Kapitel WT:III (Fortsetzung)

III. Dokumentsprachen

- Auszeichnungssprachen
- HTML
- Cascading Stylesheets CSS
- XML-Grundlagen
- XML-Schema
- Die XSL-Familie
- APIs für XML-Dokumente

APIs für XML-Dokumente

Einordnung

XML-Dokumente sind uns bislang in serialisierter Form, z.B. als Inhalte von Dateien, begegnet. Ihre Manipulation durch Programme erfordert:

1. geeignete Repräsentation im Hauptspeicher
2. Möglichkeit zum Zugriff und zur Manipulation: API

> *"An application programming interface (API) is a set of routines, protocols, and tools for building software applications.* [...] *An API defines functionalities that are independent of their respective implementations, which allows definitions and implementations to vary without compromising each other."* [Wikipedia]

APIs für XML-Dokumente

Einordnung

XML-Dokumente sind uns bislang in serialisierter Form, z.B. als Inhalte von Dateien, begegnet. Ihre Manipulation durch Programme erfordert:

1. geeignete Repräsentation im Hauptspeicher
2. Möglichkeit zum Zugriff und zur Manipulation: API

> *"An application programming interface (API) is a set of routines, protocols, and tools for building software applications.* [...] *An API defines functionalities that are independent of their respective implementations, which allows definitions and implementations to vary without compromising each other."* [Wikipedia]

API-Technologien zum Zugriff und zur Manipulation von XML-Dokumenten:

- DOM, Document Object Model
- SAX, Simple API for XML
- StAX, Streaming API for XML [XML.com]
- XPP, Common API for XML Pull Parsing
- XML Data Binding

APIs für XML-Dokumente

DOM: Historie

1998 DOM Level 1, Recommendation. What is the DOM? [W3C REC]

2004 DOM Level 3 Core, Recommendation. [W3C REC]

2015 DOM4, Recommendation. [W3C REC, intro, status]

2019 DOM. Living Standard. [whatwg]

2018 Shadow DOM. [W3C NOTE, github]

Language Bindings:

2002 DOM-Implementierung in Java 1.4 (JDK4).

2019 DOM-Implementierung in Java 12. [Javadoc]

Bemerkungen:

- Das Document Object Model, DOM, entstand aus dem Wunsch, Java- und JavaScript-Programme zwischen Browsern austauschbar zu machen. Vorläufer waren herstellerspezifische Ideen und Implementierungen für das sogenannte „Dynamic HTML“.
- “It [the Document Object Model] is a platform- and language-neutral interface that will allow programs and scripts to dynamically access and update the content, structure, and style of documents, both HTML and XML.” [W3C faq]
- Level 1 und Level 2 von DOM enthalten noch keine Spezifikation dafür, wie ein Dokument in eine DOM-Struktur geladen oder aus ihr heraus gespeichert werden kann: sie setzen das Vorhandensein der Dokumente in einer Browser-Umgebung voraus. Seit DOM Level 3 gehören auch Methoden zum Laden und Speichern zur Spezifikation.
- caniuse.com zeigt die Unterstützung einzelner (DOM-)Features für verschiedene Browser. Beispiel: getElementsByClassName.

APIs für XML-Dokumente

DOM: Konzepte

- DOM modelliert ein Dokument gemäß seiner Struktur als eine Hierarchie von Knoten. [W3C DOM Level 1, DOM4]
- Für die Knoten definiert DOM keine Datentypen, sondern Objekte. Die Spezifikation beschreibt Interfaces mit den für die Knotenobjekte erlaubten Operationen. [W3C DOM Level 1]
- Die Semantik der Knotenobjekte orientiert sich am XML Information Set.

APIs für XML-Dokumente

DOM: Konzepte

- DOM modelliert ein Dokument gemäß seiner Struktur als eine Hierarchie von Knoten. [W3C DOM Level 1, DOM4]
- Für die Knoten definiert DOM keine Datentypen, sondern Objekte. Die Spezifikation beschreibt Interfaces mit den für die Knotenobjekte erlaubten Operationen. [W3C DOM Level 1]
- Die Semantik der Knotenobjekte orientiert sich am XML Information Set.

- Die DOM-Spezifikation ist neutral in Bezug auf Betriebssysteme und Programmiersprachen: die Interfaces sind in der *Interface Definition Language* Web IDL verfasst. [W3C REC, status]
- Die sprachspezifische Umsetzung von DOM erfolgt durch sogenannte Language Bindings.

Bemerkungen:

- Oft wird mit dem Begriff „DOM“ auch die Datenstruktur zur Repräsentation eines Dokuments bezeichnet – und nicht die Programmierschnittstelle (API) zum Zugriff auf die Datenstruktur. Diese Sicht motiviert sich aus dem Verständnis der objektorientierten Programmierung: “The name *Document Object Model* was chosen because it is an *object model* in the traditional object oriented design sense: documents are modeled using objects, and the model encompasses not only the structure of a document, but also the behavior of a document and the objects of which it is composed.” [W3C]
- Wiederholung. Das W3C hat mittlerweile drei Datenmodelle für XML-Dokumente definiert: XML Information Set, XPath, Document Object Model (DOM). Das XPath-Datenmodell basiert auf einer Baumstruktur, die bei der Abfrage eines XML-Dokuments durchlaufen wird und ist dem XML Information Set ähnlich; DOM ist der Vorläufer beider Datenmodelle. DOM und das XPath-Datenmodell können als Interpretationen des XML Information Sets betrachtet werden. [MSDN]
- Illustration von Markup, DOM und gerenderter HTML-Seite im Live-DOM-Viewer. [hixie.ch]

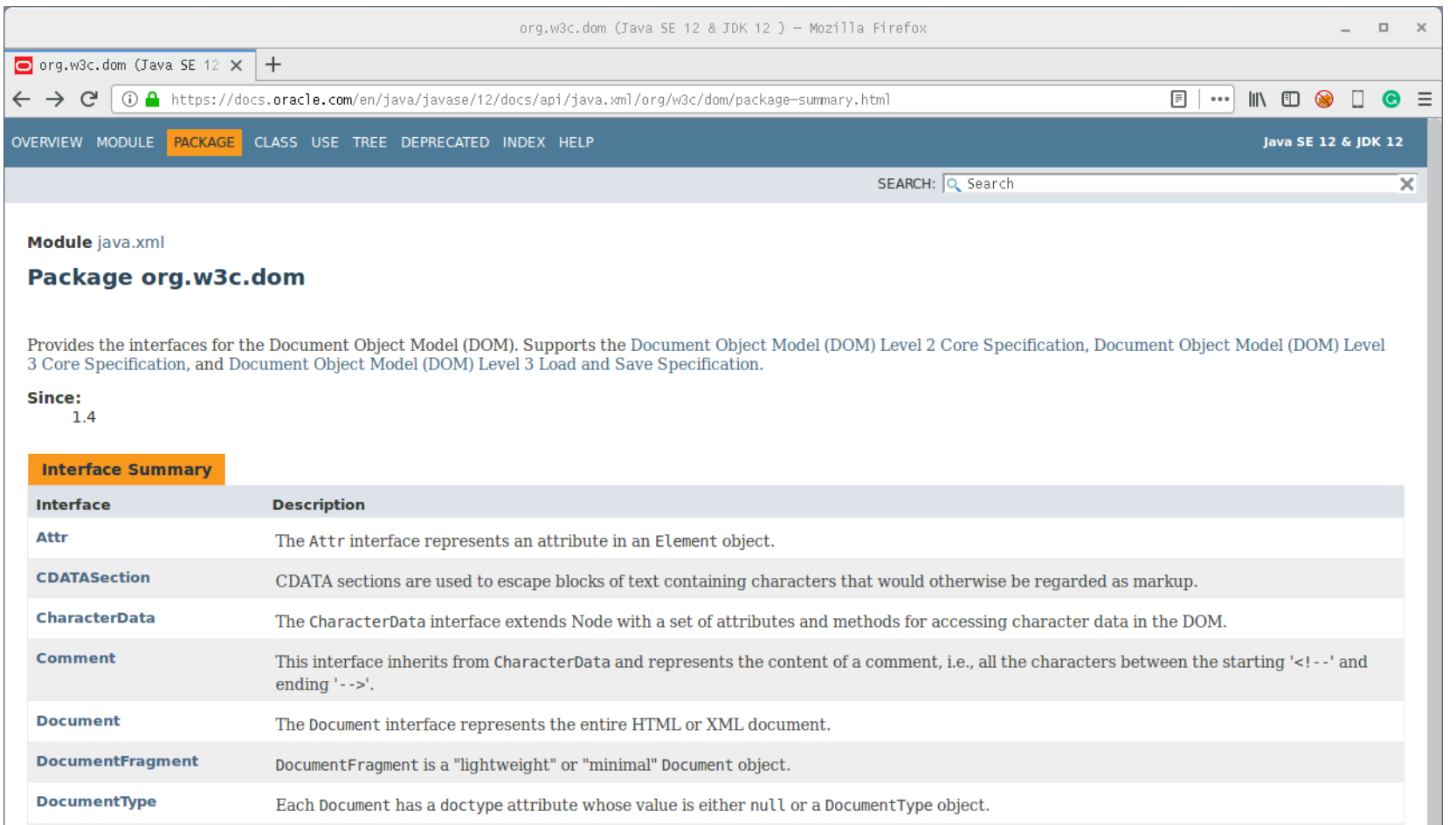
Bemerkungen (Fortsetzung):

- Mit Hilfe einer Schnittstellenbeschreibungssprache *(Interface Definition Language, IDL)* lassen sich Objekte und die auf sie anwendbaren Methoden einschließlich Parametern und Datentypen beschreiben, ohne dabei die Eigenschaften einer bestimmten Programmiersprache zu verwenden. Ein Compiler kann diese Definitionen in eine bestimmte Programmiersprache und Rechnerarchitektur umsetzen, das so genannte *Language Binding*.
  [Wikipedia IDL, Language Binding]
- Mit einem Language Binding für JavaScript, Java, C++, etc. stehen in diesen Programmiersprachen die mittels der IDL spezifizierten Methoden zur Verfügung, um auf ein HTML-Dokument – genauer: die unterliegenden DOM-Objekte – im Browser zuzugreifen.
- Die Interfaces der meisten DOM-Objekte sind von dem generischen `node`-Interface abgeleitet. Das `node`-Interface behandelt die gemeinsamen Anteile der verschiedenen Knoten eines XML-Baums.

