



Semantic Web

Vorlesung

Dr. Harald Sack

Hasso-Plattner-Institut für Softwaresystemtechnik

Universität Potsdam

Wintersemester 2008/09



<http://sw0809.blogspot.com/>

Blog zur Vorlesung: <http://sw0809.blogspot.com/>

Mittwoch, 14. Januar 2009

Semantic Web - Vorlesungsinhalt

2

1. Einführung
2. Die Sprachen des Semantic Web
3. **Wissensrepräsentation**
4. Web of Trust
5. Ontology Engineering
6. Semantic Web Anwendungen



3. Wissensrepräsentationen

3.0 Motivation

3.1 Ontologien in der Philosophie

3.2 Ontologien in der Informatik

3.3 Ontologie Beschreibungssprachen

3.4 Ontologietypen

3.5 Wiederholung Aussagenlogik und Prädikatenlogik

3.6 Semantik von RDF(S)

3.7 Web Ontology Language OWL

3.8 Regeln mit SWRL / RIF

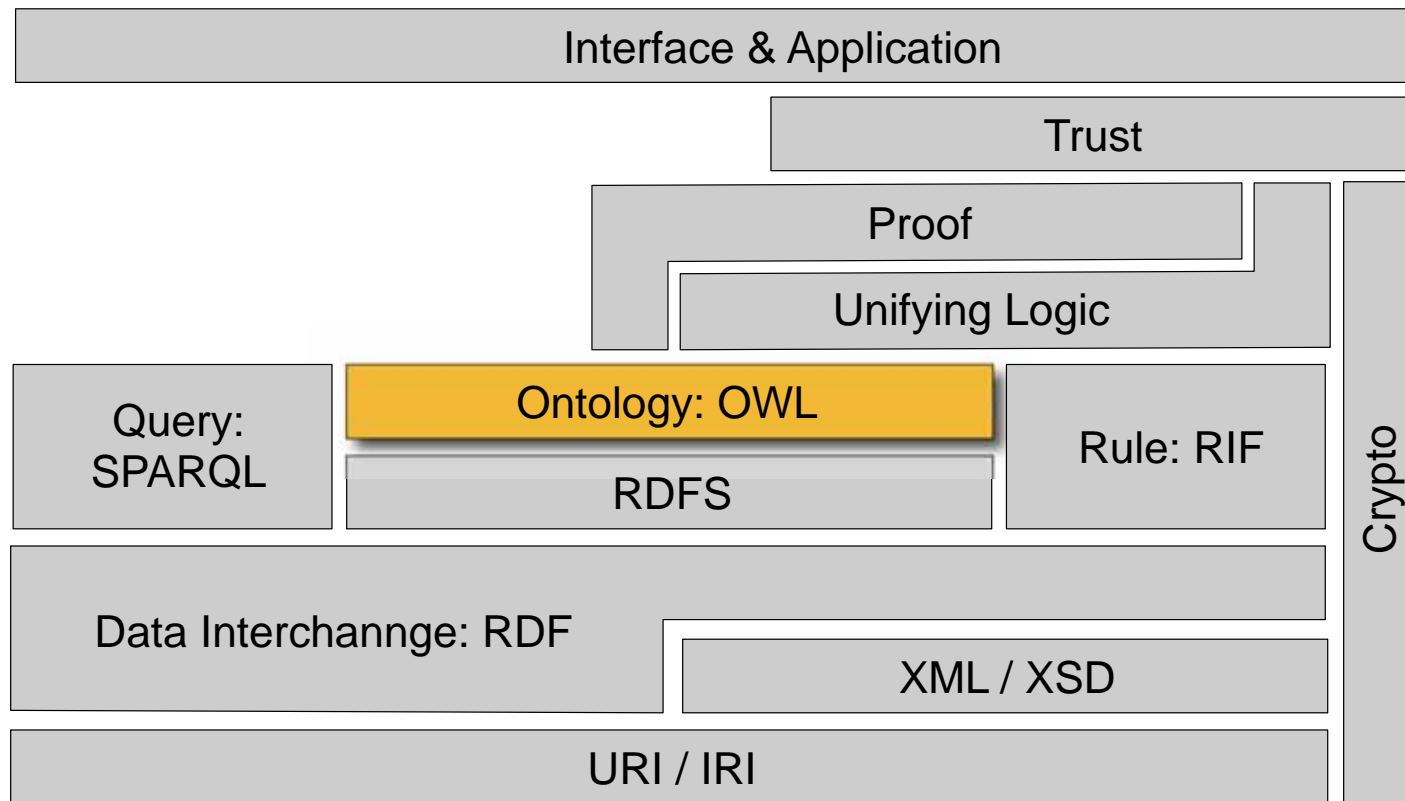
3.9 Logikbasierte Systeme

