

XML-Unterstützung in Datenbanksystemen

Dr. Stefanie Rinderle-Ma
Privatdozentin
Institut für Datenbanken und Informationssysteme
Universität Ulm
stefanie.rinderle@uni-ulm.de

Einführung: Überblick



1.1 Motivation

1.2 Die webbasierte Kursverwaltung

1.3 XML und Datenbanken

1.4 Datenbanken und XML

1.5 Verwendete Systeme

1.6 Zusammenfassung und Ausblick

1.1 Entwicklung und Bedeutung von XML (1)



- „Googeln“ des Begriffs XML ergibt ungefähr 450.000.000 Treffer
- „Googeln“ nach Software im Kontext XML liefert kaum weniger Treffer
- Darüber hinaus existieren ganze Konferenzen zum Thema XML (siehe z.B. <http://2007.xmlconference.org/public/content/home>)

- Enorme kommerzielle Bedeutung
- Aber auch wissenschaftlich interessant (☞ später)

1.1 Entwicklung und Bedeutung von XML (2)



- XML ist abgeleitet von SGML
 - SGML = Standard Generalized Markup Language
 - Metasprache zur Definition von „Markierungssprachen“ für Dokumente
 - ISO-Standard seit 1986

- Ursprüngliche Idee:
 - Verwendung einer solchen „Auszeichnungssprache“ für den Datenaustausch zwischen Systemen im Internet
 - Durch „lesbaren“ Text entfällt im Wesentlichen die gesamte Wandlungsproblematik, die bei Binärformaten auftritt¹

¹ allerdings für den Preis eines höheren Datenvolumens

1.1 Entwicklung und Bedeutung von XML (3)



- ❑ Definition von XML (eXtensible Markup Language) als stark vereinfachte Teilmenge von SGML
- ❑ Herausgegeben vom W3C (World Wide Web Consortium, <http://www.w3.org/>)
- ❑ Erste Ausgabe Februar 1998
- ❑ In der Folge viele Weiterentwicklungen und weitere „W3C-Standards“
 - XML-Processing
 - XML-Linking
 - XML-Query
 - XML-Schema
 - etc.

1.1 Entwicklung und Bedeutung von Datenbanken



- ❑ Datenbanksysteme sind die wichtigste Implementierungsplattform für die Realisierung von **Informationssystemen**
- ❑ Einsatz als
 - Entwicklungswerkzeuge
 - Integrationswerkzeuge
- ❑ Relationale Datenbanksysteme
 - Ende der 60er Jahre Grundlagenforschung am IBM-Forschungslabor San Jose, CA, mit dem Ziel, die Erstellung von Datenbankanwendungen „einfacher“ zu machen.
 - 1970 erste Veröffentlichung von E.F. Codd zum „Relationalen Datenmodell“.
 - In der Folge verschiedene Prototyp-Entwicklungen (z.B. System R, Ingres)
 - Heute wichtigste kommerziell verfügbare Datenbanktechnologie (Systembeispiele: DB2 (IBM), Oracle (Oracle), SQL-Server (Microsoft))

