3. Von relationalen zu objekt-relationalen DBS

- Beschränkungen des relationalen Datenmodells
  - Beispiel: Modellierung von 3D-Objekten
  - Impedance Mismatch
  - Anwendungsgebiete mit besonderen Anforderungen
- Klassifikation von Datenmodellen
- NF²-Ansatz
- OODBS: Eigenschaften
  - Objekttypen, Kapselung
  - Generalisierung, spätes Binden
  - Komplexe Objekte: Objektidentität, Typkonstruktoren
- OODBS vs. ORDBS
- O/R-Mapping; Hibernate

Objekt-Darstellung

- Standard-Anwendung: pro Objekt gibt es genau eine Satzausprägung, die alle beschreibenden Attribute enthält

Schema

ANGESTELLTER

Satztyp (Relation)

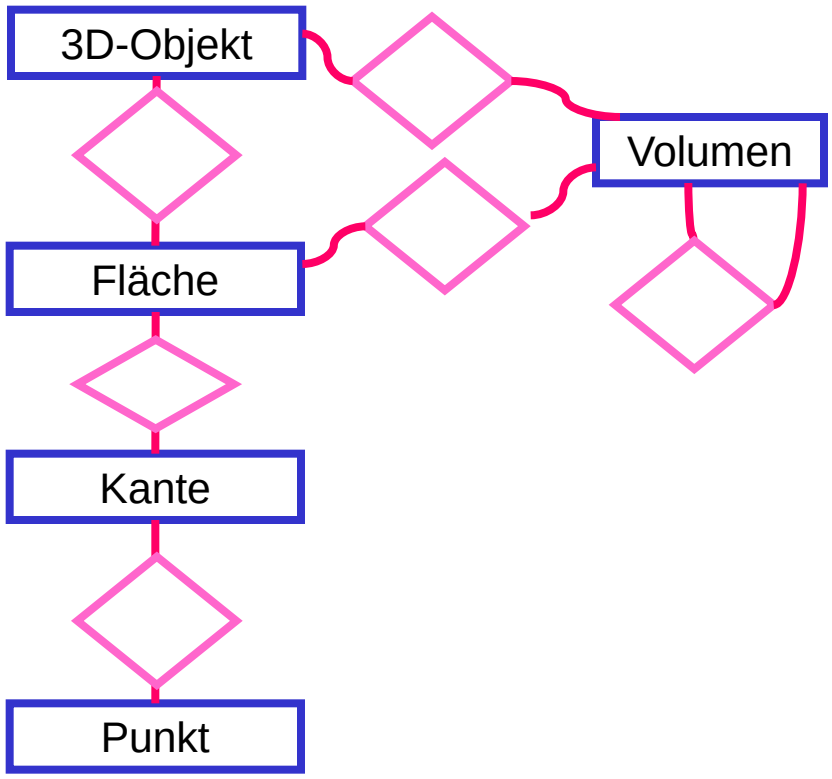
Ausprägungen

PNR	NAME	TAETIGKEIT	GEHALT	ALTER
496	Peinl	Pfoertner	2100	63
497	Kinzinger	Kopist	2800	25
498	Meyweg	Kalligraph	4500	56

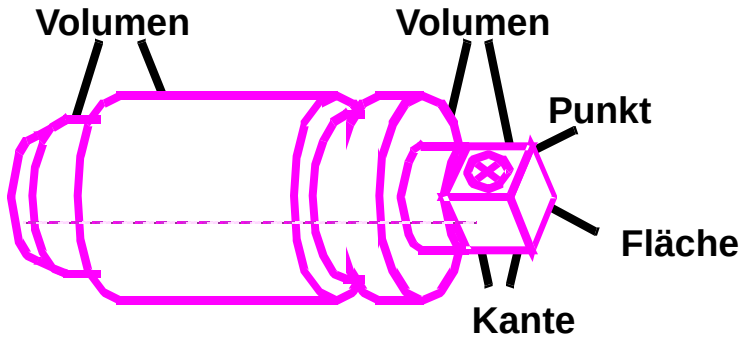
Objekt-Darstellung (2)

- CAD-Anwendung: das komplexe Objekt „Werkstück“ setzt sich aus einfacheren (komplexen) Objekten verschiedenen Typs zusammen

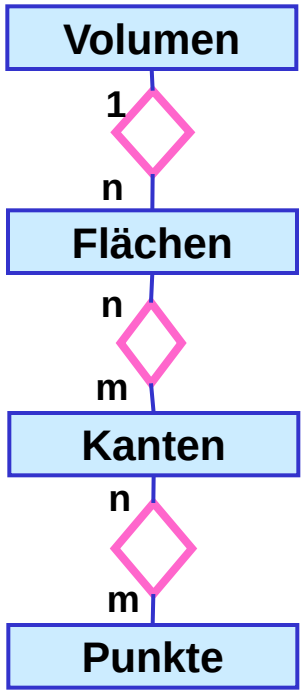
Schema

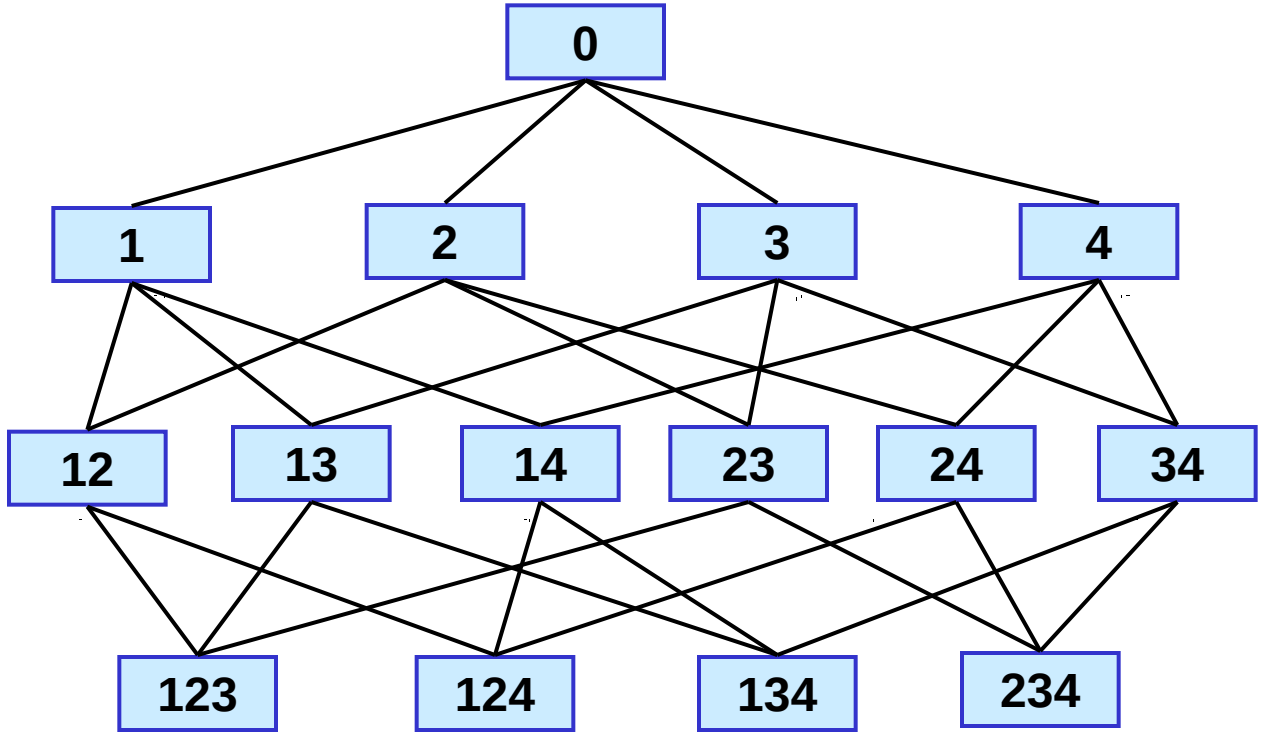


Objektausprägung

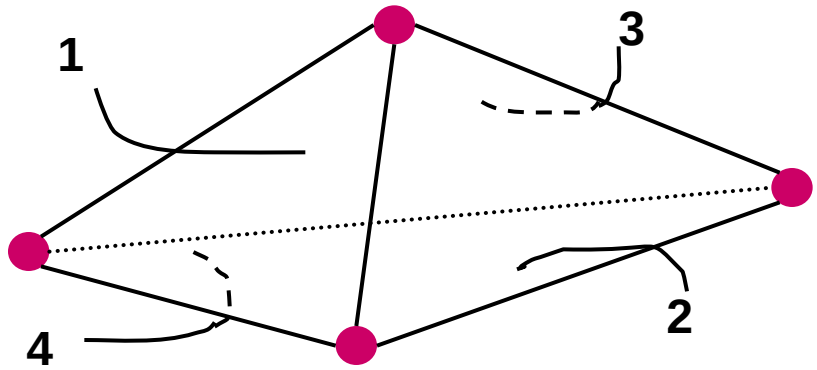


Modellierung von 3D-Objekten im ER-Modell



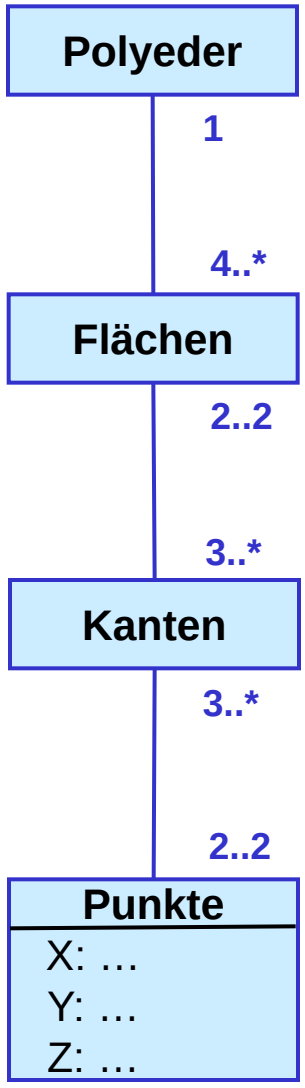


Beispiel: Tetraeder



Modellierung von Polyedern im RM

UML



Modellierung im Relationenmodell

```
CREATE TABLE Polyeder
      (polyid:      INTEGER,
      anzflächen: INTEGER,
      PRIMARY KEY (polyid));
```

```
CREATE TABLE Fläche
      (fid:          INTEGER,
      anzkanten:  INTEGER,
      pref:          INTEGER,
      PRIMARY KEY (fid),
      FOREIGN KEY (pref)
REFERENCES Polyeder);
```

```
CREATE TABLE Kante
      (kid:          INTEGER,
      ktyp:          CHAR(5),
      PRIMARY KEY (kid));
```