3. Wissensrepräsentationen

3.7 Web Ontology Language (OWL)

4

Semantic Web Architektur



3. Wissensrepräsentationen

3.7 Web Ontology Language (OWL)



5

3.7 Web Ontology Language (OWL)

3.7.1 Motivation

3.7.2 OWL - Übersicht

3.7.3 OWL Syntax

3.7.4 OWL Werkzeuge

3.7.5 OWL Semantik

3. Wissensrepräsentationen

3.7 Web Ontology Language (OWL) / 3.7.1. Motivation

6

Ontologien in der Informatik

An Ontology is a
formal specification ⇒ machine understandable
of a **shared** ⇒ group of people
conceptualization ⇒ about concepts
of a **domain of interest** ⇒ between general description and individual use

Tom Gruber, 1993



<http://tomgruber.org/>

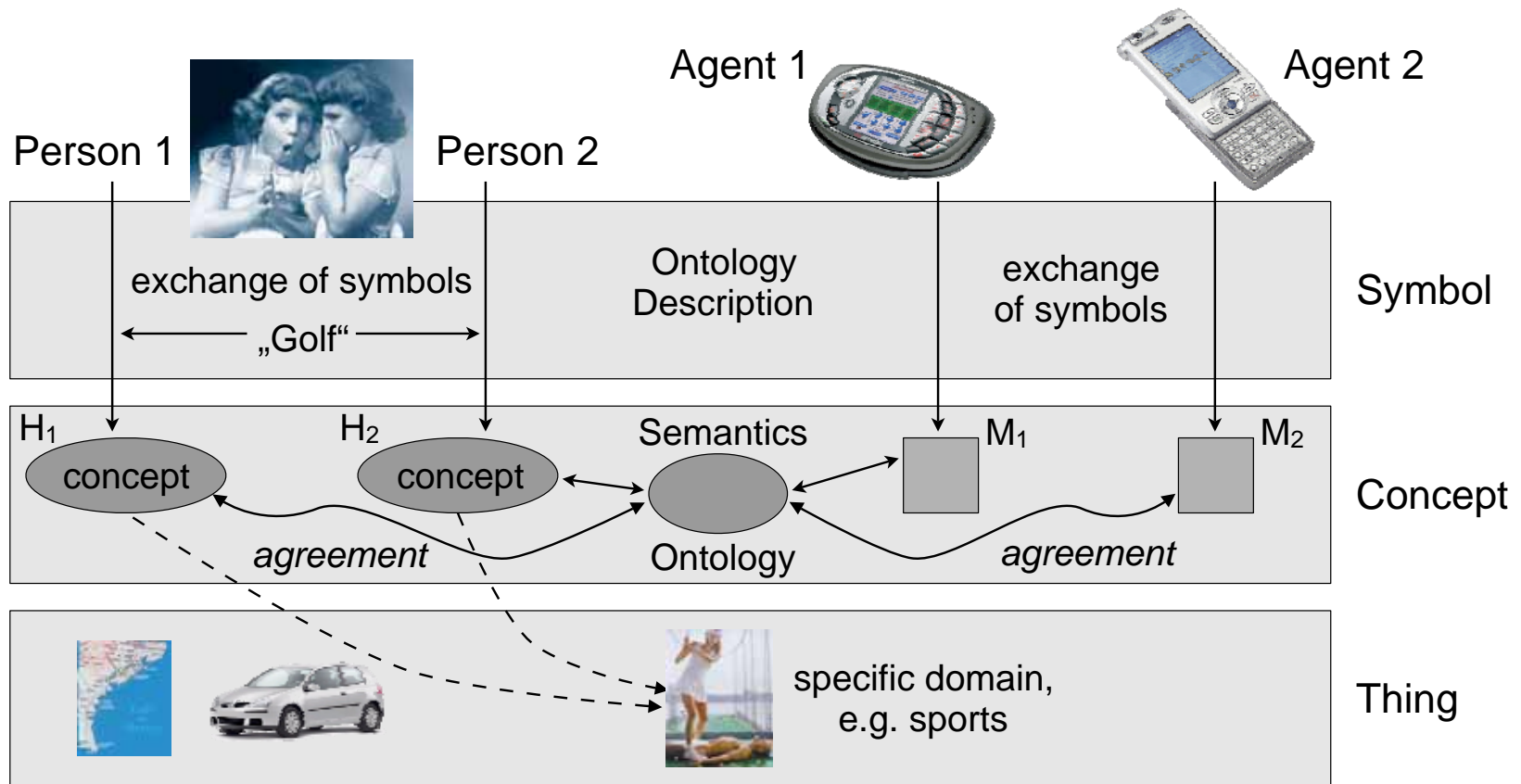
Vorlesung Semantic Web, Dr. Harald Sack, Hasso-Plattner-Institut, Universität Potsdam

