

4. Objekt-relationale DBS

- SQL-Standardisierung
- SQL-Typsystem
 - Typkonstruktor ROW
 - Typkonstruktor ARRAY, UNNEST-Operation
 - Typkonstruktur MULTISSET
 - benutzerdefinierte Typen und Funktionen (UDTs, UDFs)
 - DISTINCT-Typen
 - strukturierte Datentypen, typisierte Tabellen , REF-Typ
 - UDT-Kapselung
- Generalisierung /Spezialisierung
 - Typ-/ Tabellenhierarchien (Subtypen, Subtabellen)
 - dynamisches Binden



Objekt-relationale DBS (ORDBS)

- Erweiterung des relationalen Datenmodells und SQL um Objekt-Orientierung
- komplexe, nicht-atomare Attributtypen
- Erweiterbarkeit
 - benutzerdefinierte Datentypen
 - benutzerdefinierte Funktionen
- Bewahrung der Grundlagen relationaler DBS
 - deklarativer Datenzugriff mit SQL
 - Sichtkonzept etc.
- Standardisierung beginnend mit SQL:1999



SQL-Standardisierung

1986 [SQL86](#)

- keine Integritätszusicherungen

1989 [SQL89](#) (120 Seiten)

- Basiskonzept der Referentiellen Integrität (Referenzen auf Primärschlüssel und Schlüsselkandidaten)

1992 [SQL92](#) (SQL2)

- Entry Level: ~ SQL89 + geringfügige Erweiterungen und Korrekturen
- Intermediate Level: Dynamic SQL, Join-Varianten, Domains ...
- Full Level (580 Seiten): Subquery in CHECK, Assertions, DEFERRED ...

1996 Nachträge zu SQL-92:

Call-Level-Interface, Persistent Stored Modules (Stored Procedures)

1999 [SQL:1999](#) (SQL3), ca. 3000 Seiten, mit Objekt-Erweiterungen

[SQL:2003](#), [SQL:2008](#), [SQL:2011](#), [SQL:2016](#), [SQL:2023](#) : XML-Unterstützung (2003, 2006);
temporale DBS (2011), JSON (2016, 2023), PQL Propertygraph-Anfragen (2023)
diverse Erweiterungen, z.B. MERGE, OLAP-Abfragen, ...



Aufbau des SQL-Standards

Part 1: [SQL/Framework](#) (beschreibt Aufbau des Standards)

Part 2: [SQL/Foundation](#): Kern-SQL, objekt-relationale Erweiterungen,
Trigger, ...

Part 3: [SQL/CLI](#): Call Level Interface

Part 4: [SQL/PSM](#): Persistent Storage Modules

Part 9: [SQL/MED](#): Management of External Data

Part 10: [SQL/OLB](#): Object Language Bindings (SQLJ)

Part 11: [SQL/Schemata](#): Information and Definition Schemas

Part 13: [SQL/JRT](#): SQL Routines and Types using Java

Part 14: [SQL/XML](#): XML-related Specifications

■ separater Standard [SQL/MM](#) (SQL Multimedia and Application Packages)
mit derzeit sechs Teilen

- Framework, Full Text, Spatial, Still-Image, Data Mining, History



SQL-Typsystem

■ erweiterbares Typkonzept (seit SQL:1999)

- vordefinierte Datentypen (inkl. Boolean, BLOB, CLOB)
- konstruierte Typen (**Konstruktoren**):
 - Tupel-Typen (ROW-Typ)
 - Kollektionstypen ARRAY und MULTISSET (SQL:2003)
 - REF-Typ
- benutzerdefinierte Datentypen (**User-Defined Types, UDT**):
Distinct Types und Structured Types

■ UDTs

- Definition unter Verwendung von vordefinierten Typen, konstruierten Typen und vorher definierten UDTs
- unterstützen Kapselung, Vererbung (Subtypen) und Overloading

