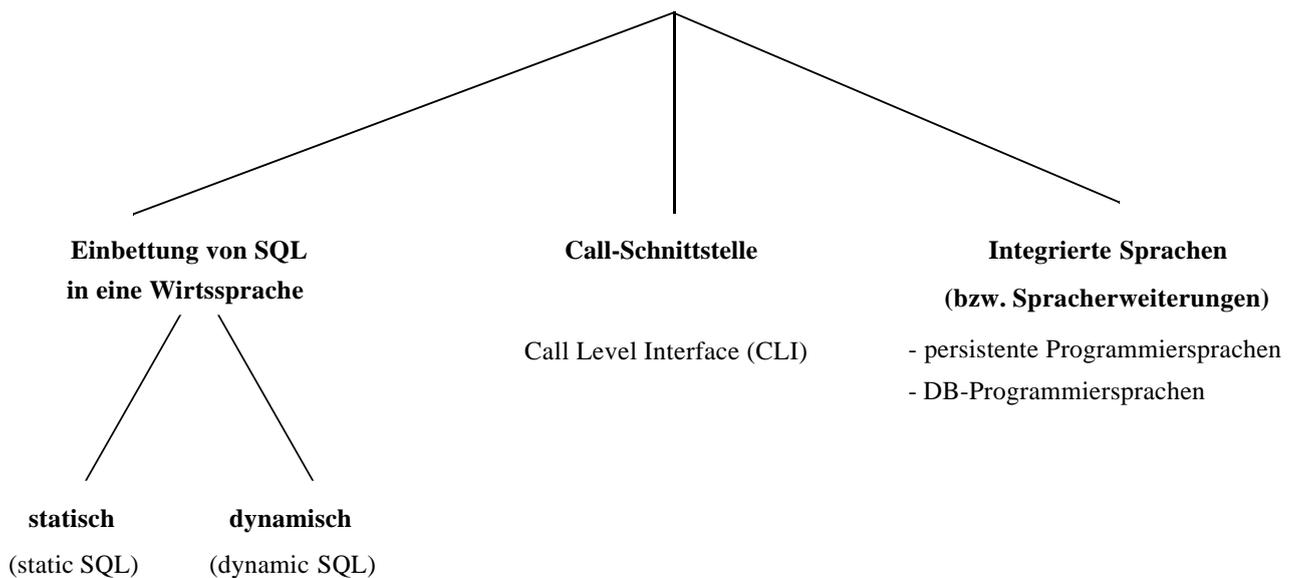


4. Anwendungsprogrammier-Schnittstelle

- **Kopplung mit einer Wirtssprache¹:**
Übersicht und Aufgaben
- **Eingebettetes statisches SQL**
 - Cursor-Konzept
 - SQL-Programmiermodell
 - Rekursion
 - Erweiterung des Cursor-Konzeptes
 - Ausnahme- und Fehlerbehandlung
- **Aspekte der Anfrageauswertung**
 - Aufgaben bei der Anfrageauswertung
 - Vorbereitung und Übersetzung
 - Bindung und Datenunabhängigkeit
- **SQL/PSM**
- **Dynamisches SQL**
 - Eingebettetes dynamisches SQL
 - Call-Level-Interface
- **Anhang:**
Open Data Base Connectivity (ODBC)
- **DB-Zugriff aus Java-Programmen**
 - DB-Zugriff via JDBC
 - SQLJ

1. Synonyme: Relation - Tabelle, Tupel - Zeile, Attribut - Spalte, Attributwert - Zelle

Kopplung mit einer Wirtssprache

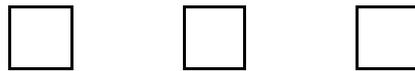


- **Call-Schnittstelle**
(prozedurale Schnittstelle, CLI)
 - DB-Funktionen werden durch Bibliothek von Prozeduren realisiert
 - Anwendung enthält lediglich Prozeduraufrufe
- **Einbettung von SQL** (Embedded SQL, ESQL)
 - Spracherweiterung um spezielle DB-Befehle (EXEC SQL ...)
 - komfortablere Programmierung als mit CLI
- **statische Einbettung**
 - Vorübersetzer (Precompiler) wandelt DB-Aufrufe in Prozeduraufrufe um
 - Nutzung der normalen PS-Übersetzer für umgebendes Programm
 - SQL-Anweisungen müssen zur Übersetzungszeit feststehen
 - im SQL-Standard unterstützte Sprachen:
C, COBOL, FORTRAN, Ada, PL1, Pascal, MUMPS, Java, ...
- **dynamische Einbettung:**
Konstruktion von SQL-Anweisungen zur Laufzeit

Kopplung mit einer Wirtssprache (2)

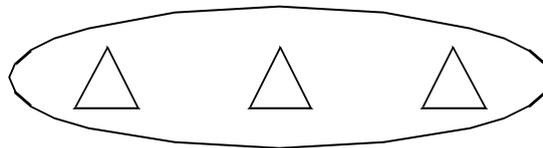
- **Integrationsansätze unterstützen typischerweise nur**
 - ein Typsystem
 - Navigation (satz-/objektorientierter Zugriff)
 - å Wünschenswert sind jedoch Mehrsprachenfähigkeit und deskriptive DB-Operationen (mengenorientierter Zugriff)
- **Relationale AP-Schnittstellen (API) bieten diese Eigenschaften,** erfordern jedoch Maßnahmen zur Überwindung der sog. Fehlanpassung (impedance mismatch)

AWP
satzorientiert



AWP-Typsystem

DBS
mengenorientiert



DBS-Typsystem

- **Kernprobleme der API bei konventionellen Programmiersprachen**
 - Konversion und Übergabe von Werten
 - Übergabe aktueller Werte von Wirtssprachenvariablen (Parametrisierung von DB-Operationen)
 - DB-Operationen sind i. allg. mengenorientiert:
Wie und in welcher Reihenfolge werden Zeilen/Sätze dem AP zur Verfügung gestellt?
 - å Cursor-Konzept

Kopplung mit einer Wirtssprache (3)

- **Embedded (static) SQL: Beispiel für C**

```
exec sql include sqlca; /* SQL Communication Area */
main ()
{
  exec sql begin declare section;
    char   X[3] ;
    int    GSum;
  exec sql end declare section;
  exec sql connect to dbname;
  exec sql insert into Pers (Pnr, Name) values (4711, 'Ernie');
  exec sql insert into Pers (Pnr, Name) values (4712, 'Bert');
  printf ("Anr ? ") ; scanf ( " %s" , X);
  exec sql select sum (Gehalt) into :GSum from Pers where Anr = :X;
  /* Es wird nur ein Ergebnissatz zurückgeliefert */
  printf ("Gehaltssumme: %d\n" , GSum)
  exec sql commit work;
  exec sql disconnect;
}
```

- **Anbindung einer SQL-Anweisung an die Wirtssprachen-Umgebung**

- eingebettete SQL-Anweisungen werden durch **exec sql** eingeleitet und durch spezielles Symbol (hier “;”) beendet, um dem Compiler eine Unterscheidung von anderen Anweisungen zu ermöglichen
- Verwendung von AP-Variablen in SQL-Anweisungen verlangt Deklaration innerhalb eines **declare section**-Blocks sowie Angabe des Präfix “:” innerhalb von SQL-Anweisungen
- Kommunikationsbereich SQLCA (Rückgabe von Statusanzeigern u.ä.)
- Übergabe der Werte einer Zeile mit Hilfe der INTO-Klausel
 - INTO target-commalist (Variablenliste des Wirtsprogramms)
 - Anpassung der Datentypen (Konversion)
- Aufbau/Abbau einer Verbindung zu einem DBS: **connect/disconnect**

Cursor-Konzept

- **Cursor-Konzept zur satzweisen Abarbeitung von Ergebnismengen**

- Trennung von Qualifikation und Bereitstellung/Verarbeitung von Zeilen
- Cursor ist ein Iterator, der einer Anfrage zugeordnet wird und mit dessen Hilfe die Zeilen der Ergebnismenge einzeln (one tuple at a time) im Programm bereitgestellt werden
- Wie viele Cursor im AWP?

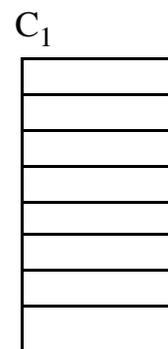
- **Cursor-Deklaration**

```
DECLARE cursor CURSOR FOR table-exp  
[ORDER BY order-item-commalist]
```

```
DECLARE C1 CURSOR FOR  
SELECT Name, Gehalt, Anr FROM Pers WHERE Anr = 'K55'  
ORDER BY Name;
```

- **Operationen auf einen Cursor C1**

```
OPEN C1  
FETCH C1 INTO Var1, Var2, . . . , Varn  
CLOSE C1
```

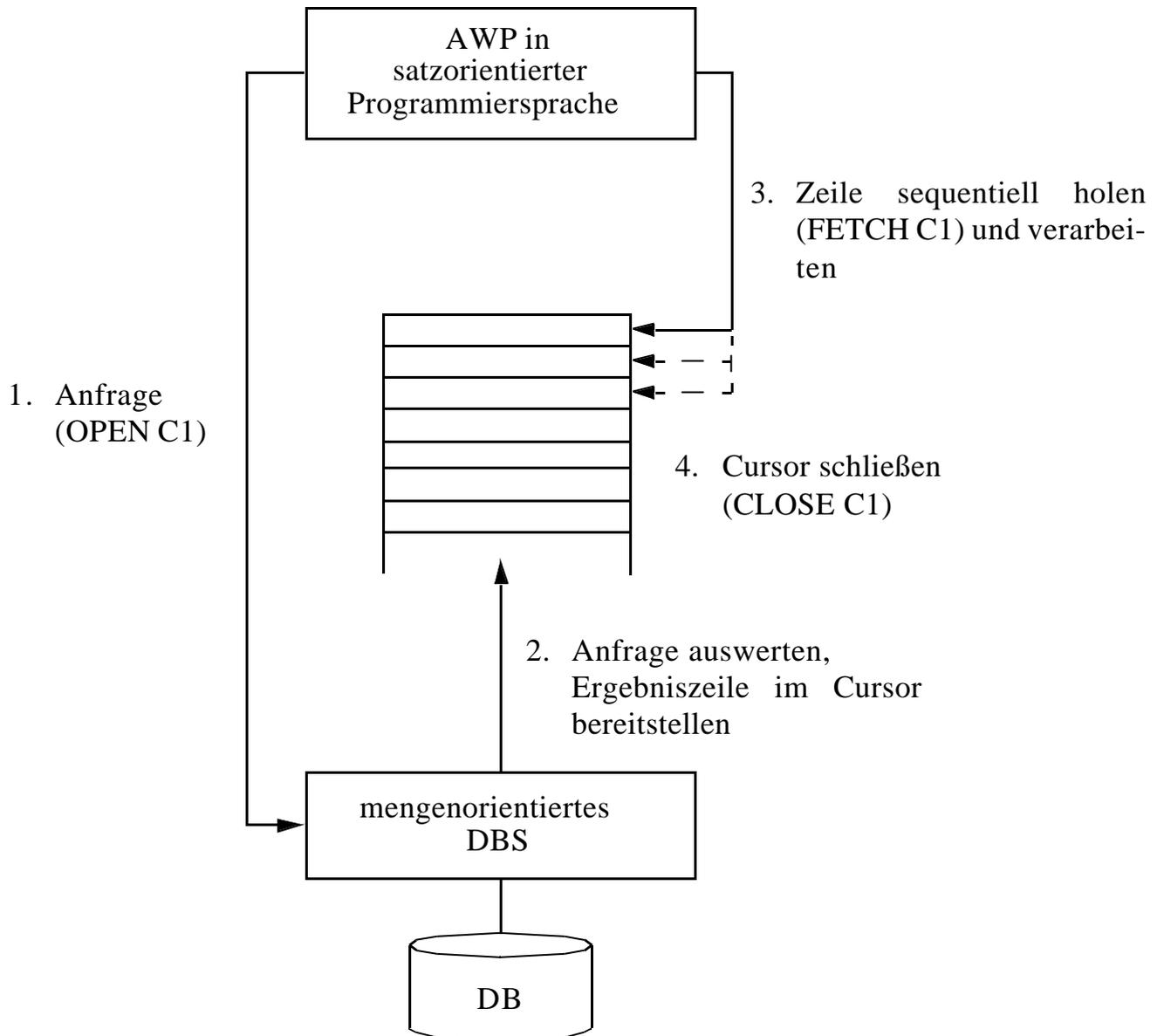


- **Reihenfolge der Ergebniszeilen**

- systembestimmt
- benutzerspezifiziert (ORDER BY)

Cursor-Konzept (2)

- Veranschaulichung der Cursor-Schnittstelle



- Wann wird die Ergebnismenge angelegt?

- schritthaltende Auswertung durch das DBS?
Verzicht auf eine explizite Zwischenspeicherung ist nur bei einfachen Anfragen möglich
- Kopie bei OPEN?
Ist meist erforderlich (ORDER BY, Join, Aggregat-Funktionen, ...)

