XML und Datenbanken

Übersicht

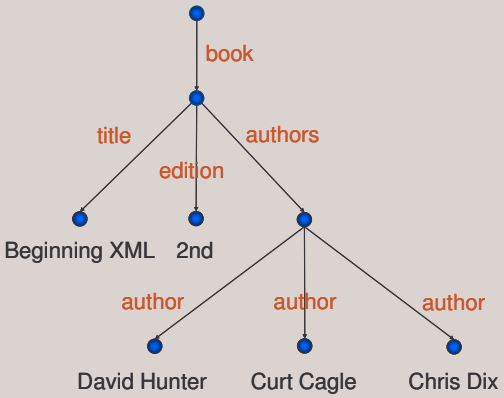
- XML persistent speichern: 3 Möglichkeiten
- Exkurs: relationales Datenmodell
- Abbildung relationales Datenmodell ➔ XML
- Datenmodellierung mit XML

- Schwerpunkt: Vergleich XML mit relationalem Datenmodell
- vollständige Darstellung des Themas: www.rpbourret.com/xml/XMLAndDatabases.htm

XML persistent speichern

XML vs. relationales Datenmodell

XML



- Hierarchie (Baum)
- Kind-Elemente: Reihenfolge relevant
- Anfragen: XPath

relationales Datenmodell

Book

BookKey	Title	Edition
1	Beginning XML	2nd

Author

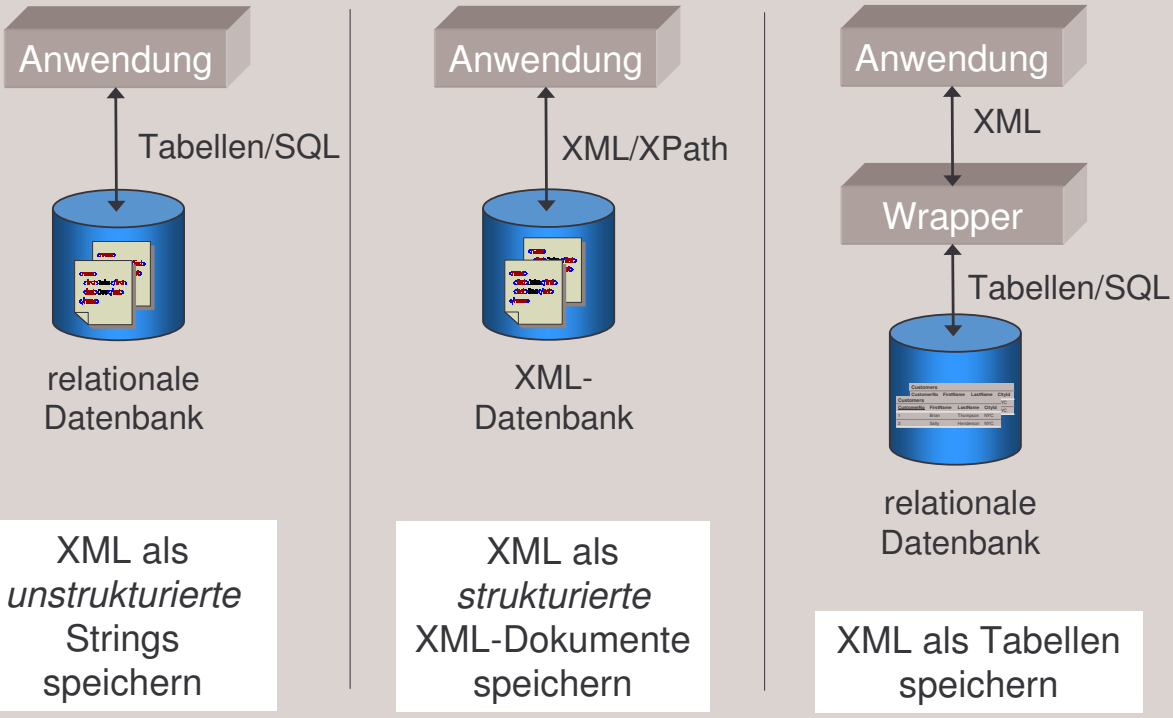
AuthorKey	FirstName	LastName
1	David	Hunter
2	Kurt	Cagle
3	Chris	Dix

Authorship

Key	BookKey	AuthorKey
1	1	1
2	1	2
3	1	3

- Tabellen, Schlüssel
- Spalten und Zeilen: Reihenfolge egal
- Anfragen: SQL

XML persistent speichern: 3 Alternativen



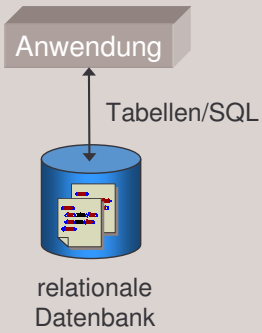
XML als *unstrukturierte* Strings speichern

XML als *strukturierte* XML-Dokumente speichern

XML als Tabellen speichern

1. XML in Datenbank als String speichern

- hierarchische XML-Struktur als Wert eines Feldes gespeichert
- XML-Struktur wird als String serialisiert



