



## Netzbasierte Informationssysteme **Semantic Web**

Prof. Dr.-Ing. Robert Tolksdorf  
Freie Universität Berlin  
Institut für Informatik  
Netzbasierte Informationssysteme  
mailto: [tolk@inf.fu-berlin.de](mailto:tolk@inf.fu-berlin.de)  
<http://www.robert-tolksdorf.de>  
Beiträge von Elena Paslaru Bontas Simperl



## Überblick

- RDF
- RDF Schema
- Ontologien / OWL



## Semantic Web

# Semantic Web

---

- "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"

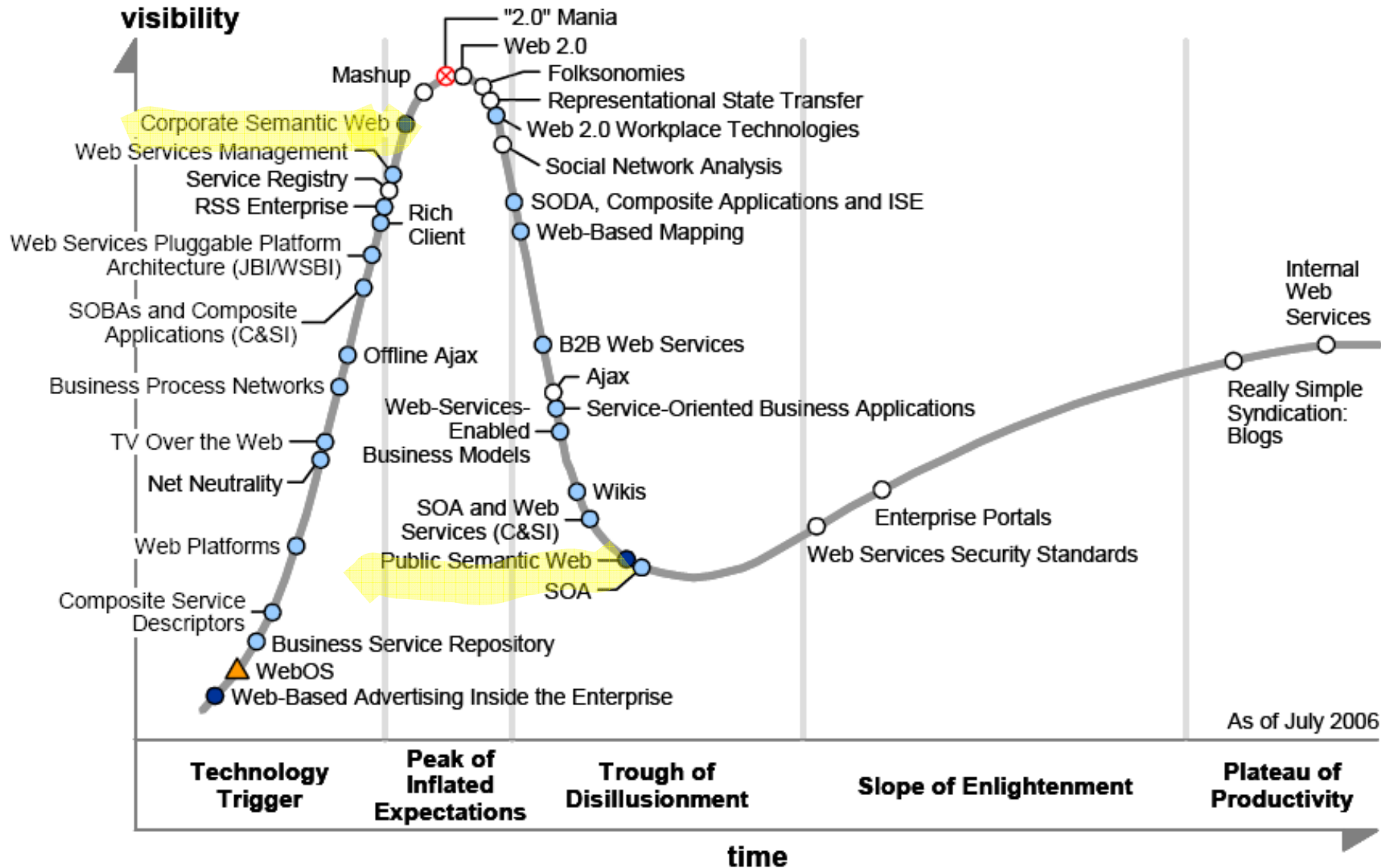
[Tim Berners-Lee, James Hendler und Ora Lassila: The Semantic Web - A new form of Web content that is meaningful to computers will unleash a revolution of new possibilities, Scientific American, May 17, 2001]

- Explizite Repräsentation von Semantik mit Sprachen
- Genauer:  
Weniger Missverständnisse wegen besserem Kontextbezug
- M2M vs. M2H Kommunikation



# Gartner Group Hypecycle 2006

Figure 1. Hype Cycle for Web Technologies, 2006



Years to mainstream adoption:

○ less than 2 years

● 2 to 5 years

● 5 to 10 years

▲ more than 10 years

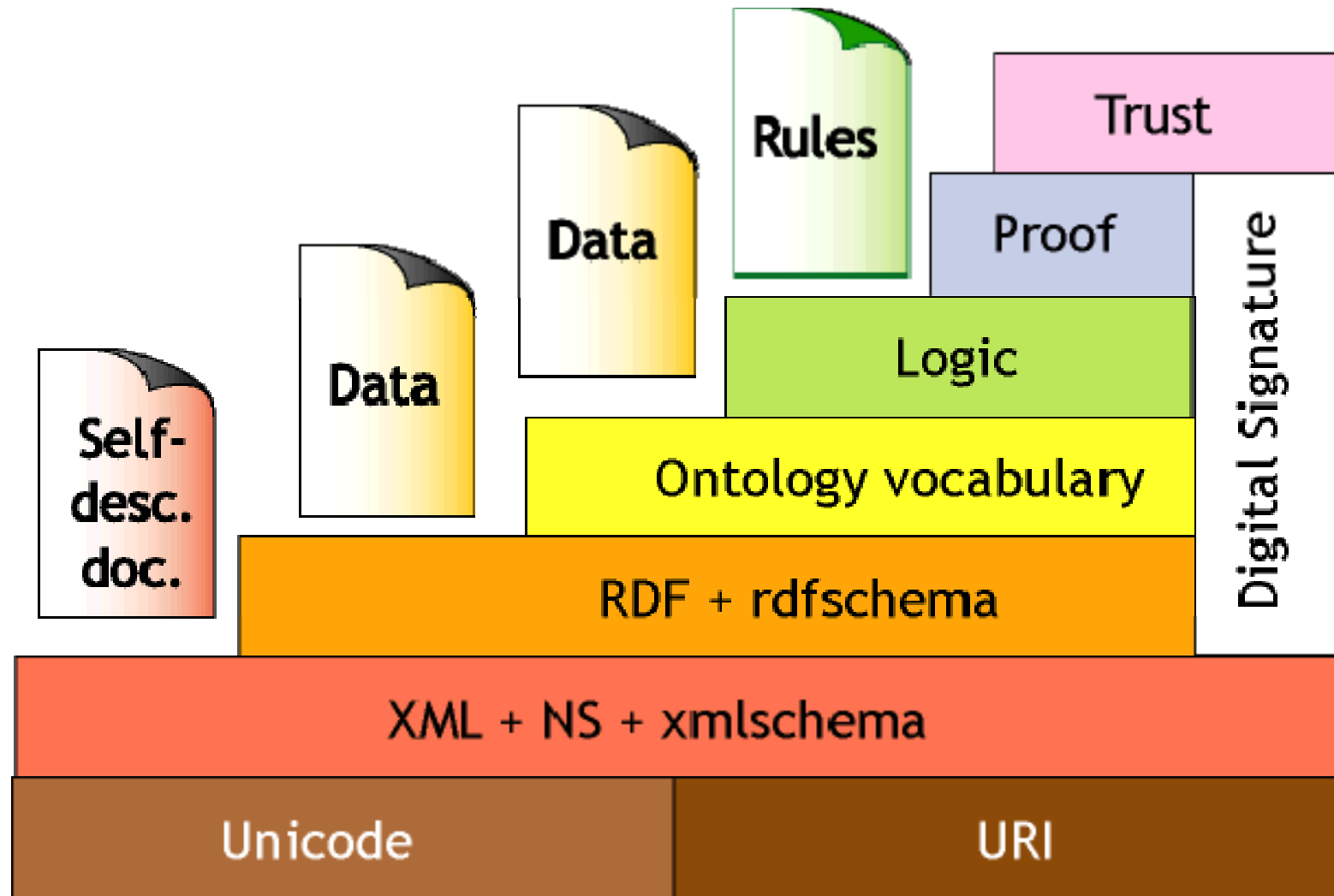
○ obsolete

⊗ before plateau

# Web Sprachen

---

- XML und XML Schema
  - DTD definiert Vokabular
  - Rein syntaktische Festlegung, keine Semantik
- RDF
  - Modelliert Daten nach E/R, Objekt/Attribut
  - Keine semantischen Festlegungen
- RDF Schema
  - Festlegungen durch Typisierung (Subklassen, Domain, Range), erweiterbar
  - IS-A Hierarchie ableitbar
- OWL
  - Erweiterte Beschreibungsmöglichkeiten
  - In unterschiedlichen Mächtigkeiten/Komplexitäten (OWL-Lite, OWL-DL, OWL-Full)
- Alle Sprachen sind Standards des W3C
  
- + Regelsprachen (ORL, SWRL, RuleML,...)
- + Prozessbeschreibungssprachen (OWL-S, WSMO,...)



