

3. Von relationalen zu objekt-relationalen DBS

■ Beschränkungen des relationalen Datenmodells

- Beispiel: Modellierung von 3D-Objekten
- Anwendungsgebiete mit besonderen Anforderungen
- Impedance Mismatch

■ Klassifikation von Datenmodellen

■ NF2-Ansatz

■ OODBS

- 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

Ausprägungen

Schema

ANGESTELLTER

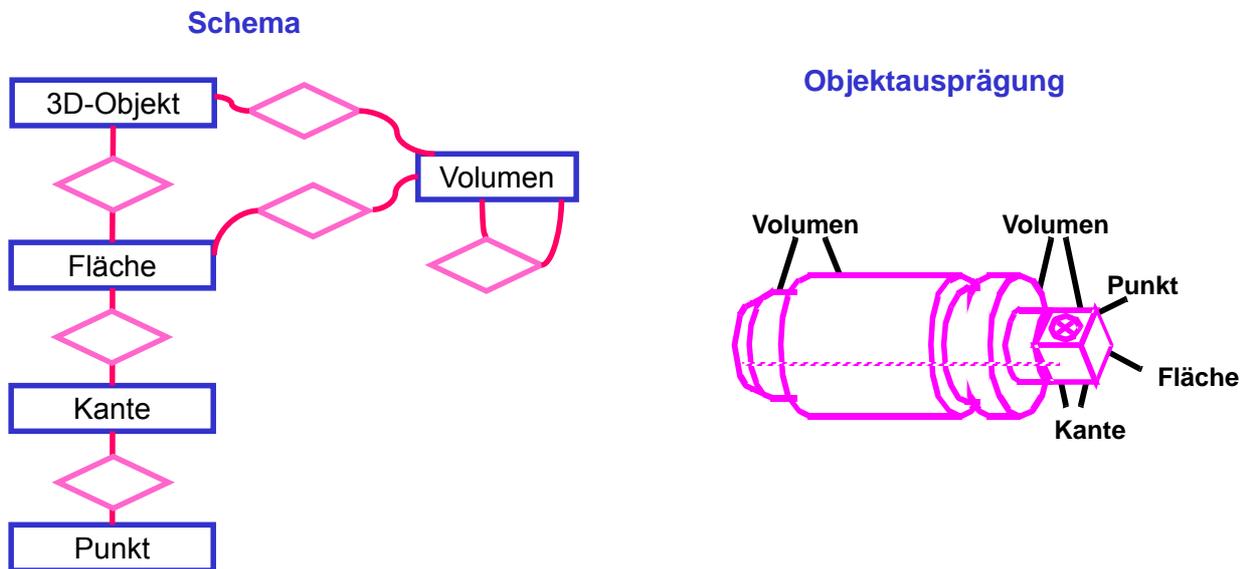
Satztyp (Relation)

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

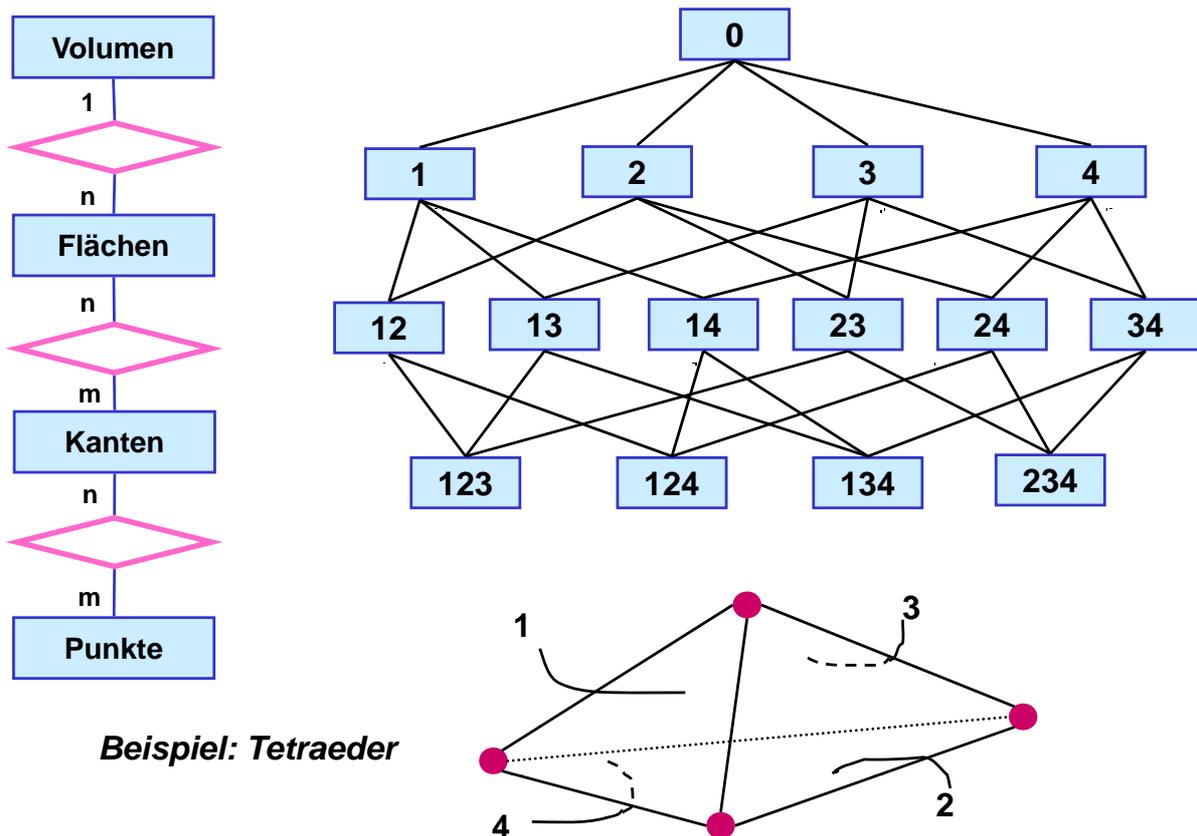


Objekt-Darstellung (2)