Cursor-Konzept (3)

- **Beispielprogramm in C (vereinfacht)**

```
exec sql begin declare section;  
char X[50], Y[3];  
exec sql end declare section;  
  
exec sql declare C1 cursor for  
    select Name from Pers where Anr = :Y;  
  
printf("Bitte Anr eingeben: \n");  
scanf("%d", Y);  
exec sql open C1;  
while (sqlcode == OK)  
{  
    exec sql fetch C1 into :X;  
    printf("Angestellter %d\n", X);  
}  
exec sql close C1;
```

- **Anmerkungen**

- DECLARE C1 ... ordnet der Anfrage einen Cursor C1 zu
- OPEN C1 bindet die Werte der Eingabevariablen
- Systemvariable SQLCODE zur Übergabe von Fehlermeldungen (Teil von SQLCA)

Cursor-Konzept (4)

- **Aktualisierung mit Bezugnahme auf eine Position**

- Wenn die Zeilen, die ein Cursor verwaltet (*active set*), eindeutig Zeilen einer Tabelle entsprechen, können sie über Bezugnahme durch den Cursor geändert werden.
- Keine Bezugnahme bei INSERT möglich !

```
positioned-update ::=
    UPDATE table SET update-assignment-commalist
    WHERE CURRENT OF cursor

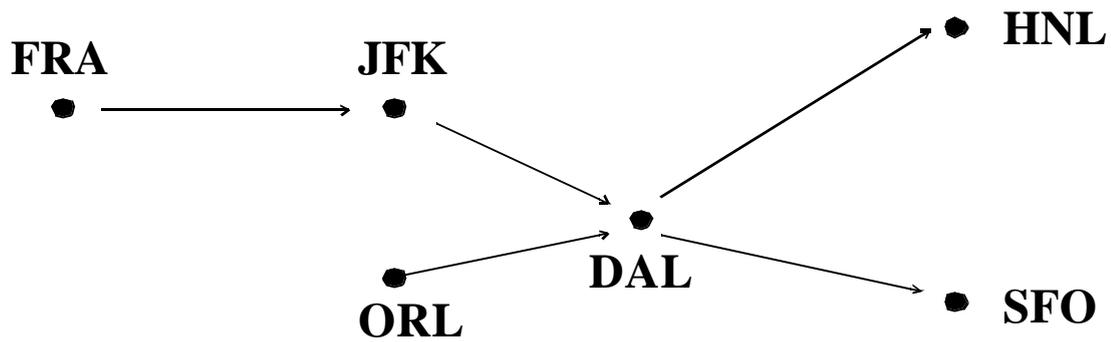
positioned-delete ::=
    DELETE FROM table
    WHERE CURRENT OF cursor
```

- **Beispiel:**

```
while (sqlcode == ok) {
    exec sql fetch C1 into :X;
    /* Berechne das neue Gehalt in Z */
    exec sql update Pers
        set Gehalt = :Z
        where current of C1;
}
```

- **Vergleich: Cursor - Sicht**

Rekursion in SQL ?



- Ausschnitt aus Tabelle Flüge

Flüge	(Nr,	Ab,	An,	Ab-Zeit,	An-Zeit, . . .)
AA07	FRA	JFK			...
AA43	JFK	ORL			
AA07	JFK	DAL			
AA85	ORL	DAL			
AA70	DAL	HNL			
					...

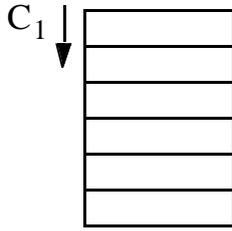
- Flug von FRA nach HNL ?

```
SELECT  Ab, An, . . .  
FROM    Flüge  
WHERE   Ab = 'FRA'  AND  An = 'HNL'
```

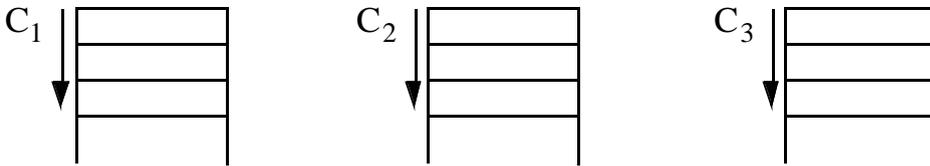
- Flug von FRA nach HNL (Anzahl der Teilstrecken bekannt) ?

SQL-Programmiermodell

- 1) **ein Cursor:** $\pi, \sigma, \bowtie, \cup, -, \dots, \text{Agg, Sort, } \dots$

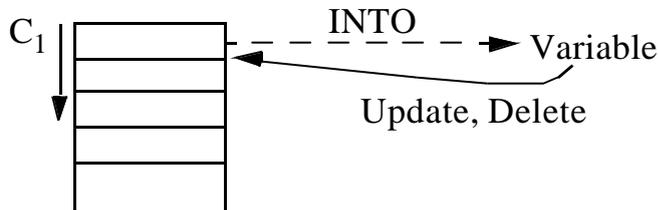


- 2) **mehrere Cursor:** $\pi, \sigma, \text{Sort, } \dots$

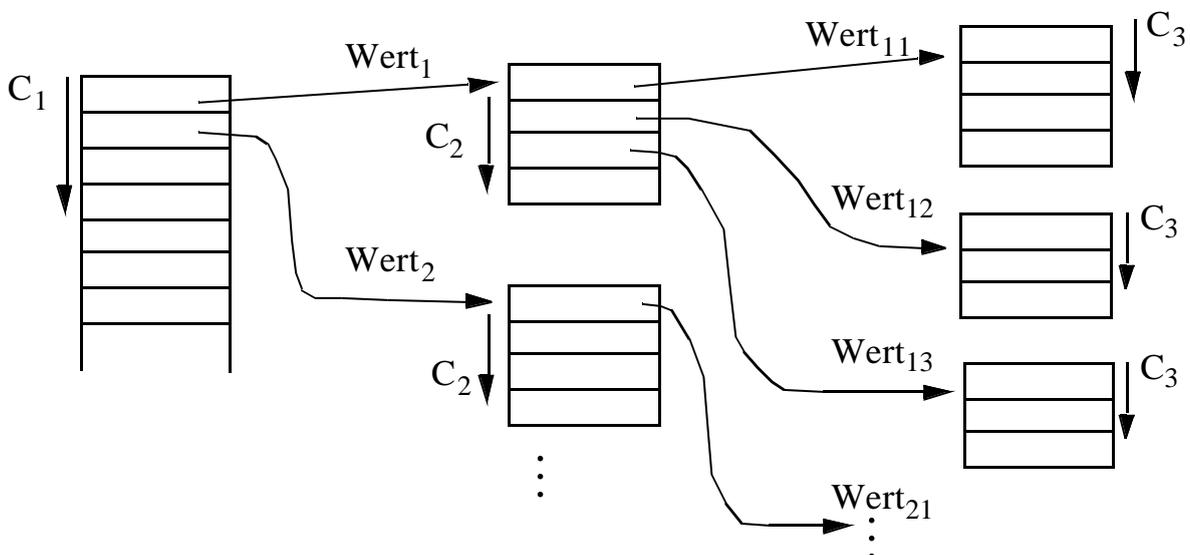


Verknüpfung der gesuchten Zeilen im AP

- 3) **Positionsbezogene Aktualisierung**



- 4) **abhängige Cursor**



Beispiel: Stücklistenauflösung

- Tabelle Struktur (Otnr, Utnr, Anzahl)
- Aufgabe: Ausgabe aller Endprodukte sowie deren Komponenten
- max. Schachtelungstiefe sei bekannt (hier: 2)

```
exec sql begin declare section;
```

```
char T0[10], T1[10], T2[10]; int Anz;
```

```
exec sql end declare section;
```

```
exec sql declare C0 cursor for select distinct Otnr
```

```
from Struktur S1
```

```
where not exists (select * from Struktur S2
```

```
where S2.Utnr = S1.Otnr);
```

```
exec sql declare C1 cursor for
```

```
select Utnr, Anzahl from Struktur
```

```
where Otnr = :T0;
```

```
exec sql declare C2 cursor for
```

```
select Utnr, Anzahl from Struktur
```

```
where Otnr = :T1;
```

```
exec sql open C0;
```

```
while (1) {
```

```
exec sql fetch C0 into :T0;
```

```
if (sqlcode == notfound) break;
```

```
printf (“ %s\n ”, T0);
```

```
exec sql open C1;
```

```
while (2) {exec sql fetch C1 into :T1, :Anz;
```

```
if (sqlcode == notfound) break;
```

```
printf (“ %s: %d\n ”, T1, Anz);
```

```
exec sql open (C2);
```

```
while (3) { exec sql fetch C2 INTO :T2, :Anz;
```

```
if (sqlcode == notfound) break;
```

```
printf (“ %s: %d\n ”, T2, Anz); }
```

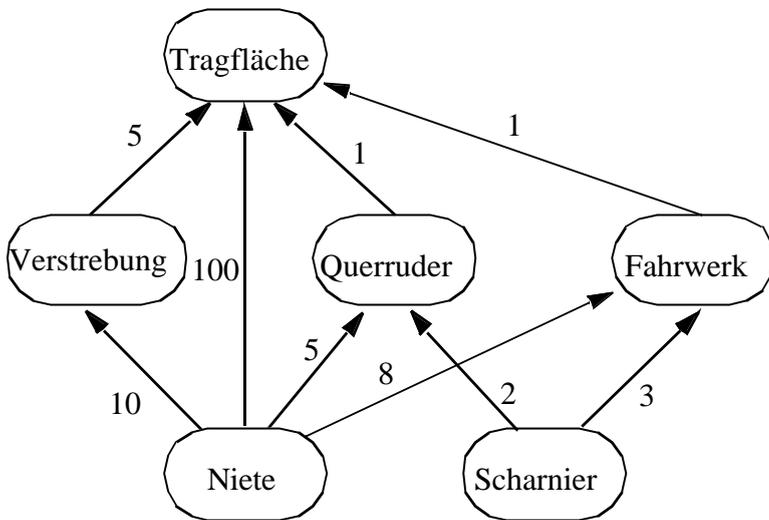
```
exec sql close (C2); } /* end while (2) */
```

```
exec sql close C1; } /* end while (1) */
```

```
exec sql close (C0);
```

Beispiel: Stücklistenauflösung (2)

- **Gozinto-Graph**



Struktur (Otrn,	Utrn,	Anzahl)
T	V	5
T	N	100
T	Q	1
T	F	1
V	N	10
Q	N	5
Q	S	8
F	N	2
F	S	3

- **Strukturierte Ausgabe aller Teile von Endprodukten**

Erweiterung des Cursor-Konzeptes

```
cursor-def ::= DECLARE cursor [SENSITIVE | INSENSITIVE | ASENSITIVE]
              [SCROLL] CURSOR [WITH HOLD] [WITH RETURN]
              FOR table-exp
              [ORDER BY order-item-commalist]
              [FOR {READ ONLY | UPDATE [OF column-commalist]}]
```

Erweiterte Positionierungsmöglichkeiten durch SCROLL

Cursor-Definition (Bsp.):

```
EXEC SQL DECLARE C2 SCROLL CURSOR
              FOR SELECT ...
```

Erweitertes FETCH-Statement:

```
EXEC SQL FETCH[ [<fetch orientation>] FROM ] <cursor>
              INTO <target list>
```

fetch orientation:

NEXT, PRIOR, FIRST, LAST

ABSOLUTE <expression>, RELATIVE <expression>

Bsp.:

```
EXEC SQL FETCH ABSOLUTE 100 FROM C2 INTO ...
```

```
EXEC SQL FETCH ABSOLUTE -10 FROM C2 INTO ...
              (zehntletzte Zeile)
```

```
EXEC SQL FETCH RELATIVE 2 FROM C2 INTO ...
              (übernächste Zeile)
```

```
EXEC SQL FETCH RELATIVE -10 FROM C2 INTO ...
```

Erweiterung des Cursor-Konzeptes (2)

- **Problemaspekt:**

Werden im geöffneten Cursor Änderungen sichtbar?

- **INSENSITIVE CURSOR**

- T sei die Zeilenmenge, die sich für den Cursor zum OPEN-Zeitpunkt (Materialisierung) qualifiziert
- Spezifikation von INSENSITIVE bewirkt, daß eine separate Kopie von T angelegt wird und der Cursor auf die Kopie zugreift
 - Aktualisierungen, die T betreffen, werden in der Kopie nicht sichtbar gemacht. Solche Änderungen könnten z. B. direkt oder über andere Cursor erfolgen
- Über einen insensitiven Cursor sind keine Aktualisierungsoperationen möglich (UPDATE nicht erlaubt)
- Die Kombination mit SCROLL bietet keine Probleme

- **ASENSITIVE (Standardwert)**

- Bei OPEN muß nicht zwingend eine Kopie von T erstellt werden: die Komplexität der Cursor-Definition verlangt jedoch oft seine Materialisierung als Kopie
- Ob Änderungen, die T betreffen und durch andere Cursor oder direkt erfolgen, in der momentanen Cursor-Instanziierung sichtbar werden, ist implementierungsabhängig
- Falls UPDATE deklariert wird, muß eine eindeutige Abbildung der Cursor-Zeilen auf die Tabelle möglich sein (siehe aktualisierbare Sicht). Es wird definitiv keine separate Kopie von T erstellt.