APIs für XML-Dokumente

DOM: Java Language Binding

`org.w3c.dom`-Package [Javadoc] :



APIs für XML-Dokumente

DOM: Java Language Binding (Fortsetzung)

Methoden des `node`-Interface [Javadoc] :

Method Summary

All Methods | **Instance Methods** | **Abstract Methods**

Modifier and Type	Method	Description
`Node`	`appendChild(Node newChild)`	Adds the node `newChild` to the end of the list of children of this node.
`Node`	`cloneNode(boolean deep)`	Returns a duplicate of this node, i.e., serves as a generic copy constructor for nodes.
`short`	`compareDocumentPosition(Node other)`	Compares the reference node, i.e. the node on which this method is being called, with a node, i.e. the one passed as a parameter, with regard to their position in the document and according to the document order.
`NamedNodeMap`	`getAttributes()`	A `NamedNodeMap` containing the attributes of this node (if it is an `Element`) or `null` otherwise.
`String`	`getBaseURI()`	The absolute base URI of this node or `null` if the implementation wasn't able to obtain an absolute URI.
`NodeList`	`getChildNodes()`	A `NodeList` that contains all children of this node.
`Object`	`getFeature(String feature, String version)`	This method returns a specialized object which implements the specialized APIs of the specified feature and version, as specified in .
`Node`	`getFirstChild()`	The first child of this node.
`Node`	`getLastChild()`	The last child of this node.
`String`	`getLocalName()`	Returns the local part of the qualified name of this node.
`String`	`getNamespaceURI()`	The namespace URI of this node, or `null` if it is unspecified (see).
`Node`	`getNextSibling()`	The node immediately following this node.
`String`	`getNodeName()`	The name of this node, depending on its type; see the table above.
`short`	`getNodeType()`	A code representing the type of the underlying object, as defined above.
`String`	`getNodeValue()`	The value of this node, depending on its type; see the table above.

APIs für XML-Dokumente

DOM: Anwendung

```
<?xml version="1.0" ?>
<?xml-stylesheet type="text/xsl" href="personen.xsl" ?>
<personen>
  <person>
    <name>
      <vorname>Alan</vorname>
      <nachname>Turing</nachname>
    </name>
    <geburtstag>23. Juni 1912</geburtstag>
    <beruf>Mathematiker</beruf>
    <beruf>Informatiker</beruf>
  </person>

  <person>
    <name>
      <vorname>Judea</vorname>
      <nachname>Pearl</nachname>
    </name>
    <geburtstag>unknown</geburtstag>
    <beruf>Informatiker</beruf>
  </person>
</personen>
```

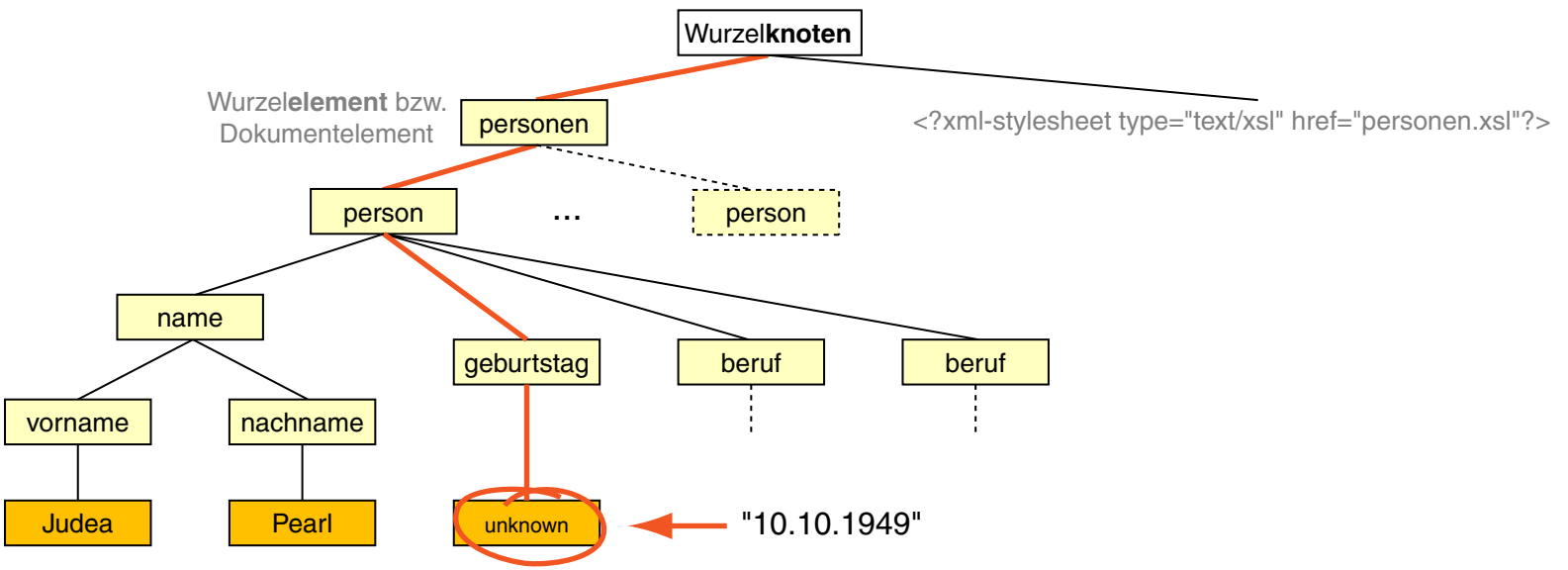
[personen.xml]

APIs für XML-Dokumente

DOM: Anwendung (Fortsetzung)

Aufgabe:

1. Die Person „Judea Pearl“ finden.
2. Seinen Geburtstag auf einen bestimmten Wert setzen.



APIs für XML-Dokumente

DOM: Anwendung (Fortsetzung)

Java-Klasse:

```
package documentlanguages.xmlparser.dom;

import java.io.*;
import org.w3c.dom.*;
import org.xml.sax.*;
import javax.xml.*;

public class DomParserExample {

    public Document load(String filename)...

    public Node findPerson(Node node, String firstName, String lastName)...
    private boolean matchesPerson(Node n, String firstName, ...

    public void setBirthday(Node personNode, String birthday) ...

    public void save(Document docNode, String filename, String encoding)...

    public static void main(String[] args) {...
}
```

APIs für XML-Dokumente

DOM: Anwendung (Fortsetzung)

`main`-Methode:

```
public static void main(String[] args) throws Exception {

    DomParserExample dpe = new DomParserExample();
    Document docNode =
        dpe.load("./bin/documentlanguages/xmlparser/personen.xml");

    Node personNode = dpe.findPerson(docNode, "Judea", "Pearl");
    dpe.setBirthday(personNode, "10.10.1949");

    dpe.save(docNode,
        "./bin/documentlanguages/xmlparser/personen-neu.xml", "UTF-8");
}
```

APIs für XML-Dokumente

DOM: Anwendung (Fortsetzung)

DOM-Parser instantiieren und Dokument in DOM-Objektmodell einlesen:

```
public Document load(String filename)
         throws ParserConfigurationException, IOException, SAXException {

    DocumentBuilderFactory dbf = DocumentBuilderFactory.newInstance();
    DocumentBuilder docBuilder = dbf.newDocumentBuilder();
    return docBuilder.parse(new File(filename));
}
```

APIs für XML-Dokumente

DOM: Anwendung (Fortsetzung)

Navigation im Dokumentbaum. DFS mit generischem `node`-Interface [Javadoc] :

```
public Node findPerson(Node node, String firstName, String lastName)
{
     if(matchesPerson(node, firstName, lastName))
     {
         return node;
     }
     // Perform Depth First Search (DFS).
     NodeList nodeList = node.getChildNodes();
     for(int i=0; i< nodeList.getLength(); ++i)
     {
         Node person = findPerson(nodeList.item(i), firstName, lastName);
         if(person != null) {return person;}
     }
     return null;
}
```

Vergleiche XPath-Variante.