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

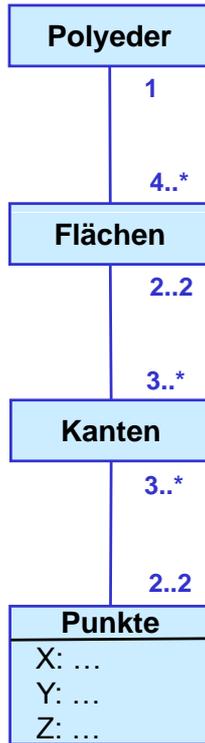


Modellierung von 3D-Objekten im ER-Modell



Modellierung von Polyedern im RM

ERM



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);
```

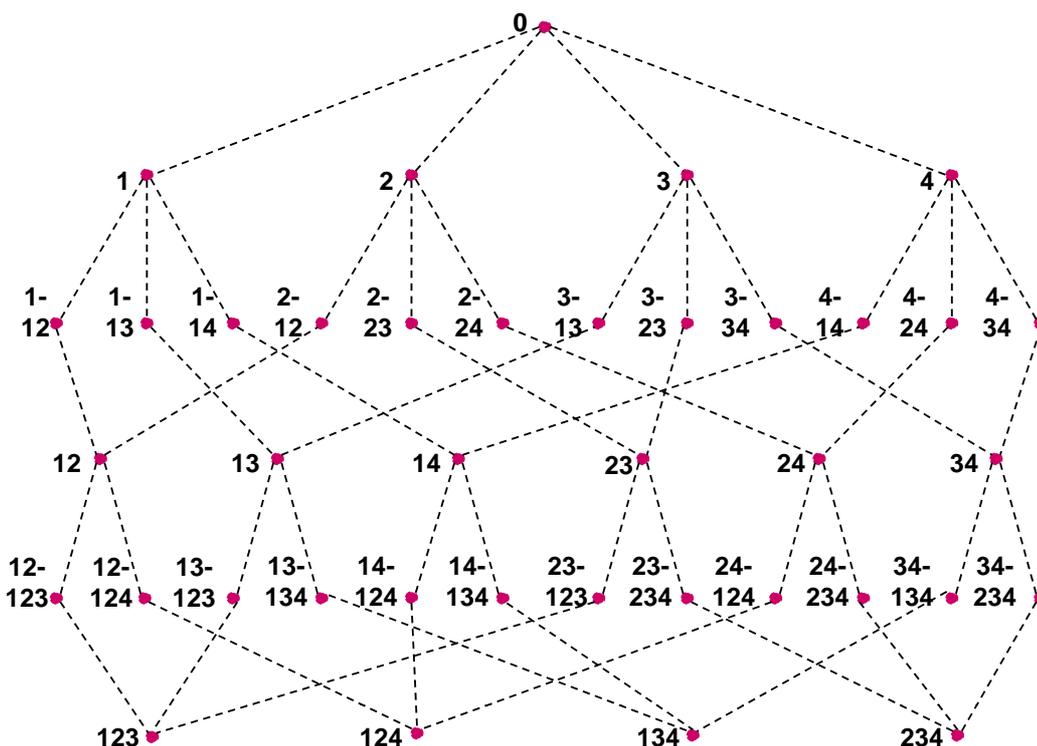
```
CREATE TABLE KP_Rel
(kid: INTEGER,
pid: INTEGER,
PRIMARY KEY (kid, pid),
FOREIGN KEY (kid)
REFERENCES Kante,
FOREIGN KEY (pid)
REFERENCES Punkt);
```



Relationenmodell – angemessene Modellierung?

Darstellung eines Tetraeder mit vid = 0

Relationen



Beispielanfragen

- Finde 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;
```



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
- Geoinformationssysteme: räumliche Daten und Operationen
- Bioinformatik: komplex strukturierte Daten (Proteinstrukturen ...)



Wissensbasierte Anwendungen

- Verwaltung von Fakten (formatierte Daten = extensionale DB) und Regeln (intensionale DB)
 - Regeln dienen zur Ableitung von implizit vorhandenen Informationen
 - Nutzung nicht nur in KI-Anwendungen: Stücklistenauflösung, Wegeprobleme (Berechnung der transitiven Hülle)
- Hauptanforderung: effiziente Regelauswertung (Inferenz), Behandlung von Rekursion

Fakten:

F1: Elternteil(C, A) <-
F2: Elternteil(D, A) <-
F3: Elternteil(D, B) <-
F4: Elternteil(G, B) <-
F5: Elternteil(E, C) <-
F6: Elternteil(F, D) <-
F7: Elternteil(H, E) <-

Anfrage:

? Vorfahr(x, A)

Regeln:

R1: Vorfahr(x, y) <- Elternteil(x, y)
R2: Vorfahr(x, y) <- Elternteil(x, z), Vorfahr(z, y)



Beschränkungen des Relationenmodells

- nur einfache (Standard-) Datentypen
- nur einfach strukturierte Datenobjekte (satzorientiert, festes Format)
- Relationenmodell ist "wertebasiert"
 - Identifikation von Daten durch Schlüsselwerte
 - Modellierung von Beziehungen über Fremdschlüssel
 - Benutzer muss häufig künstliche Schlüsselattribute einführen
 - umständliche Modellierung komplexer Strukturen
- geringe Semantik
 - u.a. beliebige Namensvergabe (Benutzer muss Bedeutung der Daten kennen)
- nur einfache Integritätsbedingungen



