Lehrveranstaltung

Semantic Web Technologien

WS 2009/10

HTWG Konstanz

RDF

Resource Description Framework

Sprachen des Semantic Web – RDF

- XML verwendet Baumstrukturen zur Darstellung von Informationen
- Hervorragend geeignet zur Organisation hierarchischer Daten (Wie beispielsweise in Dokumenten)
- Baumstrukturen können gezielt durchsucht und verarbeitet werden

Sprachen des Semantic Web – RDF

- Die Baumstruktur von XML hat aber auch Nachteile
  - Modellierung von Sachverhalten oft unklar / uneinheitlich
  - Beispiel:
    - Das Auto-Modell “Golf” wird von Volkswagen hergestellt:

```
<stelltHer>
   <Hersteller>Volkswagen</Hersteller>
   <Modell>Golf</Modell>
</stelltHer>

<Hersteller name=”Volkswagen”>
   <stelltHer Modell=”Golf />
</Hersteller>

<Modell>
  <Name>Golf</Name>
  <Hersteller>Volkswagen</Hersteller>
</Modell>
```

Sprachen des Semantic Web – RDF

- Daraus resultieren diverse Probleme:
  - Die Beschreibung der Daten ist nicht intuitiv
  - Probleme beim Zusammenführen von Daten aus mehreren Quellen (Datenintegration)
  - Die Informationen im WWW sind dezentral organisiert und folgen nicht unbedingt einer hierarchischen Struktur
- => Baumstruktur ist für das Semantic Web als Datenmodell nicht geeignet

Sprachen des Semantic Web – RDF

- Das Semantic Web verwendet Graphen an Stelle von Bäumen als Datenmodell
  - Menge von Knoten, verbunden durch gerichtete Kanten/Pfeile
  - Sowohl Knoten als auch Kanten haben eindeutige Bezeichner
- Beispiel:

- Dieses Datenmodell wird als RDF (Resource Description Framework) bezeichnet

Sprachen des Semantic Web – RDF

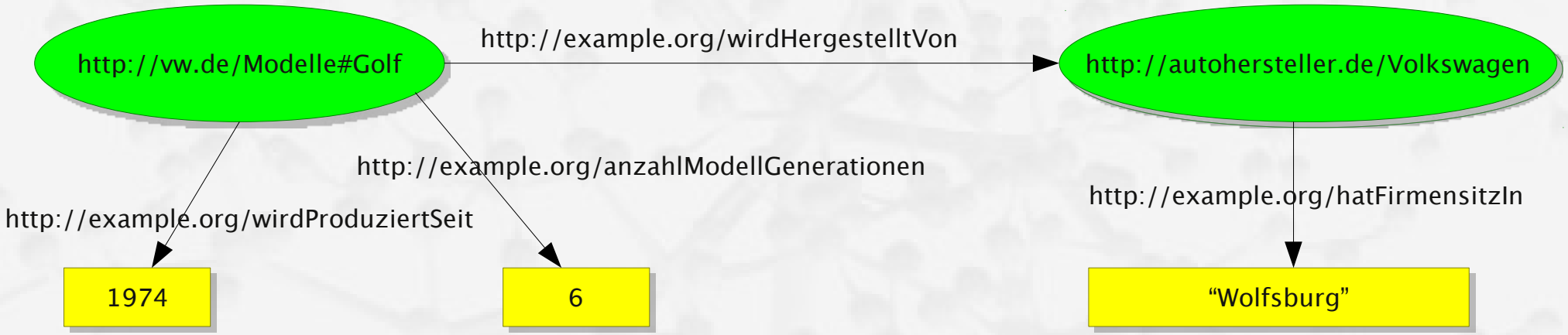
- RDF
  - Offizieller Standard des W3C
    Alle wichtigen Dokumente dazu unter:
    http://www.w3.org/RDF/
  - Zunächst nur zur Beschreibung von Metadaten über Webseiten gedacht
  - Codierung von strukturierten Informationen
  - Universell, maschinenlesbar, zum Austausch geeignet
  - Kann in diverse Formate “serialisiert” werden
    (zum Beispiel, aber nicht nur, XML – Dazu später mehr)

Sprachen des Semantic Web – RDF

- Bestandteile von RDF
  - Ressourcen / Resources
    - Etwas, das beschrieben werden soll → Die Knoten
  - Literale / Literals
    - Datenwerte ohne separate Existenz
  - Eigenschaften / Properties
    - Die Beziehungen zwischen Ressourcen und anderen Ressourcen oder Literalen → gerichtete Kanten
  - URIs (Uniform Resource Identifiers)
    - Eindeutige Identifizierung von Ressourcen und Properties
  - Leere Knoten / Blank Nodes
    - Ressourcen, denen (u.U. noch) keine URI zugewiesen ist
    - Erlauben Aussagen über Dinge, die wir nicht genau identifizieren können oder wollen
    - Müssen bei der Verarbeitung besonders behandelt werden

Sprachen des Semantic Web – RDF

- Literale
  - Repräsentation von Datenwerten
  - Darstellung von Zeichenketten
  - Können einen Datentyp besitzen (siehe XSD)
  - Wenn kein Datentyp angegeben wird, behandelt man Literale meist als Zeichenketten (ist aber nicht genauer definiert)



- Es können keine Aussagen über Literale getroffen werden!

Sprachen des Semantic Web – RDF

- Probleme:
  - Darstellung als Grafik nur sinnvoll, solange der Graph recht klein ist
    - Praktisch bestehen Datensätze aber aus Tausenden oder Millionen von Kanten und Knoten
  - Zur Verarbeitung in Maschinen denkbar ungeeignet
  - Wie speichert man einen Graphen?
- Lösung
  - Zerlegung des Graphen in kleine Bestandteile
  - Überführung der Bestandteile in Zeichenketten
  - Nacheinander abspeichern

Sprachen des Semantic Web – RDF

- Wie unterteilt man Graphen?
  - Grundsätzlich mehrere Ansätze möglich
  - Im Falle des Semantic Web wird ein Graph in Aussagen unterteilt