APIs für XML-Dokumente

DOM: Anwendung (Fortsetzung)

Navigation im Dokumentbaum. DFS mit generischem `node`-Interface:

```
private boolean nodeMatchesPerson(Node n, String firstName, String lastName){
     if(!n.getNodeName().equals("person")) {return false;}
     NodeList personChildren = n.getChildNodes();
     for(int i=0; i< personChildren.getLength(); ++i){
          Node personChild = personChildren.item(i);
          if(personChild.getNodeName().equals("name")){
               boolean FIRSTNAME_OK = false, LASTNAME_OK = false;
               NodeList nameChildren = personChild.getChildNodes();
               for(int j=0; j< nameChildren.getLength(); ++j){
                    Node nameChild = nameChildren.item(j);
                    if(nameChild.getNodeName().equals("vorname") &&
                       nameChild.getTextContent().equals(firstName))
                    {FIRSTNAME_OK = true;}
                    else if(nameChild.getNodeName().equals("nachname") &&
                            nameChild.getTextContent().equals(lastName))
                    {LASTNAME_OK = true;}
                    if(FIRSTNAME_OK && LASTNAME_OK) {return true;}
     }}}
     return false;
 }
```

APIs für XML-Dokumente

DOM: Anwendung (Fortsetzung)

Navigation im Dokumentbaum. DFS mit generischem `node`-Interface:

```
private boolean nodeMatchesPerson(Node n, String firstName, String lastName){
    if(!n.getNodeName().equals("person")) {return false;}
    NodeList personChildren = n.getChildNodes();
    for(int i=0; i< personChildren.getLength(); ++i){
        Node personChild = personChildren.item(i);
        if(personChild.getNodeName().equals("name")){
            boolean FIRSTNAME_OK = false, LASTNAME_OK = false;
            NodeList nameChildren = personChild.getChildNodes();
            for(int j=0; j< nameChildren.getLength(); ++j){
                Node nameChild = nameChildren.item(j);
                if(nameChild.getNodeName().equals("vorname") &&
                   nameChild.getTextContent().equals(firstName))
                {FIRSTNAME_OK = true;}
                else if(nameChild.getNodeName().equals("nachname") &&
                        nameChild.getTextContent().equals(lastName))
                {LASTNAME_OK = true;}
                if(FIRSTNAME_OK && LASTNAME_OK) {return true;}
    }}}
    return false;
 }
```

APIs für XML-Dokumente

DOM: Anwendung (Fortsetzung)

Navigation im Dokumentbaum. DFS mit generischem `node`-Interface:

```
private boolean matchesPerson(Node n, String firstName, String lastName){
    if(!n.getNodeName().equals("person")) {return false;}
    NodeList personChildren = n.getChildNodes();
    for(int i=0; i< personChildren.getLength(); ++i){
        Node personChild = personChildren.item(i);
        if(personChild.getNodeName().equals("name")){
            boolean FIRSTNAME_OK = false, LASTNAME_OK = false;
            NodeList nameChildren = personChild.getChildNodes();
            for(int j=0; j< nameChildren.getLength(); ++j){
                Node nameChild = nameChildren.item(j);
                if(nameChild.getNodeName().equals("vorname") &&
                   nameChild.getTextContent().equals(firstName))
                {FIRSTNAME_OK = true;}
                else if(nameChild.getNodeName().equals("nachname") &&
                        nameChild.getTextContent().equals(lastName))
                {LASTNAME_OK = true;}
                if(FIRSTNAME_OK && LASTNAME_OK) {return true;}
    }}}
    return false;
 }
```

APIs für XML-Dokumente

DOM: Anwendung (Fortsetzung)

`<geburtstag>`-Knoten unter `<person>`-Knoten im Dokumentbaum ändern.

Variante mit generischem `node`-Interface:

```
public void setBirthday(Node personNode, String birthday){

    NodeList personChildren = personNode.getChildNodes();
    for(int i=0; i<personChildren.getLength(); ++i){
        Node personChild = personChildren.item(i);
        if(personChild.getNodeName().equals("geburtstag"))
        {
            System.out.println("[DOM] Updating geburtstag: " +
                personChild.getTextContent()+" -> "+birthday);
            personChild.setTextContent(birthday);
        }
    }
 }
```

APIs für XML-Dokumente

DOM: Anwendung (Fortsetzung)

`<geburtstag>`-Knoten unter `<person>`-Knoten im Dokumentbaum ändern.

Variante mit `Element`-Interface [Javadoc] :

```
public void setBirthday(Node personNode, String birthday) {

    Element person = (Element) personNode;
    NodeList birthdayElements = person.getElementsByTagName("geburtstag");
    if (birthdayElements.getLength()>0)
    {
        System.out.println("[DOM] Updating geburtstag: " +
            birthdayElements.item(0).getTextContent()+" -> "+birthday);
        birthdayElements.item(0).setTextContent(birthday);
    }
}
```

APIs für XML-Dokumente

DOM: Anwendung (Fortsetzung)

Dokumentmodell serialisieren [Javadoc] :

```
public void save(Document docNode, String filename, String encoding)
         throws IOException, TransformerException,
         UnsupportedEncodingException {

    TransformerFactory tf = TransformerFactory.newInstance();
    Transformer serializer = tf.newTransformer();

    serializer.setOutputProperty(OutputKeys.ENCODING, encoding);
    serializer.transform(new DOMSource(docNode),
        new StreamResult(new FileOutputStream(filename)));
}
```

APIs für XML-Dokumente

DOM: Anwendung (Fortsetzung)

Aufruf in der Shell:

```
[user@pc WORKINGDIR]$ java -cp CLASSPATH
 documentlanguages.xmlparser.dom.DomParserExample
```

```
[DOM] Updating geburtstag: unknown -> 10.10.1949
```

APIs für XML-Dokumente

DOM: Anwendung (Fortsetzung)

Navigation im Dokumentbaum. Direkter Zugriff mit `xpath`-Interface [Javadoc Package, Interface] :

```
public Node findPerson(Node node, String firstName, String lastName)
        throws XPathExpressionException{

    XPathFactory factory = XPathFactory.newInstance();
    XPath xpath = factory.newXPath();
    String path = "//person[name/vorname= '" + firstName + "' and " +
        "name/nachname='" + lastName + "']";
    return (Node) xpath.evaluate(path, node, XPathConstants.NODE);
}
```

Vergleiche DFS-Variante.

APIs für XML-Dokumente

SAX: Historie

1997 Unter der Koordination von David Megginson entwickeln Teilnehmer der XML-DEV Mailing List einen einfachen, effizienten Parser.

2004 SAX 2.0.2. [saxproject.org]

2019 SAX2-Implementierung in Java 12. [Javadoc]

Bemerkungen:

- Die Simple API for XML, SAX, entstand aus dem Wunsch, die Entwicklung von Programmen zur Verarbeitung von XML-Dokumenten (XML-Prozessoren) zu vereinfachen.
- SAX stellt einen „leichtgewichtigen“ Ansatz für die ereignisbasierte Verarbeitung von XML-Dokumenten dar. SAX ist kein Parser sondern ein Gerüst in Form einer Schnittstellensammlung, um Parser zu implementieren.
- Ursprünglich entstand die SAX-API aus einer Sammlung generischer Java-Schnittstellen für XML-Parser. Inzwischen hat sie sich als eigenständige Möglichkeit zur Verarbeitung von XML-Dokumenten in verschiedenen Hochsprachen entwickelt. Neben den Umsetzungen für Java existieren auch Implementierungen für C++, Python, Perl und Eiffel.

APIs für XML-Dokumente

SAX: Konzepte [Wikipedia]

Verwendung eines SAX-Parsers in folgenden Schritten:

1. Instantiierung einer spezifischen Parser-Ausprägung (via Factory-Pattern).
2. Implementierung und Einbindung eines Content-Handlers.
3. Aufruf des Parsers.

Konsequenzen:

- Das Dokument definiert die Ereignisse, auf die der Parser reagiert.
- Parse-Methoden werden nicht explizit vom Programmierer aufgerufen.
- Das Programm weist keinen erkennbaren Parse-Kontrollfluss auf.

Stichwort: Push-Prinzip

Bemerkungen:

- Die SAX-API impliziert keine spezielle Datenstruktur. Deshalb ist der Ansatz mit nur geringen Modifikationen auf viele Programmiersprachen übertragbar.
- Das Push-Prinzip stellt nur minimale Speicheranforderungen: nur die Tiefe des Dokumentbaums und die Übergabeparameter der Callback-Funktionen sind verantwortlich für den variablen Teil des “Memory Footprint”.
- Aus dem Prinzip der SAX-Verarbeitung folgt, dass keine (in-Memory) Modifikationen am Eingabedokument möglich sind. Modifikationen werden durch eine veränderte Ausgabe des Eingabedokuments realisiert. Der Umfang dieser Transformationen hängt davon ab, wieviel von dem Eingabedokument während des Parse-Vorgangs zwischenspeichert wird.

APIs für XML-Dokumente

SAX: Struktur der API

1. Parser-Factory.
   Dient zur Erzeugung verschiedener Ausprägungen eines Parsers. Optionen sind u. a.: validierend, nicht-validierend, Namensraum-auswertend.

2. Parser.
   Definiert abstrakte Schnittstellen und bedient die Callback-Funktionen in diesen Schnittstellen beim Eintreffen der entsprechenden Ereignisse.

3. Schnittstellen.

(a) `ContentHandler`	Methoden zur Reaktion auf Dokumentereignisse
(b) `ErrorHandler`	Methoden zur Reaktion auf in der XML-Spezifikation definierte Fehlerereignisse: `warning, error, fatalError`
(c) `DTDHandler`	Methoden für Notation-Deklarationen und ungeparste Entities
(d) `EntityResolver`	Methoden zur Namensauflösung von Entities

APIs für XML-Dokumente

SAX: Struktur der API (Fortsetzung)

Wichtige Methoden (Callback-Funktionen) der `ContentHandler`-Schnittstelle:

Methode	Beschreibung
`startDocument()`	einmaliger Aufruf bei Beginn eines Dokuments
`startElement()`	Aufruf bei Beginn (öffnender Tag) eines Elements
`characters()`	Aufruf bei der Verarbeitung von Zeichenkettendaten innerhalb eines Elements
`ignorableWhitespace()`	Aufruf beim Auftreten ignorierbarer Leerzeichen
`endElement()`	Aufruf bei Erreichen eines Elementendes
`endDocument()`	letztes Ereignis eines Parse-Vorgangs

APIs für XML-Dokumente

SAX: Anwendung [Callback-Funktionen]

```
<?xml version="1.0" ?>
<?xml-stylesheet type="text/xsl" href="personen.xsl" ?>

<personen>
  <person>
    <name>
      <vorname>Alan</vorname>
      <nachname>Turing</nachname>
    </name>
    <geburtstag>23. Juni 1912</geburtstag>
    <beruf>Mathematiker</beruf>
    <beruf>Informatiker</beruf>
  </person>

  <person>
    <name>
      <vorname>Judea</vorname>
      <nachname>Pearl</nachname>
    </name>
    <geburtstag>unknown</geburtstag>
    <beruf>Informatiker</beruf>
  </person>
</personen>
```