Vor- und Nachteile

\+ vorhandenes relationales Datenbanksystem (RDBMS) kann genutzt werden

\+ triviale Schnittstelle zwischen XML und RDBMS

\- keine komplexen Anfragen auf XML-Struktur

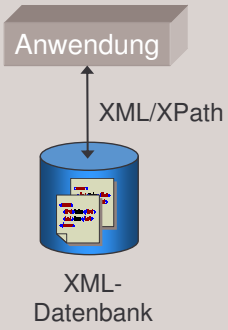
- Datenbanksystem (DBMS): Software, die es erlaubt, Daten persistent zu speichern
- Datenbank (DB): Datensatz, der in einem DBMS gespeichert ist

2. XML in XML-Datenbank speichern

- Übersicht XML-Datenbanken:
  www.rpbourret.com/xml/XMLDatabaseProds.htm

Vor- und Nachteile

+ XML-Datenmodell direkt unterstützt
+ XPath wird unterstützt
- neue Datenbank nötig
- XML-Datenbanken noch nicht interoperabel
- schwierige Integration mit bestehenden relationalen Datenbanken (RDB)
- keine Systematik der Datenmodellierung

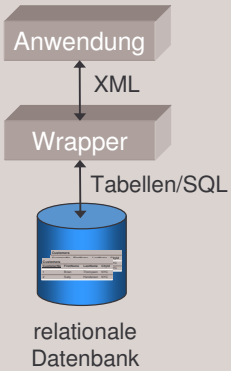


3. XML-Wrapper für relationale Datenbank

- RDMS mit XML-Schnittstelle
- Tabellen und Schlüssel in XML kodiert:
  Kodierung einfach und *ohne* Informationsverlust
- Anfragen: SQL mit XML-Funktionen, z.B. SQL/XML

Vor- und Nachteile

+ vorhandenes RDBMS kann genutzt werden
+ von heutigen RDBMS unterstützt
+ einfache Abbildung RDB ➔ XML
+ Systematik der Datenmodellierung
- Möglichkeiten der Datenmodellierung von XML nicht voll ausgeschöpft



XML persistent speichern: 3 Alternativen

XML als *unstrukturierte* Strings speichern	XML als *strukturierte* XML-Dokumente speichern	XML als Tabellen speichern
+ vorhandenes RDBMS kann genutzt werden	+ XML-Datenmodell direkt unterstützt	+ vorhandenes RDBMS kann genutzt werden
+ triviale Schnittstelle XML↔RDBMS	- neue Datenbank nötig	+ von heutigen RDBMS unterstützt
- *keine* komplexen Anfragen auf XML-Daten möglich	- XML-Datenbanken noch nicht interoperabel	+ **einfache Abbildung RDB ➔ XML**
	- schwierige Integration mit bestehenden RDB	+ **Systematik der Datenmodellierung**
	- **keine Systematik der Datenmodellierung**	- **Möglichkeiten der Datenmodellierung von XML nicht voll ausgeschöpft**

Exkurs: Relationales Datenmodell

Relationales Datenmodell

Customers			
CustomerNo	**FirstName**	**LastName**	**CityId**
1	Brian	Thompson	NYC
2	Sally	Henderson	NYC

- 1970 von Codd eingeführt
- Daten in **Tabellen** organisiert
- Tabelle repräsentiert *n*-stellige Beziehung (**Relation**) zwischen *primitiven* Daten.

⇨ keine geschachtelten Tabellen

- Tabelle besteht aus Spalten (**Felder**) und Zeilen (**Tupel**).
- Zeilen und Spalten ungeordnet
- Tabellen haben eindeutige Namen.

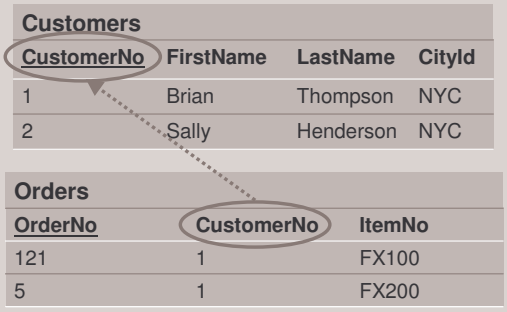
Primär- und Fremdschlüssel

- mindestens eine Spalte einer Tabelle ist **Primärschlüssel**: eindeutiger Repräsentant eines bestimmten Tupels
- bei mehreren Spalten: **zusammengesetzter Primärschlüssel**
- **Fremdschlüssel**: referenziert Primärschlüssel einer anderen Tabelle

Customers			
CustomerNo	**FirstName**	**LastName**	**CityId**
1	Brian	Thompson	NYC
2	Sally	Henderson	NYC

Orders		
OrderNo	**CustomerNo**	**ItemNo**
121	1	FX100
5	1	FX200

Eindeutigkeit und Existenz



Customers

CustomerNo	FirstName	LastName	CityId
1	Brian	Thompson	NYC
2	Sally	Henderson	NYC

Orders

OrderNo	CustomerNo	ItemNo
121	1	FX100
5	1	FX200

- Primärschlüssel müssen für jedes Tupel einen Wert haben.
- Primärschlüssel müssen innerhalb der Tabelle eindeutig sein.
- Für jeden Fremdschlüssel muss ein zugehöriger Primärschlüssel existieren.

Typen von Beziehungen

Tabellen (Relationen):

- Beziehungen zwischen primitiven Daten

Customers

CustomerNo	FirstName	LastName	CityId
1	Brian	Thompson	NYC
2	Sally	Henderson	NYC

- meist Objekte der realen Welt, wie z.B. Kunden oder Aufträge.
- Zwischen zwei Objekten der realen Welt kann eine 1:1-, 1:N- oder N:M-Beziehung bestehen.