Erweiterung des Cursor-Konzeptes (3)

- **Sichtbarkeit von Änderungen:**

```
exec sql declare C1 cursor for
```

```
select Pnr, Gehalt from Pers where Anr = 'K55';
```

```
exec sql declare C2 cursor for
```

```
select Pnr, Beruf, Gehalt from Pers where Anr > 'K53';
```

```
exec sql fetch C1 into :Y, :Z;      /* Berechne das neue Gehalt in Z */
```

```
...
```

```
exec sql update Pers
```

```
set Gehalt = :Z
```

```
where current of C1;
```

```
...
```

```
exec sql fetch C2 into :U, :V, :W; /* Welches Gehalt wird in W übergeben? */
```

- **Fallunterscheidung**

Ausnahme- und Fehlerbehandlung

- **Indikatorkonzept:**

Indikatorvariablen zum Erkennen von Nullwerten

```
EXEC SQL FETCH C INTO :X INDICATOR :X_Indic
```

bzw.

```
EXEC SQL FETCH C INTO :X :X_indic, :Y :Y_Indic;
```

- **mögliche Werte einer Indikatorvariable**

= 0: zugehörige Wirtsprogrammvariable hat regulären Wert

= -1: es liegt ein Nullwert vor

> 0: zugehörige Wirtsprogrammvariable enthält abgeschnittene Zeichenkette

- **Beispiel:**

```
exec sql begin declare section;
```

```
int pnummer, mnummer, mind;
```

```
exec sql end declare section;
```

```
/* Überprüfen von Anfrageergebnissen */
```

```
exec sql select Mnr into :mnummer :mind
```

```
from Pers
```

```
where Pnr = :pnummer;
```

```
if (mind == 0) { /* kein Nullwert */
```

```
else { /* Nullwert */ }
```

```
/* ermöglicht die Kennzeichnung von Nullwerten */
```

```
exec sql insert into Pers (Pnr, Mnr)
```

```
values ( :pnummer, :mnummer indicator :mind);
```

Ausnahme- und Fehlerbehandlung (2)

- **SQL-Implementierungen verwenden meist vordefinierten Kommunikationsbereich zwischen DBS und AP: SQL Communication Area**

EXEC SQL INCLUDE SQLCA;

enthält u.a. Integer-Variable SQLCODE

- **SQL92 nutzt neben SQLCODE (aus Kompatibilität zu SQL89) neue Variable SQLSTATE**

- standardisierte Fehler-Codes
- nähere Angaben zu Fehlersituationen in einem Diagnostik-Bereich des DBS

→ Anweisung GET DIAGNOSTICS

- **WHENEVER-Anweisung**

EXEC SQL WHENEVER <Bedingung> <Aktion>;

- Vordefinierte Bedingungen: NOT FOUND, SQLWARNING, SQLERROR
- Aktionen: STOP, CONTINUE, GOTO <label>
- WHENEVER ist Anweisung an Vorübersetzer, nach jeder SQL-Anweisung entsprechende SQLCODE- bzw. SQLSTATE-Prüfung einzubauen

Wirtssprachen-Einbettung und Übersetzung

- **Prinzipielle Möglichkeiten**

- **Direkte Einbettung**

- keine syntaktische Unterscheidung zwischen Programm- und DB-Anweisungen
- DB-Anweisung wird als Zeichenkette A ins AP integriert, z. B.
`exec sql open C1`

- **Aufruftechnik**

DB-Anweisung wird durch expliziten Funktionsaufruf an das Laufzeitsystem des DBS übergeben, z. B.

`CALL DBS ('open C1')`

- Es sind prinzipiell keine DBS-spezifischen Vorkehrungen bei der AP-Übersetzung erforderlich!
- Verschiedene Formen der Standardisierung:
Call-Level-Interface (CLI), JDBC

- Eingebettetes SQL verlangt **Maßnahmen bei der AP-Übersetzung**

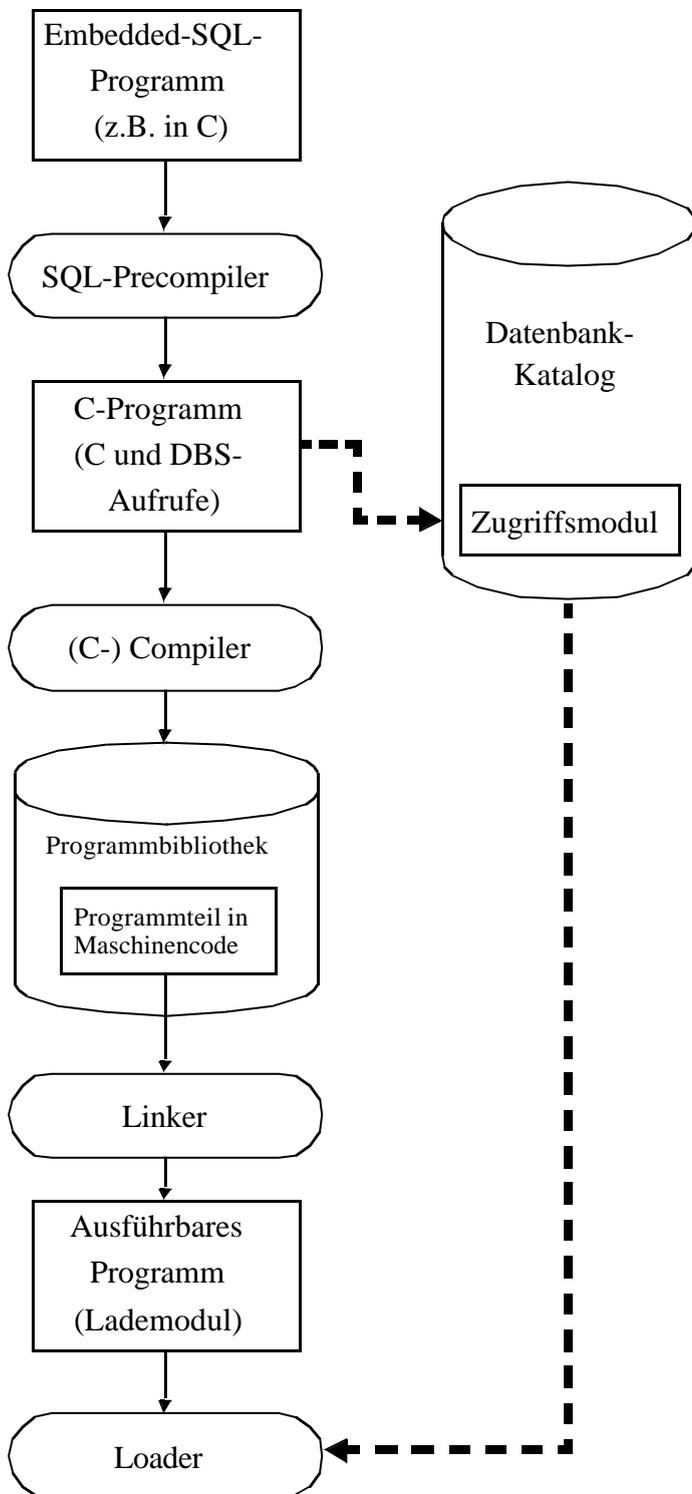
- typischerweise Einsatz eines Vorübersetzers PC (Precompiler)¹
- PC erzeugt für DB-Anweisungen spezielle Call-Aufrufe im AP, so daß das modifizierte AP mit dem Wirtssprachencompiler C übersetzt werden kann

- **Vorbereitung der DB-Anweisung:**

Was passiert wann?

1. Sonst ist ein erweiterter Compiler C' der Wirtssprache bereitzustellen, der sowohl Anweisungen der Wirtssprache als auch der DB-Sprache behandeln kann.

Von der Übersetzung bis zur Ausführung - bei Einsatz eines Vorübersetzers -



- **Vorübersetzung des AP**

- Entfernung aller Embedded-SQL-Anweisungen aus dem Programm (Kommentare)
- Ersetzung durch Programmiersprachen-spezifische DBS-Aufrufe
- Erzeugung eines „SQL-freien“ Programmes in der Programmiersprache
- DBS-seitige Vorbereitung: Analyse und Optimierung der SQL-Anweisungen und Erstellung eines Zugriffsmoduls im DB-Katalog

- **Übersetzung des AP**

- Umwandlung der Anweisungen der höheren Programmiersprache in Maschinencode (Objektmodul) und Abspeicherung in Objektbibliothek
- SQL-Anweisungen für Compiler nicht mehr sichtbar

- **Binden**

- Zusammenfügen aller Objektmodule zu lauffähigem Programm
- Hinzufügen des SQL-Laufzeitsystems

- **Laden und Ausführen**

- Laden des ausführbaren Programms in den Speicher
- Anbinden des Zugriffsmoduls aus DB-Katalog und automatische Überprüfung seiner Gültigkeit
- Programmstart

Aspekte der Anfrageauswertung - zentrale Probleme

- **Deskriptive, mengenorientierte DB-Anweisungen**
 - **Was**-Anweisungen sind in zeitoptimale Folgen interner DBVS-Operationen umzusetzen
 - Bei navigierenden DB-Sprachen bestimmt der Programmierer, **wie** eine Ergebnismenge (abhängig von existierenden Zugriffspfaden) satzweise aufzusuchen und auszuwerten ist
 - Jetzt: Anfrageauswertung/-optimierung des DBVS ist im wesentlichen für die effiziente Abarbeitung verantwortlich

- **Welche Auswertungstechnik soll gewählt werden?**

Spektrum von Verfahren mit folgenden Eckpunkten:

 - **Maximale Vorbereitung**
 - Für die DB-Anweisungen von AP wird ein zugeschnittenes Programm (Zugriffsmodul) zur Übersetzungszeit (ÜZ) erzeugt
 - Zur Ausführung einer DB-Anweisung (Laufzeit (LZ)) wird das Zugriffsmodul geladen und abgewickelt. Dabei wird durch Aufrufe des DBVS (genauer: des Zugriffssystems) das Ergebnis abgeleitet.
 - **Keine Vorbereitung**
 - Technik ist typisch für Call-Schnittstellen (dynamisches SQL)
 - Allgemeines Programm (Interpreter) akzeptiert DB-Anweisungen als Eingabe und erzeugt durch Aufrufe des Zugriffssystems das Ergebnis

- **Wahl des Bindezeitpunktes**
 - Wann werden die für die Abwicklung einer DB-Anweisung erforderlichen Operationen von DB-Schema abhängig?
 - Übersetzungszeit vs. Laufzeit

Aspekte der Abfrageauswertung

- **Problemdarstellung - Beispiel**

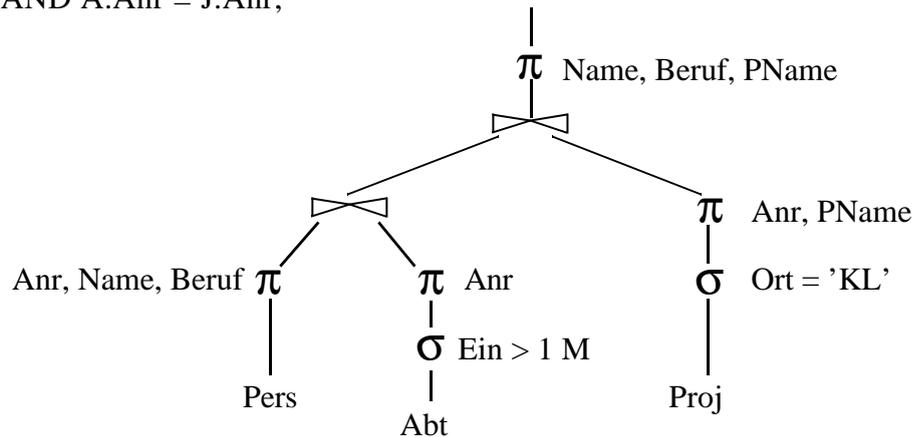
SQL:

```

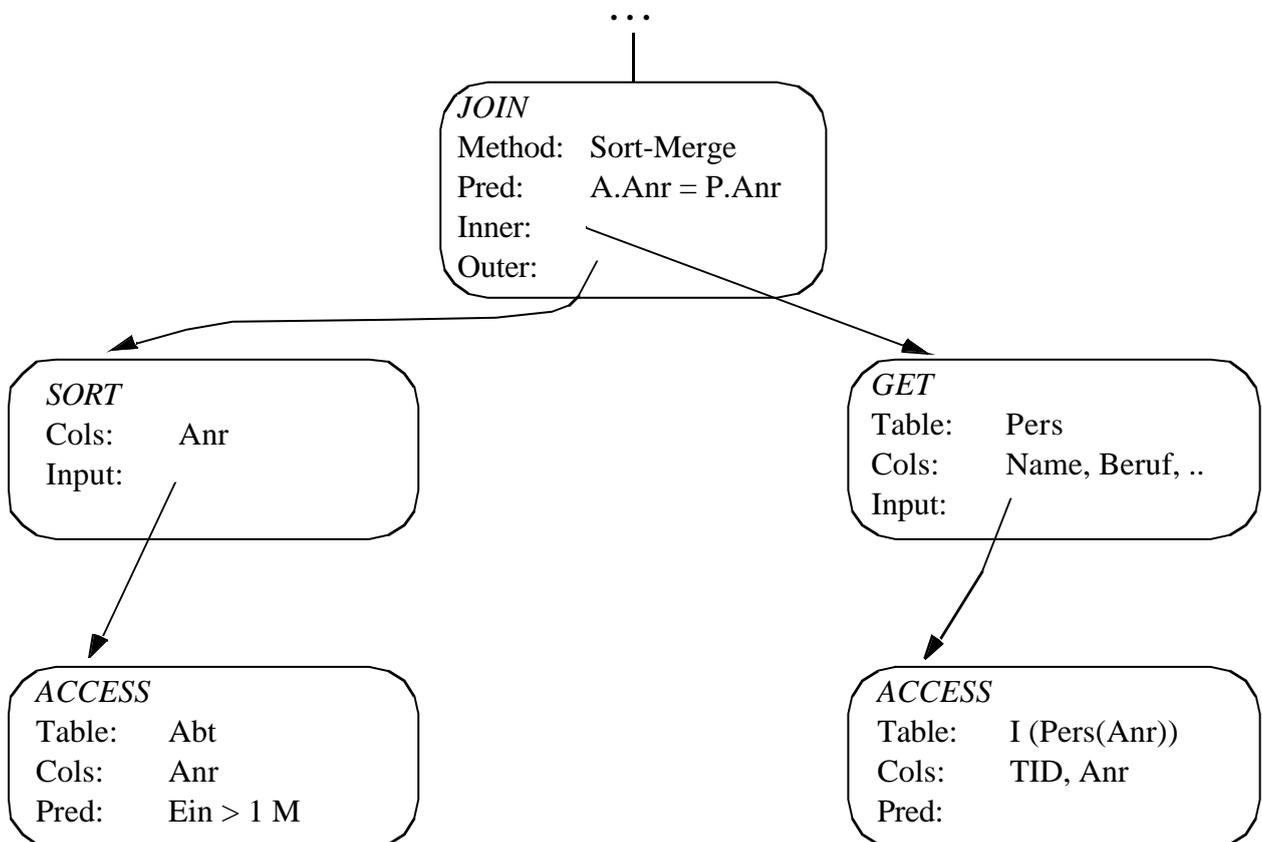
SELECT  P.Name, P.Beruf, J.PName
FROM    Pers P, Abt A, Proj J
WHERE   A.Ein > 1000000 AND J.Ort = 'KL'
        AND A.Anr = P.Anr AND A.Anr = J.Anr;
    
```