Aus: Tim Berners-Lee: <http://www.w3.org/2000/Talks/1206-xml2k-tbl/slide10-0.html>



## RDF

# RDF / RDFS Standards

---

- ... Technologien zur Wissensrepräsentation  
(Quelle: <http://www.w3.org/RDF/>)
- Resource Description Framework (RDF): Concepts and Abstract Syntax
  - Ziel: Grundkonzepte von RDF
  - Status : W3C Recommendation 2004
  - <http://www.w3.org/TR/rdf-concepts>
- RDF/XML Syntax Specification (Revised)
  - Ziel: Repräsentationssprache für RDF
  - Status: W3C Recommendation 2004
  - <http://www.w3.org/TR/rdf-syntax-grammar>
- RDF Vocabulary Description Language 1.0: RDF Schema
  - Ziel: Einfache Modellierungsstrukturen
  - Status: W3C Recommendation 2004
  - <http://www.w3.org/TR/rdf-schema>

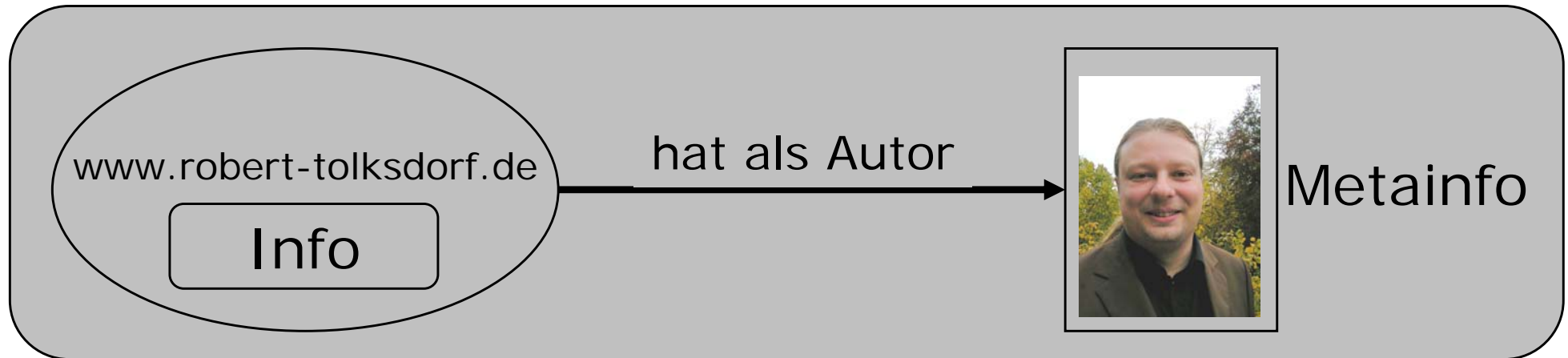
# RDF / RDFS Standards

---

- RDF Semantics
  - Ziel: Semantische Fundierung von RDF
  - Status: W3C Recommendation 2004
  - <http://www.w3.org/TR/rdf-mt/>
- RDF Primer
  - Ziel: Tutorial zu RDF
  - Status: W3C Recommendation 2004
  - <http://www.w3.org/TR/rdf-primer>
- RDF Test Cases
  - Ziel: Validierung von Implementierungen
  - Status: W3C Recommendation 2004
  - <http://www.w3.org/TR/rdf-testcases/>

# 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>`

Subjekt

Prädikat

Objekt

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

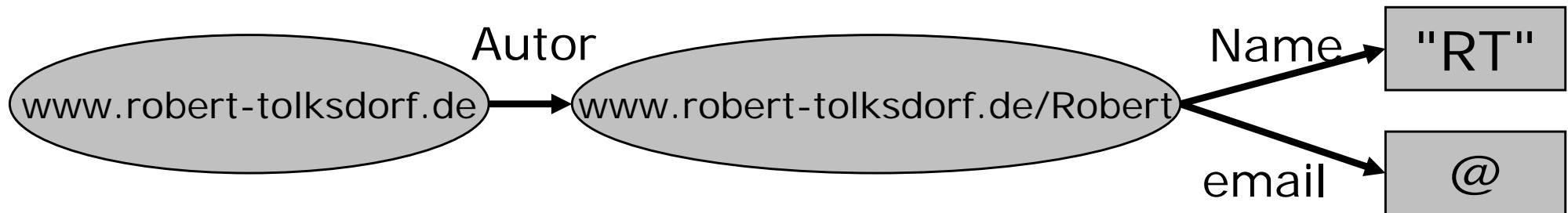
# Abkürzung

- 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

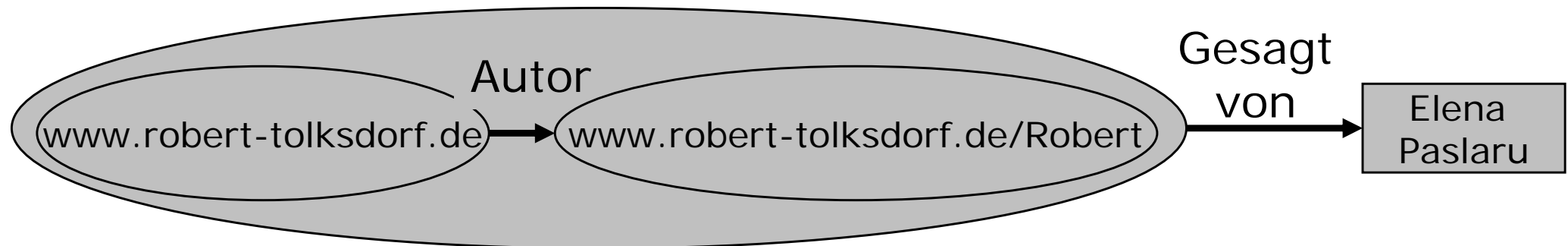
- Objekte können selber auch Subjekte sein:



- `<RDF ... >`  
`<Description about=`  
`"http: //www. robert -tol ksdorf. de/Robert"`  
`s: Name="Robert Tol ksdorf"`  
`s: email ="mai l@robert -tol ksdorf. de" />`  
`<Description`  
`about="http: //www. robert -tol ksdorf. de">`  
`<s: Autor resource=`  
`"http: //www. robert -tol ksdorf. de/Robert" />`  
`</Description>`  
`</RDF>`

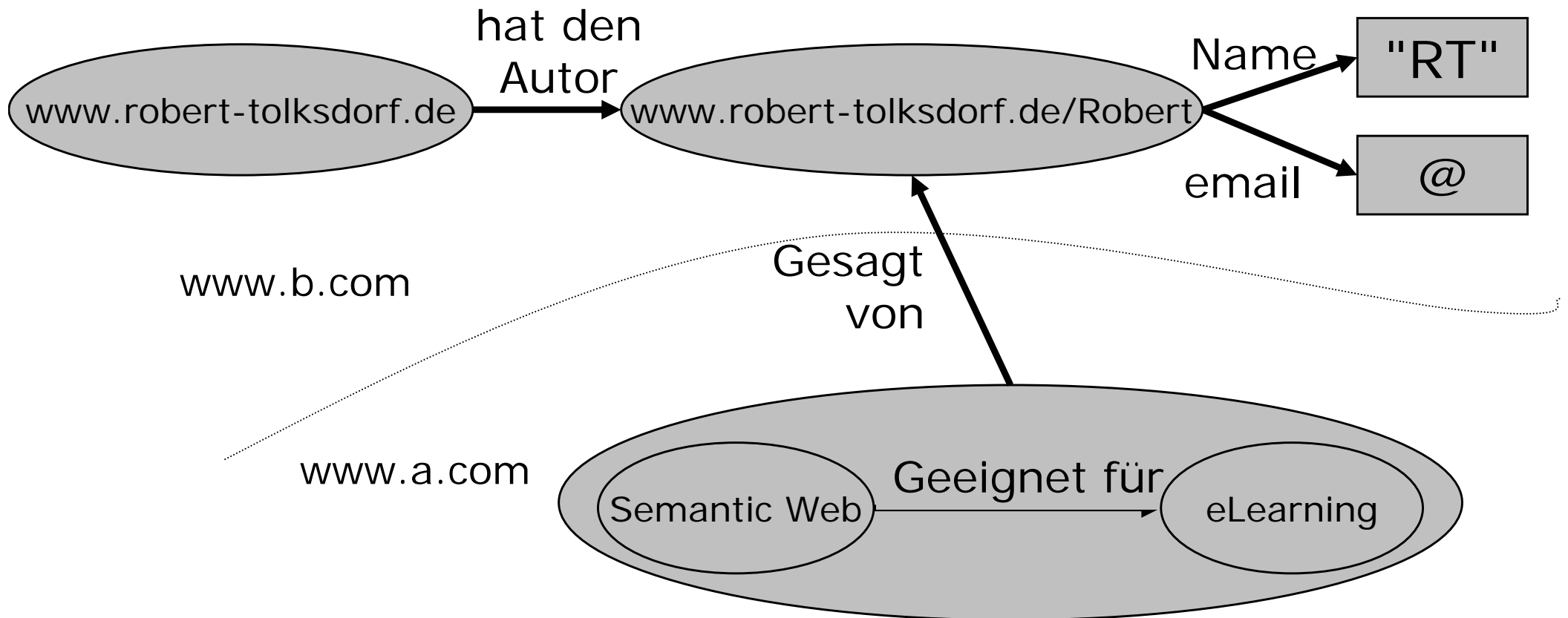
# Aussagen über Aussagen

- „Elena Paslaru 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>Elena Paslaru</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”

