Autonomie & Heterogenität

Komplexe Informationssysteme

Fabian Panse

panse@informatik.uni-hamburg.de

Universität Hamburg

Universität Hamburg

DER FORSCHUNG | DER LEHRE | DER BILDUNG

Probleme

- Daten sind auf mehrere Quellen verteilt
- Verteilung führt zu Autonomie
  - Intra-Organisation: Historisch
  - Inter-Organisation: Naturgemäß (Internet & WWW)
- . . . und Autonomie führt zu Heterogenität
  - Daten-Verantwortung bzw. -Eigentümer meist lokal
  - interessiert an lokaler Nutzbarkeit
  - lokale Design-Entscheidungen

Übersicht Autonomie

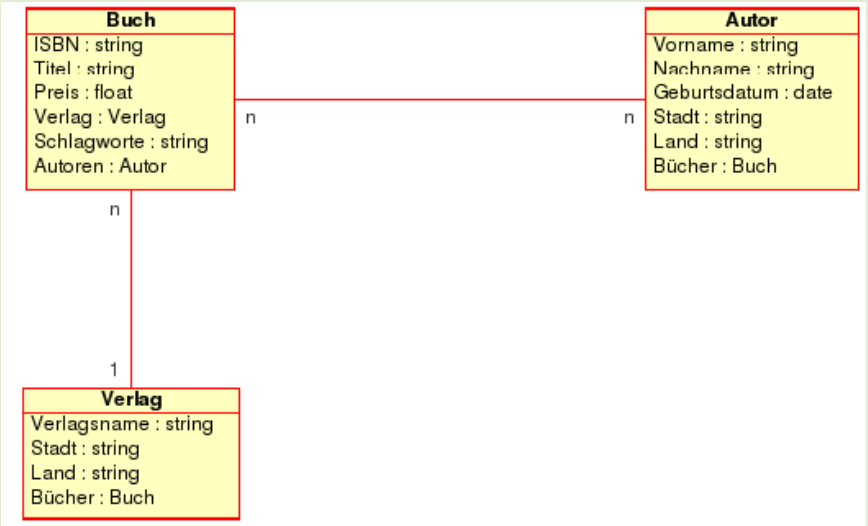
- Grad zu dem verschiedene Informationssysteme unabhängig operieren können
- Bezieht sich auf Kontrolle, nicht auf Daten
- Klassen nach [OV11]:
  - Design-Autonomie
  - Kommunikations-Autonomie
  - Ausführungs-Autonomie

Design-Autonomie

- Freiheit des lokalen Informationssystems bezüglich
  - Datenmodell (relational, hierarchisch, XML)
  - Schema:
    - Abdeckung der Domäne (*universe of discourse*)
    - Grad der Normalisierung
    - Benennung
  - Transaktionsmanagement (z.B. Isolationslevel)
- Freiheit dies jederzeit zu ändern
  (besonders problematisch!)

Design-Autonomie (Beispiel)

Flaches, (fast) relationales Schema



Hierarchisches XML Schema

```
<xs:element name="author" minOccurs="0" maxOccurs="unbounded">
    <xs:complexType>
        <xs:sequence>
            <xs:element name="name" type="xs:string"/>
            <xs:element name="publication" minOccurs="0" maxOccurs="unbounded">
                <xs:complexType>
                    <xs:sequence>
                        <xs:element name="title" type="xs:string"/>
                        <xs:element name="year" type="xs:string"/>
                        <xs:element name="booktitle" type="xs:string" minOccurs="0"/>
                        <xs:element name="journal" type="xs:string" minOccurs="0"/>
                    </xs:sequence>
                </xs:complexType>
            </xs:element>
        </xs:sequence>
    </xs:complexType>
</xs:element>
```

Quelle: Melanie Herschel, Universität Stuttgart

Kommunikations-Autonomie

Lokale Informationssysteme frei bezüglich:

- Wahl mit *welchen* Systemen kommuniziert wird
- Wahl *wann* mit anderen Systemen kommuniziert wird: Jederzeit Eintritt/Austritt aus integriertem System
- Wahl *was* (welcher Teil der Information) kommuniziert wird
- Wahl *wie* mit anderen Systemen kommuniziert wird (Anfragesprache: z.B. Prädikate, Projektionen)