Zugehöriger Anfragegraph

(mit algebraischer Optimierung)



- **Ausschnitt aus einem möglichen Zugriffsplan**



Auswertung von DB-Anweisungen

- **Verarbeitungsschritte** zur Auswertung von DB-Anweisungen:

1. Lexikalische und syntaktische Analyse

- Erstellung eines Anfragegraphs (AG) als Bezugsstruktur für die nachfolgenden Übersetzungsschritte
- Überprüfung auf korrekte Syntax (Parsing)

2. Semantische Analyse

- Feststellung der Existenz und Gültigkeit der referenzierten Tabellen, Sichten und Attribute
- Einsetzen der Sichtdefinitionen in den AG
- Ersetzen der externen durch interne Namen (Namensauflösung)
- Konversion vom externen Format in interne Darstellung

3. Zugriffs- und Integritätskontrolle

sollen aus Leistungsgründen, soweit möglich, schon zur Übersetzungszeit erfolgen

- Zugriffskontrolle erfordert bei Wertabhängigkeit Generierung von Laufzeitaktionen
- Durchführung einfacher Integritätskontrollen (Kontrolle von Formaten und Konversion von Datentypen)
- Generierung von Laufzeitaktionen für komplexere Kontrollen

4. Standardisierung und Vereinfachung

dienen der effektiveren Übersetzung und frühzeitigen Fehlererkennung

- Überführung des AG in eine Normalform
- Elimination von Redundanzen

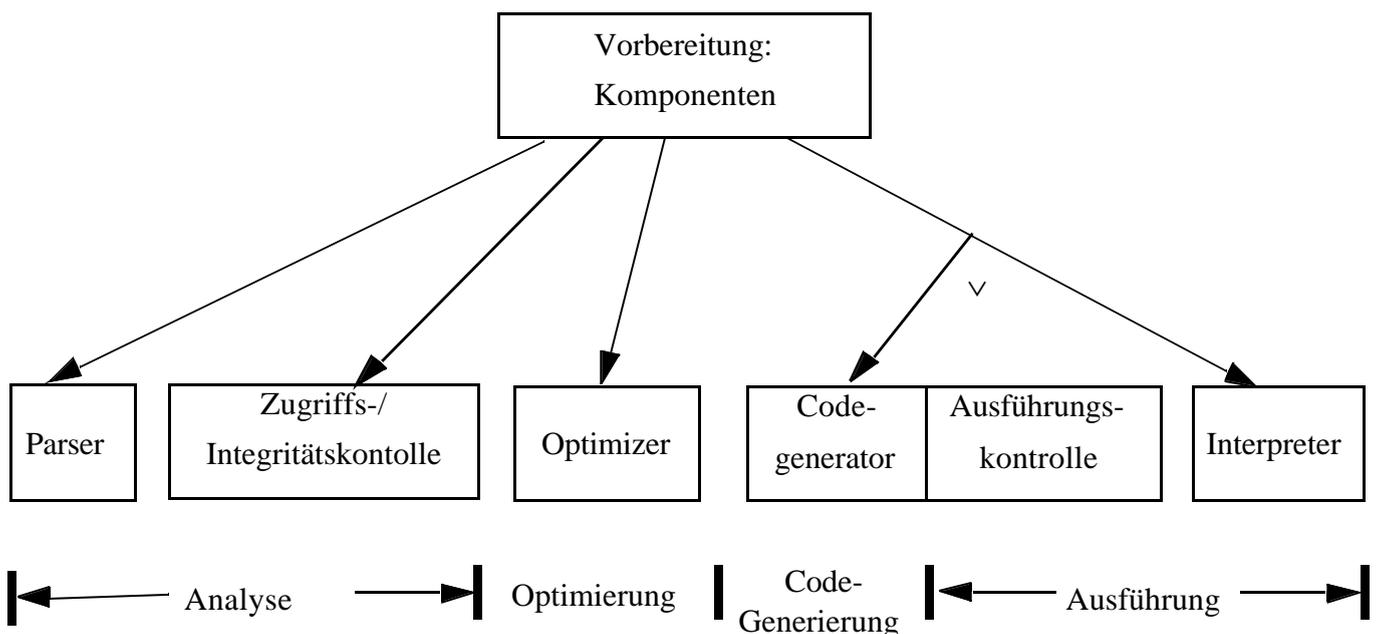
Auswertung von DB-Anweisungen (2)

5. Restrukturierung und Transformation

- Restrukturierung zielt auf globale Verbesserung des AG ab; bei der Transformation werden ausführbare Operationen eingesetzt
 - Anwendung von heuristischen Regeln (algebraische Optimierung) zur Restrukturierung des AG
 - Transformation führt Ersetzung und ggf. Zusammenfassen der logischen Operatoren durch Planoperatoren durch (nicht-algebraische Optimierung): Meist sind mehrere Planoperatoren als Implementierung eines logischen Operators verfügbar
 - Bestimmung alternativer Zugriffspläne (nicht-algebraische Optimierung): Meist sind viele Ausführungsreihenfolgen oder Zugriffspfade auswählbar
 - Bewertung der Kosten und Auswahl des günstigsten Ausführungsplanes
- à Schritte 4 + 5 werden als Anfrageoptimierung zusammengefaßt

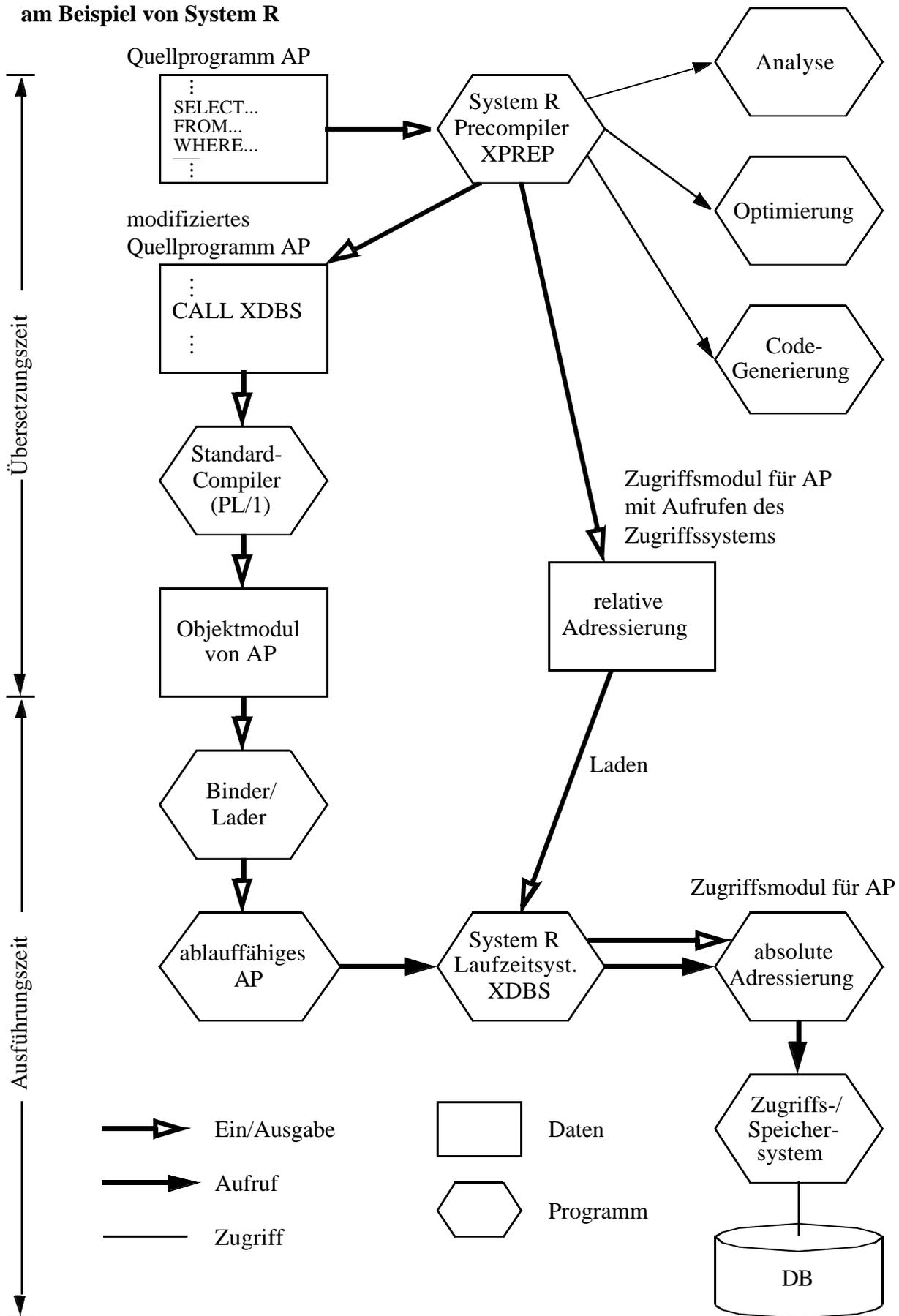
6. Code-Generierung

- Generierung eines zugeschnittenen Programms für die vorgegebene (SQL-) Anweisung
- Erzeugung eines ausführbaren Zugriffsmoduls
- Verwaltung der Zugriffsmodule in einer DBVS-Bibliothek



Vorbereitung und Ausführung von DB-Anweisungen

am Beispiel von System R



Auswertung von DB-Anweisungen (3)

- **Verschiedene Ansätze der Vorbereitung einer DB-Anweisung (zur Übersetzungszeit des AP)**
 - keine Vorbereitung
DB-Anweisung wird aktueller Parameter einer Call-Anweisung im AP
 - Erstellung des Anfragegraphen (1-3)
 - Erstellung eines Zugriffsplans (1-5)
 - Erstellung eines Zugriffsmoduls (1-6)

- **Kosten der Auswertung**
 - Vorbereitung (ÜZ) + Ausführung (LZ)
 - Vorbereitung erfolgt durch „Übersetzung“ (Ü)
 - Ausführung
 - Laden und Abwicklung (A) des Zugriffsmoduls
 - sonst: Interpretation (I) der vorliegenden Struktur

- **Aufteilung der Kosten**

Vorbereitung	Übersetzungszeit		Laufzeit	
	Analyse	Optimierung	Code-Gen.	Ausführung
Zugriffsmodul				
Zugriffsplan				
Anfragegraph				
keine				

Auswertung von DB-Anweisungen (5)

- **Maximale Vorbereitung einer DB-Anweisung**

- aufwendige Optimierung und Erstellung eines Zugriffsmoduls
- maximale Auswirkungen von Schemaänderungen, welche die DB-Anweisung betreffen
- Änderungen des DB-Zustandes nach der Übersetzung werden nicht berücksichtigt (neue Zugriffspfade, geänderte Statistiken etc.)

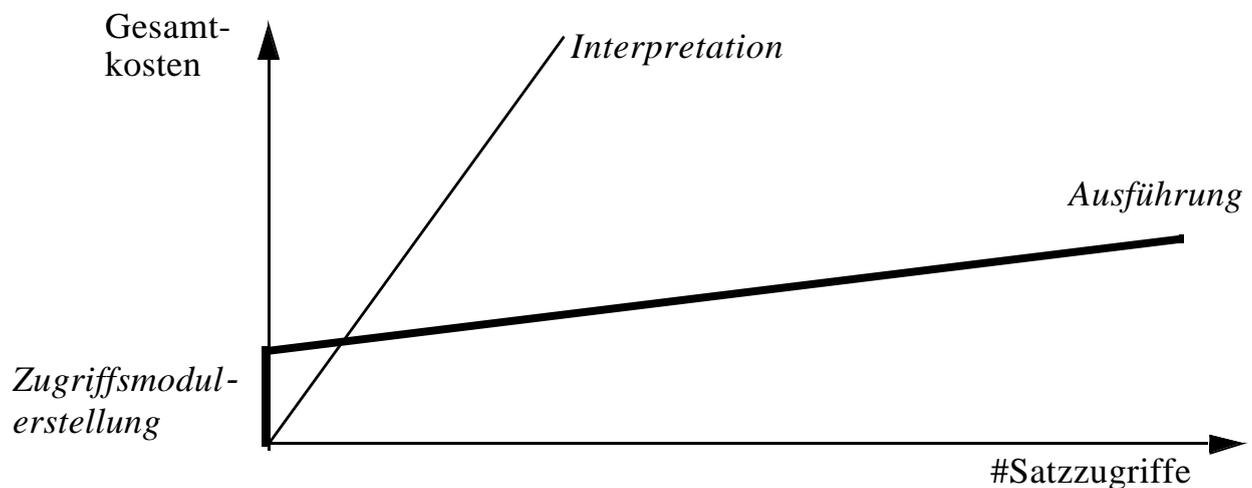
 ↳ Invalidierung des Zugriffsmoduls und erneute Erstellung

- **Mischformen**

- bestimmte Abhängigkeiten und Bindungen werden vermieden
- jedoch: Invalidierungsmechanismus prinzipiell erforderlich

- **Interpretation einer DB-Anweisung**

- Interpreter wertet Anweisung (als Zeichenfolge) zur Laufzeit aus
- Aktueller DB-Zustand wird automatisch berücksichtigt
- sehr hohe Ausführungskosten bei Programmschleifen sowie durch häufige Katalogzugriffe
- interessant vor allem für Ad-hoc-Anfragen bzw. dynamisches SQL



SQL/PSM

- **PSM**

(Persistent Stored Modules)

- zielt auf Leistungsverbesserung vor allem in Client/Server-Umgebung ab
 - Ausführung mehrerer SQL-Anweisungen durch ein EXEC SQL
 - Entwerfen von Routinen mit mehreren SQL-Anweisungen

- erhöht die Verarbeitungsmächtigkeit des DBS
 - Prozedurale Erweiterungsmöglichkeiten
(der DBS-Funktionalität aus Sicht der Anwendung)
 - Einführung neuer Kontrollstrukturen

- erlaubt reine SQL-Implementierungen von komplexen Funktionen
 - Sicherheitsaspekte
 - Leistungsaspekte

- ermöglicht SQL-implementierte Klassenbibliotheken (SQL-only)

SQL/PSM (2)

- **Beispiel**

- ins AWP eingebettet

...

```
EXEC SQL INSERT INTO Pers VALUES (...);
```

```
EXEC SQL INSERT INTO Abt VALUES (...);
```

...