- → Bestandteile von RDF Graphen sind Aussagen/Statements in Form von Triplen

Sprachen des Semantic Web – RDF

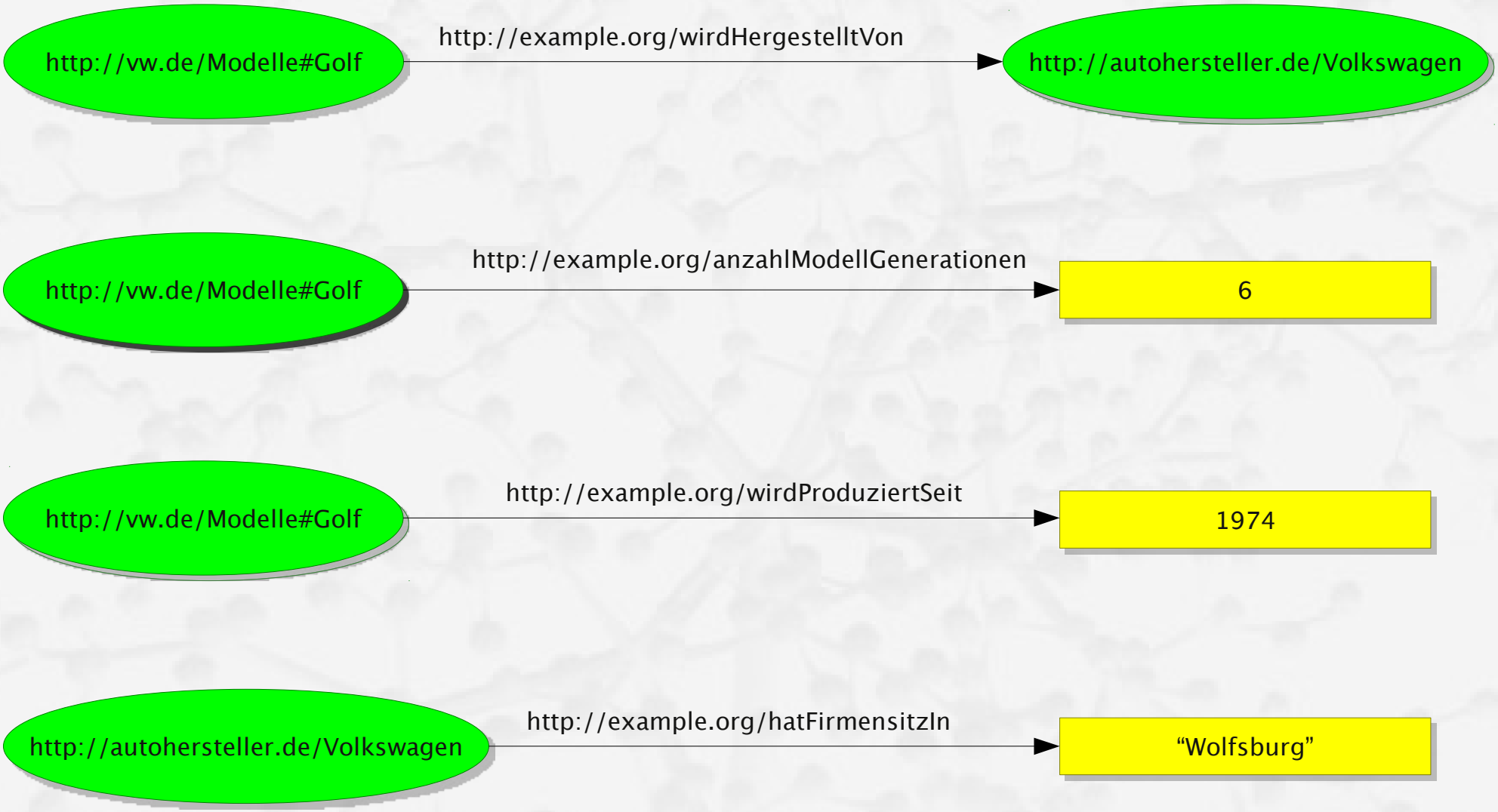
- RDF-Triple

Subjekt Prädikat Objekt

- Ähnlich wie in der Linguistik
- Erlaubte Belegung:
  - Subjekt: URI oder leerer Knoten
  - Prädikat: URI
  - Objekt: URI, leerer Knoten oder Literal
- Durch eindeutige Bezeichnung von Knoten und Kanten kann ursprünglicher Graph wieder aus Liste von Triplen rekonstruiert werden

Sprachen des Semantic Web – RDF

- Beispiel:



Sprachen des Semantic Web – RDF

- Serialisierung von Triplen
  - RDF beschränkt sich nicht auf ein einzelnes Format zur Serialisierung
  - N3 / N-Triples / Turtle
    - Simple Auflistung von Triplen
  - RDF/XML
    - Serialisierung der Triple nach XML
  - RDFa (RDF in attributes)
    - Einbettung von Triplen in (X)HTML
  - Und viele andere:
    - TriX
    - TriG
    - RDF/JSON
    - RDF/YAML ;-)
    - ...

Sprachen des Semantic Web – RDF

- N3 / N-Triples / Turtle
  - Darstellung von RDF-Graphen als Ansammlung von Triplen
  - N3 (Notation 3)
    - 1998 von Tim Berners-Lee vorgeschlagen
    - Beinhaltet auch komplexe Ausdrücke wie Pfade und Regeln
  - N-Triples
    - 2004 als offizielle Recommendation des W3C verabschiedet
    - Teilmenge von N3 mit weniger Komplexität
  - Turtle
    - N-Triples hatte zu wenig Funktionalität

      → Turtle erweitert N-Triples
      - z.B. Um eine Kurzschreibweise
  - N-Triples und Turtle sind im Wesentlichen Teile von N3
  - Sie beschränken sich allerdings auf zulässige RDF-Graphen

Sprachen des Semantic Web – RDF

- Turtle-Syntax:
  - Triple werden nacheinander niedergeschrieben
  - URIs werden in spitze Klammern eingefasst
  - Literale werden in Anführungszeichen gestellt
  - Jede Aussage endet mit einem Punkt
- Beispiel:

```
<http://vw.de/Modelle#Golf> <http://example.org/wirdHergestelltVon>
    <http://autohersteller.de/Volkswagen> .
<http://vw.de/Modelle#Golf> <http://example.org/anzahlModellGenerationen> “6” .
<http://vw.de/Modelle#Golf> <http://example.org/wirdProduziertSeit> “1974” .
<http://autohersteller.de/Volkswagen> <http://example.org/hatFirmensitzIn>
    “Wolfsburg” .
```

