# Kapitel 4: SQL–Einbettung in Programmiersprachen

**Kopplungsvarianten zwischen Programmiersprachen und Datenbanksprachen:**

1) Erweiterung der Programmiersprache um Datenbankkonstrukte
   → Persistente Programmiersprachen, Datenbankprogrammiersprachen
   (z.B. Pascal/R, DBPL, Persistentes C++)
2) Erweiterung der Datenbanksprache um Programmierkonstrukte
   → "4th Generation Languages" (4GLs)
3) Einbettung der Datenbanksprache in die Programmiersprache
   → "Embedded SQL" (ESQL)

**Beispiel für eine Datenbankprogrammiersprache** (à la DBPL):

```
TYPE  Produktrecordtyp        = RECORD
                                  PNR: INTEGER;
                                  ...
                                END;
      Produkterelationentyp   = RELATION OF Produktrecordtyp;

VAR   Produkte: PERSISTENT Produkterelationentyp;
      Ergebnis: Produkterelationentyp;
      x: Produktrecordtyp;

Ergebnis :=  SELECT *
             FROM Produkte
             WHERE ...;

FOR EACH x IN Ergebnis
DO
   ...
END;
```

**Kernproblem bei der SQL−Einbettung in konventionelle Programmiersprachen:**

Abbildung von Tupelmengen auf die Datentypen der Wirtsprogrammiersprache

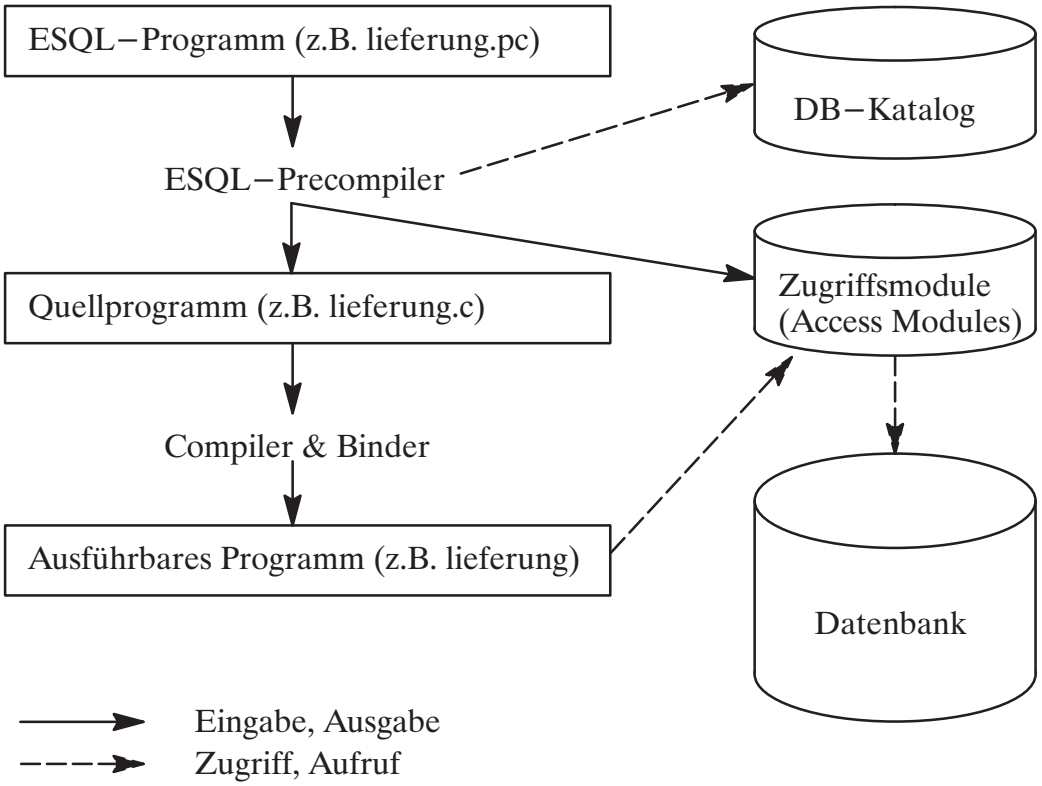
**Realisierte Lösung:**

Abbildung von Tupeln bzw. Attributen auf die Datentypen der Programmiersprache
→ Wirtsprogrammvariable (engl.: Host Variables)

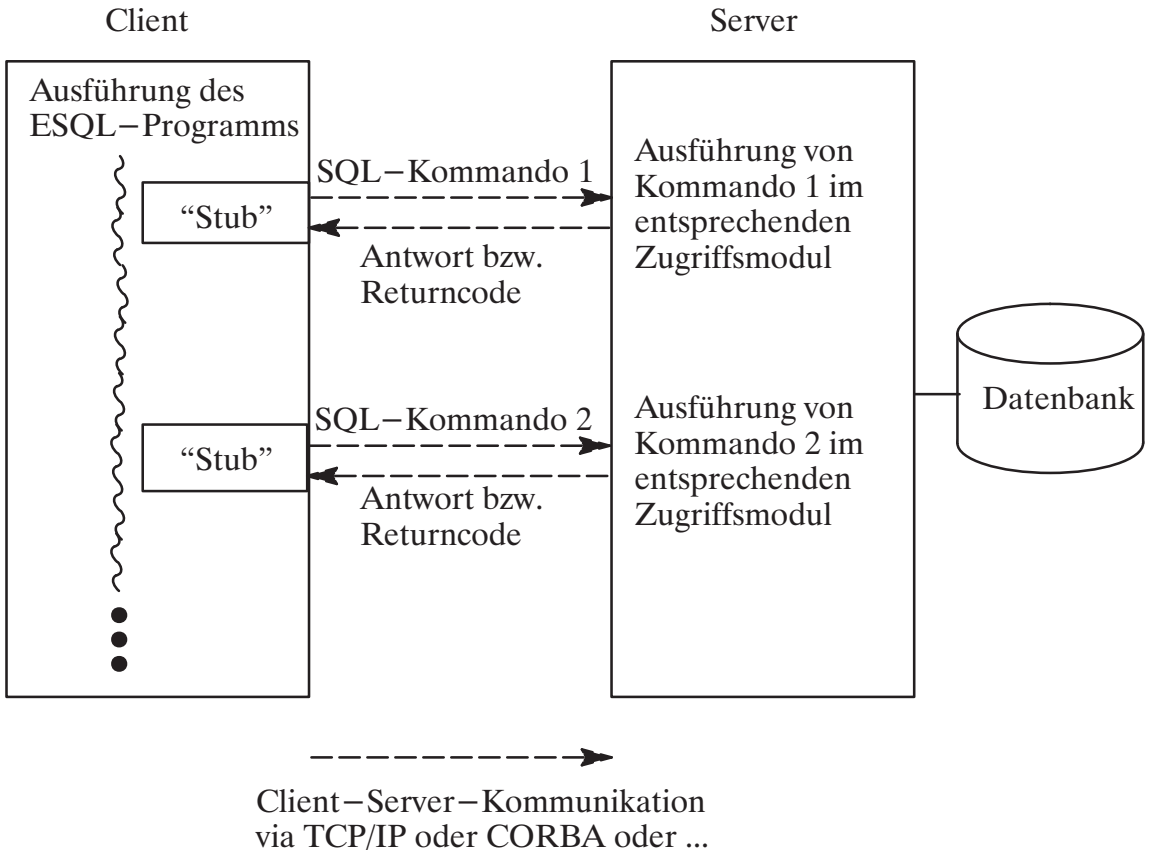
+

Iteratoren (Schleifen) zur Verarbeitung von Tupelmengen
→ Cursor−Konzept

**Standardarchitektur:**



**Laufzeitarchitektur für ESQL−Programme in einem Client−Server−System:**



**Wirtsprogrammvariable (Host Variables)**

Die Attribute eines Resultattupels einer SQL−Anfrage werden an speziell deklarierte Variable des Wirtsprogramms zugewiesen (INTO−Klausel).
Beispiel:

```
EXEC SQL   SELECT PNr, Menge, Status INTO :pnr, :menge, :status
           FROM Bestellungen WHERE BestNr = 555;
```