- Erzeugen einer SQL-Prozedur

```
CREATE PROCEDURE proc1 ( )
```

```
{
```

```
BEGIN
```

```
INSERT INTO Pers VALUES (...);
```

```
INSERT INTO Abt VALUES (...);
```

```
END;
```

```
}
```

- Aufruf aus AWP

...

```
EXEC SQL CALL proc1 ( );
```

...

- **Vorteile**

- vorübersetzte Ausführungspläne werden gespeichert, sind wiederverwendbar
- Anzahl der Zugriffe des Anwendungsprogramms auf die DB wird reduziert
- als gemeinsamer Code für verschiedene Anwendungsprogramme nutzbar
- es wird ein höherer Isolationsgrad der Anwendung von der DB erreicht

SQL/PSM – Prozedurale Spracherweiterungen

- Compound statement
 - BEGIN ... END;
 - DECLARE var CHAR (6);
 - IF subject (var <> 'urgent') THEN ... ELSE ...;
- Case statement
 - CASE subject (var)
WHEN 'SQL' THEN ...
WHEN ...;
- Loop statement
 - LOOP <SQL statement list> END LOOP;
- While statement
 - WHILE i<100 DO ... END WHILE;
- Repeat statement
 - REPEAT ... UNTIL i<100 END REPEAT;
- For statement
 - FOR result AS ... DO ... END FOR;
- Leave statement
 - LEAVE ...;
- Return statement
 - RETURN 'urgent';
- Call statement
 - CALL procedure_x (1,3,5);
- Assignment statement
 - SET x = 'abc';
- Signal/resignal statement
 - SIGNAL divison_by_zero

Dynamisches SQL

- **Festlegen/Übergabe von SQL-Anweisungen zur Laufzeit**

- Benutzer stellt Ad-hoc-Anfrage
- AP berechnet dynamisch SQL-Anweisung
- SQL-Anweisung ist aktueller Parameter von Funktionsaufrufen an das DBVS

å **Dynamisches SQL** erlaubt Behandlung solcher Fälle

- **Eigenschaften**

- Vorbereitung einer SQL-Anweisung kann erst zur Laufzeit beginnen
- Bindung an das DB-Schema erfolgt zum spätest möglichen Zeitpunkt
 - DB-Operationen beziehen sich stets auf den aktuellen DB-Zustand
 - größte Flexibilität und Unabhängigkeit vom DB-Schema

å Bindung zur Übersetzungszeit muß dagegen Möglichkeit der Invalidierung/Neuübersetzung vorsehen

- Vorbereitung und Ausführung einer SQL-Anweisung
 - erfolgt typischerweise durch Interpretation
 - Leistungsproblem: wiederholte Ausführung derselben Anweisung (DB2 UDB bewahrt Zugriffspläne zur Wiederverwendung im Cache auf)
 - Übersetzung und Code-Generierung ist jedoch prinzipiell möglich!

Dynamisches SQL (2)

- **Mehrere Sprachansätze**

- Eingebettetes dynamisches SQL
 - Call-Level-Interface (CLI): kann ODBC-Schnittstelle¹ implementieren
 - Java Database Connectivity² (JDBC) ist eine dynamische SQL-Schnittstelle zur Verwendung mit Java
 - JDBC ist gut in Java integriert und ermöglicht einen Zugriff auf relationale Datenbanken in einem objektorientierten Programmierstil
 - JDBC ermöglicht das Schreiben von Java-Applets, die von einem Web-Browser auf eine DB zugreifen können
- å Funktionalität ähnlich, jedoch nicht identisch

- **Gleiche Anforderungen (LZ)**

- Zugriff auf Metadaten
- Übergabe und Abwicklung dynamisch berechneter SQL-Anweisungen
- Optionale Trennung von Vorbereitung und Ausführung
 - einmalige Vorbereitung mit Platzhalter (?) für Parameter
 - n-malige Ausführung
- Explizite Bindung von Platzhaltern (?) an Wirtsvariable
 - Variable sind zur ÜZ nicht bekannt!
 - Variablenwert wird zur Ausführungszeit vom Parameter übernommen

1. Die Schnittstelle Open Database Connectivity (ODBC) wird von Microsoft definiert.
2. 'de facto'-Standard für den Zugriff auf relationale Daten von Java-Programmen aus: Spezifikation der JDBC-Schnittstelle unter <http://java.sun.com/products/jdbc>

Eingebettetes dynamisches SQL (EDSQL)

- **Wann wird diese Schnittstelle gewählt?**

- Sie unterstützt auch andere Wirtssprachen als C
- Sie ist im Stil statischem SQL ähnlicher; sie wird oft von Anwendungen gewählt, die dynamische und statische SQL-Anweisungen mischen
- Programme mit EDSQL sind kompakter und besser lesbar als solche mit CLI oder JDBC

- **EDSQL**

besteht im wesentlichen aus 4 Anweisungen:

- DESCRIBE
- PREPARE
- EXECUTE
- EXECUTE IMMEDIATE

- **SQL-Anweisungen werden vom Compiler wie Zeichenketten behandelt**

- Deklaration DECLARE STATEMENT
- Anweisungen enthalten Platzhalter für Parameter (?) statt Programmvariablen

Eingebettetes dynamisches SQL (2)

- **Trennung von Vorbereitung und Ausführung**

```
exec sql begin declare section;  
    char  Anweisung [256], X[3];  
exec sql end declare section;  
exec sql declare SQLanw statement;
```

```
/* Zeichenkette kann zugewiesen bzw. eingelesen werden */  
Anweisung = 'DELETE FROM Pers WHERE Anr = ?';
```

```
/* Prepare-and-Execute optimiert die mehrfache Verwendung  
einer dynamisch erzeugten SQL-Anweisung */  
exec sql prepare SQLanw from :Anweisung;  
exec sql execute SQLanw using 'K51';  
scanf (" %s ", X);  
exec sql execute SQLanw using :X;
```

- **Bei einmaliger Ausführung EXECUTE IMMEDIATE ausreichend**

```
scanf (" %s ", Anweisung);  
exec sql execute immediate :Anweisung;
```

- **Cursor-Verwendung**

- SELECT-Anweisung nicht Teil von DECLARE CURSOR, sondern von PREPARE-Anweisung
- OPEN-Anweisung (und FETCH) anstatt EXECUTE

```
exec sql declare SQLanw statement;  
exec sql prepare SQLanw from  
    "SELECT Name FROM Pers WHERE Anr=?";  
exec sql declare C1 cursor for SQLanw;  
exec sql open C1 using 'K51';
```

```
...
```

Eingebettetes dynamisches SQL (3)

- **Dynamische Parameterbindung**

Anweisung = 'INSERT INTO Pers VALUES (?, ?, ...)';

exec sql prepare SQLanw **from** :Anweisung;

vname = 'Ted';

nname = 'Codd';

exec sql execute SQLanw **using** :vname, :nname, ...;

- **Zugriff auf Beschreibungsinformation wichtig**

- wenn Anzahl und Typ der dynamischen Parameter nicht bekannt ist
- Deskriptorbereich ist eine gekapselte Datenstruktur, die durch das DBVS verwaltet wird (kein SQLDA vorhanden)

Anweisung = 'INSERT INTO Pers VALUES (?, ?, ...)';

exec sql prepare SQLanw **from** :Anweisung;

exec sql allocate descriptor 'Eingabeparameter';

exec sql describe input SQLanw **into sql descriptor** 'Eingabeparameter';

exec sql get descriptor 'Eingabeparameter' :n = **count**;

for (i = 1; i < n; i ++)

{

exec sql get descriptor 'Eingabeparameter' **value** :i

:attrtyp = type, :attrlänge = length, :attrname = name;

...

exec sql set descriptor 'Eingabeparameter' **value** :i

data = :d, indicator = :ind;

}

exec sql execute SQLanw

using sql descriptor 'Eingabeparameter';

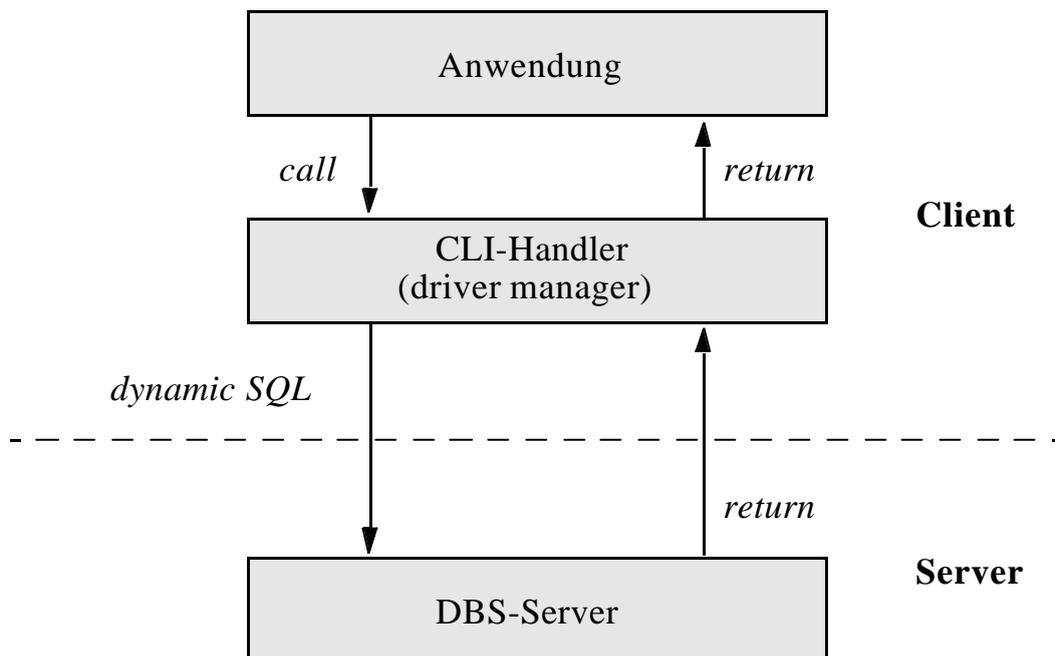
Call-Level-Interface

- **Spezielle Form von dynamischem SQL**

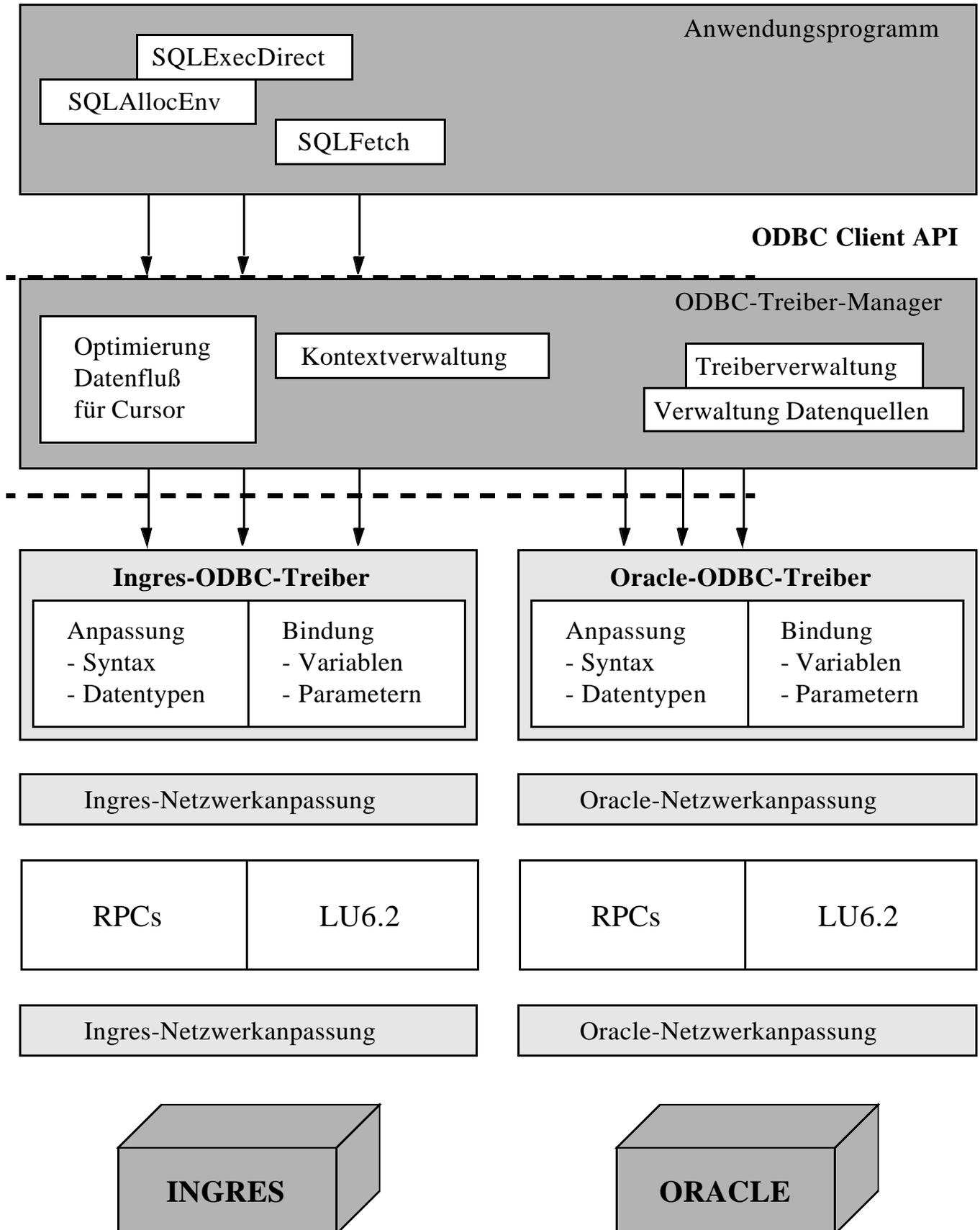
- Schnittstelle ist als Sammlung von Prozeduren/Funktionen realisiert
- Direkte Aufrufe der Routinen einer standardisierten Bibliothek
- Keine Vorübersetzung (Behandlung der DB-Anweisungen) von Anwendungen
 - Vorbereitung der DB-Anweisung geschieht erst beim Aufruf zur LZ
 - Anwendungen brauchen nicht im Source-Code bereitgestellt werden
 - Wichtig zur Realisierung von kommerzieller AW-Software bzw. Tools

â Schnittstelle wird sehr häufig in der Praxis eingesetzt!