APIs für XML-Dokumente

SAX: Anwendung [Callback-Funktionen]

```
<?xml version="1.0" ?>                          → startDocument()
<?xml-stylesheet type="text/xsl" href="personen.xsl" ?>

<personen>
  <person>
    <name>
      <vorname>Alan</vorname>
      <nachname>Turing</nachname>
    </name>
    <geburtstag>23. Juni 1912</geburtstag>
    <beruf>Mathematiker</beruf>
    <beruf>Informatiker</beruf>
  </person>

  <person>
    <name>
      <vorname>Judea</vorname>
      <nachname>Pearl</nachname>
    </name>
    <geburtstag>unknown</geburtstag>
    <beruf>Informatiker</beruf>
  </person>
</personen>
```

APIs für XML-Dokumente

SAX: Anwendung [Callback-Funktionen]

```
<?xml version="1.0" ?>                          → startDocument()
<?xml-stylesheet type="text/xsl" href="perso→processingInstruction()
<personen>
  <person>
    <name>
      <vorname>Alan</vorname>
      <nachname>Turing</nachname>
    </name>
    <geburtstag>23. Juni 1912</geburtstag>
    <beruf>Mathematiker</beruf>
    <beruf>Informatiker</beruf>
  </person>

  <person>
    <name>
      <vorname>Judea</vorname>
      <nachname>Pearl</nachname>
    </name>
    <geburtstag>unknown</geburtstag>
    <beruf>Informatiker</beruf>
  </person>
</personen>
```

APIs für XML-Dokumente

SAX: Anwendung [Callback-Funktionen]

```
<?xml version="1.0" ?>                          → startDocument()
<?xml-stylesheet type="text/xsl" href="perso    processingInstruction()

<personen>                                        startElement()
  <person>
    <name>
      <vorname>Alan</vorname>
      <nachname>Turing</nachname>
    </name>
    <geburtstag>23. Juni 1912</geburtstag>
    <beruf>Mathematiker</beruf>
    <beruf>Informatiker</beruf>
  </person>

  <person>
    <name>
      <vorname>Judea</vorname>
      <nachname>Pearl</nachname>
    </name>
    <geburtstag>unknown</geburtstag>
    <beruf>Informatiker</beruf>
  </person>
</personen>
```

APIs für XML-Dokumente

SAX: Anwendung [Callback-Funktionen]

```
<?xml version="1.0" ?>                          → startDocument()
<?xml-stylesheet type="text/xsl" href="perso    processingInstruction()

<personen>                                        startElement()
  <person>                                        startElement()
    <name>
      <vorname>Alan</vorname>
      <nachname>Turing</nachname>
    </name>
    <geburtstag>23. Juni 1912</geburtstag>
    <beruf>Mathematiker</beruf>
    <beruf>Informatiker</beruf>
  </person>

  <person>
    <name>
      <vorname>Judea</vorname>
      <nachname>Pearl</nachname>
    </name>
    <geburtstag>unknown</geburtstag>
    <beruf>Informatiker</beruf>
  </person>
</personen>
```

APIs für XML-Dokumente

SAX: Anwendung [Callback-Funktionen]

```
<?xml version="1.0" ?>                          → startDocument()
<?xml-stylesheet type="text/xsl" href="perso    processingInstruction()

<personen>                                        startElement()
  <person>                                        startElement()
    <name>                                        startElement()
      <vorname>Alan</vorname>
      <nachname>Turing</nachname>
    </name>
    <geburtstag>23. Juni 1912</geburtstag>
    <beruf>Mathematiker</beruf>
    <beruf>Informatiker</beruf>
  </person>

  <person>
    <name>
      <vorname>Judea</vorname>
      <nachname>Pearl</nachname>
    </name>
    <geburtstag>unknown</geburtstag>
    <beruf>Informatiker</beruf>
  </person>
</personen>
```

APIs für XML-Dokumente

SAX: Anwendung [Callback-Funktionen]

```
<?xml version="1.0" ?>                          → startDocument()
<?xml-stylesheet type="text/xsl" href="perso    processingInstruction()

<personen>                                        startElement()
  <person>                                        startElement()
    <name>                                        startElement()
      <vorname>Alan</vorname>                     startElement()
      <nachname>Turing</nachname>
    </name>
    <geburtstag>23. Juni 1912</geburtstag>
    <beruf>Mathematiker</beruf>
    <beruf>Informatiker</beruf>
  </person>

  <person>
    <name>
      <vorname>Judea</vorname>
      <nachname>Pearl</nachname>
    </name>
    <geburtstag>unknown</geburtstag>
    <beruf>Informatiker</beruf>
  </person>
</personen>
```

APIs für XML-Dokumente

SAX: Anwendung [Callback-Funktionen]

```
<?xml version="1.0" ?>                          → startDocument()
<?xml-stylesheet type="text/xsl" href="perso    processingInstruction()

<personen>                                        startElement()
  <person>                                        startElement()
    <name>                                        startElement()
      <vorname>Alan</vorname>                     startElement()characters()...
      <nachname>Turing</nachname>
    </name>
    <geburtstag>23. Juni 1912</geburtstag>
    <beruf>Mathematiker</beruf>
    <beruf>Informatiker</beruf>
  </person>

  <person>
    <name>
      <vorname>Judea</vorname>
      <nachname>Pearl</nachname>
    </name>
    <geburtstag>unknown</geburtstag>
    <beruf>Informatiker</beruf>
  </person>
</personen>
```

APIs für XML-Dokumente

SAX: Anwendung [Callback-Funktionen]

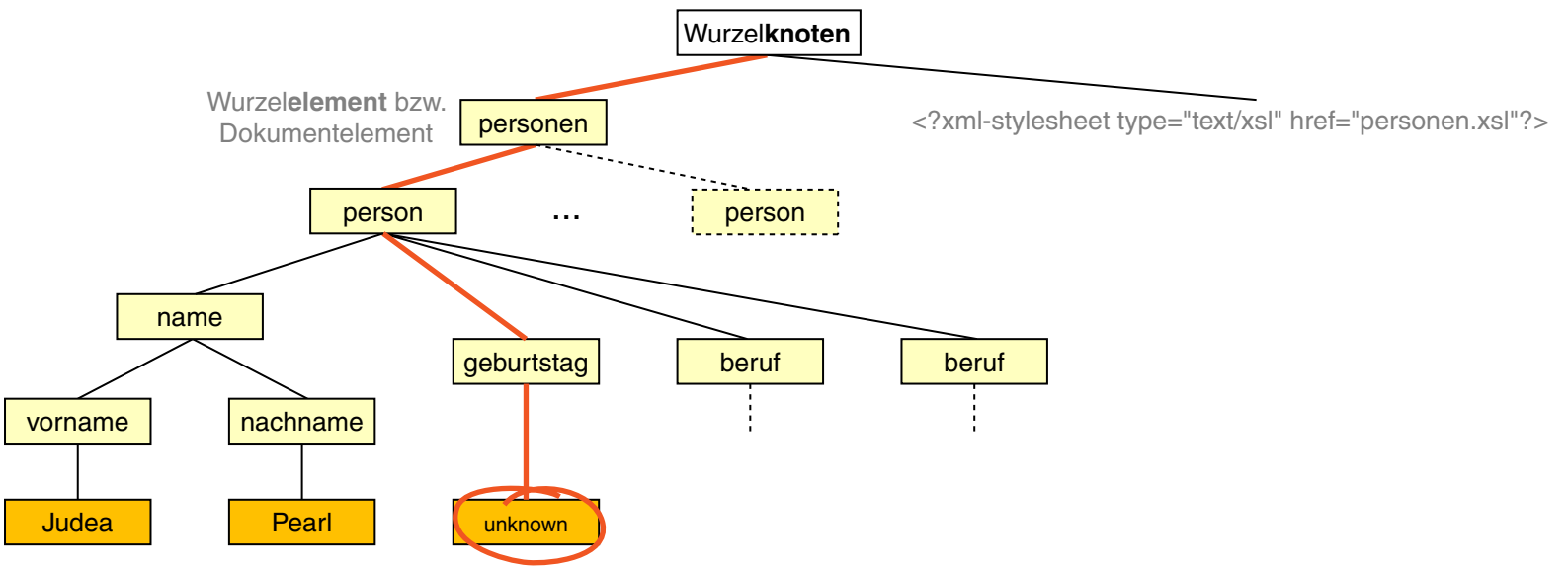
```
<?xml version="1.0" ?>                          → startDocument()
<?xml-stylesheet type="text/xsl" href="perso    processingInstruction()

<personen>                                        startElement()
  <person>                                        startElement()
    <name>                                        startElement()
      <vorname>Alan</vorname>                     startElement()characters()...
      <nachname>Turing</nachname>                 startElement()characters()...
    </name>                                       endElement()
    <geburtstag>23. Juni 1912</geburtstag>        startElement()characters()...
    <beruf>Mathematiker</beruf>                   startElement()characters()...
    <beruf>Informatiker</beruf>                   startElement()characters()...
  </person>                                       endElement()

  <person>                                        ...
    <name>
      <vorname>Judea</vorname>
      <nachname>Pearl</nachname>
    </name>
    <geburtstag>unknown</geburtstag>
    <beruf>Informatiker</beruf>
  </person>
</personen>
```

APIs für XML-Dokumente

SAX: Anwendung (Fortsetzung)

Aufgabe:

1. Die Person „Judea Pearl“ finden.
2. Seinen Geburtstag ausgeben. [vgl. DOM-Aufgabe]



APIs für XML-Dokumente

SAX: Anwendung (Fortsetzung)