1.1 Verbindung XML und Datenbanksysteme allgemein



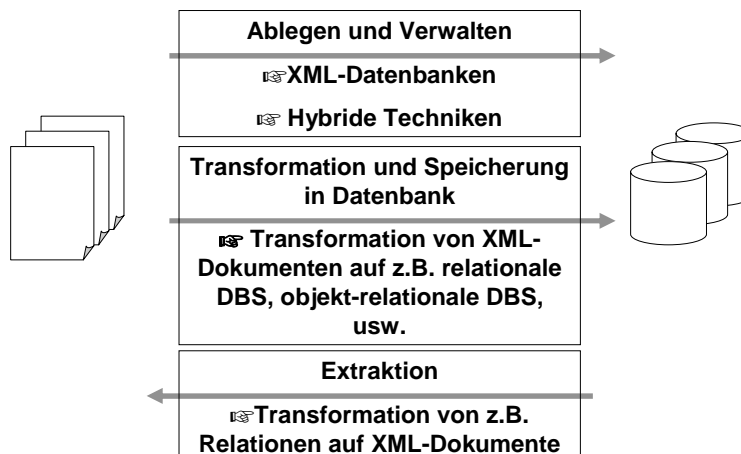
- ❑ Viele „Austausch-Dokumente“ werden „nativ“ im XML-Format im Dateisystem abgelegt
- ❑ Webbrowser beginnen relativ bald das XML-Format zu unterstützen, damit einfache Anzeige am Bildschirm
- ❑ Sehr große Mengen an solchen Dokumenten entstehen
- ❑ Speicherung im Dateisystem oder als (uninterpretierten) Textstring in DBS unbefriedigend
- ❑ **Folge:**
 - Forderung nach Unterstützung von XML-Dokumenten in DBMS
 - Definition von Abbildungen zwischen XML und relationalen Tabellen (→ SQL-Teilstandard, siehe später)
 - Entwicklung einer eigenständigen Sprache für XML-strukturierte Objekte durch das W3C
 - ◆ XPath
 - ◆ XQuery

1.1 Verbindung XML und Datenbanksysteme - Überblick



Information, gespeichert in
XML-Dokumenten

Information, gespeichert in
Datenbanken





1.1 Motivation

1.2 Die webbasierte Kursverwaltung

1.3 XML und Datenbanken

1.4 Datenbanken und XML

1.5 Verwendete Systeme

1.6 Zusammenfassung und Ausblick

1.2 Die webbasierte Kursverwaltung (1)



Verschiedene Kurse sollen über das Internet angeboten werden

- Kursinformation, z.B.:
 - Titel
 - Voraussetzungen
- Teilnehmerinformation, z.B.:
 - Name
 - Adresse
- Kursleiterinformation, z.B.:
 - Name
 - Gehalt
- Angebotsinformation
 - Datum
 - Ort

Realwelt-Beispiel:

Angebot der Deutschen Informatik-Akademie www.dia-bonn.de

Anmeldung
Services und Prozesse, 23.04. - 24.04.2009 Heidelberg

Anrede:

Vorname:

Name:

Firma / Institution:

Abteilung:

Straße / Postfach:

Land:

PLZ:

Ort:

Fax:

E-Mail:

Mitglied
Güternummer:

VGE-Mitglied

Beschäftigt(e) eines Mitgliedsunternehmens der GI, des BITKOM, des ZVEI e.V.

Teilnahmegebühr EUR:

Rechnungsanschrift:

Straße / Postfach:

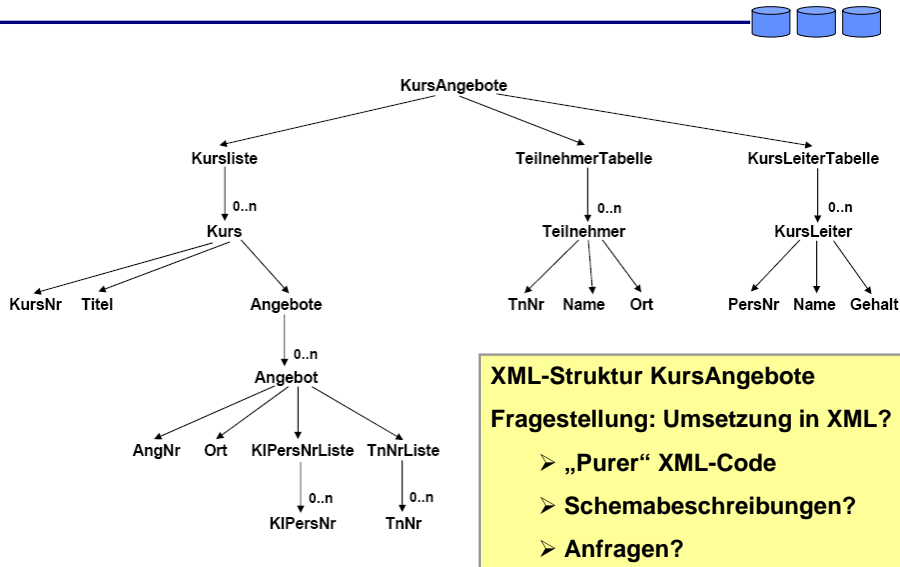
Land:

PLZ:

Ort:

Ich möchte nicht in die Teilnehmerliste aufgenommen werden

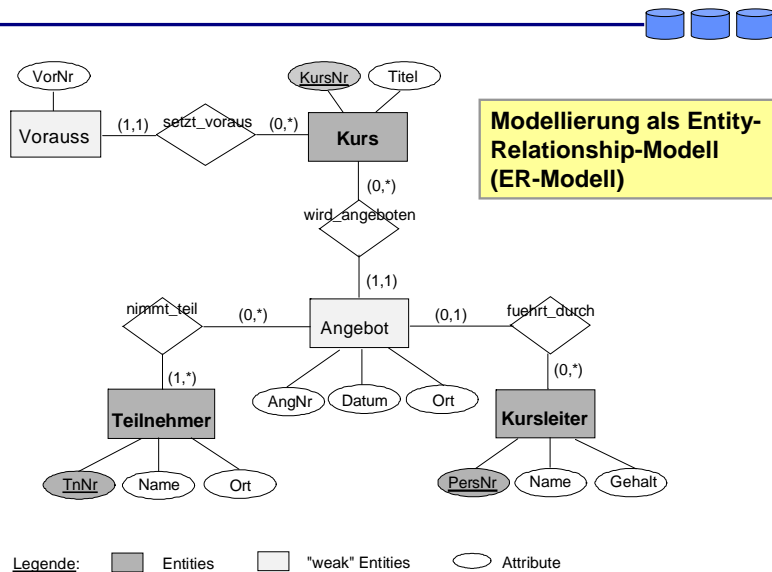
1.2 Die webbasierte Kursverwaltung (2)



XML-Struktur KursAngebote
Fragestellung: Umsetzung in XML?

- „Purer“ XML-Code
- Schemabeschreibungen?
- Anfragen?

1.2 Die webbasierte Kursverwaltung (3)



Modellierung als Entity-Relationship-Modell (ER-Modell)

1.2 Die webbasierte Kursverwaltung (4)



- Wie kann diese Anwendung realisiert werden?
(Uns interessieren hier nicht „Feinheiten“ der Oberfläche usw., sondern die mögliche Konzepte zur Verwaltung der anfallenden Daten!)
- Wir haben bereits motiviert, dass „rein“ XML-basierte-Lösungen bzw. „reine“ Datenbanklösungen in unserem Kontext nicht ausreichen.
- ☞ Kombination beider Techniken zur webbasierten Kursverwaltung
- Allerdings: „Erst die Henne oder das Ei?“
- Sprich: Welche Ausgangssituation liegt vor?
 - XML-Dokumente zur Kursverwaltung existieren
 - Datenbanklösung existiert
 - Alles kann „from scratch“ aufgesetzt werden

Einführung: Überblick



1.1 Motivation

1.2 Die webbasierte Kursverwaltung

1.3 XML und Datenbanken

1.4 Datenbanken und XML

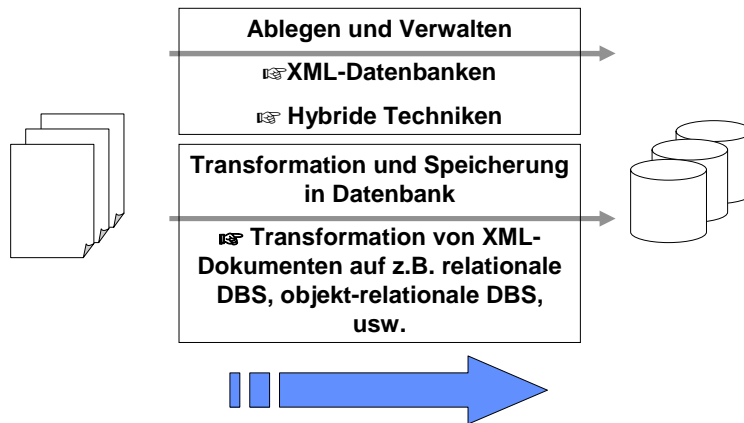
1.5 Verwendete Systeme

1.6 Zusammenfassung und Ausblick

1.3 XML und Datenbanken (1)

Information, gespeichert in XML-Dokumenten

Information, gespeichert in Datenbanken



1.3 XML und Datenbanken (2)

Welche Variante gewählt wird, hängt (auch) von den Dokumenteigenschaften der XML-Dokumente ab:

- Erste Möglichkeit: datenzentrierte XML-Dokumente
 - Regulär
 - Strenge Typinformation
 - Beispiele: elektronische Kataloge, Bestellungen, Fahrpläne usw.
 - Typische Anfragen:
 - ◆ Suche auf Attributwerten oder Elementinhalten
 - ◆ Änderung dieser Werte
 - ◆ Sortierung, Aggregatfunktionen und Verbundoperationen
 - ◆ Erstellung von Ergebnisdokumenten ist notwendig

1.3 XML und Datenbanken (3)



```
<KursAngebote>
  <Kurs>
    <KursNr>I09</KursNr>
    <Titel>Datenbanken</Titel>
    <Angebote>
      <Angebot>
        <AngNr>1</AngNr>
        <Datum>2006-03-27</Datum>
        <Ort>Stuttgart</Ort>
        <KLPersNr>29594</KLPersNr>
      </Angebot>
      <Angebot>
        <AngNr>2</AngNr>
        <Datum>2006-04-23</Datum>
        <Ort>Hamburg</Ort>
        <KLPersNr>29594</KLPersNr>
      </Angebot>
    </Angebote>
    <Voraus>
      <VorNr>G08</VorNr>
      <VorNr>G10</VorNr>
      <VorNr>P13</VorNr>
    </Voraus>
  </Kurs>
</KursAngebote>
```

**Auszug aus Kursangeboten in XML:
Datenzentriertes XML-Dokument**

1.3 XML und Datenbanken (4)



- Zweite Möglichkeit: dokumentenzentrierte XML-Dokumente
 - Irregulär
 - Typinformationen meistens nicht enthalten
 - Sollen typischerweise bei der Speicherung als Ganzes erhalten und wiederhergestellt werden können.
 - Beispiele: wissenschaftliche Artikel, E-Mails, Webseiten¹
 - Typische Anfragen:
 - ◆ Horizontale und vertikale Navigation
 - ◆ Auch Volltextanfragen notwendig
 - ◆ Änderungsoperationen können sich auch auf Strukturebene oder Dokumentfragmente beziehen

¹sofern diese nicht aus Datenbanken oder strukturierten Informationen generiert wurden.

1.3 XML und Datenbanken (5)



<Anreisebeschreibung>

Sie können unser Haus auf verschiedenen Wegen erreichen:

<bahn>per Bahn: ca. 300 m ab Bahnhof Ulm </bahn>

<auto>mit dem Auto: Autobahn A8 oder A7 (Ausfahrt Neu-Ulm) </auto>

<flugzeug>per Flugzeug: 80 km ab Stuttgart, 120 km ab München, 60 km ab Memmingen </flugzeug>

Sie finden uns direkt in der Stadtmitte.

</Anreisebeschreibung >

Add-on Anreisebeschreibung zu den Seminarorten für die Kursdatenbank (in Anlehnung an [KIMe03]):

Dokumentzentriertes XML-Dokument

1.3 XML und Datenbanken (6)



Dritte Möglichkeit: semistrukturierte (mixed) XML-Dokumente

- Eigenschaften von dokument- und datenzentrierten XML-Dokumenten
- Beispiele: Bücher, Hotelinformationen, Online-Buchläden

1.3 XML und Datenbanken (7)



```

<hotel>
  <hotelname>Stadthotel </hotelname>
  <kategorie>3 </kategorie>
  <adresse>
    <plz>89073</plz>
    <ort>Ulm </ort>
    <strasse>Hirschstrasse </strasse>
  <Anreisebeschreibung >
    Sie können unser Haus auf verschiedenen Wegen
    erreichen:
    <bahn>per Bahn: ca. 300 m ab Bahnhof Ulm </bahn>
    <auto>mit dem Auto: Autobahn A8 oder A7 (Ausfahrt
    Neu-Ulm) </auto>
    <flugzeug>per Flugzeug: 80 km ab Stuttgart, 120 km
    ab München, 60 km ab Memmingen </flugzeug>
    Sie finden uns direkt in der Stadtmitte.
  </Anreisebeschreibung >
</hotel>
  