- **Einsatz typischerweise in Client/Server-Umgebung**



Beispiel Microsoft - ODBC-Architektur -



Call-Level-Interface (2)

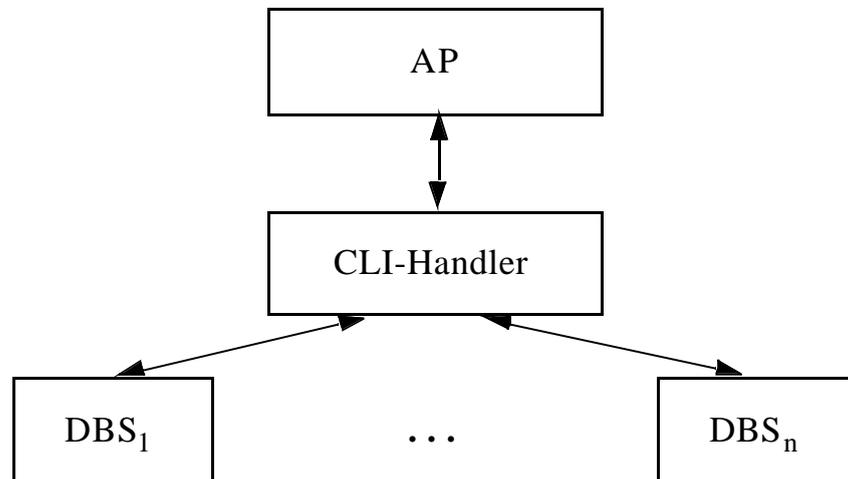
- **Vorteile von CLI**

- Schreiben portabler Anwendungen
 - keinerlei Referenzen auf systemspezifische Kontrollblöcke wie SQLCA/SQLDA
 - kann die ODBC-Schnittstelle implementieren
- Systemunabhängigkeit
 - Funktionsaufrufe zum standardisierten Zugriff auf den DB-Katalog
- Mehrfache Verbindungen zur selben DB
 - unabhängige Freigabe von Transaktionen in jeder Verbindung
 - nützlich für AW mit GUIs, die mehrere Fenster benutzen
- Optimierung des Zugriffs vom/zum Server
 - Holen von mehreren Zeilen pro Zugriff
 - Lokale Bereitstellung einzelner Zeilen (Fetch)
 - Verschicken von zusammengesetzten SQL-Anweisungen
 - Client-Programme können Stored Procedures (PSM) aufrufen

Call-Level-Interface (3)

- **Wie kooperieren AP und DBS?**

- maximale gegenseitige Kapselung
- Zusammenspiel AP/CLI und DBVS ist nicht durch Übersetzungsphase vorbereitet
 - keine DECLARE SECTION
 - keine Übergabebereiche
- Wahl des DBS zur Laufzeit
- vielfältige LZ-Abstimmungen erforderlich



- **Konzept der Handle-Variablen wesentlich**

- Handle (internes Kennzeichen) ist letztlich eine Programmvariable, die Informationen repräsentiert, die für ein AP durch die CLI-Implementierung verwaltet wird
- gestattet Austausch von Verarbeitungsinformationen

Call-Level-Interface (4)

- **4 Arten von Handles**
 - **Umgebungs-kennung** repräsentiert den globalen Zustand der Applikation
 - **Verbindungs-kennung**
 - separate Kennung: n Verbindungen zu einem oder mehreren DBS
 - Freigabe/Rücksetzen von Transaktionen
 - Steuerung von Transaktionseigenschaften (Isolationsgrad)
 - **Anweisungs-kennung**
 - mehrfache Definition, auch mehrfache Nutzung
 - Ausführungszustand einer SQL-Anweisung; sie faßt Informationen zusammen, die bei statischem SQL in SQLCA, SQLDA und Cursors stehen
 - **Deskriptor-kennung**
enthält Informationen, wie Daten einer SQL-Anweisung zwischen DBS und CLI-Programm ausgetauscht werden
- **CLI-Standardisierung in SQL3 wurde vorgezogen:**
 - ISO-Standard wurde 1996 verabschiedet
 - starke Anlehnung an ODBC bzw. X/Open CLI
 - Standard-CLI umfaßt über 40 Routinen:
Verbindungskontrolle, Ressourcen-Allokation, Ausführung von SQL-Befehlen, Zugriff auf Diagnoseinformation, Transaktionsklammerung, Informationsanforderung zur Implementierung

Standard-CLI: Beispiel

```
#include "sqlcli.h"
#include <string.h>
...
{
SQLCHAR * server;
SQLCHAR * uid;
SQLCHAR * pwd;
HENV henv; // environment handle
HDBC hdbc; // connection handle
HSTMT hstmt; // statement handle
SQLINTEGER id;
SQLCHAR name [51];

/* connect to database */
SQLAllocEnv (&henv);
SQLAllocConnect (henv, &hdbc) ;
if (SQLConnect (hdbc, server, uid,
    pwd, ...) != SQL_SUCCESS)
    return (print_err (hdbc, ...) ) ;

/* create a table */
SQLAllocStmt (hdbc, &hstmt) ;
{ SQLCHAR create [ ] = "CREATE TABLE
    NameID (ID integer,
    Name varchar (50) ) " ;
    if (SQLExecDirect (hstmt, create, ...)
        != SQL_SUCCESS)
        return (print_err (hdbc, hstmt) ) ;
    /* commit transaction */
    SQLTransact (henv, hdbc, SQL_COMMIT);

    /* insert row */
    { SQLCHAR insert [ ] = "INSERT INTO
        NameID VALUES (?, ?) " ;
        if (SQLPrepare (hstmt, insert, ...) !=
            SQL_SUCCESS)
            return (print_err (hdbc, hstmt) ) ;
        SQLBindParam (hstmt, 1, ..., id, ...) ;
        SQLBindParam (hstmt, 2, ..., name,
            ...) ;
        id = 500; strcpy (name, "Schmidt") ;

        if (SQLExecute (hstmt) != SQL_SUCCESS)
            return (print_err (hdbc, hstmt) ) ;
    }
    /* commit transaction */
    SQLTransact (henv, hdbc, SQL_COMMIT) ;
}
```

Zusammenfassung

- **Cursor-Konzept zur satzweisen Verarbeitung von Datenmengen**
 - Anpassung von mengenorientierter Bereitstellung und satzweiser Verarbeitung von DBS-Ergebnissen
 - Operationen: DECLARE CURSOR, OPEN, FETCH, CLOSE
 - Erweiterungen: Scroll-Cursor, Sichtbarkeit von Änderungen
- **Statisches (eingebettetes) SQL**
 - hohe Effizienz, gesamte Typprüfung und Konvertierung erfolgen durch Precompiler
 - relativ einfache Programmierung
 - Aufbau aller SQL-Befehle muß zur Übersetzungszeit festliegen
 - es können zur Laufzeit nicht verschiedene Datenbanken dynamisch angesprochen werden
- **Interpretation einer DB-Anweisung**
 - allgemeines Programm (Interpreter) akzeptiert Anweisungen der DB-Sprache als Eingabe und erzeugt mit Hilfe von Aufrufen des Zugriffssystems Ergebnis
 - hoher Aufwand zur Laufzeit (v.a. bei wiederholter Ausführung einer Anweisung)
- **Übersetzung, Code-Erzeugung und Ausführung einer DB-Anweisung**
 - für jede DB-Anweisung wird ein zugeschnittenes Programm erzeugt (Übersetzungszeit), das zur Laufzeit abgewickelt wird und dabei mit Hilfe von Aufrufen des Zugriffssystems das Ergebnis ableitet
 - Übersetzungsaufwand wird zur Laufzeit soweit wie möglich vermieden
- **PSM**
 - zielt ab auf Leistungsverbesserung vor allem in Client/Server-Umgebung
 - erhöht die Verarbeitungsmächtigkeit des DBS

Zusammenfassung (2)

- **Dynamisches SQL**
 - Festlegung/Übergabe von SQL-Anweisungen zur Laufzeit
 - hohe Flexibilität, schwierige Programmierung
- **Unterschiede in der SQL-Programmierung zu eingebettetem SQL**
 - explizite Anweisungen zur Datenabbildung zwischen DBS und Programmvariablen
 - klare Trennung zwischen Anwendungsprogramm und SQL
(→ einfacheres Debugging)
- **CLI**
 - Schnittstelle ist als Sammlung von Prozeduren/Funktionen realisiert
 - Keine Vorübersetzung oder Vorbereitung
 - Anwendungen brauchen nicht im Source-Code bereitgestellt werden
 - Wichtig zur Realisierung von kommerzieller AW-Software bzw. Tools
- **JDBC**
 - bietet Schnittstelle für den Zugriff auf (objekt-) relationale DBS aus Java-Anwendungen
 - vermeidet die syntaktischen Mängel (Lesbarkeit, Fehleranfälligkeit) von CLI
- **SQLJ**
 - eingebettete Sprache für „statische“ Java-Programme
 - zielt auf verbesserte Laufzeiteffizienz im Vergleich zu JDBC ab, Syntax- und Semantikprüfung zur Übersetzungszeit
 - größere Unabhängigkeit von verschiedenen SQL-Dialekten

Überwindung der Heterogenität mit ODBC (Open Data Base Connectivity)

- **ODBC ist**
 - eine durch die Firma Microsoft definierte und von ihr favorisierte Architektur, die aus funktionaler Sicht Heterogenität (einigermaßen) überwindet,
 - jedoch z.T. erhebliche Leistungseinbußen gegenüber einer DBS-Hersteller-spezifischen Anbindung verzeichnet.
- **ODBC umfaßt u.a.**
 - eine Programmierschnittstelle vom CLI-Typ und
 - eine Definition des unterstützten SQL-Sprachumfangs (im Vergleich zu ISO SQL2).
- **DBS-Anbieter**
 - implementieren sogenannte ODBC-Treiber (Umsetzung von Funktionen und Daten auf herstellerspezifische Schnittstellen),
 - die gemäß den ebenfalls in der ODBC-Architektur definierten Windowsinternen Schnittstellen in die Windows-Betriebssysteme integriert werden können.
- **ODBC**
 - wird von praktisch allen relevanten DBS-Herstellern unterstützt und
 - stellt einen **herstellerspezifischen De-facto-Standard** dar,
 - der für die **unterschiedlichen Windows-Betriebssysteme** auf der Anwendungsseite Gültigkeit hat.

Beispiel Microsoft - Open Data Base Connectivity (ODBC) -

```

RETCODE retcode;                                     /* Return Code */
HENV henv; HDBC hdbc;                                /* Environment und Connection Handle */
HSTMT hstmt;                                         /* Statement Handle */

UCHAR szName[33], szAbtName[33]; long IBonus;
SDWORD cbName, cbAbtName, cbBonus;

retcode = SQLAllocEnv (&henv);                      /* Anlegen Anwendungskontext */
retcode = SQLAllocConnect (henv, &hdbc);           /* Anlegen Verbindungskontext */
retcode = SQLAllocStmt (hdbc, &hstmt);            /* Anlegen Anweisungskontext */

retcode = SQLConnect (hdbc, "DEMO-DB", SQL_NTS, "PePe", SQL_NTS,
                      "GEHEIM", SQL_NTS); /* Verbindung aufbauen */
retcode = SQLSetConnect Option (hdbc, SQL_ACCESS_MODE,
                                SQL_MODE_READ_ONLY; /* Eigenschaften */

retcode = SQLExecDirect (hstmt, "UPDATE Mitarbeiter SET Bonus =
                                0.2 * Gehalt", SQL_NTS); /* Ausführen */
retcode = SQLExecDirect (hstmt, " SELECT M.Name, M.Bonus, A.Abtname
                                FROM Mitarbeiter M, Abteilung A
                                WHERE A.AbtNr = M.AbtNr", SQL_NTS);

retcode = SQLBindCol (hstmt, 1, SQL_C_DEFAULT, szName, 33, &cbName);
retcode = SQLBindCol (hstmt, 2, SQL_C_DEFAULT, szAbtName, 33,
                        &cbAbtName); /* Variablen binden */
retcode = SQLBindCol (hstmt, 3, SQL_C_DEFAULT, szBonus, sizeof(long),
                        &cbBonus);

retcode = SQLFetch (hstmt); /* Zeile anfordern */

retcode = SQLTransact (henv, hdbc, SQL_COMMIT);

/* Freigabe der dynamisch angeforderten Kontexte */
retcode = SQLFreeStmt (hstmt); retcode = SQLDisconnect (hdbc);
retcode = SQLFreeConnect (hdbc); retcode = SQLFreeEnv (henv);

```

DB-Zugriff via JDBC

- **Java Database Connectivity Data Access API (JDBC)¹**

- unabhängiges, standardisiertes CLI, basierend auf SQL:1999
- bietet Schnittstelle für den Zugriff auf (objekt-) relationale DBS aus Java-Anwendungen
- besteht aus zwei Teilen
 - Core Package: Standardfunktionalität mit Erweiterungen (Unterstützung von SQL:1999-Datentypen, flexiblere ResultSets, ...)
 - Optional Package: Ergänzende Funktionalität (Connection Pooling, verteilte Transaktionen, ...)