- 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 Containers

---

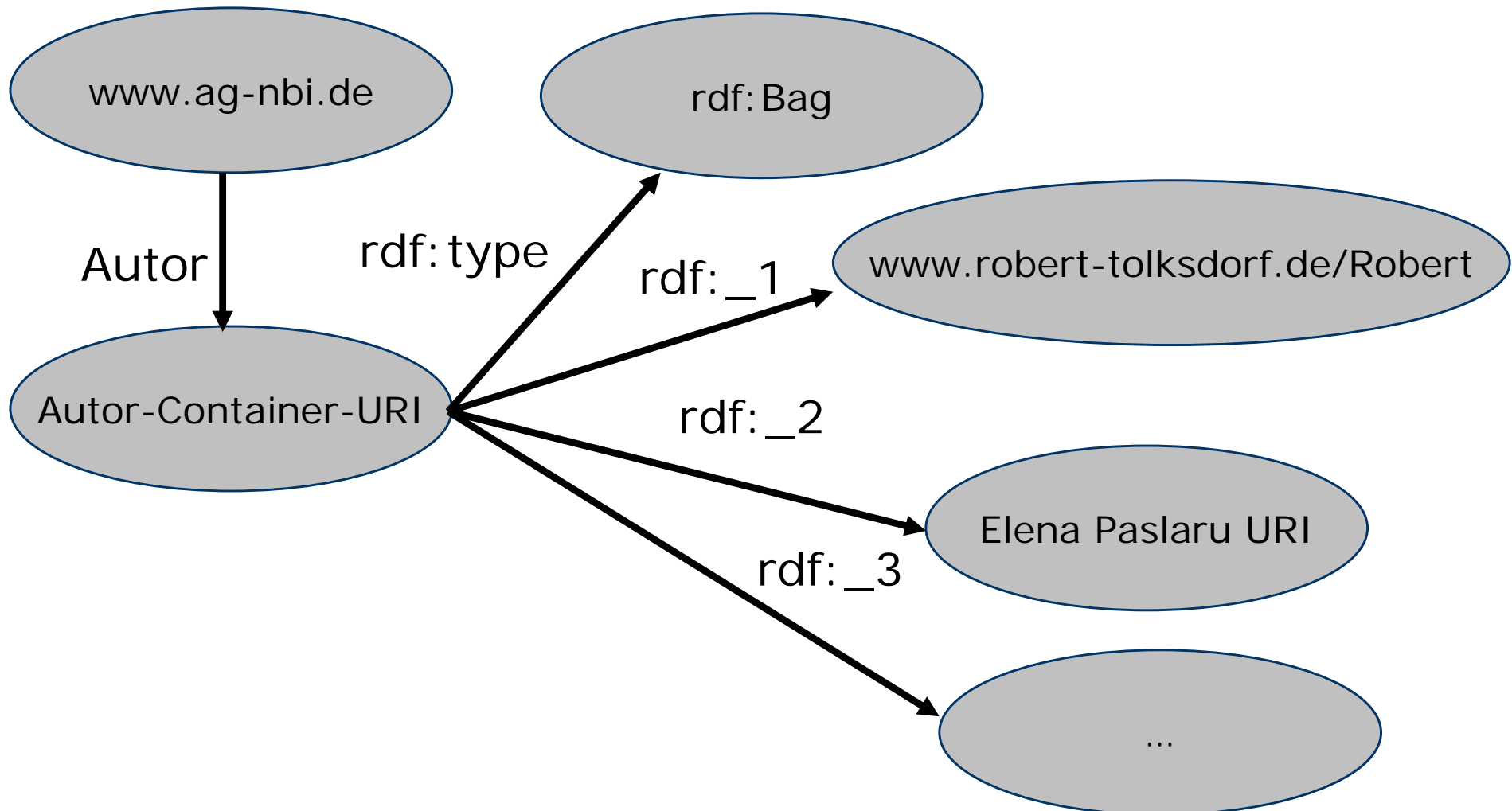
- Mengenobjekte (geordnet, ungeordnet, mit Duplikaten, ohne Duplikaten, *offen*)
- Ermöglichen Aussagen über mehrere Ressourcen
- Platzhalter für komplexe Mengenobjekte (vs. Blank Node)

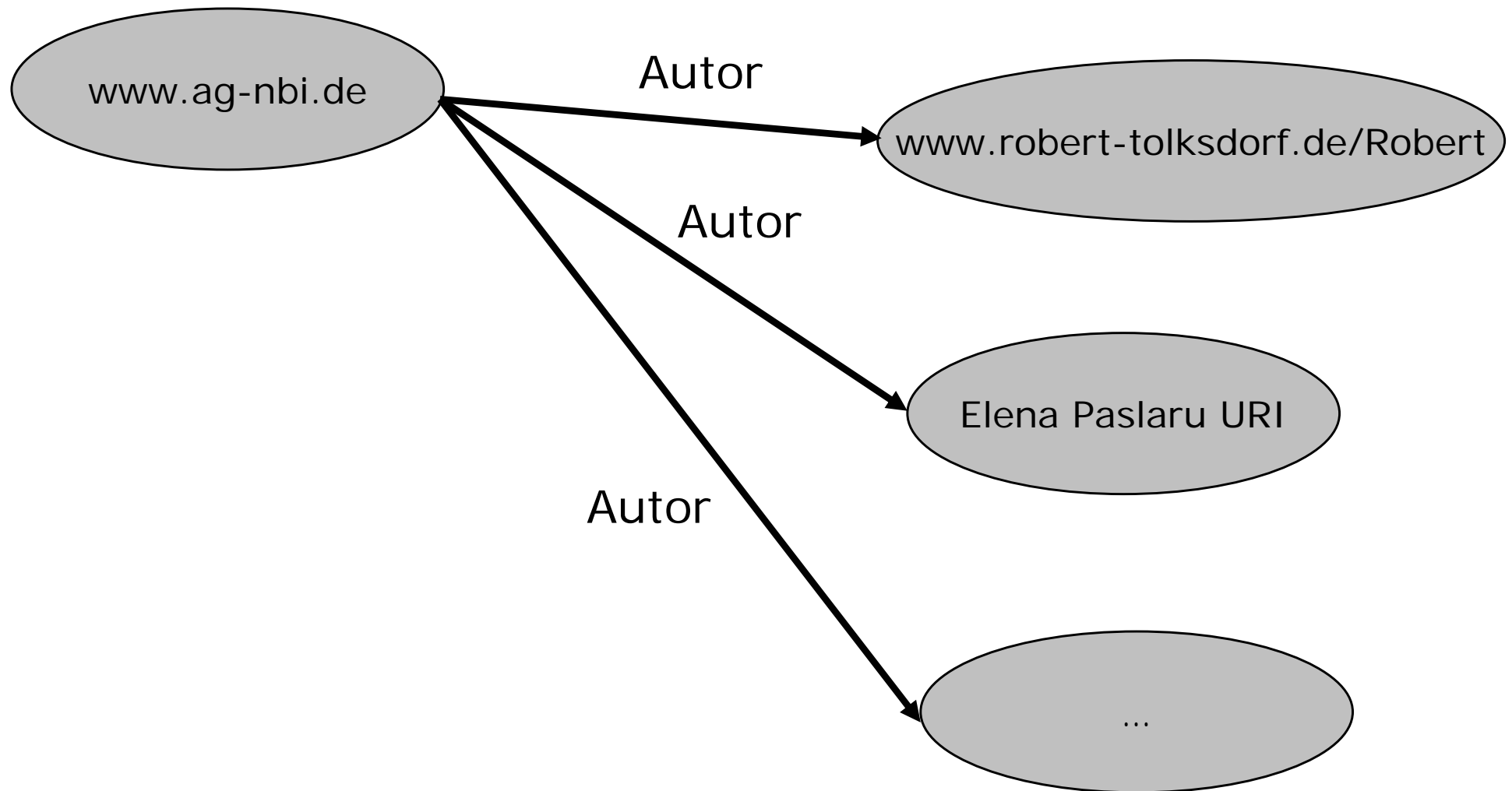
# Container-Typen

- 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 Elena Paslaru und ...





