5. XML-Datenbanken: Datendefinition

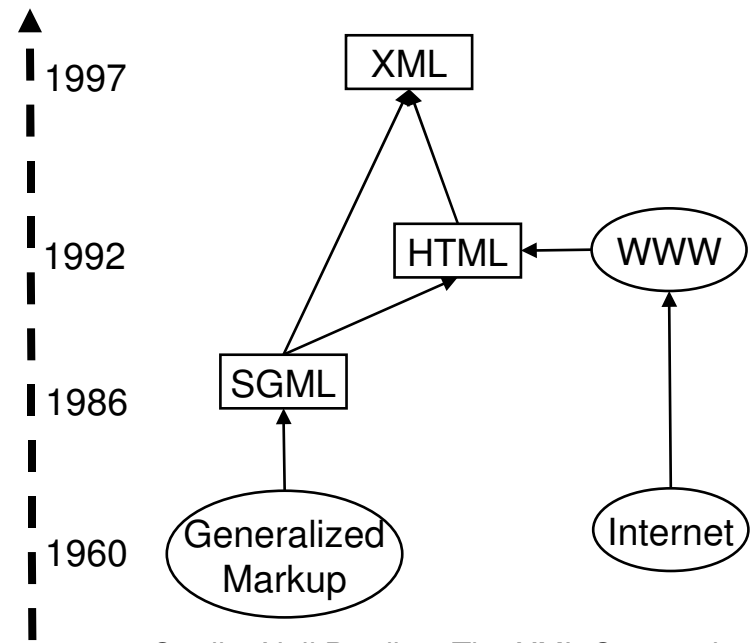
- XML
- DTD
- Namensräume
- XML Schema
  - Typen
  - Deklarationen
  - Integritätsbedingungen
  - Modellierungsstile (Matroschka-, Salami-, Jalousie-Design)
  - Nutzung mehrerer Schemas

XML – eXtensible Markup Language

- Metasprache: dient zur einheitlichen Definition von Datenformaten
  - Markup-Sprache: Dokumentabschnitte werden durch Marker ausgezeichnet
  - hervorgegangen aus SGML und HTML

- SGML: Standard Generalized Markup Language
  - Problem: sehr hohe Komplexität

- HTML: HyperText Markup Language
  - Markup-Sprache mit fester Menge an Auszeichnungselementen: nicht erweiterbar
  - SGML-Anwendung (HTML-Syntax ist in SGML beschrieben)



Quelle: Neil Bradley: The XML Companion

- XML: Empfehlung des W3C - World Wide Web Consortium (1998)
  - Teilmenge von SGML unter Verwendung der HTML-Konventionen
  - Ziele: einfach anwendbar, SGML-Kompatibilität, klare und lesbare Dokumentformate, u.a.
  - Semi-strukturierte Daten: flexibel strukturierte Daten + Text

XML - Beispiel

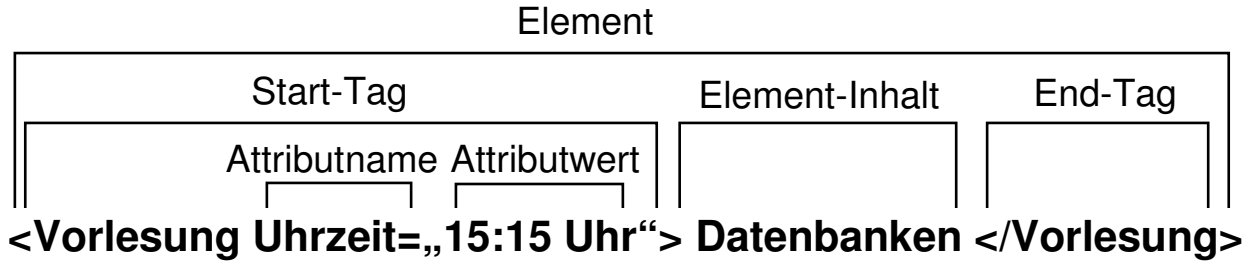
- XML-Dokumente haben Baumstruktur
  - Schachtelung von Elementen (= Baumknoten)
  - Elemente können neben Unterelementen Attribute bzw. Inhalt (z.B. Text) aufweisen
- DTD (Document Type Definition) / Schema optional
  - wohlgeformt: XML-Daten sind syntaktisch korrekt
  - gültig: XML-Daten sind wohlgeformt und entsprechen einer DTD

```
<?XML version="1.0"?>
<!DOCTYPE Vorlesungsverzeichnis SYSTEM
   "http://dbs.uni-leipzig.de/dtd/VLVerzeichnis.dtd">
<VLVerzeichnis>
      <Vorlesung Uhrzeit=„15:15 Uhr">
        <Thema>DBS2</Thema>
        <Dozent>
          <Name>Prof. Rahm</Name>
          <Einrichtung>Uni Leipzig</Einrichtung>
        </Dozent>
      </Vorlesung>
</VLVerzeichnis>
```

VLVerzeichnis.dtd:

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<!ELEMENT VLVerzeichnis (Vorlesung)* >
<!ELEMENT Vorlesung (Thema, Dozent) >
<!ATTLIST Vorlesung
      Uhrzeit  CDATA #REQUIRED >
<!ELEMENT Thema (#PCDATA) >
<!ELEMENT Dozent (Name, Einrichtung?)>
<!ELEMENT Name (#PCDATA)>
<!ELEMENT Einrichtung (#PCDATA)>
```

XML: Elemente und Attribute



- Groß-/Kleinschreibung ist relevant (gilt für alle Bezeichner in XML)
- Elemente
  - Start- und End-Tag müssen vorhanden sein.
    Ausnahme: leeres Element (Bsp. <Leer />)
  - feste Reihenfolge von Geschwisterelementen (Reihung ist wichtig!)
  - Element-Inhalt besteht entweder nur aus weiteren Elementen (element content) oder aus Zeichendaten optional vermischt mit Elementen (mixed content)
- Attribute
  - Attributwerte können nicht strukturiert werden
  - Attributreihenfolge beliebig
- Weitere XML-Bestandteile (hier nicht behandelt):
  Entities, Processing Instructions, Kommentare

DTD – Document Type Definition

- beschreibt Dokumentstruktur und legt damit einen Dokumenttyp fest
- im Dokument verweist *Dokumenttyp-Deklaration* auf DTD
  - interne DTD