- **Allgemeines Problem**

Verschiedene DB-bezogene APIs sind aufeinander abzubilden



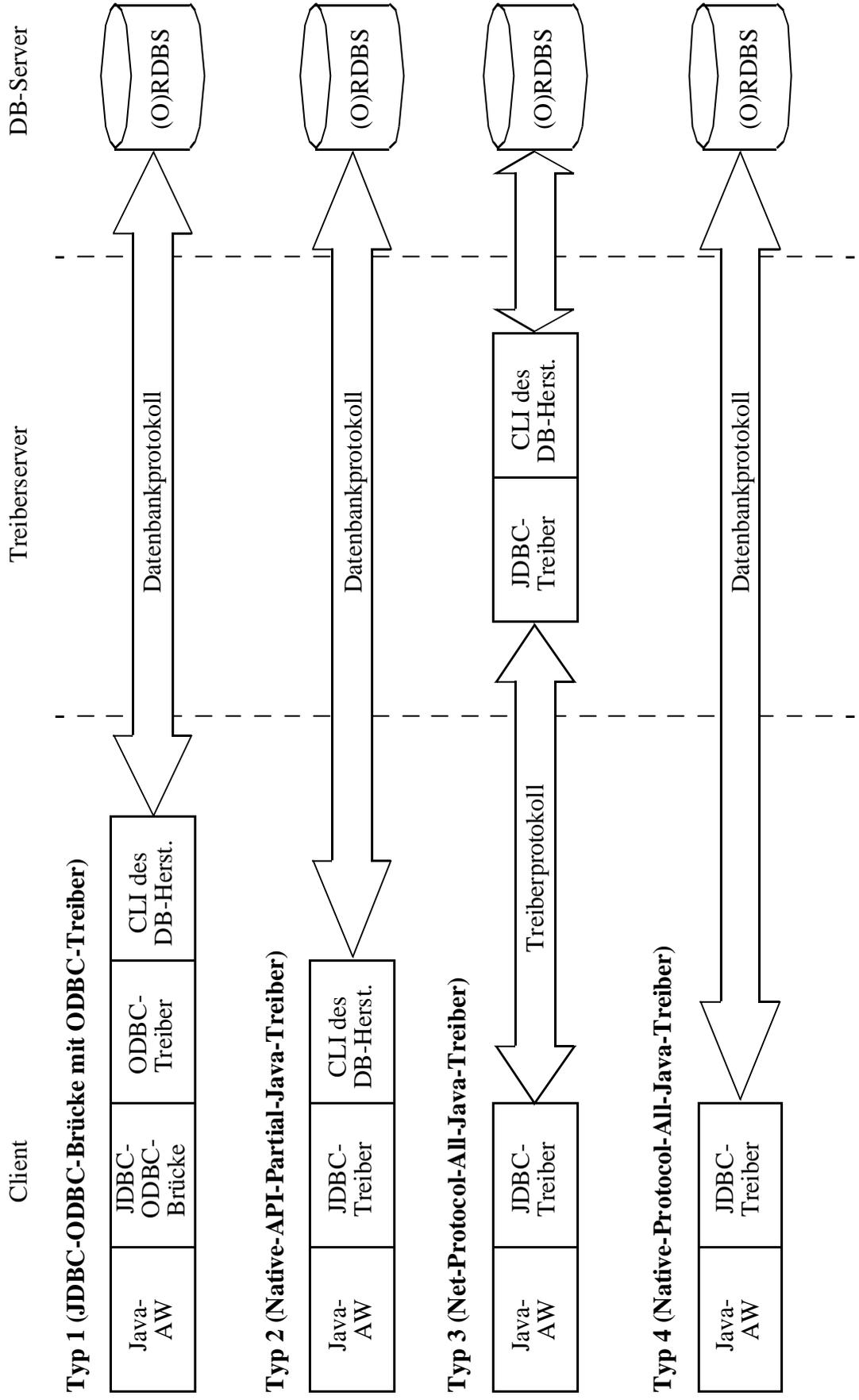
- **Überbrückung/Anpassung durch Treiber-Konzept**

- setzen JDBC-Aufrufe in die DBS-spezifischen Aufrufe um
- Treiber werden z.B. vom DBS-Hersteller zur Verfügung gestellt
- Treiber-Unterstützung kann auf vier verschiedene Arten erfolgen

1. Aktueller Standard: JDBC API 3.0 Specification Proposed Final Draft 4
<http://java.sun.com/j2ee/>

DB-Zugriff via JDBC (2)

- JDBC-Treiber-Varianten



DB-Zugriff via JDBC (3)

- Arten der Treiberunterstützung¹

- **Typ 1**

- **Notlösung**, wenn kein JDBC-Treiber eines anderen Typs vorhanden ist
- ODBC ist weit verbreitet und wird von fast allen DBS unterstützt
- JDBC-ODBC-Brücke setzt JDBC-Anweisungen in ODBC-Anweisungen um
- Herstellerspezifischer Code (CLI) und ODBC-Treiber müssen auf jedem Client-Rechner installiert und gewartet werden
- Indirektion über ODBC bedeutet Zusatzaufwand

- **Typ 2**

- direktere Anbindung als bei Typ 1, jedoch
- herstellerspezifischer Code auf jedem Client-Rechner

- **Typ 3**

- JDBC-Anweisungen werden zunächst in ein **DBS-unabhängiges** Netzwerkprotokoll übersetzt (net-protocol fully Java technology-enabled driver)
- Middleware-Server übersetzt in die CLI-Aufrufe des jeweiligen DBS
- flexible Lösung mit erheblich vereinfachter Wartung

- **Typ 4**

- **DBS-spezifischer** Treiber übersetzt JDBC-Anweisungen direkt in das Netzwerkprotokoll des jeweiligen DBS (native-protocol fully Java technology-enabled driver)
- Verwendung des aktuellen DBS muß bekannt sein (Intranet)
- ist wie auch Typ 3 Applet-fähig

1. Alle großen DBS-Hersteller, aber auch Drittfirmen, bieten JDBC-Treiber an. SUN-Datenbank enthält etwa 150 Treiber, wobei Typ 4 momentan am weitesten verbreitet ist.

JDBC - wichtige Funktionalität

- **Laden des Treiber**

- kann auf verschiedene Weise erfolgen, z.B. durch explizites Laden mit dem Klassenlader:

```
Class.forName (DriverClassName)
```

- **Aufbau einer Verbindung**

- Connection-Objekt repräsentiert die Verbindung zum DB-Server
- Beim Aufbau werden URL der DB, Benutzername und Paßwort als Strings übergeben:

```
Connection con = DriverManager.getConnection (url, login, pwd);
```

- **Anweisungen**

- Mit dem Connection-Objekt können u.a. Metadaten der DB erfragt und Statement-Objekte zum Absetzen von SQL-Anweisungen erzeugt werden
- Statement-Objekt erlaubt das Erzeugen einer SQL-Anweisung zur direkten (einmaligen) Ausführung

```
Statement stmt = con.createStatement();
```

- PreparedStatement-Objekt erlaubt das Erzeugen und Vorbereiten von (parametrisierten) SQL-Anweisungen zur wiederholten Ausführung

```
PreparedStatement pstmt = con.prepareStatement (  
    "select * from personal where gehalt >= ?");
```

- Ausführung einer Anfrageanweisung speichert ihr Ergebnis in ein spezifiziertes ResultSet-Objekt

```
ResultSet res = stmt.executeQuery ("select name from personal");
```

- **Schließen** von Verbindungen, Statements usw.

```
stmt.close();  
con.close();
```

JDBC - Anweisungen

- **Anweisungen (Statements)**

- Sie werden in einem Schritt vorbereitet und ausgeführt
- Sie entsprechen dem Typ EXECUTE IMMEDIATE im dynamischen SQL
- JDBC-Methode erzeugt jedoch ein Objekt zur Rückgabe von Daten

- **executeUpdate-Methode**

wird zur direkten Ausführung von UPDATE-, INSERT-, DELETE- und DDL-Anweisungen benutzt

```
Statement stat = con.createStatement ();  
  
int n = stat.executeUpdate ("update personal  
                           set gehalt = gehalt * 1.1  
                           where gehalt < 5000.00");  
  
// n enthält die Anzahl der aktualisierten Zeilen
```

- **executeQuery-Methode**

führt Anfragen aus und liefert Ergebnismenge zurück

```
Statement stat1 = con.createStatement ();  
  
ResultSet res1 = stat1.executeQuery (  
    "select pnr, name, gehalt from personal where  
    gehalt >=" + gehalt);  
  
// Cursor-Zugriff und Konvertierung der DBS-Datentypen in  
// passende Java-Datentypen erforderlich (siehe Cursor-Behandlung)
```

JDBC - Prepared-Anweisungen

- **PreparedStatement-Objekt**

```
PreparedStatement pstmt;  
double gehalt = 5000.00;  
pstmt = con.prepareStatement (  
    "select * from personal where gehalt >= ?");
```

- Vor der Ausführung sind dann die aktuellen Parameter einzusetzen mit Methoden wie `setDouble`, `setInt`, `setString` usw. und Indexangabe

```
pstmt.setDouble (1, gehalt);
```

- Neben `setXXX ()` gibt es Methoden `getXXX ()` und `updateXXX ()` für alle Basistypen von Java

- **Ausführen** einer Prepared-Anweisung als Anfrage

```
ResultSet res1 = pstmt.executeQuery ();
```

- **Vorbereiten und Ausführung** einer Prepared-Anweisung zur DB-Aktualisierung

```
pstmt = con.prepareStatement (  
    "delete from personal  
    where name = ?");  
// set XXX-Methode erlaubt die Zuweisung von aktuellen Werten  
pstmt.setString (1, "Maier")
```

```
int n = pstmt.executeUpdate ();
```

```
// Methoden für Prepared-Anweisungen haben keine Argumente
```

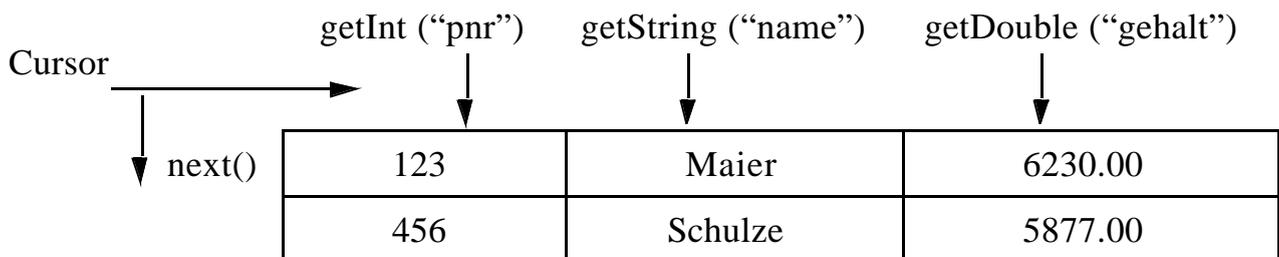
JDBC - Ergebnismengen und Cursor

- **Select-Anfragen und Ergebnisübergabe**

- Jede JDBC-Methode, mit der man Anfragen an das DBS stellen kann, liefert ResultSet-Objekte als Rückgabewert

```
ResultSet res = stmt.executeQuery (  
    "select pnr, name, gehalt from personal where  
    gehalt >=" + gehalt);
```

- Cursor-Zugriff und Konvertierung der DBS-Datentypen in passende Java-Datentypen erforderlich
- JDBC-Cursor ist durch die Methode next() der Klasse ResultSet implementiert



- Zugriff aus Java-Programm

```
while (res.next() ) {  
    System.out.print (res.getInt ("pnr") + "\t");  
    System.out.print (res.getString ("name") + "\t");  
    System.out.println (res.getDouble ("gehalt") );
```

- JDBC definiert drei Typen von ResultSets

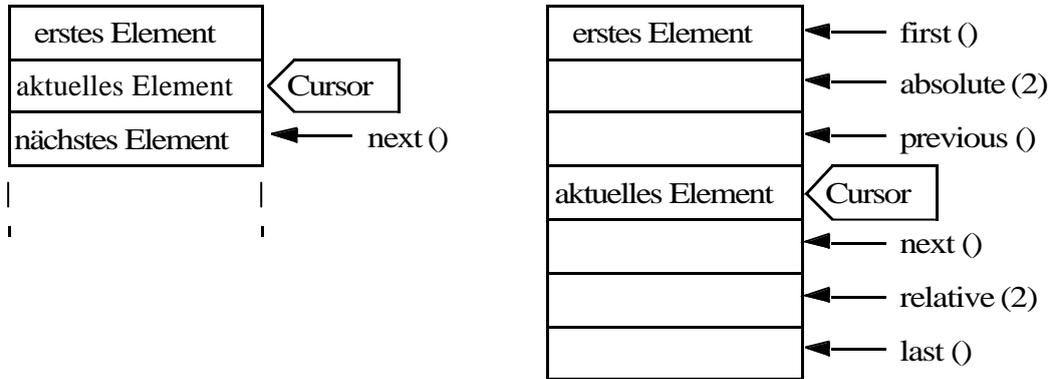
- **ResultSet: forward-only**

Default-Cursor vom Typ INSENSITIVE: nur next()

JDBC - Ergebnismengen und Cursor (2)

- **ResultSet: scroll-insensitive**

Scroll-Operationen sind möglich, aber DB-Aktualisierungen verändern ResultSet nach seiner Erstellung nicht



- **ResultSet: scroll-sensitive**

- Scroll-Operationen sind möglich, wobei ein nicht-INSENSITIVE Cursor benutzt wird
- Semantik der Operation, im Standard nicht festgelegt, wird vom darunterliegenden DBMS übernommen, die vom Hersteller definiert wird!
- Oft wird die sogen. KEYSET_DRIVEN-Semantik¹ (Teil des ODBC-Standards) implementiert.