SAX-Parser instantiieren und XML-Ereignisstrom öffnen:

```
package documentlanguages.xmlparser.sax;

import java.io.*;
import javax.xml.parsers.*;
import org.xml.sax.*;

public class SAXParserExample {

    public void load(String filename, DefaultHandler handler)
            throws SAXException, IOException, ParserConfigurationException {
        SAXParser parser = SAXParserFactory.newInstance().newSAXParser();
        parser.parse(filename, handler);
    }

    public static void main(String[] args)
            throws SAXException, IOException, ParserConfigurationException {
        SAXParserExample spe = new SAXParserExample();
        DefaultHandler handler = new SAXParserExampleHandler("Judea", "Pearl");
        spe.load("./bin/documentlanguages/xmlparser/personen.xml", handler);
    }
}
```

APIs für XML-Dokumente

SAX: Anwendung (Fortsetzung) [Callback-Funktionen]

Schnittstellenklasse mit eigenen Callback-Funktionen:

```
package documentlanguages.xmlparser.sax;

import org.xml.sax.*;
import org.xml.sax.helpers.*;

public class SAXParserExampleHandler extends DefaultHandler{

    // Boolean state variables for modeling the states of the parser.
    boolean parseVorname, parseNachname, parseGeburtstag;
    String vorname, nachname, geburtstag;
    String targetFirstName, targetLastName;

    public SAXParserExampleHandler(String firstName, String lastName){
        targetFirstName = firstName;
        targetLastName = lastName;
    }

    public void startElement(String uri, String localName, String qName,...

    public void characters(char[] ch, int start, int length){...

    public void endElement(String uri, String localName, String qName){...
}
```

Bemerkungen:

- Die Klasse `SAXParserExampleHandler` ist von der Klasse `DefaultHandler` abgeleitet, die für jede Callback-Funktion eine Default-Implementierung enthält, die nichts tut. Somit müssen nur diejenigen Methoden überschrieben werden, die genau die Ereignisse verarbeiten, an denen man interessiert ist.

APIs für XML-Dokumente

SAX: Anwendung (Fortsetzung) [Callback-Funktionen]

Verarbeitung von Elementstart-Ereignissen (= Zustandsmarkierung):

```
public void startElement(String uri, String localName, String qName,
         Attributes attributes) {

    // Encode parse situation with the respective Boolean state variable.
    if(qName.equals("vorname")) {parseVorname = true;}
    if(qName.equals("nachname")) {parseNachname = true;}
    if(qName.equals("geburtstag")) {parseGeburtstag = true;}

 }
```

APIs für XML-Dokumente

SAX: Anwendung (Fortsetzung) [Callback-Funktionen]

Verarbeitung von Character-Data-Ereignissen (= Einlesen):

```
public void characters(char[] ch, int start, int length){

    if(parseVorname){
        vorname = new String(ch, start, length);
        parseVorname = false;
    }
    if(parseNachname){
        nachname = new String(ch, start, length);
        parseNachname = false;
    }
    if(parseGeburtstag){
        geburtstag = new String(ch, start, length);
        parseGeburtstag = false;
    }
}
```

APIs für XML-Dokumente

SAX: Anwendung (Fortsetzung) [Callback-Funktionen]

Verarbeitung von Elementende-Ereignissen:

```
public void endElement(String uri, String localName, String qName){

    if (qName.equals("person"))
    // When leaving a <person>-element...
    {
        // If the names are correct, print the birthday.
        if (vorname.equals(targetFirstName) &&
        nachname.equals(targetLastName))
        {
            System.out.println("[SAX] " + targetFirstName + " "
            + targetLastName + "'s Geburtstag: " + geburtstag);
        }
        // Reset person data.
        vorname = null; nachname = null; geburtstag = null;
    }
}
```

APIs für XML-Dokumente

SAX: Anwendung (Fortsetzung)

Aufruf in der Shell:

```
[user@pc WORKINGDIR]$ java -cp CLASSPATH
 documentlanguages.xmlparser.sax.SAXParserExample
```

```
[SAX] Judea Pearl's Geburtstag: unknown
```

Bemerkungen:

- Um sinnvoll auf Ereignisse reagieren zu können, muss sich der Zustand gemerkt werden, in dem sich der Parser befindet.
  Im Beispiel: tritt ein Character-Data-Ereignis ein, so soll sich die Zeichenkette nur dann gemerkt werden, falls vorher der Start-Tag eines `<vorname>`-, `<nachname>`- oder `<geburtstag>`-Elements geparsed wurde. Stichwort: endlicher Automat
- Im Beispiel sind die Zustände des endlichen Automaten durch Variablen wie `parseVorname`, `parseNachname` oder `parseGeburtstag` codiert.

APIs für XML-Dokumente

XML Data Binding: Historie

2006 JSR 222. Java Specification Request für JAXB 2.0, der Java Architecture for XML Binding. [jcp.org]

2013 JAXB-Referenzimplementierung. [GlassFish]

2013 Castor. Open Source Data Binding Framework in Java. [Castor]

2013 EclipseLink MOXy. XML Binding with JAXB and SDO. [Eclipse MOXy, SDO]

2018 JAXB-Implementierung in Java 10. [JavaDoc]

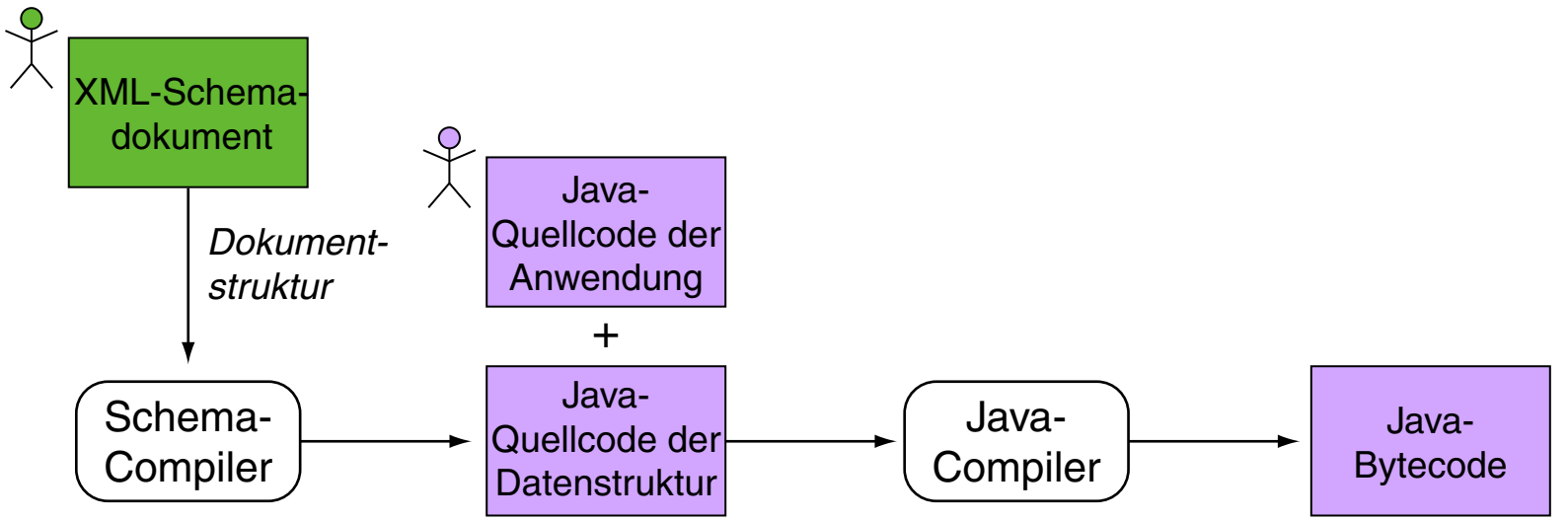
2018 JAXB-Referenzimplementierung unter EE4J. [Github]

Bemerkungen:

- Unter Data Binding versteht man die Abbildung einer gegebenen Datenstruktur (hier: XML-Schema) auf die Konzepte einer Zielsprache. Data Binding macht die Daten auf *Basis der Datenstrukturen der gewählten Zielsprache* verfügbar.
- Data Binding wird attraktiv, wenn Mechanismen für dessen Automatisierung existieren: die Konzepte der Zielsprache (Typ-Constraints, Datenstruktur-Mapping, Setter / Getter-Methoden, etc.) werden aus Sicht des Programmierers transparent gehandelt.
- JSR 31. XML Data Binding: “A facility for compiling an XML schema into one or more Java classes which can parse, generate, and validate documents that follow the schema.” [jcp.org]
- DOM versus XML Data Binding:
  “In the DOM approach, the parser creates a tree of objects that represents the content and organization of data in the document. The application can then navigate through the tree in memory to access the data it needs. DOM data, however, is contained in objects of a single type, linked according to the XML document’s structure, with individual node objects containing an element, an attribute, a CDATA section, etc. Values are invariably provided as strings.
  Unmarshalling an XML document with the appropriate JAXB method also results in a tree of objects, with the significant difference being that the nodes in this tree correspond to XML elements, which contain attributes and the content as instance variables and refer to child elements by object references.” [GlassFish, Oracle]