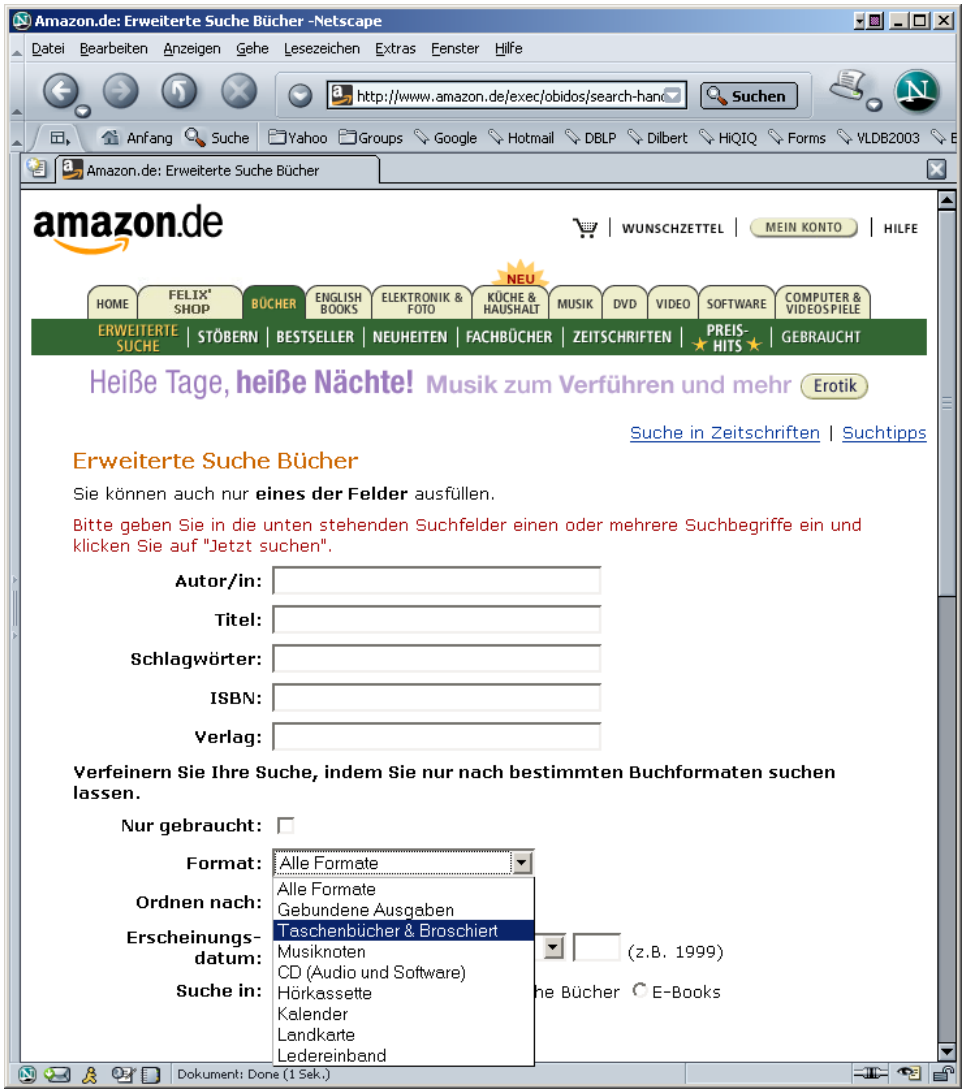
Kommunikations-Autonomie (Beispiel)

Extrem 1: Voller SQL Zugang

- z.B. via JDBC
- Transaktionen
- Optimierung
- Lesend (und schreibend?)
- Schemaveränderungen?
- Antwort als Ergebnisrelation

Extrem 2: HTML Formular

- Nur einzelne Suchfelder
- Antwort als HTML Text
- Nur Teile der Daten (*public area*)



Quelle: Melanie Herschel, Universität Stuttgart

Ausführungs-Autonomie

Lokale Informationssysteme frei bezüglich:

- Wahl *wann* Anfragen ausgeführt werden
- Wahl *wie* Anfragen ausgeführt werden
- Wahl der Scheduling-Strategien
- Wahl Optimierungsstrategien
- Wahl ob globale Transaktionen unterstützt werden

Ausführungs-Autonomie (Beispiel)

Optimierung und Scheduling

- Behandlung externer vs. lokaler Anfragen
- *Golden customers*
- Garantierte Antwortzeiten

Transaktionen

- Ist *Dirty Read* egal?

Verteilung

- Welcher Grad an Konsistenz wird durch Quelle garantiert? (CAP-Theorem)
  - *read-your-writes*
  - *monotonic reads*
  - ...

Übersicht Heterogenität

Heterogenität herrscht, wenn sich zwei miteinander verbundene Informationssysteme syntaktisch, strukturell oder inhaltlich unterscheiden.

Typen von Heterogenität:

- Syntaktische Heterogenität
- Strukturelle Heterogenität
- Semantische Heterogenität

Heterogenitäten zu überbrücken ist die Kernaufgabe der Informationsintegration.

Syntaktische Heterogenität

- Hardware-Heterogenität (Bandbreite, CPU, Hauptspeicher)
- Software-Heterogenität
  (z.B. Betriebssystem, Protokolle, Sicherheit)
- Schnittstellen-Heterogenität: Anfragesprachen unterschiedlich
  - Negation?
  - Ungleichheit?
  - Prädikate nur mit Konstanten oder über mehrere Variablen?
  - Prädikate nur mit bestimmten Konstanten
- Gebundene (Werte erforderlich) und freie Variablen
  in Anfrageschnittstellen

Schnittstellen-Heterogenität (Anfragesprache)

Probleme für integrierte Systeme

- Globale Anfragesprache ist mächtiger als lokale Anfragesprache
  - Anfragen eventuell nicht ausführbar
  - Oder globales System muss kompensieren
- Lokale Anfragesprache ist mächtiger als globale Anfragesprache:
  Verpasste Chance, lokale (effiziente) Ausführung auszunutzen
- Gebundene und freie Variablen sind inkompatibel:
  Anfragen eventuell nicht ausführbar

