UR uncommited read

# SQL im Anwendungsprogramm

## Isolation Level – RR

- RR – Repeatable Read
  - mehrfaches Lesen von Rows oder Pages
  - Jede benutzte Page wird gelockt, selbst wenn sie *nicht* den Predicates genügt.
  - *kein* paralleler Update erlaubt

# SQL im Anwendungsprogramm

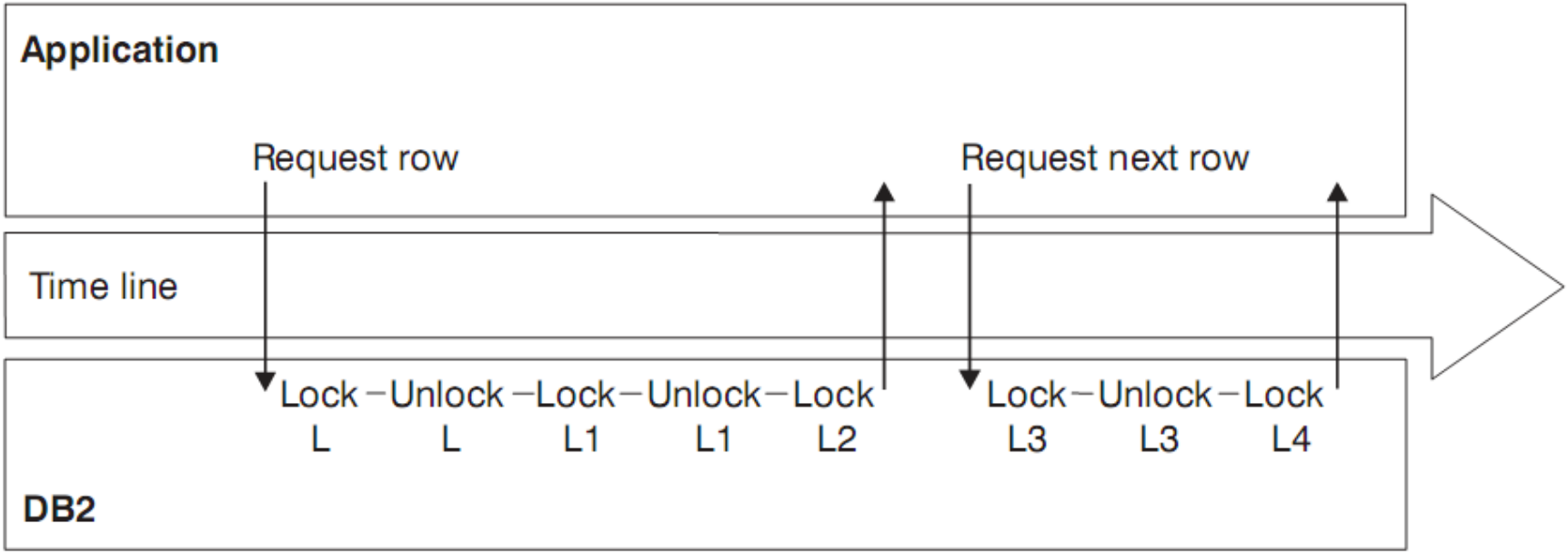
## Isolation Level – RS – 1

- RS – Read Stability
  - mehrfaches Lesen von Rows oder Pages
  - Jede benutzte Page wird gelockt, selbst wenn sie *nicht* den Predicates genügt.
  - *paralleler Update teilweise erlaubt
  - Gelockt werden Rows bzw. Pages, die Stage 1 und Stage 2 erfüllen (und keine anderen).