# 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://iv.cs.tu-berlin.de">
  <s: Autor>
    <Bag>
      <li resource=
        "http://www.robert-tolksdorf.de/Robert" />
      <li resource=
        "http://iv.cs.tu-berlin.de/Webmaster" />
    </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.tu-berlin.de">
    <s:Fakultaeten>
      <Seq ID="fakultaeten">
        <li resource=
          "http://www.tu-berlin.de/fak1/index.html"/>
        <li resource=
          "http://www.math.tu-berlin.de/FakII"/>
        ...
      </Seq>
    </s:Fakultaeten >
  </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">
  <externs:creation-date>
    August 16, 1999
  </externs:creation-date>
</rdf:Description>
```
- aboutEach
  - URI eines Container
  - Property auf alle Elemente angewendet
- aboutEachPrefix
  - URI Präfix
  - Eigenschaft auf alle Ressourcen mit dem Präfix angewendet

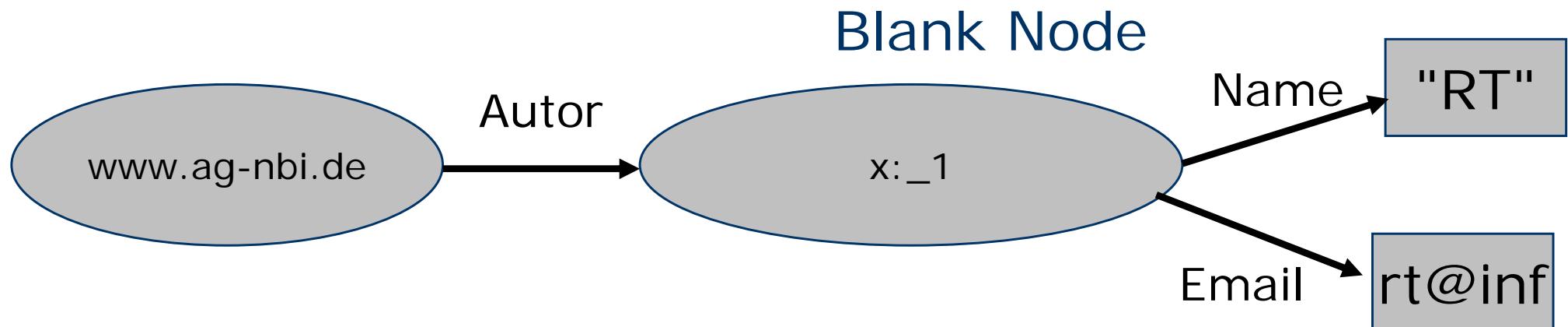
# RDF Collections

---

- 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

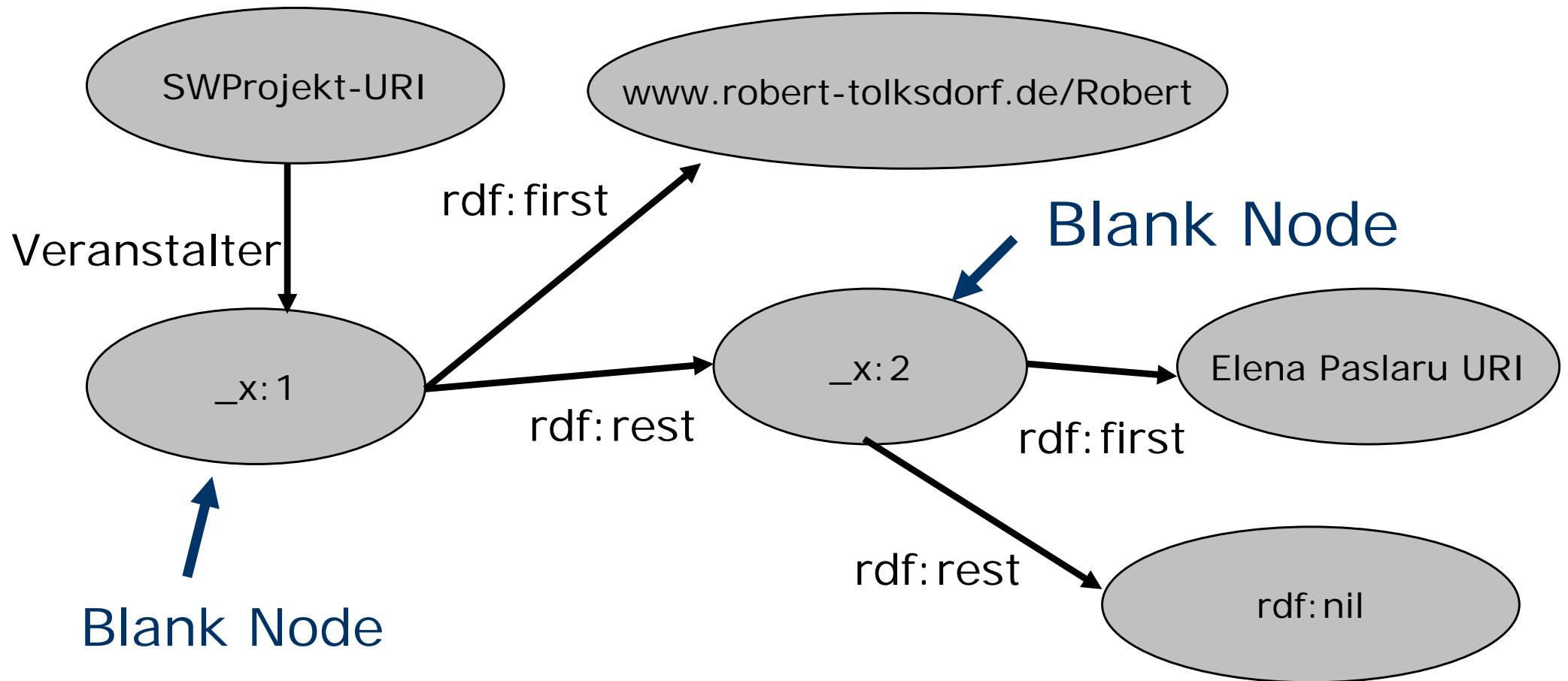
- Anonyme Ressourcen (haben keine URI)
- Platzhalter für komplexe Objekte
- Ressourcen von unbekanntem Typ



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

# Beispiel

- Aussage: Das Projekt „Semantic Web“ wird veranstaltet von Robert Tolksdorf und Elena Paslaru



# RDF Syntax

- Datenmodell
  - Graphenstruktur: Knoten (Ressourcen, Werte), Kanten (Properties)
- Verschiedene syntaktische Formate
  - RDF/XML Syntax
  - N3
  - ...

# Beispiel XML/RDF

```
<rdf:RDF>
```

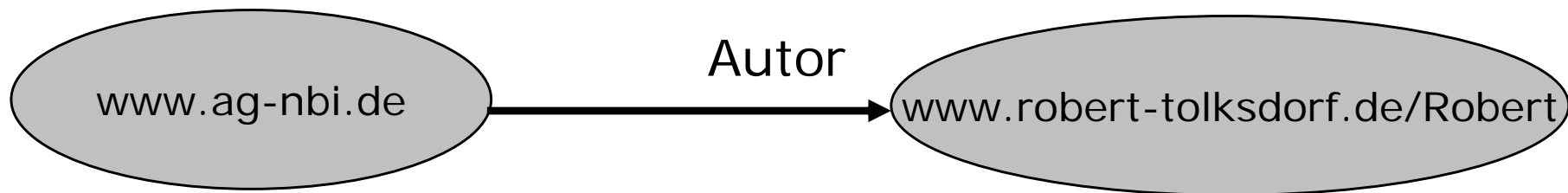
```
<rdf:Description about="http://www.ag-nbi.de">
```