Mächtige globale Anfragesprache

SQL

```
SELECT * FROM Books
WHERE  Author = „Defoe“
AND    PubYear = 1979
```

HTML Form

Erweiterte Suche Bücher

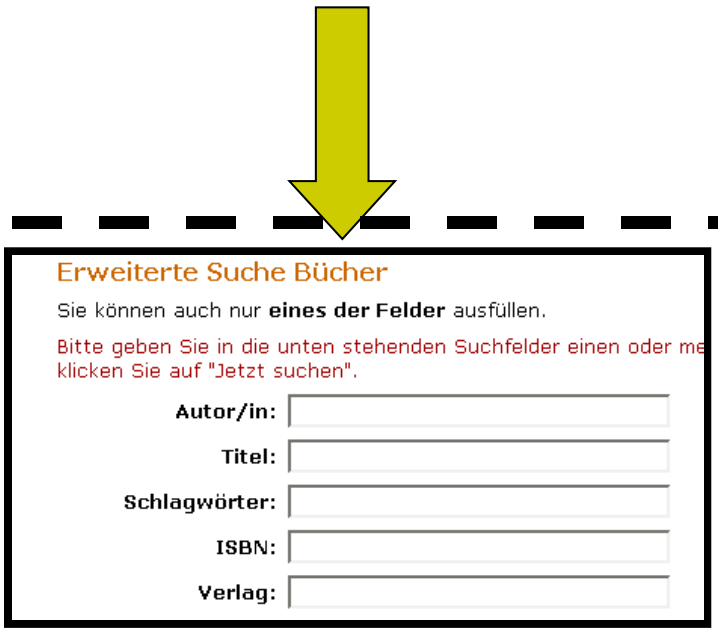
Sie können auch nur **eines der Felder** ausfüllen.

Bitte geben Sie in die unten stehenden Suchfelder einen oder mehrere Suchbegriffe ein und klicken Sie auf "Jetzt suchen".

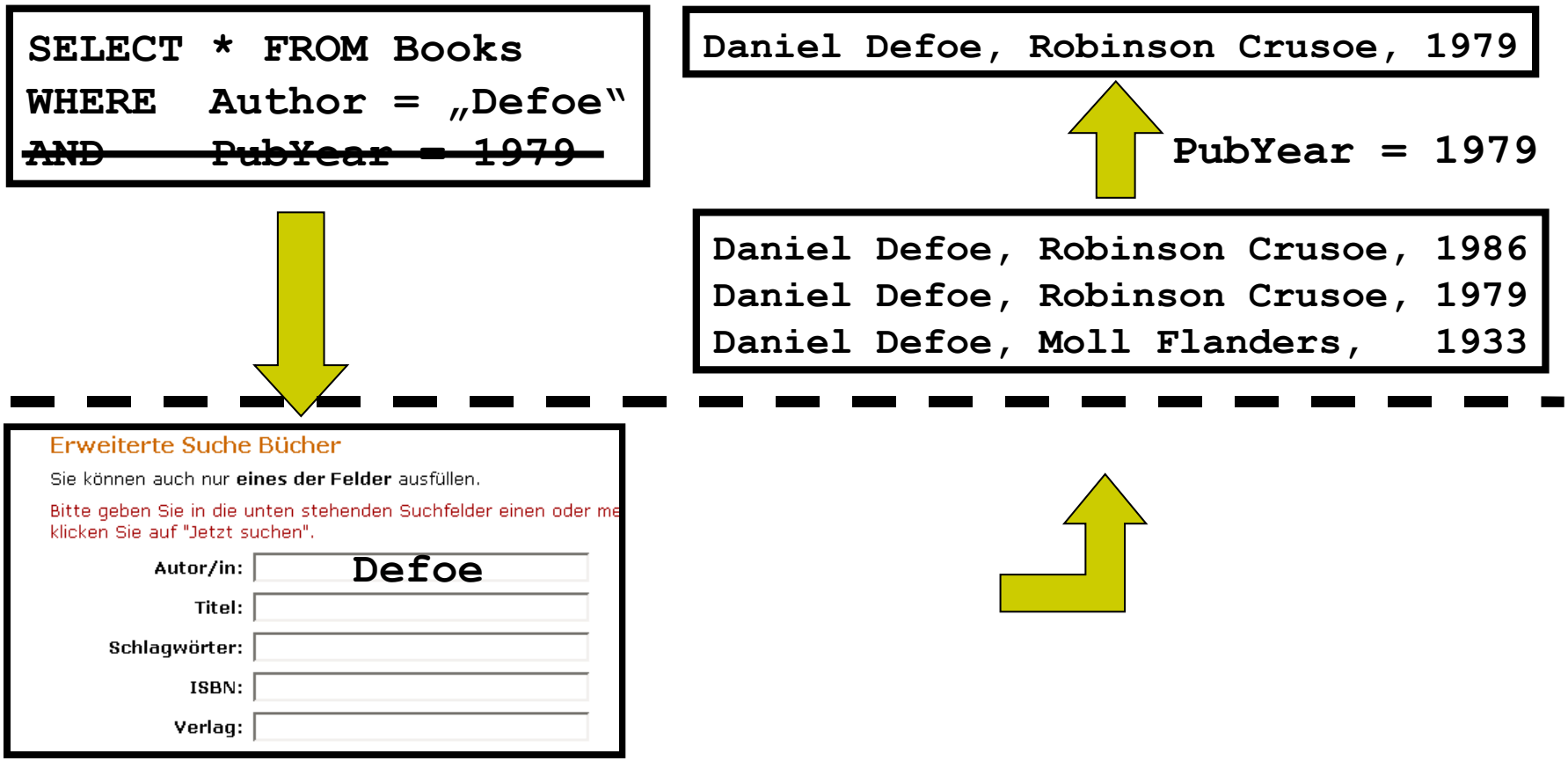
Autor/in:	
Titel:	
Schlagwörter:	
ISBN:	
Verlag:	