# SQL im Anwendungsprogramm

## Isolation Level – RS – 2

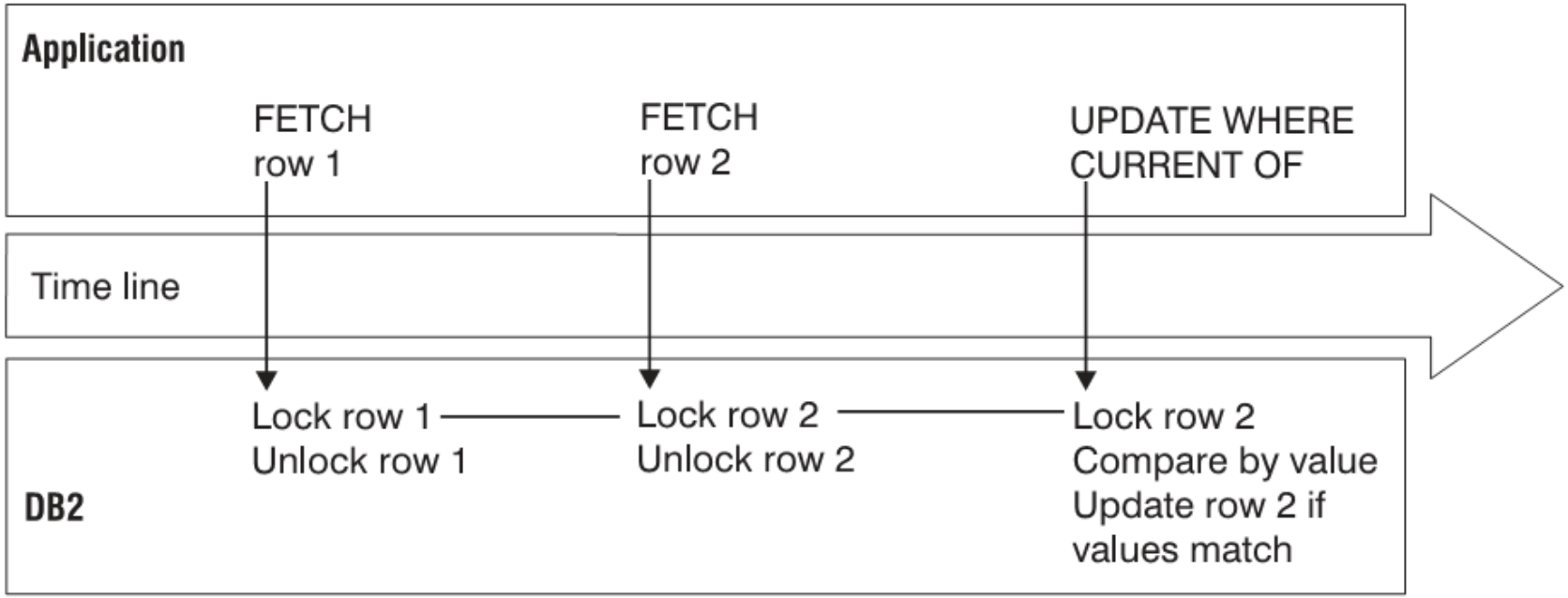
- RS – Read Stability – Beispiel
  - L2 und L4 erfüllen die Predicates



# SQL im Anwendungsprogramm

## Isolation Level – CS – 1

- CS – Cursor Stability – höchste Datenintegrität mit „optimistic currency control“



# SQL im Anwendungsprogramm

## Isolation Level – UR

- UR – Uncommitted Read
  - auch „dirty read“ genannt
  - geht nicht bei
    DELETE, UPDATE, INSERT, MERGE
  - CURSOR ... FOR UPDATE
  - Sollte immer als Möglichkeit in Betracht gezogen werden. Denn: Kann es denn wirklich sein, dass parallel, also genau zur gleichen Zeit, exakt an diesem einen Objekt etwas getan wird?