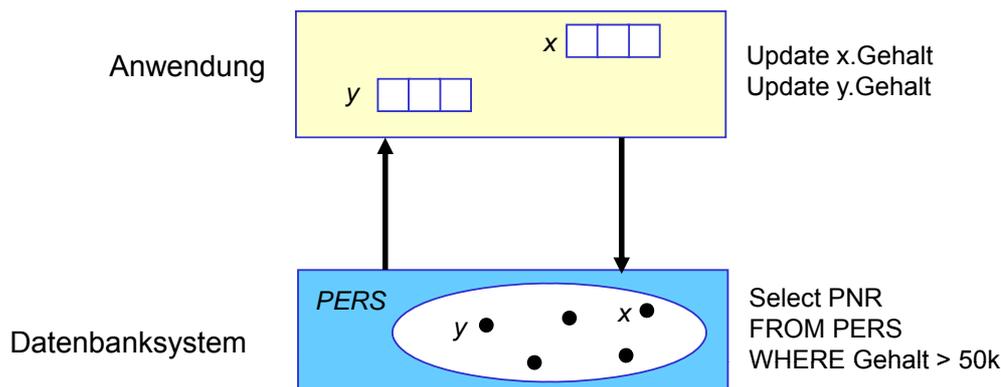
Beschränkungen des Relationenmodells (2)

- keine Unterstützung der Abstraktionskonzepte (Generalisierung, Aggregation)
- keine Spezifikation von "Verhalten" (Funktionen)
- keine Unterstützung von Versionen und Zeit
- begrenzte Auswahlmächtigkeit der Anfragesprachen
 - nicht sämtliche Berechnungen möglich
 - keine Unterstützung von Rekursion (Berechnung der transitiven Hülle)
- umständliche Einbettung in Programmiersprachen (impedance mismatch)
- oft schlechte Effizienz für anspruchsvolle Anwendungen
- auf kurze Transaktionen zugeschnitten (ACID)



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



Forderungen an Datenmodell

- Definition von
 - statischen Eigenschaften (Objekte, Attribute, Datentypen, Beziehungen),
 - dynamischen Eigenschaften (Operationen) sowie
 - statischen und dynamischen Integritätsbedingungen
- Mächtigkeit:
 - direkte Modellierbarkeit von Anwendungsobjekten (=> Unterstützung komplexer Objekte)
 - Unterstützung spezieller semantischer Konstrukte (n:m-Beziehungen, etc.)
- Abstraktionsvermögen (Information hiding)
- Erweiterbarkeit bei Datentypen und Operationen
- Exakte, formale Definition zur Gewährleistung von
 - Konsistenz (Nicht-Widersprüchlichkeit)
 - Vollständigkeit und geringer Redundanz

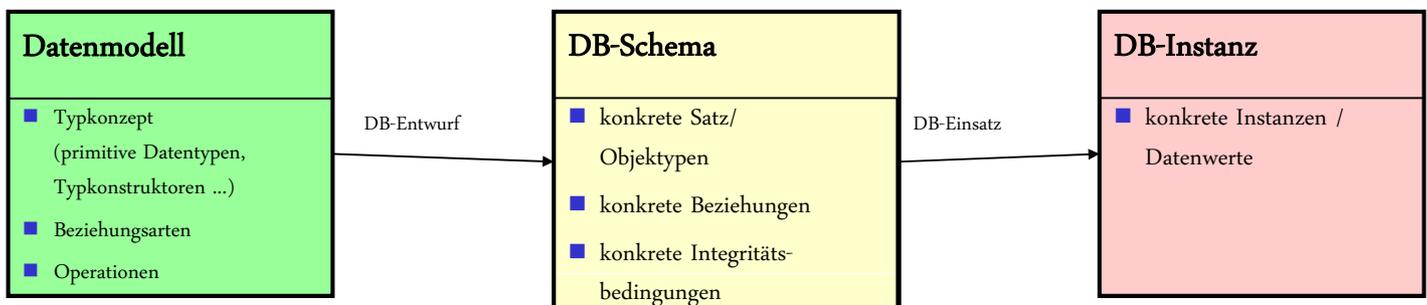


Abstraktionsstufen

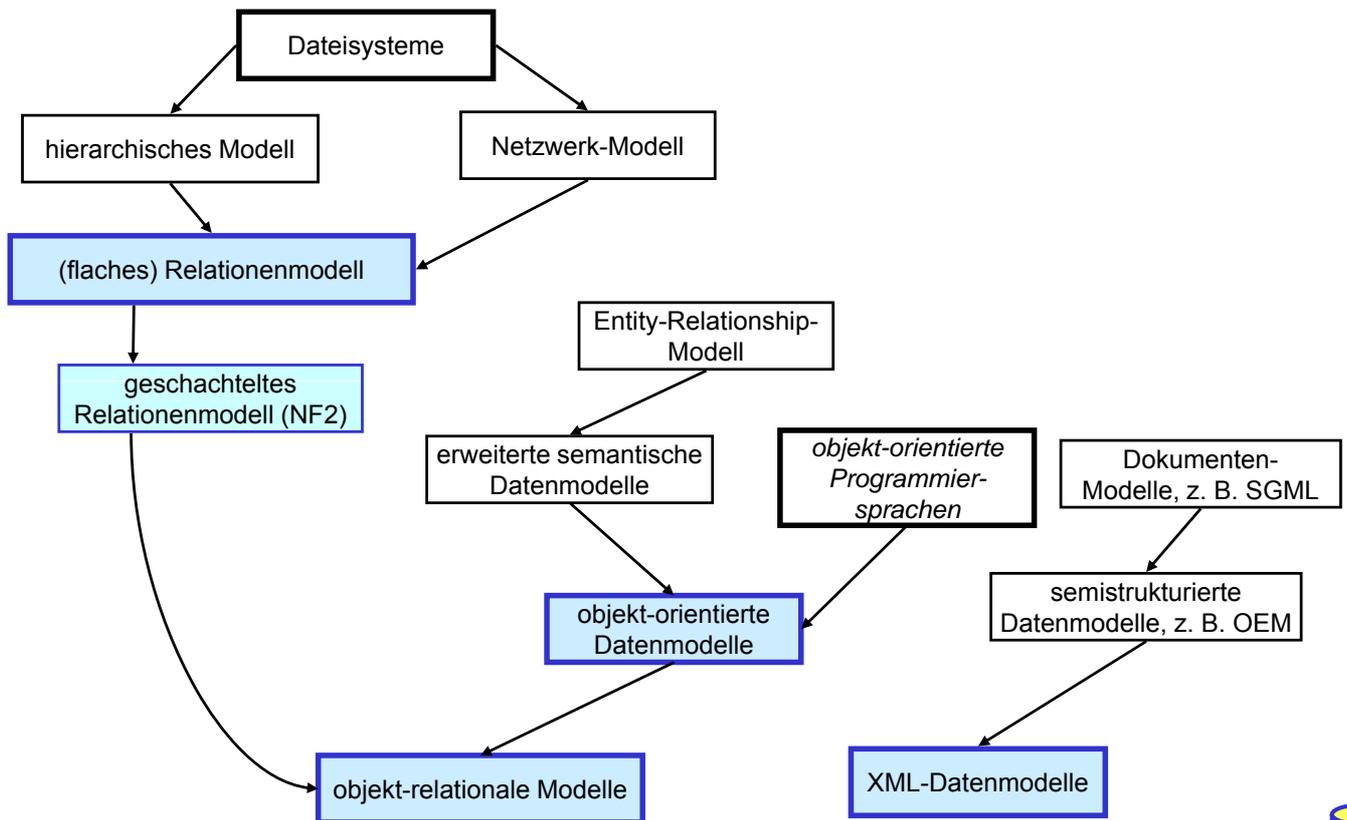
Grundsätzliche
Strukturierungskonzepte des
DBS