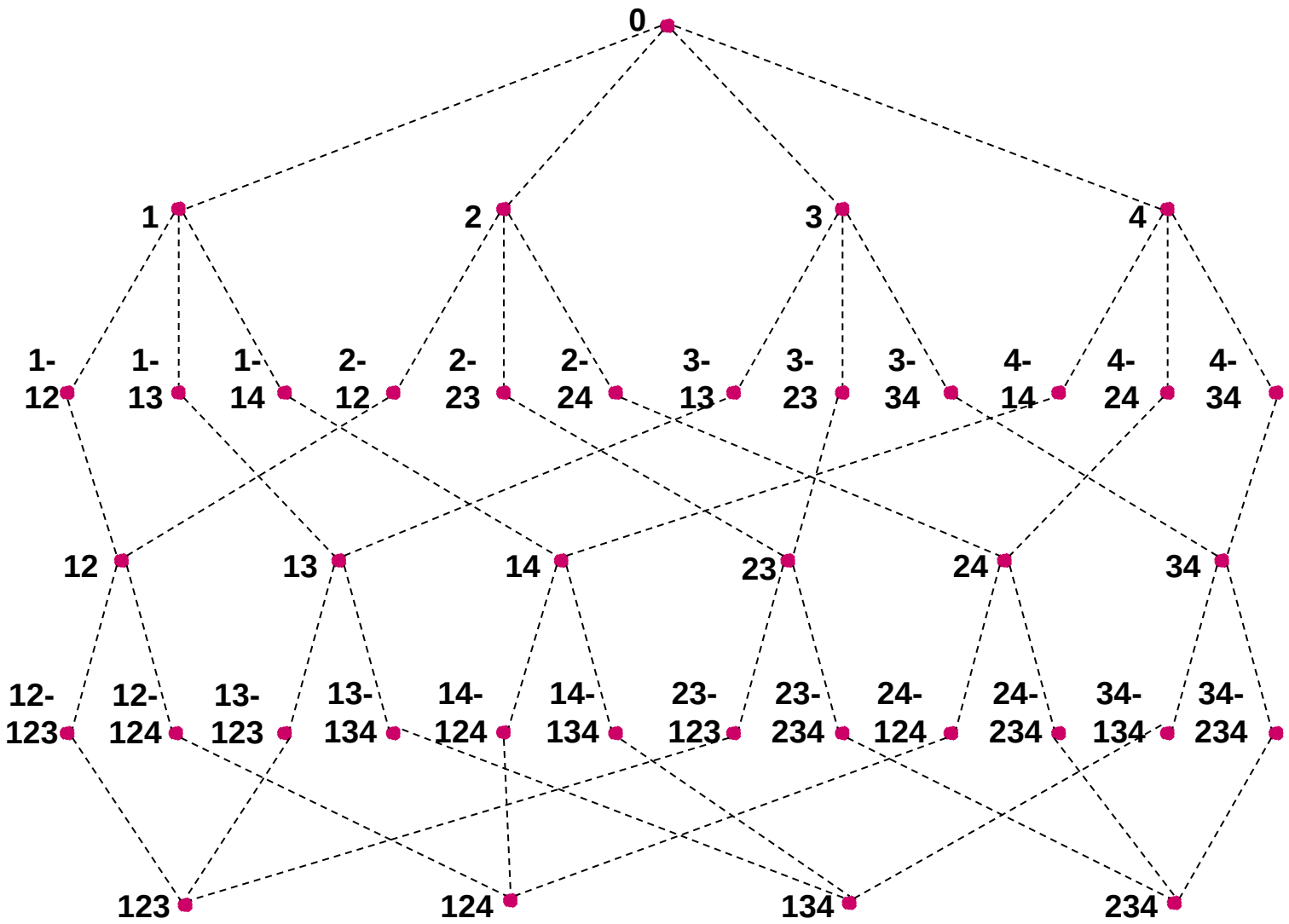
```
CREATE TABLE Punkt
      (pid:          INTEGER,
      x, y, z:       FLOAT,
      PRIMARY KEY (pid));
```

```
CREATE TABLE FK_Rel
      (fid:    INTEGER,
      kid:    INTEGER,
      PRIMARY KEY  (fid, kid),
      FOREIGN KEY (fid)
        REFERENCES Fläche,
      FOREIGN KEY (kid)
        REFERENCES Kante);
```

```
CREATE TABLE KP_Rel
      (kid:    INTEGER,
      pid:    INTEGER,
      PRIMARY KEY  (kid, pid),
      FOREIGN KEY (kid)
        REFERENCES Kante,
      FOREIGN KEY (pid)
        REFERENCES Punkt);
```

Relationenmodell – angemessene Modellierung?

Darstellung eines Tetraeder mit vid = 0



Relationen

Polyeder

Fläche

FK-Rel

Kante

KP-Rel

Punkt

Beispielanfragen

- Bestimme alle Punkte, die zu Flächenobjekten mit F.fid < 3 gehören

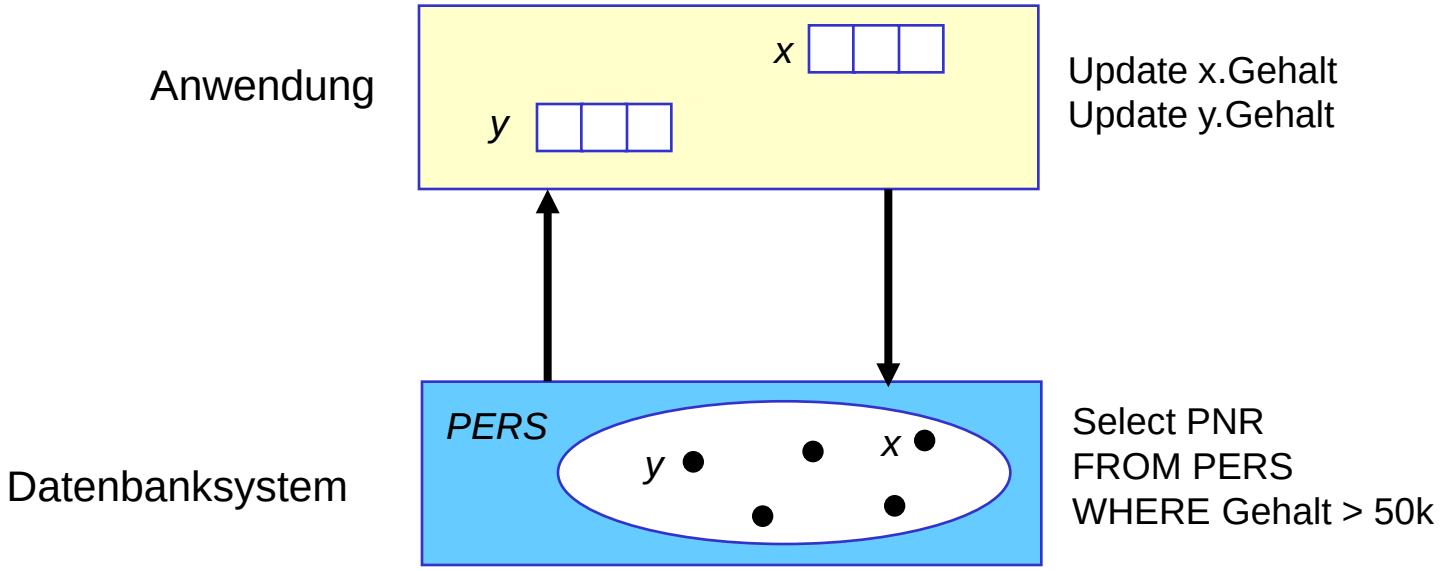
```
SELECT  F.fid, P.x, P.y, P.z
FROM    Punkt P, KP-Rel S, Kante K, FK-Rel T, Fläche F
WHERE   F.fid < 3
   AND  P.pid = S.pid     /*      Rekonstruktion*/
   AND  S.kid  = K.kid    /*      komplexer Objekte*/
   AND  K.kid  = T.kid    /*      zur Laufzeit*/
   AND  T.fid  =  F.fid;
```

- symmetrischer Zugriff: Flächen, die mit Punkt (50,44,75) assoziiert sind

```
SELECT  F.fid
FROM    Punkt P, KP-Rel S, Kante K, FK-Rel T, Fläche F
WHERE   P.x = 50 AND P.y = 44 AND P.z = 75
   AND  P.pid = S.pid
   AND  S.kid  = K.kid
   AND  K.kid  = T.kid
   AND  T.fid  =  F.fid;
```

Impedance Mismatch

- Auseinanderklaffen von Datenbanksystem und Programmiersprachen: *"Impedance Mismatch"* (Fehlanpassung)
  - "Struktur" wird durch DBS, "Verhalten" weitgehend von Anwendungsprogrammen (Programmiersprache) abgedeckt
  - unterschiedliche Datentypen und Operationen
  - Mengen- vs. Satzverarbeitung
  - unterschiedliche Behandlung transienter und persistenter Objekte
  - umständliche, fehleranfällige Programmierung



Besondere DB-Anforderungen

- Multimedia-Daten (Bilder, Grafik, Ton, Audio, Video, Text ...)
  - großer Datenumfang und aufwändige Operationen
  - Dateispeicherung führt zur Ungleichbehandlung mit Datenbankinhalten (fehlende Anfragemöglichkeiten, Transaktionsschutz ...)
- Information-Retrieval-Systeme (IRS)
  - Verwaltung von Dokumenten/Texten (ohne feste Struktur)
  - unscharfe Textsuche (Homonym/Synonym-Probleme etc.)
  - Relevanzproblem (Precision, Recall)
  - Ranking entscheidend für große Ergebnislisten
- Semi-strukturierte Daten / XML-Dokumente
  - optionaler Schemaeinsatz
  - Mischung von Text und strukturierten Daten
- Erweiterbarkeit auf unterschiedliche Arten von Daten und Berechnungen
  - Geoinformationssysteme: räumliche Daten und Operationen
  - Bioinformatik: komplex strukturierte Daten (Proteinstrukturen ...)