```
<!DOCTYPE Vorlesungsverzeichnis [<!ELEMENT VLVerzeichnis (Vorlesung)*>...]>
```

  - externe DTD

```
<!DOCTYPE Vorlesungsverzeichnis SYSTEM „http://dbs.uni-leipzig.de/dtd/VLVerzeichnis.dtd“>
```

- Definition von Elementen in einer DTD
  - Sequenz: (A , B) - vorgegebene Reihenfolge

```
<!ELEMENT Vorlesung (Thema, Dozent)
```

  - Alternative: (A | B) - entweder A oder B (XOR)

```
<!ELEMENT Adresse (PLZ, Ort, (Str, Nr) | Postfach)>
```

DTD (2)

- Element-Wiederholung:
  - A? - 0..1 Mal

```
<!ELEMENT Dozent (Name, Einrichtung?)>
```

  - A+ - 1..n Mal

```
<!ELEMENT Name (Vorname+, Nachname)>
```

  - A* - 0..n Mal

```
<!ELEMENT VLVerzeichnis (Vorlesung)*>
```

- Mixed Content:
  - *(#PCDATA | A | B)**
    Elemente A, B und Text treten in beliebiger Reihenfolge und Anzahl auf

```
<!ELEMENT Text (#PCDATA | Link)*>
```

- Leeres Element (kein Element-Inhalt)

```
<!ELEMENT br EMPTY>
```

DTD (3)

- Definition von Attributen in einer DTD

  <!ATTLIST Elementname (Attributname Typ Auftreten)* >

- Attribute gehören zu einem Element
- Jedes Attribut hat Namen, Typ und Auftretensangabe
- Mögliche Attribut-Typen
  - CDATA
  - ID
  - IDREF/IDREFS
  - Aufzählung möglicher Werte (wert1 | wert2 | ...)
  - NMTOKEN/NMTOKENS, ENTITY/ENTITYS
- ID- und IDREF-Attribute ermöglichen Querverweise innerhalb eines Dokumentes (Graphstruktur)

DTD (4)

- **Auftretens**angabe eines Attributs
  - Obligatheit: #REQUIRED - das Attribut muss angegeben werden
  - Defaultwert-Regelung: #IMPLIED - es gibt keinen Defaultwert

    defaultwert - wird angenommen, wenn Attribut nicht angegeben wird

    #FIXED defaultwert - Attribut kann nur den Defaultwert als Wert besitzen

- Beispiele:

```
<!ATTLIST Entfernung    Einheit CDATA #FIXED „km“>

<!ATTLIST Karosse       Farbe („rot“ | „gelb“ | „blau“) „blau“>

<!ATTLIST Artikel                   id  ID  #REQUIRED>

<!ATTLIST Rechnungsposten       Artikel IDREF #REQUIRED>
```

Elemente vs. Attribute

- Datenmodellierung oft durch Element als auch durch Attribut möglich
- Einsatzkriterien unter Verwendung einer DTD

	Element	Attribut
Inhalte	komplex	nur atomar
Ordnungserhaltung	ja	nein
Quantoren / Kardinalität	1 / ? / * / +	REQUIRED / IMPLIED
Alternativen	ja	nein
Identifikation	nein	ID / IDREF / IDREFS
Defaultwerte	nein	ja
Aufzählungstypen	nein	ja

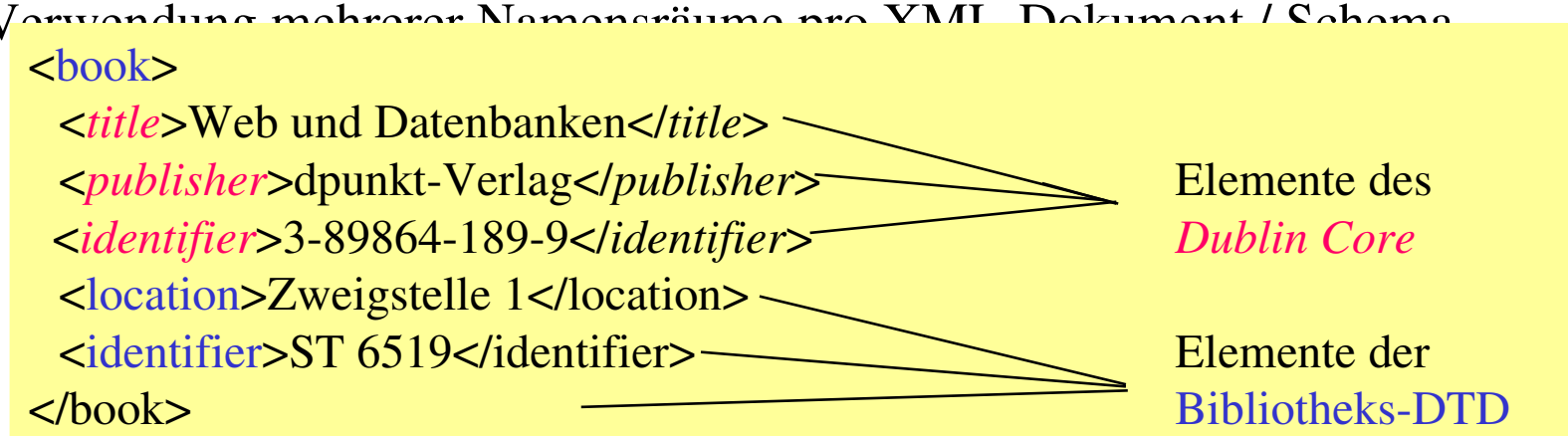
- bei XML Schema anstelle DTD können Elemente alle Eigenschaften von Attributen erhalten; trotzdem Attribute zu bevorzugen wenn:
  - Aufzählungstypen mit atomaren Werten und Defaultwert zu modellieren sind
  - es sich um ’Zusatzinformation’ handelt (Bsp. Währung, Einheit)
  - das Dokument effizient verarbeitet (geparsed) werden soll

XML Schemabeschreibungssprachen

- Schemainformationen wichtig für
  - Korrektheit von Daten/Dokumenten: Validierung von Struktur und Datentypen
  - effiziente DB-Speicherung und Verarbeitung von Anfragen
  - Interoperabilität in verteilten Umgebungen
- Interoperabilität: Feste Formatierungen für Datenaustausch
  - Schnittstellen für Web-Services
  - Aufbau von Dokumenten (Bestellungen, Produktbeschreibungen …)
  - Unterstützung vieler (Teil-) Schemas erforderlich
- Defizite der DTD:
  - kaum Typisierung von Elementinhalt (Text) und Attributwerten möglich
  - zusätzliche Syntax (kein XML-Format) -> extra Parser notwendig
  - unzureichendes Schlüssel/Fremdschlüsselkonzept (id/idref)
  - mehrere DTDs pro Dokument sind nicht erlaubt
  - keine Unterstützung von Namensräumen
  - Unzureichende Unterstützung der Interoperabilität und Wiederverwendbarkeit

Nutzung mehrerer Schemas

- Ziel: Verwendung unterschiedlicher Schemas innerhalb eines Dokumentes
  - z. B. Bibliotheksdaten, die durch Metadatenelemente des Dublin Core ausgezeichnet sind
- Probleme:
  - Zuordnung der Elemente zu Schemas
  - Namenskollisionen (im Beispiel identifier-Elemente)
- Lösung:
  - Namen eines Schemas werden einem Namensraum zugeordnet
  - Verwendung mehrerer Namensräume pro XML-Dokument / Schema



Namensräume (namespaces)

- Namespaces bilden eigene W3C-Recommendation
  www.w3.org/TR/REC-xml-names/
- Namensraum hat global eindeutige URI (Uniform Resource Identifier)
- Bezugnahme im Dokument über eindeutigen Präfix
  - Namensraumdefinion durch xmlns-Attribut
  - gilt für alle untergeordneten Elemente (Neudefinition auf tieferer Ebene ist möglich)
  - Namen mit Präfix sind 'qualifizierte Namen'
  - Namensraumdefinition ohne Präfixangabe bezeichnet Default-Namensraum
  - Default-Namensraum gilt für alle Elemente ohne Präfix

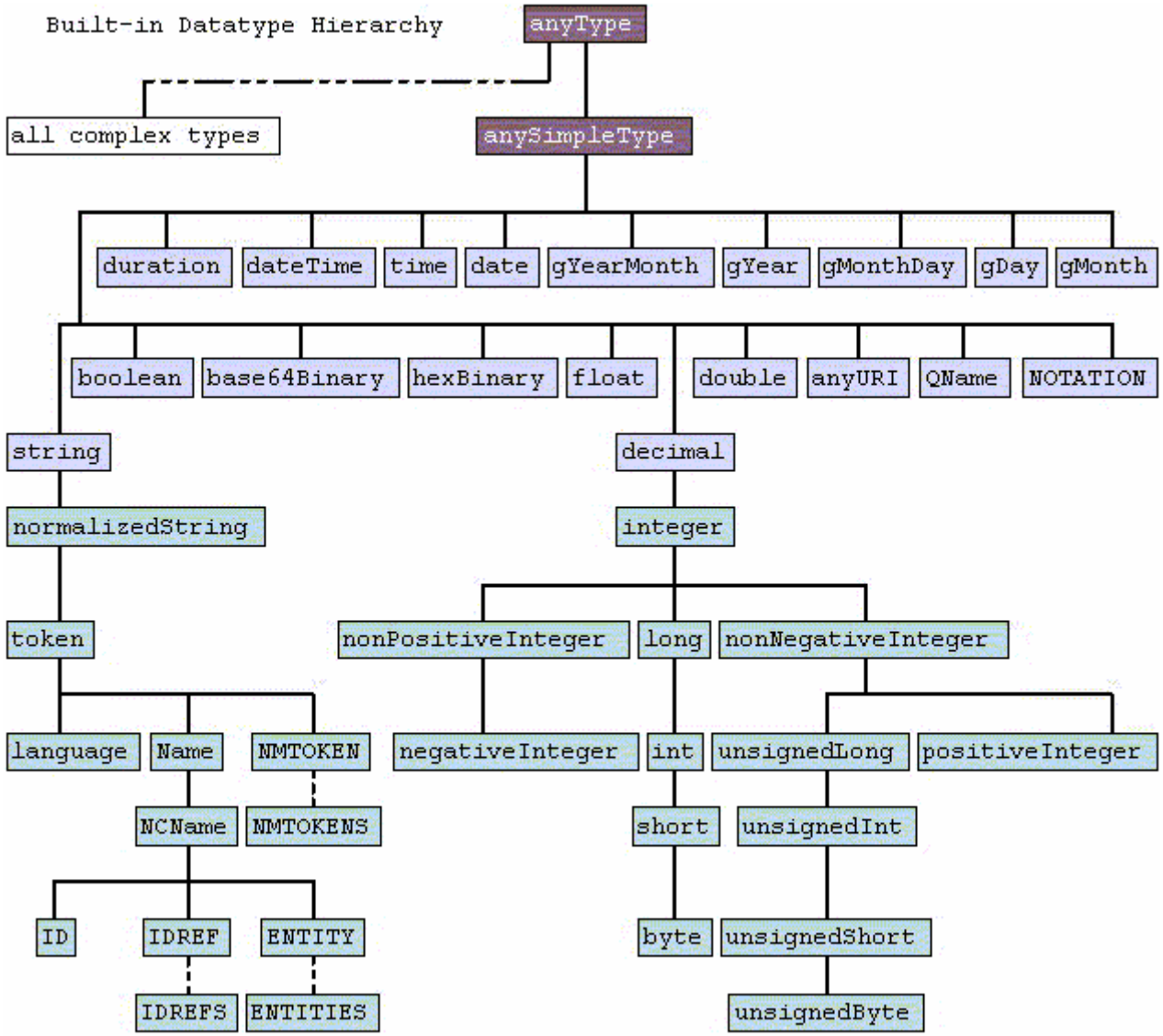
```
<book   xmlns="urn:de.uni-leipzig.bibl"
        xmlns:dc="http://purl.org/dc/elements/1.1/">
  <dc:title>Web und Datenbanken</dc:title>
  <dc:publisher>dpunkt-Verlag</dc:publisher>
  <dc:identifier>3-89864-189-9</dc:identifier>
  <location>Zweigstelle 1</location>
  <identifier>ST 6519</identifier>
</book>
```

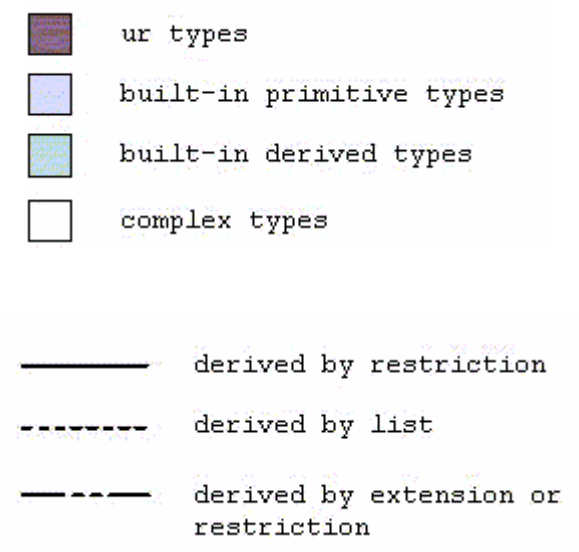
XML Schema*

- XML Schemabeschreibungssprache, entwickelt durch das W3C
  - Recommendation seit 2001
  - Teil 1: Strukturbeschreibung (ersetzt Strukturbeschreibung der DTD)
  - Teil 2: Datentypen
- Eigenschaften
  - verwendet XML-Syntax
  - Unterstützung von Namespaces und verteilter Schemas
  - erweiterbares Typsystem
    - vielfältige vordefinierte Datentypen
    - Ableitung neuer Datentypen durch Restriktionen oder Erweiterungen
      - Simple Types
      - Complex Types
  - erlaubt Definition von Integritätsbedingungen (unique, key)
  - nur eingeschränkte Unterstützung von Vererbung (kein Verhalten)
  - komplexer und weniger kompakt gegenüber DTD

* http://www.w3c.org/XML/Schema

XML Schema: Vordefinierte Typhierarchie





XML Schema: simpleType

- simpleType: benutzerdefinierter, einfacher Datentyp
  - kann keine Attribute oder Kindelemente enthalten
  - geeignet zur Definition von XML-Attributwerten und Elementinhalten
  - ableitbar durch Angabe von einschränkenden Eigenschaften (facets), Listenbildung oder Vereinigung
- Beispiel: simpleType-Definition mit length-Einschränkung
  - Präfix **xs:** bezeichne standardisierten XML-Schema-Namensraum