# SQL im Anwendungsprogramm

## Übung(en)

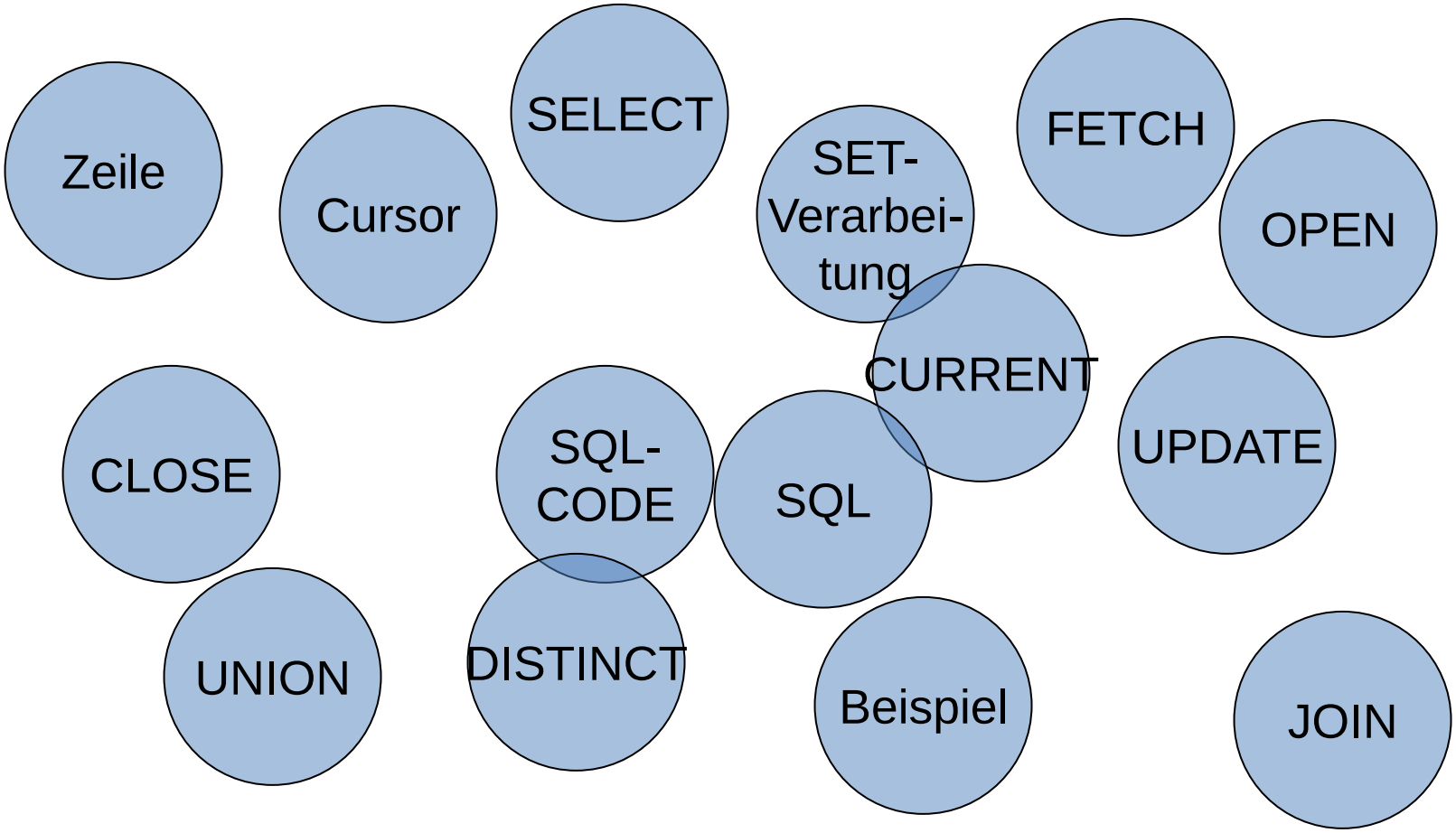
- Kapitel 10.2 Programm Lesen 1 Zeile

# Inhalt

- DB2-Systemkatalog
- DB2-Utilities
- SQL im Anwendungsprogramm
- Cursor-Verarbeitung
- Explain und Performance

# Cursor-Verarbeitung

## Begriffe



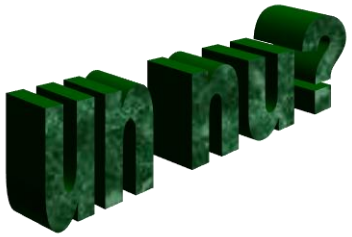
# Cursor-Verarbeitung

## Hintergrund

- Die meisten Programmiersprachen sind reine Verarbeiter von einzelnen Zeilen.
- DB2 macht eine SET-Verarbeitung; dabei ist nicht klar, wie viele Zeilen als Ergebnis geliefert werden.

```
SELECT  LNR,  LNAME,  LSTATUS,  ORT
  INTO :LNR, :LNAME, :LSTATUS, :ORT
  FROM  L
 WHERE  ORT = 'BERLIN'
```

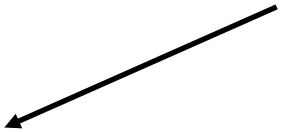
```
L1    NEUMANN      30    BERLIN
L4    MEIER        10    BERLIN
```



# Cursor-Verarbeitung

## Lösung

```
DECLARE xyz CURSOR FOR
  SELECT  LNR,  LNAME,  LSTATUS,  ORT
    FROM  L
   WHERE  ORT = 'BERLIN';
...
...
OPEN xyz;
...
...
FETCH xyz INTO :LNR, :LNAME, :LSTATUS, :ORT; (Loop)
...
IF "ENDE" (+100)
CLOSE xyz;
```



| LNR | LNAME | LSTATUS | ORT |
|---|---|---|---|
| L1 | NEUMANN | 30 | BERLIN |
| L4 | MEIER | 10 | BERLIN |

# Cursor-Verarbeitung

cps4it

## Erläuterungen

- Unter der Cursor-Deklaration für den Cursor xyz steht der SELECT.
- Vor dem Zugriff auf die erste Zeile wird der Cursor geöffnet.
- Pro Fetch wird 1 Zeile übergeben (auch n Zeilen sind möglich: „multi-row-fetch“)
- Das Ende der Liste erkennt man am SQL-Code (+100).
- Nach der letzten Zeile wird der Cursor geschlossen.