3. Wissensrepräsentationen

3.7 Web Ontology Language (OWL) / 3.7.1. Motivation

7

Ontologien und Kommunikation



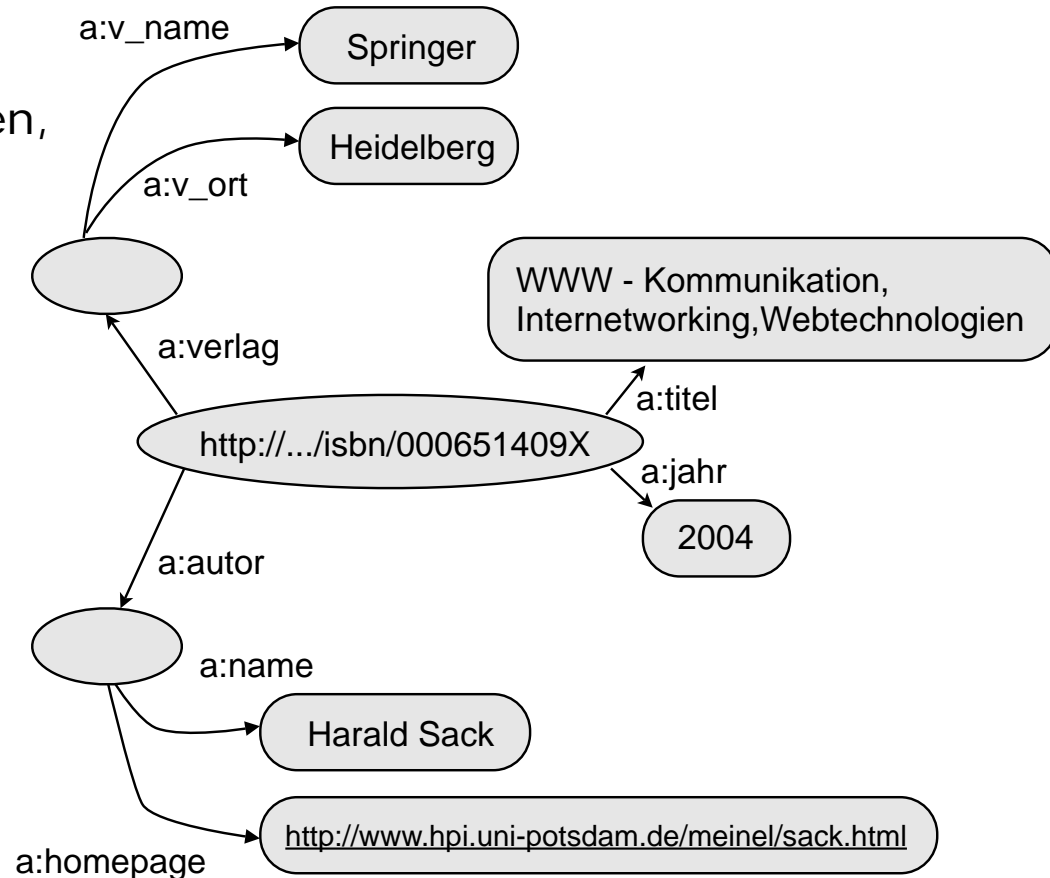
3. Wissensrepräsentationen

3.7 Web Ontology Language (OWL) / 3.7.1. Motivation

8

RDF und RDFS

- Definition von Klassen, Klassenhierarchien, Relationen, Constraints, Individuen
- zur Definition einfacher Ontologien geeignet
- für komplexere Modellierung aber nicht geeignet





Wir benötigen ein
ausdruckstärkeres
Mittel zur
Wissensrepräsentation

3. Wissensrepräsentationen

3.7 Web Ontology Language (OWL)



10

3.7 Web Ontology Language (OWL)

3.7.1 Motivation

3.7.2 OWL - Übersicht

3.7.3 OWL Syntax

3.7.4 OWL Werkzeuge

3.7.5 OWL Semantik

3. Wissensrepräsentationen

3.7 Web Ontology Language (OWL) / 3.7.2. Übersicht

1

OWL – Web Ontology Language



- W3C Recommendation seit 2004
