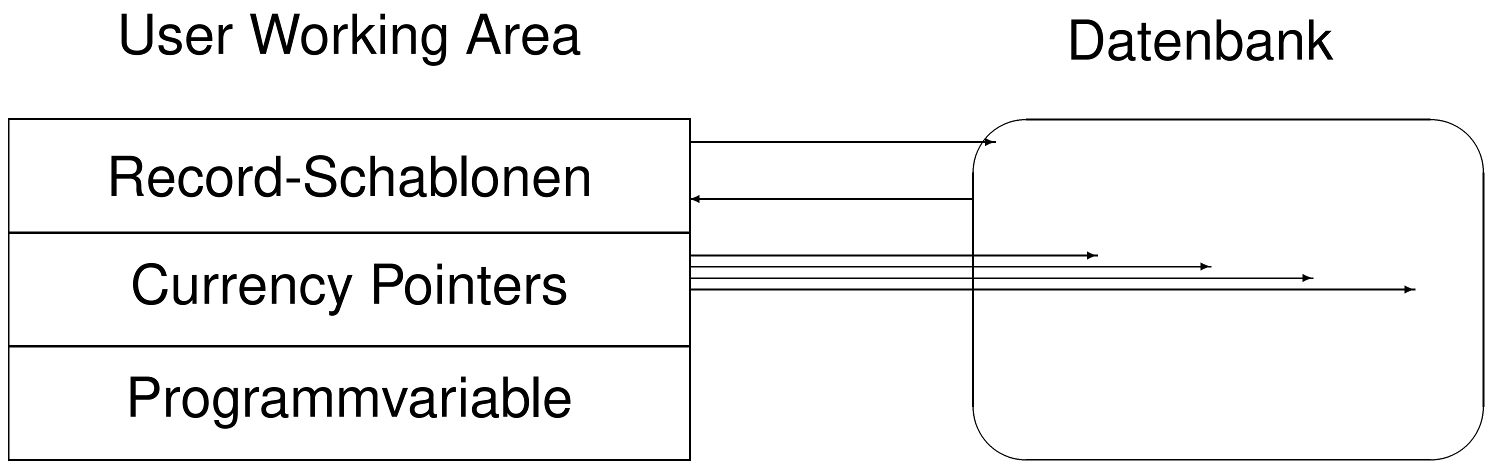
Datenbank-Anwendungsprogrammierung

- Navigierende Ansätze
- Anbindung von SQL
- Weitere Ansätze

Datenmanipulation im Netzwerkmodell

User Working Area UWA



Zeiger im UWA

- *Current of run-unit:* Letzter Record, auf den im Programm zugegriffen wurde.
- *Current of record type:* Für jeden Record Type T wird auf den zuletzt zugegriffenen Record mit **current of** T verwiesen.
- *Current of set type:* Für jeden Set-Typ S wird auf den zuletzt zugegriffenen Record (owner oder member) mit **current of** S verwiesen.

Navigieren mit dem find-Befehl

1. Mittels des **find**-Befehls wird der gesuchte Record lokalisiert und zum **current of run-unit**.

2. Das **get**-Kommando kopiert den unter **current of run-unit** stehenden Record in die passende Record-Schablone der UWA.

3. Zugriff auf Hauptprogramm auf UWA-Schablonen

Arten der find-Anweisung

- Direktzugriff über Schlüssel:

  find `x` **record by database key** `y`

- Analog über **calc**-Schlüssel (berechneter Hash-Wert):

  find `x` **record by calc-key**

- Für gegebenen **calc**-Schlüssel alle Records dazu:

  find duplicate `x` **record by calc-key**

Arten der find-Anweisung II

- Durchlauf durch Set Occurrence:

  find owner of current `x` **set**;
  find next `y` **record in current** `x` **set**

  Angabe **owner is system**: sequentieller Durchlauf über alle Elemente.

- In Set-Ausprägung: Suche nach Attributwerten
- Finden des Owners eines Records.
- **current of** T wird **current of run-unit**.