# Cursor-Verarbeitung

## Current-Zeile

- Durch den Befehl Fetch zeigt der Cursor in der Ergebnistabelle auf die aktuelle Zeile.
- Nach dem Fetch stehen die Daten (die gelesene Zeile) dem Anwendungsprogramm zur Verfügung.
- Die Daten können geprüft werden.
- Die Zeile kann auch verändert werden.

# Cursor-Verarbeitung

## Current-Zeile verändern

- Befehl:

```
UPDATE    tabellenname
SET       spalte = Ausdruck
        [,spalte = Ausdruck] ...
WHERE CURRENT OF cursor-name
```

- Erläuterung:
  - Die aktuelle Zeile wird verändert.
  - Der WHERE-Teil identifiziert den Cursor, der auf die zu verändernde Zeile zeigt.
  - Nächstes _Fetch_ ändert den Cursor.

# Cursor-Verarbeitung

## Current-Zeile löschen

- Befehl:

```
DELETE FROM tabellenname
WHERE CURRENT OF cursor-name
```

- Erläuterung:
  - Die aktuelle Zeile wird gelöscht.
  - Der WHERE-Teil identifiziert den Cursor, der auf die zu löschende Zeile zeigt.
  - Aber wo steht der Cursor?

# Cursor-Verarbeitung

## weitere Angaben bei declare cursor

- FOR UPDATE OF spaltenname
- DISTINCT
- ORDER BY / GROUP BY / HAVING
- UNION / JOIN
- built-in-Funktion
- FROM
- FOR FETCH / READ ONLY
- WITH HOLD
- WITH RR, RS, CS, UR
- OPTIMIZE FOR n ROWS

# Cursor-Verarbeitung

## weitere Angaben bei declare cursor – Einschränkungen

- FOR UPDATE geht nicht gemeinsam mit ORDER BY
- FOR UPDATE geht nicht gemeinsam mit FOR FETCH / READ ONLY
- WITH HOLD hält die Positionierung auch nach einem Commit

# Cursor-Verarbeitung

## weitere Möglichkeiten

- FETCH FIRST n ROWS ONLY
  - dann Achtung bei Sortierung!
  - Hinweis: Auch bei einfachem SELECT möglich!!
- FETCH BEFORE / AFTER
- FETCH PRIOR (!)
- FETCH SENSITIVE / INSENSITIVE
  - beachtet Löcher durch DELETE
- FETCH NEXT ROWSET
  - Rowset-Verarbeitung / multi-row-fetch

# Cursor-Verarbeitung

## Beispiele

# Cursor-Verarbeitung

cps4it

## Übung(en)

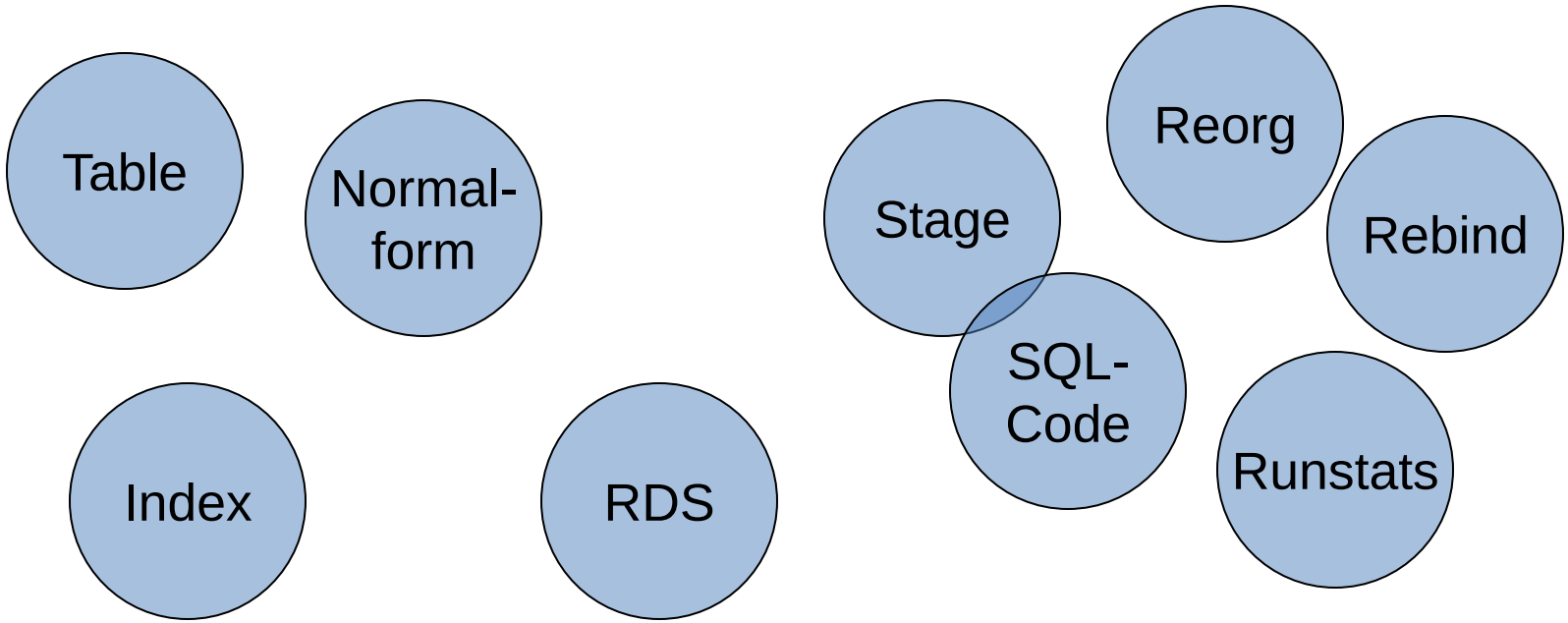
- Kapitel 11.1 Lesen 50 Zeilen
- Kapitel 11.2 Lesen und Update 1 Zeile
- Kapitel 11.3 multi-row-fetch

