

Peer Data Management mit System P



Ilmenau, 17. Mai 2006

Felix Naumann

Armin Roth

naumann@informatik.hu-berlin.de

aroth@informatik.hu-berlin.de

Humboldt-Universität zu Berlin



Überblick

- ➔ ● Arbeitsgruppe “Informationsintegration” an der HU
- Informationsintegration
 - Probleme
 - Schema Mapping
- Peer Data Management PDMS
 - Architektur
 - Anfrageplanung
 - Skalierbarkeit
 - System P – Armin Roth



Humboldt-Universität zu Berlin



- Wilhelm und Alexander von Humboldt
- Einheit von Lehre und Forschung
- Freiheit und Unabhängigkeit der Wissenschaft
- 29 Nobelpreisträger
 - Mommsen, Hertz, Koch, Hahn, Planck, Einstein,...
- 38,000 Studenten, (1100 Informatik)
- 500 Professoren (21 Informatik)



17. Mai 2006

Felix Naumann, Humboldt-Universität zu Berlin

3

Humboldt-Universität zu Berlin



17. Mai 2006

Felix Naumann, Humboldt-Universität zu Berlin

4

Campus Adlershof



17. Mai 2006

Felix Naumann, Humboldt-Universität zu Berlin

5

Forschungsgruppe Informationsintegration

- Leitung: Felix Naumann (naumann@informatik.hu-berlin.de)
- Mitarbeiter
 - Jens Bleiholder (bleiho@informatik.hu-berlin.de)
 - Informationsfusion in relationalen Daten
 - Melanie Weis (mweis@informatik.hu-berlin.de)
 - Objektidentifikation in XML Daten
- Affiliated
 - Armin Roth (aroth@informatik.hu-berlin.de)
 - Datenqualität in Peer-Data-Management-Systemen
 - Alexander Bilke (bilke@cs.tu-berlin.de)
 - Schema Matching
- Forschungsthemen
 - Objektidentifikation
 - Informationsfusion
 - Optimierung
 - Visualisierung



17. Mai 2006

Felix Naumann, Humboldt-Universität zu Berlin

6

Überblick



- Arbeitsgruppe "Informationsintegration"
- Informationsintegration
 - ➔ Probleme
 - Schema Mapping
- Peer Data Management PDMS
 - Architektur
 - Anfrageplanung
 - Skalierbarkeit
 - System P – Armin Roth

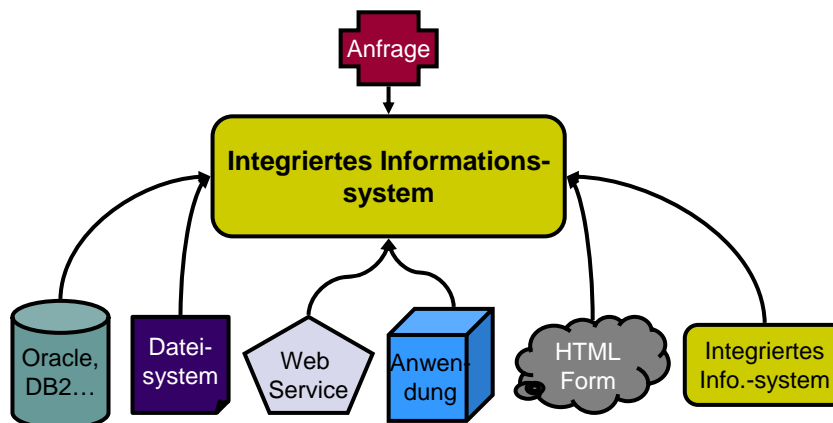


17. Mai 2006

Felix Naumann, Humboldt-Universität zu Berlin

8

Integrierte Informationssysteme



17. Mai 2006

Felix Naumann, Humboldt-Universität zu Berlin

9

Warum ist Informationsintegration so schwer? [Halevy04]



- Alon Halevy: „It’s plain hard!“
- System-bedingte Gründe
 - Verschiedene Plattformen
 - Anfragebearbeitung über mehrere Systeme
- Soziale Gründe
 - Finden relevanter Daten in Unternehmen
 - Beschaffen relevanter Daten in Unternehmen
 - Menschen zur Zusammenarbeit überreden
- Logik-bedingte Gründe
 - Schema- und Datenheterogenität
 - Dies ist unabhängig von der jeweiligen Integrationsarchitektur.