- **Aktualisierbare ResultSets**

```
Statement s1 = con1.createStatement (ResultSet.TYPE_SCROLL_
    SENSITIVE, ResultSet.CONCUR_UPDATABLE);
ResultSet res= s1.executeQuery (. . .); . . .
res.updateString ("name", "Müller"); . . .
res.updateRow ();
```

- Zeilen können in aktualisierbaren ResultSets geändert und gelöscht werden. Mit `res.insertRow ()` wird eine Zeile in `res` und gleichzeitig auch in die DB eingefügt.

1. Bei Ausführung der Select-Anweisung wird der ResultSet durch eine Menge von Zeigern auf die sich qualifizierenden Zeilen repräsentiert. Änderungen und Löschungen nach Erstellen des ResultSet werden dadurch sichtbar gemacht, Einfügungen aber nicht!

JDBC - Zugriff auf Metadaten

- **Allgemeine Metadaten**

- Welche Information benötigt ein Browser, um seine Arbeit beginnen zu können?
- JDBC besitzt eine Klasse `DatabaseMetaData`, die zum Abfragen von Schema- und anderer DB-Information herangezogen wird

- **Informationen über ResultSets**

- JDBC bietet die Klasse `ResultSetMetaData`

```
ResultSet rs1 = stmt1.executeQuery ("select * from personal");
```

```
ResultSetMetaData rsm1 = rs1.getMetaData ();
```

- Es müssen die Spaltenanzahl sowie die einzelnen Spaltennamen und ihre Typen erfragt werden können (z. B. für die erste Spalte)

```
int AnzahlSpalten = rsm1.getColumnCount ();
```

```
String SpaltenName = rsm1.getColumnName (1);
```

```
String TypName = rsm1.getColumnTypeName (1);
```

- Ein Wertzugriff kann dann erfolgen durch

```
rs1.getInt (2), wenn
```

```
rsm1.getColumnTypeName (2)
```

```
den String "Integer" zurückliefert.
```

JDBC - Fehler und Transaktionen

• Fehlerbehandlung

- Spezifikation der Ausnahmen, die eine Methode werfen kann, bei ihrer Deklaration (throw exception)
- Ausführung der Methode in einem try-Block, Ausnahmen werden im catch-Block abgefangen

```
try {  
    . . . Programmcode, der Ausnahmen verursachen kann  
}  
catch (SQLException e) {  
    System.out.println ("Es ist ein Fehler aufgetreten :\n");  
    System.out.println ("Msg: " + e.getMessage () );  
    System.out.println ("SQLState: " + e.getSQLState () );  
    System.out.println ("ErrorCode: " + e.getErrorCode () );  
};
```

• Transaktionen

- Bei Erzeugen eines Connection-Objekts (z.B. con1) ist als Default der Modus **autocommit** eingestellt
- Um Transaktionen als Folgen von Anweisungen abwickeln zu können, ist dieser Modus auszuschalten

```
con1.setAutoCommit(false);
```

- Für eine Transaktion können sogen. Konsistenzebenen (isolation levels) wie TRANSACTION_SERIALIZABLE, TRANSACTION_REPEATABLE_READ usw. eingestellt werden

```
con1.setTransactionIsolation (  
    Connection.TRANSACTION_SERIALIZABLE);
```

• Beendigung oder Zurücksetzen

```
con1.commit();  
con1.rollback();
```

• Programm kann mit mehreren DBMS verbunden sein

- selektives Beenden/Zurücksetzen von Transaktionen pro DBMS
- kein globales atomares Commit möglich

DB-Zugriff via JDBC - Beispiel 1

```
import java.sql.*;
public class Select {
    public static void main (String [ ] args) {
        Connection con = null;
        PreparedStatement pstmt;
        ResultSet res;
        double gehalt = 5000.00;
        try {
            Class.forName ("sun.jdbc.odbc.JdbcOdbcDriver");
            con = java.sql.DriverManager.getConnection (
                "jdbc:odbc:personal", "user", "passwd");
            pstmt = con.prepareStatement (
                "select pnr, name, gehalt from personal where gehalt >= ?");
            pstmt.setDouble (1, gehalt);
            ...
            res = pstmt.executeQuery ();
            while (res.next () ) {
                System.out.print (res.getInt ("pnr") + "\t");
                System.out.print (res.getString ("name") + "\t");
                System.out.println (res.getDouble ("gehalt") );
            }
            res.close ();
            pstmt.close ();
        } // try
        catch (SQLException e) {
            System.out.println (e) ;
            System.out.println (e.getSQLState () );
            System.out.println (e.getErrorCode () );
        }
        catch (ClassNotFoundException e) {
            System.out.println (e) ;
        }
    } // main
} // class Select
```

DB-Zugriff via JDBC - Beispiel 2

```
import java.sql.*;
public class Insert {
    public static void main (String [ ] args) {
        Connection con = null;
        PreparedStatement pstmt;
        try {
            Class.forName ("sun.jdbc.odbc.JdbcOdbcDriver");
            con = java.sql.DriverManager.getConnection (
                "jdbc:odbc:personal", " ", " ");
            pstmt = con.prepareStatement (
                "insert into personal values (?, ?, ?)");
            pstmt.setInt (1, 222);
            pstmt.setString (2, "Schmitt");
            pstmt.setDouble (3, 6000.00);
            pstmt.executeUpdate ();
            pstmt.close ();
            con.close ();
        } // try
        catch (SQLException e) {
            System.out.println (e);
            System.out.println (e.getSQLState () );
            System.out.println (e.getErrorCode () );
        }
        catch (ClassNotFoundException e) {System.out.println (e);
        }
    }
}
...
    pstmt = con.prepareStatement (
        "update personal set gehalt = gehalt * 1.1 where gehalt < ?");
    pstmt.setDouble (1, 10000.00);
    pstmt.executeUpdate ();
    pstmt.close ();
...
    pstmt = con.prepareStatement ("delete from personal where pnr = ?");
    pstmt = setInt (1, 222);
    pstmt.executeUpdate ();
    pstmt.close ();
```

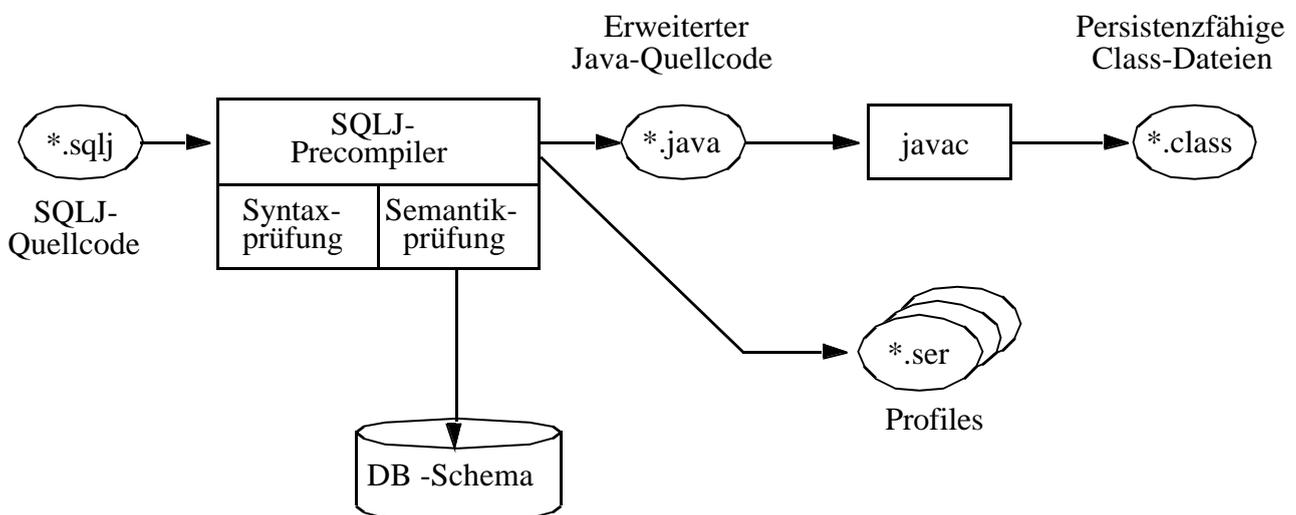
SQLJ

- **SQLJ**

- Teil 0 der SQLJ-Spezifikation beschreibt die Einbettung von SQL in Java-Anwendungen (bereits ANSI-Standard)
- besitzt bessere Lesbarkeit, Verständlichkeit und Wartbarkeit durch kurze und prägnante Schreibweise
- zielt auf die Laufzeiteffizienz von eingebettetem SQL ab, ohne die Vorteile des DB-Zugriffs via JDBC aufzugeben

- **Abbildung auf JDBC durch Precompiler**

- Überprüfung der Syntax sowie (gewisser Aspekte) der Semantik von SQL-Anweisungen (Anzahl und Typen von Argumenten usw.) zur Übersetzungszeit, was Kommunikation mit dem DBMS zur Laufzeit erspart
- Ersetzung der SQLJ-Anweisungen durch Aufrufe an das SQLJ-Laufzeitmodul (Paket `sqlj.runtime.*`)
- Erzeugung sog. Profiles, serialisierbare Java-Klassen, die die eigentlichen JDBC-Anweisungen enthalten



- Abwicklung von DB-Anweisungen vom SQLJ-Laufzeitmodul dynamisch über die Profiles, die wiederum über einen JDBC-Treiber auf die DB zugreifen
- Anpassung an ein anderes DBMS geschieht durch Austausch der Profiles (sog. Customizing)

SQLJ (2)

- Er werden nur einige **Unterschiede zu eingebettetem SQL und JDBC** aufgezeigt
- **Verbindung zum DBMS**
 - erfolgt über sog. Verbindungskontexte (ConnectionContext)
 - Sie basieren auf JDBC-Verbindungen und werden auch so genutzt (URL, Nutzername, Paßwort)
 - SQLJ-Programm kann **mehrere Verbindungskontexte** über verschiedene JDBC-Treiber aufbauen; sie erlauben den parallelen Zugriff auf mehrere DBMS oder aus mehreren Threads/Prozessen auf das gleiche DBMS

- **SQL-Anweisungen** sind im Java-Programm Teil einer SQLJ-Klausel

```
#SQL { select p.pnr into :persnr
        from personal p
        where p.beruf    = :beruf
        and p.gehalt    > :gehalt } ;
```

- Austausch von Daten zwischen SQLJ und Java-Programm erfolgt über Wirtssprachenvariablen
 - Parameterübergabe kann vorbereitet werden
 - ist viel effizienter als bei JDBC (mit ?-Platzhaltern)
- **Iteratoren**
 - analog zu JDBC-ResultSets
 - Definition von Iteratoren (Cursor), aus denen entsprechende Java-Klassen generiert werden, über die auf die Ergebnismenge zugegriffen wird
- **SQLJ und JDBC**

Ebenso wie statische und dynamische SQL-Anweisungen in einem Programm benutzt werden können, können SQLJ-Anweisungen und JDBC-Aufrufe im selben Java-Programm auftreten.

SQLJ (3)

- **Nutzung eines Iterators in SQLJ**

```
import java.sql.*
...
#SQL iterator GetPersIter (int personalnr, String nachname);
Get PersIter iter1;
#SQL iter1 = {  select  p.pnr as "personalnr",
                p.name as "nachname"
                from    personal p
                where   p.beruf  = :Beruf
                and    p.gehalt  = :Gehalt } ;

int Id ;
String Name ;
while (iter1.next ()) {
    Id = iter1.personalnr () ;
    Name = iter1.nachname () ;
    ... Verarbeitung ...
}
iter1.close () ;
```

Die as-Klausel wird benutzt, um die SQL-Attributnamen im Ergebnis mit den Spaltennamen im Iterator in Beziehung zu setzen

- SQLJ liefert für eine Anfrage ein **SQLJ-Iterator-Objekt** zurück
 - SQLJ-Precompiler generiert Java-Anweisungen, die eine Klasse GetPersIter¹ definieren
 - Klasse GetPersIter kann als Ergebnisse Zeilen mit zwei Spalten (Integer und String) aufnehmen
 - Deklaration gibt den Spalten Java-Namen (personalnr und nachname) und definiert implizit Zugriffsmethoden personalnr () und nachname (), die zum Iterator-Zugriff benutzt werden

1. Sie implementiert das Interface sqlj.runtime.NamedIterator (spezialisiert vom Standard-Java-Interface java.util.Iterator)

SQLJ (4)

- **DB-seitige Nutzung von Java mit SQLJ¹**

- Teil 1 des SQLJ-Standards beschreibt, wie man Stored Procedures mit Java realisieren kann
- Sprache für Stored Procedures bisher nicht standardisiert, Wildwuchs von Implementierungen
- erste Sprache für portable Stored Procedures
- automatisiertes Installieren/Entfernen von Stored Procedures in/aus DBMS (Einsatz sog. Deployment Descriptors)

- **DB-seitige Verwendung von Java-Datentypen**

- Teil 2 des SQLJ-Standards beschreibt Verfahren, wie Java-Datentypen als SQL-Datentypen verwendet werden können
- Umgekehrt können für herkömmliche SQL-Typen Wrapper-Klassen automatisch generiert werden

- **SQLJ-Standard**

- Teil 1 und 2 sind noch nicht verabschiedet
- Es existieren aber bereits nicht-standardkonforme Implementierungen

1. Man spricht auch von Server-sided Java, von der Marketing-Abteilung von Sun auch als "300% Java" bezeichnet, also jeweils 100% für die 3 Schichten einer Standard-C/S-Architektur