Kompensation von Anfragefragmenten

```
SELECT * FROM Books
WHERE  Author = „Defoe“
AND    PubYear = 1979
```



Kompensation von Anfragefragmenten



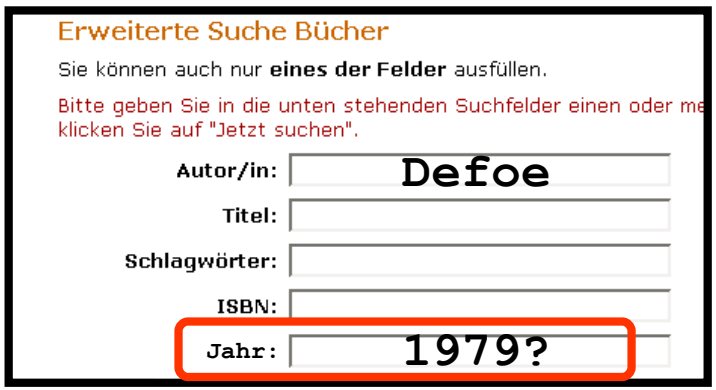
Mächtige globale Anfragesprache (2)

```
SELECT * FROM Books
WHERE  Author = „Defoe“
AND    PubYear > 1979
```

```
Daniel Defoe, Robinson Crusoe, 1986
```

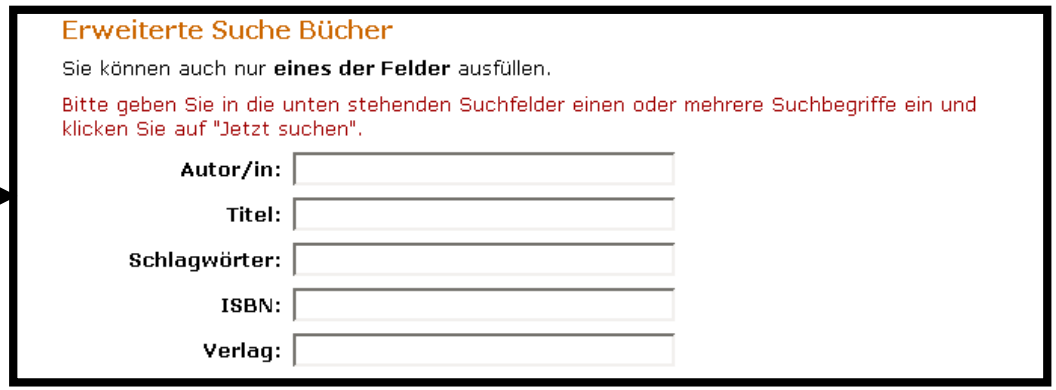
PubYear > 1979

```
Daniel Defoe, Robinson Crusoe, 1986
Daniel Defoe, Robinson Crusoe, 1979
Daniel Defoe, Moll Flanders,   1933
```



Mächtige lokale Anfragesprache

HTML Form



SQL

```
SELECT * FROM Books
WHERE  Author = „Defoe"
AND    PubYear = 1979
```

Verpasste Chance!!

Gebundene & Freie Variablen

- Wie teuer ist die billigste CD mit einem Song namens 'Friends'?
- Szenario 1: Keine gebundenen Variablen

SONGS	**Song**	**CD**
	Friends	Life
	Friends	Love

CDs	**CD**	**Künstler**	**Preis**
	Love	Lucy	15
	Story	Snoopy	14

Künstler	**CD**	**Künstler**	**Preis**
	Story	Lucy	13
	Love	Snoopy	10
	Life	Charlie	8

- Antwort: 8

Gebundene & Freie Variablen

- Wie teuer ist die billigste CD mit einem Song namens 'Friends', die Sie anfragen können?
- Szenario 2: Gebundene Variablen (unterstrichen)

SONGS	**Song**	**CD**
	Friends	Life
	Friends	Love

CDs	**CD**	**Künstler**	**Preis**
	Love	Lucy	15
	Story	Snoopy	14

Künstler	**CD**	**Künstler**	**Preis**
	Story	Lucy	13
	Love	Snoopy	10
	Life	Charlie	8

- Antwort: 15 (Quelle Künstler kann nicht angefragt werden, da der Künstlernamen gebunden aber nicht bekannt ist)

Strukturelle Heterogenität

- Datenmodell[1]-Heterogenität
  - Unterschiedliche Semantik
  - Unterschiedliche Struktur
- Schematische Heterogenität
  - Integritätsbedingungen, Schlüssel, Fremdschlüssel, etc.
  - Schema (Attribut vs. Relation, etc.)
  - Struktur (Gruppierung in Tabellen)

[1] Ein Datenmodell ist ein Modell von Schemata.