■ alle Daten werden weiterhin innerhalb von Tabellen gehalten

- Definition von Tabellen auf Basis von strukturierten UDTs möglich
- Bildung von Subtabellen (analog zu UDT-Subtypen)



Tupel-Typen (ROW-Typen)

■ Tupel-Datentyp (**row type**)

- Sequenz von Feldern (fields), bestehend aus Feldname und Datentyp:
ROW (<feldname1> <datentyp1>, <feldname2> <datentyp2>, ...)
- eingebettet innerhalb von Typ- bzw. Tabellendefinitionen

■ Beispiel

```
CREATE TABLE Pers ( PNR      int,
                    Name      ROW ( VName  VARCHAR (20),
                                   NName  VARCHAR (20) ),
                    ... );

ALTER TABLE Pers
  ADD COLUMN Anschrift ROW ( Strasse  VARCHAR (40),
                             PLZ      CHAR (5),
                             Ort      VARCHAR (40) );
```

■ geschachtelte Rows möglich



ROW-Typen (2)

■ Operationen

- Erzeugung mit Konstruktor ROW:

```
INSERT INTO PERS (PNR, Name)
VALUES (123, ROW („Peter“, „Meister“))
```

- Zugriff auf Tupelfeld mit Punktnotation:

```
SELECT * FROM Pers
WHERE Name.NName = „Meister“
```

■ Vergleiche

```
ROW (1, 2) < ROW (2, 2)
```

```
ROW (2, 5) < ROW (2, 1)
```



ARRAY-Kollektionstyp

■ Spezifikation: <Elementtyp> ARRAY [<maximale Kardinalität>]

- Elementtypen: alle Datentypen (z.B. Basisdatentypen, benutzerdefinierte Typen)
- geschachtelte (mehrdimensionale) Arrays erst ab SQL:2003

```
CREATE TABLE Mitarbeiter
(PNR          int,
 Name         ROW (VName VARCHAR (20),
                  NName VARCHAR (20)),
 Sprachen     VARCHAR(15) ARRAY [8], ... )
```



ARRAY (2)

■ Array-Operationen

- Typkonstruktor ARRAY
- Element-Zugriff direkt über Position oder deklarativ (nach Entschachtelung)
- Bildung von Sub-Arrays, Konkatenation (||) von Arrays
- CARDINALITY
- **UNNEST** (Entschachtelung; wandelt Kollektion in Tabelle um)

```
INSERT INTO Mitarbeiter (PNR, Name, Sprachen)
VALUES ( 1234, ROW(„Peter“, „Meister“), ARRAY[„Deutsch“, „Englisch“])
```

```
UPDATE Mitarbeiter
SET Sprachen[3]=„Französisch“
WHERE Name.NName=„Meister“
```



UNNEST-Operation

- Umwandlung einer Kollektion (Array, Multiset) in Tabelle
UNNEST (<Kollektionsausdruck>) [WITH ORDINALITY]
 - Verwendung innerhalb der From-Klausel

■ Anwendbarkeit von Select-Operationen

■ Beispiele

```
SELECT *
FROM UNNEST (ARRAY [1,2,3]) A (B)
```

Welche Mitarbeiter sprechen französisch?

```
SELECT
FROM Mitarbeiter
WHERE
```



UNNEST-Operation (2)

■ Beispiele

Welche Sprachen kennt der Mitarbeiter „Meister“?

```
SELECT S.*
FROM Mitarbeiter AS M, UNNEST (M.Sprachen) AS S (Sprache)
WHERE M.Name.NName="Meister"
```

■ Ausgabe der Position innerhalb der Kollektion mit **Ordinality-Klausel**

```
SELECT S.*
FROM Mitarbeiter M,
      UNNEST(M.Sprachen)S(Sprache,Pos)WITH ORDINALITY
WHERE M.Name.NName="Meister"
```



Array-Beispiele PostgreSQL (LOTS)

SQL Anfrage	cardinality
SELECT cardinality (ARRAY['Deutsch','Französisch','Englisch'])	3