```
<Autor
```

```
  rdf:resource="http://robert.tolksdorf.de/Robert" />
```

```
</rdf:Description>
```

```
</rdf:RDF>
```

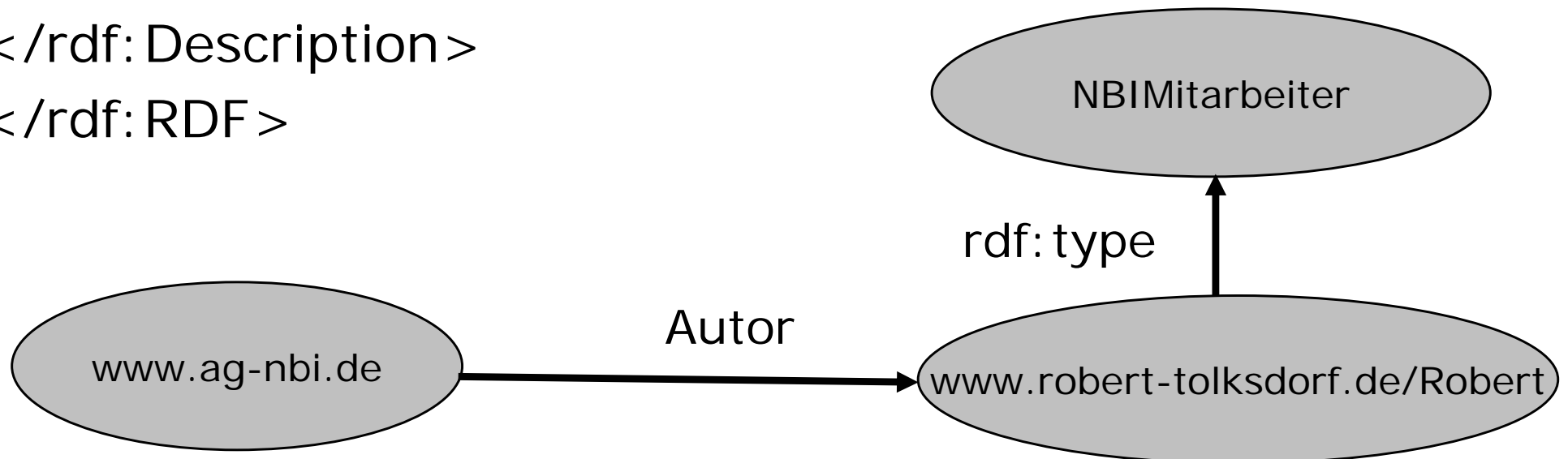


# Alternative

```

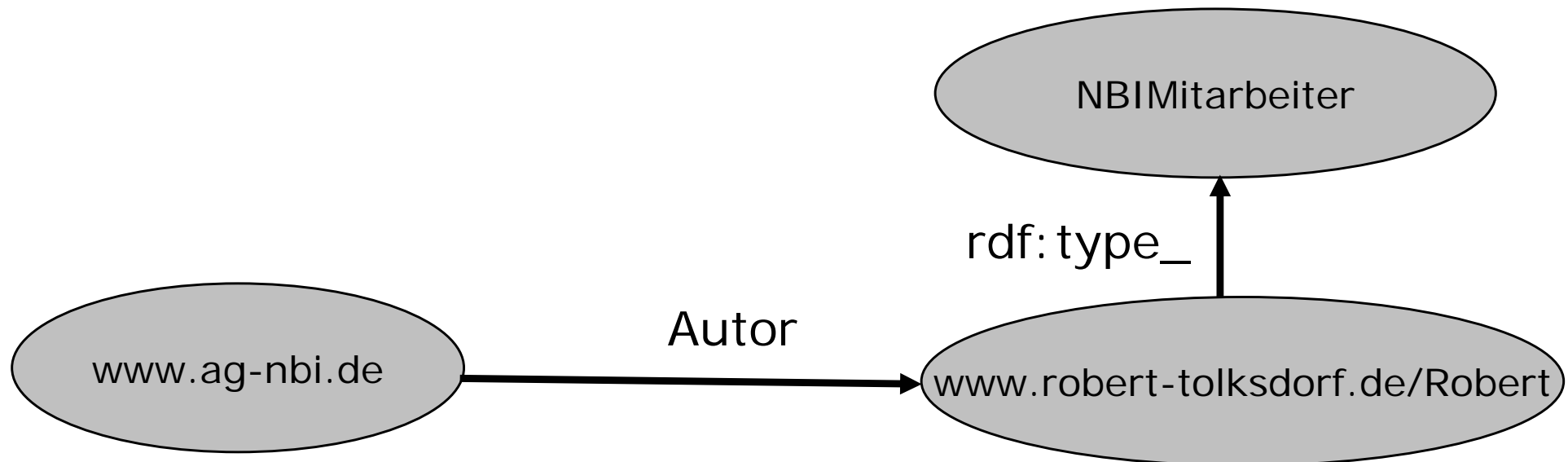
<rdf: RDF >
<rdf: Description about="http://www.ag-nbi.de" >
  <Autor >
    <NBIMitarbeiter
      rdf:resource="http://robert.tolksdorf.de/Robert"/ >
  </Autor >
</rdf: Description >
</rdf: RDF >

```



# Das gleiche in N3

`www.ag-nbi.de ns:Autor www.robert-tolksdorf.de/Robert`  
`www.robert-tolksdorf.de/Robert rdf:type ns:NBIMitarbeiter`



# Warum ist RDF nicht ausreichend?

- RDF
  - Sprache für die Darstellung von Aussagen im Web
  - definiert ein Datenmodell:
    - Ressourcen minimal typisiert
    - Semantik der Ressourcen minimal spezifiziert
- Notwendig
  - Erweiterung von RDF für die Beschreibung von semantisch komplexere Vokabularien



## RDF Schema

# RDF Schema

---

- Mit den grundlegenden RDF Mechanismen lassen sich einfache Aussagen auf vielfältige Weise treffen
- Mit RDF Schema werden einige Typen von Aussagen eingeführt, mit denen Schemas möglich werden, mit denen nützliche Modellierungsaussagen getroffen werden können:
  - "Jede Webseite hat einen Autor"
  - "Webseiten sind elektronische Dokumente"

# RDF Schema

- Elektronischen Dokumente bilden eine Klasse:  

```
<rdf: Description rdf: ID="el ectroni cDocument" >  
<rdf: type rdf: resource=  
    "http: //www. w3. org/2000/01/rdf-schema#Cl ass" />  
</rdf: Descri pti on>
```
- Web-Seiten sind elektronische Dokumente  

```
<rdf: Descri pti on rdf: ID="webPage" >  
<rdf: type rdf: resource=  
    "http: //www. w3. org/2000/01/rdfschem a#Cl ass" />  
<rdfs: subCl assOf rdf: resource="#el ectroni cDocument" />  
</rdf: Descri pti on>
```
- Web-Seiten haben eine URL  

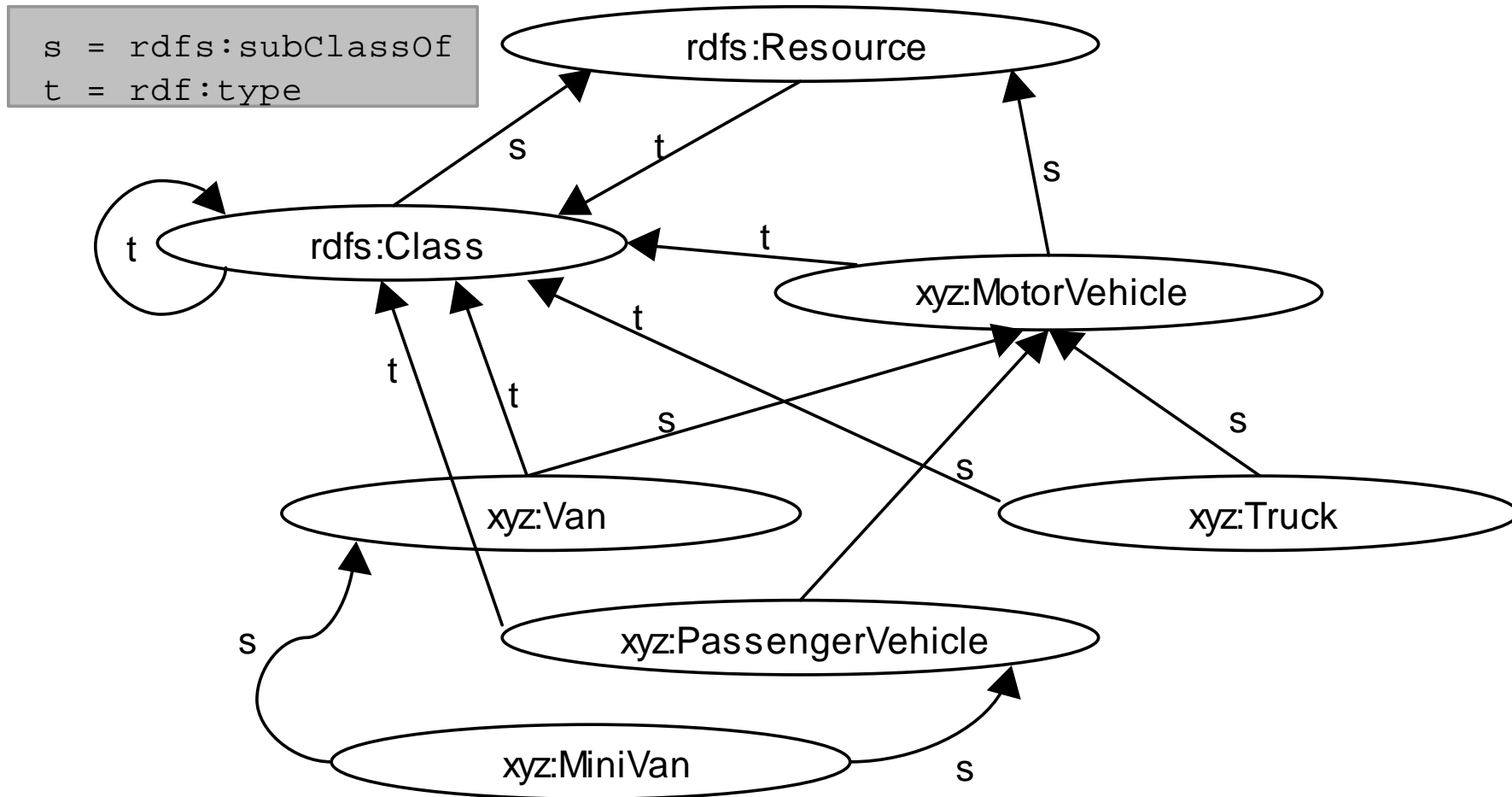
```
<rdf: Property rdf: ID="URL" >  
<rdfs: domai n rdf: resource="#webPage" />  
<rdfs: range rdf: resource=  
    "http: //www. w3. org/2001/XMLSchema#stri ng" />  
</rdf: Property>
```

- `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>
```