Analog können SQL−Anweisungen mittels solcher Variable mit Eingabeparametern versorgt werden.
Beispiele:

```
1) EXEC SQL   SELECT PNr, Menge, Status INTO :pnr, :menge, :status
              FROM Bestellungen WHERE BestNr = :bestnr;
2) EXEC SQL   INSERT INTO Bestellungen (BestNr, Monat, Tag, KNr, PNr, Menge)
              VALUES (:bestnr, :monat, :tag, :knr, :pnr, :menge);
```

Wirtsprogrammvariable dienen als ”Übergabepuffer” zwischen DBS und Programm. Generell werden dabei die SQL−Datentypen auf die Datentypen der jeweiligen Wirtsprogrammiersprache abgebildet.

**Indikatorvariable zum Erkennen von Nullwerten**

Beispiel:

```
EXEC SQL BEGIN DECLARE SECTION;
   int      pnr;
   int      vorrat;
   short    vorrat_ind;
EXEC SQL END DECLARE SECTION;
...
EXEC SQL   SELECT Vorrat INTO :vorrat:vorrat_ind
           FROM Produkte WHERE PNr = :pnr;
if (vorrat_ind == 0)
   { /* kein Nullwert */ ... }
else
   { /* Nullwert */ ... };
```

Allgemein können Indikatorvariable folgende Werte haben:

| | |
|---|---|
| =0 | die entsprechende Wirtsprogrammvariable hat einen regulären Wert |
| =−1 | die entsprechende Wirtsprogrammvariable hat einen Nullwert |
| >0 | die entsprechende Wirtsprogrammvariable enthält eine abgeschnittene Zeichenkette |

**Beispiel eines ESQL−Programms (lieferung.pc)**

```
/*** Programm zur Erfassung von Lieferungen ***/

#include <stdio.h>
#include <string.h>

EXEC SQL INCLUDE SQLCA; /* Importieren der SQL Communication Area */
/*  Innerhalb der SQL−Anweisungen ist Gross−/Kleinschreibung irrelevant.
    Sie dient hier nur zur Hervorhebung der SQL−Anweisungen          */

/* Der Precompiler erzeugt an dieser Stelle die folgende Datenstruktur:
    struct sqlca {
        char    sqlcaid[8];
        long    sqlabc;
        long    sqlcode;
        struct  {
                unsigned short  sqlerrml;
                char            sqlerrmc[70];
                } sqlerrm;
        char    sqlerrp[8];
        long    sqlerrd[6];
        char    sqlwarn[8];
        char    sqlext[8];
        };
    struct sqlca sqlca;
*/

main ()
{
/* Deklaration der Wirtsprogrammvariablen */
EXEC SQL BEGIN DECLARE SECTION;
    /*  Die hier deklarierten Wirtsprogrammvariablen unterliegen bei ihrer
        Verwendung in SQL−Ausdrücken einer Typprüfung durch den Precompiler. */
    int bestnr;
    int pnr;
    int menge;
    VARCHAR status[10];
    /* Der Precompiler erzeugt aus einer solchen Deklaration die folgende Struktur:
        struct {
                unsigned short len;
                unsigned char arr[10];
                } status;
    */
    VARCHAR user[20];
    VARCHAR passwd[10];
EXEC SQL END DECLARE SECTION;

/* Globale Fehlerbehandlung */
EXEC SQL WHENEVER SQLERROR STOP;
```

```
/* Verbindungsaufbau mit dem DBS */
printf ("Benutzername?"); scanf ("%s", &(user.arr));
user.len = strlen(user.arr); /* Konvertierung von C−String in VARCHAR */
printf ("Kennwort?"); scanf ("%s", &(passwd.arr));
passwd.len = strlen(passwd.arr); /* Konvertierung von C−String in VARCHAR */
EXEC SQL CONNECT :user IDENTIFIED BY :passwd;
/* gleichzeitig Beginn einer Transaktion */

/* Dialogschleife */
printf ("Bitte geben Sie eine Bestellnummer ein. (0 = Programmende)\n");
scanf ("%d", &bestnr);

while (bestnr != 0)
   {
   EXEC SQL   SELECT PNr, Menge, Status
              INTO :pnr, :menge, :status
              FROM Bestellungen
              WHERE BestNr = :bestnr;
   if (sqlca.sqlcode == 0) /* Testen des SQL−Returncodes */
      {
      status.arr[status.len] = '\0'; /* Konvertierung von VARCHAR in C−String */
      if (strcmp (status.arr, "neu") == 0)
         {
         EXEC SQL   UPDATE Produkte
                    SET Vorrat = Vorrat − :menge
                    WHERE PNr = :pnr AND Vorrat >= :menge;
         if (sqlca.sqlcode == 0) /* Testen des SQL−Returncodes */
            {
            strcpy (status.arr, "geliefert");
            status.len = strlen (status.arr);
            EXEC SQL   UPDATE Bestellungen
                       SET Status = :status
                       WHERE BestNr = :bestnr;
            }
         else
            printf ("\n *** Ungenuegender Lagervorrat ***\n");
         }
      else
         printf ("\n *** Lieferung bereits erfolgt ***\n");
      }
   else
      printf ("\n *** Bestellung nicht gefunden ***\n");
   EXEC SQL COMMIT WORK;  /* Ende Transaktion und Beginn neue Transaktion */
   printf ("Bitte geben Sie eine Bestellnummer ein. (0 = Programmende)\n");
   scanf ("%d", &bestnr);
   }; /*while*/

EXEC SQL DISCONNECT;    /* Verbindung mit dem DBS abbauen */
exit (0);
} /*main*/
```

## Fehlerbehandlung in ESQL

**1) Explizites Testen von sqlca.sqlcode im Wirtsprogramm nach einer SQL−Anweisung:**

= 0 → Anweisung korrekt ausgeführt, keine besonderen Vorkommnisse
< 0 → Fehler bei der Ausführung (siehe Fehlercodes im Manual)
> 0 → Anweisung ausgeführt, Auftreten eines Sonderfalls,
z.B. signalisiert der Wert 1403, daß keine (weiteren) Treffertupel existieren

Zusatzinformation in den restlichen Komponenten von sqlca, z.B.:

| | |
|---|---|
| sqlca.sqlerrd[2] | Anzahl der Tupel, die von einer Insert−, Update− oder Delete−Anweisung betroffen waren |
| sqlca.sqlerrm.sqlerrmc | Fehlermeldung als Ascii−Text (max. 70 Zeichen) |
| sqlca.sqlerrm.sqlerrml | Länge der Fehlermeldung |

**2) Deklaration von "Exception−Handling"−Strategien:**

```
EXEC SQL WHENEVER    ( SQLERROR | NOT FOUND | SQLWARNING )
                     ( STOP | GOTO label | CONTINUE )
```

wobei
SQLERROR einem SQLCODE < 0 entspricht,
NOT FOUND dem SQLCODE 1403 und
SQLWARNING einem SQLCODE > 0 (aber ungleich 1403).