SQL Anfrage	b
SELECT *	1
FROM UNNEST (ARRAY [1,2,3]) A (B)	2
	3

SQL Anfrage
SELECT titel, autoren FROM (select buchid, titel, array(select textcat(vornamen,nachname) from buch_aut natural join autor where buchid=B.buchid) from buch B) as Buecher (bid, titel, autoren) WHERE cardinality (autoren)=3

zeige Datensätze 1 - 20 (234 insgesamt)	
titel	autoren
A comprehensive guide to AI and expert systems	{ "Robert J. Levine", "Diane E. Drang", "Barry Edelson" }
Expertensysteme: Werkzeuge u. Anwendungen	{ "Paul Harmon", "Rex Maus", "William Morrissey" }
Softwaresystem zur Formelmanipulation. Praktisches Arbeiten mit den Computer-Algebra-Systemen REDUCE, MACSYMA und DERIVE	{ "Bernhard Kutzler", "Franz Lichtenberger", "Franz Winkler" }
Datendrucker	{ "Walter E. Proebster", "Helmut P. Louis", "Erich Eissfeldt" }
Basiskennntnis Bibliothek : Fachkunde für Assistentinnen und Assistenten an Bibliotheken ; die theoretischen und praktischen Grundlagen eines Bibliotheksberufes	{ "Günter Rötcher", "Klaus-Peter Böttger", "Ursula Ankerstein" }
Clipper 5.0	{ "Frank Anders", "Thomas Behrendorf", "Malte Borges" }
EDV-Grundwissen : eine Einführung in Theorie und Praxis der modernen EDV	{ "Manfred Precht", "Nikolaus Meier", "Joachim Kleinlein" }
Java : Programmierhandbuch und Referenz	{ "Stefan Strobel", "Stefan Middendorf", "Rainer Singer" }
Ganzheitliches Informationsmanagement	{ "Jörg Biethan", "Harry Mucksch", "Walter Ruf" }
Der LATEX-Begleiter	{ "Michel Goossens", "Frank Mittelbach", "Alexander Samarin" }
Algebraische Spezifikation abstrakter Datentypen	{ "Hans-Dieter Ehrlich", "Martin Gogolla", "Udo W. Lipeck" }
Objektorientierte Sprachkonzepte und diskrete Simulation	{ "Thomas Frauenstein", "Uwe Pape", "Olaf Wagner" }
Windows im Netzwerk : optimale Installation, effektive Speicherverwaltung und praktische Problemlösungen für Windows 3.1, Windows für Workgroups und Windows NT	{ "Michael Scholz", "Lorenz Moosmüller", "Birgit Smadja" }
Datenbanken zur rechnergestützten Auftragsabwicklung in kleinen und mittleren Unternehmen	{ "Wolfgang Michel", "Gerhard Steinmetz", "Wolfgang Kaiser" }
Draw Perfect : Grafik, Texte, Layout	{ "K. J. Klein", "Peter Brunswicker", "H. J. Kehnen" }
PlanPerfect-Praxis : Grafik, Makros, Kalkulation, Formeln, Analysen, Controlling	{ "Peter Brunswicker", "Karl J. Klein", "Heinrich Kehnen" }
Datensicherung im System der EDV	{ "Dieter Horn", "Norbert Busch", "Jürgen Kirbach" }



ANY-Test (PostgreSQL-spezifisch)

```
SQL Anfrage
with Pers (Name,Sprachen) as (values('Meister',ARRAY['Deutsch','Englisch']),
('Baum',ARRAY['Deutsch','Französisch']),
('Schmied',ARRAY['Deutsch','Französisch','Englisch']))
select Name from Pers where 'Französisch' = ANY (Sprachen)
```

zeige Datensätze 1 - 2 (2 insgesamt)

Zeige: 2 Datensätze, beginnend ab

name
Baum
Schmied

- UNNEST in SELECT- statt FROM-Klausel:

```
'select Name from Pers where 'Französisch' in (select unnest (Sprachen))
```



