Freie Universität Berlin

Semantic Web Grundlagen und RDF

Marko Harasic

Freie Universität Berlin
Institut für Informatik
Netzbasierte Informationssysteme

harasic@inf.fu-berlin.de

Warum reicht XML generell nicht aus?

Freie Universität Berlin

- <Buch>Dieses Buch</Buch> hat den Titel <Titel>Semantic Web Grundlagen</Titel>

- <foo>Dieses Buch</foo> hat den Titel <bar>Semantic Web Grundlagen</bar>

- natürliche Sprache
- Mehrdeutigkeit

<Apple>

<Pear>

Apple

Syntax/Semantik/Pragmatik

- Syntax – die Art und Weise, wie Worte in einem Satz zusammengesetzt wurden.
- Semantik – Informationen, die in diesem Sinne kodiert wurden.
- Pragmatik – Implikationen aus den Informationen in einem Kontext.

▪Quelle: http://www.web2open.org/presentations/OASIS_SOA_Adobe_Semantics.pdf

Daten im heutigen Web

- unstrukturierter Text
- keine Unterstützung für Maschinenverarbeitung
- Data mining benötigt NLP
- keine/kaum Metadatenstandards

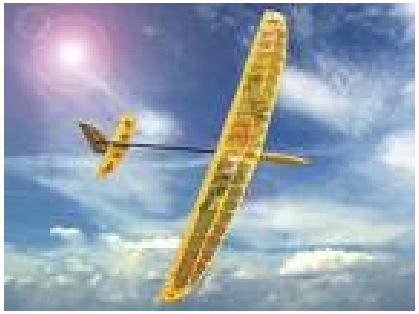
- Keyword-basiert
- hoher recall, geringe precision

$$\text{precision} = \frac{|\{\text{relevant documents}\} \cap \{\text{retrieved documents}\}|}{|\{\text{retrieved documents}\}|}$$

$$\text{recall} = \frac{|\{\text{relevant documents}\} \cap \{\text{retrieved documents}\}|}{|\{\text{relevant documents}\}|}$$

http://upload.wikimedia.org/math/9/b/5/9b5a523e5d9c366caf75ed1ea1767b1c.png
http://upload.wikimedia.org/math/b/4/3/b43cb2dbb709c4932e8dd8b9b0c491fe.png

Bildersuche: „Apache“







- Maschinen fehlt dieser Kontext aus Begriffen und Zusammenhängen
- Kontext muss Maschinen zusätzlich bereitgestellt werden

Semantic Web

Freie Universität Berlin

"The Semantic Web is an extension of the current web in which information is given well-defined meaning, better enabling computers and people to work in cooperation."

Berners-Lee, Hendler, and Lassila, 2001.

Foto: W3C

Foto: Homepage

Foto: Homepage

Vision von Berners-Lee

- Webinhalte und ihre Vernetzung werden für Maschinen verständlich.

- Auch komplexe Anfragen können ans Web gestellt werden.

- Beispiel: Finde alle Fußballspieler, die bei einem Verein spielen, der ein Stadion mit mehr als 40.000 Plätzen hat und die in einem Land mit mehr als 10 Millionen Einwohnern geboren wurden.

Das Semantic Web

- eine Erweiterung des existierenden Web

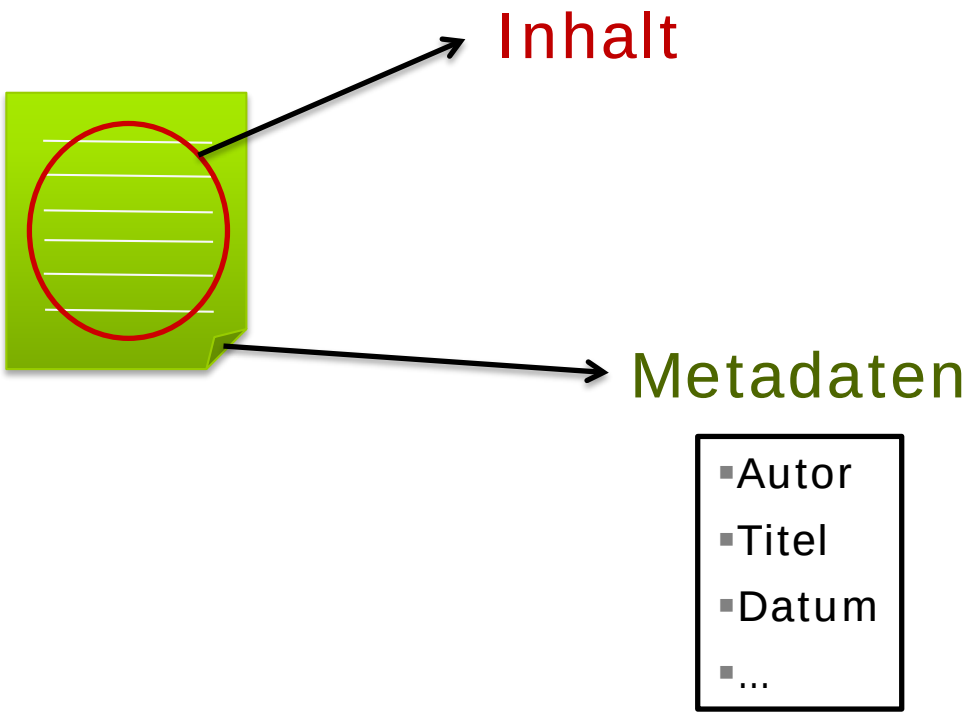
  \+ Metadaten
  \+ Ontologien
  \+ Reasoning
  \+ intelligente Agenten

  ——————————————————
  = Semantic Web

Metadaten

- Daten über Daten
  - beschreiben Inhalt
  - im besten Fall maschinenverarbeitbar

Data about Data



- Spezies: Android
- Größe:...

http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Data_ST.jpg

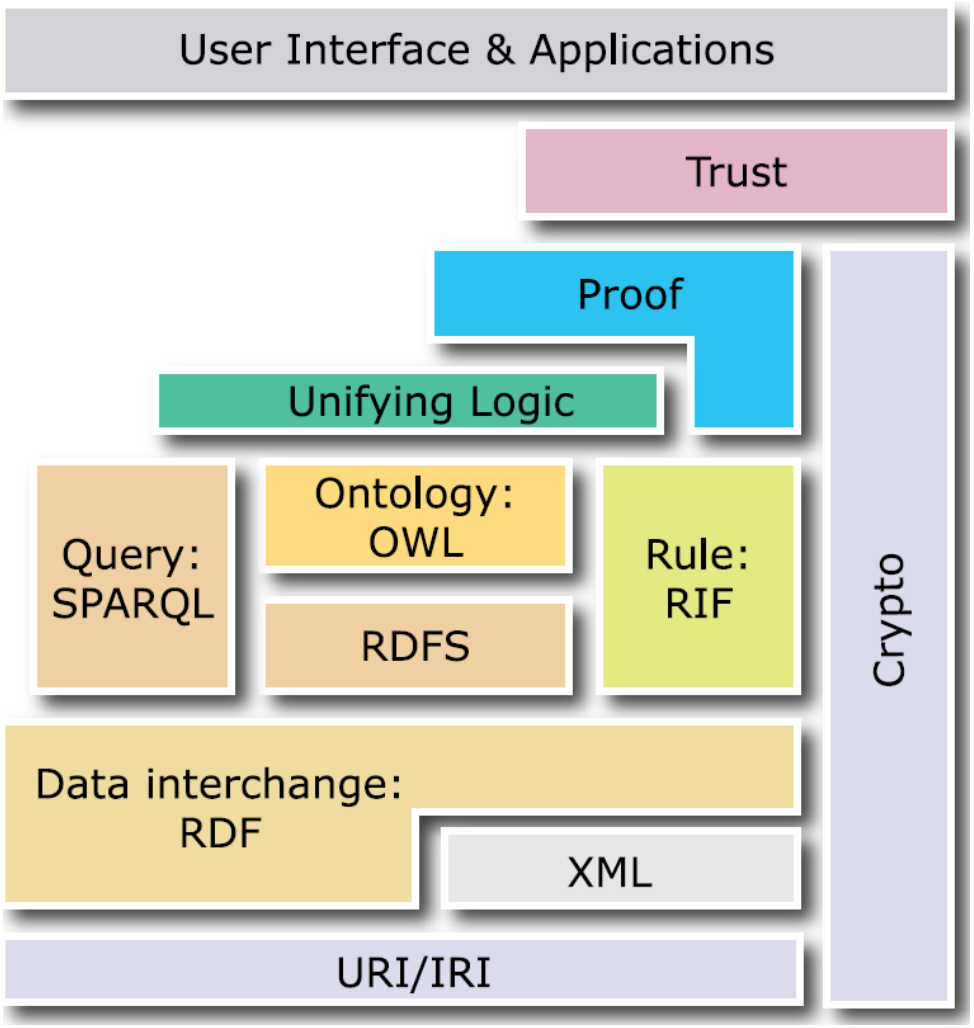
Nutzbarkeit von Metadaten durch Ontologien

Freie Universität Berlin

- Damit Metadaten nutzbar sind
  - Informationsanbieter muss sich so ausdrücken, dass Informationsnutzer ihn verstehen
  - Informationsnachfrager muss so fragen, dass er etwas finden kann
- Gemeinsame Benutzung von Konzepten
- Gemeinsame Sprache

- *Ontologie* zur Definition einer gemeinsamen Sprache
  - Es gibt Konzepte, die wir mit „Bank“ und „Sparkasse“ benennen
  - Es gibt ein Konzept, das wir „Geldinstitut“ nennen und das die Konzepte „Bank“ und „Sparkasse“ umfasst

Semantic Web Stack (W3C, 2000)