Der ESQL−Precompiler erzeugt automatisch nach jeder SQL−Anweisung einen entsprechenden Vergleich mit sqlca.sqlcode, und zwar jeweils aufgrund der *textuell* letzten WHENEVER−Anweisung vor der SQL−Anweisung. Extrem schwerwiegende Fehler führen immer zum sofortigen Abbruch.

*Achtung:* Die WHENEVER−Klausel hat potentielle Fallen.

1) Im folgenden Programm ist in f die WHENEVER−Spezifikation von g nicht wirksam.

```
void f (...) ...
   { ...  EXEC SQL UPDATE ...; ... };
void g (...) ...
   { ...  EXEC SQL WHENEVER SQLERROR GOTO handle_error; ...
          f (...); ...
   };
```

2) Das folgende Programm führt u.U. zu einer Endlosschleife.

```
...
EXEC SQL WHENEVER SQLERROR GOTO handle_error;
EXEC SQL CREATE TABLE Mytable ( ... );
...
handle_error:
   EXEC SQL DROP TABLE Mytable;
   EXEC SQL DISCONNECT;
   exit (1);
```

*Korrektur:*
*Im Teil hinter der Marke "handle_error" als erstes spezifizieren:*
*EXEC SQL WHENEVER SQLERROR CONTINUE;*

## Verarbeitung von Tupelmengen mittels Cursor−Konzept

Zweck:
Verarbeitung von Tupelmengen in einer nichtmengenorientierten Wirtsprogrammiersprache.
Notwendig für alle Anfragen mit mehr als einem Resultattupel.

Beispiel: Ausgabe aller Bestellungen eines Kunden

```
#define TRUE 1
#define FALSE 0
...
printf ("Bitte geben Sie eine Kundennummer ein. (0 = Programmende)\n");
scanf ("%d", &knr);
EXEC SQL DECLARE Kundeniterator CURSOR FOR
    SELECT Monat, Tag, Bez, Menge
    FROM Bestellungen WHERE KNr = :knr
    ORDER BY Monat DESC, Tag DESC;
/* Cursor−Deklaration immer ohne INTO−Klausel */
...
EXEC SQL OPEN Kundeniterator;
/*  An dieser Stelle werden die Eingabeparameter der SQL−Anweisung (:knr) ausgewertet,
    und gedanklich wird hier die Resultattupelmenge ermittelt.                    */
found = TRUE;
while (found) /* solange es noch Resultattupel gibt */
    {
    EXEC SQL FETCH Kundeniterator INTO :monat, :tag, :bez, :menge;
    /* Hier werden die Wirtsprogrammvariable für die Resultattupel festgelegt. */
    bez.arr[bez.len] = '\0';
    if ((sqlca.sqlcode >= 0) && (sqlca.sqlcode != 1403))
        printf ("%d.%d.: %d %s", tag, monat, menge, bez);
    else
        found = FALSE;
    }; /*while*/
EXEC SQL CLOSE Kundeniterator;
/* Freigabe des Cursors und der damit verbundenen DBS−Ressourcen */
```

# Dynamisches ESQL

**Zweck:**
Einbettung von SQL−Anweisungen, deren Struktur erst zur Laufzeit des Wirtsprogramms bekannt ist.

**Einfacher Fall: Vorgehensweise bei statisch festgelegtem Resultatschema und statisch festgelegten Eingabeparametern:**

Beispiel (”dynamischer Anteil” ist unterstrichen):

```
SELECT Monat, Tag, Bestellungen.PNr, Bez, Menge
FROM Bestellungen, Produkte WHERE Bestellungen.PNr = Produkte.PNR
AND ( Bez LIKE 'Druck%' OR Bez LIKE 'Papier%' OR Bez LIKE 'Platte%' )
ORDER BY Monat DESC, Tag DESC
```

Vorgehensweise:

1) Deklaration der Wirtsprogrammvariablen
2) Aufbau der SQL−Anweisung als Zeichenkette
3) Dynamische Precompilation: PREPARE DynQuery FROM :sqltext
4) DECLARE Iterator CURSOR FOR DynQuery
5) Auswertung der Eingabeparameter und Vorbereitung der ”Cursor”−Schleife:
   OPEN Iterator
6) FETCH Iterator INTO Wirtsprogrammvariablen
7) Resultatsattribute in den Wirtsprogrammvariablen verarbeiten
8) Wiederholung der Schritte 6 und 7
   für jedes Resultatstupel
9) CLOSE Iterator

**Komplexer Fall: Vorgehensweise bei dynamisch festgelegtem Resultatschema und/oder dynamisch festgelegten Eingabeparametern:**

Beispiel (”dynamischer Anteil” ist unterstrichen):

```
SELECT *
FROM Bestellungen, Produkte WHERE Bestellungen.PNr = Produkte.PNR
AND ( ( Bez LIKE :bez1 OR Bez LIKE :bez2 ) AND Lagerort = :lort AND Vorrat < :vorr )
ORDER BY Monat DESC, Tag DESC
```

Vorgehensweise:

1) Deklaration des SQLDA−Datentyps für ”Descriptor−Areas”
   (Typbeschreibung des Resultats und/oder der Eingabeparameter)
2) Aufbau der SQL−Anweisung als Zeichenkette
3) Allokation einer ”Bind−Descriptor−Area”
   für die Beschreibung der Eingabeparameter
4) Allokation einer ”Select−Descriptor−Area”
   für die Beschreibung des Resultats
5) Dynamische Precompilation: PREPARE DynQuery FROM :sqltext
6) DECLARE Iterator CURSOR FOR DynQuery

7) Beschreibung der Eingabeparameter abfragen:
   DESCRIBE BIND VARIABLES FOR DynQuery INTO bind−desciptor−area−ptr
8) Puffer für die Eingabeparameter allozieren, in der Bind−Descriptor−Area eintragen
   und Puffer mit Werten füllen

9) Auswertung der Eingabeparamter und Vorbereitung der ”Cursor”−Schleife
   OPEN Iterator USING DESCRIPTOR bind−descriptor−area−ptr

10) Beschreibung der Resultatsattribute abfragen:
    DESCRIBE [SELECT LIST FOR] DynQuery INTO select−descriptor−area−ptr
11) Puffer für die Resultatsattribute allozieren und
    in der Select−Descriptor−Area eintragen
12) Gewünschte Resultatstypen in die Select−Descriptor−Area eintragen

13) FETCH Iterator USING DESCRIPTOR select−descriptor−area−ptr
14) Resultatsattribute in den Übergabepuffern entsprechend ihres Typs verarbeiten
15) Wiederholung der Schritte 13 und 14
    für jedes Resultatstupel
16) CLOSE Iterator

17) bei Bedarf Wiederholung der Schritte 8 bis 16
    mit neuen Eingabeparametern (ohne erneute Precompilation)