```

**Add-on Hotelbeschreibung zu den Seminarorten für
 die Kursdatenbank (in Anlehnung an [KIMe03]):
 Semistrukturiertes XML-Dokument**

1.3 XML und Datenbanken (8)



Fazit:

- Unterteilung von XML-Dokumenten hat wichtige Implikationen auf Wahl einer geeigneten Modellierungsmethode, Speicherungsmethode und Anfragesprache!

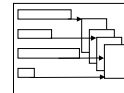
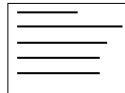
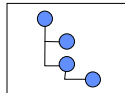
Dokumentmodell Anfragen/Updates an Struktur/Inhalt	Daten, Dokumentmodell Anfragen/Updates an Struktur/Inhalt	Datenmodell Anfragen/Updates an Inhalt
SGML, XML, XPath, DOM, XQuery, XSLT	OEM, XML Lorel, XQuery	Relationales/ Objektorientiertes Datenmodell, XML SQL, OQL, XQuery
dokumentzentriert	semistrukturiert	datenzentriert

1.3 XML und Datenbanken (9)



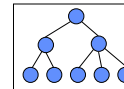
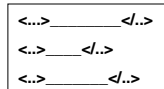
- Weiterhin zu beachten: Fragestellungen und Anforderungen aus der klassischen 3-Schichten-Architektur gelten auch für XML-Dokumenten
 - Hierbei noch zusätzlich Kombination mit XML-Dokumenteigenschaften:
 - Impulse aus Dokumentverarbeitung und Impulse aus der Datenbankwelt

**Dokument-
verarbeitung**

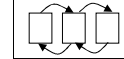
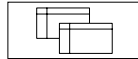
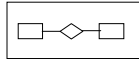


XML

Konzeptueller
Entwurf von XML-
Dokumenten



Datenbanken



**konzeptuelle
Ebene**

**logische
Ebene**

**physische
Ebene**

Einführung: Überblick



1.1 Motivation

1.2 Die webbasierte Kursverwaltung

1.3 XML und Datenbanken

1.4 Datenbanken und XML

1.5 Verwendete Systeme

1.6 Zusammenfassung und Ausblick

1.4 Datenbanken und XML (1)



Datenrepräsentation in XML

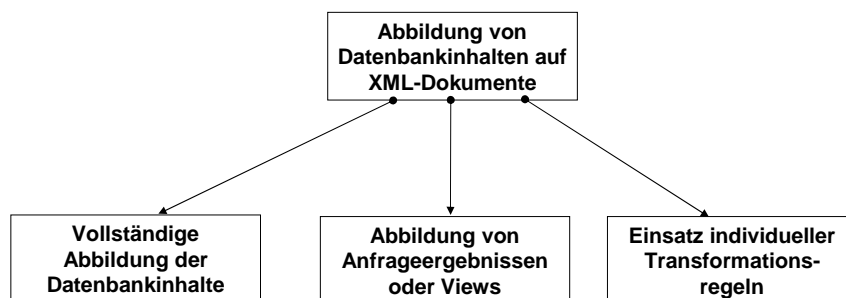
- Häufig liegen Daten bereits in elektronischer Form vor (z.B. in Datenbanken).
- Aus diesen Daten sollen dann XML-Dokumente erzeugt werden.
- Repräsentation von relationalen Datenbanken in XML ←
- Repräsentation von objektrelationalen Datenbanken in XML
- Beliebige Datenformate

1.4 Datenbanken und XML (2)



Repräsentation von relationalen Datenbanken in XML

- Anwendungsszenarien:



Nach [KIMe03]