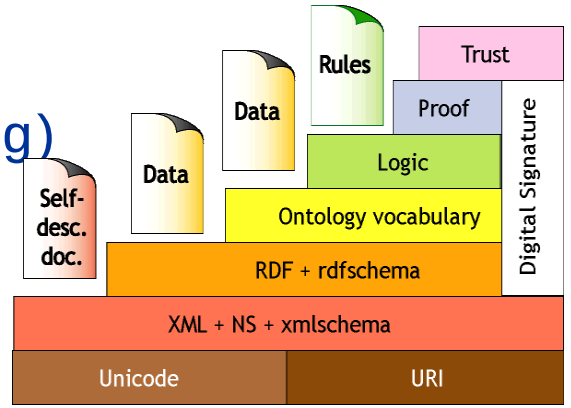


Quelle: http://www.w3.org/2000/Talks/1206-xml2k-tbl/slide10-0.html

Freie Universität Berlin

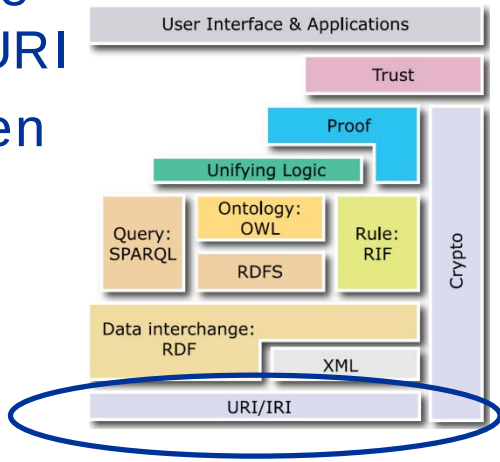
Unicode

- jedes Zeichen eigene Nummer (system-, programm- und sprachunabhängig)
- Unicode-Codierung – Zeichensätze für fast jede natürliche Sprache

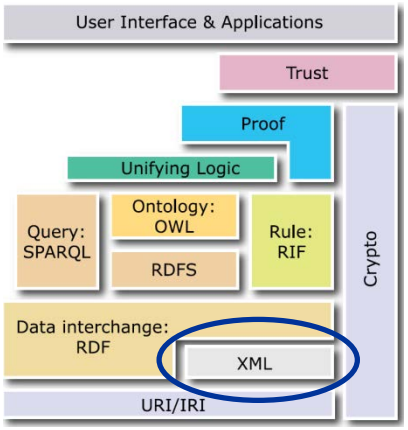


URI – Uniform Resource Identifier

- eindeutige Identifikation einer Quelle/Ressource → jedes beliebige Objekt verfügt über einen URI
- Mechnismus um Daten verteilt zu repräsentieren Untergruppe von URIs
- Syntax vom W3C standardisiert



XML + Namensräume + XML-Schema

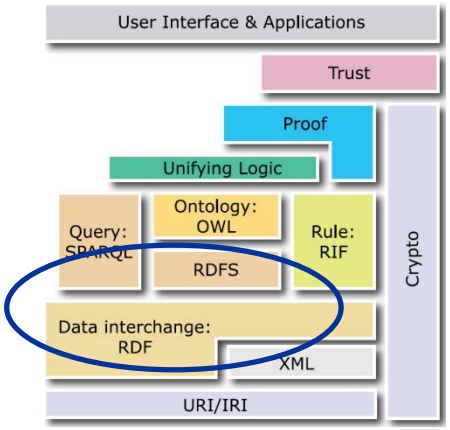


- hierarchisch strukturierte, medienneutrale Daten
- Vokabular kann mit XML-Schema definiert werden
- Bedeutung des Vokabulars mit Namensräumen festgelegt
- XML-Daten können mit XLink verlinkt werden: Links können Namen, aber keinen Namensraum haben

- ⇨ maschinenverarbeitbare verlinkte Daten, Links jedoch nicht maschinenverarbeitbar

Freie Universität Berlin

RDF + Namensräume + RDF-Schema



- Web als Menge vernetzter Ressourcen
- Vokabular für Beziehungen kann mit RDF-Schema definiert werden
- Bedeutung des Vokabulars wird mit Namensräumen festgelegt
- RDF Modell bietet eine syntaxunabhängige Darstellung

- ⇨ maschinenverarbeitbares Netzwerk von Beziehungen

Resource Description Framework

- RDF – W3C Recommendation seit 1999

- verschiedene Versionen:
  - kompakt und lesbar
  - für maschinelle Verarbeitung

- Tripel setzen bel. Web-Ressourcen URI-s und URI-o miteinander in Beziehung:

  <URI-s, URI-p, URI-o>

  URI-s steht zu URI-o in der Beziehung URI-p

RDF Sätze

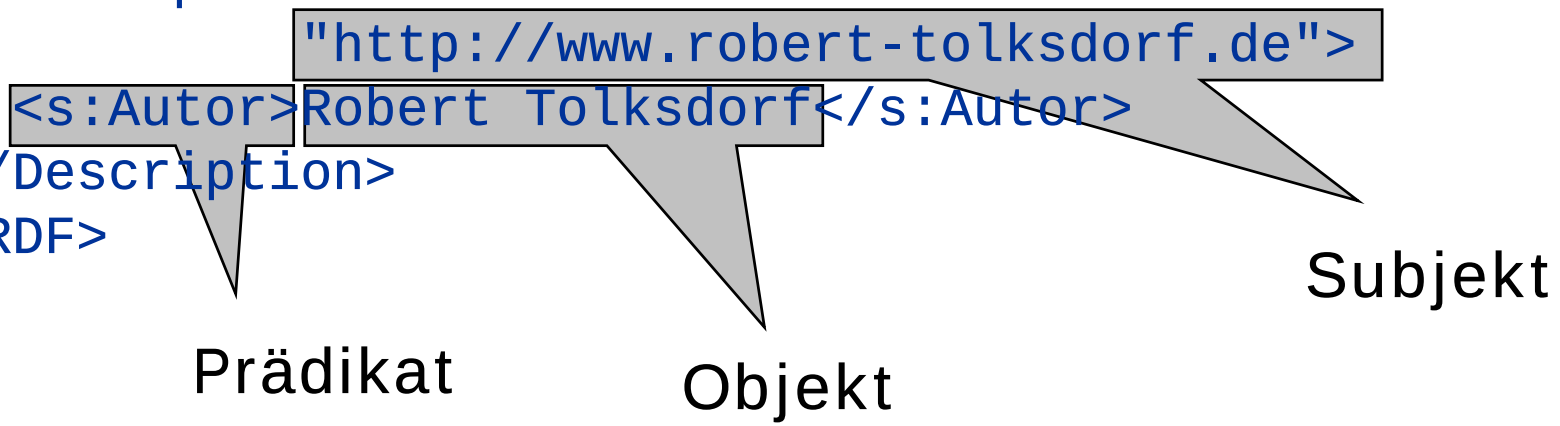
- Informationen und Metainformationen:

- In RDF als Satz ausgedrückt:

"www.robert-tolksdorf.de	Subjekt
hat als Autor	Prädikat
Robert Tolksdorf"	Objekt

In RDF definiert

```
<?xml version="1.0"?>
<RDF xmlns=
 "http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns"
 xmlns:s="http://description.de/schema/">
 <Description about=
                "http://www.robert-tolksdorf.de">
   <s:Autor>Robert Tolksdorf</s:Autor>
 </Description>
</RDF>
```



- Aus so explizit gemachten und maschinenverständlich repräsentierten Aussagen können Tools und Dienste inhaltliche Schlüsse ziehen

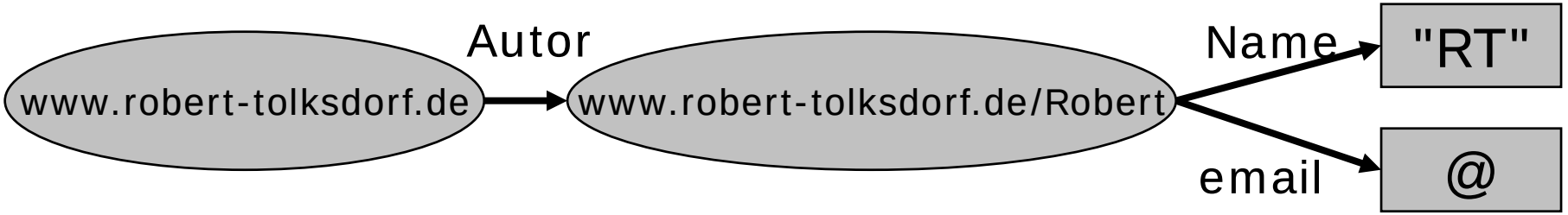
Abkürzung

- In Autor können keine weiteren Elemente stehen, also auch als XML-Attribut repräsentierbar:

```
<?xml version="1.0"?>
<RDF xmlns=
 "http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns"
  xmlns:s="http://description.de/schema/">
 <Description
  about="http://www.robert-tolksdorf.de"
  s:Autor="Robert Tolksdorf"
  s:Erzeugt="10.11.2001"/>
</RDF>
```

Verweise auf Ressourcen als Objekte

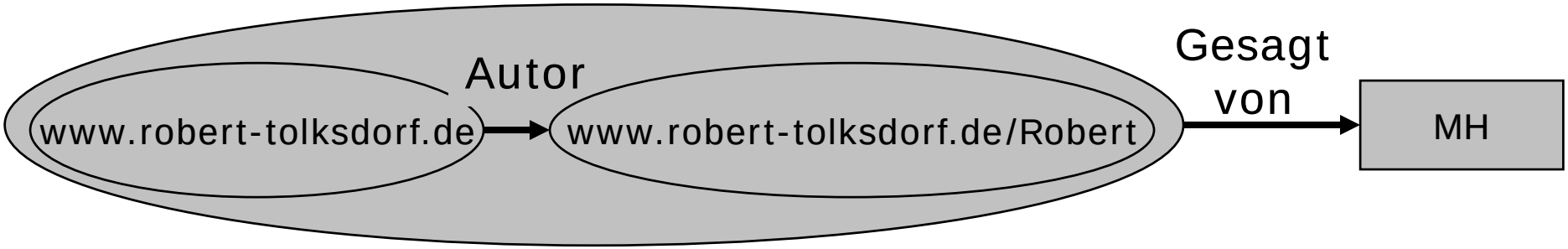
- Objekte können selber auch Subjekte sein:




```
<RDF … >
 <Description about=
      "http://www.robert-tolksdorf.de/Robert"
  s:Name="Robert Tolksdorf"
  s:email="mail@robert-tolksdorf.de"/>
 <Description
  about="http://www.robert-tolksdorf.de">
  <s:Autor resource=
    "http://www.robert-tolksdorf.de/Robert"/>
 </Description>
</RDF>
```