DB-Aufbau für konkrete
Anwendung / Miniwelt

Abbild der Miniwelt:
Beschreibung eines
bestimmten Zustands



Entwicklung von Datenmodellen



NF2-Modell

■ Non-First Normal Form

- '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** Tupelkonstruktor



NF²-Ausprägung (1 Tupel)

Volumen							
Vld	Bez	Flaechen		Kanten			
		Fld	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 (3)

■ Erweiterte relationale Algebra

- Erweiterung von Projektion und Selektion auf geschachtelte Strukturen
- **NEST**-Operation: Erzeugen geschachtelter Relationenformate aus flachen Relationen
- **UNNEST**-Operation: Normalisierung (“Flachklopfen”) geschachtelter Relationen
- NEST und UNNEST sind i. a. nicht invers zueinander !

A	B
1	2
	3
1	4
	5

A	B

A	B



NF2-Modell (4)

■ Erweiterter natürlicher Join

R1

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

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

R2

R1 ⋈ **R2**



Bewertung des NF2-Modells

■ Vorteile:

- einfaches Relationenmodell als Spezialfall enthalten
- Unterstützung komplex-strukturierter Objekte
- reduzierte Join-Häufigkeit
- Clusterung einfach möglich
- sicheres theoretisches Fundament (NF2-Algebra)

■ Nachteile:

- überlappende/gemeinsame 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



OODBS

- Ansätze zur objekt-orientierten Datenverwaltung
 - Anreicherung von Programmiersprachen um DB-Eigenschaften (Persistenz, Integrität, ...) -> *persistente Programmiersprachen / OODBS*
 - Anreicherung von DBS um objekt-orientierte Konzepte -> *ORDBS*
- OODBS-Anforderungen
 - Modellierung der Struktur (komplexe Objekte)
 - Modellierung von Verhalten (ADTs, Methoden)
- OODBS: Beseitigung des “impedance mismatch”/ bessere Effizienz
 - Erweiterung objektorientierter Programmierung um DB-Sprache
 - verbesserte Datenmodellierung (komplexe Objekte, Vererbung) sowie Verhaltensmodellierung
 - einheitliche Verwaltung transienter und persistenter Objekte
 - effiziente Traversierung komplexer Objektstrukturen



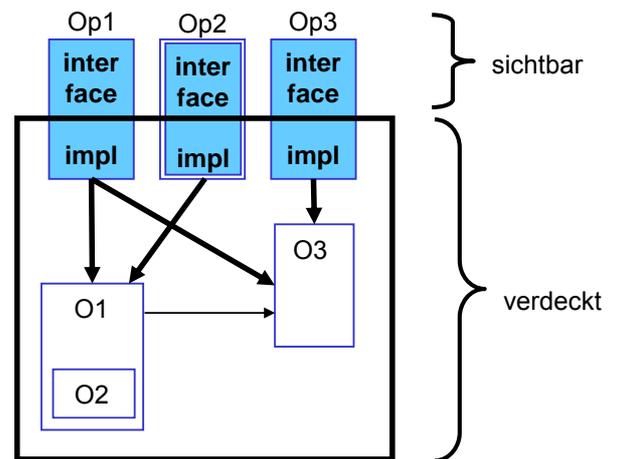
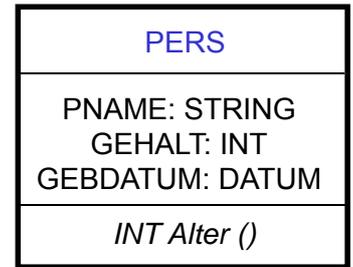
Definition eines objekt-orientierten DBS

- OODBS-Manifesto von 1990:
 - OODBS muss ein DBS sein
 - OODBS muss ein objekt-orientiertes System sein
- DBS-Aspekte
 - Persistenz, Externspeicherverwaltung, Datenunabhängigkeit
 - Transaktionsverwaltung, Ad-Hoc-Anfragesprache
- essentielle OOS-Aspekte:
 - Objektidentität, komplexe Objekte, Kapselung
 - Typ-/Klassenhierarchie, Vererbung, Überladen und spätes Binden
 - operationale Vollständigkeit, Erweiterbarkeit
- optionale OOS-Aspekte:
 - Mehrfachvererbung, Versionen, lang-lebige Transaktionen •••