Schematische Heterogenität

- Modellierung:
  - Relation vs. Attribut
  - Attribut vs. Wert
  - Relation vs. Wert
- Benennung:
  - Relation
  - Attribute
  - Homonyme und Synonyme
- Normalisiert vs. denormalisiert
- Geschachtelt vs. Fremdschlüssel

Diese Probleme sogar bei gleichem Datenmodell!

Schematische Heterogenität (Beispiel)

```
Male(Id, firstName, lastName)
Female(Id, firstName, lastName)
```

Relation vs. Attribut

```
Person(Id, firstName,
lastName, isMale, isFemale)
```

Relation vs. Attributwert

```
Person(Id, firstName,
lastName, gender)
```

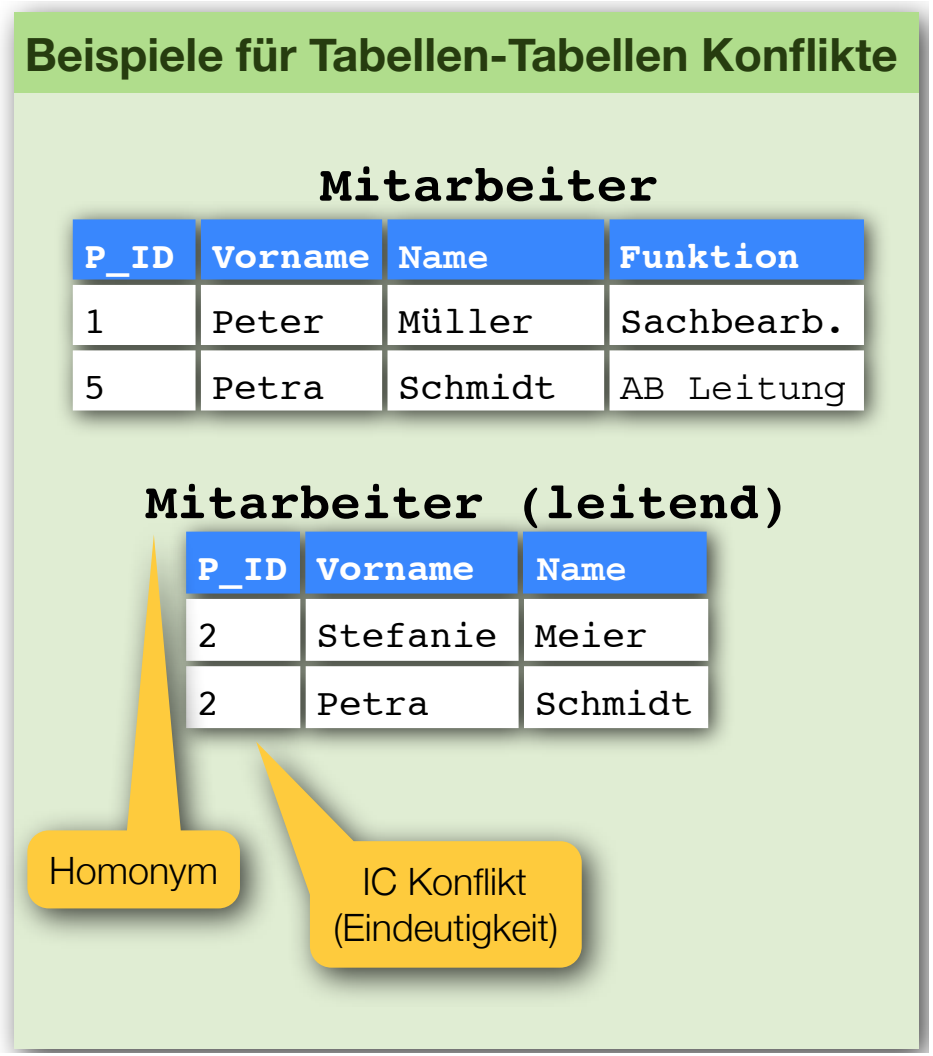
Attribut vs. Attributwert

Schematische Heterogenität

Tabellen-Tabellen Konflikte:

- Namenskonflikte
  - Semantisch gleiche Tabellen mit verschiedenen Namen (Synonym)
  - Verschiedene Tabellen mit gleichem Namen (Homonym)
  - Strukturkonflikte:
    - fehlende Attribute
    - fehlende, aber ableitbare Attribute (z.B. Alter von Geburtsdatum)
- Konflikte in Integritätsbedingungen

Schematische Heterogenität (Beispiel)



Quelle: Melanie Herschel, Universität Stuttgart

Schematische Heterogenität

Attribut-Attribut Konflikte:

- Namenskonflikte
  - Verschiedene Namen für gleiche Attribute (Synonyme)
  - Gleiche Namen für verschiedene Attribute (Homonyme)
- Default-Wert-Konflikte
- Konflikte in Integritätsbedingungen
  - Datentypkonflikte
  - Bedingungskonflikte
- Verschiedene Abstraktionsebenen ('Hamburg' vs. 'Altona')

Schematische Heterogenität (Beispiel)