Einführung: Überblick



1.1 Motivation

1.2 Die webbasierte Kursverwaltung

1.3 XML und Datenbanken

1.4 Datenbanken und XML

1.5 Verwendete Systeme

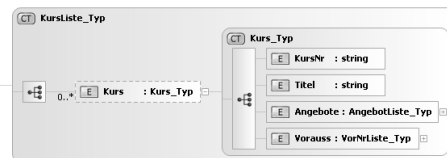
1.6 Zusammenfassung und Ausblick

1.5 Verwendete Systeme (1)



Schemabeschreibung mittels XML-Schema
(Entity- und Datentypen)

Visualisierung in Liquid XML-Studio
<http://www.liquid-technologies.com/>



1.5 Verwendete Systeme (2)



```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8" ?>
<xs:schema xmlns:xs="http://www.w3.org/2001/XMLSchema">
<!-- Typ-Definitionen -->
<xs:complexType name="Angebot_Typ">
  <xs:sequence>
    <xs:element name="AngNr" type="xs:positiveInteger" />
    <xs:element name="Ort" type="xs:string" />
    <xs:element name="Datum" type="xs:date" />
    <xs:element name="KlPersNrListe">
      <xs:complexType>
        <xs:sequence>
          <xs:element minOccurs="0"
            maxOccurs="unbounded"
            name="KlPersNr"
            type="xs:positiveInteger" />
        </xs:sequence>
      </xs:complexType>
    </xs:element>
    <xs:element name="TnNrListe">
      ...
    </xs:element>
  </xs:sequence>
</xs:complexType>
```

Zugehöriger XML-Schema-Code (Auszug)