## Beispiel für den einfachen Fall:

```
/***  Programm zum Ausdrucken der Bestellungen fuer eine Liste von Produkten  ***/
/***  Eingabe: Liste von Produktbezeichnungen                                 ***/
/***  Ausgabe: Bestellungen dieser Produkte, absteigend sortiert nach Datum   ***/
#include <stdio.h>
#include <string.h>
#define TRUE 1
#define FALSE 0
#define MAXPRODUKTE 10
/* Die Bestellungen umfassen maximal 10 Produkte */
EXEC SQL INCLUDE SQLCA; /* Importieren der SQLCA */

main () {
EXEC SQL BEGIN DECLARE SECTION;
    int monat, tag, pnr, menge;
    VARCHAR bez[31];
    VARCHAR sqltext[512];
    VARCHAR user[20];
    VARCHAR passwd[10];
EXEC SQL END DECLARE SECTION;
EXEC SQL WHENEVER SQLERROR GOTO handle_error;

/* Typdeklarationen */
typedef char prod_bez_t[31];
typedef int bool;
/* Variablendeklarationen */
prod_bez_t    prod_bez[10];
int           i;
int           num_of_prod;
bool          found;

printf (”Benutzername?”); scanf (”%s”, &(user.arr)); user.len = strlen(user.arr);
printf (”Kennwort?”); scanf (”%s”, &(passwd.arr)); passwd.len = strlen(passwd.arr);
EXEC SQL CONNECT :user IDENTIFIED BY :passwd;

/* Eingabe */
i = 0;
printf (”%s%s”, ”Bitte geben Sie eine Produktbezeichnung oder \”ende\” ein.\n”);
scanf (”%s”, &(prod_bez[i]));
while ((i < MAXPRODUKTE) && (strcmp (prod_bez[i], ”ende”) != 0))
    {
    i++;
    printf (”%s%s”, ”Bitte geben Sie eine Produktbezeichnung oder \”ende\” ein.\n”);
    scanf (”%s”, &(prod_bez[i]));
    }; /*while*/
num_of_prod = i;
if (num_of_prod == 0) exit(−1);
```

```
/* Aufbau der SQL−Anfrage */
strcpy (sqltext.arr, ”SELECT Monat, Tag, Bestellungen.PNr, Bez, Menge ”);
strcat (sqltext.arr, ”FROM Bestellungen, Produkte ”);
strcat (sqltext.arr, ”WHERE Bestellungen.PNr = Produkte.PNr ”);
strcat (sqltext.arr, ”AND ( ”);
strcat (sqltext.arr, ”Bez LIKE \’”);
strcat (sqltext.arr, prod_bez[0]);
strcat (sqltext.arr, ”%\’ ”);
for (i=1; i < num_of_prod; i++) {
   strcat (sqltext.arr, ”OR Bez LIKE \’”);
   strcat (sqltext.arr, prod_bez[i]);
   strcat (sqltext.arr, ”%\’ ”);
   }; /*for*/
strcat (sqltext.arr, ”) ”);
strcat (sqltext.arr, ”ORDER BY Monat DESC, Tag DESC”);
sqltext.len = strlen(sqltext.arr);

/* Nur zu Testzwecken */
printf (”\nDie generierte SQL−Anfrage lautet:\n”); printf (”%s\n\n”, sqltext.arr);
/* zum Beispiel:
   SELECT Monat, Tag, Bestellungen.PNr, Bez, Menge
   FROM Bestellungen, Produkte WHERE Bestellungen.PNr = Produkte.PNR
   AND ( Bez LIKE ’Druck%’ OR Bez LIKE ’Papier%’ OR Bez LIKE ’Platte%’ )
   ORDER BY Monat DESC, Tag DESC                                    */

EXEC SQL PREPARE DynQuery FROM :sqltext;
EXEC SQL DECLARE BestIterator CURSOR FOR DynQuery;
EXEC SQL OPEN BestIterator;
found = TRUE;
while (found)
   {
   EXEC SQL FETCH BestIterator INTO :monat, :tag, :pnr, :bez, :menge;
   if (sqlca.sqlcode == 0) {
      bez.arr[bez.len] = ’\0’;
      /* Ausgabe */
      printf (”%d.%d.: %d Stueck %s (PNr %d)\n”, tag, monat, menge, bez.arr, pnr);
      }
   else
      found = FALSE;
   }; /*while*/
EXEC SQL CLOSE BestIterator;
EXEC SQL COMMIT WORK RELEASE;
exit (0);

/* Fehlerbehandlung */
handle_error:
   printf (”\n*** Error %d in program. ***\n”, sqlca.sqlcode);
   printf (”%.70s\n”, sqlca.sqlerrm.sqlerrmc);
   exit (−1);
} /*main*/
```