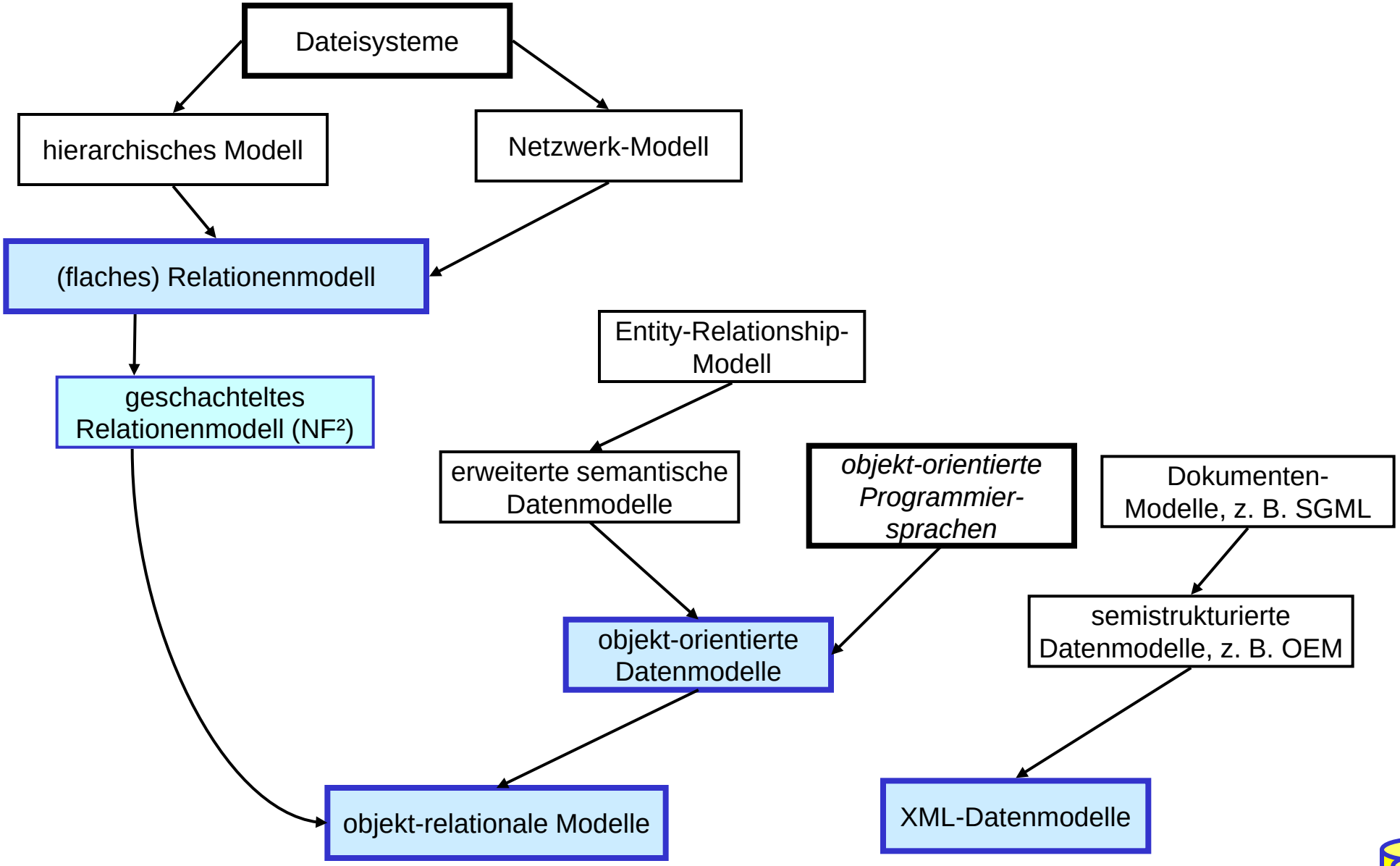
Beschränkungen des Relationenmodells

- Nur einfach strukturierte Daten
  - einfache (Standard-) Datentypen
  - Sätze mit fester Anzahl atomarer Attribute (festes Satzformat)
- Relationenmodell ist "wertebasiert"
  - Identifikation von Daten durch Schlüsselwerte
    häufig künstliche Schlüsselattribute zu definieren
  - Modellierung von Beziehungen über Fremdschlüssel
    umständliche Modellierung komplexer Strukturen
- Oft schlechte Effizienz für anspruchsvolle Anwendungen
  - viele Joins
- Geringe Semantik
  - Benutzer muss Bedeutung der Daten/Namen kennen
  - nur einfache Integritätsbedingungen
  - keine direkte Unterstützung der Abstraktionskonzepte (Generalisierung, Aggregation)

Beschränkungen des Relationenmodells (2)

- Unzureichende Spezifikation von "Verhalten" (Funktionen)
  - Verbesserung der Situation durch Stored Procedures
  - Weitere Unterstützung durch benutzerdefinierte Methoden wünschenswert
- Begrenzte Auswahlmächtigkeit der Anfragesprachen
  - Keine Unterstützung von Rekursion (Berechnung der transitiven Hülle)
  - Trotz SQL-Erweiterungen weiterhin Notwendigkeit allgemeine Programmiersprachen zu nutzen
- Umständliche Einbettung in Programmiersprachen (Impedance Mismatch)
- Auf kurze Transaktionen zugeschnitten (ACID)
  - Alles-oder-Nichts ungünstig für längere Verarbeitungsvorgänge

Entwicklung von Datenmodellen



(Flaches) Relationenmodell

- Datenstruktur: **Relation** (Tabelle)
- Relationsschema **R**(A_1,…, A_n) → *Tabellenkopf*
  - Relationsname R
  - Liste von paarweise verschiedenen Attributnamen A_1,…, A_n mit zugehörigen Wertebereich W(A_i) → *Spalten*
- Relationales DB-Schema: Endliche Menge von Relationsschemata

- Relationsinstanz → *Tabellenkörper*
  - Relation r(R) zu einem Relationsschema R ist eine Teilmenge des kartesischen Produkts der Attributwertebereiche → *Menge von Zeilen/Tupeln*
- Datenbankinstanz: Menge aller Relationsinstanzen

- Flaches Relationenmodell: Nur einfache Attribute (atomare Werte)
  - Keine zusammengesetzten oder mehrwertigen Attribute
    = Erste Normalform (1NF)

NF²-Modell

- Geschachteltes Raltionenmodell
- **N**on-**F**irst **N**ormal **F**orm (NFNF, NF²)
  - ’nested relations’, unnormalisierte Relationen
  - wie Relationenmodell, jedoch können Attributwerte auch Relationen (Mengen von Tupeln) sein
- Polyeder-Beispiel

```
CREATE  TABLE Volumen (
          VId              INT,
          Bez              CHAR(20),
          AnzFlaechen      INT,
          Flaechen         SET ( ROW ( FId          INT,
                                       AnzKanten   INT,
                                       Kanten SET (ROW (  Kid     INT,
                                                          Punkte SET (ROW (   PId  INT,
                                                                              X    INT,
                                                                              Y    INT,
                                                                              Z    INT ) )
                                                  ) )
                                       ) )
      )
```

***SET**() Mengenkonstruktor, **ROW**() Tupelkonstruktur*

NF²-Ausprägung (1 Tupel)

Volumen							
VId	Bez	Flaechen					
		Fld	Kanten				
			Kld	Punkte			
				Pld	X	Y	Z
0	Tetraeder	1	12	123	0	0	0
				124	100	0	0
			13	123	0	0	0
				134	50	44	75
			14	124	100	0	0
				134	50	44	75
		2	12	123	0	0	0
				124	100	0	0
			23	123	0	0	0
				234	50	87	0
			24	124	100	0	0
				234	50	87	0
		3	13	123	0	0	0
				134	50	44	75
			23	123	0	0	0
				234	50	87	0
			34	134	50	44	75
				234	50	87	0
		4	14	124	100	0	0
				134	50	44	75
			24	124	100	0	0
				234	50	87	0
			34	134	50	44	75
				234	50	87	0

NF²-Modell: Operatoren

- Erweiterte relationale Algebra
  - Erweiterung der Relationenalgebra auf geschachtelte Strukturen

- Projektion
- Vereinigung, Differenz

- Selektion
  - Relationen als Operanden neben Attributnamen und Konstanten
  - Mengenvergleiche: $\in, \subset, \supset, \subseteq, \supseteq, =, \neq$
  - Beispiele:

$$\sigma_{(C \subseteq \{1,2\})}(R)$$

$$\sigma_{(C \supseteq \{1\} \wedge A = 2)}(R)$$

R		
A	B	C
1	1	1
2		2
2	2	1
		2
1	3	1
		2
		3

NF²-Modell: Operatoren (2)

- Join:
  - zwei Join-Semantiken für tabellenwertige Join-Attribute

  a) vollständige Übereinstimmung der Tabellenwerte für Verbundtupel

  b) nur tupelweise Übereinstimmung

R1			
A	B	X	
		C	D
a1	b1	c1	d1
		c2	d2
		c1	d3
a2	b2	c1	d2
		c3	d2

R2			
E	B	X	
		C	D
e1	b1	c1	d1
		c1	d3
		c3	d4
e3	b2	c3	d2

R1 ⋈ R2			

NF²-Modell: Operatoren (3)

- NEST-Operation
  - Erzeugen geschachtelter Relationen aus flachen Relationen
  - $NEST_{A1,A2,\ldots An:\ A}$ (R) fasst Attribute *A1*, … *An* zu neuem Attribut *A* zusammen, d. h. A entspricht SET (ROW (A1, A2, … An))
  - Mehrere (*A1*, …, *An*)-Tupel werden dabei zu einer Menge zusammengefasst, wenn die Werte der Tupel auf den anderen R-Attributen *An+1*, … *Am* übereinstimmen (entspricht einem SQL Group-By auf *An+1*, … *Am)*

A	B	C
1	2	7
1	3	6
1	4	5
2	1	1

NF²-Modell: Operatoren (4)

- UNNEST-Operation
  - Normalisierung (“Flachklopfen”) geschachtelter Relationen
  - $\text{UNNEST}_{A:A1, \ldots An}$ (R) überführt tabellenwertiges Attribut A = SET(ROW(A1, ..., An)) in Menge einfacher Attribute A1, … An
  - $\text{UNNEST}_{\mathbf{A: A1 \ldots An}}$ ($\text{NEST}_{\mathbf{A1,A2, \ldots An: A}}$ (R)) = R
- NEST und UNNEST sind dennoch i. A. nicht invers zueinander !