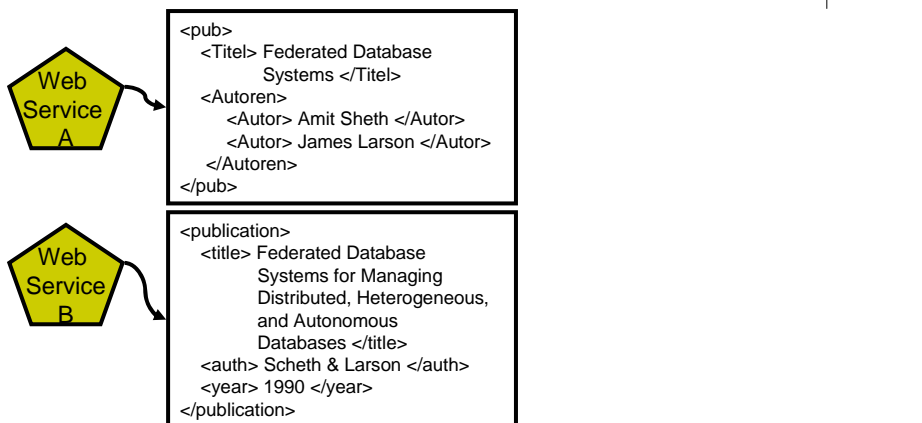


17. Mai 2006

Felix Naumann, Humboldt-Universität zu Berlin

10

Informationsintegration

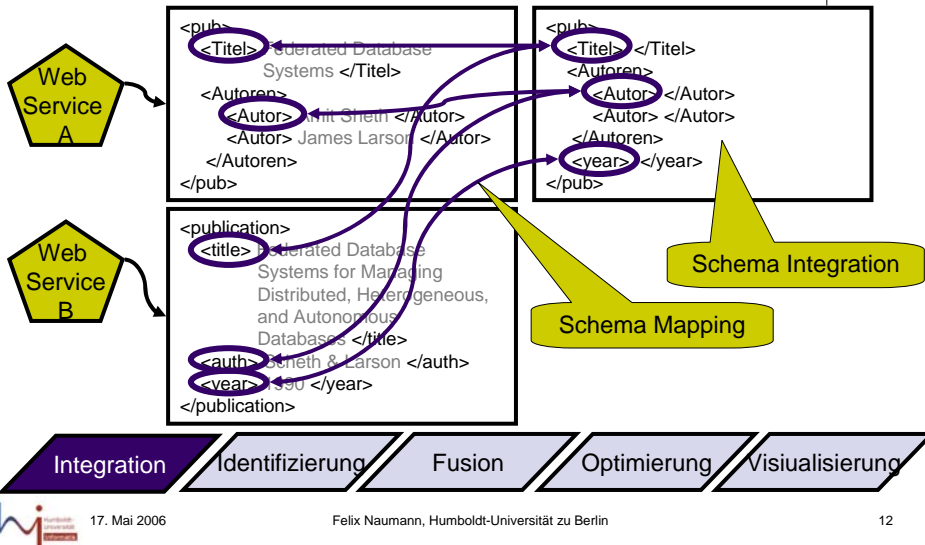


17. Mai 2006

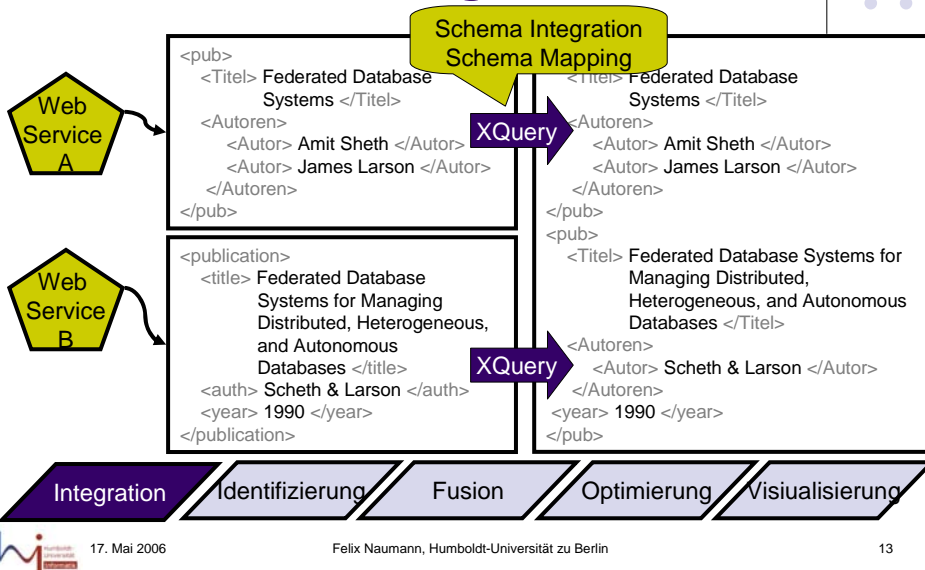
Felix Naumann, Humboldt-Universität zu Berlin

11

Informationsintegration



Informationsintegration



Informationsintegration



Web Service A

```
<pub>
<Titel> Federated Database
Systems </Titel>
<Autoren>
<Autor> Amit Sheth </Autor>
<Autor> James Larson </Autor>
</Autoren>
</pub>
```

Web Service B

```
<publication>
<title> Federated Database
Systems for Managing
Distributed, Heterogeneous,
and Autonomous
Databases </title>
<auth> Scheth & Larson </auth>
<year> 1990 </year>
</publication>
```

```
<pub>
<Titel> Federated Database
Systems </Titel>
<Autoren>
<Autor> Amit Sheth </Autor>
<Autor> James Larson </Autor>
</Autoren>
</pub>
<pub>
<Titel> Federated Database Systems for
Managing Distributed,
Heterogeneous, and Autonomous
Databases </Titel>
<Autoren>
<Autor> Scheth & Larson </Autor>
</Autoren>
<year> 1990 </year>
</pub>
```

Integration

Identifizierung

Fusion

Optimierung

Visualisierung



17. Mai 2006

Felix Naumann, Humboldt-Universität zu Berlin

14

Informationsintegration



Web Service A

```
<pub>
<Titel> Federated Database
Systems </Titel>
<Autoren>
<Autor> Amit Sheth </Autor>
<Autor> James Larson </Autor>
</Autoren>
</pub>
```

Web Service B

```
<publication>
<title> Federated Database
Systems for Managing
Distributed, Heterogeneous,
and Autonomous
Databases </title>
<auth> Scheth & Larson </auth>
<year> 1990 </year>
</publication>
```

```
<pub>
<Titel> Federated Database
Systems </Titel>
<Autoren>
<Autor> Amit Sheth </Autor>
<Autor> James Larson </Autor>
</Autoren>
</pub>
<pub>
<Titel> Federated Database Systems for
Managing Distributed,
Heterogeneous, and Autonomous
Databases </Titel>
<Autoren>
<Autor> Scheth & Larson </Autor>
</Autoren>
<year> 1990 </year>
</pub>
```

Integration

Identifizierung

Fusion

Optimierung

Visualisierung



17. Mai 2006

Felix Naumann, Humboldt-Universität zu Berlin

15

Informationsintegration



```

<pub>
  <Titel> Federated Database Systems </Titel>
  <Autoren>
    <Autor> Amit Sheth </Autor>
    <Autor> James Larson </Autor>
  </Autoren>
</pub>
<pub>
  <Titel> Federated Database Systems for Managing Distributed, Heterogeneous, and Autonomous Databases </Titel>
  <Autoren>
    <Autor> Scheth & Larson </Autor>
  </Autoren>
  <year> 1990 </year>
</pub>
    
```

```

<pub>
  <Titel> Federated Database Systems for Managing Distributed, Heterogeneous, and Autonomous Databases </Titel>
  <Autoren>
    <Autor> Amit Sheth </Autor>
    <Autor> James Larson </Autor>
  </Autoren>
  <year> 1990 </year>
</pub>
    
```