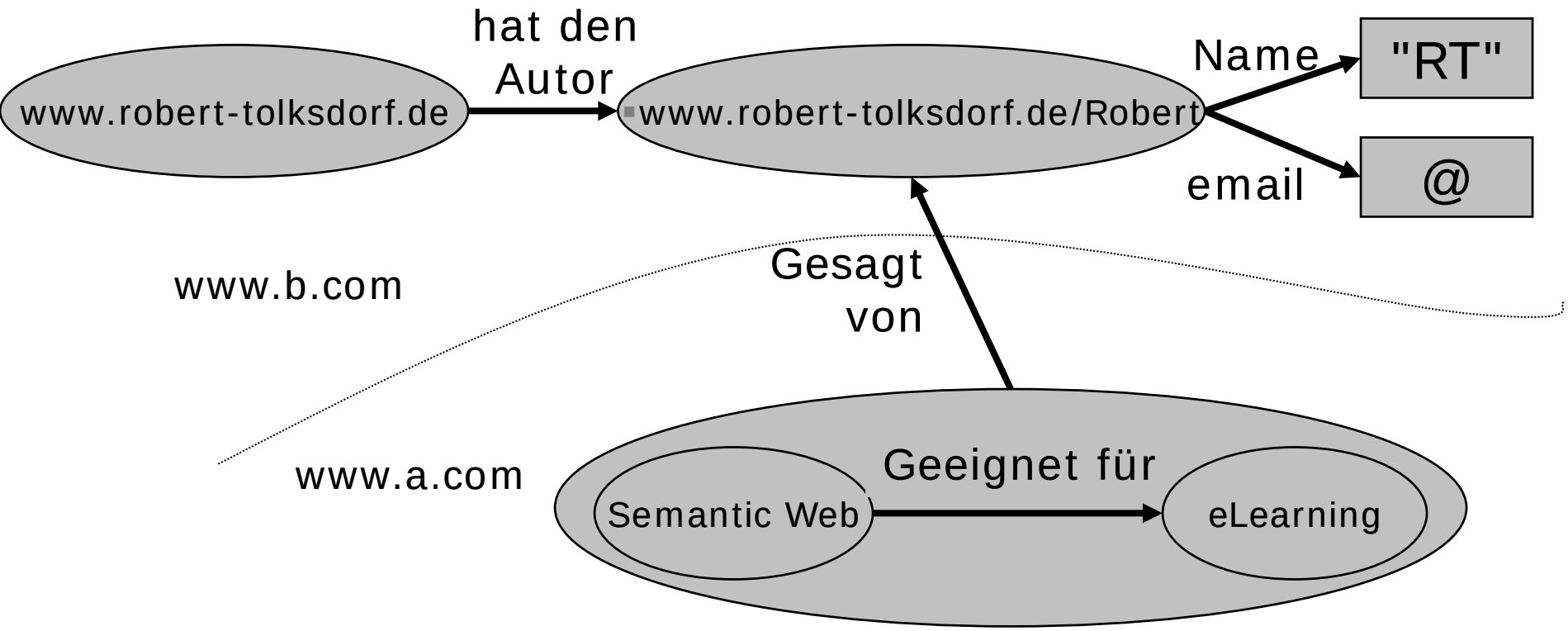
Aussagen über Aussagen

- „Markus Luczak-Rösch sagt `Robert Tolksdorf ist der Autor seiner Homepage´“




```
<RDF … >
 <Description>
  <subject resource=
            "http://www.robert-tolksdorf.de"/>
  <predicate resource=
       "http://description.de/schema/Autor"/>
  <object>Robert Tolksdorf</rdf:object>
  <type resource=
   "http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#Statement"/>
  <s:gesagtVon>Marko Harasic</s:gesagtVon>
 </Description>
</rdf:RDF>
```

- Semantic Web: Verteiltes Geflecht aus getypten Beziehungen zwischen Konzepten



Datenmodell

- „RDF-Welt“: Gerichteter Graph
  - Knoten (Ressourcen)
  - Kanten (Properties)
- Ressourcen (RDF Resource)
  - Alles worüber man Aussagen machen kann
  - Identifiziert durch URIs (qualified URIs = URI + fragment identifier)
  - Aussagen sind auch Ressourcen
- Eigenschaften/Beziehungen (RDF Property)
  - Verbinden Ressourcen miteinander oder Ressourcen zu Werten (RDF Literal)
- Aussagen (RDF Statement)
  - (Subjekt, Prädikat, Objekt)
  - “Resource has Property with Value”

RDF ID

- Fragment identifier (eindeutig im Dokument)
- Abkürzung der vollständigen URI einer Ressource
- Vollständiger Name zusammengesetzt aus:
  - Base URI (xml:base = ...)
  - #
  - Wert von rdf:ID
- Beispiel
  - http://www.example.com/products#item123

RDF Container

- Mengenobjekte (geordnet, ungeordnet, mit Duplikaten, ohne Duplikaten, *offen*)

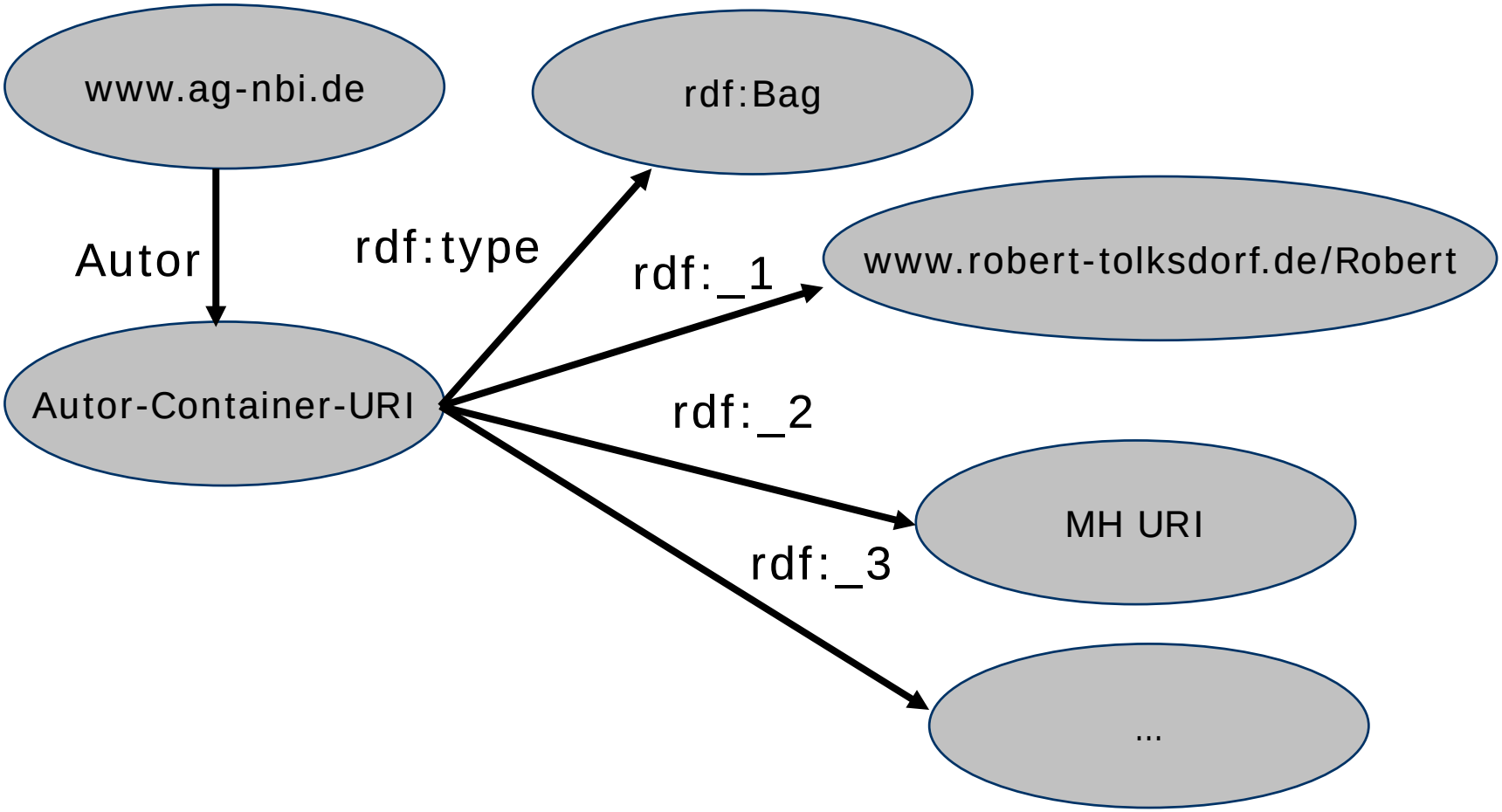
- Ermöglichen Aussagen über mehrere Ressourcen
- Platzhalter für komplexe Mengenobjekte (vs. Blank Node)

Container-Typen

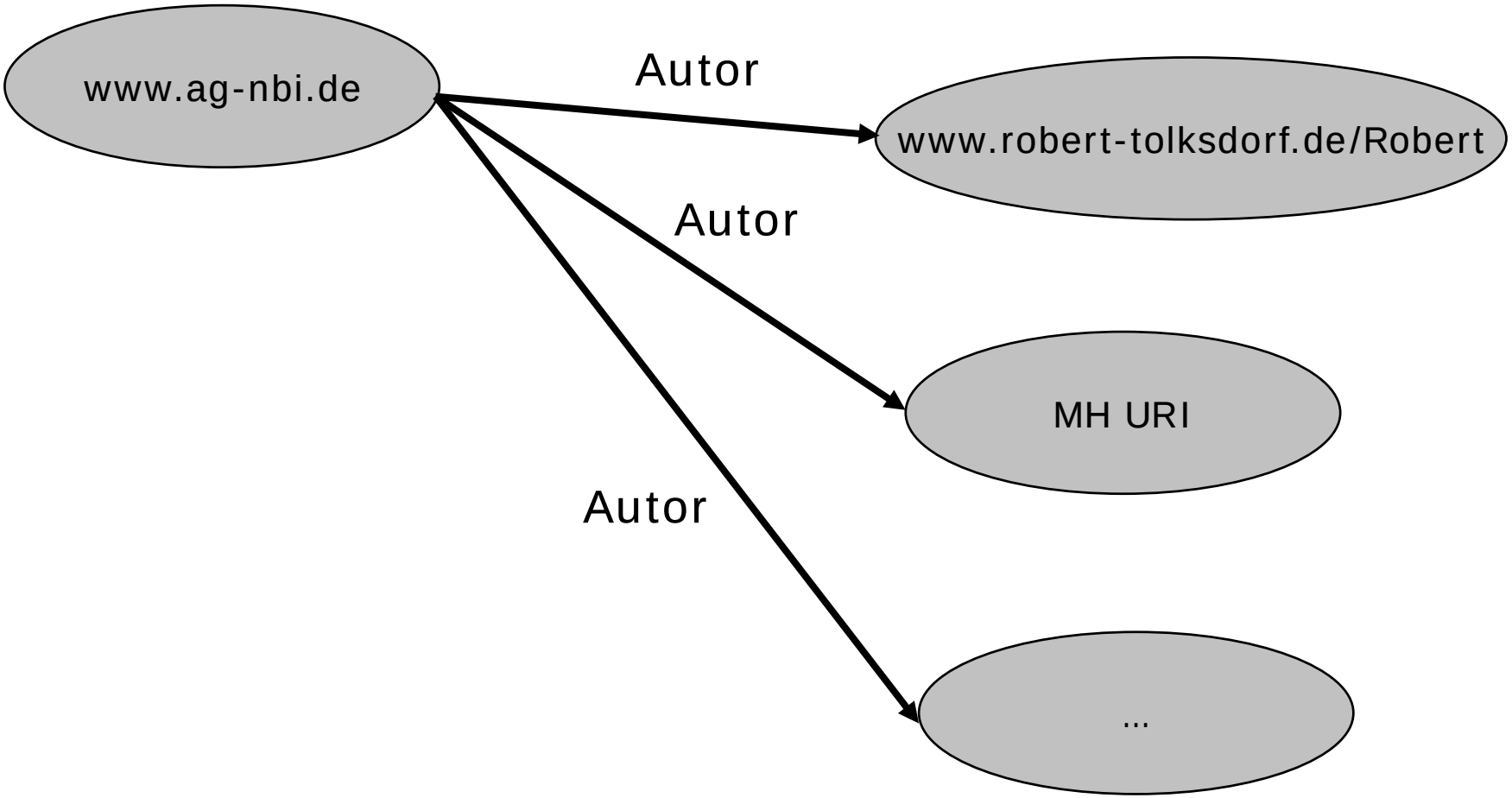
- 3 Typen von Containern
  - Bag — ungeordnete Liste — rdf:Bag
  - Sequence — geordnete Liste — rdf:Seq
  - Alternative — eindeutiger Wert — rdf:Alt
- Containers sind auch RDF Ressourcen
- Semantik: offene Mengen
  - unbekannt ob weitere Elemente zu der Menge gehören