Datenmanipulation im NWM

- Das Einfügen wird als **store** bezeichnet.
  - Die **store**-Operation gibt es für Record-Typen wie auch für Set-Ausprägungen.
  - Ein **store** für einen Record-Typ ist ein Transfer der Wertebelegung der entsprechenden Record-Schablone vom Anwendungsprogramm in das Datenbanknetzwerk.
- Das Löschen wird für Record-Typen als **delete** bezeichnet. Das Herausnehmen aus einer Set-Ausprägung wird als **remove** bezeichnet.
- Ändern von Attributen erfolgt mittels **modify**.

Einfügen im NWM

Bei **insertion is automatic**:

- Einfügen an der Position des aktuellen *Currency Pointers* des Set-Typs:

  set selection is thru current of `x` **set**

- Der Owner der Set-Ausprägung wird anhand eines berechneten **calc**-Schlüssels bestimmt:

  set selection is thru owner
  using `Feldliste für` **calc**`-Schlüssel`

Einfügen im NWM II

Bei **insertion is manual**, muß die Einfügeposition durch die *Currency Pointer* explizit bestimmt werden:

insert `x` **into** `y`

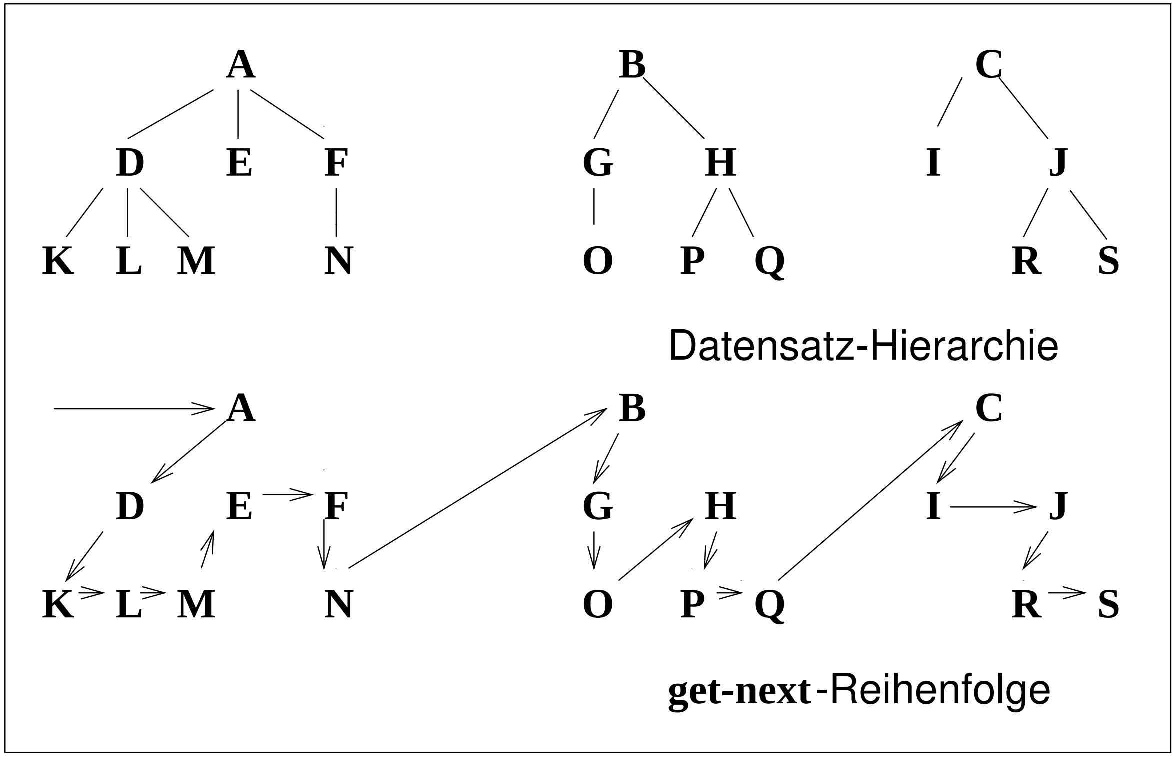
Hierbei ist `x` ein Record-Typ und `y` ein Set-Typ.