MULTISET-Kollektionstyp

■ Spezifikation: <Elementtyp> MULTISET

- Elementtypen: alle Datentypen inklusive ROW, ARRAY und MULTISET
- beliebige Schachtelung möglich

```
CREATE TABLE ABT (  AName      VARCHAR(30), ...
                    AOrte  VARCHAR(30)  MULTISET,
                    Mitarbeiter ROW (Name VARCHAR(30),
                                      Beruf VARCHAR(30)) MULTISET)
```

■ MULTISET-Operationen

- Typkonstruktor MULTISET:
 - MULTISET()
 - MULTISET (<Werteliste>)
- Konversion zwischen Multimengen und Tabellen:
 - UNNEST (<Multimenge>) bzw.
 - MULTISET (<Unteranfrage>)
- CARDINALITY



MULTISET (2)

■ weitere MULTISET-Operationen

- Duplikateliminierung über SET
- Duplikattest: <Multimenge> IS [NOT] A SET
- Mengenoperationen mit/ohne Duplikateliminierung:

<Multimenge1> **MULTISET** {**UNION** | **EXCEPT** | **INTERSECT**}
[**DISTINCT** | **ALL**] <Multimenge2>

- Elementextraktion (für 1-elementige Multimenge):
ELEMENT (MULTISET(17))
- Elementtest: <Wert> [NOT] **MEMBER** [OF] <Multimenge>
- Inklusionstest: <Multimenge1> [NOT] **SUBMULTISET** [OF] <Multimenge2>

■ Beispiel-Query: Welche Leipziger Abteilungen haben mehr als 20 Mitarbeiter?

```
SELECT AName  
FROM ABT  
WHERE
```



4. Objekt-relationale DBS

■ SQL-Standardisierung

■ SQL-Typsystem

- Typkonstruktor ROW
- Typkonstruktor ARRAY, UNNEST-Operation
- Typkonstruktur MULTISET
- benutzerdefinierte Typen und Funktionen (UDTs, UDFs)
- DISTINCT-Typen
- strukturierte Datentypen, typisierte Tabellen , REF-Typ
- UDT-Kapselung

■ Generalisierung /Spezialisierung

- Typ-/ Tabellenhierarchien (Subtypen, Subtabellen)
- dynamisches Binden



Syntax der UDT-Definition (vereinfacht)

```
CREATE TYPE <UDT name>[[<subtype clause>][AS <representation>]
    [<instantiable clause>]<finality>[<reference type spec>]
    [<cast option>]  [<method specification list>]
<subtype clause> ::= UNDER <supertype name>           -- max. 1 Supertyp
<representation> ::= <predefined type> | [(<member>, ... ) ]

<instantiable clause> ::= INSTANTIABLE | NOT INSTANTIABLE
<finality> ::= FINAL | NOT FINAL
<member> ::= <attribute definition>
<method spec> ::= <original method spec> | <overriding method spec>
<overriding method spec> ::= OVERRIDING <partial method spec>
<partial method spec> ::= [ INSTANCE | STATIC | CONSTRUCTOR ]
    METHOD <routine name> <SQL parameter list>
    <returns clause>

DROP TYPE <UDT name> [RESTRICT | CASCADE ]
```



DISTINCT-Typen (Umbenannte Typen)

- Wiederverwendung vordefinierter Datentypen unter neuem Namen
 - einfache UDT, keine Vererbung (FINAL)
 - DISTINCT-Typen sind vom darunter liegenden (und verdeckten) Basis-Typ verschieden

```
CREATE TYPE Dollar AS REAL FINAL;
CREATE TYPE Euro AS REAL FINAL;
CREATE TABLE Dollar_SALES ( Custno INTEGER, Total Dollar, ...)
CREATE TABLE Euro_SALES ( Custno INTEGER, Total Euro, ...)

SELECT D.Custno
FROM Dollar_SALES D, Euro_SALES E
WHERE D.Custno = E.Custno AND D.TOTAL > E.TOTAL
```