17. Mai 2006

Felix Naumann, Humboldt-Universität zu Berlin

16

Informationsintegration

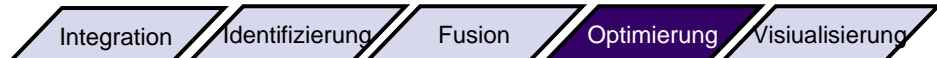


```

<pub>
  <Titel> Federated Database Systems </Titel>
  <Autoren>
    <Autor> Amit Sheth </Autor>
    <Autor> James Larson </Autor>
  </Autoren>
</pub>
<pub>
  <Titel> Federated Database Systems for Managing Distributed, Heterogeneous, and Autonomous Databases </Titel>
  <Autoren>
    <Autor> Scheth & Larson </Autor>
  </Autoren>
  <year> 1990 </year>
</pub>
    
```

```

<pub>
  <Titel> Federated Database Systems for Managing Distributed, Heterogeneous, and Autonomous Databases </Titel>
  <Autoren>
    <Autor> Amit Sheth </Autor>
    <Autor> James Larson </Autor>
  </Autoren>
  <year> 1990 </year>
</pub>
    
```

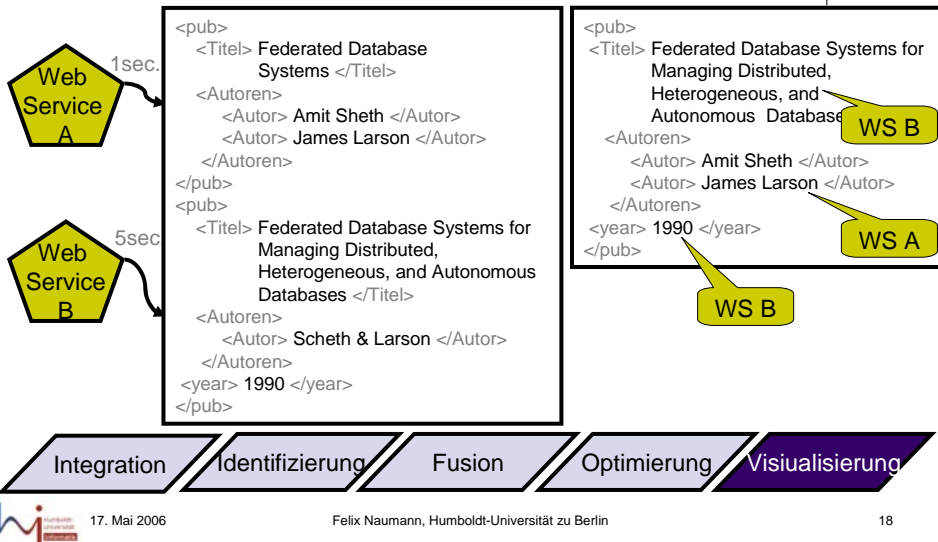


17. Mai 2006

Felix Naumann, Humboldt-Universität zu Berlin

17

Informationsintegration



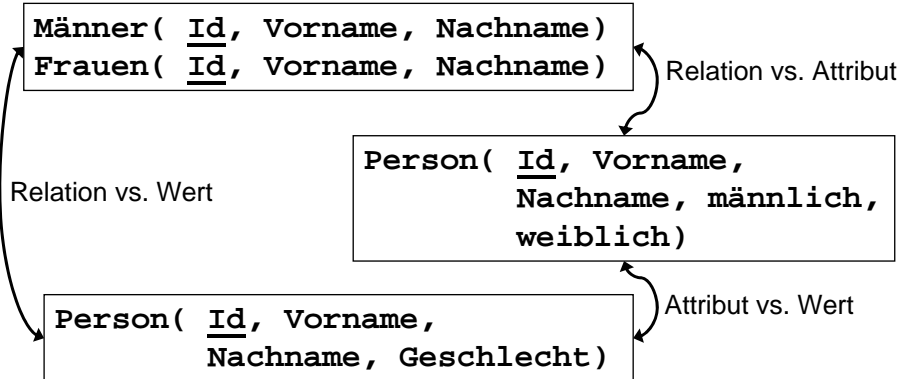
Überblick



- Arbeitsgruppe "Informationsintegration"
- Informationsintegration
 - Probleme
 - Schema Mapping
- ➔ ● Peer Data Management PDMS
 - Architektur
 - Anfrageplanung
 - Skalierbarkeit
 - System P – Armin Roth



Schematische Heterogenität - Beispiel



17. Mai 2006

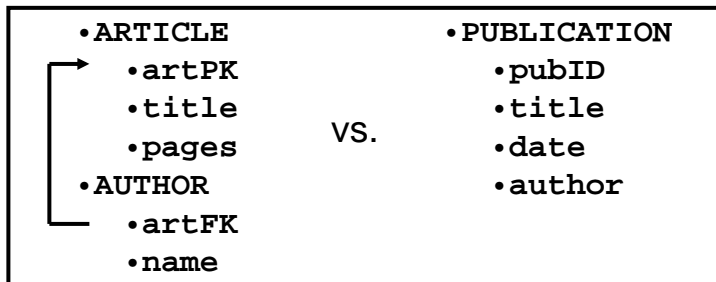
Felix Naumann, Humboldt-Universität zu Berlin

20

Schematische Heterogenität - Beispiel



- Normalisiert vs. Denormalisiert
 - Assoziationen zwischen Werten wird unterschiedlich dargestellt
 - Durch Vorkommen im gleichen Tupel
 - Durch Schlüssel-Fremdschlüssel Beziehung



17. Mai 2006

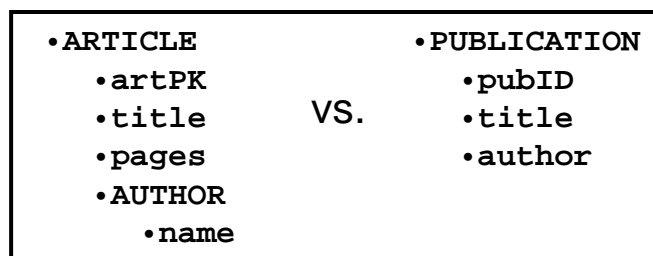
Felix Naumann, Humboldt-Universität zu Berlin

21

Schematische Heterogenität - Beispiel



- Geschachtelt vs. Flach
 - Assoziationen werden unterschiedlich dargestellt
 - Als geschachtelte Elemente
 - Als Schlüssel-Fremdschlüssel Beziehung