# Inhalt

- DB2-Systemkatalog
- DB2-Utilities
- SQL im Anwendungsprogramm
- Cursor-Verarbeitung
- Explain und Performance

# Explain und Performance

## Begriffe



# Explain und Performance

## warum und wozu?

- Ziel der Programmierung ist es, ein optimales Programm und daher optimale SQL-Zugriffe zu kodieren.
- Performance ist wichtig
- schlechte Performance kostet Geld
- Doch wie kommt man zu einer optimalen Anwendung?
- Wann sind welche Faktoren zu berücksichtigen?
- Und: Was habe *ich* damit zu tun?

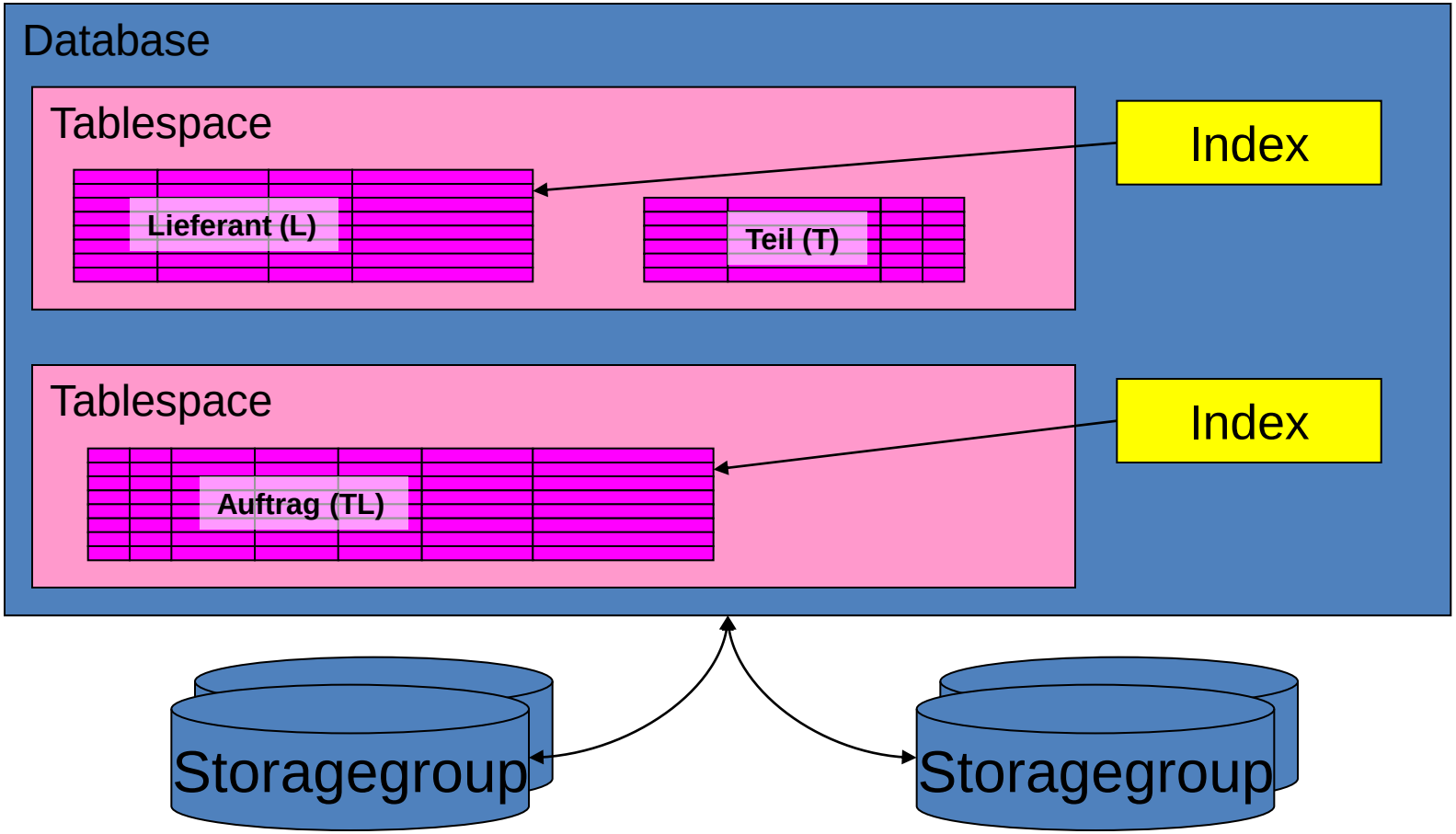
# Explain und Performance

## Komplexität des DB2

- DB2 in sich sehr komplex
- mehrere verschiedene Buffer Pools
  - BP2-Pool für Daten
  - BP3-Pool für Indexes
- viele DB-Objekte wie
  - Tablespace, Table, View, Index …
- Umgang damit – KISS ist (lebens)notwendig
- Zitat Einstein: “Alles sollte so einfach wie möglich sein, aber nicht noch einfacher.”

# Explain und Performance

## DB2-Objekte – Klassifizierung



# Explain und Performance

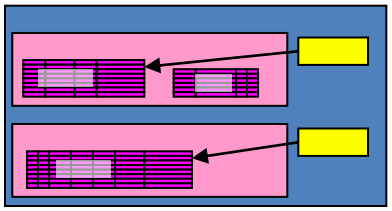
## DB2-Objekte – Klassifizierung – 1

- Tablespace (Tabellenraum)
  - ist ein DB2-interner Name für einen oder mehrere VSAM-Dateien zur Speicherung der Daten
  - enthält die Daten von einer oder mehreren Tabellen
  - ist unterteilt in Pages einer Größe von 4k oder 32k
  - wird auf der Platte immer in 4k-VSAM-CIs gespeichert
- Indexspace
  - ist die Speicherform des Index
  - wird implizit beim CREATE INDEX angelegt

# Explain und Performance

## DB2-Objekte – Klassifizierung – 2

- Index
  - Es können und dürfen (beliebig) viele Indexe definiert werden.
  - 1 Index ist verantwortlich für Reihenfolge im Tablespace – Clustering Index.
  - Wahl des Index = Frage nach (fachlichen) Zugriffen