- keine direkte Vergleichbarkeit mit Basisdatentyp (Namensäquivalenz)
- Verwendung von Konversionsfunktionen wie CAST() zur Herstellung der Vergleichbarkeit



Strukturierte Typen: Beispiel

```
CREATE TYPE Adresstyp AS (Strasse      VARCHAR (40),
                          PLZ          CHAR (5),
                          Ort          VARCHAR (40) ) NOT FINAL;
```

```
CREATE TYPE PersonT AS
  (Name VARCHAR (40), Gehalt REAL, PNR int,
  Anschrift      Adresstyp,
  Manager        REF (PersonT),
  Kinder         REF (PersonT) ARRAY [10] )
  INSTANTIABLE NOT FINAL
  INSTANCE METHOD Einkommen () RETURNS REAL;
```

```
CREATE TABLE Mitarbeiter OF PersonT
  (Manager WITH OPTIONS SCOPE Mitarbeiter ... )
```

```
CREATE METHOD Einkommen() FOR PersonT
  BEGIN RETURN Gehalt;
  END;
```

```
SELECT Name, Anschrift.Ort
FROM Mitarbeiter M
WHERE M.Einkommen() > 50000.0
```



Typisierte Tabellen

```
CREATE TABLE Tabellename OF StrukturierterTyp [UNDER Supertabelle]
  [( [ REF IS oid USER GENERATED |
      REF IS oid SYSTEM GENERATED |
      REF IS oid DERIVED (Attributliste) ]
  [Attributoptionsliste] ) ]
```

Attributoption: Attributname **WITH OPTIONS** Optionsliste

Option: **SCOPE** TypisierteTabelle | **DEFAULT** Wert | Integritätsbedingung

- Tabellen: einziges Konzept (container), um Daten persistent zu speichern
- Typ einer Tabelle kann durch strukturierten Typ festgelegt sein: typisierte Tabellen (**Objekttabellen**)
 - Zeilen entsprechen Instanzen (Objekten) des festgelegten Typs
 - OIDs systemgeneriert, benutzerdefiniert oder aus Attribut(en) abgeleitet
- Bezugstabelle für REF-Attribute erforderlich (SCOPE-Klausel)
- Attribute können Array-/Multiset-, Tupel-, Objekt- oder Referenz-wertig sein



REF-Typen

- dienen zur Realisierung von Beziehungen zwischen Typen bzw. Tupeln (OID-Semantik)

```
<reference type> ::= REF (<user-defined type>)[SCOPE <table name>]  
[REFERENCES ARE [NOT] CHECKED] [ON DELETE <delete_action> ]  
<delete_action> ::= NO ACTION | RESTRICT | CASCADE | SET NULL | SET DEFAULT
```

- jedes Referenzattribut muss sich auf genau eine Tabelle beziehen (SCOPE-Klausel)
- nur typisierte Tabellen (aus strukturierten UDT abgeleitet) können referenziert werden
- nur Top-Level-Tupel in Tabellen können referenziert werden

- Beispiel

```
CREATE TABLE Abteilung OF AbteilungT;
```

```
CREATE TABLE Person(PNR          INT,  
                     Name        VARCHAR (40),  
                     Abt         REF (AbteilungT) SCOPE Abteilung,  
                     Manager     REF (PersonT)   SCOPE Mitarbeiter,  
                     Anschrift   AdresTyp, ... );
```



REF-Typen (2)

- Dereferenzierung mittels **DEREF**-Operator (liefert alle Attributwerte des referenzierten Objekts)

```
SELECT  DEREF (P.Manager).Name  
FROM    Person P  
WHERE   P.Name= "Meister"
```