## Beispiel für den komplexen Fall:

```
/***  Programm zum Ausdrucken der Bestellungen fuer eine Liste von Produkten     ***/
/***  Eingabe: Liste von Produktbezeichnungen                                    ***/
/***  Ausgabe: Bestellungen dieser Produkte, absteigend sortiert nach Datum      ***/
/***  Erschwerende Annahme: Das Resultatschema ist erst zur Laufzeit bekannt !   ***/

/***  Vereinfachung:  keine Wirtsprogrammvariable als Eingabeparameter           ***/
/***                  => keine Bind-Descriptor-Area notwendig                    ***/

#include <stdio.h>
#include <string.h>
#define TRUE 1
#define FALSE 0
#define MAXPRODUKTE 10
/* Die Bestellungen umfassen maximal 10 Produkte */

/* Dimensionierung der SQLDA */
#define MAXATTR 20
#define MAXNAMELEN 30
/* Datentypen fuer Oracle-Attributwerte */
#define CHAR_TYPE 1
#define NUMBER_TYPE 2
/* Datentypen fuer Resultate in den Uebergabepuffern */
#define INT_TYPE 3
#define CCHAR_TYPE 5

EXEC SQL INCLUDE SQLCA; /* Importieren der SQLCA */
EXEC SQL INCLUDE SQLDA; /* Importieren der SQLDA-Typdefinition */

/* Der Precompiler erzeugt hier die folgende Typdefinition für eine Descriptor Area:
struct SQLDA {
    long    N;      /* Descriptor size in number of entries          */
    char  **V;      /* Ptr to Arr of addresses of main variables     */
    long   *L;      /* Ptr to Arr of lengths of buffers              */
    short  *T;      /* Ptr to Arr of types of buffers                */
    short **I;      /* Ptr to Arr of addresses of indicator vars     */
    long    F;      /* Number of variables found by DESCRIBE         */
    char  **S;      /* Ptr to Arr of variable name pointers          */
    short  *M;      /* Ptr to Arr of max lengths of var. names       */
    short  *C;      /* Ptr to Arr of current lengths of var. names   */
    char  **X;      /* Ptr to Arr of ind. var. name pointers         */
    short  *Y;      /* Ptr to Arr of max lengths of ind. var. names  */
    short  *Z;      /* Ptr to Arr of cur lengths of ind. var. names  */
  };
 typedef struct SQLDA SQLDA;                                           */

/* Importieren der Oracle-Hilfsfunktion sqlald und sqlnul */
extern SQLDA *sqlald ( int MaxAttr, int MaxNameLen, int MaxIndNameLen );
extern void sqlnul ( short *AttrTypeInfo, short *AttrType, short *NullStatus );
```

```
main () {
EXEC SQL BEGIN DECLARE SECTION;
    /* Achtung: Keine Wirtsprogrammvariablen fuer das Anfrageresultat */
   VARCHAR sqltext[512];
   VARCHAR user[20];
   VARCHAR passwd[10];
EXEC SQL END DECLARE SECTION;
EXEC SQL WHENEVER SQLERROR GOTO handle_error;

/* Typdeklarationen */
typedef char prod_bez_t[31];
typedef int bool;

/* Variablendeklarationen */
prod_bez_t   prod_bez[10];
int          i;
int          num_of_prod;
bool         found;
SQLDA        *selda; /* Zeiger auf (zu allozierende) SQLDA−Struktur */
char         *s;
short        nullstatus;

printf ("Benutzername?"); scanf ("%s", &(user.arr)); user.len = strlen(user.arr);
printf ("Kennwort?"); scanf ("%s", &(passwd.arr)); passwd.len = strlen(passwd.arr);
EXEC SQL CONNECT :user IDENTIFIED BY :passwd;

/* Eingabe */
i = 0;
printf ("%s%s", "Bitte geben Sie eine Produktbezeichnung oder \"ende\" ein.\n");
scanf ("%s", &(prod_bez[i]));
while ((i < MAXPRODUKTE) && (strcmp (prod_bez[i], "ende") != 0)) {
   i++;
   printf ("%s%s", "Bitte geben Sie eine Produktbezeichnung oder \"ende\" ein.\n");
   scanf ("%s", &(prod_bez[i]));
   }; /*while*/
num_of_prod = i;
if (num_of_prod == 0) exit(−1);

/* Aufbau der SQL−Anfrage */
strcpy (sqltext.arr, "SELECT * ");
strcat (sqltext.arr, "FROM Bestellungen, Produkte ");
strcat (sqltext.arr, "WHERE Bestellungen.PNr = Produkte.PNr "); strcat (sqltext.arr, "AND ( ");
strcat (sqltext.arr, "Bez LIKE \'"); strcat (sqltext.arr, prod_bez[0]); strcat (sqltext.arr, "%\' ");
for (i=1; i < num_of_prod; i++) {
   strcat (sqltext.arr, "OR Bez LIKE \'"); strcat (sqltext.arr, prod_bez[i]); strcat (sqltext.arr, "%\' ");
   }; /*for*/
strcat (sqltext.arr, ") "); strcat (sqltext.arr, "ORDER BY Monat DESC, Tag DESC");
sqltext.len = strlen(sqltext.arr);
```

```
/* Nur zu Testzwecken */
printf ("\nDie generierte SQL-Anfrage lautet:\n"); printf ("%s\n\n", sqltext.arr);
/* zum Beispiel:
   SELECT *
   FROM Bestellungen, Produkte WHERE Bestellungen.PNr = Produkte.PNR
   AND ( Bez LIKE 'Druck%' OR Bez LIKE 'Papier%' OR Bez LIKE 'Platte%' )
   ORDER BY Monat DESC, Tag DESC                                          */

/* Allokation einer Select-Descriptor-Area (Datentyp SQLDA) */
selda = sqlald (MAXATTR, MAXNAMELEN, 0);

EXEC SQL PREPARE DynQuery FROM :sqltext;
EXEC SQL DECLARE BestIterator CURSOR FOR DynQuery;
EXEC SQL OPEN BestIterator;
EXEC SQL DESCRIBE SELECT LIST FOR DynQuery INTO selda;
selda->N = selda->F; /* Anzahl der Resultatsattribute */
/* Weitere Vorbereitungen fuer die SQLDA-Struktur */
for (i=0; i < selda->F; i++) {
   /* Ruecksetzen des "Nullwert-Flags" im Typcode */
   sqlnul (&(selda->T[i]), &(selda->T[i]), &nullstatus);
   /* Setzen der Pufferlaengen und Typcodes fuer die Resultatsattribute */
   switch (selda->T[i])
      {
      case CHAR_TYPE:
         selda->L[i]++; /* Extrabyte fuer String-Terminator */
         selda->T[i] = CCHAR_TYPE; /* gewuenschter Resultattyp */
         break;
      case NUMBER_TYPE:
         /***  Achtung:   Dies ist eine Loesung fuer den Oracle-Datentyp INTEGER.
                Allgemeinere NUMBER-Datentypen werden hier nicht behandelt.    ***/
         selda->L[i] = sizeof(int);
         selda->T[i] = INT_TYPE;
         /* Allgemeinere, aber umstaendlichere Alternative:
         selda->L[i] = 51; * lang genug fuer alle NUMBER-Typen *
         selda->T[i] = CCHAR_TYPE; * gewuenschter Resultattyp *
         */
         break;
      default:
         printf ("\n*** Unerwarteter Datentyp %d ***\n", selda->T[i]);
      }; /*switch*/
   /* Allokation der Uebergabepuffer fuer die Resultatsattribute */
   selda->V[i] = malloc(selda->L[i]);
   /* Allokation der Nullwertindikatoren */
   selda->I[i] = malloc(sizeof(short));
   }; /*for*/
```

```
found = TRUE;
while (found)
   {
   EXEC SQL FETCH BestIterator USING DESCRIPTOR selda;
   if (sqlca.sqlcode == 0)
      {
      for (i=0; i < selda->N; i++)
         {
         /* Attributname ausgeben */
         s = selda->S[i]; /* i-ter Attributname */
         s[selda->C[i]] = '\0'; /* Konvertierung in C-String */
         printf ("%s: ", s);
         /* Verzweigung nach Attributdatentyp */
         switch (selda->T[i])
            {
            case CHAR_TYPE: ;
            case CCHAR_TYPE:
               s = selda->V[i]; /* i-ter Attributwert */
               s[selda->L[i]] = '\0'; /* Terminator fuer C-String */
               printf ("%s ", s);
               break;
            case INT_TYPE:
               printf ("%d ", *((int*) selda->V[i]));
               break;
            default:
               printf ("\n*** Unerwarteter Datentyp %d ***\n", selda->T[i]);
            }; /*switch*/
         }; /*for*/
      printf ("\n");
      }
   else
      found = FALSE;
   }; /*while*/
EXEC SQL CLOSE BestIterator;
EXEC SQL COMMIT WORK RELEASE;
exit (0);

/* Fehlerbehandlung */
handle_error:
   printf ("\n*** Error %d in program. ***\n", sqlca.sqlcode);
   printf ("%.70s\n", sqlca.sqlerrm.sqlerrmc);
   exit (-1);
} /*main*/
```

**Beispiele für komplexe Anwendungen, die dynamisches ESQL erfordern:**

- SQL*Plus und ähnliche universelle, interaktive DBS−Schnittstellen sind Programme, die dynamisches ESQL verwenden.