A	B
1	2
	3
1	4
	5

A	B

A	B

NF²-Varianten

- Partioned Normal Form (PNF)
  - Flacher Schlüssel auf jeder Stufe der Schachtelung
  - Durch Nestung aus 1NF-Relation herleitbar

A	B
1	2
	3
1	4
	5

A	B
1	2
	4
2	3
	1
3	1

A	B	C
1	1	3
		5
	2	3
2	3	5
	3	1
		4

- Erweitertes NF²-Modell
  - Zusätzliche Typkonstruktoren (SET, ROW, LIST, BAG, ARRAY)

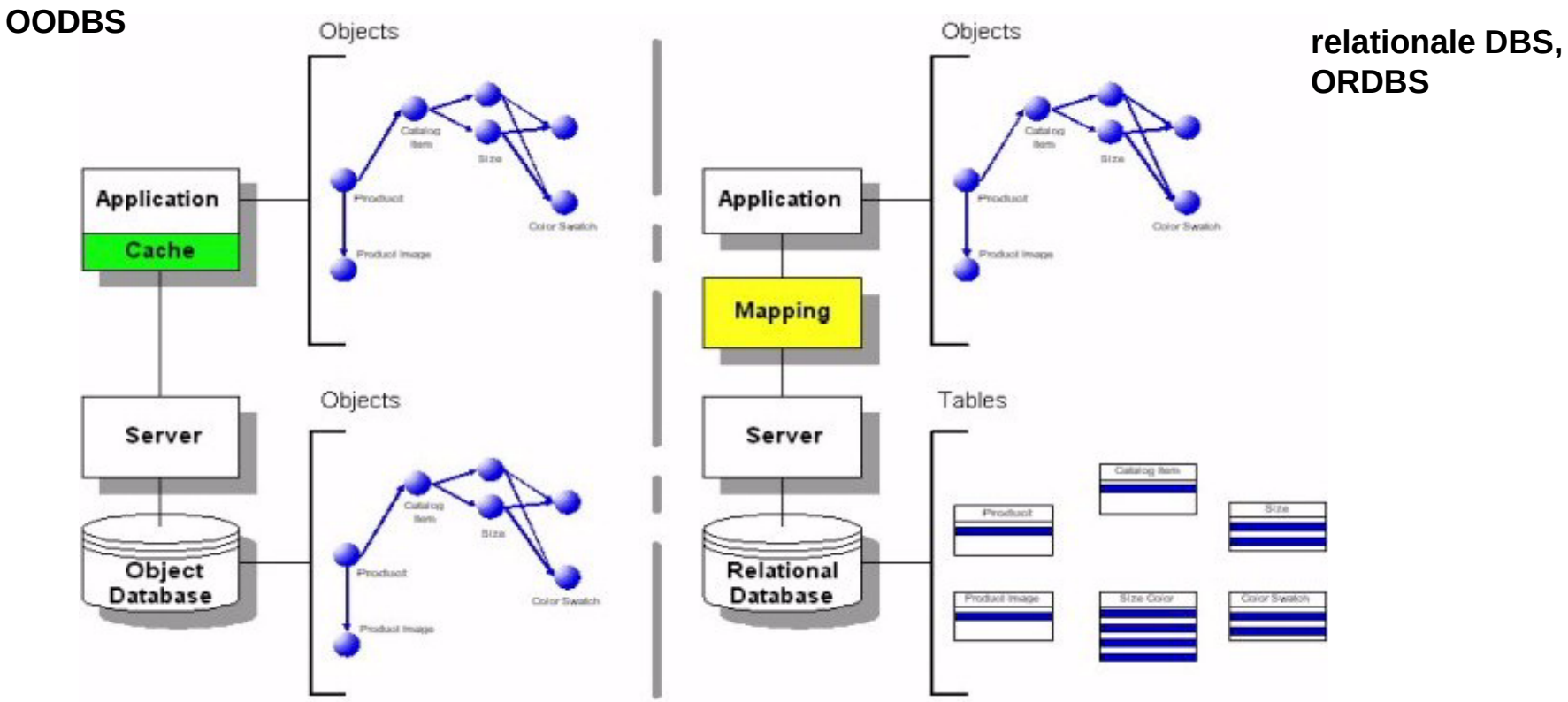
Bewertung des NF²-Modells

- Vorteile:
  - Flaches Relationenmodell als Spezialfall enthalten
  - Unterstützung komplex-strukturierter Objekte
  - Reduzierte Join-Häufigkeit
  - Clusterung einfach möglich
  - Sicheres theoretisches Fundament (NF²-Algebra)
- Nachteile:
  - Überlappende Teilkomponenten (n:m-Beziehungen) führen zu Redundanz
  - Unsymmetrischer Zugriff
  - Rekursiv definierte Objekte nicht zulässig
  - Keine Unterstützung von Generalisierung und Vererbung
  - Keine benutzerdefinierten Datentypen und Operationen
- Bedeutung:
  - Nur partielle Unterstützung durch kommerzielle DBMS; Forschungsprototpyen
  - Grundlage für ORDBS und NoSQL-Systeme

OODBS

- Ansätze zur objekt-orientierten Datenverwaltung
  - Modellierung der Struktur (komplexe Objekte, Vererbung) + Verhalten (ADTs, Methoden)
  - Anreicherung von OO-Programmiersprachen um DB-Eigenschaften (Persistenz, Integrität, ...)
    → *persistente Programmiersprachen / objekt-orientierte DBS (OODBS*)
  - Anreicherung von DBS um objekt-orientierte Konzepte
    → *objekt-relationale DBS (ORDBS)*
- OODBS
  - Erweiterung objektorientierter Programmierung um DB-Sprache
  - Einheitliche Verwaltung transienter und persistenter Objekte
  - Effiziente Traversierung komplexer Objektstrukturen
  - Beseitigung des Impedance Mismatch/ bessere Effizienz

Effiziente Navigation mit OODBS



- Sehr schnelle Navigation komplexer Objekte auch in Client/Server-Umgebungen (µs statt ms)
  - Besonders wichtig für interaktive Designaufgaben, z. B. im CAD (Forderung 10^5 Objektreferenzen pro sec)
- Transparente Abbildung zwischen physischem und virtuellem Speicher

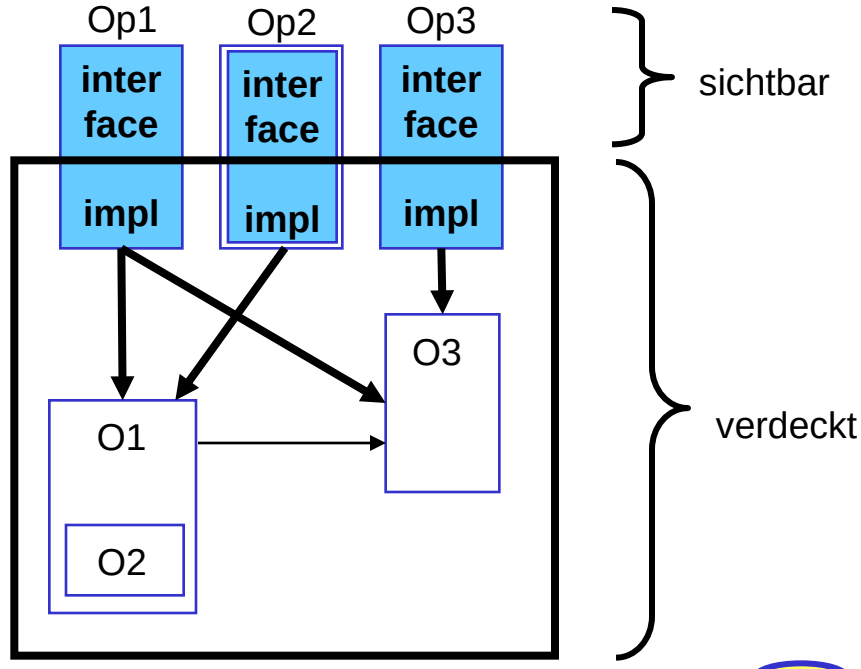
Definition eines objekt-orientierten DBS

- OODBS muss DBS + objekt-orientiertes System sein
- DBS-Aspekte
  - Persistenz, Externspeicherverwaltung
  - Datenunabhängigkeit
  - Transaktionsverwaltung
  - Ad-Hoc-Anfragesprache
- OOS-Aspekte:
  - Objekttypen, Kapselung
  - Typ-/Klassenhierarchie, Vererbung, Überladen und spätes Binden
  - Objektidentität, komplexe Objekte
  - Operationale Vollständigkeit
  - Erweiterbarkeit
  - Versionen
  - Lang-lebige Transaktionen

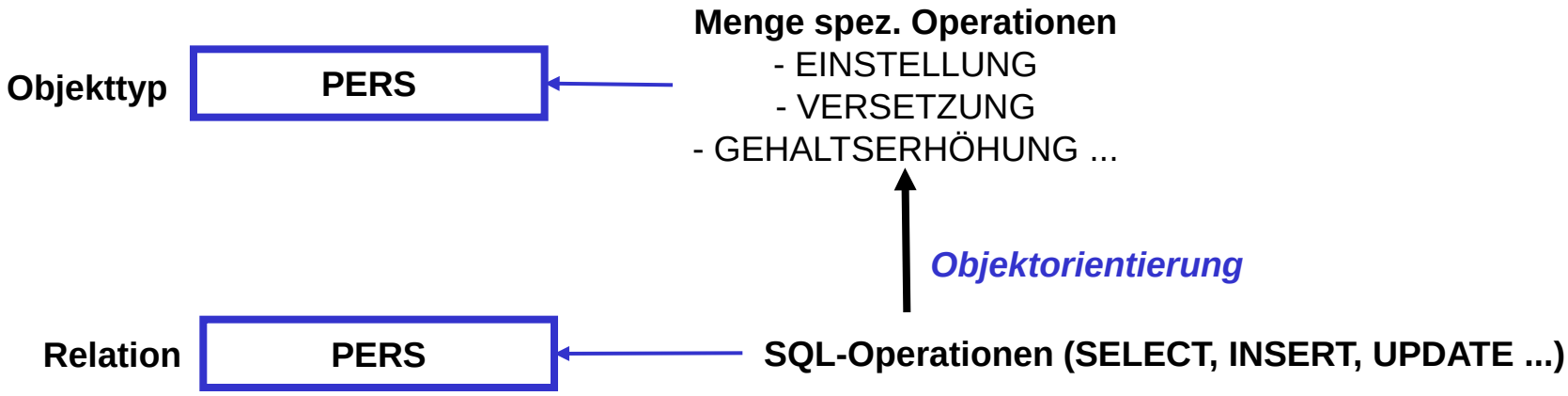
Objekttypen / Kapselung

- Objekt = Struktur + Verhalten + OID
- Spezifikation durch Objekttyp / Klasse
  - Struktur: Attribute und ihre Wertebereiche
  - Verhalten: zulässige Operationen / Methoden
- Objekt = Instanziierung eines Typs mit konkreten Wertebelegungen der Attribute
- Strenge Objekt-Orientierung verlangt Kapselung (Information Hiding)
  - Verhalten des Objektes ist ausschließlich durch seine Operationen (Methoden) bestimmt
  - Nur Namen und Signatur (Argumenttypen, Ergebnistyp) von Operationen werden bekannt gemacht
  - Struktur von Objekten wird verborgen
  - Implementierung der Operationen bleibt verborgen