Sprachen des Semantic Web – RDF

- Abkürzung von URIs durch Namespaces
  - Zur Vermeidung von Verwechslungen dürfen abgekürzte URIs nicht mehr in spitzen Klammern notiert werden
  - Es empfiehlt sich, verständliche Abkürzungen zu wählen
  - Ein Bezeichner “Präfix:Name” wird auch Qname genannt
- Beispiel:

```
@prefix ex:          <http://example.org/>.
@prefix vwmodell:    <http://vw.de/Modelle#> .
@prefix hersteller:  <http://autohersteller.de/> .

vwmodell:Golf            ex:wirdHergestelltVon         hersteller:Volkswagen .
vwmodell:Golf            ex:anzahlModellGenerationen   “6” .
vwmodell:Golf            ex:wirdProduziertSeit         “1974” .
hersteller:Volkswagen    ex:hatFirmensitzIn            “Wolfsburg” .
```

Sprachen des Semantic Web – RDF

- Zusammenfassung von Triplen
  - Triple mit dem selben Subjekt können zusammengefasst werden
    - Subjekt muss dann nur einmal notiert werden
    - Aussagen werden durch Semikolon getrennt
  - Gibt es zu einem Subjekt und einem Prädikat mehrere Objekte, können diese durch Kommata getrennt notiert werden
- Beispiel:

```
@prefix ex:          <http://example.org/>.
@prefix vwmodell:    <http://vw.de/Modelle#> .
@prefix hersteller:  <http://autohersteller.de/> .

vwmodell:Golf              ex:wirdHergestelltVon          hersteller:Volkswagen ;
                           ex:anzahlModellGenerationen    “6” ;
                           ex:wirdProduziertSeit          “1974” .
hersteller:Volkswagen      ex:hatFirmensitzIn             “Wolfsburg” ;
                           ex:hatProduktionsstandort      “Wolfsburg”,
                                                          “Dresden”,
                                                          “Bratislava”,
                                                          “Pamplona” .
```

Sprachen des Semantic Web – RDF

- RDF/XML
  - Turtle ist für Menschen und Maschinen leicht lesbar
  - RDF wird trotzdem am häufigsten nach XML serialisiert
  - Warum?
    - Fehlende Programmbibliotheken für Turtle
    - Jede Programmiersprache unterstützt XML
    - Oft auch: XML ist man bereits gewohnt!
  - Gibt es keine Probleme mit den unterschiedlichen Datenmodellen (XML-Bäume vs. RDF-Graphen)?
    - NEIN: XML gibt lediglich syntaktische Struktur des Dokuments vor
    - ABER: XML ist hierarchisch aufgebaut

      → Kodierung von RDF-Triplen muss ebenfalls hierarchisch erfolgen

Sprachen des Semantic Web – RDF

- RDF/XML Syntax:
  - Wurzelelement aller RDF/XML Dokument ist rdf:RDF (rdf = “http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#”)
  - Ressourcen werden durch Elemente mit dem XML-Name rdf:Description beschrieben
    - Attribut “about” gibt die URI an
    - Mit Attribut “ID” kann einer Ressource innerhalb eines Dokuments eine feste ID zugewiesen werden, die von anderen Triplen referenziert werden kann.
    - Eine ID darf nur einmal innerhalb eines Dokuments vorkommen
    - Der Wert von “ID” entspricht dem Fragment-Teil einer URI
    - “about” und “ID” dürfen nicht gleichzeitig bei einem Description-Element vorkommen
    - Empfehlung: Auf ID weitestgehend verzichten (Außer bei der Erstellung von Vokabularen)

Sprachen des Semantic Web – RDF

- RDF/XML Beispiel:

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<rdf:RDF xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
         xmlns:ex="http://example.org/"
         xmlns:vwmodell="http://vw.de/Modelle#"
         xmlns:hersteller="http://autohersteller.de/" >
   <rdf:Description rdf:about="http://vw.de/Modelle#Golf">
      <ex:wirdHergestelltVon>
         <rdf:Description rdf:about="http://autohersteller.de/Volkswagen" />
      </ex:wirdHergestelltVon>
   </rdf:Description>
   <rdf:Description rdf:about="http://vw.de/Modelle#Golf">
      <ex:anzahlModellGenerationen>6</ex:anzahlModellGeneration>
   </rdf:Description>
   <rdf:Description rdf:about="http://vw.de/Modelle#Golf">
      <ex:wirdProduziertSeit>1974</ex:wirdProduziertSeit>
   </rdf:Description>
   <rdf:Description rdf:about="http://autohersteller.de/Volkswagen">
      <ex:hatFirmensitzIn>Wolfsburg</ex:hatFirmensitzIn>
   </rdf:Description>
</rdf:RDF>
```

Sprachen des Semantic Web – RDF

- RDF/XML Beispiel – Zusammenfassung:

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<rdf:RDF xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
         xmlns:ex="http://example.org/"
         xmlns:vwmodell="http://vw.de/Modelle#"
         xmlns:hersteller="http://autohersteller.de/" >
   <rdf:Description rdf:about="http://vw.de/Modelle#Golf">
      <ex:wirdHergestelltVon>
         <rdf:Description rdf:about="http://autohersteller.de/Volkswagen" >
            <ex:hatFirmensitzIn>Wolfsburg</ex:hatFirmensitzIn>
         </rdf:Description>
      </ex:wirdHergestelltVon>
      <ex:anzahlModellGenerationen>6</ex:anzahlModellGeneration>
      <ex:wirdProduziertSeit>1974</ex:wirdProduziertSeit>
   </rdf:Description>
</rdf:RDF>
```

- RDF/XML Beispiel – Weitere Verkürzungen
  - Literale können als Attribute dargestellt werden
  - rdf:resource zur Referenzierung von Ressourcen