Beispiel

- Aussage: die Webseite „www.ag-nbi.de“ wurde erstellt von Robert Tolksdorf und MH und ...



Alternative Modellierung



Multimengen (Bags)

- Ungeordnete Liste von Werten, Duplikate möglich
- Eigenschaft hat mehrere Werte, die Elemente der Menge
  - z.B. Mitglieder einer Gruppe, Dateien in einem Verzeichnis
-
```
<RDF … >
 <Description
  about="http://www.ag-nbi.de">
  <s:Autor>
   <Bag>
    <li resource=
    "http://www.robert-tolksdorf.de/Robert"/>
    <li resource=
      "http://www.ag-nbi.de/root"/>
   </Bag>
  </s:Autor>
 </Description>
</RDF>
```

Liste (Sequence)

- Geordnete Liste von Werten, Duplikate möglich
- Eigenschaft hat mehrere Werte, die Elemente der Menge, deren Reihenfolge wichtig ist
  - z.B. Buch/Artikelautoren, Punkte in einer Tagesordnung

-
```
<RDF … >
 <Description
  about="http://www.fu-berlin.de">
  <s:Fachbereiche>
   <Seq ID="fachbereiche">
    <li resource=
      "http://www.bio-chem-pha.fu-berlin.de/"/>
    <li resource=
      "http://www.ewi-psy.fu-berlin.de/"/>
     …
   </Seq>
  </s:Fachbereiche>
 </Description>
</RDF>
```

Auswahl (Alternative)

- Liste von Werten
- Eigenschaft hat einen Wert, der aus der Auswahl stammt
  - z.B. document home and mirrors, mailing-list moderators
-
```
<RDF …>
 <Description
  about="http://x.org/packages/X11">
  <s:DistributionSite>
   <Alt>
    <li resource="ftp://ftp.x.org"/>
    <li resource="ftp://ftp.cs.purdue.edu"/>
   </Alt>
  </s:DistributionSite>
 </Description>
</RDF>
```

RDF about

- about
  - direkte Angabe des URI

```
<rdf:Description
  rdf:about="http://www.example.org/index.html">
 <exterms:creation-date>
  August 16, 1999
 </exterms:creation-date>
</rdf:Description>
```

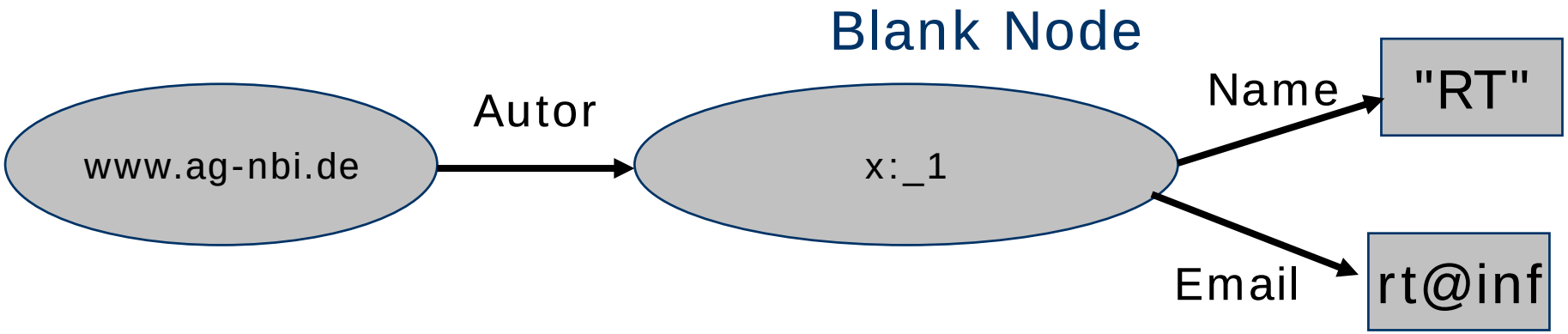
- aboutEach
  - URI eines Containers
  - Property auf alle Elemente angewendet
- aboutEachPrefix
  - URI Präfix
  - Eigenschaft auf alle Ressourcen mit dem Präfix angewendet

RDF Collections

- Ähnlich zu Containern, aber geschlossen:
  - *Alle* Elemente einer Menge sind spezifiziert
- Zugriff auf einzelne Mengenelemente
  - rekursiv
  - first (erstes Element)
  - rest (restliche Elemente)
  - nil (leere Menge)

RDF Blank Nodes

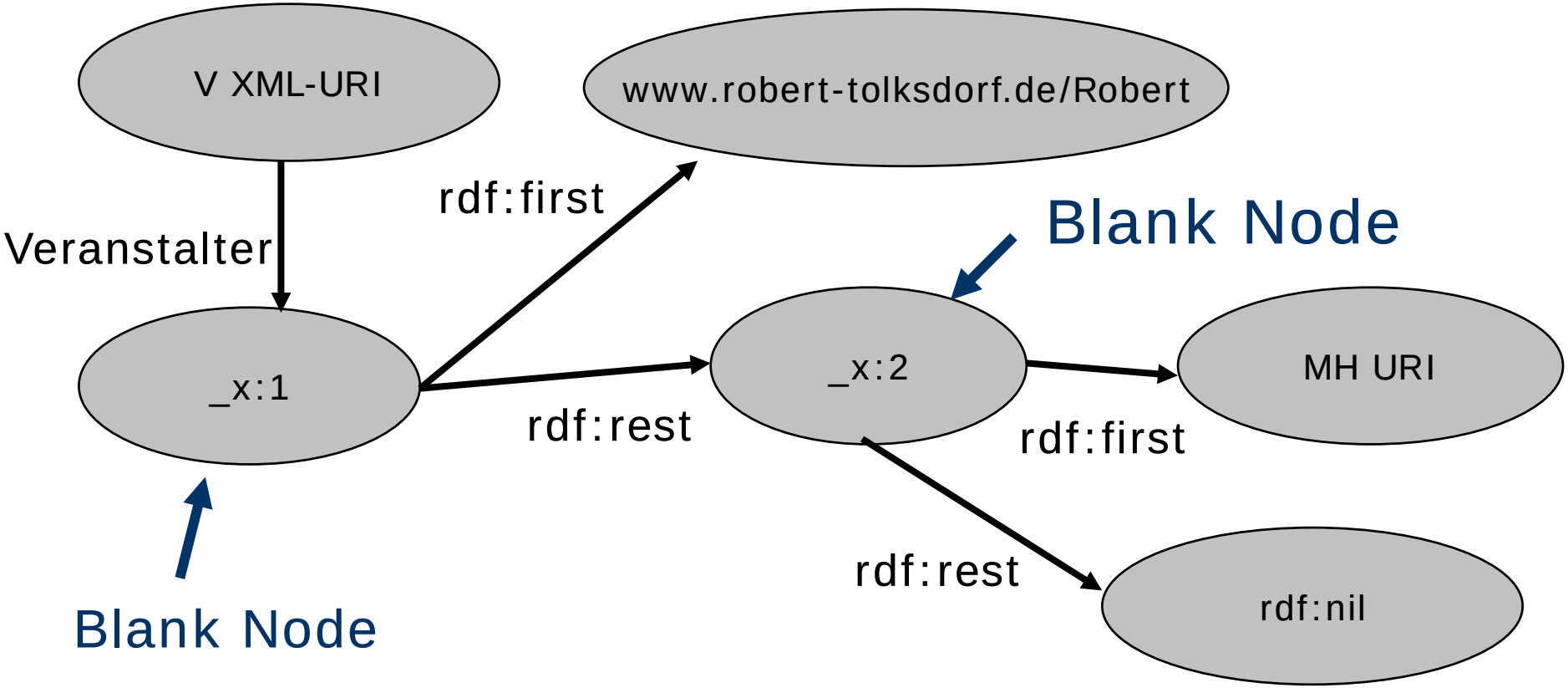
- Anonyme Ressourcen (haben keine URI)
- Platzhalter für komplexe Objekte
- Ressourcen von unbekannten Typ



- Aussage: die Webseite „www.ag-nbi.de“ wurde erstellt von jemanden/etwas mit dem Namen „RT“ und der Email-Adresse „rt@inf“

Beispiel

- Aussage: Die Vorlesung „XML-Technologien“ wird veranstaltet von Robert Tolksdorf und Markus Luczak-Rösch



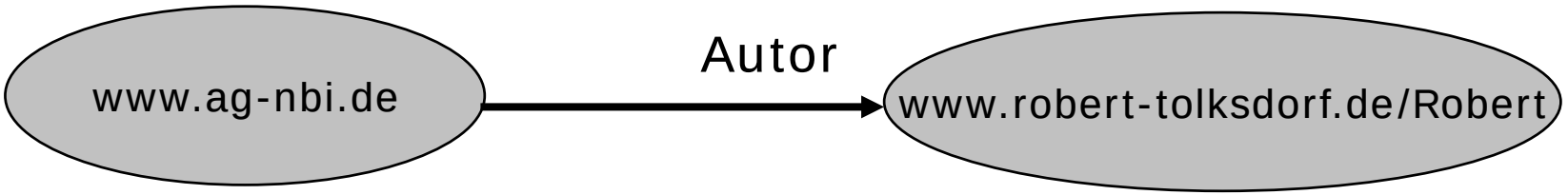
RDF Syntax

- Datenmodell
  - Graphenstruktur:
    - Knoten (Ressourcen, Werte)
    - Kanten (Properties)

- Verschiedene syntaktische Formate
  - RDF/XML Syntax
  - N3
  - ...