- `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>`



- `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>`

- `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>
```

- `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>
```

- `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

- rdfs: seeAlso so  
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>]

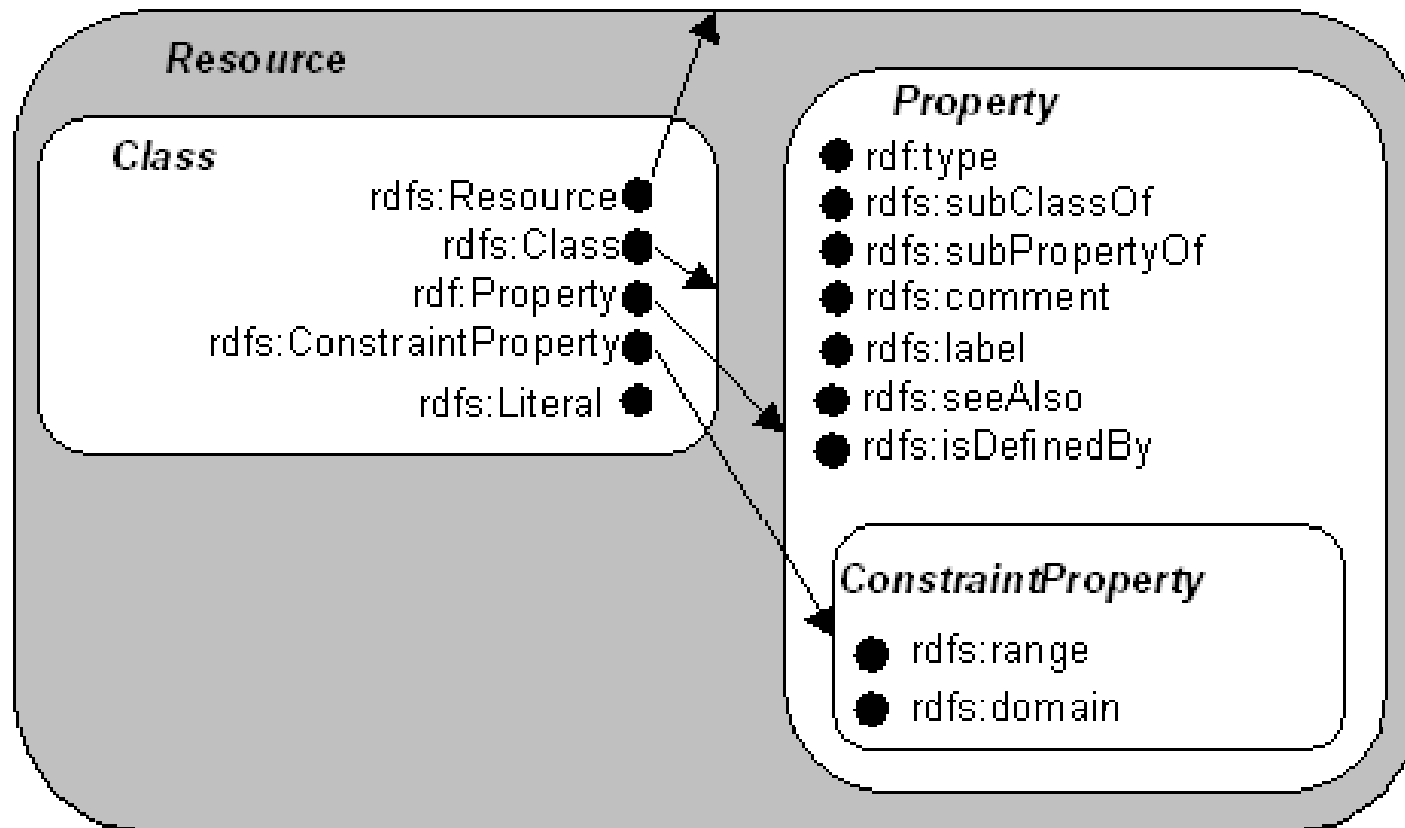


Abb.: © 2001 W3C

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



**OWL**

# Nutzbarkeit von Metadaten

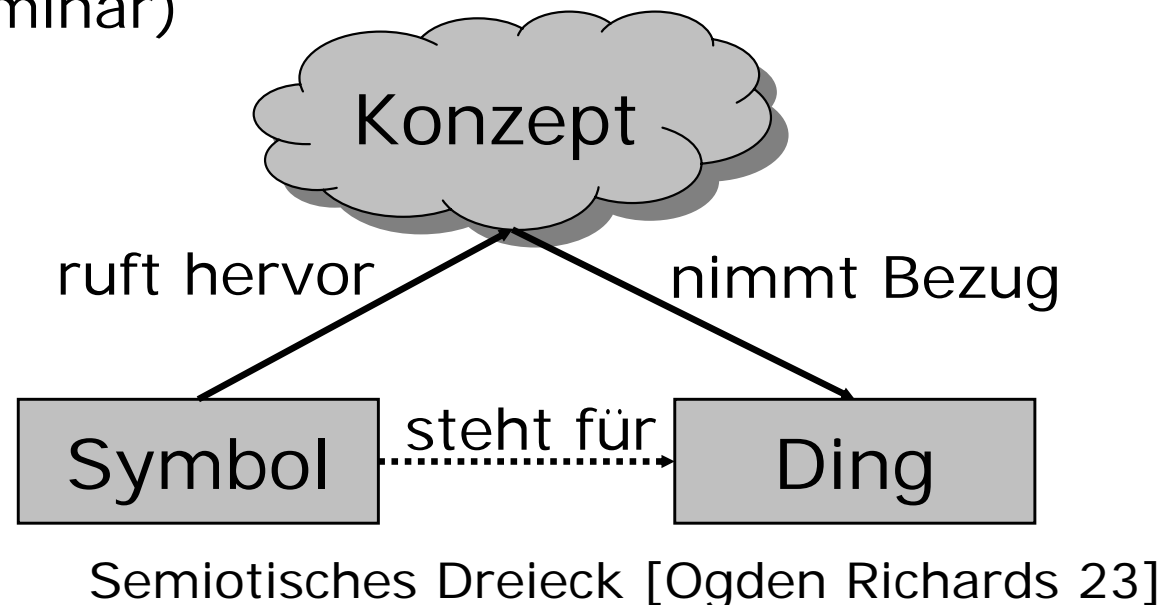
- Damit Metadaten nutzbar sind
  - muss der Informationsanbieter sich so ausdrücken, dass Informationsnutzer ihn verstehen
  - muss der Informationsnachfrage so fragen, dass er etwas finden kann
- Gemeinsame Benutzung von Konzepten
- Gemeinsame Sprache
- Ontologie zur Definition einer gemeinsamen Sprache

- Wie sind Aussagen zu interpretieren?
- "Ich möchte einen Schein haben"
- Menschen wissen, dass ein Universitätsstudent damit einen Leistungsnachweis meint (oder will jemand 100€ kassieren?)
- Maschinen fehlt dieser Kontext aus Begriffen und Zusammenhängen
- Der rein textuelle Begriff führt nicht weiter (Geldschein, Führerschein, Heiligenschein...)