BaseX 5.0 - KursAngebote

BaseX, Uni Konstanz, <http://www.inf.uni-konstanz.de/dbis/baseX>

Kursliste				Angebote				TeilnehmerTabelle					
KursNr	Titel	KursNr	Titel	AngNr	Ort	KlPersNrListe	Datum	TnNr	Name	Ort	TnNr	Name	Ort
608	Grundlagen I	610	Grundlagen II	1	München	38197	2005-10-13	145	Schmidt, M.	Essen	143	Schulze, B.	Stuttgart
				2	Essen	38197	2005-11-24	143	Meier, K.	Heidelberg	177	Mons, F.	Essen
				1	München	43325	2005-12-01	TnNrListe			149	Kirchner, B.	Bochum
				2	Heidelberg	29594	2006-02-15	TnNrListe			171	Müller, H.	Ulm
				1	Stuttgart		2006-03-27	TnNrListe			173	Schulze, B.	Stuttgart
				2	Heidelberg	29594	2006-04-23	187			185	Karsten, L.	Heidelberg
				3	München	29594	2006-05-29	29594			187	Karsten, L.	Heidelberg
				1	Ulm	27183					179	186	
				2	Essen	27183					179	186	
				1	Ulm	27183					179	186	
				2	Essen	27183					179	186	
				1	Ulm	27183					179	186	
				2	Essen	27183					179	186	
				1	Ulm	27183					179	186	
				2	Essen	27183					179	186	
				1	Ulm	27183					179	186	
				2	Essen	27183					179	186	
				1	Ulm	27183					179	186	
				2	Essen	27183					179	186	
				1	Ulm	27183					179	186	
				2	Essen	27183					179	186	
				1	Ulm	27183					179	186	
				2	Essen	27183					179	186	
				1	Ulm	27183					179	186	
				2	Essen	27183					179	186	
				1	Ulm	27183					179	186	
				2	Essen	27183					179	186	
				1	Ulm	27183					179	186	
				2	Essen	27183					179	186	
				1	Ulm	27183					179	186	
				2	Essen	27183					179	186	
				1	Ulm	27183					179	186	
				2	Essen	27183					179	186	
				1	Ulm	27183					179	186	
				2	Essen	27183					179	186	
				1	Ulm	27183					179	186	
				2	Essen	27183					179	186	
				1	Ulm	27183					179	186	
				2	Essen	27183					179	186	
				1	Ulm	27183					179	186	
				2	Essen	27183					179	186	
				1	Ulm	27183					179	186	
				2	Essen	27183					179	186	
				1	Ulm	27183					179	186	
				2	Essen	27183					179	186	
				1	Ulm	27183					179	186	
				2	Essen	27183					179	186	
				1	Ulm	27183					179	186	
				2	Essen	27183					179	186	
				1	Ulm	27183					179	186	
				2	Essen	27183					179	186	
				1	Ulm	27183					179	186	
				2	Essen	27183					179	186	
				1	Ulm	27183					179	186	
				2	Essen	27183					179	186	
				1	Ulm	27183					179	186	
				2	Essen	27183					179	186	
				1	Ulm	27183					179	186	
				2	Essen	27183					179	186	
				1	Ulm	27183					179	186	
				2	Essen	27183					179	186	
				1	Ulm	27183					179	186	
				2	Essen	27183					179	186	
				1	Ulm	27183					179	186	
				2	Essen	27183					179	186	
				1	Ulm	27183					179	186	
				2	Essen	27183					179	186	
				1	Ulm	27183					179	186	
				2	Essen	27183					179	186	
				1	Ulm	27183					179	186	
				2	Essen	27183					179	186	
				1	Ulm	27183					179	186	
				2	Essen	27183					179	186	
				1	Ulm	27183					179	186	
				2	Essen	27183					179	186	
				1	Ulm	27183					179	186	
				2	Essen	27183					179	186	
				1	Ulm	27183					179	186	
				2	Essen	27183					179	186	
				1	Ulm	27183					179	186	
				2	Essen	27183					179	186	
				1	Ulm	27183					179	186	
				2	Essen	27183					179	186	
				1	Ulm	27183					179	186	
				2	Essen	27183					179	186	
				1	Ulm	27183					179	186	
				2	Essen	27183					179	186	
				1	Ulm	27183					179	186	
				2	Essen	27183					179	186	
				1	Ulm	27183					179	186	
				2	Essen	27183					179	186	
				1	Ulm	27183					179	186	
				2	Essen	27183					179	186	
				1	Ulm	27183					179	186	
				2	Essen	27183					179	186	
				1	Ulm	27183					179	186	
				2	Essen	27183					179	186	
				1	Ulm	27183					179	186	
				2	Essen	27183					179	186	
				1	Ulm	27183					179	186	
				2	Essen	27183					179	186	
				1	Ulm	27183					179	186	
				2	Essen	27183					179	186	
				1	Ulm	27183					179	186	
				2	Essen	27183					179	186	
				1	Ulm	27183					179	186	
				2	Essen	27183					179	186	
				1	Ulm	27183					179	186	
				2	Essen	27183					179	186	
				1	Ulm	27183					179	186	
				2	Essen	27183					179	186	
				1	Ulm	27183					179	186	
				2	Essen	27183					179	186	
				1	Ulm	27183					179	186	
				2	Essen	27183					179	186	
				1	Ulm	27183					179	186	
				2	Essen	27183					179	186	
				1	Ulm	27183					179	186	
				2	Essen	27183					179		

1.5 Verwendete Systeme (4)



Befehlseditor 2 - DB2COPY1

Befehlseditor Ausgewählt Editieren Sicht Tools Hilfe

Befehle Abfrageergebnisse Zugriffsplan

Ziel XMLDB1 Hinzufügen...

```
connect to xaldb1;

CREATE TABLE Customer (Cid BIGINT NOT NULL PRIMARY KEY, Info XML);

INSERT INTO Customer (Cid, Info) VALUES (1000,
'<customerinfo xmlns="http://posample.org" Cid="1000">
<name>Kathy Smith</name>
<addr country="Canada">
<street>5 Rosewood</street>
<city>Toronto</city>
<prov-state>Ontario</prov-state>
<pcode-zip>M6W 1B6</pcode-zip>
</addr>
<phone type="work">416-555-1358</phone>
</customerinfo>');
```