Wie werden 1:1-, 1:N- und N:M-Beziehungen zwischen Tabellen ausgedrückt?

1:N-Beziehung

- Bestimmter Kunde kann mehrere Aufträge erteilen.
- Umgekehrt ist aber jedem Auftrag immer *genau ein* Kunde zugeordnet.
- Zwischen Kunden und Aufträgen besteht eine 1:N-Beziehung.

1:N-Beziehung im relationalen Modell

Primärschlüssel

1

Customers

CustomerNo	FirstName	LastName	CityId
1	Brian	Thompson	NYC
2	Sally	Henderson	NYC

eindeutig

:

Fremdschlüssel

N

Orders

OrderNo	CustomerNo	ItemNo
121	1	FX100
5	1	FX200

nicht eindeutig

1:1-Beziehung

- 1:1-Beziehungen eher selten
- Beispiel:
  - zwei unterschiedliche Kunden-Tabellen
  - kompakte Version für Außendienstmitarbeiter
  - ausführlichere Version für die interne Verwaltung
  - Zwischen den beiden Tabellen sollte eine 1:1-Beziehung bestehen.

1:1-Beziehung im relationalen Modell

Customers

CustomerNo	FirstName	LastName	CityId
1	Brian	Thompson	NYC
2	Sally	Henderson	NYC

Customers (detailed)

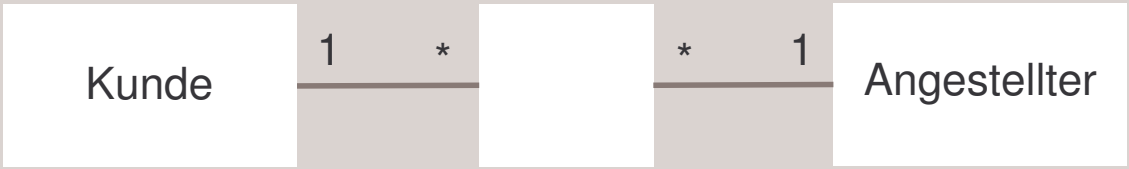
CustomerNo	LastName	FirstName	CityId	CreditCard	CreditCardNo
1	Brian	Thompson	NYC	Amex	100900402344
2	Sally	Henderson	NYC	Visa	100800402e33

- beide Schlüssel gleichzeitig Primär- und Fremdschlüssel

N:M-Beziehung

- Ein Angestellter kann mehrere Kunden betreuen.
- Umgekehrt kann ein Kunde gleichzeitig von mehreren Angestellten betreut werden.
- Zwischen Kunden und Angestellten besteht eine N:M-Beziehung.

N:M-Beziehung im relationalen Modell



- im relationalen Datenmodell N:M-Bezeiehung *nicht* direkt darstellbar
- muss in zwei 1:N-Beziehungen aufgebrochen werden
- Dritte Tabelle enthält Fremdschlüssel beider Tabellen.

N:M-Beziehung im relationalen Modell

1

:

N N

:

1

Customers

CustomerNo	FirstName	LastName	CityId
1	Brian	Thompson	NYC
2	Sally	Henderson	NYC

N:M-Relationship

Key	CustomerNo	EmployeeNo
121	1	4
5	1	5

Employees

EmployeeNo	FirstName	LastName	CityId	Type
4	Mark	Whitehorn	NYC	Sales person
5	Bill	Marklyn	NYC	Human Resources

Alternative Darstellung

1

:

N N

:

1

Customers

CustomerNo	FirstName	LastName	CityId
1	Brian	Thompson	NYC
2	Sally	Henderson	NYC

N:M-Relationship

CustomerNo	EmployeeNo
1	4
1	5

Employees

EmployeeNo	FirstName	LastName	CityId	Type
4	Mark	Whitehorn	NYC	Sales person
5	Bill	Marklyn	NYC	Human Resources

Normalformen

- Hilfsmittel zur Datenmodellierung
- für relationales Datenmodell formal definiert

Ziele

- Eigenschaften (Felder) zu passenden Objekten (Tabellen) gruppieren
- Redundante Informationen eliminieren
- Sicherstellen, dass jede Information eindeutig identifiziert werden kann

Mittel

- Verständnis der Bedeutung der Daten
- Verständnis funktionaler Abhängigkeiten

Funktionale Abhängigkeiten

- Beispiel: Fläche = Höhe x Breite
- Fläche **funktional abhängig** von der Höhe und Breite:
- Fläche = f(Höhe, Breite), für eine Funktion f
- es gibt auch funktionale Abhängigkeiten zwischen Feldern einer relationalen Datenbank

Beispiel

Orders					
OrderNo	**ItemNo**	**EmployeeNo**	**CustomerNo**	**ItemName**	**Quantity**
121	3	4	1024	Nut	3
121	4	4	1024	Bolt	67
122	3	9	176	Nut	9