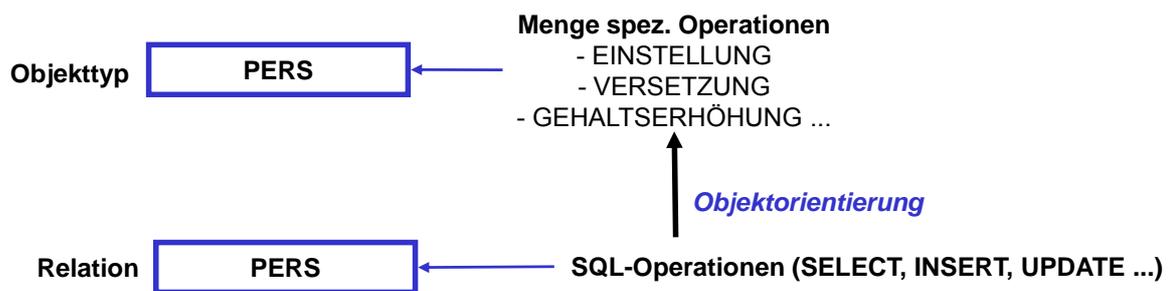


Objekttypen / Kapselung

- Objekt = Struktur + Verhalten
- 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)
 - Struktur von Objekten wird verborgen
 - Verhalten des Objektes ist ausschließlich durch seine Operationen (Methoden) bestimmt
 - nur Namen und Signatur (Argumenttypen, Ergebnistyp) von Operationen werden bekannt gemacht
 - Implementierung der Operationen bleibt verborgen



Kapselung (2)



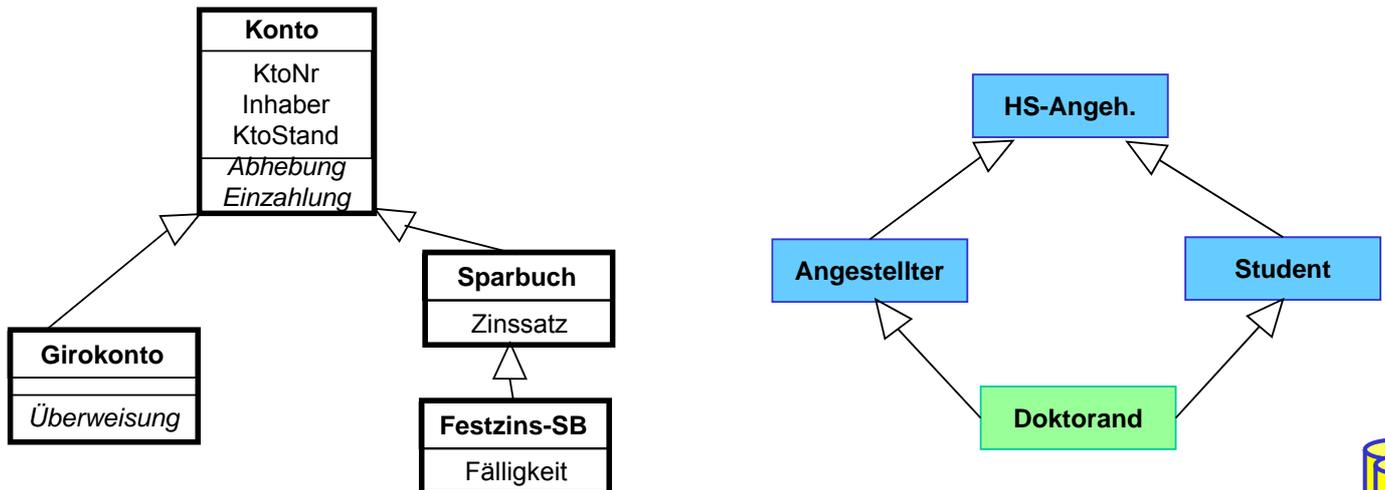
- Verwaltung von Objekttypen und Operationen im DBS
 - zusätzliche Anwendungsorientierung im DBS gegenüber Stored Procedures
 - verringerte Kommunikationshäufigkeit zwischen Anwendung und DBS
 - Reduzierung des "impedance mismatch"
- Vorteile der Kapselung: höherer Abstraktionsgrad
 - logische Datenunabhängigkeit,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



Generalisierung

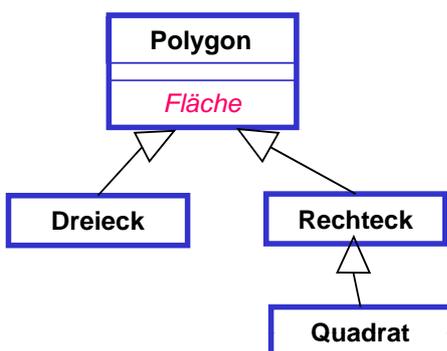
■ Generalisierungs-/Spezialisierungshierarchie (IS-A-Beziehung)

- 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)

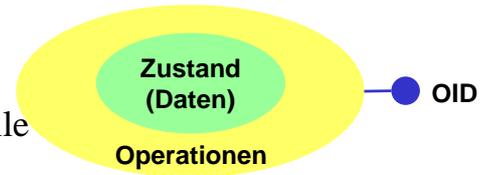
- derselbe Methodenname wird für unterschiedliche Prozeduren verwendet (polymorphe Methoden)
 - erleichtert Realisierung nutzender Programme und verbessert Software-Wiederverwendbarkeit
- Overloading innerhalb von Typ-Hierarchien:
 - Redefinition von Methoden für Subtypen (*Overriding*)
 - spezialisierte 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

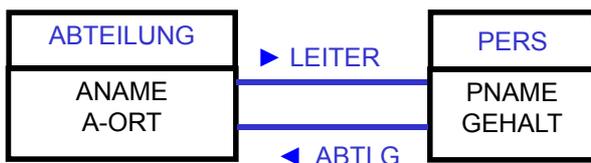
- systemweit eindeutige Objekt-Identifikatoren
- OID während Objektlebensdauer konstant, üblicherweise systemverwaltet
- OID tragen keine Semantik (<-> Primärschlüssel im RM)
- Änderungen beliebiger Art (auch des Primärschlüssels im RM) ergeben *dasselbe* Objekt