- Anwendungen, die sowohl Daten als auch Metadaten (Relationen des DB−Katalogs) verarbeiten, benötigen in vielen Fällen dynamisches ESQL.
  Solche Anwendungen sind mit dynamischem ESQL realisierbar, weil in praktisch allen relationalen DBS der DB−Katalog in Form von Relationen zugreifbar ist.
  Beispiel (Achtung: in SQL so nicht möglich !):
  SELECT * FROM * WHERE * LIKE '%Lafontaine%'

Wichtige Katalogrelationen in Oracle:

**ACCESSIBLE_TABLES**

| OWNER | TABLE_NAME | TABLE_TYPE |
|---|---|---|
| DBS | BESTELLUNGEN | TABLE |
| DBS | KUNDEN | TABLE |
| DBS | PRODUKTE | TABLE |
| SYS | ACCESSIBLE_TABLES | VIEW |
| . . . | | |

**ACCESSIBLE_COLUMNS**

| OWNER | TABLE_NAME | COLUMN_ NAME | DATA_ TYPE | DATA_ LENGTH | ... | COLUMN_ ID | ... |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| DBS | KUNDEN | KNR | NUMBER | 22 | | 1 | |
| DBS | KUNDEN | NAME | CHAR | 30 | | 2 | |
| DBS | KUNDEN | STADT | CHAR | 30 | | 3 | |
| DBS | KUNDEN | SALDO | NUMBER | 22 | | 4 | |
| DBS | KUNDEN | RABATT | NUMBER | 22 | | 5 | |
| DBS | PRODUKTE | PNR | NUMBER | 22 | | 1 | |
| . . . | | | | | | | |
| SYS | ACCESSIBLE_TABLES | OWNER | CHAR | 30 | | 1 | |
| SYS | ACCESSIBLE_TABLES | TABLE_NAME | CHAR | 30 | | 2 | |
| . . . | | | | | | | |

**Stored Procedures: Einbettung von SQL in eine 4GL**
**(Beispiel: PL/SQL von Oracle)**

Die Prinzipien sind wie bei ESQL. Syntaktisch ergeben sich einige Vereinfachungen. Andererseits sind 4GLs häufig gegenüber Standardprogrammiersprachen wie (z.B. C) in ihren Datentypen und sonstigen Ausdrucksmitteln beschränkt.

Grobsyntax einer Prozedurdeklaration:

```
proc−decl = CREATE PROCEDURE proc−name
            [ "(" param−name type { "," param−name type } ")" ] AS proc−body
proc−body =decl−part block
block =   BEGIN statement−list [ exception−part ] END
```

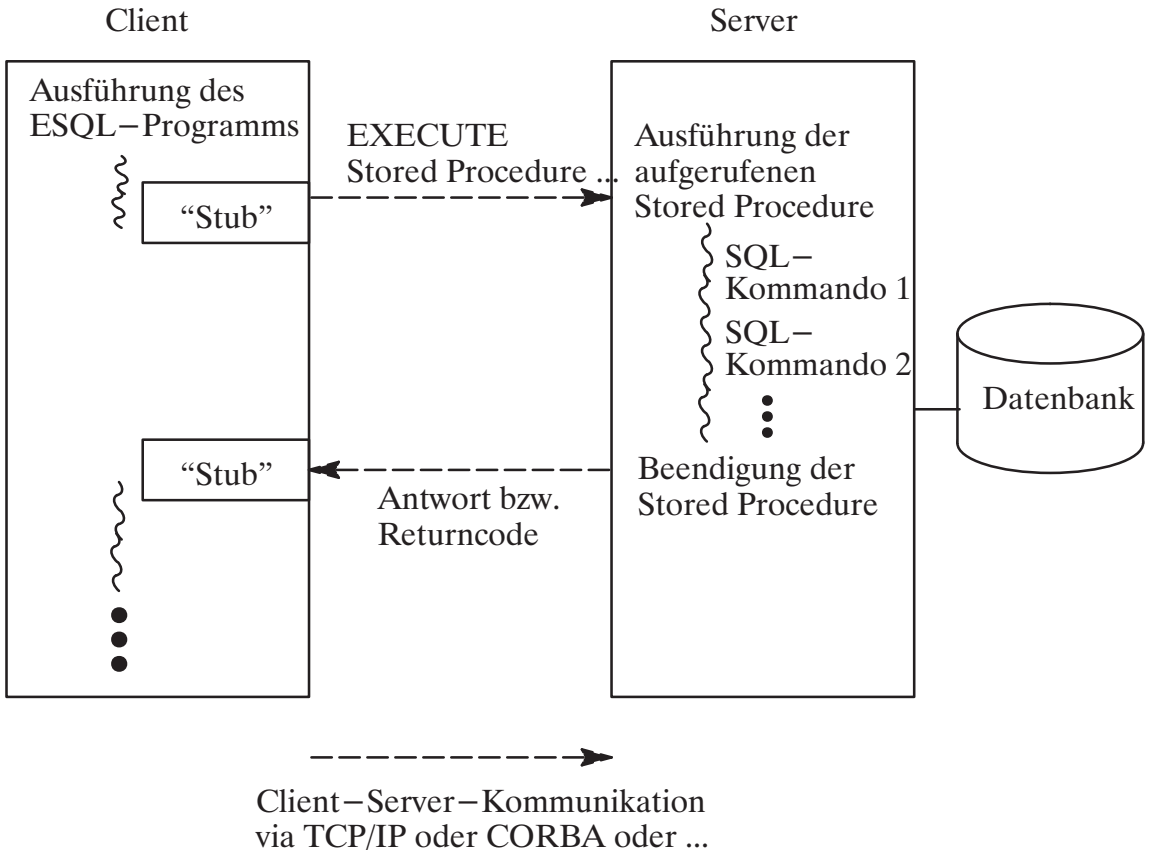
Beispiel:

```
CREATE PROCEDURE Lager_Auffuellen AS
DECLARE ...;
BEGIN
   DECLARE CURSOR Knappe_Produkte IS
      SELECT PNr, Vorrat
      FROM Produkte
      WHERE Vorrat < 100;
   KP Knappe_Produkte%ROWTYPE;
   BEGIN
      OPEN Knappe_Produkte;
      LOOP
         FETCH Knappe_Produkte INTO KP;
         EXIT WHEN Knappe_Produkte%NOTFOUND;
         ...
         IF KP.Vorrat > 10
         THEN
            EXECUTE Nachbestellen (KP.PNr, 1000 − KP.Vorrat)
         ELSE
            EXECUTE Express_Bestellen (KP.PNr, 10);
            EXECUTE Nachbestellen (KP.PNr, 1000 − KP.Vorrat − 10);
         END IF;
      END LOOP;
   END;
END;
```

Aufruf der PL/SQL Stored Procedure direkt von SQL*PLus, SQL*Forms oder ESQL−Programmen möglich,
z.B.: EXECUTE Lager_Auffuellen

Mehrere Prozeduren und Funktionen können zu einem Modul − in Oracle−Terminologie einem *Package* − zusammengefaßt und unter einem global bekannten Namen den Anwendungsentwicklern zur Verfügung gestellt werden.

**Laufzeitarchitektur für Stored Procedures:**



**Entwicklung Internet−fähiger Anwendungen**
**mit dem Oracle Web Application Server Toolkit**

Prinzip:
Programmierung von PL/SQL−Packages (Java oder Perl oder ...)
unter Verwendung von Bibliotheksfunktionen des Standard−Packages “htp”
zum Aufbau dynamischer HTML−Seiten