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<rdf:RDF xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
         xmlns:ex="http://example.org/"
         xmlns:vwmodell="http://vw.de/Modelle#"
         xmlns:hersteller="http://autohersteller.de/" >
   <rdf:Description rdf:about="http://vw.de/Modelle#Golf"
                    ex:anzahlModellGenerationen="6"
                    ex:wirdProduziertSeit="1974" >
      <ex:wirdHergestelltVon rdf:resource="http://www.autohersteller.de/Volkswagen" />
   </rdf:Description>
   <rdf:Description rdf:about="http://www.autohersteller.de/Volkswagen"
                    ex:hatFirmensitzIn="Wolfsburg" />
</rdf:RDF>
```

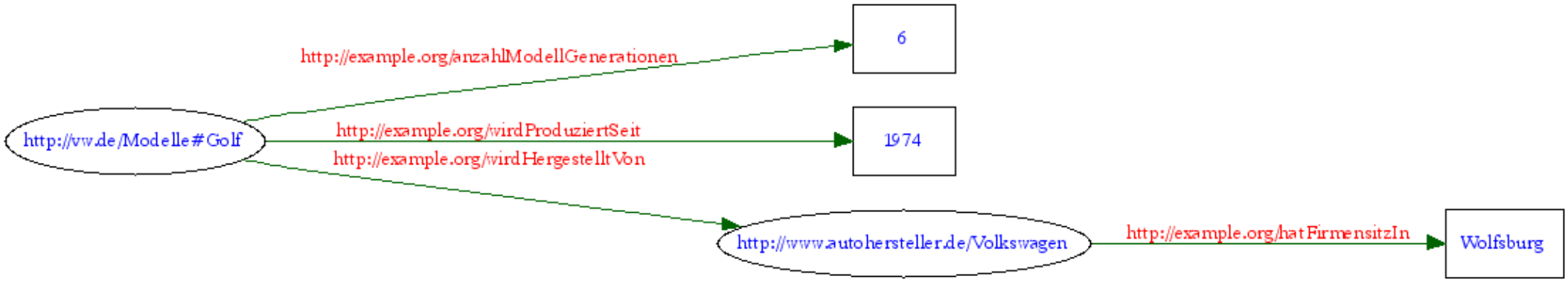
Sprachen des Semantic Web – RDF

- ENTITYs zur Abkürzung von URIs
  - Durch Definition von ENTITYs (siehe XML-Vorlesung) können lange Textstrings abgekürzt werden
  - Dies können wir in Attributwerten verwenden

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<!DOCTYPE rdf:RDF [
    <!ENTITY rdf  "http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#">
    <!ENTITY vwmodell  "http://vw.de/Modelle#">
    <!ENTITY hersteller  "http://autohersteller.de/"> ]>
<rdf:RDF xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
         xmlns:ex="http://example.org/"
         xmlns:vwmodell="http://vw.de/Modelle#"
         xmlns:hersteller="http://autohersteller.de/" >
   <rdf:Description rdf:about="&vwmodell;Golf">
      <ex:wirdHergestelltVon>
         <rdf:Description rdf:about="&hersteller;Volkswagen" >
            <ex:hatFirmensitzIn>Wolfsburg</ex:hatFirmensitzIn>
         </rdf:Description>
      </ex:wirdHergestelltVon>
   </rdf:Description>
</rdf:RDF>
```

Sprachen des Semantic Web – RDF

- Darstellung von RDF in XML ist sehr vielfältig
  - RDF/XML Beispiele beschreiben sicher nicht den gleichen XML-Baum
  - Aber den gleichen RDF-Graphen!!!
- W3C-Validator für RDF-XML:
  - http://www.w3.org/RDF/Validator
  - Kontrolliert RDF/XML Dokumente auf Gültigkeit
  - Gibt in XML-Dokument enthaltene Triple aus
  - Kann eine grafische Darstellung des Graphs erstellen:



Sprachen des Semantic Web – RDF

- Probleme mit RDF/XML
  - URIs enthalten mindestens einen Doppelpunkt (Nach dem Schema)
    - Unzulässig in XML-Namen

      → Namensräume sind elementarer Bestandteil der Codierung
  - Namensräume können nur für Element- und Attributnamen verwendet werden – nicht in Attributwerten
    - Selbe URI muss an verschiedenen Stellen des XML-Dokuments unterschiedlich notiert werden
  - Diverse weitere Probleme
    - Direkt nach ':' (z.B. Bei Element-Namen) darf in XML kein '-' auftauchen
      - Obwohl in URIs ohne weiteres erlaubt → Definition von Hilfsnamensräumen
    - Unzulässige Sonderzeichen in URIs werden häufig mit % kodiert
      - %20 steht für Leerzeichen usw.
      - In Attributwerten unproblematisch – In Element-Namen ist % verboten
- Die meisten Probleme werden von RDF-Bibliotheken abgefangen

Sprachen des Semantic Web – RDF

- XHTML+RDFa Beispiel

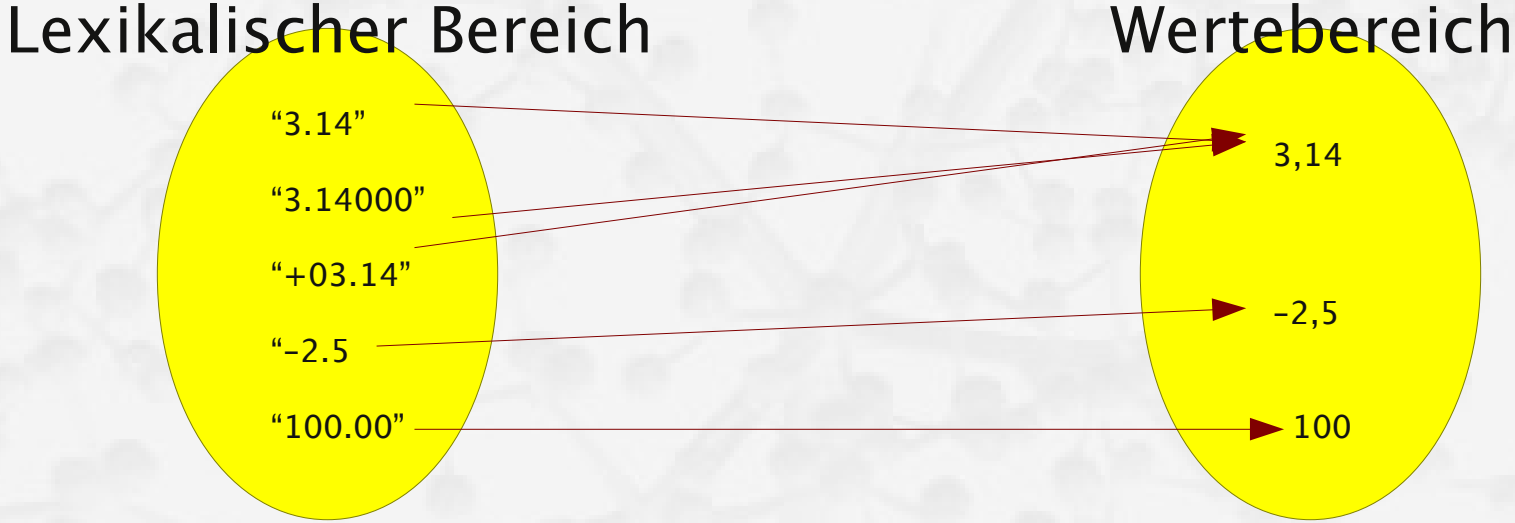
```
<html xmlns="http://www.w3.org/1999/xhtml"
      xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
      xmlns:ex="http://example.org/"
      xmlns:vwmodell="http://vw.de/Modelle#"
      xmlns:hersteller="http://autohersteller.de/" >
<head>
   <title>XHTML+RDFa Beispiel</title>
</head>
<body>
   <div about="http://vw.de/Modelle#Golf">
      <h2 property="ex:ModellName">Golf</h2>
      <label>Aktuelle Modellgeneration:</label>
      <span property="ex:anzahlModellGenerationen">6</span>
      <label>Prokuktionsbeginn:</label>
      <span property="ex:wirdProduziertSeit">1974</span>
      <label>Hersteller:</label>
      <div rel="ex:wirdHergestelltVon"
           resource="http://autohersteller.de/Volkswagen" >
         <h3 property="ex:herstellerName">Volkswagen</h3>
         <label>Firmensitz:</label>
         <span property="ex:hatFirmensitzIn">Wolfsburg</span>
      </div>
   </div>
</body>
</html>
```