17. Mai 2006

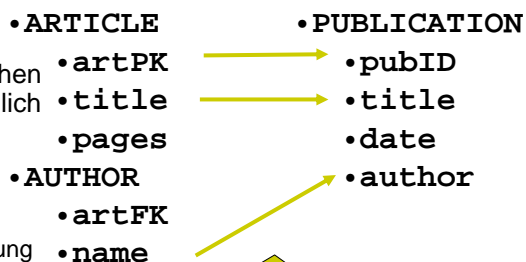
Felix Naumann, Humboldt-Universität zu Berlin

22

Schema Mapping Beispiel



- Normalisiert vs. Denormalisiert
 - 1:1 Assoziationen zwischen Werten wird unterschiedlich dargestellt
 - Durch Vorkommen im gleichen Tupel
 - Durch Schlüssel-Fremdschlüssel Beziehung



```

SELECT artPK AS pubID  UNION  SELECT null AS pubID
      title AS title    null AS title
      null AS date      null AS date
      null AS author    name AS author
FROM  ARTICLE          FROM  AUTHOR
    
```

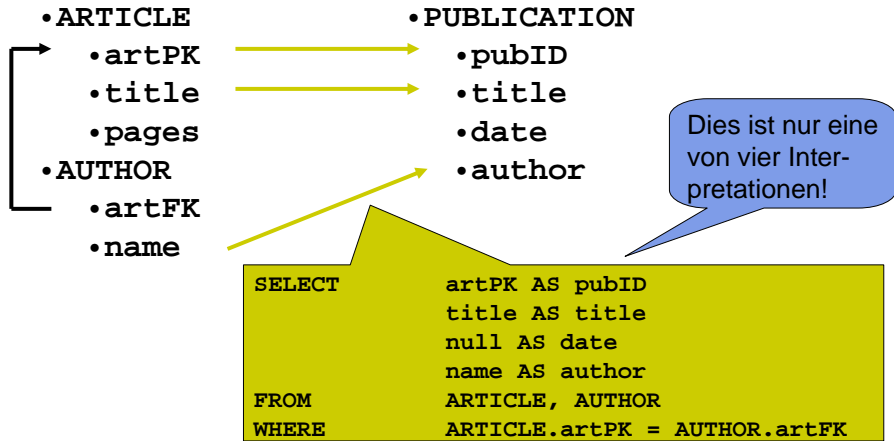


17. Mai 2006

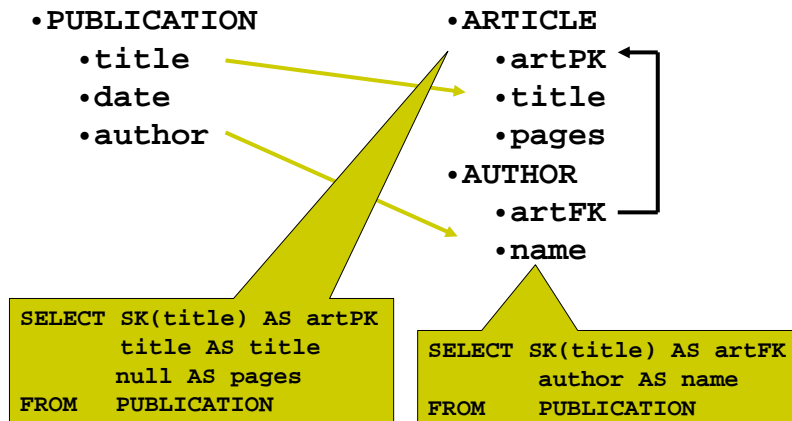
Felix Naumann, Humboldt-Universität zu Berlin

23

Schema Mapping Beispiel



Schema Mapping Beispiel



Schema Mapping in

1. Schema Matching & Korrespondenzen
2. Schema Mapping
3. Mapping Interpretation
4. Daten-transformation

The screenshot shows the XQuery Editor interface. On the left, there is a 'Source Schemas' tree view showing a hierarchy of tables: 'expenseDB: Reco', 'Set of (company)', 'company', 'Set of (grant)', 'grant: file', 'Set of (project)', 'project: R', and 'name'. The main window displays an XQuery script with the following content:

```

xquery
  $x0L1/project/text() = $x0L1/name/text() AND
  $x2L1/cid/text() = $x0L1/cid/text() AND
  $x2/city/text() = $x2L1/city/text()
RETURN
  <organization>
    <cid> $x0L1/cid/text() </cid>,
    <cname> $x2L1/cname/text() </cname>,
    distinct (
      FOR
        $x0L2 IN $doc/expenseDB/grant,
        $x0L1 IN $doc/expenseDB/project,
        $x2L2 IN $doc/expenseDB/company
      WHERE
        $x0L2/project/text() = $x0L1/name/text() AND
        $x2L2/cid/text() = $x0L2/cid/text() AND
        $x2L1/cname/text() = $x2L2/cname/text() AND
        $x2L1/city/text() = $x2L2/city/text() AND
        $x0L1/cid/text() = $x0L2/cid/text()
      RETURN
        <funding>
          <gid> $x0L2/gid/text() </gid>,
          <pro> $x0L2/project/text() </pro>,
          <faid> 'SK2671', $x0L2/project/text(), "
        </funding>
      </organization>
    ),
  distinct (
    FOR
      $x0L1 IN $doc/expenseDB/grant,
      $x0L1 IN $doc/expenseDB/project,
      $x2L1 IN $doc/expenseDB/company
    WHERE
  
```



17. Mai 2006

Felix Naumann, Humboldt-Universität zu Berlin

Überblick

- Arbeitsgruppe "Informationsintegration"
- Informationsintegration
 - Probleme
 - Schema Mapping
- Peer Data Management PDMS
 - Architektur
 - Anfrageplanung
 - Skalierbarkeit
 - System P – Armin Roth