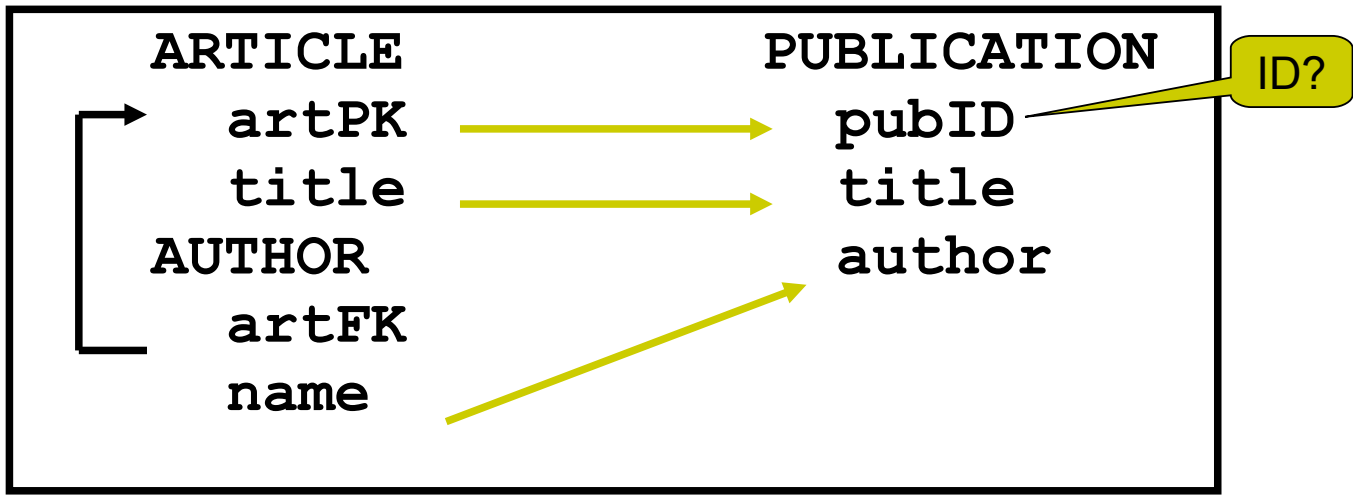
Quelle: Melanie Herschel, Universität Stuttgart

Schematische Heterogenität (Beispiel)

Normalisiert vs. Denormalisiert

1:n Assoziationen werden unterschiedlich dargestellt:

- durch Schlüssel-Fremdschlüssel-Beziehung
- durch Vorkommen im gleichen Tupel

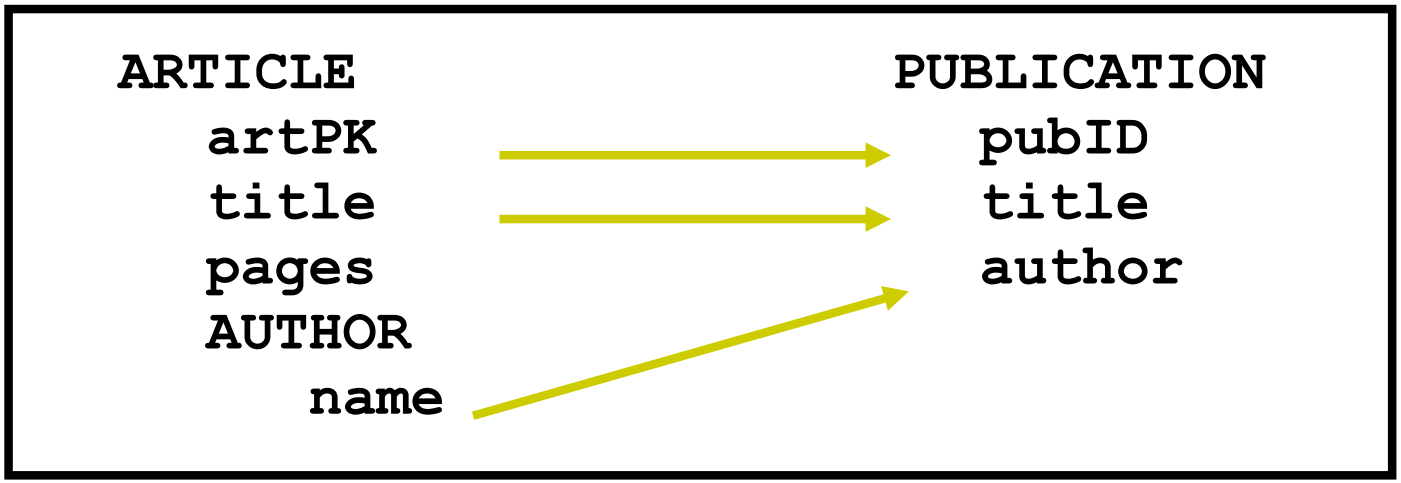


Schematische Heterogenität (Beispiel)

Geschachtelt vs. Flach

1:n Assoziationen werden unterschiedlich dargestellt:

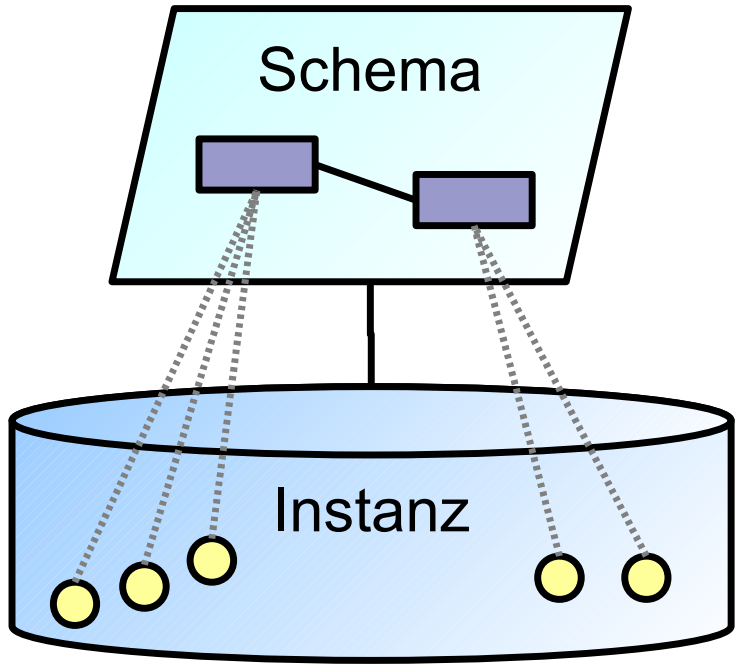
- als geschachtelte Elemente (z.B. in XML)
- durch Vorkommen im gleichen Tupel



Semantische Heterogenität

Semantik von Modellen

- Bedeutung der Konzepte des Modells?
- Semantik eines Konzepts :=
  Zugeordnete Enitäten der realen Welt
  (bzw. deren Repräsentanten in der
  Datenbank-Instanz)



Semantische Heterogenität (Namenskonflikte)

- Definition Konzept in Modell?
  (Wieviele Mitarbeiter hat IBM?)
- Korrespondenzarten zwischen Semantik unterschiedlicher Konzepte A und B:
  - $A = B$ Äquivalenz
  - $A \subseteq B$ Inklusion
  - $A \cap B$ Überlappung
  - $A \neq B$ Disjunktion
- Synonyme (z.B. surname vs. last name)
- Homonyme
- Einheiten
- Werte

Semantische Heterogenität (Identität)