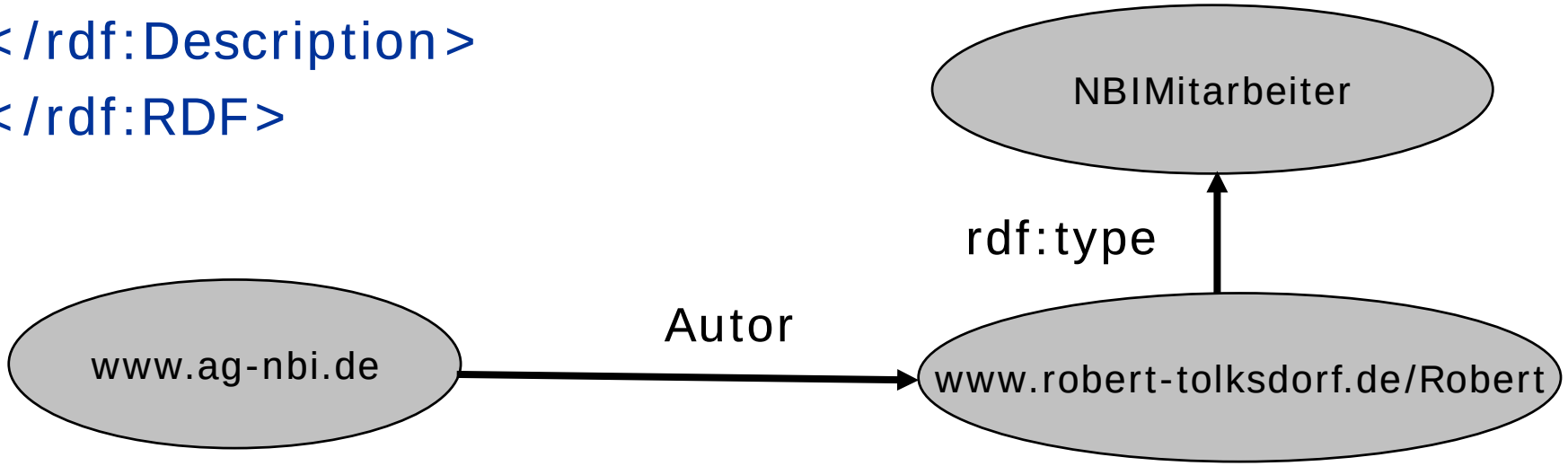
Beispiel XML/RDF

```
<rdf:RDF>
  <rdf:Description about="http://www.ag-nbi.de">
    <Autor
       rdf:resource="http://robert.tolksdorf.de/Robert" />
  </rdf:Description>
</rdf:RDF>
```



Alternative

```
<rdf:RDF>
<rdf:Description about="http://www.ag-nbi.de">
   <Autor>
    <NBIMitarbeiter
         rdf:resource="http://robert.tolksdorf.de/Robert"/>
   </Autor>
</rdf:Description>
</rdf:RDF>
```



Warum ist RDF nicht ausreichend?

Freie Universität Berlin

- RDF
  - Sprache für die Darstellung von Aussagen im Web
  - definiert ein Datenmodel:
    - Ressourcen minimal typisiert
    - Semantik der Ressourcen minimal spezifiziert

- Notwendig
  - Erweiterung von RDF für die Beschreibung von semantisch komplexere Vokabularien

RDF Schema

- Grundlegende RDF Mechanismen:
  einfache Aussagen auf vielfältige Weise treffen

- RDF Schema:
  einige Typen von Aussagen für nützliche Modellierungsaussagen in Schemas:
  - „Jede Webseite hat einen Autor“
  - „Webseiten sind elektronische Dokumente“

RDF Schema

Freie Universität Berlin

- Elektronischen Dokumente bilden eine Klasse:

```
<rdf:Description rdf:ID="electronicDocument">
<rdf:type rdf:resource=
      "http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#Class"/>
</rdf:Description>
```

- Web-Seiten sind elektronische Dokumente

```
<rdf:Description rdf:ID="webPage">
 <rdf:type rdf:resource=
       "http://www.w3.org/2000/01/rdfschema#Class"/>
 <rdfs:subClassOf rdf:resource="#electronicDocument"/>
</rdf:Description>
```

- Web-Seiten haben eine URL

```
<rdf:Property rdf:ID="URL">
 <rdfs:domain rdf:resource="#webPage"/>
 <rdfs:range rdf:resource=
              "http://www.w3.org/2001/XMLSchema#anyURI"/>
</rdf:Property>
```

Schema für RDF Dinge
Ressourcen

Freie Universität Berlin

- rdfs:Resource
  Alles, was durch RDF Sätze beschrieben werden kann
- rdf:type
  Eigenschaft aller Dinge, die Klasse oder Typ angibt
  - Nutzerdefiniert:

```
<rdf:Description rdf:ID="item10245">
 <rdf:type
  rdf:resource="http://www.example.com/terms/Tent"/>
</rdf:Description>
```

  - Vorgegeben:

```
<rdf:Description rdf:ID="MotorVehicle">
 <rdf:type
  rdf:resource="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#Class"/>
</rdf:Description>
```

Schema für RDF Dinge
Klassen

Freie Universität Berlin

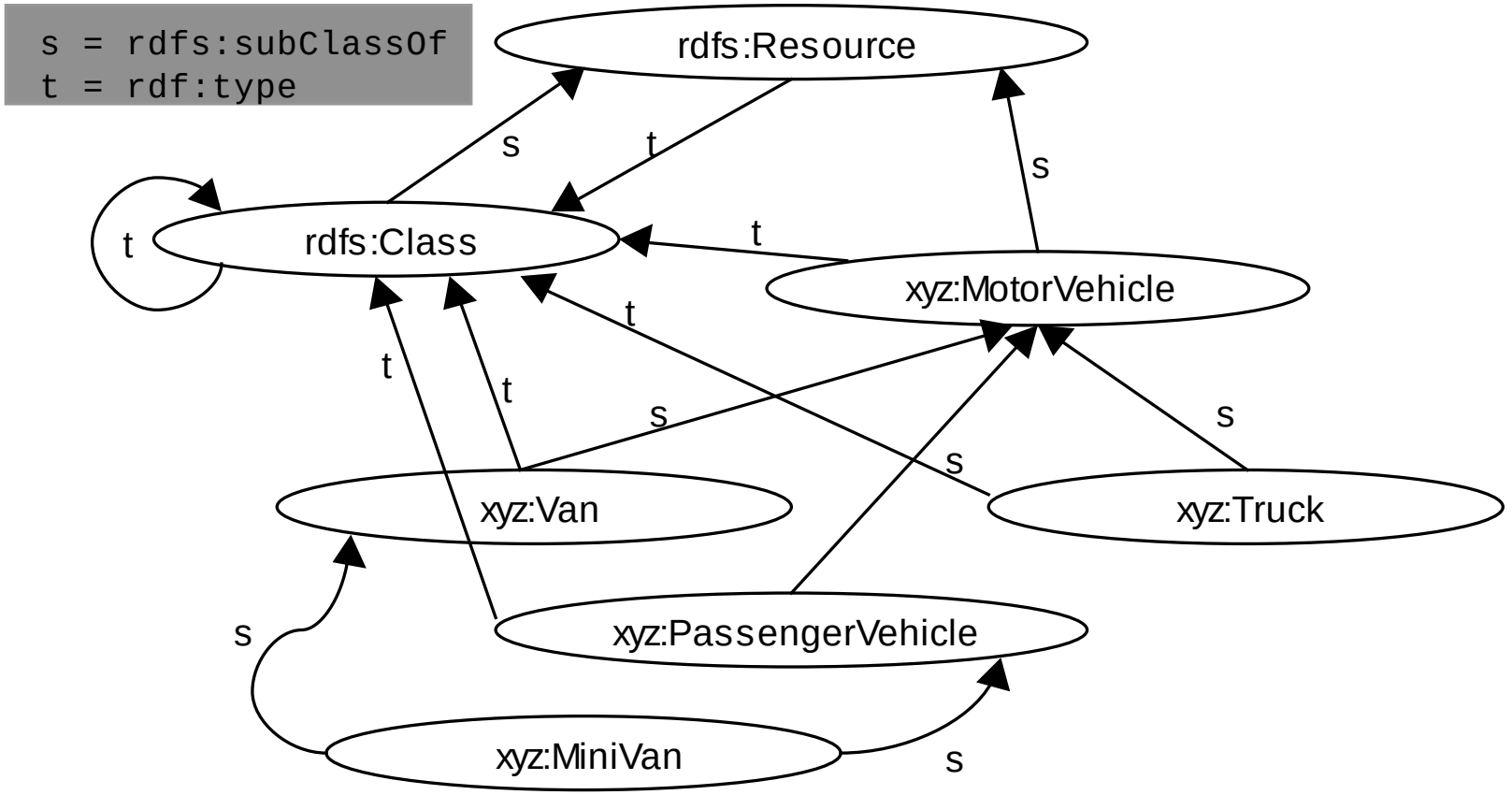
- rdfs:Class
  Dinge, die Typen oder Klassen repräsentieren, also von anderen Dingen abstrahieren

```
<rdfs:Class rdf:ID="MotorVehicle"/>
```

- rdfs:subClassOf
  Eigenschaft einer Klasse, die Generalisierung angibt

```
<rdfs:Class rdf:ID="MiniVan">
 <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Van"/>
 <rdfs:subClassOf rdf:resource="#PassengerVehicle"/>
</rdfs:Class>
```

Beispiel



[Bild: http://www.w3.org/TR/2000/CR-rdf-schema-20000327/]