# Explain und Performance

## Ziel von DB2 und SQL

- kodieren des WAS nicht des WIE ☺

- Aber:
  Modellierung(1), Wartung(1,2,3) und Zugriff(2) haben großen Einfluss auf das WIE. ☹

(1) Datenmodell, Aufbau Tabellen, Aufbau Indizes
(2) SQL
(3) Änderung von Datenmengen, Art der Daten, Art der Abfragen ...

# Explain und Performance

## the 5 horsemen of performance

- Modellierung der Tabellen
- passende Nutzung der Runstats
- geeignete Nutzung von Reorgs
- angemessene Nutzung der Indexe
- richtiges Kodieren der SQLs

# Explain und Performance

## Modellierung der Tabellen

- Normalisierung – Design-Qualität
- 1. Normalform
- 2. Normalform
- **3. Normalform**
- 4. Normalform
- 5. Normalform

every entity depends
on the key
the whole key
and nothing but the key

# Explain und Performance

## passende Nutzung der Runstats

- Statistik zu einer Tabelle
  Beispiel:
  - Anzahl der Zeilen
  - letzter Runstats
  - Anzahl pages
  - Anzahl indexpages
  - etc.
  - also alles, was ein Optimizer für seinen Zugriff braucht.

# Explain und Performance

## geeignete Nutzung von Reorgs

- Reorg heißt u.a.
  - Neuaufbau der Tabelle
  - Neuaufbau des Index (Clustering)
- Ziel (denke an VSAM ;-) )
  - leere Bereiche füllen
  - Überlaufbereiche neu anlegen
  - etc.
- Folgerung:
  regelmäßig Reorg durchführen
  … spätestens wenn Clusterratio <95%

# Explain und Performance

## angemessene Nutzung der Indexe

- Zugriff muss durch Index unterstützt werden
  - Ausnahme: Minitabellen
- Ergebnis:
  - Tablespacescan wird vermieden
  - Non-matching Indexscan wird vermieden
  - oft werden interne Sorts nicht mehr benötigt
    - ascending / descending – ab V8 automatisch
- wichtigsten Index clustern
  - also nicht immer den primary index!