APIs für XML-Dokumente

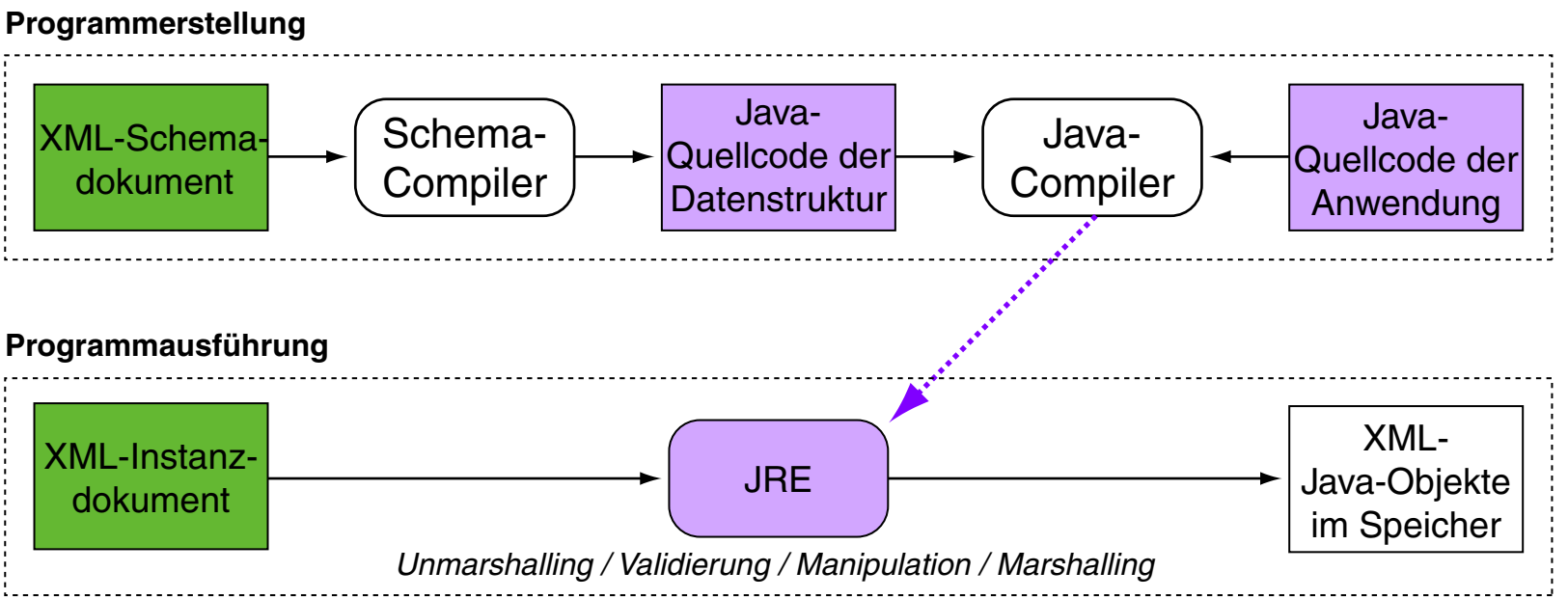
XML Data Binding: Konzepte I [Konzepte II]



- Ein Schema-Compiler erzeugt für die komplexen Datentypen im XML-Schema entsprechende Java-Klassen, mit denen sich die Elemente von schemavaliden XML-Dokumenten in einem Java-Programm erzeugen und manipulieren lassen. [Oracle]
- Die eigene Anwendung setzt direkt auf den erzeugten Java-Klassen auf.

APIs für XML-Dokumente

XML Data Binding: Konzepte I (Fortsetzung) [Konzepte II]



- XML-Schema für Programmerstellung, Instanzdokument für Programmausführung.
- Unmarshalling: Lese- und Validierungsvorgang, der eine XML-Datei aus einem Eingabestrom liest und die notwendigen Speicherobjekte erzeugt.
- Marshalling: Schreiben der Speicherobjekte als XML-Datei.

APIs für XML-Dokumente

XML Data Binding: Konzepte I (Fortsetzung)

1. xjc.
   XML-Schema-Compiler. Erzeugt für die komplexen Datentypen im XML-Schema entsprechende Java-Klassen.

2. JAXBContext.
   Erzeugung einer Factory-Klasse für folgende Klassen:

   (a) `unmarshaller` Bildet ein XML-Instanzdokument mit Hilfe von Java-Objekten (Instanzen der von `xjc` erzeugten Klassen) im Speicher ab.

   (b) `marshaller` Serialisiert die gespeicherte Objektstruktur als XML-Datei.

3. Getter- und Setter-Methoden.
   Manipulation von Element- und Attributwerten.

APIs für XML-Dokumente

XML Data Binding: Anwendung

```
<?xml version="1.0" ?>
<?xml-stylesheet type="text/xsl" href="personen.xsl" ?>
<personen>
  <person>
    <name>
      <vorname>Alan</vorname>
      <nachname>Turing</nachname>
    </name>
    <geburtstag>23. Juni 1912</geburtstag>
    <beruf>Mathematiker</beruf>
    <beruf>Informatiker</beruf>
  </person>

  <person>
    <name>
      <vorname>Judea</vorname>
      <nachname>Pearl</nachname>
    </name>
    <geburtstag>unknown</geburtstag>
    <beruf>Informatiker</beruf>
  </person>
</personen>
```

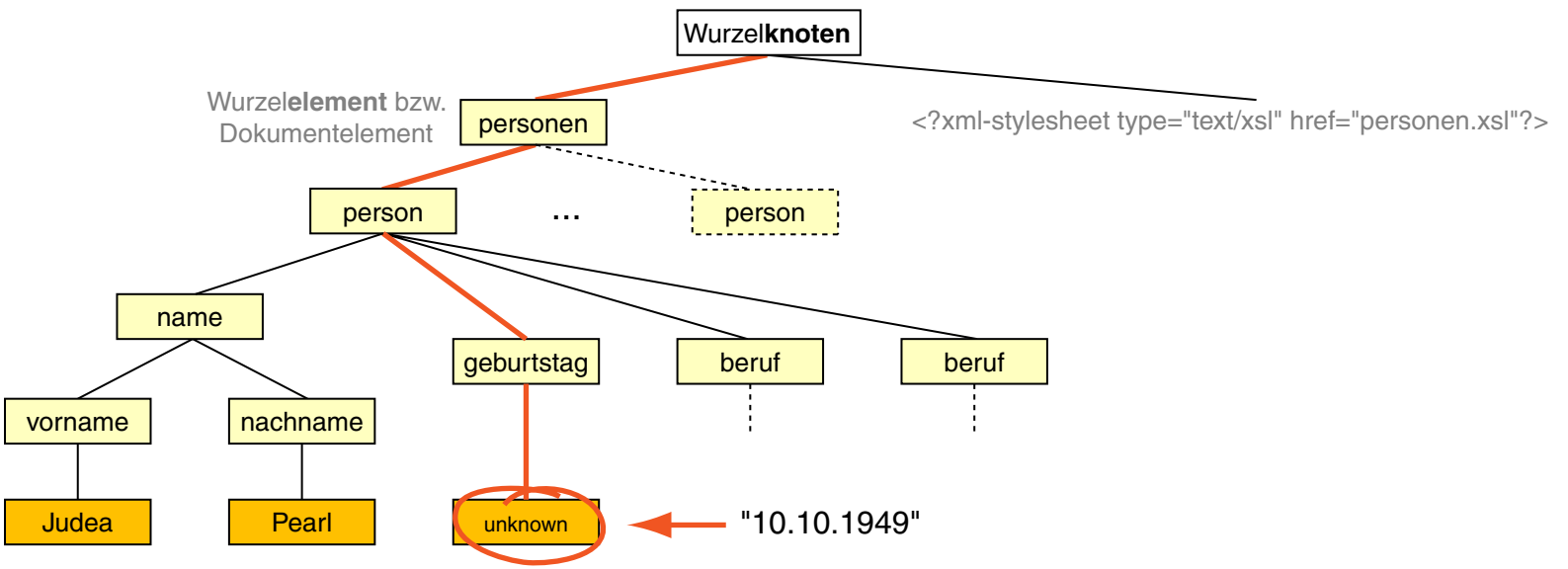
[personen.xml]

APIs für XML-Dokumente

XML Data Binding: Anwendung (Fortsetzung)

Aufgabe:

1. Die Person „Judea Pearl“ finden.
2. Seinen Geburtstag auf einen bestimmten Wert setzen.



APIs für XML-Dokumente

XML Data Binding: Anwendung (Fortsetzung)

```
<?xml version="1.0"?>
<xs:schema xmlns:xs="http://www.w3.org/2001/XMLSchema" ...>
  <xs:complexType name="NameType">
    <xs:sequence>
      <xs:element name="vorname" type="xs:string"/>
      <xs:element name="nachname" type="xs:string"/>
    </xs:sequence>
  </xs:complexType>

  <xs:complexType name="PersonType">
    <xs:sequence>
      <xs:element name="name" type="NameType"/>
      <xs:element name="geburtstag" type="xs:string"/>
      <xs:element name="beruf" type="xs:string" minOccurs="0" .../>
    </xs:sequence>
  </xs:complexType>

  <xs:complexType name="PersonenType">
    <xs:sequence>
      <xs:element name="person" type="PersonType" minOccurs="0" .../>
    </xs:sequence>
  </xs:complexType>

  <xs:element name="personen" type="PersonenType"/>
</xs:schema>
```

[personen.xsd]

APIs für XML-Dokumente

XML Data Binding: Anwendung (Fortsetzung)

Generierung der Klassen für die komplexen Datentypen inklusive von Getter- und Setter-Methoden (= Data Binding) mit dem Java-Schema-Compiler `xjc` :

1. Ort der Schema-Datei für `personen.xml`:

   SOURCEDIR`/documentlanguages/xmlparser/personen.xsd`

APIs für XML-Dokumente

XML Data Binding: Anwendung (Fortsetzung)

Generierung der Klassen für die komplexen Datentypen inklusive von Getter- und Setter-Methoden (= Data Binding) mit dem Java-Schema-Compiler `xjc` :

1. Ort der Schema-Datei für `personen.xml`:

   SOURCEDIR`/documentlanguages/xmlparser/personen.xsd`

2. Aufruf von `xjc` mit Target-Package-Option `-p` derart, dass die generierten Java-Klassen im gewünschten Package eingegliedert sind:

```
[user@pc SOURCEDIR]$ xjc
 -p documentlanguages.xmlparser.jaxb.generated.personen
 documentlanguages/xmlparser/personen.xsd
```

APIs für XML-Dokumente

XML Data Binding: Anwendung (Fortsetzung)