Freie Universität Berlin

- rdfs:Literal
  Die Klasse aller Werte
  - Plain literals: UNICODE-Zeichenketten

```
<rdfs:label xml:lang="en">
  PowerSystemResource
</rdfs:label>
```

  - Typed literals: spezifiziert den Datentyp eines Literals

```
<name rdf:datatype="&xsd;string">RT</name>
```

Schema für RDF Dinge
Eigenschaften

Freie Universität Berlin

- rdf:Property
  Alle Ressourcen, die Eigenschaften sind
- rdfs:range
  Einschränkende Eigenschaft Wertebereich
- rdfs:domain
  Einschränkende Eigenschaft Herkunftsbereich

```
<rdf:Description ID="registeredTo">
<rdf:type resource=
 "http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#Property"/>
 <rdfs:domain rdf:resource="#MotorVehicle"/>
 <rdfs:range rdf:resource="#Person"/>
</rdf:Description>

<rdf:Property rdf:ID="rearSeatLegRoom">
 <rdfs:domain rdf:resource="#PassengerVehicle"/>
 <rdfs:domain rdf:resource="#Minivan"/>
 <rdfs:range rdf:resource="&xsd;integer"/>
</rdf:Property>
```

Schema für RDF Dinge
Eigenschaften

Freie Universität Berlin

- rdfs:subPropertyOf
  Eigenschaft ist Spezialisierung einer (oder mehrerer) anderer Eigenschaften

```
<rdf:Description ID="biologicalParent">
 <rdf:type resource=
   "http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#Property"/>
</rdf:Description>

<rdf:Description ID="biologicalFather">
 <rdf:type resource=
   "http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#Property"/>
 <rdfs:subPropertyOf
    rdf:resource="#biologicalParent"/>
</rdf:Description>
```

Schema für RDF Dinge
Eigenschaften

Freie Universität Berlin

- rdfs:label
  Menschenlesbarer Name der Ressource

- rdfs:comment
  Menschenlesbare Beschreibung der Ressource

```
<rdfs:Class rdf:ID="PowerSystemResource">
  <rdfs:label xml:lang="en">
    PowerSystemResource
  </rdfs:label>
  <rdfs:comment>"A power system component that can be
   either an individual element such as a switch or a set of
   elements such as a substation. PowerSystemResources
   that are sets could be members of other sets. [...]“
  </rdfs:comment>
</rdfs:Class>
```

Beziehungen zwischen Ressourcen

Freie Universität Berlin

- rdfs:seeAlso
  Verweist auf Ressource, die weitere Informationen über das Subjekt liefern kann

```
<rdf:RDF xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
        xmlns:rdfs="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#"
        xmlns="http://xmlns.com/foaf/0.1/">
<Person>
 <name>Dan Brickley</name>
 <workplaceHomepage rdf:resource="http://www.w3.org/" />
 <homepage rdf:resource="http://rdfweb.org/people/danbri/"/>
 <rdfs:seeAlso rdf:resource="http://.../danbri-foaf.rdf"/>
</Person>
</rdf:RDF>
```

- [http://www.w3.org/2001/sw/Europe/talks/xml2003/slide3-3.html]

Beziehungen zwischen Ressourcen

- rdfs:isDefinedBy
  Ressource, die das Subjekt definiert, z.B. ein Schema

```
<rdfs:Class
   rdf:about="http://jibbering.com/vocabs/image/#Area"
   rdfs:label="Area" rdfs:comment="An Area of an image.">
  <rdfs:isDefinedBy
   rdf:resource="http://jibbering.com/vocabs/image/"/>
</rdfs:Class>
```

- [http://jibbering.com/vocabs/image/index.rdf]

Überblick: RDFS Ressourcen, Klassen, Eigenschaften

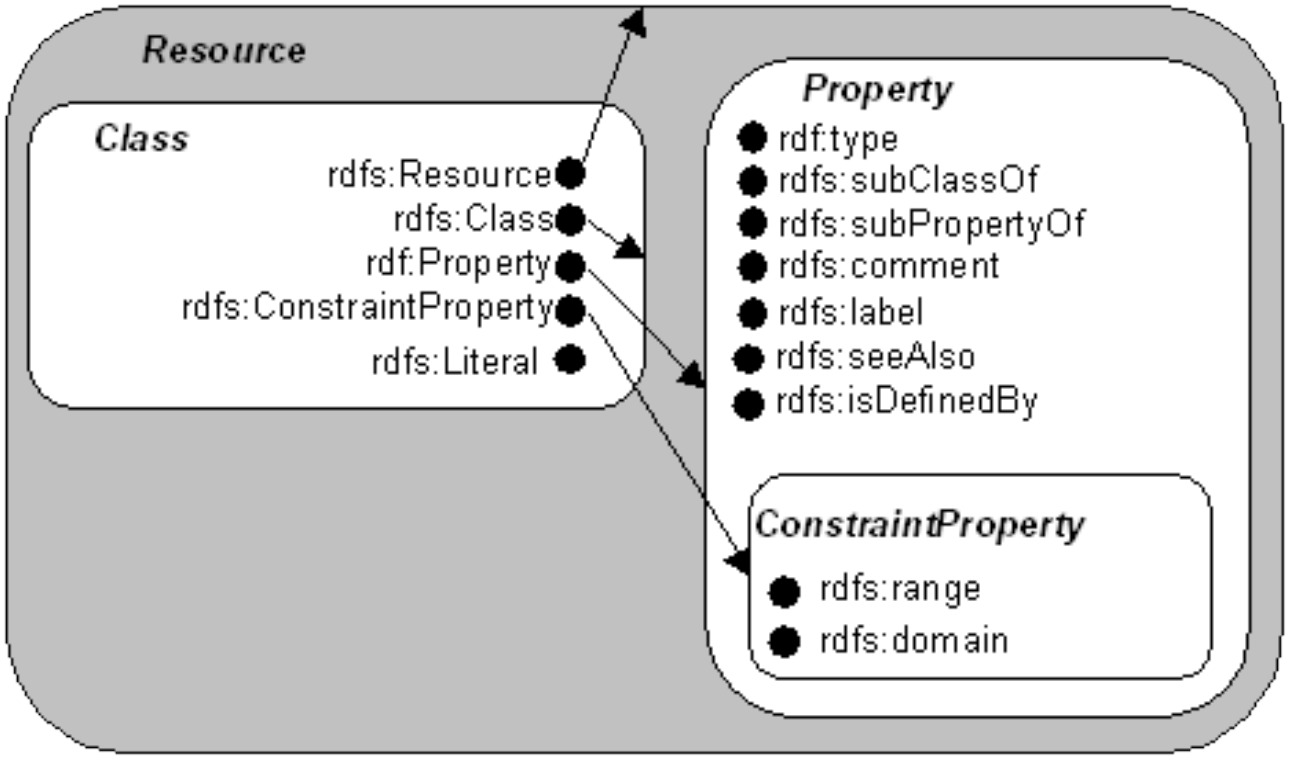
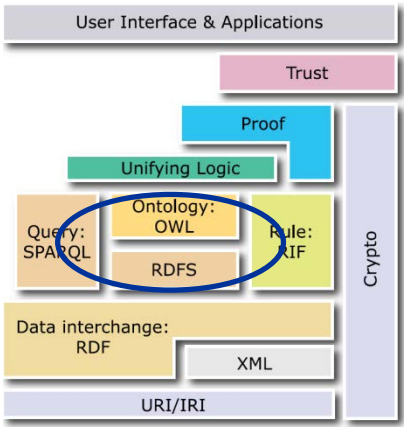


Abb.: © 2001 W3C

- Z.B.:
  - rdf:Statement ist vom Typ rdfs:Class
  - Die Property rdf:type ist eine Subklasse der Klasse rdfs:Property

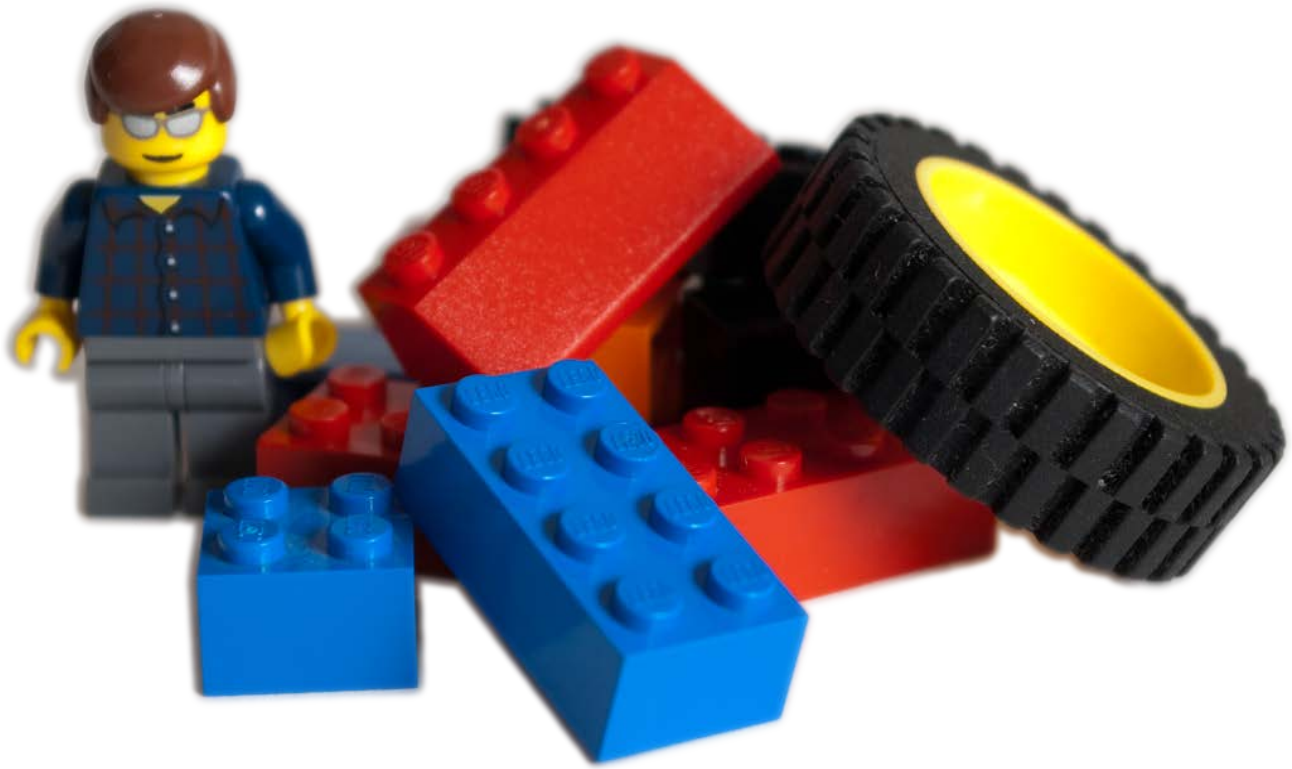
[Bild: http://www.w3.org/TR/2000/CR-rdf-schema-20000327/]