- Kombination von Dereferenzierung und Attributzugriff: ->

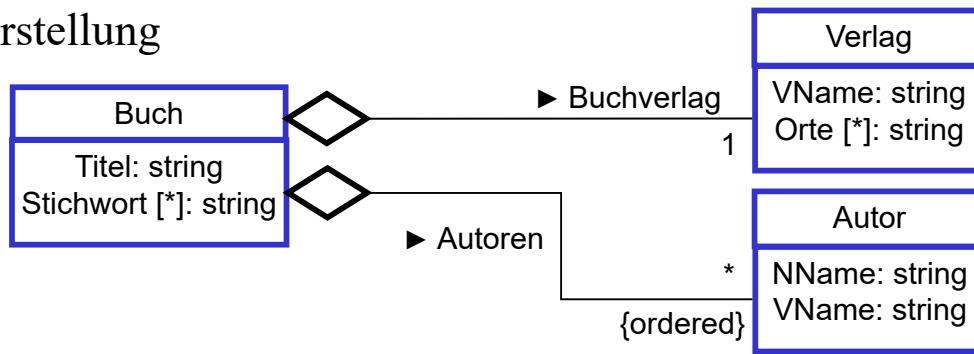
- Realisierung von **Pfadausdrücken**

```
SELECT P.Name, P.Abt -> AName  
FROM Person P  
WHERE P.Manager -> Name = "Schmidt" AND  
      P.Anschrift.Ort = "Leipzig"
```



Beispiel aus Kap. 3

■ UML-Darstellung



■ Objektrelationale Umsetzung mit SQL

```
CREATE TYPE AutorT(NName VARCHAR(40), VName VARCHAR(40)) NOT FINAL
CREATE TYPE VerlagST (VName VARCHAR(40),
                     Orte VARCHAR (40) MULTISET) NOT FINAL
CREATE TABLE Autor OF AutorT;
CREATE TABLE Verlag OF VerlagST;
CREATE TABLE BUCH(Titel VARCHAR(40),
                  Stichwort VARCHAR (40) MULTISET,
                  Buchverlag REF (VerlagST) SCOPE Verlag,
                  Autoren REF (AutorT) SCOPE Autor ARRAY[20])
```

REF-Typ in kommerziellen DBS

- wird in Oracle unterstützt, aber sonst meist nicht oder nur eingeschränkt

■ Oracle-Beispiel

```
CREATE TYPE person_typ AS OBJECT
    ( id NUMBER, name VARCHAR2(100)) NOT FINAL;
CREATE TYPE employee_typ AS OBJECT
    (emp_id NUMBER, manager REF person_typ);
CREATE TABLE people OF person_typ;
CREATE TABLE employees OF employee_typ(manager SCOPE IS people);
```

```
...
SELECT e.name, Deref(e.manager).name AS manager_name
FROM employees e;
```

- Pfeilnotation wie `e.manager -> name` wird **nicht** unterstützt

UDT-Kapselung

- Kapselung: sichtbare UDT-Schnittstelle besteht aus Menge von Methoden
- auch Attributzugriff erfolgt ausschließlich über Methoden
 - für jedes Attribut werden implizit Methoden zum Lesen (Observer) sowie zum Ändern (Mutator) erzeugt
 - keine Unterscheidung zwischen Attributzugriff und Methodenaufruf
- implizit erzeugte Methoden für UDT AdressTyp

Observer-Methoden:	METHOD	Strasse ()	RETURNS VARCHAR (40);
	METHOD	PLZ ()	RETURNS CHAR (5);
	METHOD	Ort ()	RETURNS VARCHAR (40);
Mutator-Methoden:	METHOD	Strasse (VARCHAR (40))	RETURNS AdressTyp;
	METHOD	PLZ (CHAR(5))	RETURNS AdressTyp;
	METHOD	Ort (VARCHAR (40))	RETURNS AdressTyp;
- Attributzugriff wahlweise über Methodenaufruf oder Punkt-Notation (.)
 - a.x ist äquivalent zu a.x () , z.B. SELECT Anschrift.Ort() FROM ..
 - SET a.x = y ist äquivalent zu a.x (y), z.B. Anschrift.Ort („Leipzig“)