Datenmanipulation im hierarchischen Modell

get-Kommando zum Navigieren innerhalb der hierarchisch angeordneten Datensätze:

(1) **get unique** `x [` **where** `Bedingungen ];`
(2) **get next** `x [` **where** `Bedingungen ];`
(3) **get next within parent**

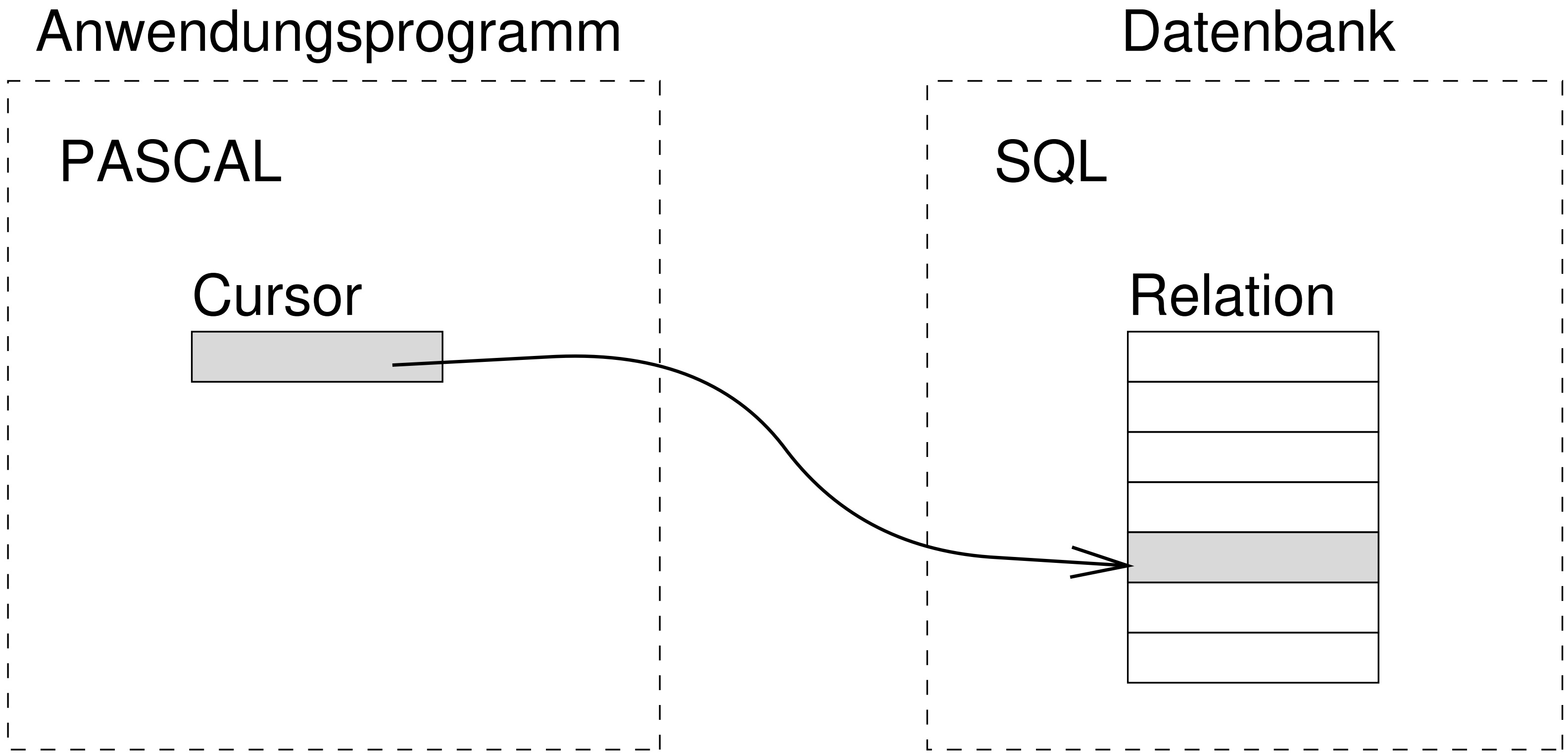
Abarbeitungsreihenfolge im HM



Anbindung von SQL

- *prozedurale Schnittstelle* oder **call**-*Schnittstelle* (SQL/CLI, ODBC, JDBC)
- *Einbettung* von Datenbanksprache in Programmiersprachen: Embedded SQL
  - statische Einbettung: *Vorübersetzer-Prinzip*
    $\leadsto$ SQL-Anweisungen *zur Übersetzungszeit* festgelegt.
  - dynamische Einbettung:
    $\leadsto$ Konstruktion von SQL-Anweisungen zur Laufzeit
- *Spracherweiterungen* und neue *Sprachentwicklungen*