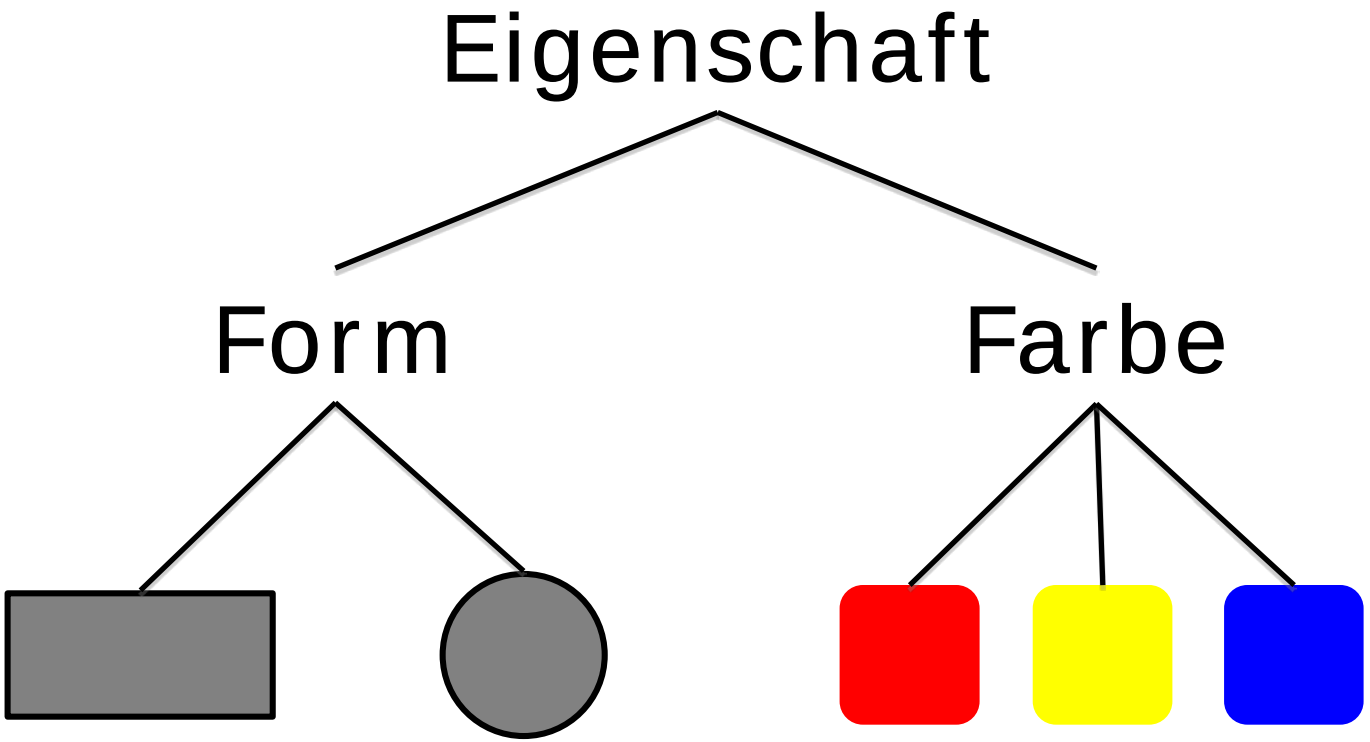
Ontologien



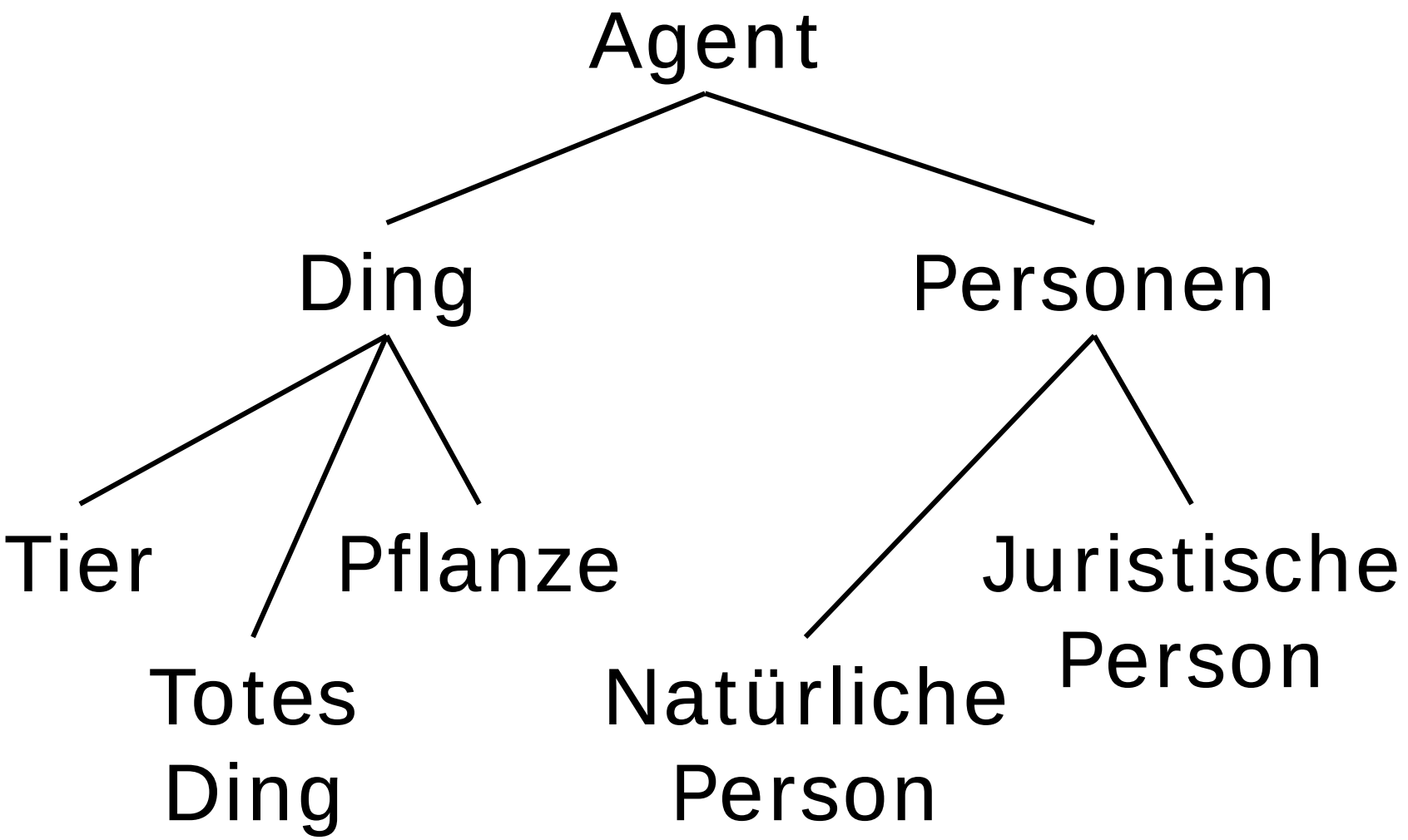
- Vokabulare
- Begriffsbeziehungen (Unterklasse, Untereigenschaft, Wertebereiche, ..., selbstdefinierte)
- Sprache für Web-Ontologien:
  - OWL – Web Ontology Language
    - Erweiterte Beschreibungsmöglichkeiten
    - In unterschiedlichen Komplexitäten (OWL-Lite, OWL-DL, OWL-Full)
    - mittlerweile OWL 2 mit feinerer Unterscheidung der Komplexität