```
<xs:simpleType name="LoginName">
  <xs:restriction base="xs:string">
    <xs:length value="8" />
  </xs:restriction>
</xs:simpleType>
```

- Anonyme vs. benannte Typen: ohne / mit name-Attribut (ermöglicht Mehrfach/Wiederverwendung)

XML Schema: simpleType (2)

- Möglichkeiten der Einschränkung
  - Längenbeschränkung für Zeichenketten sowie Listen (genau, min, max): length, minLenth, maxLength
  - Längenbeschränkung für decimal-Beschränkungen: totalDigits, fractionDigits
  - Unter/Obergrenzen geordneter Wertebereiche:
    minInclusive, maxInclusive, minExclusive, maxExclusive
  - Aufzählung zulässiger Werte: enumeration
  - Muster: pattern value = <regulärer Ausdruck>

```
<xs:simpleType name="OktalDigit">
  <xs:restriction base="xs:integer">
    <xs:minInclusive value="0" />
    <xs:maxInclusive value="7" />
  </xs:restriction>
</xs:simpleType>
```

```
<xs:simpleType name="BibId">
  <xs:restriction base="xs:string">
    <xs:pattern value="[A-Z][1-9][0-9]*" />
  </xs:restriction>
</xs:simpleType>
```

XML Schema: simpleType (3)

- Listenbildung
  - definiert leerzeichenseparierte Liste von Werten eines *simpleType*-Typs):

```
<xs:simpleType name="BookList">
  <xs:list itemType="BibId"/>
</xs:simpleType>
```

```
<xs:simpleType name="Lottozahlen">
  <xs:list>
    <xs:simpleType>
      <xs:restriction base="xs:integer">
        <xs:minInclusive value="1" />
        <xs:maxInclusive value="49" />
      </xs:restriction>
    </xs:simpleType>
  </xs:list>
</xs:simpleType>
```

- Vereinigung (Typ erlaubt mehrere Wertebereiche):

```
<xs:simpleType name="Kontakt">
  <xs:union memberTypes="TelefonTyp EmailTyp"/>
</xs:simpleType>
```

XML Schema: complexType

- komplexe Datentypen dienen der Beschreibung von Elementinhalten
  - Beschränkung (restriction) oder Erweiterung (extension) bestehender Typen
  - einfaches oder komplexes Inhaltsmodell
  - Default: complexContent, Basistyp anyType
- simpleContent
  - für Elemente ohne Subelemente (Blätter im XML-Baum),
  - nur Attribute
- Elementstrukturierung bei complexContent
  - Reihung: sequence
  - Auswahl/Alternative: choice
  - Gruppe: all (jedes Element kann max. 1-mal auftreten; reihenfolgeunabhängig)
- Kardinalitätsrestriktionen: minOccurs, maxOccurs
  - Defaultwert: 1
  - unbeschränkte Anzahl: "unbounded"

XML Schema: complexType (2)

- Definition durch **Beschränkung (restriction)**

```
<xs:complexType name="DozentTyp">
  <xs:complexContent>
    <xs:restriction
base="xs:anyType">
      <xs:sequence>
        <xs:element name="Name"
            type="xs:string"/>
        <xs:element name="Einrichtung"
            type="xs:string"
            minOccurs="0"/>
      </xs:sequence>
    </xs:restriction>
  </xs:complexContent>
</xs:complexType>
```

≅