Beispiel: Hybridfunktionalität in DB2 9.5

Erste Möglichkeit: Einführung von Attributen vom Typ XML

©Stefanie Rinderle-Ma, Institut DBIS, Universität Ulm, SS09 – Kap. 1

31

1.5 Verwendete Systeme (5)



Befehlseditor 1 - DB2COPY1

Befehlseditor Ausgewählt Editieren Sicht Tools Hilfe

Befehle Abfrageergebnisse Zugriffsplan

Diese Ergebnisse werden mit Hilfe von Aktualisierer Zum Durchsuchen eines XML-Dokuments klickler

Anzeigefunktion für XML-Dokumente - KURSANG

Baumstruktursicht Quellensicht

KURSANG

- KursAngebote
 - Kurs
 - KursNr 109
 - Titel
 - Datenbanken
 - Angebote
 - Angebot
 - AngNr 1
 - Datum 2006-03-27
 - Ort
 - KLPersNr
 - Angebot
 - AngNr
 - Datum
 - Ort
 - KLPersNr
 - Voraus

Alle Ebenen einblenden

Alle Ebenen ausblenden

Suchen...

Benutzervorgaben...

Legende

- Attribut
- Dokument
- Element
- Text

Beispiel: Hybridfunktionalität in DB2 9.5

„Inspektion“ von XML-Dokumenten

©Stefanie Rinderle-Ma, Institut DBIS, Universität Ulm, SS09 – Kap. 1

32

1.5 Verwendete Systeme (6)



```
CREATE TABLE XML_TAB (DOCID INTEGER, XML_DOC XML, XSL_DOC  
CLOB(1M));
```

```
INSERT INTO XML_TAB VALUES  
(1,  
  '<?xml version="1.0"?>  
    <students  
      xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance" xsi:  
        ...  
    </students>',  
  '<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="no" type="text/html">  
    <xsl:stylesheet version="1.0" xmlns:xsl="http://www.w3.org/1999/XSL/Transform" type="text/xsl">  
      ...  
    </xsl:stylesheet>'  
);
```

Beispiel: Hybridfunktionalität in DB2 9.5

**Verwendung von XSLT-
Formatvorlagen (die ebenfalls in der
Datenbank gespeichert werden)
z.B. Formatierung der Ausgabe als
HTML-Webseite**

```
SELECT XSLTRANSFORM (XML_DOC USING XSL_DOC AS CLOB(1M)) FROM  
XML_TAB;
```

Einführung: Überblick



1.1 Motivation

1.2 Die webbasierte Kursverwaltung

1.3 XML und Datenbanken

1.4 Datenbanken und XML

1.5 Verwendete Systeme

1.6 Zusammenfassung und Ausblick

Übersicht



- 1) Einführung und Überblick
- 2) Basiskonzepte von XML
- 3) Datenrepräsentation in XML
- 4) XML-Datenbanken
- 5) Konzeptueller Entwurf von Schemata
- 6) XML-Datenbanken - Speicherungstechniken
- 7) Speicherorganisation und Indexstrukturen
- 8) XML-Anfragesprachen
- 9) XML-Retrieval
- 10) Neue Fragestellungen und Trends
- 11) Zusammenfassung und Ausblick

Literatur



- [Dada08] Peter Dadam: Vorlesung Datenbanksysteme, WS08/09, Universität Ulm
- [KIMe03] Meike Klettke, Holger Meyer: XML&Datenbanken. dpunkt.verlag, ISBN 3-89864-148-1 (2003)
- [LeSc04] Wolfgang Lehner, Harald Schöning: XQuery. dpunkt.verlag, ISBN 3-89864-266-6 (2004)
- [Moos08] XQuery und SQL/XML in DB2-Datenbanken. Vieweg+Teubner, ISBN 978-3-8148-0390-0 (2008)
- [RaVo03] Erhard Rahm, Gottfried Vossen. Web & Datenbanken. dpunkt.verlag ISBN 3-89864-189-9 (2003)
- [Vonh02] Helmut Vonhoegen: Einstieg in XML. Galileo Computing, ISBN 3-89842-137-6 (2002)
- [MoSc06] Anders Møller, Michael Schwartzbach: An Introduction to XML and Web Technologies, Addison-Wesley, ISBN 0-321-26966-7 (2006)

Weitere (Spezial-)Artikel werden zu den jeweiligen Kapiteln genannt.