PERS
PNAME: STRING GEHALT: INT GEBDATUM: DATUM
INT Alter ()



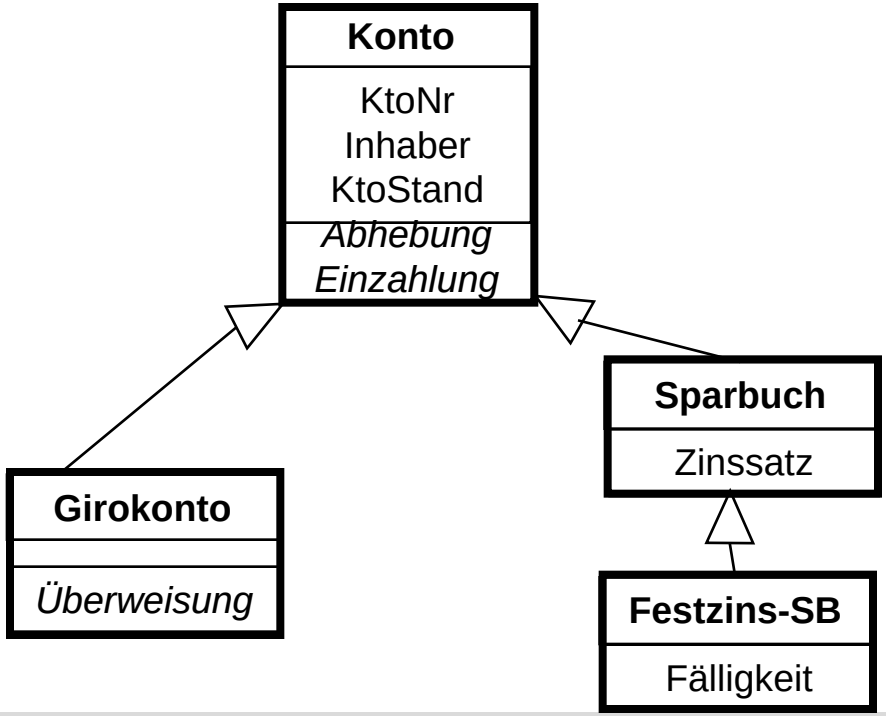
Kapselung (2)

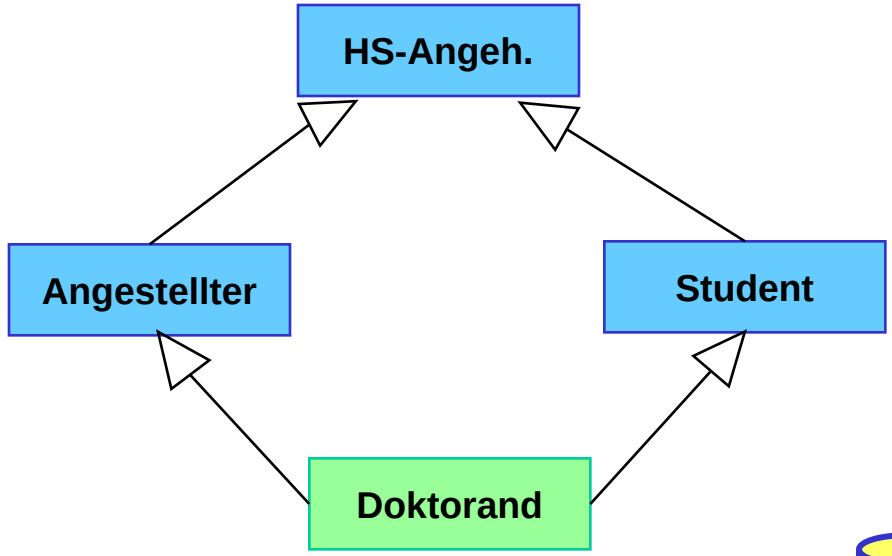


- Verwaltung von Objekttypen und Operationen im DBS
  - Zusätzliche Anwendungsorientierung im DBS gegenüber Stored Procedures
  - Verringerte Kommunikationshäufigkeit zwischen Anwendung und DBS
  - Reduzierung des "impedance mismatch"
- Vorteile der Kapselung: höherer Abstraktionsgrad
  - Logische Datenunabhängigkeit, Datenschutz
- Aber: strikte Kapselung oft zu restriktiv
  - Eingeschränkte Flexibilität
  - Mangelnde Eignung für Ad-Hoc-Anfragen

Generalisierung

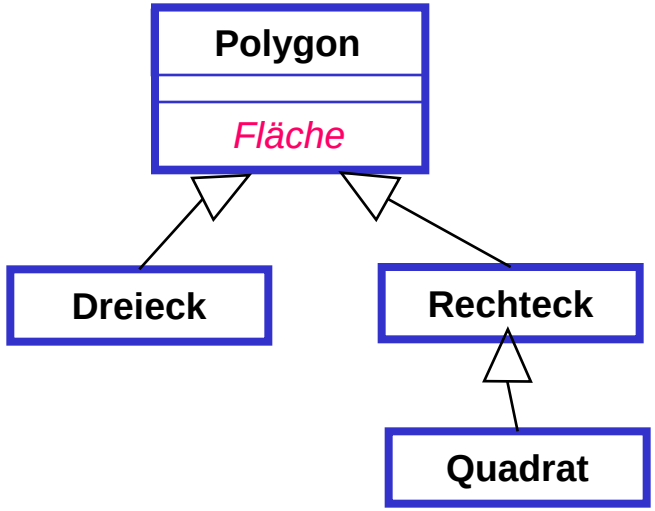
- Generalisierungs-/Spezialisierungshierarchie (IS-A-Beziehung)
  - Vererbung von Attributen, Methoden, Integritätsbedingungen ...
  - Arten der Vererbung: einfach (Hierarchie) vs. mehrfach (Typverband)
  - Prinzip der *Substituierbarkeit*: Instanz einer Subklasse B kann in jedem Kontext verwendet werden, in dem Instanzen der Superklasse A möglich sind (jedoch nicht umgekehrt)
    - Impliziert, dass Klasse heterogene Objekte enthalten kann





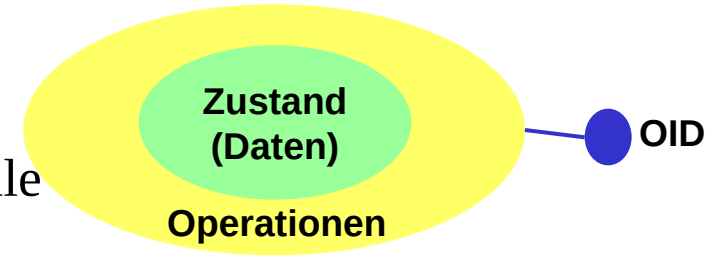
Überladen (Overloading)

- derselbe Methodenname wird für unterschiedliche Prozeduren verwendet (polymorphe Methoden)
  - Erleichtert Realisierung nutzender Programme und verbessert Software-Wiederverwendbarkeit
- Overloading innerhalb von Typ-Hierarchien:
  - Redefinition von Methoden für Subtypen (Overriding)
  - Spezialisierte Methode mit gleichem Namen
- Überladen impliziert dynamisches (spätes) Binden zur Laufzeit (*late binding*)



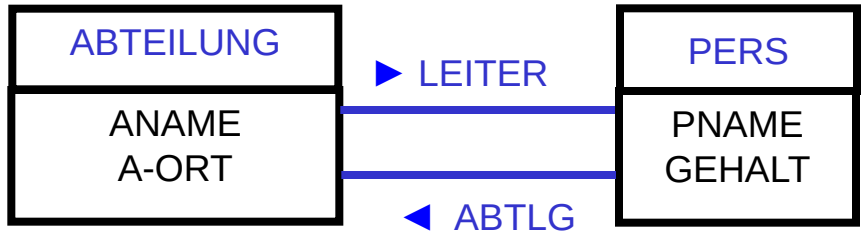
Objektidentität

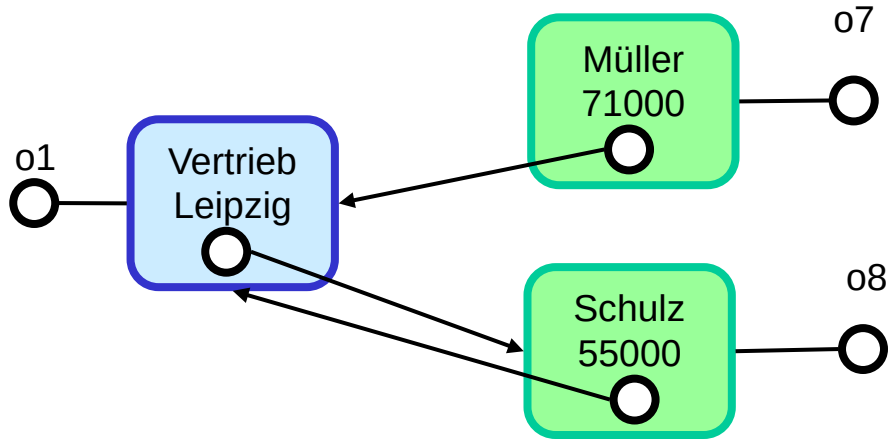
- OODBS: Objekt = (OID, Zustand, Operationen)
  - OID: Identifikator
  - Zustand: Beschreibung mit Attributen
  - Operationen (Methoden): definieren externe Schnittstelle