■ Vorteile gegenüber „wertebasiertem“ Relationenmodell

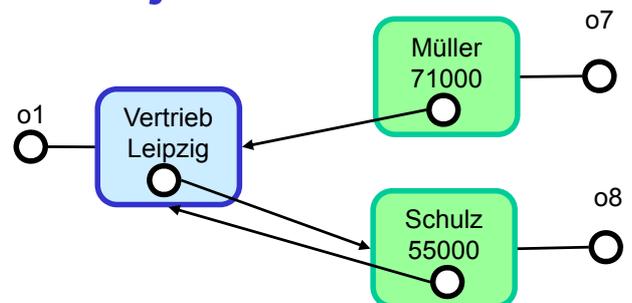
- Trennung von Identität und (Werte) Gleichheit
- Notwendigkeit künstlicher Primärschlüssel wird vermieden
- Beziehungen können über stabile OID-Referenzen anstelle von Fremdschlüsseln realisiert werden
- einfachere Realisierung komplexer (aggregierter) Objekte
- effizienterer Zugriff auf Teilkomponenten



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

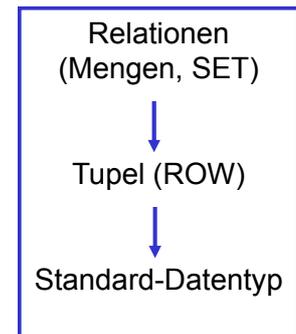
PERS->ABTLG->A-ORT



Komplexe Objekte: Typkonstrukturen

■ Relationenmodell

- nur einfache Attribute, keine zusammengesetzte oder mengenwertige Attribute
- nur zwei Typkonstrukturen: Bildung von Tupeln und Relationen (Mengen)
- keine rekursive Anwendbarkeit von Tupel- und Mengenkonstrukturen



■ OODBS

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



Komplexe Objekte: Typkonstrukturen

■ Typkonstrukturen zum Erzeugen strukturierter (zusammengesetzter) Datentypen aus Basistypen

- **TUPLE** (ROW, RECORD)
- **SET**, **BAG** (MULTISET)
- **LIST** (SEQUENCE), **ARRAY** (VECTOR)

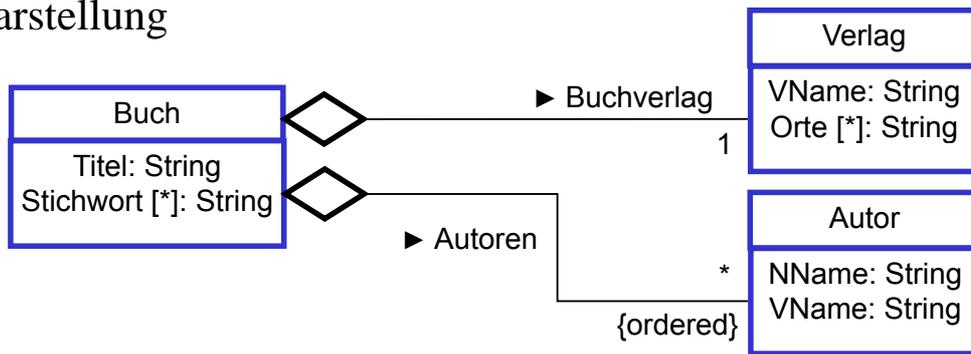
■ SET/BAG/LIST/ARRAY verwalten homogene Kollektionen: Kollektionstypen

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

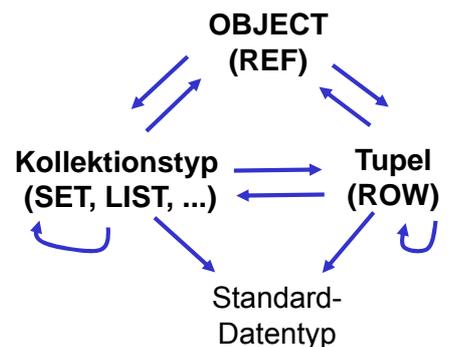
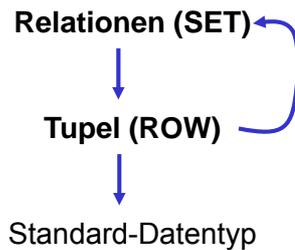
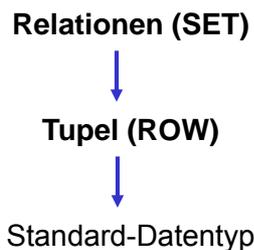
UML-Darstellung



Verwendung von Typkonstruktoren:



Vergleich Datenmodelle



Relationenmodell

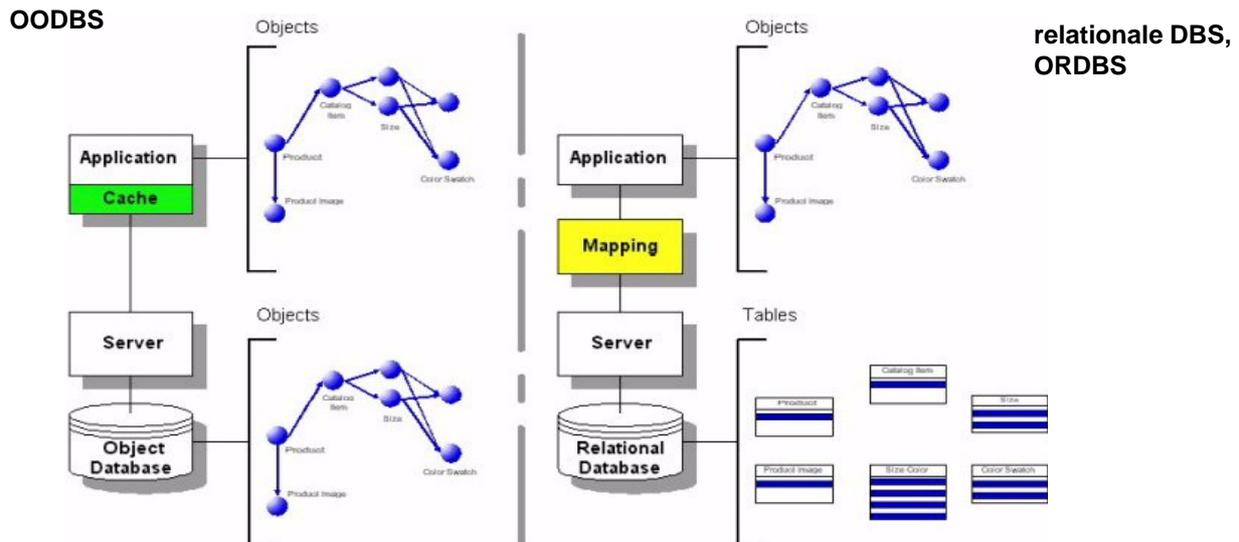
NF2

Objektmodell

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



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



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 durch 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