Initialisierung von UDT-Instanzen

- DBS stellt Default-Konstruktor für instantiierbare UDTs bereit

```
CONSTRUCTOR METHOD PersonT () RETURNS PersonT
```

 - parameterlos, kann nicht überschrieben werden
 - besitzt gleichen Namen wie zugehöriger UDT
 - belegt jedes der UDT-Attribute mit Defaultwert (falls definiert)
 - Aufruf mit **NEW**
- Benutzer kann eigene Konstruktoren definieren, z.B. für Objektinitialisierungen (über Parameter)

```
CREATE CONSTRUCTOR METHOD PersonT (n varchar(40), a AdressTyp) FOR
PersonT RETURNS PersonT
BEGIN
    DECLARE p PersonT;
    SET p = NEW PersonT();
    SET p.Name = n;
    SET p.Anschrift = a;
    RETURN p;
END;

INSERT INTO Pers VALUES (NEW PersonT ("Peter Schulz", NULL))
```



Generalisierung / Spezialisierung

- Spezialisierung in Form von Subtypen und Subtabellen
- nur Einfachvererbung (strukturierter Typ hat max. 1 Supertyp)
 - Supertyp muss auch strukturierter Typ sein
- Subtyp
 - erbt alle Attribute und Methoden des Supertyps
 - kann eigene zusätzliche Attribute und Methoden besitzen
 - Methoden von Supertypen können überladen werden (Overriding)
- Super-/Subtabellen sind typisierte Tabellen von Super-/Subtypen
- Instanz eines Subtyps kann in jedem Kontext genutzt werden, wo Supertyp vorgesehen ist (Substituierbarkeit)
 - Supertabellen enthalten auch Tupel von Subtabellen
 - Subtabellen sind Teilmengen von Supertabellen



Subtypen / Subtabellen: Beispiel

```
CREATE TYPE PersonT AS (PNR INT, Name CHAR (20), Grundgehalt REAL, ...)
NOT FINAL
CREATE TYPE Techn-AngT UNDER PersonT AS (Techn-Zulage REAL, ... ) NOT FINAL
CREATE TYPE Verw-AngT UNDER PersonT AS ( Verw-Zulage REAL, ...) NOT FINAL
```

```
CREATE TABLE Pers OF PersonT (PRIMARY KEY PNR)
CREATE TABLE Techn-Ang OF Techn_AngT UNDER Pers
CREATE TABLE Verw-Ang OF Verw-AngT UNDER Pers
INSERT INTO Pers VALUES (NEW PersonT (8217, 'Hans', 40500 ...))
INSERT INTO Techn-Ang VALUES (NEW Techn-AngT (NEW PersonT (5581, 'Rita',
...), 2300))
INSERT INTO Verw-Ang VALUES (NEW Verw-AngT (NEW PersonT (3375, 'Anna', ...),
3400))
```

heterogener Aufbau von Supertabellen, z.B. **PERS**:

PNR	Name	Techn-Zulage	Verw-Zulage
8217	Hans ...		
5581	Rita ...	2300	
3375	Anna ...		3400
...			



Subtypen / Subtabellen: Anfrageeinschränkungen

- Anfrageeinschränkungen auf homogene Ergebnismengen
 - Zugriff auf Subtabellen (auf Blattebene)
 - **ONLY**-Prädikat zur Einschränkung auf eine Tabelle (einen Typ) ohne Instanzen in Subtabellen
 - **IS-OF**-Prädikat (bzw. **IS OF ONLY**) zur Einschränkung auf einen Subtyp

```
SELECT *  
FROM ONLY Pers  
WHERE Grundgehalt > 40000
```