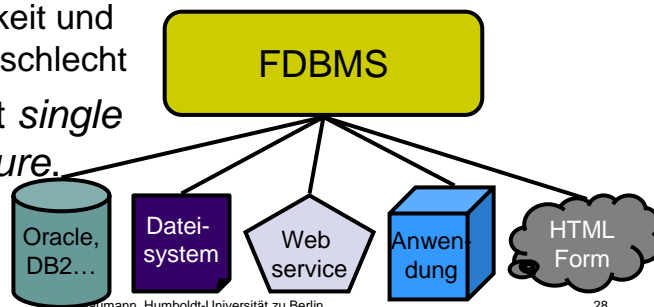
17. Mai 2006

Felix Naumann, Humboldt-Universität zu Berlin

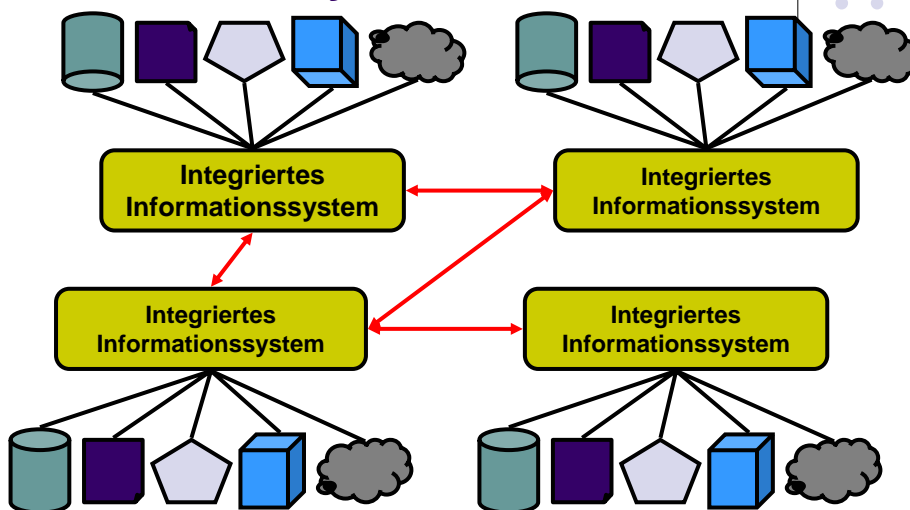
27

Föderierte Datenbanken

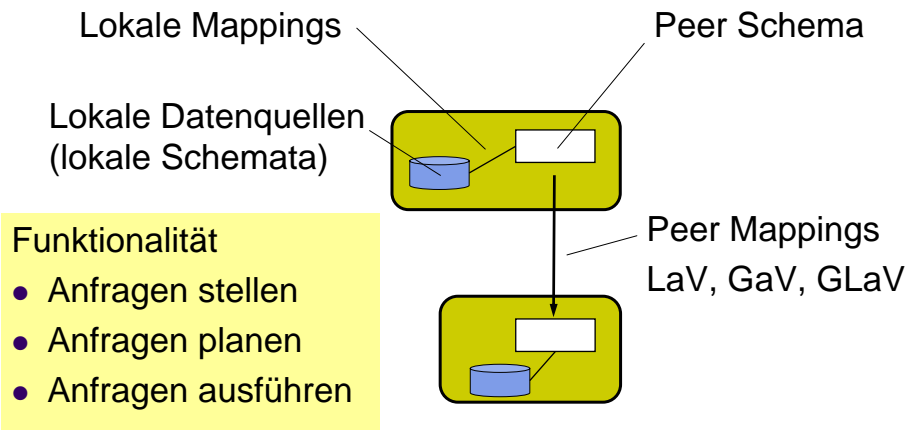
- Globales Schema & direkter Zugriff auf Datenquellen
 - Aufwändig in Implementierung und Wartung (Evolution)
 - Skalierbarkeit und Flexibilität schlecht
- Mediator ist *single point of failure*.



PDMS verallgemeinert integrierte Informationssysteme



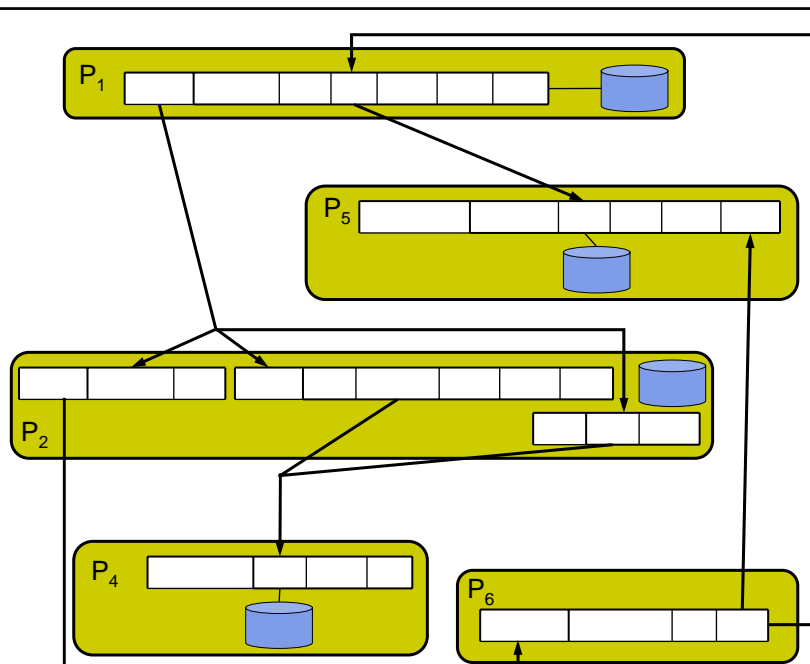
Peers



17. Mai 2006

Felix Naumann, Humboldt-Universität zu Berlin

30



17. Mai 2006

Felix Naumann, Humboldt-Universität zu Berlin

31

Anwendungen für PDMS



- Peers müssen...
 - ...Anfragen planen und weiterleiten können.
 - ...Anfrageergebnisse empfangen, transformieren und zurückreichen können.
- Anwendungen
 - Wissenschaftliche Daten, *life sciences*
 - Katastrophen-Datenmanagement
 - Gesundheitsinformationssysteme / Krankenhausinformationssysteme
 - Große, lose gekoppelte Integrationssysteme
 - Semantic Web?