- Objektidentität
  - Systemweit eindeutige Objekt-Identifikatoren
  - OID während Objektlebensdauer konstant, üblicherweise systemverwaltet
  - OID tragen keine Semantik (<-> Primärschlüssel im RM)
  - Änderungen beliebiger Art (auch des Primärschlüssels im RM) ergeben *dasselbe* Objekt
- Vorteile gegenüber „wertebasiertem“ Relationenmodell
  - Trennung von Identität und (Werte) Gleichheit
  - Notwendigkeit künstlicher Primärschlüssel wird vermieden
  - Beziehungen können über stabile OID-Referenzen anstelle von Fremdschlüsseln realisiert werden
  - Einfachere Realisierung komplexer (aggregierter) Objekte
  - Effizienterer Zugriff auf Teilkomponenten

OIDs: Komplexe Objekte






```
class ABT   ( ANAME:  STRING,
              A-ORT: STRING,
              LEITER:  REF (PERS) ...
```

```
class PERS    ( PNAME: STRING,
                GEHALT: INT,
                ABTLG: REF (ABT)  (* Referenz-Attribut *) ...
```

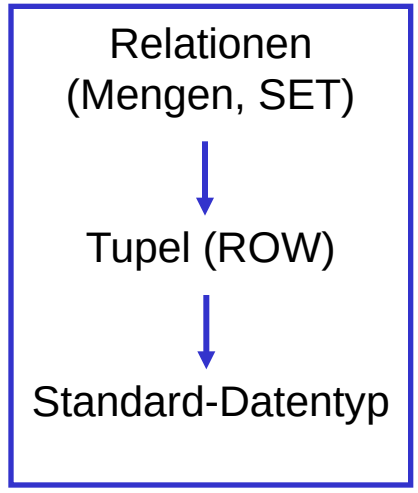
- Realisierung von Beziehungen über OIDs (Referenz-Attribute)
  - Objekt-Ids / Referenzen erlauben Bildung komplexer Objekte bestehend aus Teilobjekten
  - Gemeinsame Teilobjekte ohne Redundanz möglich (referential sharing)

- implizite Dereferenzierung über *Pfadausdrücke* anstatt expliziter Verbundanweisungen

  PERS->ABTLG->A-ORT

Komplexe Objekte: Typkonstruktoren

- Relationenmodell
  - Nur einfache Attribute, keine zusammengesetzte oder mengenwertige Attribute
  - Nur zwei Typkonstruktoren: Bildung von Tupeln und Relationen (Mengen)
  - Keine rekursive Anwendbarkeit von Tupel- und Mengenkonstruktoren



- OODBS
  - Objekte können Teilobjekte enthalten (Aggregation): eingebettet (Komposition, Wertesemantik) oder über OIDs referenziert
  - Objektattribute können sein:
    - einfach (Standardtypen: Integer, Char, ...)
    - über Typkonstruktoren strukturiert / zusammengesetzt
    - Instanzen von (benutzerdefinierten) Objekttypen
    - Referenzen

Komplexe Objekte: Typkonstruktoren

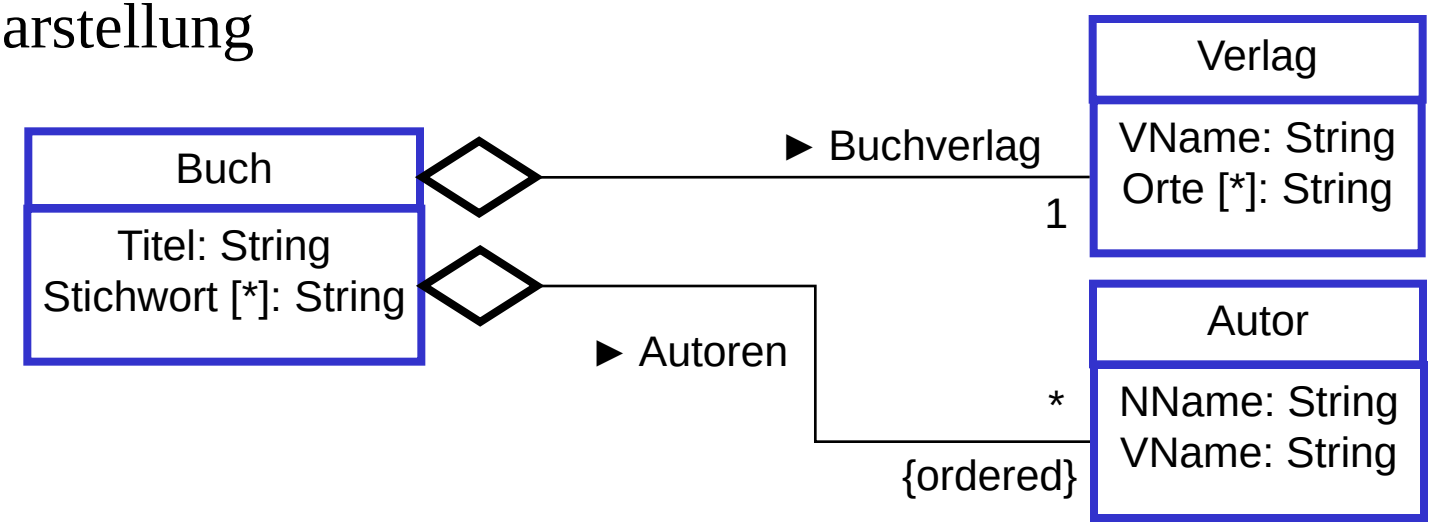
- Typkonstruktoren zum Erzeugen strukturierter (zusammengesetzter) Datentypen aus Basistypen
  - TUPLE (ROW, RECORD)
  - SET, BAG (MULTISET)
  - LIST (SEQUENCE), ARRAY (VECTOR)

- SET/BAG/LIST/ARRAY verwalten homogene Kollektionen: Kollektionstypen

Typ	Duplikate	Ordnung	Heterogenität	#Elemente	Elementzugriff über
TUPLE	JA	JA	JA	konstant	Namen
SET	NEIN	NEIN	NEIN	variabel	Iterator
BAG	JA	NEIN	NEIN	variabel	Iterator
LIST	JA	JA	NEIN	variabel	Iterator / Position
ARRAY	JA	JA	NEIN	konstant	Index

Komplexe Objekte: Beispiel

- UML-Darstellung



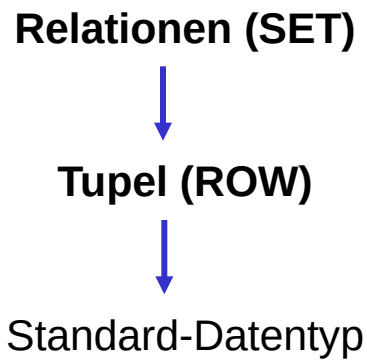
- Verwendung von Typkonstruktoren:

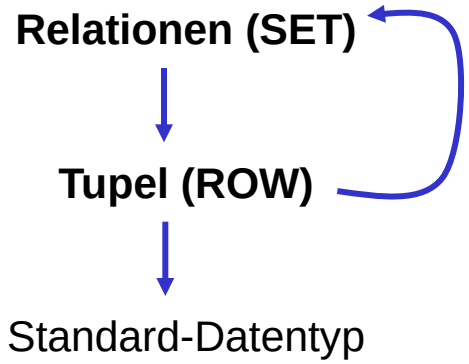
class AUTOR (Nname, VName: String)