Das Cursor-Konzept



Cursor in SQL

Cursor-Deklaration:

```
declare AktBuch cursor for
select ISBN, Titel, Verlagsname
from Bücher
where Verlagsname = 'Thomson';
```

Cursor-Deklaration mit Änderungsmöglichkeit:

```
declare AktBuch cursor for
select ISBN, Titel, Verlagsname
from Bücher
for update of ISBN, Titel;
```

Cursor in SQL2

declare `CursorName`
  [**insensitive**] [**scroll**] **cursor for** ...

- **next**: Gehe weiter zum nächsten Tupel (wie bisher).
- **prior**: Gehe zum vorherigen Tupel.
- **first** bzw. **last**: Gehe zum ersten bzw. letzten Tupel.
- **absolute** n **from**: Gehe zum n-ten Tupel des Cursors. Negative Werte werden relativ zum letzten Tupel rückwärts gewertet — **absolute** -1 ist also äquivalent zu **last**.
- **relative** n **from**: Gehe zum n-ten Tupel relativ zur aktuellen Cursor-Position.

Statische Einbettung: Embedded SQL

```
exec sql declare AktBuch cursor for
         select ISBN, Titel, Verlagsname
         from Bücher
         for update of ISBN, Titel;
```

Öffnen und Schließen einer Datenbank

exec sql connect `UniBeispiel;`

Deklaration benutzter Datenbankrelationen

```
exec sql  declare Buch table
          ( ISBN char(10) not null,
            Titel char(120) not null,
            Verlagsname char(30) not null);
```

Deklaration gemeinsamer Variablen

```
exec sql  begin declare section;
          BuchISBN char(10);
          NeuerPreis real;
exec sql  end declare section;
```

Benutzung deklarierter Variablen in SQL:

```
exec sql  update Buch_Versionen
          set Preis = :NeuerPreis where ISBN = :BuchISDN ;

exec sql  insert into  Buch_Versionen
          values ( :NeuISBN, :NeuAuflage, 1995,
                   :Seiten, :Preis);
```

Datentransfer zwischen Datenbank und Programm

```
exec sql select ISBN, Auflage, Jahr, Seiten, Preis
         into :ISBN, :Auflage, :Jahr, :Seiten, :Preis
         from Buch_Versionen
         where ISBN = :SuchISBN and Auflage = 1;
```

Indikator-Variablen zum Test auf **null**-Werte:

```
exec sql select :ISBN, Auflage, Jahr, Seiten, Preis
         into :ISBN, :Auflage, :Jahr,
              :Seiten:SeitenInd, :Preis:PreisInd
         from Buch_Versionen
         where ISBN = :SuchISBN and
               Auflage = :SuchAuflage;
```

Einsatz der Cursor-Technik

exec sql open `AktBuch;`

exec sql fetch `AktBuch`
        into `:ISBN, :Titel, :Verlagsname;`

exec sql close `AktBuch;`

exec sql delete
        from `Bücher`
        where current of `AktBuch;`

Fehler- und Ausnahmebehandlung

SQL Communication Area

exec sql include sqlca;

'**whenever**'-Anweisung

exec sql whenever `<Bedingung> <Aktion>`;

- **not found**: Kein Tupel wurde gefunden, definiert etwa als $\mathbf{sqlcode} = 100$.
- **sqlwarning**: Warnung, entspricht etwa $\mathbf{sqlcode} > 0 \wedge \mathbf{sqlcode} \neq 100$.
- **sqlerror**: Fehler, also $\mathbf{sqlcode} < 0$.