Sprachen des Semantic Web – RDF

- TriX Beispiel:

```
<?xml-stylesheet type="text/xml" href="http://www.w3.org/2004/03/trix/all.xsl" ?>
<TriX xmlns="http://www.w3.org/2004/03/trix/trix-1/"
      xmlns:ex="http://example.org/"
      xmlns:vwmodell="http://vw.de/Modelle#"
      xmlns:hersteller="http://autohersteller.de/" >
   <graph>
      <uri>http://example.org/graph1</uri>
      <triple>
         <qname>vwmodell:Golf</qname>
         <qname>ex:wirdHergestelltVon</qname>
         <qname>hersteller:Volkswagen</qname>
      </triple>
      <triple>
         <qname>vwmodell:Golf</qname>
         <qname>ex:anzahlModellGenerationen</qname>
         <integer>6</integer>
      </triple>
      <triple>
         <qname>vwmodell:Golf</qname>
         <qname>ex:wirdProduziertSeit</qname>
         <integer>1974</integer>
      </triple>
      <triple>
         <qname>hersteller:Volkswagen</qname>
         <qname>ex:hatFirmensitzIn</qname>
         <plainLiteral>Wolfsburg</plainLiteral>
      </triple>
   </graph>
</TriX>
```

- Datentypen für Literale
  - Definieren, wie Literale interpretiert werden sollen
  - Beispiel: xsd:decimal



  - Bei xsd:decimal gilt “3.14” = “+03.14”

    Bei xsd:String gilt das nicht!

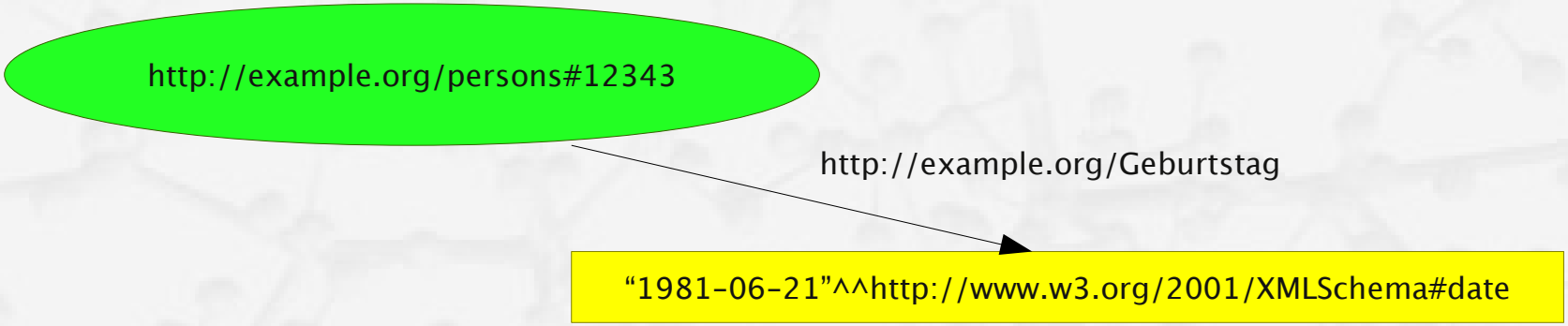
Sprachen des Semantic Web – RDF

- Datentypen in RDF
  - Bisher haben wir “ungetypte” Literale verwendet

    → Verwendung wie Zeichenketten
  - Typisierung erlaubt semantischen Umgang mit Werten
  - Datentypen werden identifiziert durch URIs
  - Datentypen sind frei wählbar
  - Datentypen können selbst bestimmt werden
  - Meistens verwendet man die xsd-Datentypen
- Schreibweise von typisierten Attributwerten:
  - “Datenwert”^^Datentyp-URI

Sprachen des Semantic Web – RDF

- Datentypen-Beispiel:



- Turtle:

```
@prefix xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#> .
<http://example.org/persons#12343>
    <http://example.org/Geburtstag>
        “1981-06-21”^^xsd:date .
```

- XML

```
<rdf:Description rdf:about=”http://example.org/persons#12343>
  <ex:Geburtstag rdf:datatype=”http://www.w3.org/2001/XMLSchema#date”>
    1981-06-21
  </ex:Geburtstag>
</rdf:Description>
```

Sprachen des Semantic Web – RDF

- rdf:XMLLiteral wird von RDF vordefiniert
  - Bezeichnet (balancierte) XML-Fragmente
  - Hat spezielle Syntax in RDF/XML:

```
<rdf:Description rdf:about="&vwmodell;Golf">
  <ex:Herstellername rdf:parseType="Literal">
    <b>VW</b> - Volkswagen
  </ex:Herstellername>
</rdf:Description>
```

Sprachen des Semantic Web – RDF

- Sprachangaben bei Datentypen
  - Können nur bei ungetypten Literalen verwendet werden

    → Entweder Datentyp oder Sprachangabe
  - Beispiel:

```
<rdf:Description rdf:about="&vwmodell;Golf">
   <ex:ModellName xml:lang="de">Golf</ex:ModellName>
   <ex:ModellName xml:lang="en">Rabbit</ex:ModellName>
</rdf:Description>
```