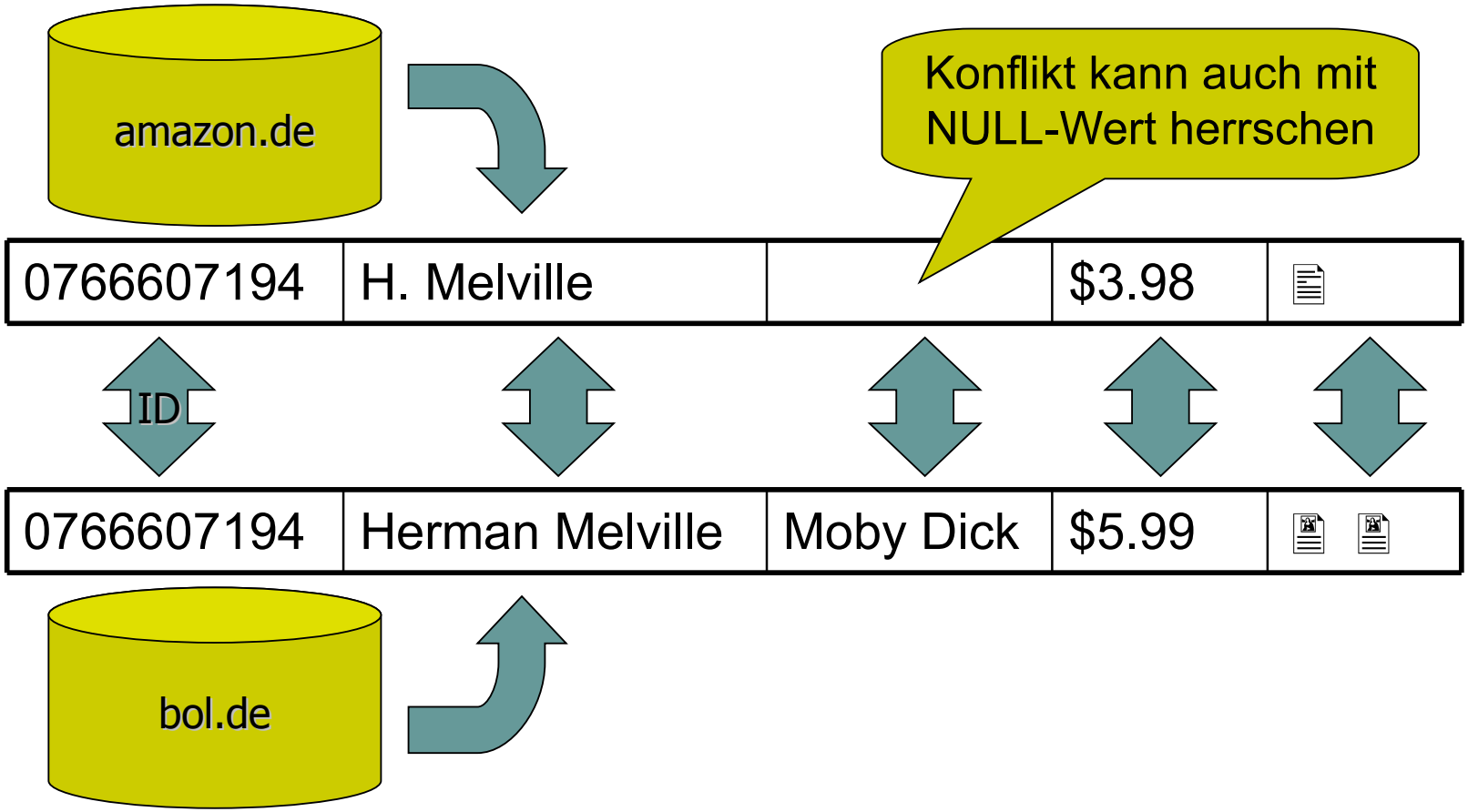
Identität von *Real-world Entities*

- Zentrale Fragen:
  - Was ist ein (Geschäfts-)Objekt?
    - XML: Über mehrere Schachtelungsebenen hinweg
    - Relationales Modell: Über mehrere Relationen hinweg
  - Repräsentiert Objekt *a* die gleiche *real-world* Entität wie Objekt *b*?
  - Wie finde ich effizient gleiche Repräsentationen (d.h. ohne quadratische Laufzeit, Ähnlichkeitsmaße)?
- Synonyme für Problem:
  - Duplikaterkennung
  - Objektidentifikation
  - *Record Linkage*
  - *Entity Resolution*
  - ...
- Auf Datenebene

Semantische Heterogenität (Datenkonflikte)

- Datenkonflikt:
  - Zwei Duplikate haben unterschiedliche Attributwerte für ein semantisch gleiches Attribut.
  - Im Gegensatz zu Konflikten mit Integritätsbedingungen
- Datenkonflikte entstehen
  - innerhalb eines Informationssystems (*intra-source*)
  - bei Integration mehrerer Informationssysteme (*inter-source*).

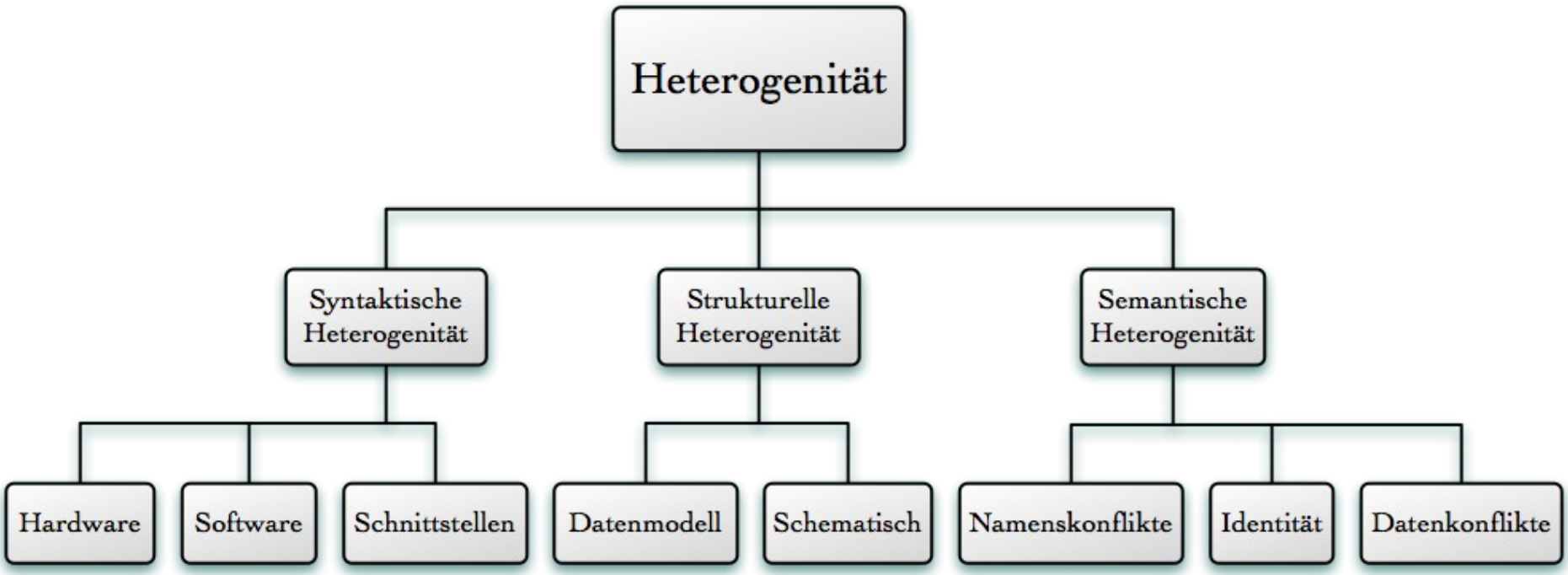
Datenkonflikte (Beispiel)



Herausforderungen (Zusammenfassung)

Drei orthogonale Dimensionen (siehe auch [BKLW99])

- Verteilung: physikalische und logische Verteilung
- Autonomie: Design-, Kommunikations- und Ausführungs-Autonomie
- Heterogenität



Literatur

[BKLW99] S. Busse, R.-D. Kutsche, U. Leser, and H. Weber.
Federated information systems: Concepts, terminology and architecture.
Technical Report 99-9, Technische Universität Berlin, 1999.
citeseer.nj.nec.com/busse99federated.html.

[Len02] Maurizio Lenzerini.
Data integration: A theoretical perspective.
In *Proc. of the Symposium on Principles of Database Systems (PODS)*, 2002.
(optional, sehr theoretisch).

[OV11] M. T. Özsu and P. Valduriez.
Principles of distributed database systems.
Prentice Hall, 3rd edition, 2011.