Generierung der Klassen für die komplexen Datentypen inklusive von Getter- und Setter-Methoden (= Data Binding) mit dem Java-Schema-Compiler `xjc` :

1. Ort der Schema-Datei für `personen.xml`:

   SOURCEDIR`/documentlanguages/xmlparser/personen.xsd`

2. Aufruf von `xjc` mit Target-Package-Option `-p` derart, dass die generierten Java-Klassen im gewünschten Package eingegliedert sind:

   ```
   [user@pc SOURCEDIR]$ xjc
    -p documentlanguages.xmlparser.jaxb.generated.personen
    documentlanguages/xmlparser/personen.xsd
   ```

3. Entstandene Package-Struktur [NameType.java, PersonenType.java, PersonType.java] :

APIs für XML-Dokumente

XML Data Binding: Anwendung (Fortsetzung)

Java-Klasse [Konzepte II] :

```
package documentlanguages.xmlparser.jaxb;

import java.io.*;
import java.util.*;
import javax.xml.bind.*;

import documentlanguages.xmlparser.jaxb.generated.personen.*;

public class JAXBParserExample1 {

     public PersonenType load(String filename){...
     public void setBirthday (PersonenType personen, ...
     public void save (PersonenType personen, String filename){...

     public static void main(String[] args) throws JAXBException,IOException {
          JAXBParserExample1 pe = new JAXBParserExample1();
          PersonenType personen =
               pe.load("./bin/documentlanguages/xmlparser/personen.xml");
          pe.setBirthday(personen, "Judea", "Pearl", "10.10.1949");
          pe.save(personen,
               "./bin/documentlanguages/xmlparser/personen-neu.xml");
     }
}
```

APIs für XML-Dokumente

XML Data Binding: Anwendung (Fortsetzung)

`<personen>`-Parser instantiieren, Dokument parsen und `<personen>`-Element im Speicher als Java-Objekt anlegen [Javadoc] :

```
public PersonenType load(String filename) throws FileNotFoundException,
                                                 JAXBException {
    // Create JAXBContext.
    JAXBContext jc = JAXBContext.newInstance(PersonenType.class);

    // Create unmarshaller.
    Unmarshaller u = jc.createUnmarshaller();

    // Unmarshal an instance document into a tree of Java content objects
    // composed of classes from the xmlparser.generated.personen package.
    PersonenType personen = u.unmarshal(new StreamSource(filename),
                                        PersonenType.class).getValue();

    return personen;
}
```

APIs für XML-Dokumente

XML Data Binding: Anwendung (Fortsetzung) [Dokumentbaum]

`<geburtstag>`-Element suchen und neu setzen:

```
public void setBirthday(PersonenType personen, String targetFirstName,
        String targetLastName, String birthday) {

    List<PersonType> personenListe = personen.getPerson();
    for (PersonType person : personenListe) {
        NameType name = person.getName();
        if (name.getNachname().equals(targetLastName) &&
            name.getVorname().equals(targetFirstName)) {
            System.out.println("[JAXB] Updating \"geburtstag\": "
                    + person.getGeburtstag() + " -> " + birthday);
            person.setGeburtstag(birthday);
            break;
        }
    }
}
```

APIs für XML-Dokumente

XML Data Binding: Anwendung (Fortsetzung)

Geändertes `<personen>`-Element speichern:

```
public void save(PersonenType personen, String filename) throws IOException,
                                                                JAXBException {
    // Create JAXBContext.
    JAXBContext jc = JAXBContext.newInstance(PersonenType.class);

    // Create marshaller.
    Marshaller m = jc.createMarshaller();

    // Produce formatted output.
    m.setProperty(Marshaller.JAXB_FORMATTED_OUTPUT, Boolean.TRUE);

    // Write to file.
    m.marshal(new ObjectFactory().createPersonen(personen),
              new File(filename));

}
```

APIs für XML-Dokumente

XML Data Binding: Anwendung (Fortsetzung)

Aufruf in der Shell:

```
[user@pc SOURCEDIR]$ xjc
 -p documentlanguages.xmlparser.jaxb.generated.personen
 documentlanguages/xmlparser/personen.xsd
```

```
parsing a schema...
compiling a schema...
documentlanguages/xmlparser/jaxb/generated/personen/NameType.java
documentlanguages/xmlparser/jaxb/generated/personen/ObjectFactory.java
documentlanguages/xmlparser/jaxb/generated/personen/PersonenType.java
documentlanguages/xmlparser/jaxb/generated/personen/PersonType.java
```

APIs für XML-Dokumente

XML Data Binding: Anwendung (Fortsetzung)

Aufruf in der Shell:

```
[user@pc SOURCEDIR]$ xjc
 -p documentlanguages.xmlparser.jaxb.generated.personen
 documentlanguages/xmlparser/personen.xsd
```

```
parsing a schema...
compiling a schema...
documentlanguages/xmlparser/jaxb/generated/personen/NameType.java
documentlanguages/xmlparser/jaxb/generated/personen/ObjectFactory.java
documentlanguages/xmlparser/jaxb/generated/personen/PersonenType.java
documentlanguages/xmlparser/jaxb/generated/personen/PersonType.java
```

```
[user@pc SOURCEDIR]$ javac -d ../bin
 documentlanguages/xmlparser/jaxb/JAXBParserExample1.java
```

APIs für XML-Dokumente

XML Data Binding: Anwendung (Fortsetzung)

Aufruf in der Shell:

```
[user@pc SOURCEDIR]$ xjc
 -p documentlanguages.xmlparser.jaxb.generated.personen
 documentlanguages/xmlparser/personen.xsd
```

```
parsing a schema...
compiling a schema...
documentlanguages/xmlparser/jaxb/generated/personen/NameType.java
documentlanguages/xmlparser/jaxb/generated/personen/ObjectFactory.java
documentlanguages/xmlparser/jaxb/generated/personen/PersonenType.java
documentlanguages/xmlparser/jaxb/generated/personen/PersonType.java
```

```
[user@pc SOURCEDIR]$ javac -d ../bin
 documentlanguages/xmlparser/jaxb/JAXBParserExample1.java
```

```
[user@pc WORKINGDIR]$ java -cp CLASSPATH
 documentlanguages.xmlparser.jaxb.JAXBParserExample1
```

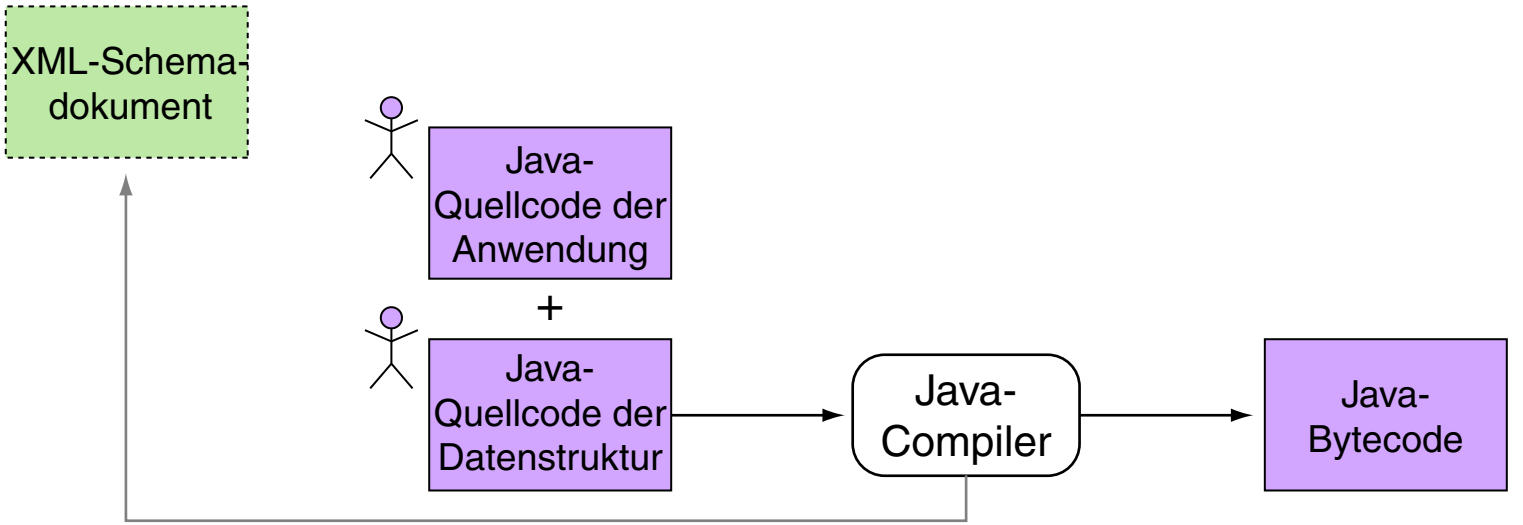
```
[JAXB] Updating "geburtstag": unknown -> 10.10.1949
```

Bemerkungen:

- JAXB wurde aus dem JDK ausgegliedert, um es unabhängig weiterzuentwickeln:
  In Java 7 bis Java 10 wurde JAXB noch zusammen mit dem JDK installiert und ist bei Aufrufen von `javac` und `java` mittels `--add-modules java.xml.bind` zu aktivieren.
  Ab Java 11 sind die JAXB-Bibliotheken (als jar) zusätzlich bereitzustellen und dem Classpath hinzu zu fügen.
  Diese Entwicklungen sind als JDK Enhancement Proposal (JEP) dokumentiert. [JEP 320]

APIs für XML-Dokumente

XML Data Binding: Konzepte II [Konzepte I]



- Manuelle Erstellung von Elementtypklassen:
  An die Stelle des Schema-Compilers tritt der Anwender, der annotierten Java-Quellcode der Datenstrukturen spezifiziert.