Sprachen des Semantic Web – RDF

- Mehrwertige Beziehungen
  - Kochen mit RDF:
    “Für die Zubereitung von Chutney benötigt man 450g grüne Mango, einen Teelöffel Cayennepfeffer, ...”
  - Erster Modellierungsversuch:

```
@prefix  ex:  <http://example.org> .
ex:Chutney   ex:hatZutat  “450g grüne Mango”,
                          “1TL Cayennepfeffer” .
```

  - Nicht zufriedenstellend, da Zutaten und Menge in einer Zeichenkette vermischt sind

    → Suche nach Rezepten mit grüner Mango nicht möglich

Sprachen des Semantic Web – RDF

- Mehrwertige Beziehungen
  - Kochen mit RDF:
    “Für die Zubereitung von Chutney benötigt man 450g grüne Mango, einen Teelöffel Cayennepfeffer, ...”
  - Zweiter Modellierungsversuch:

```
@prefix  ex:  <http://example.org> .
ex:Chutney   ex:hatZutat  ex:grueneMango;
             ex:Menge     “450g” ;
             ex:hatZutat  ex:Cayennepfeffer;
             ex:Menge     “1TL” .
```

  - Noch schlimmer, da keine Zuordnung mehr zwischen Menge und konkreter Zutat mehr möglich ist

Sprachen des Semantic Web – RDF

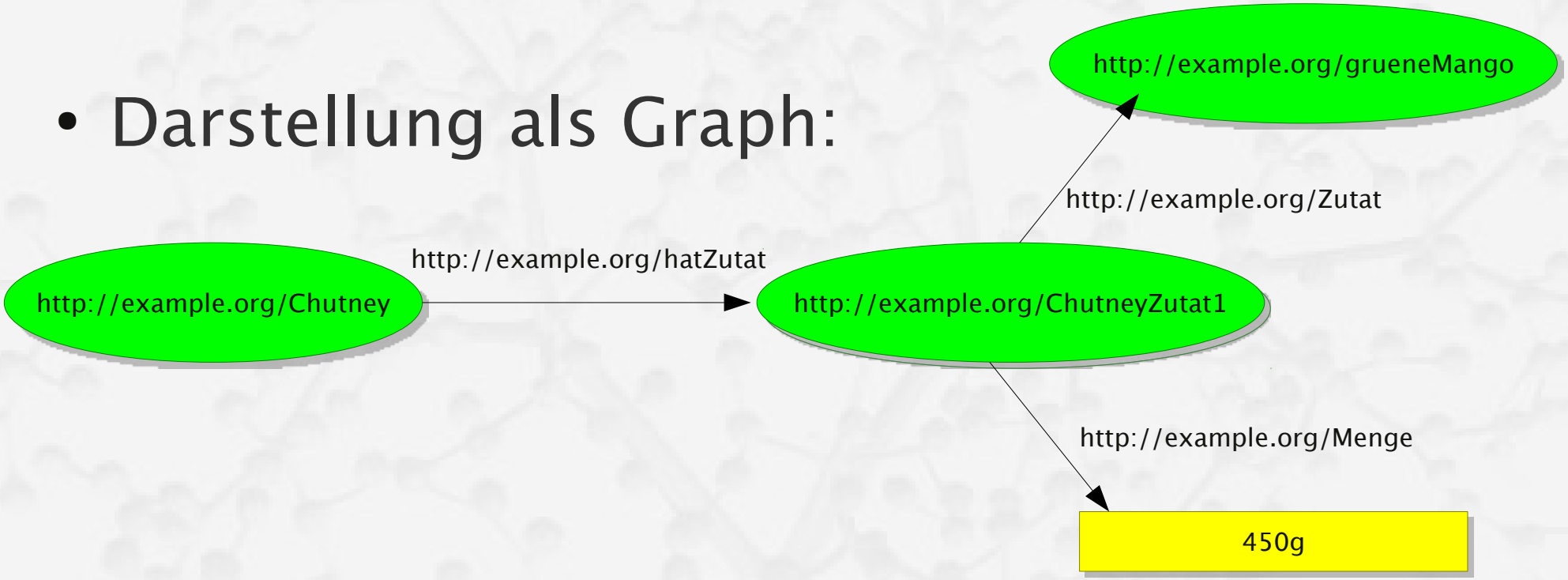
- Problem:
  - Es handelt sich um eine echte dreiwertige (auch: ternäre) Beziehung:

Gericht	Zutat	Menge
Chutney	Grüne Mango	450g
Chutney	Cayennepfeffer	1TL

  - Direkte Darstellung innerhalb von RDF nicht möglich
  - Lösung: Einführung von Hilfsknoten

Sprachen des Semantic Web – RDF

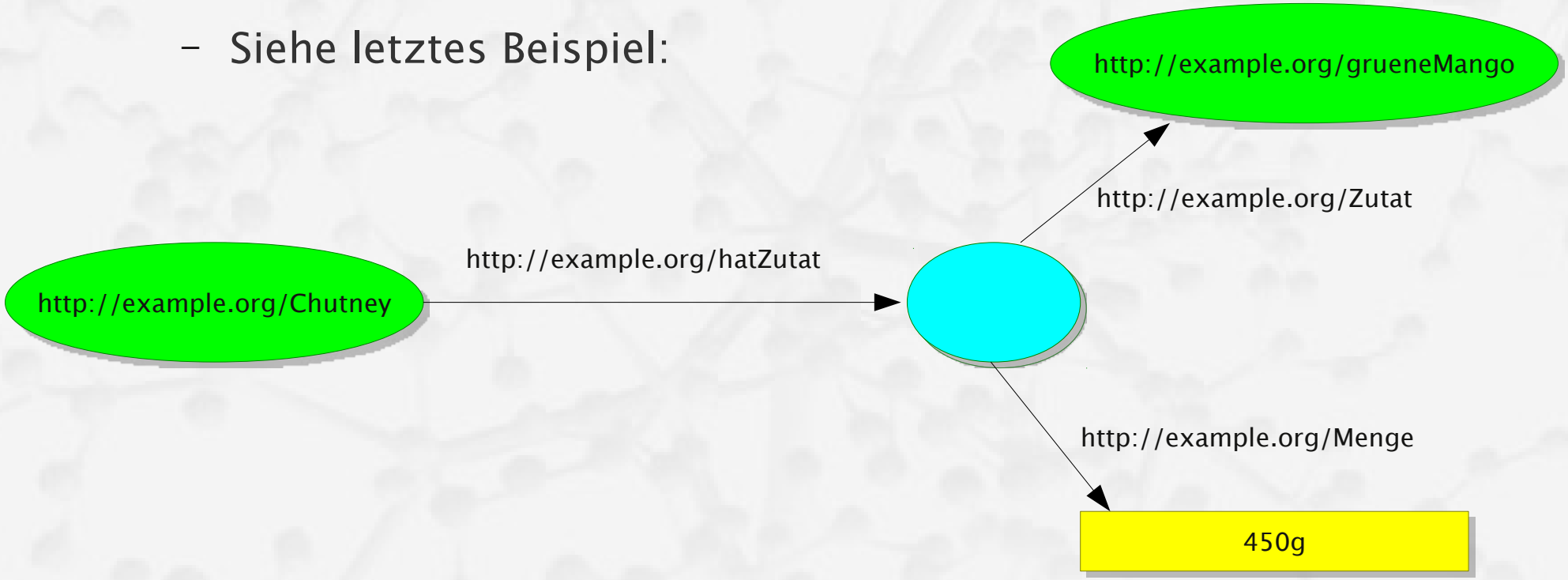
- Darstellung als Graph:



- Turtle Syntax (verwendet rdf:value):

```
@prefix  ex:   <http://example.org> .
@prefix  rdf:  <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#> .
ex:Chutney          ex:hatZutat    ex:ChutneyZutat1 .
ex:ChutneyZutat1    rdf:value  ex:grueneMango ;
                    ex:Menge   “450g” .
```

- Leere Knoten (Blank Nodes, Bnodes)
  - Verwendung für Ressourcen, die eigentlich keine eigene Identifizierung benötigen
  - Häufig verwendet bei Hilfsknoten
  - Siehe letztes Beispiel:



Sprachen des Semantic Web – RDF

- Leere Knoten
  - RDF/XML-Syntax

```
<rdf:Description rdf:about="&ex;Chutney">
  <ex:hatZutat rdf:nodeID="id1" />
</rdf:Description>
<rdf:Description rdf:nodeID="id1">
  <ex:Zutat rdf:resource="&ex;grueneMango" />
  <ex:Menge>450g</ex:Menge>
</rdf:Description>
```

  - Verkürzt

```
<rdf:Description rdf:about="&ex;Chutney">
  <ex:hatZutat rdf:nodeID="id1" >
    <ex:Zutat rdf:resource="&ex;grueneMango" />
    <ex:Menge>450g</ex:Menge>
  </ex:hatZutat>
</rdf:Description>
```

Sprachen des Semantic Web – RDF

- Leere Knoten
  - Turtle-Syntax

```
@prefix ex: <http://example.org> .
ex:Chutney  ex:hatZutat  _:id1 .
_:id1       ex:Zutat     ex:grueneMango ;
            ex:Menge     “450g”.
```

  - Verkürzt

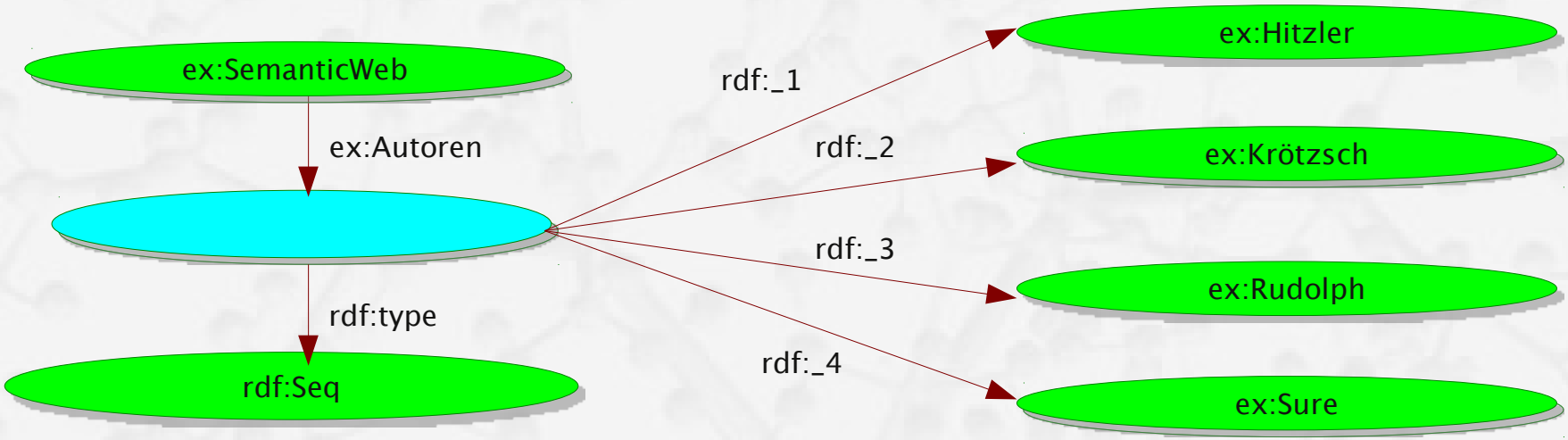
```
@prefix ex: <http://example.org> .
ex:Chutney  ex:hatZutat  [    ex:Zutat     ex:grueneMango ;
                              ex:Menge     “450g” ].
```

Sprachen des Semantic Web – RDF

- Listen in RDF
  - Datenstrukturen zur Aufzählung von Ressourcen mit relevanter Reihenfolge (z.B. Autoren eines Buches)
  - Unterscheidung zwischen
    - Offene Listen (Container)
      Können jederzeit erweitert werden
    - Geschlossene Listen (Collections)
      Neue Einträge können nicht hinzugefügt werden
  - Besitzen keine zusätzliche Ausdrucksstärke, da auch mit bereits behandelten Mitteln modellierbar

Sprachen des Semantic Web – RDF

- Graph



- In RDF/XML (verkürzt)

```
<rdf:Description rdf:about="&ex;SemanticWeb">
  <ex:Autoren>
    <rdf:Seq>
      <rdf:li rdf:resource="&ex;Hitzler" />
      <rdf:li rdf:resource="&ex;Krötzsch" />
      <rdf:li rdf:resource="&ex;Rudolph" />
      <rdf:li rdf:resource="&ex;Sure" />
    </rdf:Seq>
  </ex:Autoren>
</rdf:Description>
```