- OWL Ontologie besteht aus
 - Klassen / Properties / Individuals (Instanzen von Klassen)
- Open World Assumption
 - „Fehlen von Information wird nicht als negative Information gewertet“
- Bsp.: mag(PersonA, GetränkB)
PersonA kann auch andere Getränke mögen...
- Keine Unique Name Assumption
- Verschiedenheit muss explizit ausgedrückt werden
 - Bsp.: PersonA kann die selbe Instanz bezeichnen wie PersonB

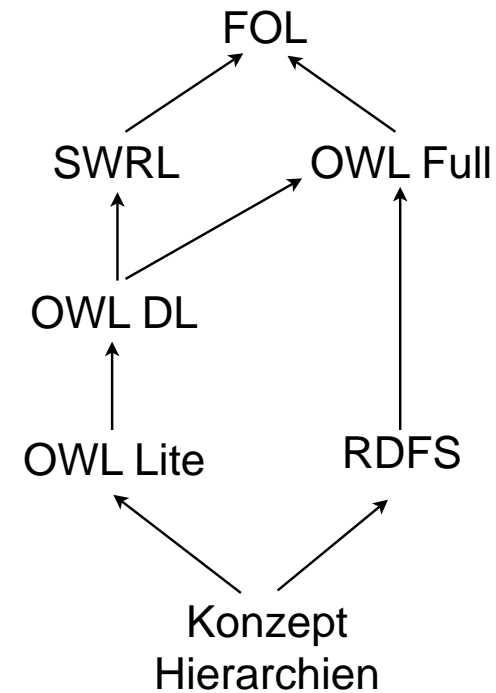
3. Wissensrepräsentationen

3.7 Web Ontology Language (OWL) / 3.7.2. Übersicht

12

OWL – Web Ontology Language

- Semantisches Fragment von FOL
- OWL existiert in 3 Varianten
 - $\text{OWL Lite} \subseteq \text{OWL DL} \subseteq \text{OWL Full}$
- RDFS ist Fragment von OWL Full
- OWL DL ist entscheidbar
- W3C-Dokumente enthalten Details, die hier nicht alle angesprochen werden können.