APIs für XML-Dokumente

XML Data Binding: Konzepte II (Fortsetzung)

Java-Klasse für das `<personen>`-Element [Konzepte I xjc, Java main] :

```
package documentlanguages.xmlparser.jaxb.manual.personen;

import java.util.ArrayList;
import java.util.List;

import javax.xml.bind.annotation.XmlElement;
import javax.xml.bind.annotation.XmlRootElement;


@XmlRootElement(name="personen")
public class PersonenType {

    @XmlElement(name="person")
    private List<PersonType> personenListe;

    public List<PersonType> getPersonenListe() {
        if (personenListe==null) {personenListe = new ArrayList<PersonType>();}
        return this.personenListe;
    }
}
```

APIs für XML-Dokumente

XML Data Binding: Konzepte II (Fortsetzung)

Java-Klasse [Konzepte I] :

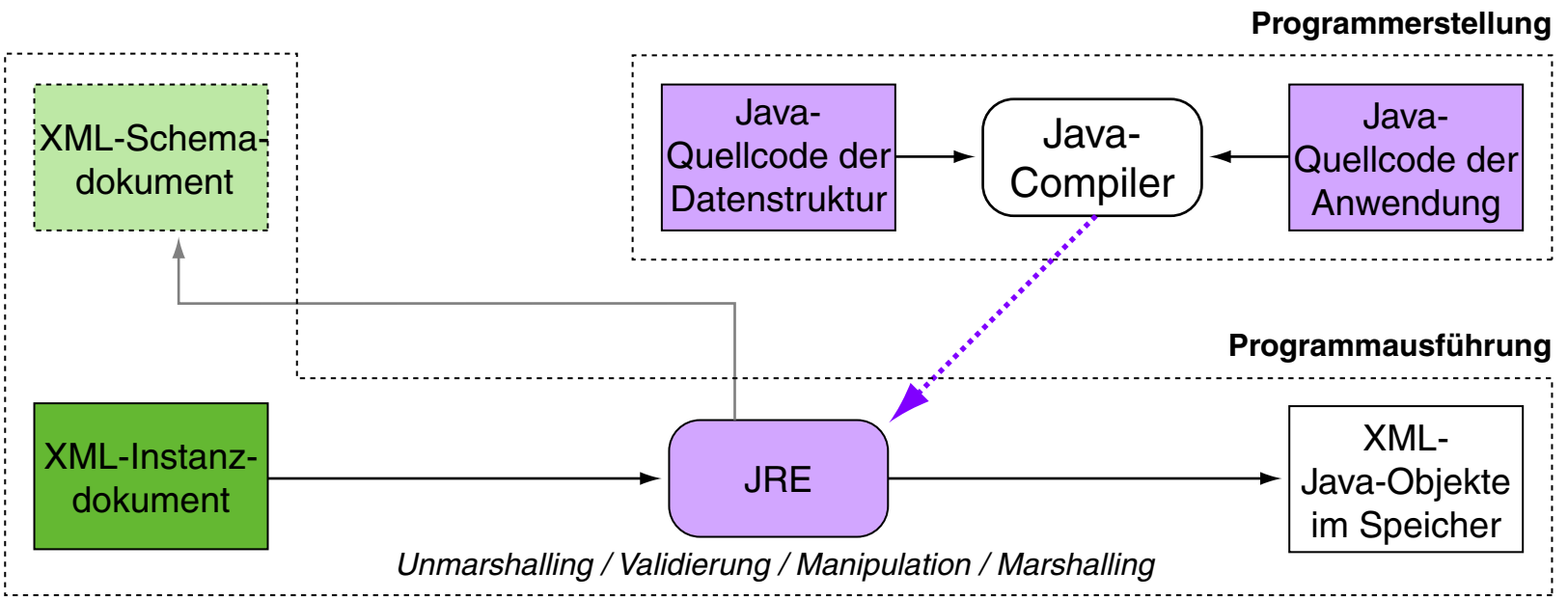
```
package documentlanguages.xmlparser.jaxb;

import java.io.*;
import java.util.*;
import javax.xml.bind.*;

import documentlanguages.xmlparser.jaxb.manual.personen.*;

public class JAXBParserExample1 {

     public PersonenType load(String filename){...
     public void setBirthday (PersonenType personen, ...
     public void save (PersonenType personen, String filename){...

     public static void main(String[] args) throws JAXBException,IOException {
          JAXBParserExample1 pe = new JAXBParserExample1();
          PersonenType personen =
               pe.load("./bin/documentlanguages/xmlparser/personen.xml");
          pe.setBirthday(personen, "Judea", "Pearl", "10.10.1949");
          pe.save(personen,
               "./bin/documentlanguages/xmlparser/personen-neu.xml");
     }
}
```

Bemerkungen:

- Verwendung von Java Annotations: “Annotations, a form of metadata, provide data about a program that is not part of the program itself.” [Oracle]
- Hier dienen die Annotationen dazu, dem Java-Compiler mitzuteilen, dass XML-Elemente vom Typ `<person>` auf den Java-Datentyp `personenListe` gemappt werden. Vergleiche die manuell erstellte Personenklasse mit der via xjc automatisch generierten Personenklasse `PersonenType.java`.
- Abstraktion über Datentypen mit Hilfe von Java Generics: “[. . .] allows a type or method to operate on objects of various types while providing compile-time type safety.” [Oracle]

APIs für XML-Dokumente

XML Data Binding: Konzepte II (Fortsetzung) [Konzepte I]



- Ein XML-Schema *kann* aus dem Java-Quellcode der Datenstruktur generiert werden.

APIs für XML-Dokumente

Diskussion der API-Technologien

DOM repräsentiert ein XML-Dokument als einen Objektbaum im Hauptspeicher.

- – Das gesamte Dokument befindet sich (scheinbar) im Speicher.
- \+ Random-Access und einfache Manipulation von Dokumentbestandteilen
- \+ Laden und Speichern ist in der API (Level 3) realisiert.
- – DOM-Objekte eignen sich nur bedingt als Datenstrukturen einer Applikation

SAX repräsentiert ein XML-Dokument als einen Strom von Ereignissen.

- ❑ Jedes Dokument-Token begegnet einem genau einmal.
- – Kein Random-Access auf die Bestandteile eines Dokuments.
- – Programmierer ist selbst verantwortlich für die Speicherung
- \+ Es kann flexibel bei der Speicherung von Inhalten entschieden werden.

APIs für XML-Dokumente

Diskussion der API-Technologien

DOM repräsentiert ein XML-Dokument als einen Objektbaum im Hauptspeicher.

- – Das gesamte Dokument befindet sich (scheinbar) im Speicher.
- \+ Random-Access und einfache Manipulation von Dokumentbestandteilen
- \+ Laden und Speichern ist in der API (Level 3) realisiert.
- – DOM-Objekte eignen sich nur bedingt als Datenstrukturen einer Applikation

SAX repräsentiert ein XML-Dokument als einen Strom von Ereignissen.

- ❑ Jedes Dokument-Token begegnet einem genau einmal.
- – Kein Random-Access auf die Bestandteile eines Dokuments.
- – Programmierer ist selbst verantwortlich für die Speicherung
- \+ Es kann flexibel bei der Speicherung von Inhalten entschieden werden.

APIs für XML-Dokumente

Diskussion der API-Technologien (Fortsetzung)

XML Data Binding repräsentiert ein XML-Dokument als eine Menge von Klassen zum Dokument-Handling.

- ❑ Hinsichtlich der Speicherung ist es mit DOM vergleichbar, eher besser.
- \+ Generierung von Datentypen (Klassen) und Zugriffsmethoden für XML-Elemente; die Navigation durch die Baumstruktur entfällt.
- \+ Die generierten Klassen sind direkt in der Applikation verwendbar.
- \+ Hinsichtlich Speicherplatz und Laufzeit ist der Ansatz optimal.
- – Änderung des XML-Schemas erfordert die Neugenerierung der Klassen.

Bemerkungen:

- DOM ist vorzuziehen, falls viele Manipulationen zu machen sind und falls (fremder) Scripting-Code einfachen Zugriff haben soll. Stichwort: Browser
- SAX ist vorzuziehen, falls Effizienz eine Rolle spielt oder falls die Verarbeitung hauptsächlich datenstromorientiert ist.
- DOM und SAX lassen sich in *einer* Applikation kombinieren: ein SAX-Ereignisstrom kann als Eingabe für DOM genutzt werden.
- Die Java API for XML Processing, JAXP, stellt alle notwendigen Technologien für DOM, SAX und StAX bereit. [Oracle]
- Die Java Architecture for XML Binding, JAXB, stellt die Data-Binding-Technologien bereit. [Oracle]

APIs für XML-Dokumente

Quellen zum Nachlernen und Nachschlagen im Web: Konzepte

- W3C. *What is the Document Object Model?*
  www.w3.org/TR/REC-DOM-Level-1/introduction.html
- W3C. *DOM FAQ.*
  www.w3.org/DOM/faq.html
- W3C. *DOM4 Recommendation.*
  www.w3.org/TR/dom
- W3 Schools. *XML DOM Tutorial*
  www.w3schools.com/xml/dom_intro.asp

APIs für XML-Dokumente

Quellen zum Nachlernen und Nachschlagen im Web: Anwendung

- Oracle. *Java API for XML Processing, JAXP.*
  docs.oracle.com/javase/tutorial/jaxp
- Oracle. *Java API für das Document Object Model, DOM.*
  docs.oracle.com/en/java/javase/12/docs/api
- Oracle. *Java API für SAX2-Transformationen.*
  docs.oracle.com/en/java/javase/12/docs/api

- GlassFish. *Metro Web Service Stack.*
  javaee.github.io/metro/
- EE4J. *Java Architecture for XML Binding, JAXB.*
  github.com/eclipse-ee4j/jaxb-ri
- EE4J. *Java API for XML Web Services, JAX-WS.*
  github.com/eclipse-ee4j/metro-jax-ws