Beispiel:
ein kleines Package zur Verwaltung der Buchausleihe einer “Mini−Bibliothek”

```
DROP TABLE bib_table;
CREATE TABLE bib_table
(
        bid       NUMBER  PRIMARY KEY,
        verfasser VARCHAR2(200),
        titel     VARCHAR2(200),
        verlag    VARCHAR2(200),
        jahr      NUMBER,
        datum     VARCHAR2(20),
        status    VARCHAR2(15),
        ausleiher VARCHAR2(200),
        CHECK (status IN ( 'bestellt', 'geliefert', 'vergriffen', 'verschwunden'))
);

set define off

DROP PACKAGE bib_user;
CREATE PACKAGE bib_user IS
   PROCEDURE home;
   PROCEDURE retrieve_form;
   PROCEDURE build_query (
                        verfasser IN VARCHAR2,
                        titel     IN VARCHAR2,
                        search_mode IN VARCHAR2);
   PROCEDURE retrieve  (v       IN VARCHAR2,
                        t       IN VARCHAR2);
   PROCEDURE lend_form
                        (id      IN INT,
                        titel    IN VARCHAR2);
   PROCEDURE update_ausleiher (
                        id      IN INT,
                        name    IN VARCHAR2,
                        modi    IN VARCHAR2,
                        titel   IN VARCHAR2);
   PROCEDURE back_form;
   PROCEDURE back (    name    IN VARCHAR2);
END;
/
show errors;
```

```
CREATE PACKAGE BODY bib_user IS

  PROCEDURE home IS
    BEGIN
      htp.htmlOpen;  htp.headOpen;  htp.htitle ('User–Homepage');  htp.headClose;
      htp.bodyOpen;  htp.line;  htp.nl;
      htp.print ('Recherche Programm für die Handbibliothek des Lehrstuhls Prof. Weikum'); htp.nl;
      htp.anchor (owa_util.get_owa_service_path||'bib_user.retrieve_form',  'Buch suchen / ausleihen'); htp.nl;
      htp.anchor (owa_util.get_owa_service_path||'bib_user.back_form', 'Ausleihe löschen'); htp.nl;
      htp.anchor ('/bib–doc/bib_help.html', 'Anleitung / Hilfe'); htp.line;
      htp.address ('Markus Sinnwell, Jan. 97'); htp.bodyClose;
      htp.htmlClose;
    END;

  PROCEDURE retrieve_form IS
    BEGIN
      htp.htmlOpen; htp.headOpen;  htp.htitle ('Suchen eines Eintrags');  htp.headClose;
      htp.bodyOpen; htp.line;
      htp.formOpen (owa_util.get_owa_service_path||'bib_user.build_query', 'POST');
      htp.formSelectOpen ('search_mode', 'Suchmodus: ');
        htp.formSelectOption ('substring');
        htp.formSelectOption ('exact match');
      htp.formSelectClose; htp.nl;
      htp.tableOpen; htp.tableRowOpen;
        htp.tableData ('Verfasser');  htp.tableData (htf.formtext ('verfasser'));
      htp.tableRowClose;
      htp.tableRowOpen;
        htp.tableData ('Titel'); htp.tableData (htf.formtext ('titel'));
      htp.tableRowClose; htp.tableClose; htp.line;
     htp.formSubmit (NULL, 'Anfrage starten');  htp.formReset ('Formular löschen');  htp.formClose; htp.line;
      htp.anchor (owa_util.get_owa_service_path||'bib_user.home','Zurück zur Home–Page');
      htp.bodyClose;  htp.htmlClose;
    END;

  PROCEDURE build_query (verfasser IN VARCHAR2, titel IN VARCHAR2, search_mode IN VARCHAR2)
    IS
      v  VARCHAR2(200);
      t  VARCHAR2(200);
    BEGIN
      IF verfasser IS NULL THEN
        v := '%';
      ELSIF search_mode = 'exact match' THEN  v := lower(verfasser);
      ELSE  v := '%'||lower(verfasser)||'%';
      END IF;
      IF titel IS NULL THEN
        t := '%';
      ELSIF search_mode = 'exact match' THEN
        t := lower(titel);
      ELSE
        t := '%'||lower(titel)||'%';
      END IF;
      retrieve (v, t);
    END;
```

```
PROCEDURE retrieve  (v  IN VARCHAR2,
                     t  IN VARCHAR2) IS
   CURSOR tupel IS   SELECT  bid, titel, verfasser, status, ausleiher
                     FROM  bib_table
                     WHERE lower(verfasser) LIKE v
                     AND   lower(titel) LIKE t
                     ORDER BY titel;
   id_out       INT;
   titel_out    VARCHAR2(200);
   verfasser_out VARCHAR2(200);
   status_out   VARCHAR2(15);
   ausleiher_out VARCHAR2(200);
   BEGIN
      htp.htmlOpen;  htp.headOpen;  htp.htitle ('Ergebnis der Anfrage');  htp.headClose;
      htp.bodyOpen; htp.line;  htp.tableOpen ('border');
      htp.tableRowOpen;
         htp.tableHeader ('Titel');  htp.tableHeader ('Verfasser');  htp.tableHeader ('Ausleiher');
      htp.tableRowClose;

      OPEN tupel;
      LOOP
         FETCH tupel INTO id_out, titel_out, verfasser_out, status_out, ausleiher_out;
         IF tupel%FOUND THEN
            htp.tableRowOpen; htp.tableData (titel_out); htp.tableData (verfasser_out);
            IF status_out = 'geliefert' THEN
               IF ausleiher_out IS NULL THEN
                  htp.tableData(htf.anchor(owa_util.get_owa_service_path || 'bib_user.lend_form?id='||id_out||
                                 '&titel='||translate(titel_out,' ', '+'), htf.em ('ausleihen')));
               ELSE  htp.tableData (ausleiher_out);
               END IF;
            ELSE htp.tableData(status_out);
            END IF;
            htp.tableRowClose;
         ELSE EXIT;
         END IF;
      END LOOP;
      htp.tableClose; htp.line;
      htp.anchor (owa_util.get_owa_service_path||'bib_user.home','Zurück zur Home–Page');
      htp.bodyClose; htp.htmlClose;
   END;


PROCEDURE lend_form (id IN INT, titel IN VARCHAR2) IS
     name VARCHAR2(200);
   BEGIN
      htp.htmlOpen;  htp.headOpen;  htp.htitle ('Ausleihe registrieren');  htp.headClose;
      htp.bodyOpen; htp.line;  htp.print ('Das Buch '||htf.em(titel)||' ausleihen.');
      htp.formOpen (owa_util.get_owa_service_path||'bib_user.update_ausleiher', 'POST');
      htp.print ('Name des Ausleihers: ');  htp.formtext ('name');
      htp.formhidden ('id', id);  htp.formhidden ('modi', 'lend');  htp.formhidden ('titel', titel);  htp.line;
    htp.formSubmit (NULL, 'Ausleihe registrieren');  htp.formReset ('Formular löschen');  htp.formClose; htp.line;
      htp.anchor (owa_util.get_owa_service_path||'bib_user.home','Zurück zur Home–Page');
      htp.bodyClose;  htp.htmlClose;
   END;
```

```
PROCEDURE update_ausleiher (id IN INT, name IN VARCHAR2, modi IN VARCHAR2,
                            titel IN VARCHAR2) IS
  BEGIN
    htp.htmlOpen; htp.headOpen;
    IF modi = 'lend' THEN
      htp.htitle ('Bestätigung der Ausleihe');  htp.headClose; htp.bodyOpen;  htp.line;
      UPDATE bib_table SET ausleiher = name WHERE bid = id;
      htp.print ('Das Buch '||htf.em(titel)||' ist jetzt von '||htf.em(name)||' ausgeliehen');
    ELSE
      htp.htitle ('Bestätigung der Rückgabe'); htp.headClose; htp.bodyOpen;  htp.line;
      UPDATE bib_table SET ausleiher = NULL WHERE bid = id;
      htp.print ('Das Buch '||htf.em(titel)||' wurde von '||htf.em(name)||' zurückgegeben');
    END IF;
    htp.line; htp.anchor (owa_util.get_owa_service_path||'bib_user.home','Zurück zur Home–Page');
    htp.bodyClose;  htp.htmlClose;
  END;


PROCEDURE back_form IS
  BEGIN
    htp.htmlOpen; htp.headOpen; htp.htitle ('Rückgabe eines Buches'); htp.headClose;
    htp.bodyOpen;  htp.line;
    htp.formOpen (owa_util.get_owa_service_path||'bib_user.back', 'POST');
    htp.print ('Name des Ausleihers:');  htp.formtext ('name');  htp.line;
    htp.formSubmit (NULL, 'Ausgeliehene Bücher anzeigen');  htp.formReset ('Formular löschen');
    htp.formClose;  htp.line;
    htp.anchor (owa_util.get_owa_service_path||'bib_user.home','Zurück zur Home–Page');
    htp.bodyClose;  htp.htmlClose;
  END;
```