# Explain und Performance

## angemessene Nutzung der Indexe – richtige Sortierung

- Ist das wirklich wichtig?
- Beispiel:
  - Briefträger ist ein INSERT-Operator
  - Straße ist die Tabelle
  - Briefkästen sind die Pages der Tabelle, in die eingefügt werden soll
  - Sortierung nach Name … ☹
  - Sortierung nach Straße und Hausnummer … ☺

# Explain und Performance

## richtiges Kodieren der SQLs – Überlegungen – 1

- Can you KISS the SQL?
  - KISS: keep it simple and stupid
- Predicates korrekt und schnell kodiert?
  - >, <
  - Umformatierung notwendig?
- Subqueries wirklich notwendig?
  - IN ist schneller
- Gibt es (komplexe) Funktionen?
  - kostet CPU; besser im Programm?

# Explain und Performance

## richtiges Kodieren der SQLs – Überlegungen – 2

- Keine Input-Variable in den Predicates?
  - beim BIND keine Werte bekannt!
- Gibt es Korrelationen zwischen 2 Tabellen?
  - bei abhängigen Veränderungen kann der ACCESS-Pfad nicht vordefiniert werden.
- Berechnungen sinnvoll kodiert?
  - WHERE S + (:h * S) > 50
  - WHERE S > 50/(1 + :h)

# Explain und Performance

## richtiges Kodieren der SQLs – Überlegungen – 3

- Materialisierung sinnvoll?
  - bei großen Datenmengen kann es sinnvoll sein, vorab Daten zu lesen.
- Gibt es verschlüsselte Daten?
  - Encryption / Decryption kostet Zeit
- Isolation Level korrekt?
  - Kann evtl. UR benutzt werden?
- Cursor mit guter OPTIMIZE Klausel?
  - OPTIMIZE FOR n ROWS
- etc. siehe Kurs PROP (Programm- und Ressourcen-Optimiertes Programmieren)

# Explain und Performance

**richtiges Kodieren der SQLs – etc.**

- siehe Kurs PROP (Programm- und Ressourcen-Optimiertes Programmieren)
- Übrigens: Die SQL-Reference von IBM ist inzwischen mehr als 20 MB groß! ☹ ☹ ☹

# Explain und Performance

## Unterstützung durch Explain

- Explain gibt standardisierte Informationen zu dem Zustand eines DBRM / Package / Plan.
- Betrachtet wird der Zugriffspfad für die einzelnen SQLs.
- Anstoß über Option EXPLAIN=YES oder EXPLAIN=ALL beim Bind des Package.
  - Alternativ kann auch im Programm der Explain als SQL-Befehl eingefügt werden. Dies sollte aber im Normalfall unterbleiben!

# Explain und Performance

## Explain-Daten

- Die Informationen werden in Explain-Tabellen abgelegt.
- Explain-Tabellen können abgefragt werden
  - Visual Explain
  - DB2-Commands dynexpln, db2expln, db2exfmt
  - tolle DB2-Tools
  - DB2 Catalog Manager von BMC

# Explain und Performance

## Zugriffsplan und Optimierung – 1

- Bei der Kompilierung einer SQL-Anweisung, schätzt der DB2-Optimizer den Ausführungs-aufwand der verschiedenen Methoden ab, die die Anforderung erfüllen würden.
- Auf der Grundlage dieser Abschätzung wählt der DB2-Optimizer den Zugriffsplan aus, den es für optimal hält. Ein Zugriffsplan gibt die Reihenfolge von Operationen an, die erforderlich sind, um eine SQL-Anweisung auszuführen.

# Explain und Performance

## Zugriffsplan und Optimierung – 2

- Wenn ein Anwendungsprogramm gebunden wird, wird ein Package erstellt.
- Dieses Package enthält Zugriffspläne für alle statischen SQL-Anweisungen in dem entsprechenden Anwendungsprogramm.
- Die Zugriffspläne für dynamische SQL-Anweisungen werden zum Zeitpunkt der Ausführung der Anwendung erstellt.