# Gemeinsame Sprache

- Gemeinsame Sprache enthält
  - Definiertes Vokabular (Lexeme)  
("Vorlesung", "Lecture", "Seminar", "Diplom", "Master")
  - Verständnis, welche Konzepte durch Lexeme bezeichnet werden  
(Lecture, Seminar, Master (?))
  - Verständnis, welche Beziehungen bezeichnet werden  
(Student besucht Seminar)

- Ontologie:  
"An ontology is a specification of a conceptualization"  
[Gruber 93]



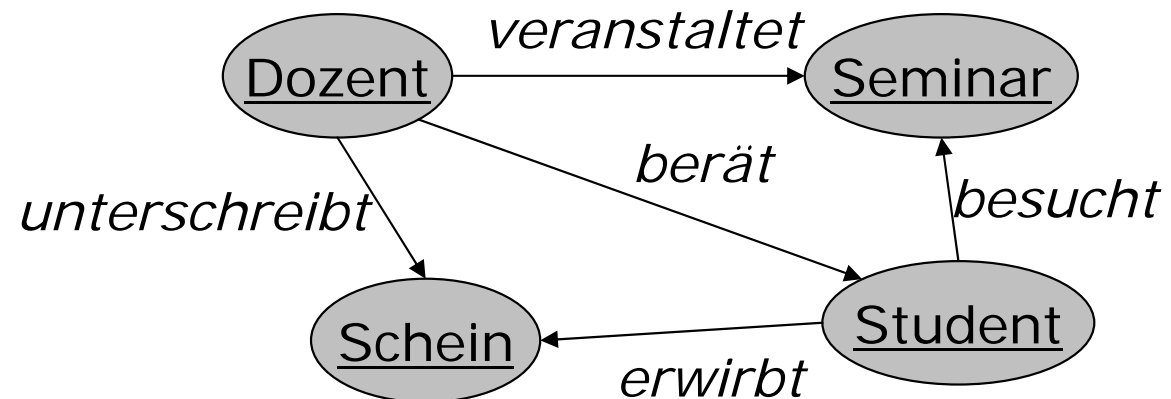
# Ontologie

- Ist Beschreibung einer Wissensdomäne mit
  - Standardisierter Terminologie (Klassen, Axiome etc) für Konzepte
  - Beziehungen zwischen Konzepten
  - Ableitungsregeln
- Ziel:  
Einschränkung der Interpretationsmöglichkeiten von Symbolen
- Dadurch: Gemeinsame Sprache
- Dadurch: Wissensaustausch möglich

# Ontologie vs. Taxonomie

- **Ontologie:**

- Graph aus inhaltlichen Bezügen



- **Taxonomie:**

- hierarchische (oder poly-hierarchische) Klassifikation von Begriffen

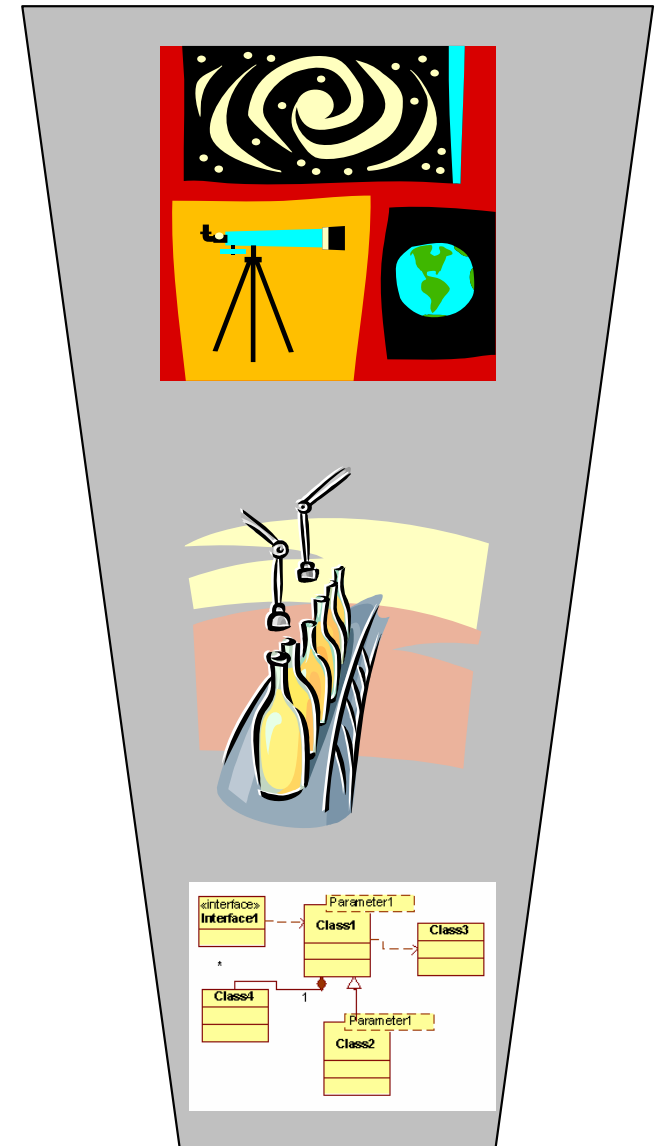
- *Universitätsangehörige*
  - *Studierende*
  - *Dozenten*
- *Veranstaltungen*
  - *Seminar*
  - *Vorlesung*
- *Leistungsnachweise*
  - *Schein*
  - *Diplom*

# Weitere Abgrenzungen

- Kontrolliertes Vokabular
  - Liste definierter Schlagworte/Terme
  - zur Klassifikation, Indexierung, Suche
  - keinerlei inhaltlichen Bezüge
- Thesaurus
  - Ursprünglich Liste von Synonymen
  - Zusätzlich: Bezüge zwischen Begriffen (siehe auch, verwandt)
  - Ziel: Hilfe zum Auffinden von Begriffen
  - „Ontology: A thesaurus gone mad“

# Arten von Ontologien

- Top Level Ontologien
  - Domänenüberschreitend
  - Allgemeine Konzepte
  - Person, Mensch, Tätigkeit, Artefakt
  
- Domain Ontologien
  - Auf bestimmten Bereich bezogen
  - Dozent, Veranstaltungsbesuch, Schein
  
- Als Ontologien verpackte Daten- und Klassenmodelle



# Top Level Ontologien

- Es gibt hinreichende Ansätze zu Top-Level Ontologien
  - Cyc/OpenCyc (<http://www.opencyc.com>)
    - 6000 Konzepte, 60000 Aussagen
  - WordNet (<http://www.cogsci.princeton.edu/~wn>)
    - 146350 Lexeme
  - IEEE P1600.1 Standard Upper Ontology (SUO) Working Group (<http://suo.ieee.org>)

# Domänenontologien

- Es gibt hinreichend Domänenontologien, oft aber nur Klassifikationsschemata
  - UMLS (Medizinische Klassifikationen, Semantische Netze, <http://www.nlm.nih.gov/research/umls>)
  - ICD10 (Krankheiten)
  - Produktschemata (eCl@ss, <http://www.eclass.de>)
  - Indexierungsschemata (Bibliotheken)
- DAML Ontology Library (<http://www.daml.org/ontologies>)

# Anwendung von Ontologien

- Kommunikation
  - Verständnis durch gleichen Bedeutungszusammenhang
- Automatisches Schließen
  - Anwendung von Regeln auf Wissen
  - Inferieren neuen Wissens
- Repräsentation von Wissen
  - Explizite Notation von Wissen
  - Wiederverwendung

# Web Ontology Language OWL

- OWL verfeinert und erweitert Modellierungsmöglichkeiten von RDF
- Es gibt abgesicherte und nicht abgesicherte Web-Seiten:

```
<owl:Class rdf:ID="protectedPage" >
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#webPage"/>
</owl:Class>
```

```
<owl:Class rdf:ID="unprotectedPage" >
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#webPage"/>
  <owl:disjointWith rdf:resource="#protectedPage"/>
</owl:Class>
```

- Klasse **car**:

```
<owl:Class rdf:ID="Car" >  
  <rdfs:comment>no car is a person</rdfs:comment>
```

- Ist Unterklasse einer anonymen Klasse und erfüllt auch deren Eigenschaften:

```
<rdfs:subClassOf>  
  <owl:Class >  
    <owl:complementOf rdf:resource="#Person"/>  
  </owl:Class >  
</rdfs:subClassOf>  
</owl:Class >
```

- Eigenschaften sind Relationen zwischen einem Objekt und

- a) anderen Objekten

```
<owl:ObjectProperty rdf:ID="hasParent">  
  <rdfs:domain rdf:resource="#Animal"/>  
  <rdfs:range rdf:resource="#Animal"/>  
</owl:ObjectProperty>
```

- b) Daten

```
<owl:DatatypeProperty rdf:ID="age">  
  <rdf:type rdf:resource=  
    "&owl;FunctionalProperty"/>  
  <rdfs:range  
    rdf:resource="http://www.w3.org/2000/10/  
    XMLSchema#nonNegativeInteger"/>  
</owl:DatatypeProperty>
```

# Modellierungskonzepte

- Inverse Eigenschaften

```
<owl:ObjectProperty rdf:ID="hasChild">
  <owl:inverseOf rdf:resource="#hasParent"/> ...
```

- Transitive Eigenschaften

```
<owl:ObjectProperty rdf:ID="descendant">
  <rdf:type rdf:resource="&owlTransitiveProperty"/> ...
```

- Synonyme

```
<owl:ObjectProperty rdf:ID="hasMom">
  <owl:samePropertyAs rdf:resource="#hasMother"/> ...
```

```
<owl:Class rdf:ID="Mom">
  <owl:sameClassAs rdf:resource="#Mother"/> ...
```