17. Mai 2006

Felix Naumann, Humboldt-Universität zu Berlin

33

PDMS Projekte



- Mariposa
 - Stonebraker et al.
- Piazza
 - Halevy, Ives, Tatarinov et al.
- Hyperion
 - Miller et al.
- Edutella
 - Nejd et al.
- PeerDB
 - Ng, Ooi, Tan
- PIER
 - Hellerstein et al.
- CoDB
 - Franconi et al.
- System P
 - Alleinstellungsmerkmale
 - Fuzzy Pruning
 - Lokale Anfrageplanung



17. Mai 2006

Felix Naumann, Humboldt-Universität zu Berlin

34

PDMS vs. P2P Dateiaustausch



- P2P
 1. Nur ganze Dateien (niedrige Granularität)
 2. Einfachste Anfragen
 - Dateinamen, Keywords
 3. Unvollständige Anfrageergebnisse
 4. Einfaches Schema
 5. Hoch dynamisch
 6. Millionen Peers
 7. Datenübertragung direkt
- PDMS
 1. Objekte (hohe Granularität)
 2. Komplexe Anfragen
 - Anfragesprache (SQL, etc.)
 3. Vollständige Anfrageergebnisse (zumindest erwartet)
 4. Schema
 5. Annahme: Kontrollierte Dynamik
 6. Zig peers
 7. Datenübertragung entlang des Mapping-Pfads



17. Mai 2006

Felix Naumann, Humboldt-Universität zu Berlin

35

PDMS vs. FDBMS



- Vorteile
 - Nutzer müssen nur das eigenen Schema kennen.
 - Alle Daten sind erreichbar (über die transitive Hülle der Mappings).
 - Neue Schemata und Peers können leicht hinzugefügt werden (inkrementell).
 - Mappings nur zu ähnlichsten Schemata
- Nachteile / Probleme
 - Mappings automatisch erstellen
 - Mapping Komposition
 - Viele Mappingschritte
 - Effizienz
 - Skalierbarkeit
 - Datenqualität
 - Effiziente Platzierung von Daten
 - Read-only oder Updates?



17. Mai 2006

Felix Naumann, Humboldt-Universität zu Berlin

36

Überblick

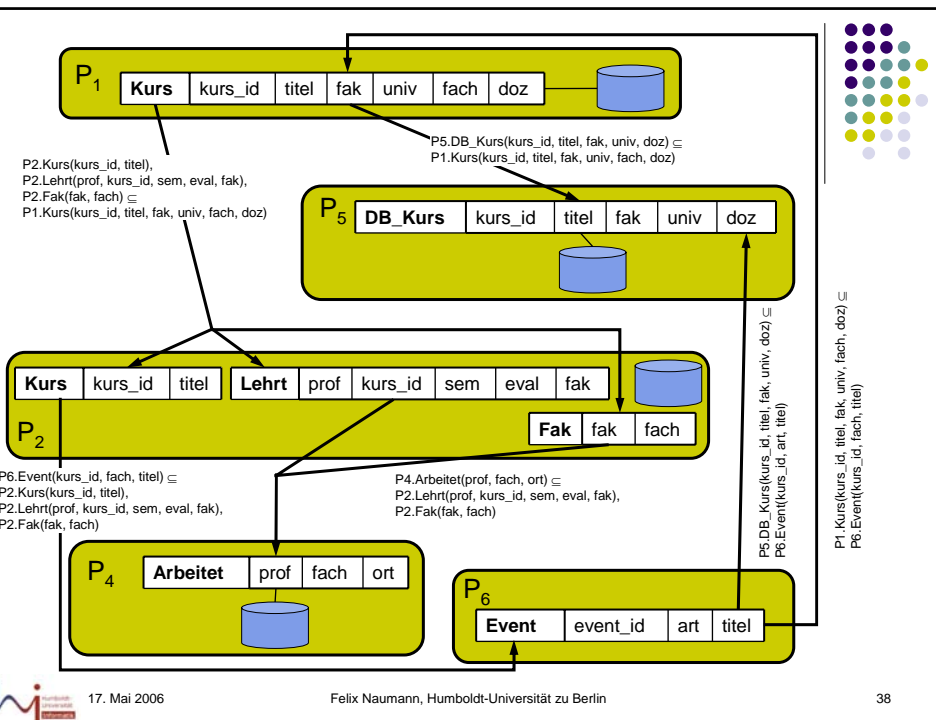
- Arbeitsgruppe “Informationsintegration”
- Informationsintegration
 - Probleme
 - Schema Mapping
- Peer Data Management PDMS
 - Architektur
 - Anfrageplanung
 - Skalierbarkeit
 - System P – Armin Roth



17. Mai 2006

Felix Naumann, Humboldt-Universität zu Berlin

37



17. Mai 2006

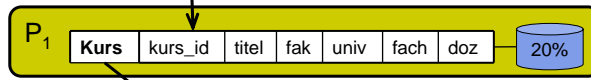
Felix Naumann, Humboldt-Universität zu Berlin

38

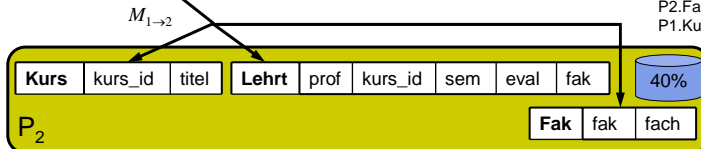
GaV-Anfrageumformulierung



$Q: P_1.q(kurs_id, titel, fak, univ, fach, doz) :-$
 $P_1.Kurs(kurs_id, titel, fak, univ, fach, doz)$



$P_2.Kurs(kurs_id, titel),$
 $P_2.Lehrt(prof, kurs_id, sem, eval, fak),$
 $P_2.Fak(fak, fach) \subseteq$
 $P_1.Kurs(kurs_id, titel, fak, univ, fach, doz)$



```
[ ] Peer001.q(kurs_id, titel, fak, univ, fach, doz)
  () Q
    [ ] Peer001.Kurs(kurs_id, titel, fak, univ, fach, doz)
      () M1->2
        [ ] Peer002.Kurs(kurs_id, titel)
        [ ] Peer002.Lehrt(prof_1, kurs_id, sem_2, eval_3, fak)
        [ ] Peer002.Fak(fak, fach)
```

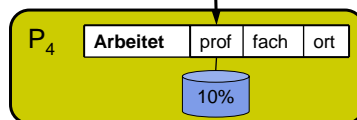


17. Mai 2006

Felix Naumann, Humboldt-Universität zu Berlin

40

LaV-Anfrageumformulierung



$P_4.Arbeitet(prof, fach, ort) \subseteq$
 $P_2.Lehrt(prof, kurs_id, sem, eval, fak),$
 $P_2.Fak(fak, fach)$

```
[ ] Peer001.q(kurs_id, titel, fak, univ, fach, doz)
  () Q
    [ ] Peer001.Kurs(kurs_id, titel, fak, univ, fach, doz)
      () M1->2
        [ ] Peer002.Kurs(kurs_id, titel)
        [ ] Peer002.Lehrt(prof_1, kurs_id, sem_2, eval_3, fak)
          () M2->4
            [ ] Peer004.Arbeitet(prof_1, fach, ort_6)
            [unc] Peer002.Fak(fak, fach)
        [ ] Peer002.Fak(fak, fach)
```