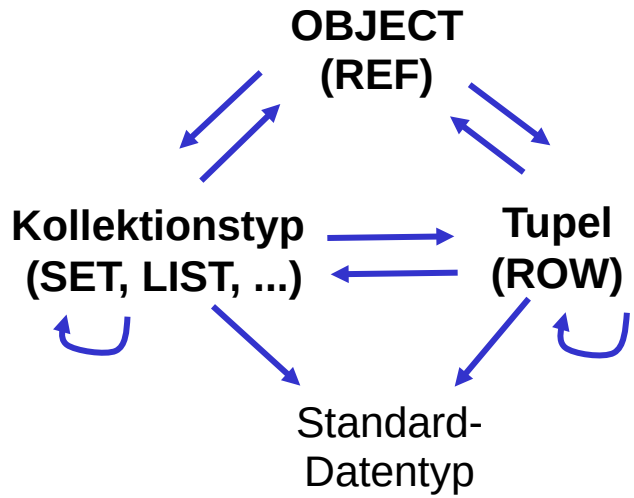
class VERLAG (

class BUCH (

Vergleich Datenmodelle







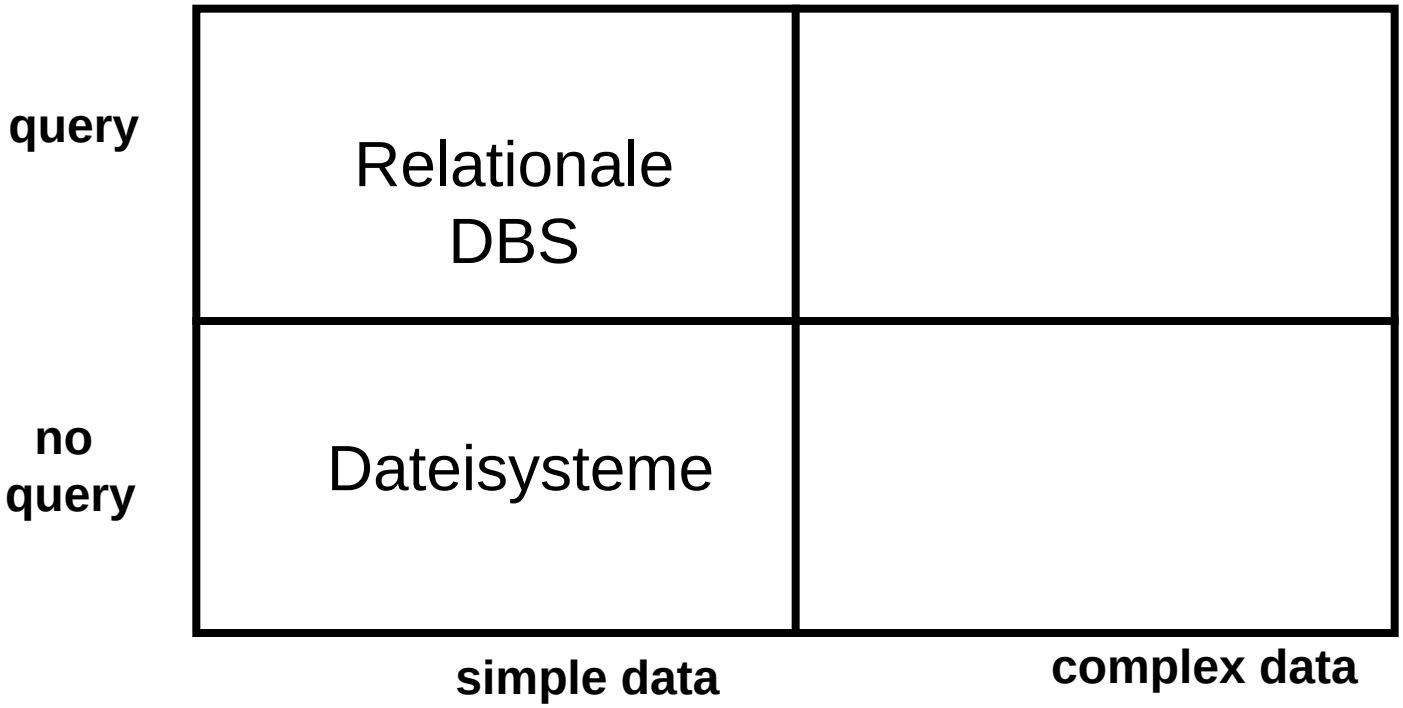
Relationenmodell **NF²** **Objektmodell**

- Ziel: beliebige (rekursive) Kombinierbarkeit der Typkonstrukturen
- OODBS-Standardisierung erfolgte im Rahmen der ODMG (Object Data Management Group): www.odmg.org

Objekt-relationale DBS: Merkmale

- Erweiterung des relationalen Datenmodells um Objekt-Orientierung
- Bewahrung der Grundlagen relationaler DBS, insbesondere deklarativer Datenzugriff (Queries), Sichtkonzept etc.
- alle Objekte müssen innerhalb von Tabellen verwaltet werden
- Standardisierung von ORDBS v.a. in SQL1999 und SQL2003
- komplexe, nicht-atomare Attributtypen (z.B. relationenwertige Attribute)
- erweiterbares Verhalten über gespeicherte Prozeduren und benutzerdefinierte Datentypen und Funktionen (z.B. für Multimedia, ...)

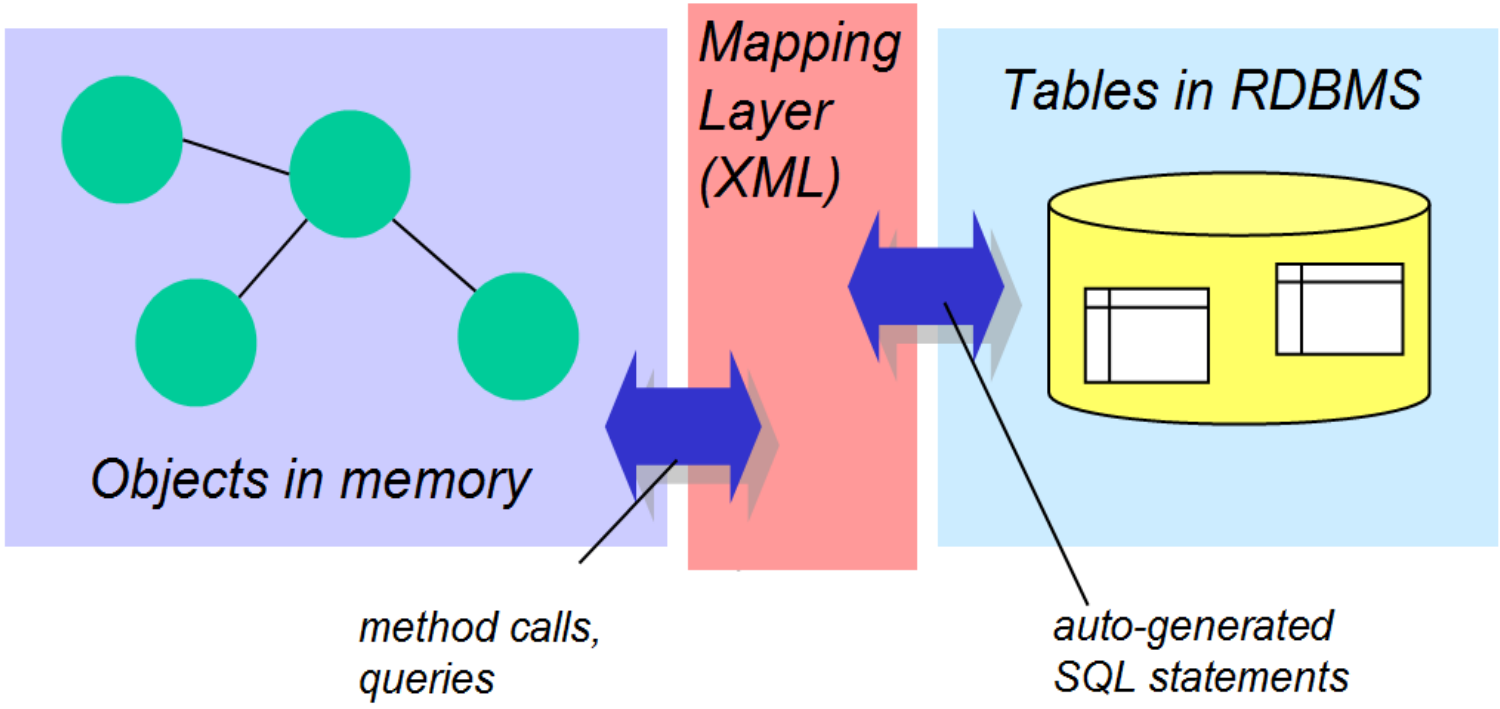
Grobvergleich nach Stonebraker



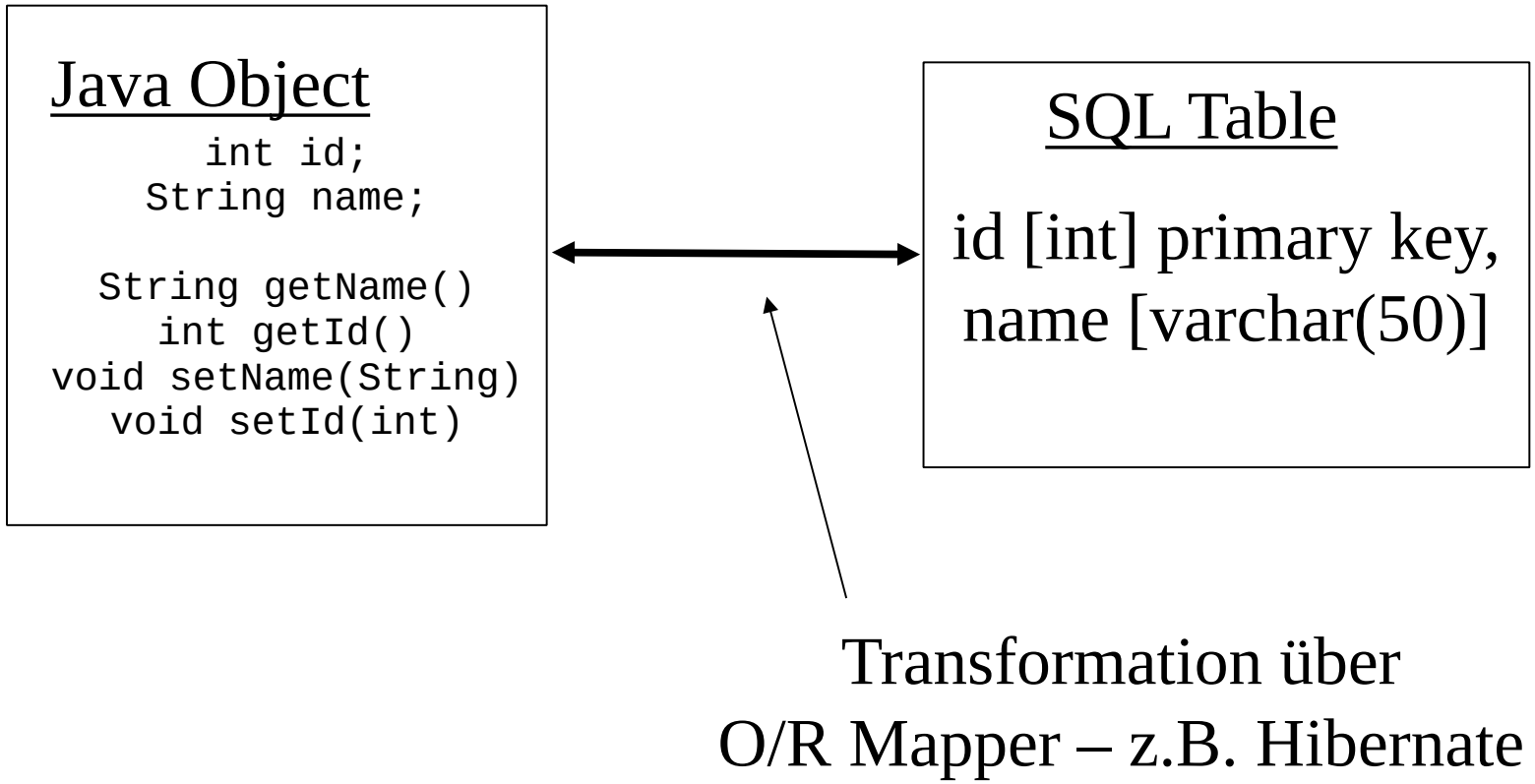
- kein Systemansatz erfüllt alle Anforderungen gleichermaßen gut
  - relationale DBS: einfache Datentypen, Queries, ...
  - OODBS: komplexe Datentypen, gute Programmiersprachen-Integration, hohe Leistung für navigierende Zugriffe
  - ORDBS: komplexe Datentypen, Querying ...
- geringe Marktbedeutung von OODBS gegenüber ORDBS