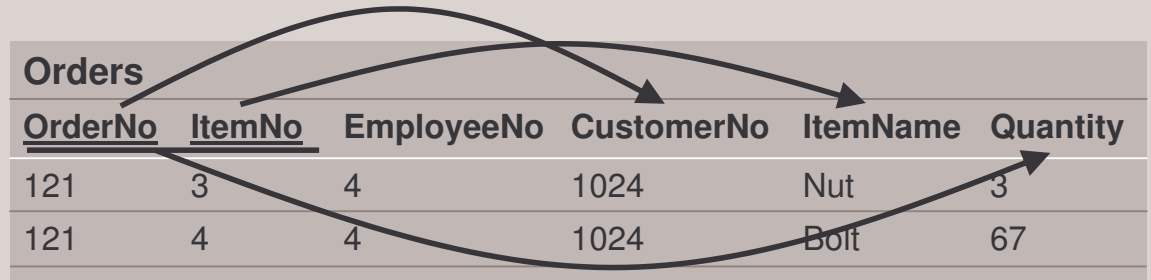
- Annahme: jedem Auftrag *genau ein* Angestellter (Vermittler) zugeordnet

⇨ EmployeeNo = f(OrderNo)

⇨ EmployeeNo funktional abhängig von OrderNo.

Wichtig: Funktionale Abhängigkeiten nicht an Daten selbst zu erkennen, sondern daran, wie sie verwendet werden.

Weitere funktionale Abhängigkeiten



Orders					
OrderNo	**ItemNo**	**EmployeeNo**	**CustomerNo**	**ItemName**	**Quantity**
121	3	4	1024	Nut	3
121	4	4	1024	Bolt	67
122	3	9	176	Nut	9

- Quantity = f_1(OrderNo, ItemNo)
- ItemName = f_2(ItemNo)
- CustomerNo = f_3(OrderNo)

Normalformen

- verschiedene Stufen, die aufeinander aufbauen:
  1., 2., 3. Normalform (⇨ Anhang)

Grundidee

- Unterscheidung funktionaler Abhängigkeiten in notwendige und nicht erlaubte
- Sei P der Primärschlüssel einer Tabelle.
- Seien F_i ein beliebiges Nicht-Schlüssel-Feld der Tabelle.

notwendig

- $F_i = f(P)$

nicht erlaubt

- $F_i = f(P')$, P' echte Teilmenge von P
- $F_i = f(P)$, jedoch auch $F_i = f(F_j)$, $F_j = f(P)$ für ein weiteres Nicht-Schlüssel-Feld F_j

Beispiel

Orders

OrderNo	ItemNo	EmployeeNo	CustomerNo	ItemName	Quantity
121	3	4	1024	Nut	3
121	4	4	1024	Bolt	67
122	3	9	176	Nut	9

notwendig

- $F_i = f(OrderNo,ItemNo)$, $F_i = EmployeeNo,\ldots,Quantity$

nicht erlaubt

- ItemName = f(ItemNo)
- CustomerNo = f(OrderNo)
- EmployeeNo = f(OrderNo)

Weiteres Beispiel

Customers				
CustomerNo	**FirstName**	**LastName**	**CityId**	**City**
1	Brian	Thompson	NYC	New York City
2	Sally	Henderson	NYC	New York City

notwendig

- $F_i = f(\text{CustomerNo})$, $F_i = \text{FirstName},\ldots,\text{CityId}, \text{City}$

nicht erlaubt

- City = f(CityId)

Abbildung relationales Datenmodell ➔ XML

Relationales Datenmodell ➔ XML

- Relationales Datenmodell kann einfach und ohne Informationsverlust in XML kodiert werden.
- Kodierung könnte als Standard für RDBMS dienen.
- Hierfür gibt es allerdings *keinen* etablierten Standard.
- inoffizieller Vorschlag:
  http://www.w3.org/XML/RDB.html

Kodierung einer RDB in XML


```
<Database>
  <EmployeeTable>
        <EmployeeTuple>
              <EmployeeNo>k1</EmployeeNo>
              <FirstName>Mark</FirstName>
              <LastName>Whitehorn</LastName>
              <CityId>NYC</CityId>
              <Type>Sales Person</Type>
        </EmployeeTuple>
        <EmployeeTuple>
              <EmployeeNo>k2</EmployeeNo>
              <FirstName>Bill</FirstName>
              <LastName>Marklyn</LastName>
              <CityId>NYC</CityId>
              <Type>Human Resources</Type>
        </EmployeeTuple>
  </EmployeeTable>
...
```

- Wurzel-Element = Name der Datenbank
- für jede Tabelle genau ein Kind-Element
- darunter für jedes Tupel genau ein Kind-Element
- darunter für jede Spalte ein Kind-Element