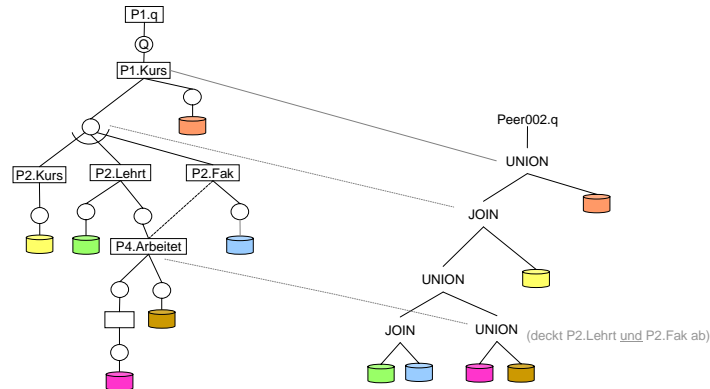


17. Mai 2006

Felix Naumann, Humboldt-Universität zu Berlin

41

Sukzessive Anfrageumformulierung: Der rule-goal-tree



17. Mai 2006

Felix Naumann, Humboldt-Universität zu Berlin

45

Überblick



- Arbeitsgruppe "Informationsintegration"
- Informationsintegration
 - Probleme
 - Schema Mapping
- Peer Data Management PDMS
 - Architektur
 - Anfrageplanung
 - Skalierbarkeit
 - System P – Armin Roth



17. Mai 2006

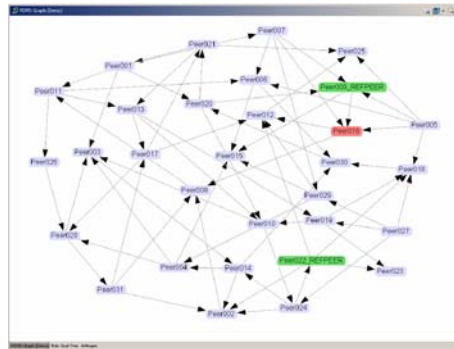
Felix Naumann, Humboldt-Universität zu Berlin

46

Effizienz gering, aufgrund redundanter Pfade



- Hoher fan-out im rule-goal trees.
- Beispiel [Schw06]:
 - 31 Peers
 - Avg. connectivity: 5
 - 34378 Union- und 17035 Join-Operationen
- Entspricht ursprünglichem Entwurf
- Wie skalieren?
 - 100e oder 1000e Peers?



17. Mai 2006

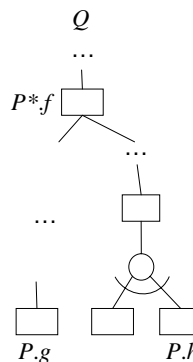
Felix Naumann, Humboldt-Universität zu Berlin

47

Containment-basiertes Pruning in Piazza [TH04]



- Prune h falls
 - g „enthält“ h
(g und h am selben Peer)
 - keine Joins zwischen g und f
- Vorteil:
 - Effizienz steigt um eine Größenordnung
 - Äquivalente Umformung: Ergebnis ist vollständig
- Nachteil:
 - Globales Wissen nötig
 - Autonomie der Peers eingeschränkt



17. Mai 2006

Felix Naumann, Humboldt-Universität zu Berlin

48

Vollständigkeit in PDMS



- Einsicht: Vollständiges Ergebnis ist zu teuer
- Also: *Optimierungsziel* Vollständigkeit

- Extensionale Vollständigkeit : Tupel
- Intensionale Vollständigkeit : Nicht-null-Werte
- Projektionen und Selektionen in Peer-Mappings führen zu Informationsverlust.

- Idee: Gezieltes Beschneiden des Anfrageplans

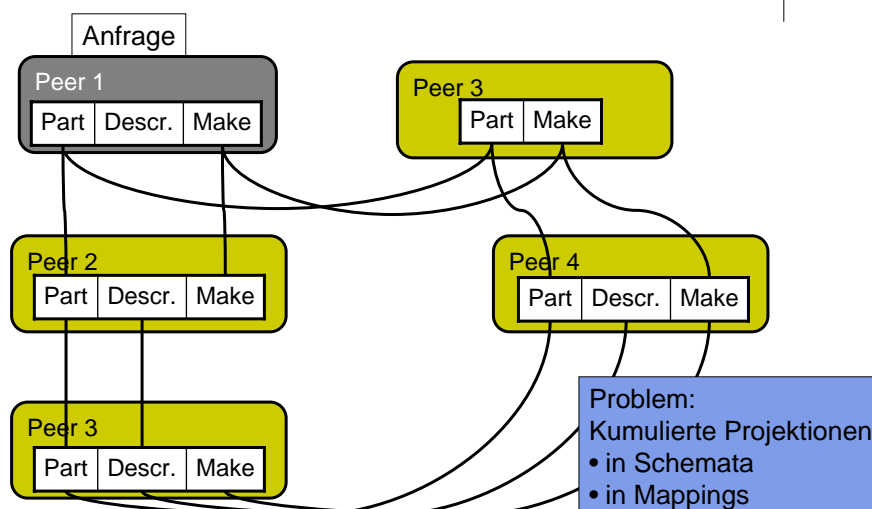


17. Mai 2006

Felix Naumann, Humboldt-Universität zu Berlin

49

Unvollständige Mappings



17. Mai 2006

Felix Naumann, Humboldt-Universität zu Berlin

50

Überblick



- Arbeitsgruppe “Informationsintegration”
- Informationsintegration
 - Probleme
 - Schema Mapping
- Peer Data Management PDMS
 - Architektur
 - Anfrageplanung
 - Skalierbarkeit
 - System P – Armin Roth