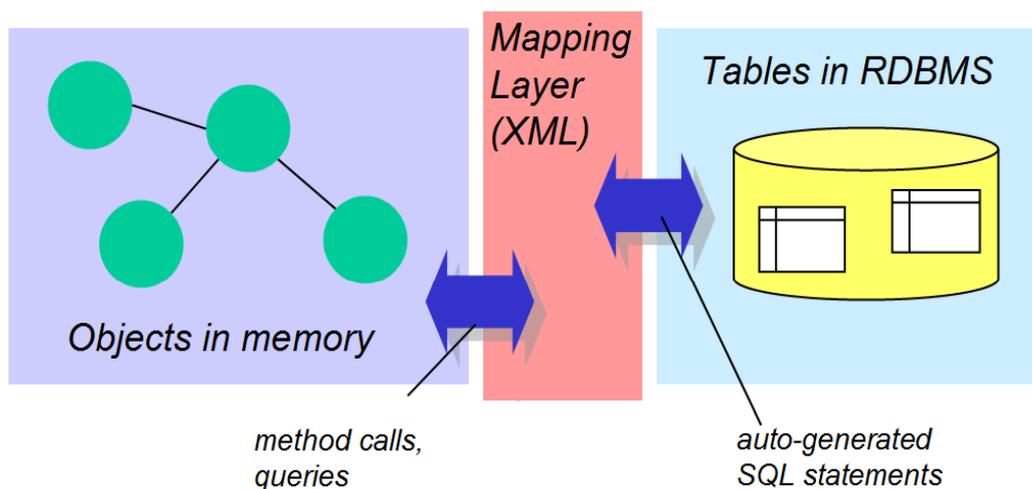
query		
no query		
	simple data	complex data

- 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 ...
- geringere Marktbedeutung von OODBS gegenüber ORDBS