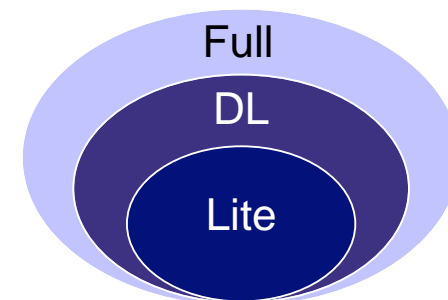
3. Wissensrepräsentationen

3.7 Web Ontology Language (OWL) / 3.7.2. Übersicht

13

OWL – Web Ontology Language

- OWL Lite (*SHIF(D)*)
 - Teilmenge von OWL DL , eingeschränkt (Keine Aufzählungsklassen, Kardinalität, Disjunktheit)
 - Komplexität ExpTime (worst case)
- OWL DL (Description Logic) (*SHOIN (D)*)
 - formal definierte Semantik
 - entscheidbar, vollständig, korrekt
 - Komplexität NExpTime (worst case)
- OWL Full
 - Vereinigung von OWL Syntax und RDFS
 - Metamodellierung (Schachtelung)
 - unentscheidbar



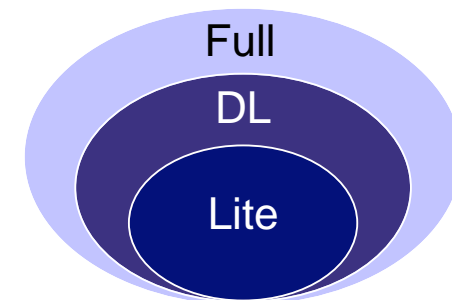
3. Wissensrepräsentationen

3.7 Web Ontology Language (OWL) / 3.7.2. Übersicht

14

OWL – Web Ontology Language

- Disjunktheit von Klassen
 - Bsp.: Klassen Person und Getränk sind disjunkt
- Inverse Properties
 - Bsp.: mag wird gemocht von
- Verschiedenheit von Instanzen
 - Bsp.: PersonA != PersonB
- Klassenbeschreibungen
 - Bsp.:
Klasse **Kaffeeliebhaber** besteht aus Mitgliedern der Klasse **Person**, die für das Property **mag** den Wert "**Kaffee**" besitzen



• Vorlesung Semantic Web, Dr. Harald Sack, Hasso-Plattner-Institut, Universität Potsdam

3. Wissensrepräsentationen

3.7 Web Ontology Language (OWL)



15

3.7 Web Ontology Language (OWL)

3.7.1 Motivation

3.7.2 OWL - Übersicht

3.7.3 OWL Syntax

3.7.4 OWL Werkzeuge

3.7.5 Semantik

3. Wissensrepräsentationen

3.7 Web Ontology Language (OWL) / 3.7.3. OWL-Syntax



16

OWL – Syntax

```
<owl:Class rdf:ID="Wein">  
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Getränk"/>  
</owl:Class>
```

RDF(S)-Syntax

```
class(a:Wine partial a:Getränk)
```

abstract Syntax

```
Wein  $\subseteq$  Getränk
```

DL-Syntax

3. Wissensrepräsentationen

3.7 Web Ontology Language (OWL) / 3.7.3. OWL-Syntax



17

OWL – RDF(S)-Syntax

- OWL-Dokumente sind RDF Dokumente (zumindest in der Standard-Syntax)
- OWL-Dokumente bestehen aus
 - Kopf mit allgemeinen Angaben
 - Rest mit der eigentlichen Ontologie

```
<rdf:RDF
  xmlns="http://www.semanticweb-grundlagen.de/beispielontologie#"
  xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
  xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#"
  xmlns:rdfs="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#"
  xmlns:owl="http://www.w3.org/2002/07/owl#" >
  ...
</rdf:RDF>
```

3. Wissensrepräsentationen

3.7 Web Ontology Language (OWL) / 3.7.3. OWL-Syntax



18

OWL – RDF(S)-Syntax

- OWL Document Header

```
<owl:Ontology rdf:about="">
  <rdfs:comment rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">
    SWRC Ontologie in der Version vom Januar 2009
  </rdfs:comment>
  <owl:versionInfo>v0.5</owl:versionInfo>
  <owl:imports rdf:resource="http://www.hpi.uni-potsdam.de/foo"/>
  <owl:priorVersion rdf:resource="http://www.semweb.de/swrc"/>
</owl:Ontology>
```