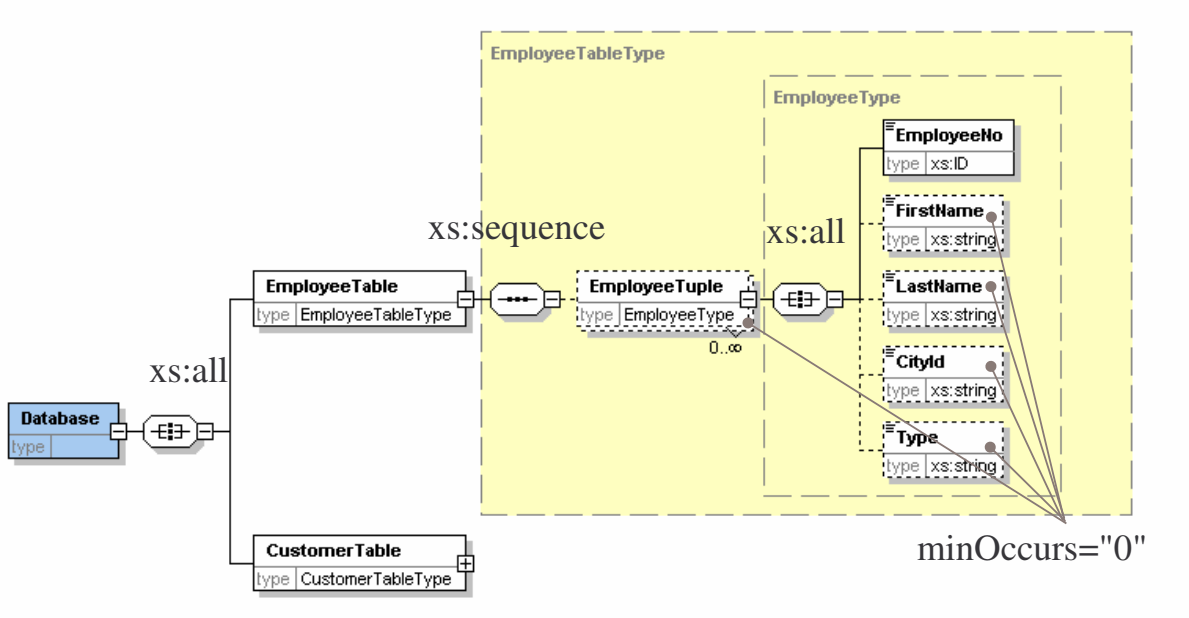
Kodierung von Null Values

```
<Database>
  <EmployeeTable>
        <EmployeeTuple>
              <EmployeeNo>k1</EmployeeNo>
              <FirstName>Mark</FirstName>
              <LastName>Whitehorn</LastName>
              <CityId>NYC</CityId>
              <Type>Sales Person</Type>
        </EmployeeTuple>
        <EmployeeTuple>
              <EmployeeNo>k2</EmployeeNo>
              <FirstName>Bill</FirstName>
              <LastName>Marklyn</LastName>

              <Type></Type>
        </EmployeeTuple>
   </EmployeeTable>
...
```

- **Leerwerte** (***null values***): undefinierte Werte
- Kodierung: entsprechendes Element (= Feld) einfach weglassen
- dadurch Unterscheidung zu leerem Inhalt

Das zugehörige XML-Schema



- Reihenfolge der Tabellen, Tupel und Spalten egal

Kodierung von Schlüssel

- Primärschlüssel vom Typ xs:ID.
- Fremdschlüssel vom Typ xs:IDREF.

Probleme dieser Kodierung

- keine *zusammengesetzten* Primärschlüssel darstellbar
- Statt Eindeutigkeit innerhalb der Tabelle, erzwingt xs:ID Eindeutigkeit aller Attribute mit Typ xs:ID

⇨ Zwei Tabellen dürfen keine identischen Primärschlüssel haben.

- Statt eines ganz bestimmten Primärschlüssels, referenziert xs:IDREF *beliebigen* Primärschlüssel mit Typ xs:ID.

Beispiel

```
<Database>
  <EmployeeTable>
        <EmployeeTuple>
              <EmployeeNo>ID4</EmployeeNo>
              <FirstName>String</FirstName>
              <LastName>String</LastName>
              <CityId>ID5</CityId>
              <Type>String</Type>
        </EmployeeTuple>
    </EmployeeTable>
    <CustomerTable>
        <CustomerTuple>
              <CustomerNo>ID5</CustomerNo>
              …
        </CustomerTuple>
    </CustomerTable>
</Database>
```

Primärschlüssel müssen in *gesamter* Datenbank (nicht nur in Tabelle) eindeutig sein.

Fremdschlüssel kann sich auf *beliebigen* Primärschlüssel (nicht nur auf CityID) beziehen.

Kodierung von Primärschlüssel mit key


```
<xs:element name="Database">
    <xs:complexType>
        Definition der Tabellen
    </xs:complexType>
    <xs:key name="EmployeeKey">
        <xs:selector xpath="EmployeeTable/EmployeeTuple"/>
        <xs:field xpath="EmployeeNo"/>
    </xs:key>
</xs:element>
```

⇨ EmployeeNo innerhalb EmployeeTable eindeutig

- **name**: eindeutiger Namen des Primärschlüssels
- **xs:selector**: spezifiziert Kontext, auf die die Eindeutigkeitsbedingung angewandt wird.
- ein oder mehrere **xs:field**-Elemente: Elemente/Attribute, die zusammen eindeutig sein sollen.

Kodierung von Fremdschlüssel mit keyref


```
<xs:element name="Database">
    <xs:complexType>
        Definition der Tabellen
    </xs:complexType>
    <xs:keyref name="CityIDKeyRef" refer="CityIDKey">
        <xs:selector xpath="*/*"/>
        <xs:field xpath="CityID"/>
    </xs:keyref>
</xs:element>
```

⇨ Wert von CityId immer definiert

- **refer**: Auf welchen Primärschlüssel wird verwiesen?
- **xs:selector**: Wo ist der Fremdschlüssel zu finden?
- **xs:field**: Aus welchen Feldern besteht der Fremdschlüssel?