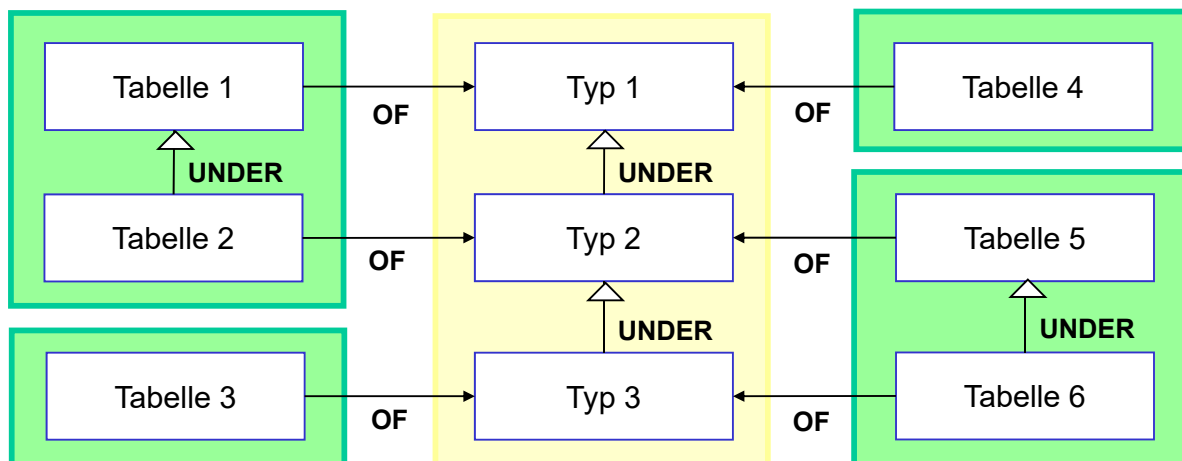
```
SELECT Name  
FROM Pers  
WHERE Anschrift IS OF German-Address
```

(Annahme: AddressTyp von Anschrift habe Subtypen German-Address etc.)



Subtypen vs. Subtabellen

- Typ- und Tabellenhierarchien müssen nicht 1:1 korrespondieren
 - Typ einer Subtabelle (z.B. Tab. 2 und 6) muss direkter Subtyp des Typs der direkten Supertabelle sein
 - nicht zu jedem strukturierten Typ muss (Objekt-)Tabelle existieren
 - strukturierter Typ kann als Tabellentyp mehrerer (unabhängiger) Objekttabellen dienen
 - Typ einer Wurzeltabelle muss nicht Wurzeltyp sein (z.B. Tab. 3/Typ 3)
 - Typ einer Objekttable ohne Subtabellen kann Subtypen haben (z.B. Tab.2/Typ 2)



Dynamisches Binden

- Overloading (Polymorphismus) von Funktionen und Methoden wird unterstützt
 - dynamische Methodenauswahl zur Laufzeit aufgrund spezifischem Typ
- Anwendungsbeispiel: polymorphe Methode Einkommen

```
CREATE TYPE PersonT AS (PNR INT, ... ) NOT FINAL
    METHOD Einkommen () RETURNS REAL, ...
CREATE TYPE Techn-AngT UNDER PersonT AS (Techn-Zulage REAL, ...)
    NOT FINAL
    OVERRIDING METHOD Einkommen () RETURNS REAL, ...
CREATE TYPE Verw-AngT UNDER PersonT AS (Verw-Zulage REAL, ...)
    NOT FINAL
    OVERRIDING METHOD Einkommen () RETURNS REAL,
```

```
CREATE TABLE Pers OF PersonT (...)
```

```
SELECT P.Einkommen()
FROM Pers P
WHERE P.Name = 'Anna';
```



Zusammenfassung

- SQL-Standardisierung von objekt-relationen DBS
 - Kompatibilität mit existierenden SQL-Systemen + Objektorientierung
 - Unterstützung von Objekt-Identität (REF-Typen)
- erweiterbares Typsystem: signifikante Verbesserung der Modellierungsfähigkeiten
 - benutzerdefinierte Datentypen und Methoden (UDT, UDF)
 - DISTINCT Types
 - ROW: Tupel-Konstruktor
 - Kollektionstypen ARRAY und MULTISSET
- Typhierarchien und Einfach-Vererbung: Subtypen vs. Subtabellen