# Eigenschaften genauer modellieren

- Eltern von Personen sind Personen:  
<owl:Class rdf:ID="Person" >  
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Animal"/>  
  <rdfs:subClassOf >  
    <owl:Restriction >  
      <owl:onProperty rdf:resource="#hasParent"/>  
      <owl:allValuesFrom rdf:resource="#Person"/>  
    </owl:Restriction >  
  </rdfs:subClassOf >
- Personen haben genau einen Vater:  
  <rdfs:subClassOf >  
    <owl:Restriction >  
      <owl:onProperty rdf:resource="#hasFather"/>  
      <owl:cardinality >1 </owl:cardinality >  
    </owl:Restriction >  
  </rdfs:subClassOf >  
<owl:Class/>

# OWL Varianten

- OWL-Full
  - Volle Modellierungsmächtigkeit  
(z.B. Individuen können gleichzeitig als Klassen gelten)
  - Nicht entscheidbar!!
- OWL-DL
  - OWL-Full + Trennung zwischen Individuen und Klassen + Einschränkung des RDF-Vokabulars + Einschränkungen auf Kardinalitäten + ...
  - Entscheidbar in nicht-exponentieller Zeit
- OWL-Lite
  - OWL-DL + weitere Einschränkungen auf Kardinalitäten + ...
  - Entscheidbar in exponentieller Zeit

# Beispiel CIM/XML

---

- EPRI (Electric Power Research Institute) Common Information Model (IEC 61970-301) (CIM) Extensions for Electrical Distribution and Asset Modeling
  - Ziel: Rahmen zur Modellierung von Stromverteilung und entsprechenden Geräten
  - Status: IEC Entwicklung
  - Quellen: <http://standards.ces.com/cim/>  
<http://standards.ces.com/cim/cim7f/CIM-schema-cimu07f.xml>
- Modell aus der Domäne "Elektrik"

# Klassen und Eigenschaften

```
<rdfs:Class rdf:ID="PowerSystemResource">
  <rdfs:Label xml:lang="en">PowerSystemResource</rdfs:Label >
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="rdfs:Resource" />
  <rdfs:comment>"A power system component that can be either an individual
  element such as a switch or a set of elements such as an substation.
  PowerSystemResources that are sets could be members of other sets. For
  example a Switch is a member of a Substation and a Substation could be a
  member of a division of a Company"</rdfs:comment>
</rdfs:Class>
```

```
<rdfs:Class rdf:ID="Breaker">
  <rdfs:Label xml:lang="en">Breaker</rdfs:Label >
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Switch" />
  <rdfs:comment>"A mechanical switching device capable of making, carrying,
  and breaking currents under normal circuit conditions and also making,
  carrying for a specified time, and breaking currents under specified
  abnormal circuit conditions e.g. those of short circuit. The typeName is
  the type of breaker, e.g., oil, air blast, vacuum, SF6."</rdfs:comment>
</rdfs:Class>
```

```
<rdf:Property rdf:ID="Breaker.ampRating">
  <rdfs:Label xml:lang="en">ampRating</rdfs:Label >
  <rdfs:domain rdf:resource="#Breaker" />
  <rdfs:range rdf:resource="#CurrentFlow" />
  <rdfs:comment>"Fault interrupting rating in amperes"</rdfs:comment>
</rdf:Property>
```

# Eigenschaften

```
<rdf:Property rdf:ID="Breaker.OperatedBy">
  <rdfs:label xml:lang="en">OperatedBy</rdfs:label>
  <rdfs:domain rdf:resource="#Breaker" />
  <rdfs:range rdf:resource="#ProtectionEquipment" />
  <cims:inverseRoleName rdf:resource="#ProtectionEquipment.Operates" />
  <cims:multiplicity rdf:resource="http://www.cim-
    logic.com/schema/990530#M:0..n" />
  <rdfs:comment>"Circuit breakers may be operated by
    protection relays."</rdfs:comment>
</rdf:Property>
```

```
<rdf:Property rdf:ID="ProtectionEquipment.Operates">
  <rdfs:label xml:lang="en">Operates</rdfs:label>
  <rdfs:domain rdf:resource="#ProtectionEquipment" />
  <rdfs:range rdf:resource="#Breaker" />
  <cims:inverseRoleName rdf:resource="#Breaker.OperatedBy" />
  <cims:multiplicity rdf:resource="http://www.cim-
    logic.com/schema/990530#M:0..n" />
  <rdfs:comment>"Circuit breakers may be operated by
    protection relays."</rdfs:comment>
</rdf:Property>
```

# Beispiel GO

- Gene Ontology
  - Ziel: "The goal of the Gene Ontology Consortium is to produce a dynamic controlled vocabulary that can be applied to all organisms even as knowledge of gene and protein roles in cells is accumulating and changing"
  - Status: Datensammlung, Public Domain
  - Quelle: <http://www.geneontology.org/>

- Originaldaten:

term: myosi n

goi d: GO: 0016459

defi ni ti on: A protein complex that functions as a molecular motor; uses the energy of ATP hydrolysis to move actin filaments or to move vesicles or other cargo on fixed actin filaments; has magnesium-ATPase activity and binds actin.

defi ni ti on\_reference: ISBN: 96235764

term: myosi n ATPase

goi d: GO: 0008570

defi ni ti on: The hydrolysis of ATP by myosin that provides the energy for actomyosin contraction.

defi ni ti on\_reference: NC-IUBMB: Proposed Changes to the Enzyme List concerning ATPases and GTPases

# GO Oberes Modell

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<!DOCTYPE go:go>
<go:go xmlns:go="http://www.geneontology.org/xml-dtd/go.dtd#"
      xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#" >
  <go:version timestamp="Wed May 9 23:55:02 2001" />

  <rdf:RDF>
    <go:term rdf:about="http://www.geneontology.org/go#GO:0003673" >
      <go:accession>GO:0003673</go:accession>
      <go:name>Gene_Ontology</go:name>
      <go:definition></go:definition>
    </go:term>

    <go:term rdf:about="http://www.geneontology.org/go#GO:0003674" >
      <go:accession>GO:0003674</go:accession>
      <go:name>molecular_function</go:name>
      <go:definition>The action characteristic of a gene
        product. </go:definition>
    <go:part-of rdf:resource="http://www.geneontology.org/go#GO:0003673" />
      <go:dbxref>
        <go:database_symbol>go</go:database_symbol >
        <go:reference>curators</go:reference>
      </go:dbxref>
    </go:term>
```

```
<go: term rdf: about="http://www.geneontology.org/go#GO:0016209" >
  <go: accession>GO:0016209</go: accession>
  <go: name>antioxidant</go: name>
  <go: definition></go: definition>
  <go: isa rdf: resource="http://www.geneontology.org/go#GO:0003674" />
  <go: association>
    <go: evidence evidence_code="ISS" >
      <go: dbxref>
        <go: database_symbol>fb</go: database_symbol >
        <go: reference>fbrf0105495</go: reference>
      </go: dbxref>
    </go: evidence>
  <go: gene_product>
    <go: name>CG7217</go: name>
    <go: dbxref>
      <go: database_symbol>fb</go: database_symbol >
      <go: reference>FBgn0038570</go: reference>
    </go: dbxref>
  </go: gene_product>
</go: association>
...
</go: term>
...
```

- T. R. Gruber. A translation approach to portable ontologies. Knowledge Acquisition, 5(2):199-220, 1993. [http://ksl-web.stanford.edu/KSL\\_Abstracts/KSL-92-71.html](http://ksl-web.stanford.edu/KSL_Abstracts/KSL-92-71.html)
- C.K. Odgen and I.A. Richards. The Meaning of Meaning: A Study of the Influence of Language upon Thought and of the Science of Symbolism. Routledge & Kegan Paul Ltd., London, 10 edition, 1923.
- Stefan Decker, Sergey Melnik, Frank Van Harmelen, Dieter Fensel, Michel Klein, Jeen Broekstra, Michael Erdmann, Ian Horrocks. The Semantic Web: The Roles of XML and RDF. IEEE Internet Computing September/October 2000 (Vol. 4, No. 5) pp. 63-74.
- Frank van Harmelen, Peter F. Patel-Schneider and Ian Horrocks, editors. Annotated DAML+OIL (March 2001) Ontology Markup. <http://www.daml.org/2001/03/daml+oil-walkthru.html>
- Frank van Harmelen, Peter F. Patel-Schneider and Ian Horrocks, editors. Reference description of the DAML+OIL (March 2001) ontology markup language. <http://www.daml.org/2001/03/reference.html>
- Frank van Harmelen, Peter F. Patel-Schneider and Ian Horrocks, editors. A Model-Theoretic Semantics for DAML+OIL (March 2001). <http://www.daml.org/2001/03/model-theoretic-semantics.html>
- Michael K. Smith, Deborah McGuinness, Raphael Volz, Chris Welty. Web Ontology Language (OWL) Guide Version 1.0. W3C Working Draft 4 November 2002. <http://www.w3.org/TR/owl-guide/>



## Zusammenfassung

- RDF
- RDF Schema
- Ontologien / OWL