```
<xs:complexType name="DozentTyp">
  <xs:sequence>
    <xs:element      name="Name"
            type="xs:string"/>
    <xs:element      name="Einrichtung"
            type="xs:string"
            minOccurs="0"/>
  </xs:sequence>
</xs:complexType>
```

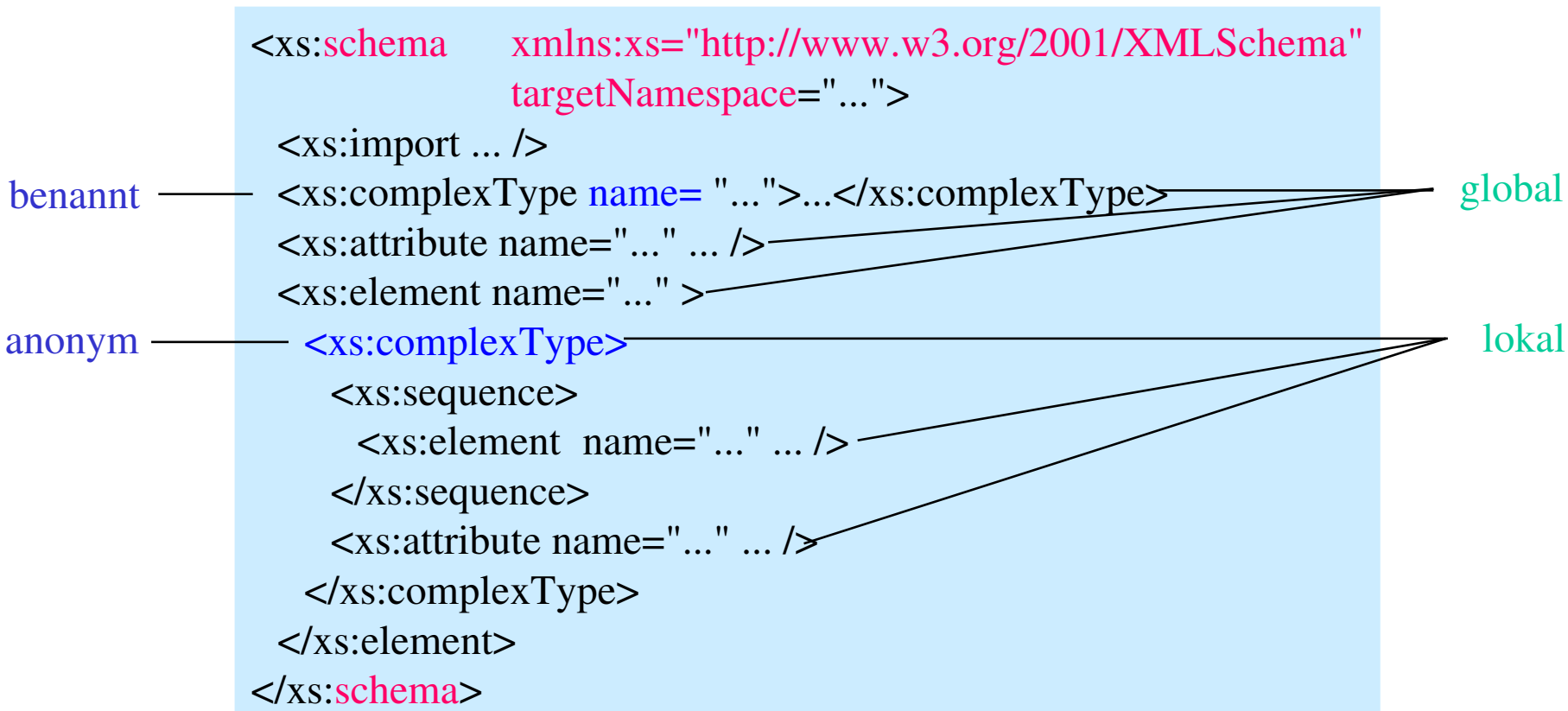
XML Schema: complexType (3)

- Definition durch **Erweiterung (extension)**:

```
<xs:complexType name="UniDozentTyp">
  <xs:complexContent>
    <xs:extension base="DozentTyp">
      <xs:sequence>
        <xs:element name="Adresse,,   type="AdressTyp"/>
        <xs:choice>
          <xs:element          name="Mail" type="xs:string"/>
          <xs:element          name="URL" type="xs:string"/>
        </xs:choice>
      </xs:sequence>
    </xs:extension>
  </xs:complexContent>
</xs:complexType>
```

XML Schema: Schemaaufbau

- Schema in *schema*-Element eingeschlossen
  - Namensraum *http://www.w3.org/2001/XMLSchema* für Schemaelemente
  - Spezifikation eines „target namespace“, dem das Schema zugeordnet wird
- Schemakomponenten, die direkt unter *schema*-Element liegen, sind *global*; tiefer liegende Komponenten sind *lokal*



XML Schema: Elementdeklaration

- verschiedene Möglichkeiten der Elementdeklaration
  - **direkte Definition** des Elementinhalts

```
<xs:element name=„Einrichtung“ type=„xs:string“ minOccurs=„0“ />
<xs:element name=„Dozent“>
  <xs:complex Type> ... </xs:complex Type>
</xs:element>
```

  - Verweis auf **komplexen Datentyp**

```
<xs:element name=„Dozent“ type=„DozentTyp“/>
```

  - Verweis auf **globale Elementdeklaration**

```
<xs:element ref=„Dozent“/>
```

Vergleich DTD - XML Schema Elementdeklaration

DTD:

```
<1ELEMENT Dozent (Titel?, Vorname+, Name, (Vorlesung | Seminar)*)>
```

XML Schema:

```
<xs:element name="Dozent">
  <xs:complexType>
    <xs:sequence>
      <xs:element name="Titel" type="xs:string" minOccurs="0" />
      <xs:element name="Vorname" type="xs:string" maxOccurs="unbounded" />
      <xs:element name="Name" type="xs:string" />
      <xs:choice minOccurs="0" maxOccurs="unbounded">
        <xs:element name="Vorlesung" type="xs:string" />
        <xs:element name="Seminar" type="xs:string" />
      </xs:choice>
    </xs:sequence>
  </xs:complexType>
</xs:element>
```

Vergleich DTD - XML Schema (2)

Mixed Content:

```
<!ELEMENT Text (#PCDATA | Link)*>
```

```
<xs:element name="Text">
  <xs:complexType mixed="true">
    <xs:choice minOccurs="0" maxOccurs="unbounded">
      <xs:element name="Link" type="LinkType"/>
    </xs:choice>
  </xs:complexType>
</xs:element>
```

Leeres Element:

```
<!ELEMENT br EMPTY >
```

```
<xs:element name="br">
  <xs:complexType></xs:complexType>
</xs:element>
```

XML Schema: Attributdeklaration

- Attributdeklarationen
  - können global erfolgen oder lokal am Ende einer ComplexType-Definition stehen
  - können wie Elemente direkt definiert werden oder sich per type bzw. ref auf andere Definitionen beziehen
  - nur SimpleType-Datentypen erlaubt
- Beispiel

```
<xs:element name="Vorlesung">
  <xs:complexType>
    <xs:sequence>...</xs:sequence>
    <xs:attribute name="Uhrzeit" type="xs:time" use="required"/>
  </xs:complexType>
</xs:element>
```

Attributdeklarationen (2)

- Attribute für Attribute:
  - Name, Type
  - Use (optional/required)
  - Default, Fixed
- Beispiele

```
<xs:attribute name="Einheit" type="xs:string" fixed="km"/>
```

```
<xs:attribute name="Farbe" default="blau">
  <xs:simpleType>
    <xs:restriction base="xs:NMTOKEN">
      <xs:enumeration value="rot" />
      <xs:enumeration value="gelb" />
      <xs:enumeration value="blau" />
    </xs:restriction>
  </simpleType>
</xs:attribute>
```

```
<xs:attribute name="id" type="xs:ID" use="required"/>
```

```
<xs:attribute name="Artikel" type="xs:IDREF" use:="required"/>
```

XML Schema: Schlüsselbedingungen

- Eindeutigkeitsbedingung: unique
  - Selector-Ausdruck: Teilobjekte eines Dokuments, auf die Bedingung anzuwenden ist (XPath-Ausdruck)
  - field-Ausdruck: Element- bzw. Attributwert, bzgl. dessen (Eindeutigkeit) getestet werden soll

```
<xs:element name="VLVerzeichnis">
  <xs:complexType>...</xs:complexType>
  <xs:unique name="UniqueBed">
    <xs:selector xpath="./Vorlesung" />
    <xs:field xpath="Thema/text()" />
  </xs:unique>
</xs:element>
```

- Schlüsselbedingung/-referenz: key / keyref

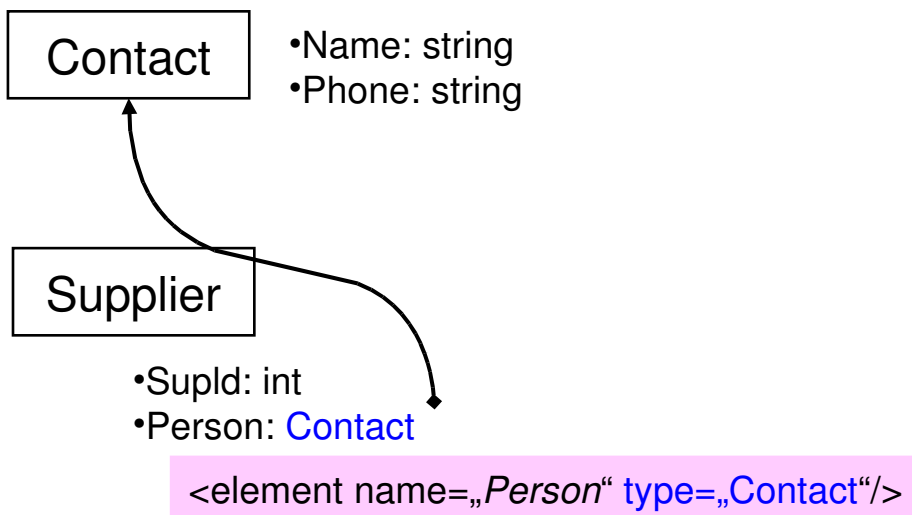
```
<xs:key name="ArtikelKey">
  <xs:selector xpath="./Produkte/Artikel" />
  <xs:field xpath="@aID" />
</xs:key>