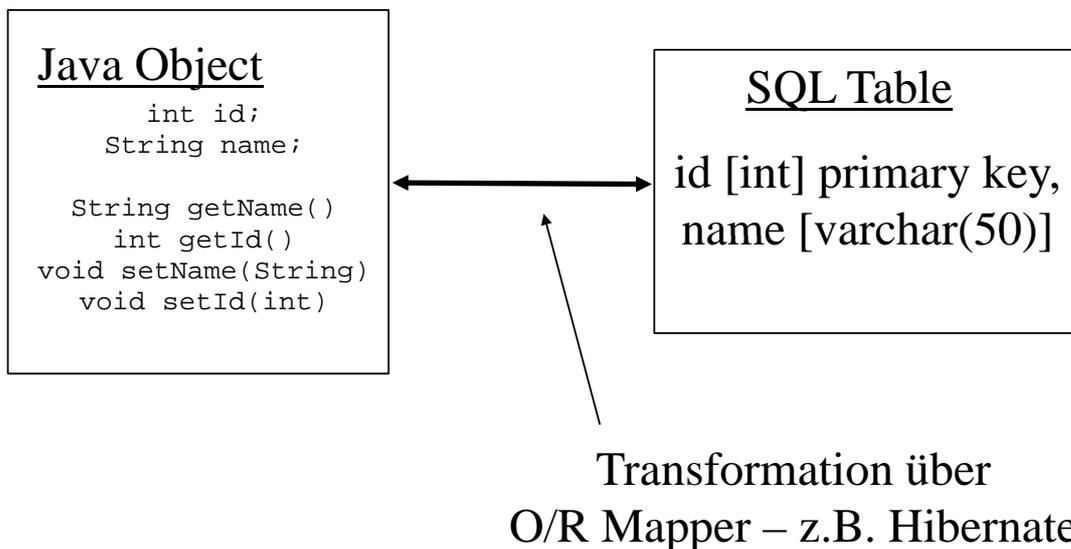


O/R Mapping Frameworks

- 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

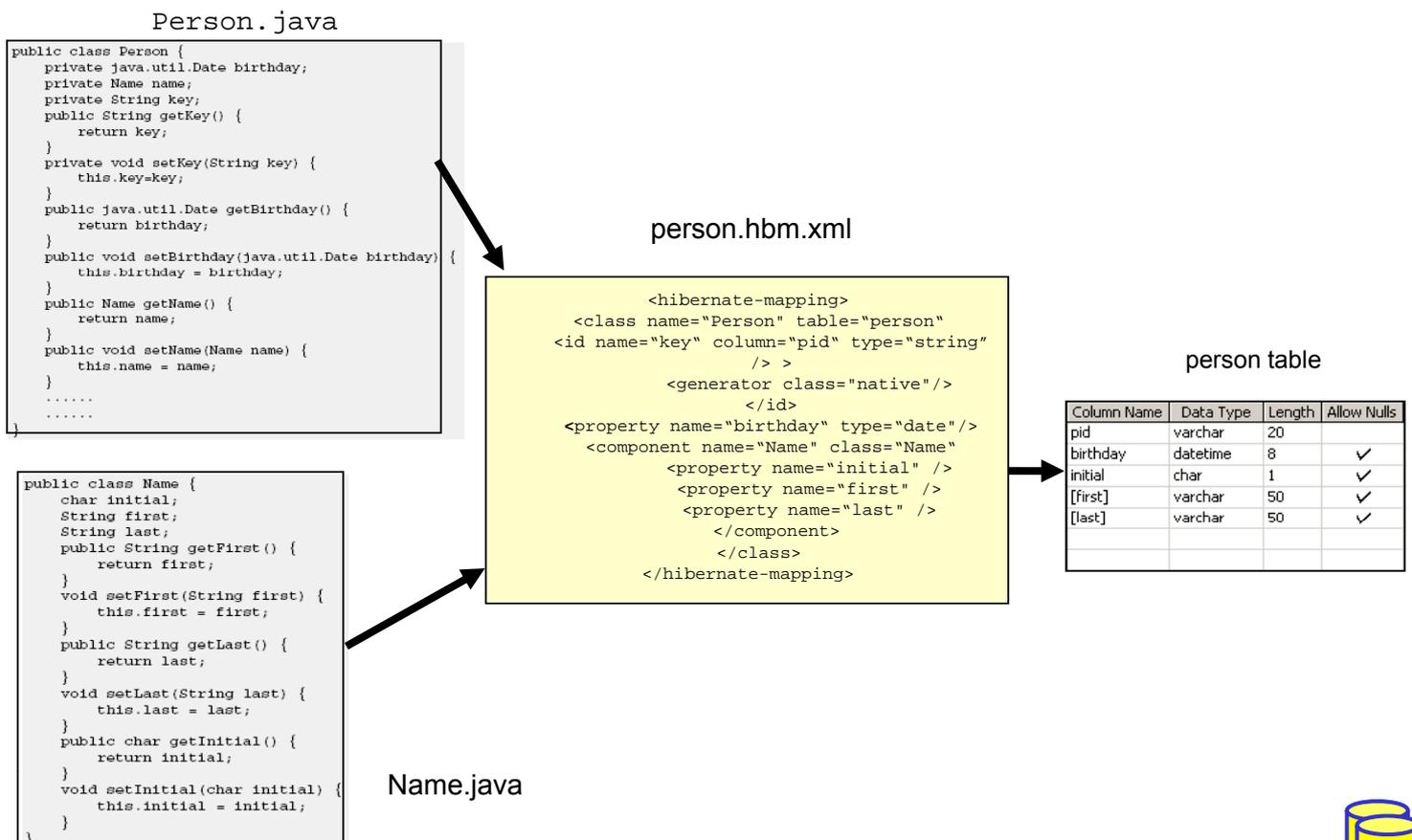
- Anforderungen
 - Flexibles Mapping für Vererbungshierarchien, komplexen Objekten, ...
 - Persistenzverwaltung
 - Transaktionsverwaltung
 - Query-Unterstützung
 - Caching
- Unterstützung innerhalb von Software-Entwicklungsarchitekturen
 - J2EE: Enterprise Java Beans (EJB)
 - .NET-Framework
- leichtgewichtige Frameworks
 - Java Data Objects (JDO)
 - Hibernate



- Open-Source-Framework zum O/R-Mapping für Java-Objekte
- gleichartige Verarbeitung transienter und persistenter Objekte
- flexible Mapping-Optionen über XML-Konfigurationsdateien
 - Vererbung:
 - table-per-class
 - table-per-class-hierarchy
 - table-per-subclass
 - explizite Unterstützung für 1:1, 1:n, n:m-Beziehungen
- Query-Sprache HQL (SQL-Anfragen weiterhin möglich)
- Caching-Optionen (session, shared, distributed)
- Lese/Ladestrategien („lazy loading“ von Objektmengen)
- Schreibstrategien (WriteOnCommit, BatchUpdate)
- Locking: optimistisch (timestamp) oder pessimistisch



Hibernate Mapping: Beispiel



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 ...

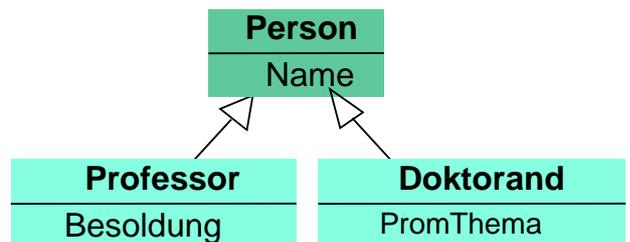
    s.close();
} catch (HibernateException e) {
    e.printStackTrace();
}
```



Hibernate Generalisierung (1)

- Table-per-(concrete-)class: 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	Aumueller

PROF	
ID	BESOLDUNG
1	C4

DOKTORAND	
ID	PROMTHEMA
2	Semantic Web

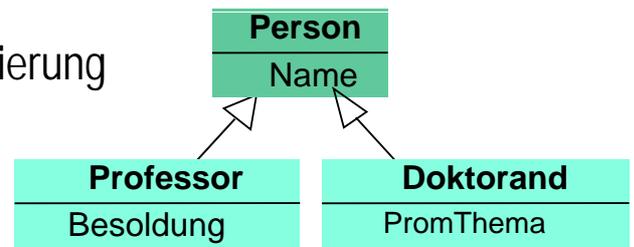


Hibernate Generalisierung (2)

- **Table-per-subclass:** 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	Aumueller	Semantic Web



Hibernate Generalisierung (3)

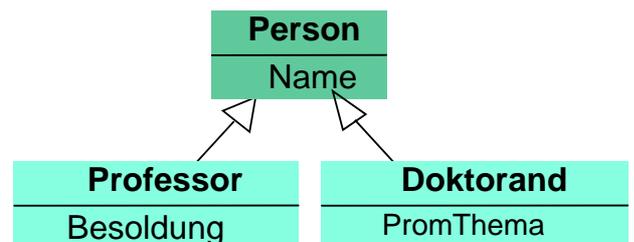
- **Table-per-class-hierarchy:**

eine Tabelle pro Hierarchie ("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	Aumueller	Doktorand	NULL	Semantic Web



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
 - NF2 erweitert Relationenmodell, jedoch unzureichend
- O/R-Mapping: persistente Objekte mit relationalen DB