Transaktionssteuerung

exec sql commit work ;

exec sql rollback work ;

Ein Beispielprogramm

```
 ...
type Binlist = ... ;
procedure InitList (Binlist): ... ;
procedure AddToList (string, string, Binlist): ... ;
procedure TransClos (Binlist, Binlist): ... ;
var Eingabe, Ausgabe:  Binlist;

exec sql declare Voraussetzung table
   ( IstVoraus char(30) not null,
     Fuer char(30) not null);

exec sql begin declare section;
   IstVoraus char(30);
   Fuer char(30);
exec sql end declare section;

exec sql declare AktVor cursor for
   select * from Voraussetzung;

begin
   InitList(Eingabe);
   exec sql open AktVor;
   exec sql whenever not found goto Weiter;
   loop
      exec sql fetch AktVor into :IstVoraus, :Von;
      AddToList(IstVoraus, Von, Eingabe);
   end loop;
Weiter:
   exec sql close AktVor;
   TransClos(Eingabe, Ausgabe);
    ... /* Ausgabe der berechneten transitiven Hülle */
end.
```

Dynamische Einbettung: Dynamic SQL

```
exec sql begin declare section;
         dcl AnfrageString char(256) varying;
exec sql end declare section;
exec sql declare AnfrageObjekt statement;
AnfrageString := 'DELETE FROM Vorlesungen WHERE SWS < 2';
 ...
exec sql prepare AnfrageObjekt from :AnfrageString;
exec sql execute AnfrageObjekt;
```

“Anfragen als Zeichenketten”

Dynamische Einbettung: Dynamic SQL

```
 ...
AnfrageString :=
   'DELETE FROM Buch_Versionen ' +
   'WHERE ISBN = ?  AND Auflage = ?'  ;
exec sql prepare AnfrageObjekt from :AnfrageString;
exec sql execute AnfrageObjekt
         using :LöschISBN, :LöschAuflage;
```

Wertübergabe an Anfragen

Weitere Ansätze

- Prozedurale SQL-Erweiterungen
- Gespeicherte Prozeduren
- 4GL: Sprachen der vierten Generation
- Datenbankprogrammiersprachen
- Persistente (objektorientierte) Programmiersprachen

Prozedurale SQL-Erweiterungen: PL/SQL

Deklarationen

```
declare
   Heute date;
   type PersonRecordType is record
      ( PersonName varchar (50),
        GebDatum date);
   Mitarbeiter PersonRecordType;
```

Prozedurale SQL-Erweiterungen: PL/SQL II

Cursor

```
cursor AktBuch is
   select ISBN, Titel, Verlagsname
   from Bücher;
```

Zugriff auf Typinformation

```
AktuellerPersonenName Mitarbeiter.PersonName%type;
BuchTupel             AktBuch%rowtype;
```

Operationale Konstrukte

```
if <Bedingung> then
   <PL/SQL-Anweisungen>
 [ else
   <PL/SQL-Anweisungen> ]
end if;

for <IndexVariable> in <EndlicherBereich>
loop
   <PL/SQL-Anweisungen>;
end loop;

while <Bedingung>
loop
   <PL/SQL-Anweisungen>;
end loop;
```

Iteration über Tabellen

```
for BuchRec in AktBuch
loop
    ...
end loop;
```

entspricht

```
declare
    ...
    BuchRec AktBuch%rowtype;
    ...
begin
    loop
        fetch AktBuch into BuchRec;
        exit when AktBuch%notfound;
        ...
    end loop;
```

Fehlerbehandlung

```
when Ausnahme then ProgrammStück;
```

Beispiel in PL/SQL

```
declare
   AnzahlNeu number;
   AnzahlAlt number;
   fertig boolean;

begin

create table TransHuelle
   ( IstVoraus char(30) not null,
     Fuer char(30) not null);

insert into TransHuelle
select * from Voraussetzungen;

select count(*) into AnzahlNeu from TransHuelle;
fertig := false;

while not fertig
loop
   AnzahlAlt := AnzahlNeu;
   insert into TransHuelle
   select T1.IstVoraus, T2.Fuer
   from TransHuelle T1, TransHuelle T2
   where T1.Fuer = T2.IstVoraus and
         not exists ( select * from TransHuelle T3
                      where T3.IstVoraus = T1.IstVoraus
                            and T3.Fuer = T2.Fuer);
   select count(*) into AnzahlNeu from TransHuelle;
   fertig = ( AnzahlAlt = AnzahlNeu );
end loop;
```