<xs:keyref name="ArtikelKeyRef" refer="ArtikelKey">
  <xs:selector xpath="/Verzeichnis/Artikel" />
  <xs:field xpath="@artikelID" />
 </xs:keyref>
```

XML Schema: Modellierungsstile

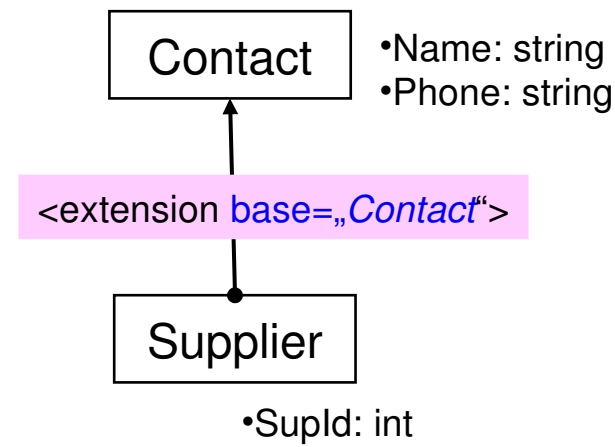
- verschiedene Modellierungskonzepte für Entwurf eines Schemas
- Beschränkung auf bestimmte Konstrukte beeinflusst Sichtbarkeit und Wiederverwendbarkeit von Element/Typ-Deklarationen
  - nur globale Elemente und benannte Typen können wiederverwendet werden
- wichtige Unterscheidungsmerkmale für Schema-Design sind
  - Ableitung neuer Typen: Aggregation vs. Spezialisierung
  - Verwendung lokaler vs. globale Elemente
  - Verwendung benannter Typen vs. direkter Definition der Typen in Elementdeklaration
  - Nutzung verteilter Schemas
- Unterscheidung von 3 grundlegenden Modellierungsstilen
  - Lokale Elementmodellierung: Matroschka-Design (inline-Definition von Komponenten)
  - Globale Elementmodellierung: Salami-Design (Element-Referenzierung für gemeinsame Komponenten)
  - Typ-Modellierung: Jalousie-Design (Typ-Referenzierung für gemeinsame Komp.)

Aggregation vs. Spezialisierung

- unterschiedliche Modellierungsvarianten zur Ableitung neuer Typen aus bestehenden
  - Aggregation / Komposition: Referenzierung oder direkte Einbettung von Komponenten-Typen
  - Spezialisierung (Sub-Classing): Nutzung der Restriction / Extension-Mechanismen
- rekursive Anwendung führt zu Aggregations- bzw. Spezialisierungshierarchien / -graphen

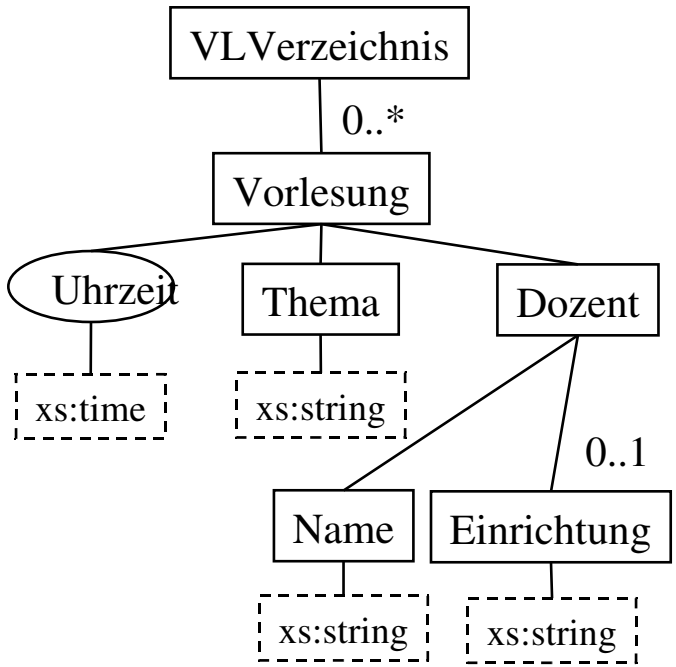


A) Aggregation



B) Spezialisierung

Lokale Elementmodellierung (Matroschka-Design)




```
<xs:schema xmlns:xs="http://www.w3.org/2001/XMLSchema">
 <xs:element name="VLVerzeichnis">
  <xs:complexType>
   <xs:sequence>
    <xs:element name="Vorlesung" minOccurs="0"
                          maxOccurs="unbounded">
     <xs:complexType>
      <xs:sequence>
       <xs:element name="Thema" type="xs:string"/>
       <xs:element name="Dozent">
        <xs:complexType>
         <xs:sequence>
          <xs:element name="Name" type="xs:string"/>
          <xs:element name="Einrichtung" type="xs:string"
                                  minOccurs="0"/>
         </xs:sequence>
        </xs:complexType>
       </xs:element>
      </xs:sequence>
      <xs:attribute name="Uhrzeit" type="xs:time" use="required"/>
     </xs:complexType>
    </xs:element>
   </xs:sequence>
  </xs:complexType>
 </xs:element>
</xs:schema>
```

- nur lokale Deklarationen (außer Wurzelelement)
- Redundanz, wenn gleiche Elemente, Attribute oder Elementinhalte an verschiedenen Stellen benötigt werden

Globale Elementmodellierung (Salami-Design)

```
<xs:schema xmlns:xs=„…">
  <xs:element name="VLVerzeichnis">
    <xs:complexType>
      <xs:sequence>
        <xs:element ref="Vorlesung" minOccurs="0"
                    maxOccurs="unbounded" />
      </xs:sequence>
    </xs:complexType>
  </xs:element>

  <xs:element name="Vorlesung">
    <xs:complexType>
      <xs:sequence>
        <xs:element ref="Thema" />
        <xs:element ref="Dozent" />
      </xs:sequence>
        <xs:attribute name="Uhrzeit" type="xs:time"
              use="required" /> </xs:complexType>
  </xs:element>

  <xs:element name="Dozent">
    <xs:complexType>
      <xs:sequence>
        <xs:element ref="Name" />
        <xs:element ref="Einrichtung" minOccurs="0" />
      </xs:sequence>
    </xs:complexType>
  </xs:element>
  <xs:element name="Thema" type="xs:string" />
  <xs:element name="Name" type="xs:string" />
  <xs:element name="Einrichtung" type="xs:string" />
</xs:schema>
```

- globale Elementdeklarationen (ähnlich DTD)
- Elementänderungen wirken sich überall aus, wo Element referenziert ist
- flexible Dokumentausgestaltung (keine Beschränkung auf 1 Wurzelelement)
- Elementnamen müssen eindeutig sein
- Elementnamen können bei Verwendung nicht angepasst werden

Typ-Modellierung (Jalousie-Design)

```
<xs:schema xmlns:xs="http://www.w3.org/...">

<xs:element name="VLVerzeichnis"
            type="VLVerzeichnisTyp">

  <xs:complexType name="VorlesungTyp">
    <xs:sequence>
      <xs:element name="Thema" type="xs:string" />
      <xs:element name="Dozent" type="DozentTyp" />
    </xs:sequence>
    <xs:attribute name="Uhrzeit" type="xs:time"
                  use="required" />
  </xs:complexType>
```

```
  <xs:complexType name="VLVerzeichnisTyp">
    <xs:sequence>
     <xs:element name="Vorlesung" type="VorlesungTyp"
                 minOccurs="0" maxOccurs="unbounded" />
    </xs:sequence>
  </xs:complexType>