# Explain und Performance

## Runstats

- Für die Erstellung eines effizienten Zugriffplans müssen die Tabellenstatistiken aktualisiert sein.
  - Befehl: RUNSTATS als DB2-Command
- Erforderlich, wenn Änderungen in der DB2-Anwendungsumgebung gemacht wurden wie
  - Table, View, Index
  - größere Datenmengenänderung
- DBAs kümmern sich darum

# Explain und Performance

## Stage1, Stage2, Indexable – 1

- Die erforderlichen Daten werden an verschiedenen Stellen in DB2 gefiltert.
- vor dem Zugriff auf die Index-Leaf-Pages
- nach dem Zugriff auf die Index-Leaf-Pages, aber vor dem Daten-Zugriff
- vor der Rückgabe von Datenmanager an die Relational Data Services
- vor der Rückgabe von den Relational Data Services an den Anforderer

# Explain und Performance

## Stage1, Stage2, Indexable – 2

- Indexable
  - Die Daten werden über den Index gesucht und direkt gelesen.
- Index-Screening
  - filtern innerhalb Durchsuchen des Index
- Stage1-Prädikate
  - filtern der Daten im Datenmanager
- Stage2-Prädikate
  - filtern der Daten bei Relational Data Services

# Explain und Performance

## Zugriffswege (Bezeichnungen des Explain) – 1

- TBSCAN Tablespacescan
- IXSCAN Indexscan
- IXAND zwei Indexscan mit AND
- MSJOIN Merge und Scan Join
- NLJOIN Nested Loop Join
- HSJOIN Hash Join
- RIDSCN Record ID Scan
- SORT sortieren
- TEMP aufbauen temporäre Tabelle
- UNION verbinden von Erg.mengen

# Explain und Performance

## Zugriffswege (Bezeichnungen des Explain) – 2

- UNIQUE eliminieren von Tupeln
- FILTER filtern von Tab / Erg.mengen
- FETCH lesen
- GRPBY gruppieren
- DELETE löschen von Tupeln
- INSERT einfügen von Tupeln
- UPDATE ändern von Tupeln / Spalten
- RETURN Ergebnismenge
- STAR JOIN Sternverknüpfung

# Explain und Performance

## Zugriffswege – TBSCAN – Kriterien

- es kann kein Index benutzt werden
- Indexsuche ist aufwändig wegen
  - Table zu klein
  - Grad der Index-Clusterung ist gering
  - Es wird der größte Teil der Tabelle gelesen.
- entspricht sequentiellem Lesen (aller Daten)

# Explain und Performance

## Zugriffswege – IXSCAN – Arten – 1

- Matching Index Scan
  ACCESSTYPE = ‘I’, MATCHCOLS > 0
  - lesen auf höchstem Index-Niveau
- Equal Unique Index Access
  ACCESSTYPE = ‘I’, MATCHCOLS = #ind-sp
  - fast schnellster Zugriff
- IN-List Index / ACCESSTYPE = ‘N’
  - Index-Scan, wenn IN kodiert wurde

# Explain und Performance

## Zugriffswege – IXSCAN – Arten – 2

- Non-Matching Index Scan
  ACCESSTYPE = ‘I’ / MATCHCOLS = 0
  - höchste Index-Ebene kann nicht benutzt werden
- One-Fetch-Index Scan / ACCESSTYPE = ‘I1’
  - Direktzugriff mit MIN-Funktion
- Index only / INDEXONLY = ‘Y’
  - Alle Daten aus Index heraus ableitbar.

# Explain und Performance

## Zugriffswege – komplexe Zugriffswege – 1

- Nested Loop Join / METHOD = 1
  - sucht für jede Zeile aus Tab1 Zeilen aus Tab2
- Merge Scan Join / METHOD = 2
  - mindestens 1 Tabelle wird vorgefiltert, evtl. sortiert und zwischengespeichert (materialisiert); danach werden Daten gemergt
- Hybrid Join / METHOD = 4
  - komplexe Methode, die Duplikate ausfiltert; es wird immer materialisiert
- UNION
  - erzeugt mehrere Zwischentabellen

# Explain und Performance

## Zugriffswege – komplexe Zugriffswege – 2

- Nested Table Expression
  - “dynamischer View” erzeugt Zwischentabelle, die evtl. direkt in Resulttabelle übertragen wird
- Subquery / QBLOCKNO > 1
  - Daten werden variabel ausgefiltert
  - Non-Correlated Subquery
    - Tab1 wird einmalig durchsucht und gegen Tab2 geprüft
  - Correlated Subquery
    - Übereinstimmungen werden pro Zeile gesucht

# Explain und Performance

## Zugriffswege – komplexe Zugriffswege – 3

- Multiple Index Scan / ACCESSTYPE = ‘M’
  - mehrere Indexe werden benutzt
  - Kandidaten gefiltert (RID-Liste) und anschließend mit AND / OR verknüpft; danach werden Daten-Pages gelesen
- Sortierung / METHOD = 3 / SORTxx = ‘Y’
  - sortiert werden Workfile oder RID-Liste
- Unterstützung durch DBAs!

# Inhalt

- DB2-Systemkatalog
- DB2-Utilities
- SQL im Anwendungsprogramm
- Cursor-Verarbeitung
- Explain und Performance