“Stored Procedures”

```
create function FunktionsName
   ( Param1 ParamTyp1, ..., ParamN ParamTypN )
return ErgebnisTyp
is
   /* PL/SQL - Block mit return-Anweisung */

create procedure ProzedurName
   ( Param1 in ParamTyp1,
   ( Param2 out ParamTyp2,
   ( Param3 in out ParamTyp3,
     ...  )
is
   /* PL/SQL - Block mit Zuweisungen an out-Parameter */
```

Vorteile von Gespeicherten Prozeduren

- Strukturierungsmittel für größere Anwendungen
- Prozeduren nur vom DBMS abhängig und nicht von externen Programmiersprachen oder Betriebssystemumgebungen
- *Optimierung* der Prozeduren
- Ausführung der Prozeduren unter Kontrolle des DBMS
- zentrale Kontrolle der Prozeduren: redundanzfreie Darstellung relevanter Aspekte der Anwendungsfunktionalität
- Rechtevergabe für Prozeduren
- in der Integritätssicherung: Aktionsteil von Triggern

Weitere prozedurale SQL-Erweiterungen

- SQL/PSM (SQL Persistent Stored Modules): SQL-Standard
- Transact-SQL: Sybase, Microsoft SQL Server
- externe Routinen: implementiert in C, Java, ...

4GL: Sprachen der vierten Generation

- 4GL: Fourth Generation Languages
- 3GL: Ada, Pascal, C, . . . ; 5GL: PROLOG, . . .
- 4GL-Sprachen für Anwendungen mit großen Datenmengen
- Sprachentwurf leider oft konzeptionslos
- SQL $+$ imperative Konstrukte $+$ ereignisgesteuerte Programmierung
- 4GL-Werkzeuge unterstützen interaktive, graphische Programmierung
  - Menüs und Masken (Formulare)
  - werden am Bildschirm “zusamengesetzt”
  - Auslöseregeln und Aktionen hinter Maskenelementen
- Beispiele
  - Klassiker: NATURAL, TOTAL
  - moderne 4GLs für RDBS: INGRES Windows4GL, Gupta SQL-Windows

INGRES Windows4GL

Programm besteht aus hierarchischen *Frames*

Frame besteht aus:

- Formular (Maske mit Eingabefeldern und Schaltern)
- Auslöseregeln
- Aktionen für Elemente des Formulars
  - Änderungsoperationen und Anfragen in SQL
  - Prozeduren mit **while**, **if**, **exit**, **callframe** (Aufruf eines Nachfolger-Frames), . . .

Auslöseregeln und Aktionen: siehe aktive Datenbanken (nächstes Kapitel)

Datenbankprogrammiersprachen

Problem: Impedance Mismatch (Kluft zwischen Typsystemen PL und DB)

- Datenbankprogrammiersprache (DBPL): DB-Typsystem in Programmiersprache
- Persistente Programmiersprache: DB-Persistenzkonzept für PL-Typsystem

DBPLs

- etwa J. Schmidt: Pascal/R, Modula/R, DBPL
- PL $+$ persistenter Datentyp `relation`
- Operationen: Änderungsoperationen, Anfragen (etwa in Tupelkalkül-Notation, Iteratoren)

Persistente Programmiersprachen

Persistenzkonzept von Atkinson: Objekte haben eine beliebige Lebensdauer unabhängig von der Blockstruktur des Programms, mit zwei Prinzipien:

- *Typ-Orthogonalität*: Programm-Objekte beliebigen Typs können persistent gemacht werden
- *Programm-Unabhängigkeit*: verbietet explizite **store**- oder **move**-Kommandos zum Speichern von Objekten

Neben persistenten Objekten auch *transiente Objekte*

Realisierungstechniken für Persistenz

- *klassenabhängige Persistenz*: persistente Wurzelklasse impliziert Teilgraph aller persistenten Objekte
- *objektabhängige Persistenz*: jedes Objekt in jeder Klasse kann persistent oder transient sein

Persistenz-Fortpflanzung

- *explizite Persistenz*: jedes Objekt einzeln
- *Persistenz durch Erreichbarkeit*: Objekt persistent, dann automatisch auch (rekursiv) alle Komponentenobjekte persistent

ODMG-Binding: Persistenzkonzept für OOPL