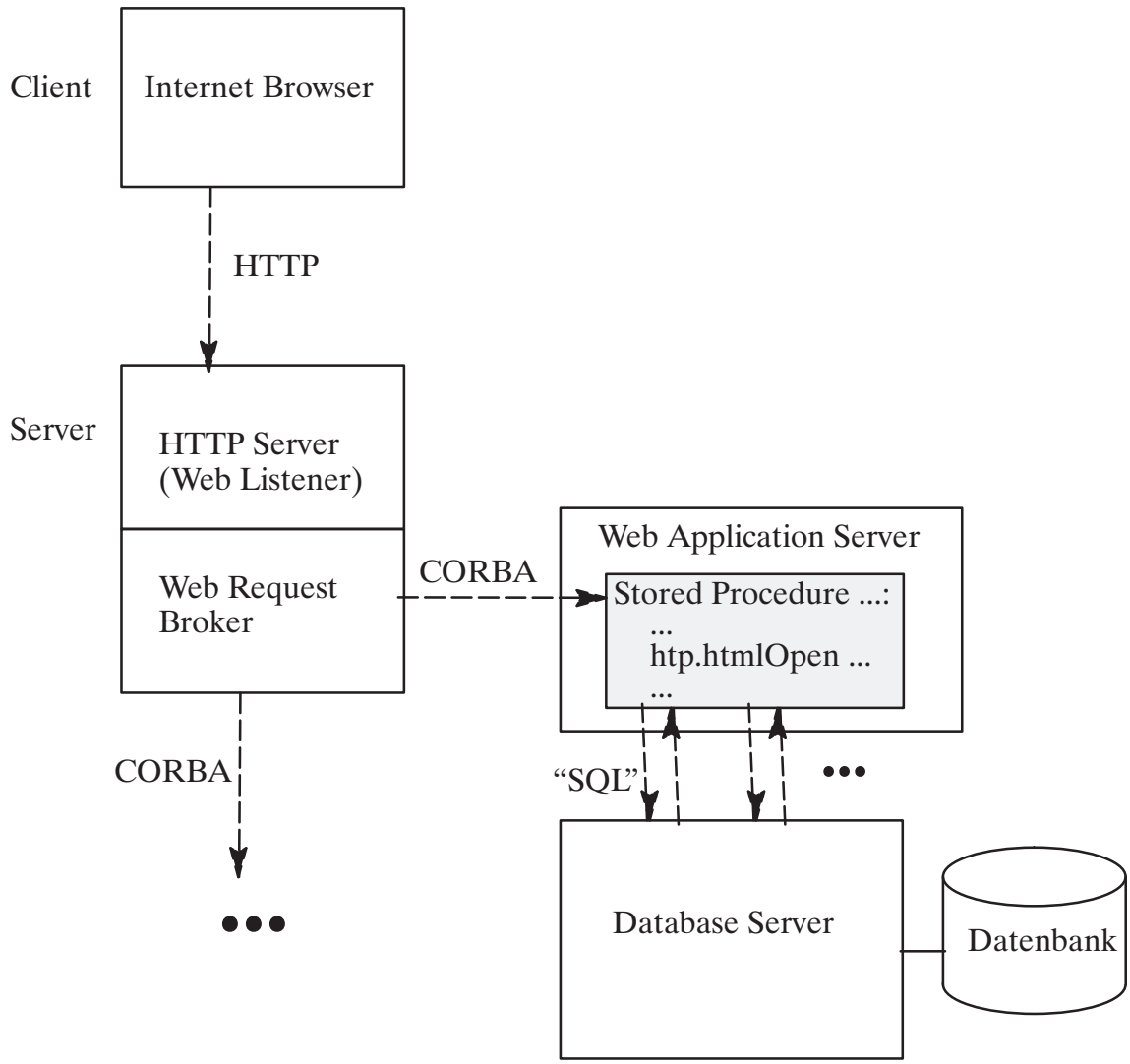
```
  PROCEDURE back (name IN VARCHAR2) IS
    CURSOR tupel IS     SELECT  bid, titel, verfasser, ausleiher
                        FROM  bib_table
                        WHERE lower(ausleiher) LIKE '%'||lower(name)||'%';
      id_out       INT;
      titel_out    VARCHAR2(200);
      verfasser_out VARCHAR2(200);
      ausleiher_out VARCHAR2(200);
    BEGIN
      htp.htmlOpen;  htp.headOpen;  htp.htitle ('Entliehene Bücher:');  htp.headClose;
      htp.bodyOpen;  htp.line; htp.print ('Von "'||htf.em(name)||'" ausgeliehene Bücher:');
      htp.tableOpen ('border');  htp.tableRowOpen;
        htp.tableHeader ('Titel');  htp.tableHeader ('Verfasser');  htp.tableHeader ('Rückgabe');
      htp.tableRowClose;

      OPEN tupel;
      LOOP
        FETCH tupel INTO id_out, titel_out, verfasser_out, ausleiher_out;
        IF tupel%FOUND THEN
          htp.tableRowOpen;
          htp.tableData (titel_out);
          htp.tableData (verfasser_out);
          IF ausleiher_out IS NOT NULL THEN
            htp.tableData (
              htf.anchor (owa_util.get_owa_service_path|| 'bib_user.update_ausleiher'||
                    '?id='||id_out|| '&name='||translate(ausleiher_out,' ','+')|| '&modi=return'||
                    '&titel='||translate(titel_out,' ', '+'),  htf.em (ausleiher_out)));
          END IF;
          htp.tableRowClose;
        ELSE
          EXIT;
        END IF;
      END LOOP;

      htp.tableClose; htp.line;
      htp.anchor (owa_util.get_owa_service_path||'bib_user.home','Zurück zur Home–Page');
      htp.bodyClose;  htp.htmlClose;
    END;

  BEGIN
    NULL;
  END;
/
show errors
```

**Laufzeitarchitektur für Internet−fähige Stored Procedures bzw. Packages**



# Ergänzende Literatur zu Kapitel 4:

J. Melton, A. Simon, Understanding the New SQL: A Complete Guide, Morgan Kaufmann, 1993

Programmer's Guide to the Oracle Precompilers, Oracle Press

Pro*C Supplement to the Oracle Precompilers Guide, Oracle Press

Oracle PL/SQL Programming, 2nd Edition, O'Reilly, 1997

Oracle Application Server Web Toolkit Reference, Osborne, 1998

D. Harvey, S. Beitler, The Developer's Guide to Oracle Web Application Server 3, Addison−Wesley, 1998

J.W. Schmidt, F. Matthes, The DBPL Project: Advances in Modular Database Programming, Information Systems Vol. 19 No. 2, 1994

M. Atkinson et al., An Orthogonally Persistent Java, ACM SIGMOD Record Vol.25 No.4, 1996