17. Mai 2006

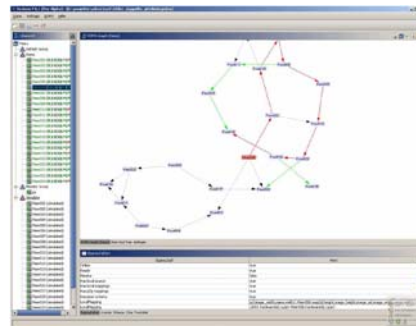
Felix Naumann, Humboldt-Universität zu Berlin

53

System P [RN05]



- Relationales Datenmodell mit Punkt- und Range-Anfragen
- GaV- und LaV-Umformulierung
- Budget- und Vollständigkeitsgesteuerte Anfragebearbeitung
- Visualisierung der Anfragebearbeitung
- Aktuelle Entwicklung: Kardinalitätsschätzung mit selbstadaptiven Histogrammen
- Ausblick: Kostenmodell, Parallele Anfragebearbeitung, Information Overlap



17. Mai 2006

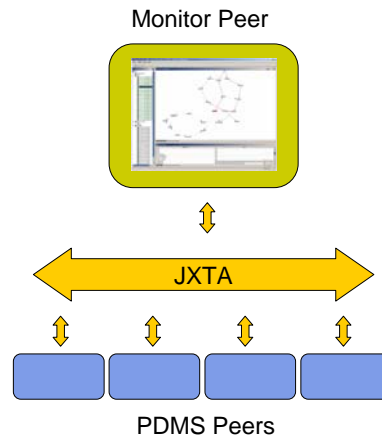
Felix Naumann, Humboldt-Universität zu Berlin

54

System P: Physikalische Architektur



- Monitor Peer:
 - Generierung
 - Steuerung
 - Visualisierung
- PDMS Peers:
 - Speicherung lokaler Daten
 - Anfragebearbeitung
- Kommunikation:
 - Asynchron (mit Timeout)
 - Zwischen JVMs: JXTA



17. Mai 2006

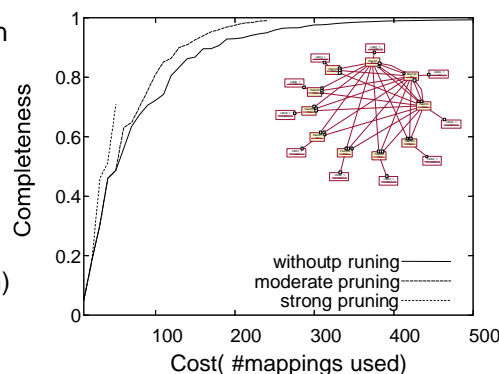
Felix Naumann, Humboldt-Universität zu Berlin

55

Vollständigkeits-gesteuerte Anfragebearbeitung [RN05]



- Idee: Mappings mit geringem Informationsverlust bevorzugen
- Beschneiden des Suchraums
- Einfache Pruning-Strategie
 - Annahme: potentielle Selektivitäten/Kardinalitäten einzelner Peer Mappings bekannt
 - Threshold-basiertes Beschneiden des Anfrageplanes (s. Diagramm)
 - Implementiert in System P
 - Nachteile: Leeres Anfrageergebnis oder unkontrollierbar hohe Kosten möglich (Worst Case)



17. Mai 2006

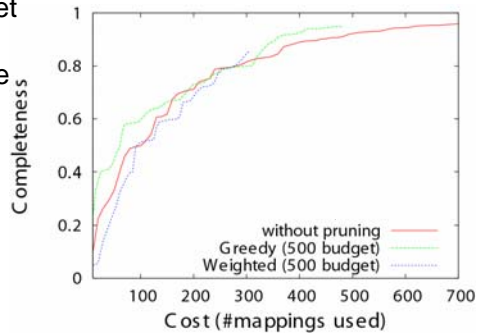
Felix Naumann, Humboldt-Universität zu Berlin

56

Budget- und Vollständigkeits- gesteuerte Anfragebearbeitung [RN06]



- Idee: Beschränkung des Ressourcenbedarfs einer Anfrage
- Anfragen tragen eigenes Budget
- Auswahl von Teilplänen mit potentiell hoher Ergebnismenge
- Verschiedene Strategien
 - Greedy (Depth-first)
 - Weighted (Breadth-first)
 - Variationen: Rückgabe nicht „verbrauchten“ Budgets
- Ausblick: Auswahl vielversprechender Teilpläne ähnlich zu [NFL04]



17. Mai 2006

Felix Naumann, Humboldt-Universität zu Berlin

57

Rückblick



- Informationsintegration
 - Probleme
 - Schema Mapping
- Peer Data Management PDMS
 - Architektur
 - Anfrageplanung
 - Skalierbarkeit
 - System P – Armin Roth



<http://www.informatik.hu-berlin.de/mac/SystemP>



17. Mai 2006

Felix Naumann, Humboldt-Universität zu Berlin

58

Referenzen



- [CGLR04] Calvanese, D., Giacomo, G.D., Lenzerini, M., Rosati, R.: Logical foundations of peer-to-peer data integration. In: Proc. of the Symposium on Principles of Database Systems (PODS), 2004.
- [HIST03] Halevy, A.Y., Ives, Z., Suciu, D., Tatarinov, I.: Schema mediation in peer data management systems. In: Proc. of the Int. Conf. on Data Engineering (ICDE), 2003.
- [Hüb06] Hübner, T.: Entwicklung einer Testumgebung für ein Peer Data Management System. Humboldt-Universität zu Berlin, Diplomarbeit, 2006.
- [NFL04] Naumann, F.; Freytag, J.-C.; Leser, U.: Completeness of integrated information sources. Information Systems, 29(7):583–615, 2004.
- [RN05] Roth, A., Naumann, F.: Benefit and cost of query answering in PDMS. In: Proc. of the Intl. Workshop on Databases, Information Systems and Peer-to-Peer Computing (DBISP2P), 2005.
- [RN06] Roth, A., Naumann, F.: System P: Query Answering in PDMS under Limited Resources. In Proc. of the Intl. Workshop on Information Integration on the Web (IIWeb), 2006.
- [Schw06] Schweigert, M.: Entwurf eines Peer Data Management Systems mit Steuerungs- und Simulationskomponente. Humboldt-Universität zu Berlin, Diplomarbeit, 2006.
- [TH05] Tatarinov, I., Halevy, A.: Efficient query reformulation in peer data management systems. In: Proc. of the ACM Int. Conf. on Management of Data (SIGMOD), 2004.