3. Wissensrepräsentationen

3.7 Web Ontology Language (OWL) / 3.7.3. OWL-Syntax



19

OWL Document Header

- von rdfs geerbt:
 - rdfs:comment
 - rdfs:label
 - rdfs:seeAlso
 - rdfs:isDefinedBy
- sonstiges:
 - owl:imports
- zur Versionierung:
 - owl:versionInfo
 - owl:priorVersion
 - owl:backwardCompatibleWith
 - owl:incompatibleWith
 - owl:DeprecatedClass
 - owl:DeprecatedProperty

3. Wissensrepräsentationen

3.7 Web Ontology Language (OWL) / 3.7.3. OWL-Syntax



20

OWL – Klassen, Rollen und Individuen

- Ontologieaxiome setzen sich aus drei Bausteinen zusammen:
 - **Klassen**
 - Vergleichbar mit Klassen in RDFS
 - **Individuen**
 - Vergleichbar mit Objekten in RDFS
 - **Rollen**
 - Vergleichbar mit Properties in RDFS

3. Wissensrepräsentationen

3.7 Web Ontology Language (OWL) / 3.7.3. OWL-Syntax



21

OWL – Klassen

- es existieren zwei vordefinierte Klassen
 - **Thing** (Klasse, die alle Individuals enthält)
 - **Nothing** (leere Klasse)
- Definition einer Klasse

```
<owl:Class rdf:ID="Wein"/>
```

3. Wissensrepräsentationen

3.7 Web Ontology Language (OWL) / 3.7.3. OWL-Syntax

22

OWL – Individuen

- Individuendefinition über Klassenzugehörigkeit

```
<rdf:Description rdf:ID="WegelerRheingauRiesling" >  
  <rdf:type rdf:resource="Wein"/>  
</rdf:Description>
```

- gleichbedeutend:

```
<Wein rdf:ID="WegelerRheingauRiesling"/>
```

3. Wissensrepräsentationen

3.7 Web Ontology Language (OWL) / 3.7.3. OWL-Syntax



23

OWL – Rollen

- es existieren zwei Varianten:
 - abstrakte Rollen (Object Properties)
 - konkrete Rollen (Datatype Properties)
- abstrakte Rollen (Relation) werden definiert wie Klassen

```
<owl:ObjectProperty rdf:ID="wirdHergestelltAus"/>
```

- Domain und Range abstrakter Rollen

```
<owl:ObjectProperty rdf:ID="wirdHergestelltAus" >  
  <rdfs:domain rdf:resource="Wein"/>  
  <rdfs:range rdf:resource="Weintrauben"/>  
</owl:ObjectProperty >
```

3. Wissensrepräsentationen

3.7 Web Ontology Language (OWL) / 3.7.3. OWL-Syntax



24

OWL – Rollen

- konkrete Rollen (Attribut) haben Datentypen im Range

```
<owl:DatatypeProperty rdf:ID="Qualitätstufe"/>
```

- Domain und Range konkreter Rollen

```
<owl:DatatypeProperty rdf:ID="Qualitätstufe" >  
  <rdfs:domain rdf:resource="Wein"/>  
  <rdfs:range rdf:resource="&xsd:string"/>  
</owl:DatatypeProperty >
```

- Viele XML Datentypen können verwendet werden.
 Im Standard vorgeschrieben sind integer und string.