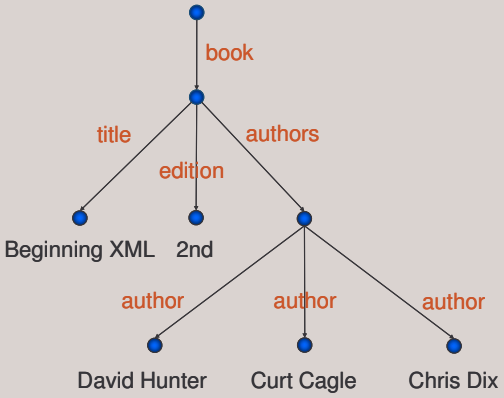
Fazit

- Abbildung relationale Datenbank ➔ XML ohne Informationsverlust möglich
- gilt auch für Primär- und Fremdschlüssel
- Instanz kodiert Datenbank
- XML-Schema kodiert Datenbankschema

Datenmodellierung mit XML

XML vs. relationales Datenmodell

XML



relationales Datenmodell

Book

BookKey	Title	Edition
1	Beginning XML	2nd

Author

AuthorKey	FirstName	LastName
1	David	Hunter
2	Kurt	Cagle
3	Chris	Dix

Authorship

Key	BookKey	AuthorKey
1	1	1
2	1	2
3	1	3

XML zur Datenmodellierung

- XML flexibler als relationales Datenmodel:

Relationales Datenmodell

- keine geschachtelten Tabellen
- N:M-Beziehungen müssen in eigenen Tabellen ausgelagert werden.

XML

- erlaubt geschachtelte Strukturen
- N:M-Beziehungen können unkompliziert ausgedrückt werden.

Warum also nicht die hierarchischen Strukturierungsmöglichkeiten von XML voll ausnutzen?

Beispiel


```
<Employee>
   <EmployeeNo>4</EmployeeNo>
   <Name>
     <First>Mark</First>
     <Last>Whitehorn</Last>
   </Name>
    <City>
     <Name>New York City</Name>
     <CityId>NYC</CityId>
   </City>
   <Type>Sales Person</Type>
   <Orders>
     <Order>
       <OrderNo>121</OrderNo>
       <OrderItems>…</OrderIntems>
       <CustomerNo>999</CustomerNo>
     </Order>
   </Orders>
</Employee>
```

- Könnte so zwischen Vertriebs- und Gehaltsabteilung ausgetauscht werden
- als Austauschformat OK
- auch als Speicherformat OK?

Löschanomalie


```
<Employee>
   <EmployeeNo>4</EmployeeNo>
   <Name>
     <First>Mark</First>
     <Last>Whitehorn</Last>
   </Name>
    <City>
     <Name>New York City</Name>
     <CityId>NYC</CityId>
   </City>
   <Type>Sales Person</Type>
   <Orders>
     <Order>
       <OrderNo>121</OrderNo>
       <OrderItems>…</OrderItems>
       <CustomerNo>999</CustomerNo>
     </Order>
   </Orders>
</Employee>
```

- Wird ein Angestellten-Datensatz gelöscht, dann werden auch *alle* Aufträge gelöscht, die er vermittelt hat.
- Gefahr, ungewollt Informationen zu löschen

⇨ Order-Informationen auslagern und durch Fremdschlüssel OrderNo ersetzen.

Verbesserte Modellierung

```
<Employee>
  <EmployeeNo>4</EmployeeNo>
  <Name>
    <First>Mark</First>
    <Last>Whitehorn</Last>
  </Name>
  <City>
    <Name>New York City</Name>
    <CityId>NYC</CityId>
  </City>
  <Type>Sales Person</Type>
  <Orders>
    <OrderNo>121</OrderNo>
  </Orders>
</Employee>
```

```
<Order-DB>
  <Order>
    <OrderNo>121</OrderNo>
    <OrderItems>…</OrderItems>
    <CustomerNo>999</CustomerNo>
  </Order>
</Order-DB>
```


Änderungsanomalie

```
<Employee>
  <EmployeeNo>4</EmployeeNo>
  <Name>
    <First>Mark</First>
    <Last>Whitehorn</Last>
  </Name>
  <City>
    <Name>New York City</Name>
    <CityId>NYC</CityId>
  </City>
  <Type>Sales Person</Type>
  <Orders>
    <OrderNo>121</OrderNo>
  </Orders>
</Employee>
```

- Wird CityId oder Name geändert, dann muss diese Änderung in *allen* Angestellten-Datensätzen nachvollzogen werden.
- unnötiger Verwaltungsaufwand
- Gefahr von Inkonsistenzen

⇨ City-Informationen auslagern und hier durch Fremdschlüssel ersetzen.