  <xs:complexType name="DozentTyp">
    <xs:sequence>
      <xs:element name="Name" type="xs:string" />
      <xs:element name="Einrichtung" type="xs:string"
                  minOccurs="0" />
    </xs:sequence>
  </xs:complexType>
</xs:schema>
```

- globale (benannte) Typ-Deklarationen
- lokale Elementdeklarationen (außer Wurzelelement)
  - Nur rekursive Elemente müssen global definiert werden (ref-Verweise)
- hohe Wiederverwendbarkeit
- Sichtbarkeit kann durch Verwendung globaler Typ-Deklarationen gesteuert werden
- Modularisierbarkeit (Aufbau globaler Typbibliotheken) -> verteilte Schemas

XML Schema und Namensräume

- XML Schema baut auf und unterstützt Namensräume
- bisherige Schemabeispiele enthielten 'unqualifizierte' Definitionen
- Namensraumzuordnung im Schema und im Dokument erforderlich
  - Attribut targetNamespace im Schema
  - Verweise im Schema auf definierte Elemente müssen qualifizierte Namen verwenden

```
<schema xmlns="http://www.w3.org/2001/XMLSchema"
    targetNamespace="http://uni-leipzig.de/VLV"
      xmlns:v= "http://uni-leipzig.de/VLV" >

  <element name="VLVerzeichnis">
   <complexType>
    <sequence>
     <element ref="v:Vorlesung"
                minOccurs="0" maxOccurs="unbounded" />
    </sequence>
   </complexType>
  </element>

  <element name="Vorlesung"> ...  </element>
  <element name="Thema" type="string" /> ...
```

```
<?XML version="1.0"?>

<VLVerzeichnis xmlns="http://uni-leipzig.de/VLV">

  <Vorlesung Uhrzeit=„15:15 Uhr">

    <Thema>DBS2</Thema>
    <Dozent>
      <Name>Prof. Rahm</Name>
      <Einrichtung>Uni Leipzig</Einrichtung>
    </Dozent>

  </Vorlesung>

</VLVerzeichnis>
```

Nutzung mehrerer Schemas

- import-Anweisung: Einbindung anderer Schemas / Namensräume
  - Zugriff per Referenz auf globale Komponenten (Elemente, Attribute, Typen) des importierten Schemas
  - Referenz muss qualifizierten Namen verwenden

```
<schema xmlns="http://www.w3.org/2001/XMLSchema"
                targetNamespace="urn:de.uni-leipzig.bibl"
                xmlns:bib="urn:de.uni-leipzig.bibl"
                xmlns:dc="http://purl.org/dc/elements/1.1/">
<import namespace="http://purl.org/dc/elements/1.1/" />
  ...
  <element name="book">
   <complexType>
     <sequence>
        <element ref = "dc:title" />
        <element ref = "dc:publisher" />
        <element ref = "dc:identifier" />
        <element name="location" type="string" />
        <element name="identifier" type="string" />
      </sequence>
    </complexType>
  </element>    ...
</schema>
```

```
<book xmlns="urn:de.uni-leipzig.bibl"
        xmlns:dc="http://purl.org/dc/elements/1.1/">

  <dc:title>Web und Datenbanken</dc:title>
  <dc:publisher>dpunkt-Verlag</dc:publisher>
  <dc:identifier>3-89864-189-9</dc:identifier>

  <location>Zweigstelle 1</location>
  <identifier>ST 6519</identifier>

</book>
```

Nutzung mehrerer Schemas (2)

- *any*: Platzhalter für beliebige Elemente
  - kann auf globale (Wurzel-) Elemente eines anderen Schemas begrenzt werden
  - feste Position im nutzenden Schema
  - flexible Nutzung von Fremdschemas; Flexibilität gegenüber Schemaänderungen
- *anyAttribute*: Platzhalter für Attribute (anderer Schemas/Namensräume)

```
<schema xmlns="http://www.w3.org/2001/XMLSchema"
            targetNamespace="urn:de.uni-leipzig.bibl"
            xmlns:bib="urn:de.uni-leipzig.bibl" >
  ...
  <element name="book">
   <complexType>
    <sequence>
      <any namespace="http://purl.org/dc/elements/1.1/"
          minOccurs="0" maxOccurs="unbounded"/>
     <element name="location" type="string" />
      <element name="identifier" type="string" />
     </sequence>
   </complexType>
  </element>
...
</schema>
```

```
<book xmlns="urn:de.uni-leipzig.bibl"
        xmlns:dc="http://purl.org/dc/elements/1.1/">

  <dc:title>Web und Datenbanken</dc:title>
  <dc:publisher>dpunkt-Verlag</dc:publisher>
  <dc:identifier>3-89864-189-9</dc:identifier>

  <location>Zweigstelle 1</location>
  <identifier>ST 6519</identifier>

</book>
```

Nutzung mehrerer Schemas (3)

- Schema kann über mehrere Dateien / Dokumente verteilt gespeichert werden (z.B. separate Speicherung von Typ-Definitionen)
- Include-Anweisung: Zusammenfügung von Dokumenten zu einem Schema / Namensraum
  - Begrenzte Umdefinitionen möglich (REDEFINE)

purchaseorder.xsd

```
<schema    xmlns:xs="http://www.w3.org/2001/XMLSchema"
           targetNamespace="purchaseorder.xsd"
           xmlns="purchaseorder.xsd" >
<xs:include schemaLocation="PartyType.xsd"/>
<xs:include schemaLocation="NameType.xsd"/>
<xs:element name="Supplier" type="PartyType"/>
<xs:element name="Buyer" type="PartyType"/>
           …
```

PartyType.xsd

```
<xs:complexType name="PartyType">
  <xs:element name="Name" type="NameType"/>
</xs:complexType >
```

NameType.xsd

```
<xs:simpleType name=" NameType">
  <xs:restriction base="string"/>
</xs:simpleType>
```

Zusammenfassung

- XML:
  - flexibles Format für strukturierte und semistrukturierte Daten
  - dominierendes Austauschformat zwischen Web-Anwendungen
- DTD nur eingeschränkt zur Beschreibung von Schemas geeignet (mangelhafte Typisierung, keine Namensräume)
- XML Schema
  - mächtigere Strukturbeschreibung als DTD
  - ermöglicht Typisierung von Elementinhalten und Attributwerten
  - bietet verschiedene Modellierungsstile
  - eignet sich durch Integritätsbedingungen zur Abbildung von relationalen Datenbankschemas
- Namensräume erlauben die gemeinsame Nutzung verschiedener Schemas / globaler Typen in einem Dokument