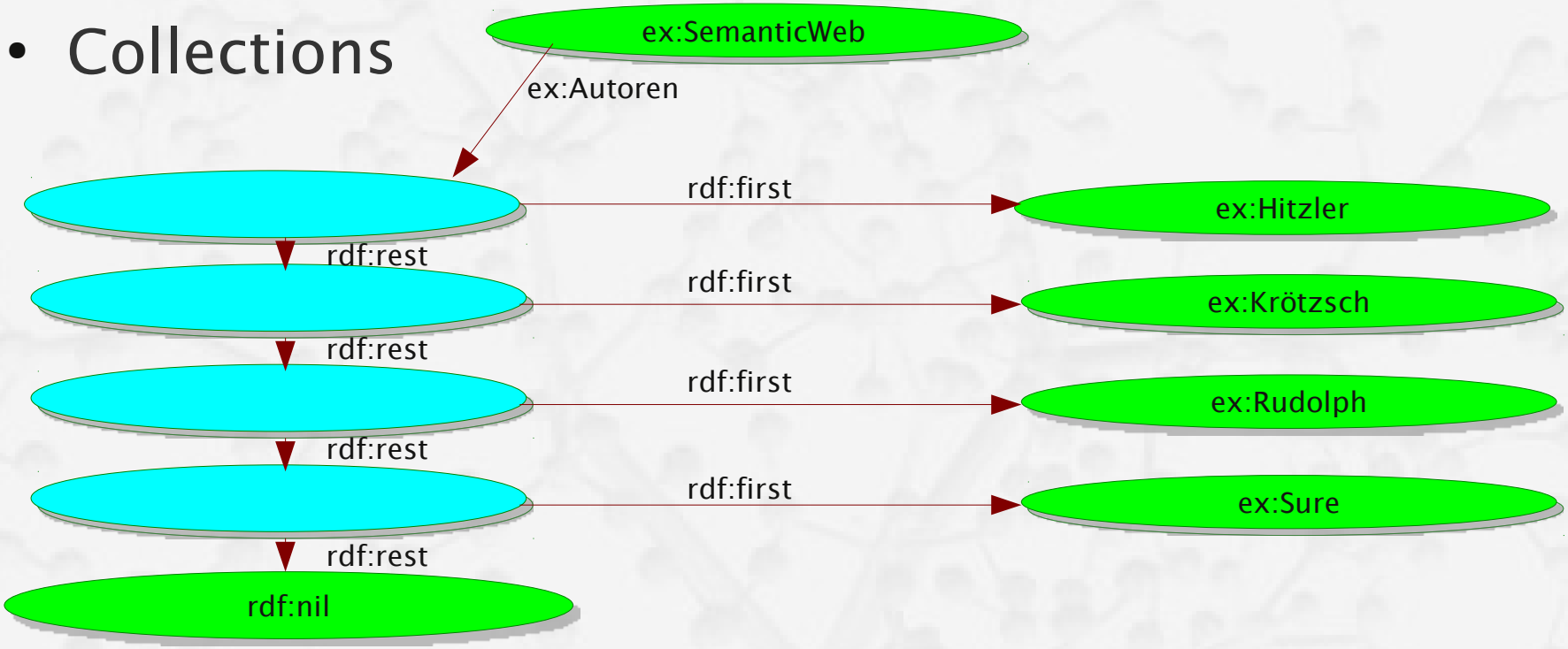
Sprachen des Semantic Web – RDF

- Der Listentyp wird dem Listenknoten mit dem Prädikat rdf:type zugewiesen
- Folgende Typen sind im RDF definiert:

  - rdf:Seq
    georndete Liste (Sequenz)
  - rdf:Bag
    ungeordnete Menge, reihenfolge nicht von Belang
  - rdf:Alt
    Menge alternativer Möglichkeiten aus denen immer nur eine Relevanz besitzt

Sprachen des Semantic Web – RDF

- Collections



- Zerlegung der Liste in Kopfelemente und Restliste
- Wenn Restliste = rdf:nil, ist das Ende erreicht

Sprachen des Semantic Web – RDF

- Collections
  - RDF/XML-Syntax

```
<rdf:Description rdf:about="&ex;SemanticWeb">
  <ex:Autoren rdf:parseType="Collection" >
    <rdf:Description rdf:about="&ex;Hitzler">
    <rdf:Description rdf:about="&ex;Krötzsch">
    <rdf:Description rdf:about="&ex;Rudolph">
    <rdf:Description rdf:about="&ex;Sure">
  </ex:Autoren>
</rdf:Description>
```

  - Turtle

```
@prefix ex: <http://example.org> .
ex:SemanticWeb    ex:Autoren    ( ex:Hitzler   ex:Krötzsch
                                  ex:Rudolph   ex:Sure ) .
```

Sprachen des Semantic Web – RDF

- Verbreitung von RDF
  - Große Anzahl an Tools und Bibliotheken für RDF
    - Die meisten davon frei (Open Source) verfügbar
  - Es existieren diverse Systeme zum effizienten Umgang mit riesigen RDF-codierten-Datenmengen
    - Sogenannte Triple-Stores
  - Auch kommerzielle Anbieter wie Oracle implementieren zunehmend RDF-Unterstützung
  - Diverse Datenformate basieren auf RDF:
    - RSS 1.0
    - XMP (Adobe)
    - SVG

Sprachen des Semantic Web – RDF

- Bewertung
  - Etablierter und gut unterstützter Standard zur Speicherung und zum Austausch von Daten
  - Weitgehend syntaxunabhängige Darstellung durch abstraktes, graphenbasiertes Datenmodell
  - Gut geeignet zur Vereinigung von Daten aus verschiedenen Quellen
- Kritik
  - Reines RDF codiert eigentlich nur Informationen über Individuen / Ressourcen
  - Es besteht praktisch keine Möglichkeit zur Codierung von Schemawissen → Siehe RDF Schema

Sprachen des Semantic Web – RDF

Noch Fragen ?

Sprachen des Semantic Web – XML

- Literatur:
  - Buch “Semantic Web Grundlagen”, Springer Verlag 2008
    Pascal Hitzler, Markus Krötzsch, Sebastian Rudolph, York Sure
    ISBN: 978-3-540-33993-9
  - RDF Webseite
    http://www.w3.org/RDF/
  - Resource Description Framework Primer
    F. Manola, E. Miller
    W3C Recommendation, 10th February 2004
    http://www.w3.org/TR/rdf-primer
  - RDF Planet – Blogs zum Thema RDF / Semantic Web
    http://www.planetrdf.com/