O/R Mapping Frameworks

- Zwischenschicht zur Abbildung zwischen objektorientierten Anwendungen und relationalen Datenbanken (O/R-Mapping)
  - komfortablere Abbildung zwischen Anwendungsobjekten und Datenbank als mit SQL-Einbettung / CLI (z.B. JDBC), u.a. für komplexe Objekte
  - einheitliche Manipulation transienter und persistenter Objekte
  - größere Unabhängigkeit gegenüber DB-Aufbau



Object/Relational Mapping



O/R Mapping Frameworks

- Anforderungen
  - flexibles Mapping für Vererbungshierarchien, komplexe Objekte, …
  - Persistenzverwaltung
  - Transaktionsverwaltung
  - Query-Unterstützung
  - Caching
- Unterstützung innerhalb von Software-Entwicklungsarchitekturen
  - J2EE: Enterprise Java Beans (EJB)
  - .NET-Framework
- leichtgewichtigere Frameworks
  - Java Persistence API (JPA)
  - Hibernate
  - Entity framework (für .NET-Programmiersprachen wie C#)
  - Python SQLAlchemy
  - PHP Doctrine

Hibernate

- Open-Source-Framework zum O/R-Mapping, u.a. für Java-Objekte
- gleichartige Verarbeitung transienter und persistenter Objekte
- flexible Mapping-Optionen über XML-Konfigurationsdateien
- Vererbungsoptionen:
  - table-per-class
  - table-per-class-hierarchy
  - table-per-subclass
- Query-Sprache HQL (SQL-Anfragen weiterhin möglich)
- Konfigurationsoptionen
  - Caching-Optionen (session, shared, distributed)
  - Lese/Ladestrategien („lazy loading“ von Objektmengen)
  - Schreibstrategien (WriteOnCommit, BatchUpdate)
  - Locking: optimistisch (timestamp) oder pessimistisch

www.hibernate.org

Hibernate Mapping: Beispiel

Person.java

```
public class Person {
    private java.util.Date birthday;
    private Name name;
    private String key;
    public String getKey() {
        return key;
    }
    private void setKey(String key) {
        this.key=key;
    }
    public java.util.Date getBirthday() {
        return birthday;
    }
    public void setBirthday(java.util.Date birthday) {
        this.birthday = birthday;
    }
    public Name getName() {
        return name;
    }
    public void setName(Name name) {
        this.name = name;
    }
    ......
    ......
}
```

person.hbm.xml

```
<hibernate-mapping>
  <class name="Person" table="person"
    <id name="key" column="pid" type="string"
    /> >
          <generator class="native"/>
    </id>
    <property name="birthday" type="date"/>
    <component name="Name" class="Name"
          <property name="initial" />
          <property name="first" />
          <property name="last" />
     </component>
  </class>
</hibernate-mapping>
```

person table

Column Name	Data Type	Length	Allow Nulls
pid	varchar	20	
birthday	datetime	8	✓
initial	char	1	✓
[first]	varchar	50	✓
[last]	varchar	50	✓

```
public class Name {
    char initial;
    String first;
    String last;
    public String getFirst() {
        return first;
    }
    void setFirst(String first) {
        this.first = first;
    }
    public String getLast() {
        return last;
    }
    void setLast(String last) {
        this.last = last;
    }
    public char getInitial() {
        return initial;
    }
    void setInitial(char initial) {
        this.initial = initial;
    }
}
```

Name.java

Hibernate Anwendung: Beispiel

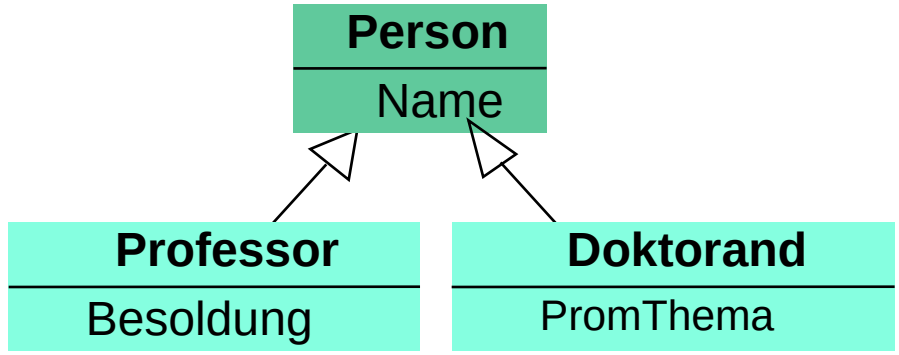
```
Session s = factory.openSession();
Transaction tx = null;
    try {       tx = s.beginTransaction();
                Name n = new Name()
                Person p = new Person();
                n.setFirst („Robin“); n.setLast („Hood“);
                p.setName(n); …
                s.save(p);
                tx.commit();

                Query q1 = s.createQuery("from Person");
                 List l = q1.list()
                 //Ausgabe ...
      s.close();
    } catch (HibernateException e) {
      e.printStackTrace();
    }}
```

Hibernate Generalisierung (1)

- Table-per-subclass: vertikale Partitionierung
- Beispiel (Ausschnitt)

```
<class name="Person" table="PERSON">
   <id name="id" type="long" column="ID"> ... </id>
   <property name="Name" column="NAME"/>
        <joined-subclass name="Professor" table="PROF">
           <key column="ID"/>
      <property name="Besoldung" column="BESOLDUNG"/>
    </ joined-subclass>
    <joined-subclass ...
</class>
```

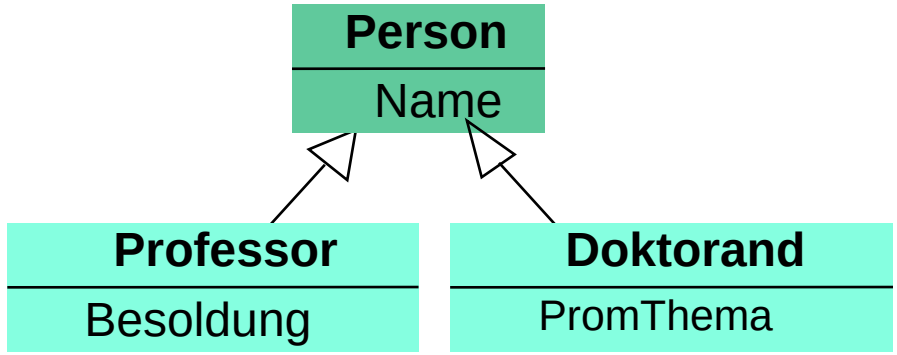


PERSON	
ID	NAME
1	Rahm
2	Franke

PROF	
ID	BESOLDUNG
1	C4

DOKTORAND	
ID	PROMTHEMA
2	Privacy

Hibernate Generalisierung (2)



- Table-per-(concrete) class: Horizontale Partitionierung
- Beispiel (Ausschnitt)

```
<class name="Person" table="PERSON">
  <id name="id" type="long" column="ID"> ... </id>
  <property name="Name" column="NAME"/>
        <union-subclass name="Professor" table="PROF">
          <property name="Besoldung" column="BESOLDUNG"/>
   </union-subclass>
   <union-subclass ...
</class>
```

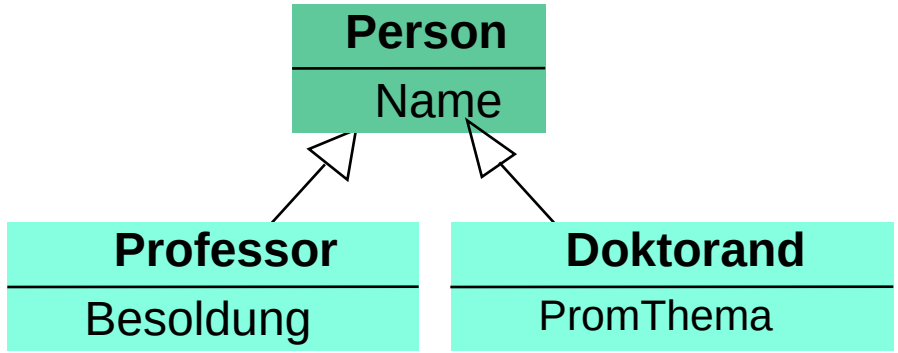
- Spezialfall, wenn Spezialisierung vollständig
  - Andernfalls auch eine Tabelle für Superklasse Person.

PROF		
ID	NAME	BESOLDUNG
1	RAHM	C4

DOKTORAND		
ID	NAME	PROMTHEMA
2	Franke	Privacy

Hibernate Generalisierung (3)

- Table-per-class-hierarchy:
  eine Tabelle pro Hierachie (“wide table”)
  - Spezialisierung durch Discriminator-Spalte
- Beispiel (Ausschnitt)




```
<class name=“Person" table=“PERSON">
 <id name="id" type="long" column="ID"> ... </id>
  <discriminator column="TYP" type="string"/>
    <property name=“Name" column=“NAME"/>
            <subclass name=“Professor“ discriminator-value=“Prof">
              <property name=“Besoldung" column=“BESOLDUNG"/>
    </subclass>
 <subclass ...
</class>
```

PERSON				
ID	NAME	TYP	BESOLDUNG	PROMTHEMA
1	Rahm	Prof	C4	NULL
2	Franke	Doktorand	NULL	Privacy

Zusammenfassung

- RM unterstützt anspruchsvollere Anwendungen nur bedingt
  - Multimedia-DBS, Deduktive DBS, Geo-DBS, CAD-DBS , Bio-DBS, XML-DBS, . . .
- OODBS (und ORDBS) unterstützen
  - komplexe Objekte und Objektidentität
  - Typhierarchien und Vererbung
  - Erweiterbarkeit bezüglich Objekttypen und Verhalten
- strikte Kapselung zu inflexibel (Ad-hoc-Anfragemöglichkeit wichtig)
- Bewertung OODBS gegenüber ORDBS
  - einheitliche Bearbeitung transienter und persistenter Daten über objekt-orientierte Programmierschnittstelle (enge Programmiersprachenintegration)
  - hohe Leistung für navigierende Zugriffe, z. B. in Entwurfsanwendungen (CAD)
  - geringe Marktbedeutung
- ORDBS
  - Erweiterung des RM / SQL um objekt-orientierte Konzepte
  - NF^2 erweitert Relationenmodell, jedoch unzureichend
- O/R-Mapping: persistente Objekte mit relationalen DB