Verbesserte Modellierung


```
<Employee-DB>
 <Employee>
  <EmployeeNo>4</EmployeeNo>
  <Name>
    <First>Mark</First>
    <Last>Whitehorn</Last>
  </Name>
  <CityKey>C123</CityKey>
  <Type>Sales Person</Type>
  <Orders>
    <OrderNo>121</OrderNo>
  </Orders>
 </Employee>
</Employee-DB>
```

```
<Order-DB>
 <Order>
   <OrderNo>121</OrderNo>
   <OrderItems>…</OrderItems>
   <CustomerNo>999</CustomerNo>
 </Order>
</Order-DB>
```

```
<City-DB>
 <City>
  <CityKey>C123></CityKey>
  <CityId>NYC</CityId>
  <Name>New York City</Name>
 </City>
</City-DB>
```


Noch eine Änderungsanomalie


```
<Order-DB>
 <Order>
   <OrderNo>121</OrderNo>
   <OrderItems>
     <OrderItem>
       <ItemNo>FX100</ItemNo>
       <ItemName>Black-Bag</ItemName>
       <Quantity>1000</Quantity>
     </OrderItem>
   </OrderItems>
   <CustomerNo>999</CustomerNo>
 </Order>
</Order-DB>
```

- Wird ItemName geändert, dann muss diese Änderung in *allen* Order-Datensätzen nachvollzogen werden.

⇨ Zuordnung ItemNo/ItemName auslagern und durch Fremdschlüssel ItemNo ersetzen.

Verbesserte Modellierung

```
<Order-DB>
 <Order>
   <OrderNo>121</OrderNo>
   <OrderItems>
     <OrderItem>
       <ItemNo>FX100</ItemNo>
       <Quantity>1000</Quantity>
     </OrderItem>
   </OrderItems>
   <CustomerNo>999</CustomerNo>
 </Order>
</Order-DB>
```

```
<Inventory-DB>
 <Item>
   <ItemNo>FX100</ItemNo>
   <ItemName>Black-Bag</ItemName>
 </Item>
</Inventory-DB>
```


Anfrageoptimierung

```
<Order-DB>
 <Order>
   <OrderNo>121</OrderNo>
   <OrderItems>
     <OrderItem>
       <ItemNo>FX100</ItemNo>
       <Quantity>1000</Quantity>
     </OrderItem>
   </OrderItems>
   <CustomerNo>999</CustomerNo>
 </Order>
</Order-DB>
```

- Hier fehlt Verweis auf Vermittler (EmployeeNo).
- Vermittler normalerweise Ansprechpartner für Kundenauftrag

Wer ist Vermittler?

⇨ Angestellten-Datenbank muss durchsucht werden, um Vermittler eines Auftrages zu ermitteln.

Anfrageoptimierung

```
<Order-DB>
 <Order>
   <OrderNo>121</OrderNo>
   <OrderItems>
     <OrderItem>
       <ItemNo>FX100</ItemNo>
       <Quantity>1000</Quantity>
     </OrderItem>
   </OrderItems>
   <CustomerNo>999</CustomerNo>
   <EmployeeNo>4</EmployeeNo>
 </Order>
</Order-DB>
```

```
<Employee-DB>
 <Employee>
   <EmployeeNo>4</EmployeeNo>
   <Name>
     <First>Mark</First>
     <Last>Whitehorn</Last>
   </Name>
    <CityKey>C123</CityKey>
   <Type>Sales Person</Type>
   <Orders>
     <OrderNo>121</OrderNo>
   </Orders>
 </Employee>
</Employee-DB>
```

statt Verweis Angestellter ➔ Auftrag:
Verweis Auftrag ➔ Vermittler

Endgültige Modellierung

```
<Order>
   <OrderNo>121</OrderNo>
   <OrderItems>
     <OrderItem>
       <ItemNo>FX100</ItemNo>
       <Quantity>1000</Quantity>
     </OrderItem>
   </OrderItems>
   <CustomerNo>999</CustomerNo>
   <EmployeeNo>4</EmployeeNo>
</Order>
```

```
<Item>
  <ItemNo>FX100</ItemNo>
  <ItemName>Black-Bag</ItemName>
</Item>
```

```
<Employee>
  <EmployeeNo>4</EmployeeNo>
  <Name>
    <First>Mark</First>
    <Last>Whitehorn</Last>
  </Name>
  <CityKey>C123</CityKey>
  <Type>Sales Person</Type>
</Employee>
```

```
<City>
   <CityKey>C123</CityKey>
   <CityId>NYC</CityId>
   <Name>New York City</Name>
</City>
```

Vergleich mit relationalem Datenmodell

```
<OrderTuple>
   <OrderNo>121</OrderNo>
   <OrderItemTable>
      <OrderItemTuple>
         <ItemNo>FX100</ItemNo>
         <Quantity>1000</Quantity>
      </OrderItemTuple>
   </OrderItemTable>
   <CustomerNo>999</CustomerNo>
   <EmployeeNo>4</EmployeeNo>
</OrderTuple>
```

```
<ItemTuple>
  <ItemNo>FX100</ItemNo>
  <ItemName>Black-Bag</ItemName>
</ItemTuple>                    ✓
```

```
<EmployeeTuple>
  <EmployeeNo>4</EmployeeNo>
  <Name>
    <First>Mark</First>
    <Last>Whitehorn</Last>
  </Name>
   <CityKey>NYC</CityKey>
  <Type>Sales Person</Type>
</EmployeeTuple>
```

```
<CityTuple>
   <CityKey>C123</CityKey>
   <CityId>NYC</CityId>
   <Name>New York City</Name>
</CityTuple>                    ✓
```