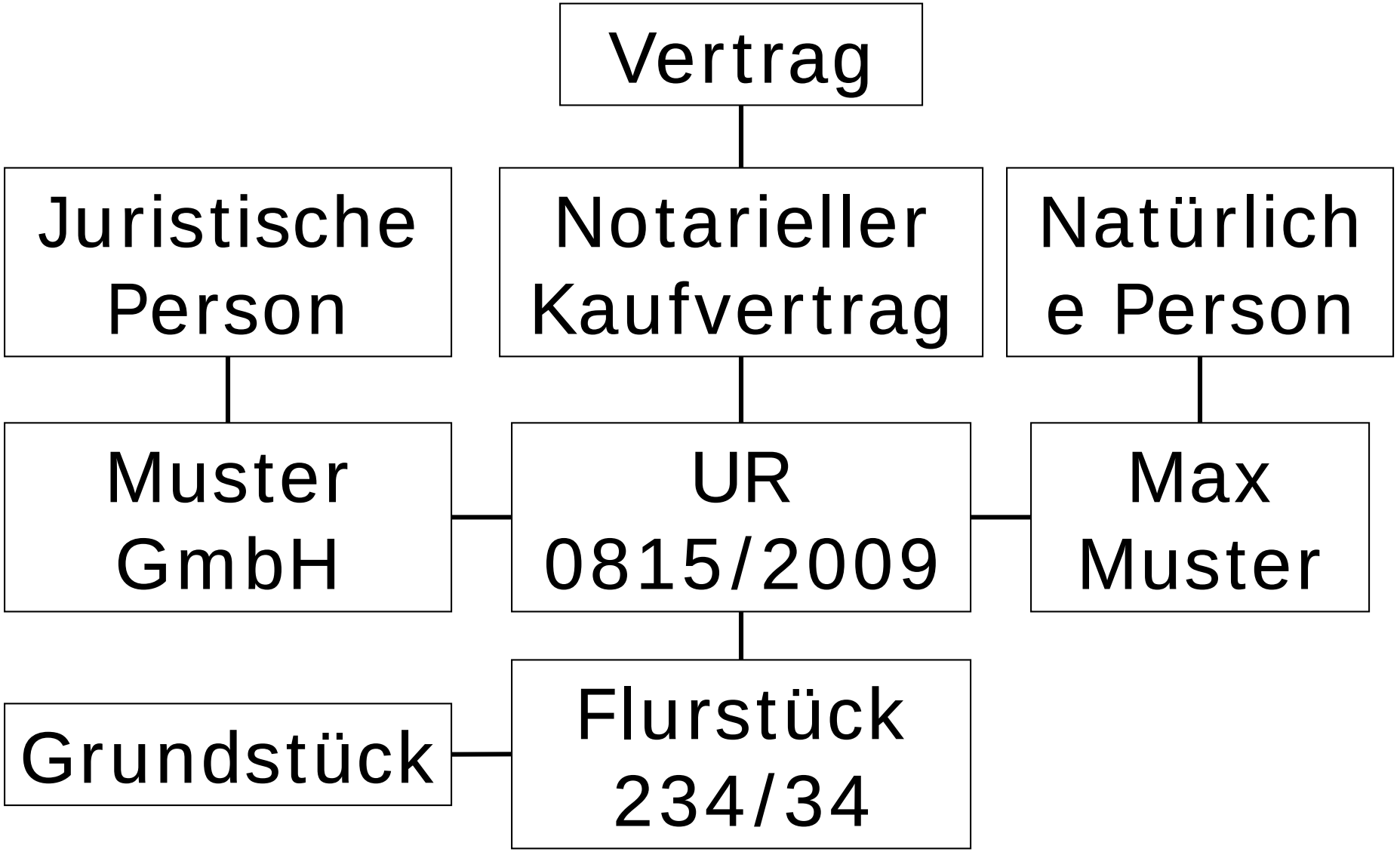
Eine Domäne




Eigenschaft
Form
Farbe

Noch eine Domain Ontology

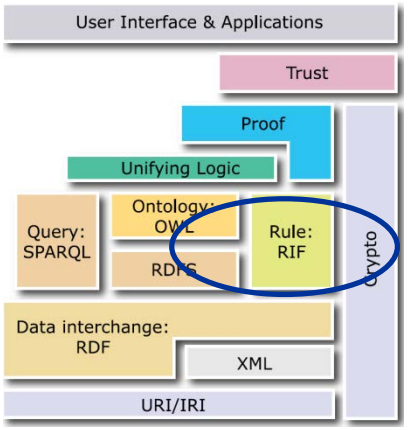



Vertrag
Juristische Person
Notarieller Kaufvertrag
Natürliche Person
Muster GmbH
UR 0815/2009
Max Muster
Grundstück
Flurstück 234/34

Freie Universität Berlin

Regelsprachen

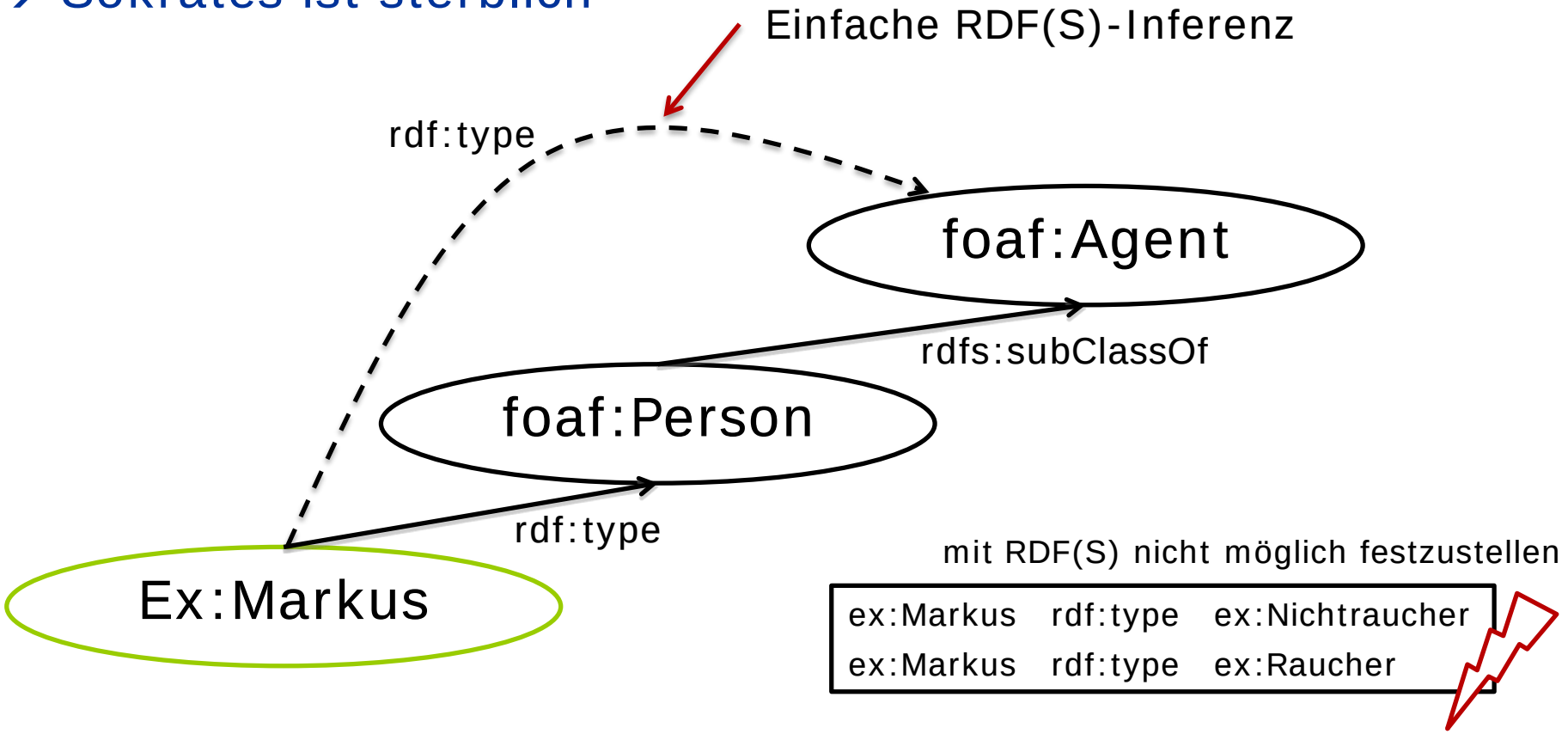
- bilden die Grundlage für das logische schließen auf Basis semantischer Daten
- früher SWRL (echte Regelsprache für OWL) als Teil des Layer Cakes
- heute RIF als ein Austauschformat zwischen unterschiedlichen Regelsystemen



Inferenz

- Alle Menschen sind sterblich
- Sokrates ist ein Mensch

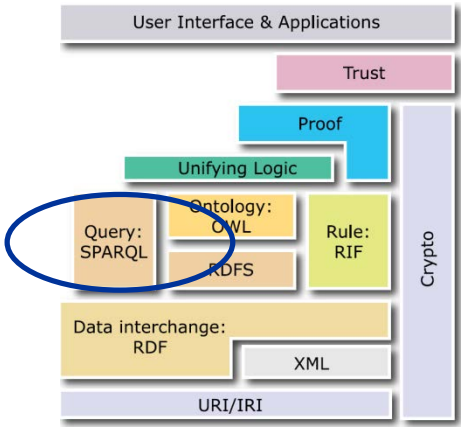
→ Sokrates ist sterblich



Inferenz (cont.)

- Klassenäquivalenz
- Unterklassenbeziehung
- Klassendisjunktheit
- Globale Konsistenz
- Klassenkonsistenz
- Instanzüberprüfung
- Klasseninstanzen

Anfragesprache SPARQL



- Dient zur Abfrage von Instanzdaten in einer RDF-Datenbank
- „Gib mir alle Menschen, die vor 1900 in Berlin geboren wurden“

```
SELECT ?name ?birth ?death ?person
WHERE {
?person dbpedia2:birthPlace <http://dbpedia.org/resource/Berlin> .
?person dbo:birthDate ?birth .
?person foaf:name ?name .
?person dbo:deathDate ?death
FILTER (?birth < "1900-01-01"^^xsd:date) .
}
ORDER BY ?name
```

SPARQL

- Graph Pattern als Anfragemuster

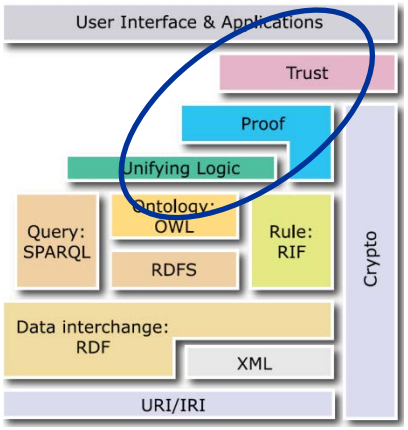
Beispiel: Finde alle Fußballspieler, die bei einem Verein spielen, der ein Stadion mit mehr als 40.000 Plätzen hat und die in einem Land mit mehr als 10 Millionen Einwohnern geboren wurden.

```
SELECT DISTINCT  ?player {
?s foaf:page ?player .
?s rdf:type <http://dbpedia.org/ontology/SoccerPlayer> .
?s dbpedia2:position ?position .
?s <http://dbpedia.org/property/clubs> ?club .
?club <http://dbpedia.org/ontology/capacity> ?cap .
?s <http://dbpedia.org/ontology/birthPlace> ?place .
?place ?population ?pop.
OPTIONAL {?s <http://dbpedia.org/ontology/number> ?tricot.}
Filter (?population in (<http://dbpedia.org/property/populationEstimate>,
    <http://dbpedia.org/property/populationCensus>,
    <http://dbpedia.org/property/statPop> ))
Filter (xsd:int(?pop) >10000000 ) .
Filter (xsd:int(?cap) >40000 ) .
Filter (?position = "Goalkeeper"@en || ?position =
    <http://dbpedia.org/resource/Goalkeeper_%28association_football%29> ||
    ?position = <http://dbpedia.org/resource/Goalkeeper_%28football%29>)
} Limit 1000
```

SPARQL Ergebnis (nicht RDF)

```
<sparql xmlns=http://www.w3.org/2005/sparql-results#
    xmlns:xsi=http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance
      xsi:schemaLocation=http://www.w3.org/2001/sw/DataAccess/rf1/result2.xsd>
      <head>
        <variable name="player"/>
      </head>
      <results distinct="false" ordered="true">
    <result>
      <binding name="player">
        <uri>http://en.wikipedia.org/wiki/Petar_Radenkovi%C4%87</uri>
      </binding>
    </result>
    <result>
      <binding name="player">
        <uri>http://en.wikipedia.org/wiki/Michal_Vorel</uri>
      </binding>
    </result>
...
  </results>
</sparql>
```

Weitere Technologien des Semantic Web



Logik

- Semantik auf logischer Basis
- Ableitungsregeln

Proof

- Konsistenz
- Ableitung (Inferenz)

Trust

→ Immer noch in der Forschung