Vergleich mit relationalem Datenmodell

```
<OrderTuple>
   <OrderNo>121</OrderNo>
   <OrderItemTable>                N:M
      <OrderItemTuple>
         <ItemNo>FX100</ItemNo>
         <Quantity>1000</Quantity>
      </OrderItemTuple>
   </OrderItemTable>
   <CustomerNo>999</CustomerNo>
   <EmployeeNo>4</EmployeeNo>
</OrderTuple>
```

```
<ItemTuple>
  <ItemNo>FX100</ItemNo>
  <ItemName>Black-Bag</ItemName>
</ItemTuple>                    ✓
```

```
<EmployeeTuple>
  <EmployeeNo>4</EmployeeNo>
  <FirstName>Mark</FirstName>
  <LastName>Whitehorn</LastName>
  <CityKey>C123</CityKey>
  <Type>Sales Person</Type>
</EmployeeTuple>                ✓
```

```
<CityTuple>
   <CityKey>C123</CityKey>
   <CityId>NYC</CityId>
   <Name>New York City</Name>
</CityTuple>                    ✓
```

Relationale Modellierung

```
<OrderSpecTuple>
   <OrderNo>121</OrderNo>
   <ItemNo>FX100</ItemNo>
   <Quantity>1000</Quantity>
</OrderSpecTuple>
```
✓

```
<OrderTuple>
   <OrderNo>121</OrderNo>
   <CustomerNo>999</CustomerNo>
   <EmployeeNo>4</EmployeeNo>
</OrderTuple>
```
✓

```
<ItemTuple>
   <ItemNo>FX100</ItemNo>
   <ItemName>Black-Bag</ItemName>
</ItemTuple>
```
✓

```
<EmployeeTuple>
   <EmployeeNo>4</EmployeeNo>
   <First>Mark</First>
   <Last>Whitehorn</Last>
   <CityKey>C123</CityKey>
   <Type>Sales Person</Type>
</EmployeeTuple>
```
✓

```
<CityTuple>
   <CityKey>C123</CityKey>
   <CityId>NYC</CityId>
   <Name>New York City</Name>
</CityTuple>
```
✓

N:M-Beziehung als Relation OrderSpec mit zusammengesetztem Primärschlüssel

Fazit aus dem Beispiel

Ausgangspunkt

- strukturiertes XML-Dokument als Speicherformat

Transformationen

- Beseitigung von Lösch- und Änderungsanomalien

Ergebnis

- mehrere, wesentlich flachere XML-Strukturen
- relationalem Datenmodell (in 3. NF) sehr ähnlich
- Ausnahme: N:M-Beziehungen als geschachtelte Strukturen

Systematik der Datenmodellierung

relationales Datenmodell

- schrittweise Normalformbildung

XML

- Normalformen aus relationalem Datenmodell *nicht* auf XML übertragbar
- Grund: relationales Datenmodel erlaubt keine geschachtelten Tabellen
- bisher *keine* formale Systematik der Datenmodellierung
- informelles Verfahren:
  Asset-Oriented Modeling (Daum & Merten, System Architecture with XML, 2003).

Fazit insgesamt

- Für Daten mit vielen funktionalen Abhängigkeiten besser gleich professionelle Speicherformate (wie relationale Datenbanken) wählen.
- Für Text-Dokumente ohne funktionale Abhängigkeiten kann XML als Speicherformat benutzt werden.

Wie geht es weiter?

heutige Vorlesung

- ☑ XML persistent speichern: 3 Möglichkeiten
- ☑ Abbildung relationales Datenmodell ➔ XML
- ☑ Datenmodellierung mit XML

heutiges Tutorium (2. Gruppe)

- Beispiel XSLT: XML ⇨ XML
- Beispiel XSLT: XML ⇨ XHTML-Layout

Vorlesung nächste Woche

- Web Services (insgesamt 4 Termine)

Anhang

1. Normalform (NF)

- Eine relationale Datenbank ist in **1. Normalform**, falls alle Tabellen
  1) einen Primärschlüssel haben und
  2) nur primitive Daten enthalten.
- Entspricht der Definition des relationalen Modells

2. Normalform (NF)

- Eine relationale Datenbank ist in **2. Normalform**, falls
  1) sie in 1. Normalform ist,
  2) alle Nicht-Schlüssel-Felder vom Primärschlüssel funktional abhängig sind und
  3) kein Nicht-Schlüssel-Feld bereits von einem Teil des Primärschlüssels funktional abhängig ist.

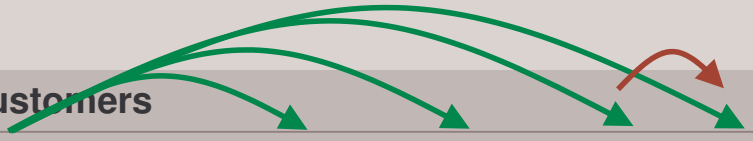
nicht in 2. NF

Orders

OrderNo	ItemNo	EmployeeNo	CustomerNo	ItemName	Quantity
121	3	4	1024	Nut	3
121	4	4	1024	Bolt	67
122	3	9	176	Nut	9

3. Normalform (NF)

- Eine relationale Datenbank ist in **3. Normalform**, falls
  1) sie in 2. Normalform ist und
  2) alle Nicht-Schlüssel-Felder direkt (d.h. nicht transitiv) vom Primärschlüssel funktional abhängig sind.



nicht in 3. NF

Customers

CustomerNo	FirstName	LastName	CityId	City
1	Brian	Thompson	NYC	New York City
2	Sally	Henderson	NYC	New York City