3. Wissensrepräsentationen

3.7 Web Ontology Language (OWL) / 3.7.3. OWL-Syntax



25

OWL – Rollen und Individuen

```
<Wein rdf:ID="WegelerRheingauRiesling" >  
  <wirdHergestelltAus rdf:resource="Riesling"/>  
  <Qualitätstufe rdf:datatype="&xsd:string" >  
    Spätlese  
  </Qualitätstufe >  
</Wein >
```

- Rollen sind im Allgemeinen nicht funktional

3. Wissensrepräsentationen

3.7 Web Ontology Language (OWL) / 3.7.3. OWL-Syntax



26

OWL – Klassenhierarchien

```
<owl:Class rdf:ID="Wein" >  
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="alkoholischesGetränk"/>  
</owl:Class >  
  
<owl:Class rdf:ID="alkoholischesGetränk" >  
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="Getränk"/>  
</owl:Class >
```

- durch Inferenz kann jetzt geschlossen werden, dass "Wein" eine Subklasse von "Getränk" ist

3. Wissensrepräsentationen

3.7 Web Ontology Language (OWL) / 3.7.3. OWL-Syntax

27

OWL – Klassenhierarchien

```
<owl:Class rdf:ID="Wein">  
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="alkoholischesGetränk"/>  
</owl:Class>  
<owl:Class rdf:ID="Pizza">  
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="Hauptgericht"/>  
</owl:Class>  
<owl:Class rdf:about="alkoholischesGetränk">  
  <owl:disjointWith rdf:resource="Hauptgericht"/>  
</owl:Class>
```

- durch Inferenz kann jetzt geschlossen werden, dass "Wein" und "Pizza" ebenfalls disjunkte Klassen sind

3. Wissensrepräsentationen

3.7 Web Ontology Language (OWL) / 3.7.3. OWL-Syntax



28

OWL – Klassenhierarchien

```
<owl:Class rdf:ID="Wein" >  
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="alkoholischesGetränk"/>  
</owl:Class>  
  
<owl:Class rdf:about="alkoholischesGetränk" >  
  <owl:equivalentClass rdf:resource="alcoholicBeverage"/>  
</owl:Class>
```

- durch Inferenz kann jetzt geschlossen werden, dass "Wein" eine Subklasse von "alcoholicBeverage" ist

3. Wissensrepräsentationen

3.7 Web Ontology Language (OWL) / 3.7.3. OWL-Syntax

29

OWL – Individuen und Klassenbeziehungen

```
<Wein rdf:ID="WegelerRheingauRiesling">  
  <wirdHergestelltAus rdf:resource="Riesling"/>  
  <Qualitätstufe rdf:datatype="&xsd:string">  
    Spätlese  
  </Qualitätstufe>  
</Wein>  
<owl:Class rdf:ID="Wein">  
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="alkoholischesGetränk"/>  
</owl:Class>
```

- durch Inferenz kann jetzt geschlossen werden, dass "WegelerRheingauRiesling" ein "alkoholisches Getränk" ist

3. Wissensrepräsentationen

3.7 Web Ontology Language (OWL) / 3.7.3. OWL-Syntax



30

OWL – Beziehungen zwischen Individuen

```
<Wein rdf:ID="WegelerRheingauRiesling" >
  <wirdHergestelltAus rdf:resource="Riesling"/>
  <Qualitätstufe rdf:datatype="&xsd:string" >
    Spätlese
  </Qualitätstufe>
</Wein>
<rdf:Description rdf:about="WegelerRheingauRiesling" >
  <owl:sameAs rdf:resource="WRR012345"/>
</rdf:Description>
```

- durch Inferenz kann jetzt geschlossen werden, dass "WRR012345" ein "alkoholisches Getränk" ist
- Verschiedenheit von Individuen über [owl:differentFrom](#)

Vorlesung Semantic Web, Dr. Harald Sack, Hasso-Plattner-Institut, Universität Potsdam

3. Wissensrepräsentationen

3.7 Web Ontology Language (OWL) / 3.7.3. OWL-Syntax



31

OWL – Beziehungen zwischen Individuen

```
<owl:AllDifferent>
  <owl:distinctMembers rdf:parseType="Collection">
    <Wein rdf:about="WegelerRheingauRiesling"/>
    <Wein rdf:about="LübeckerRotspon"/>
    <Wein rdf:about="ChateauLafiteRothschild"/>
  </owl:distinctMembers>
</owl:AllDifferent>
```

- Abgekürzte Schreibweise anstelle der Verwendung von mehreren owl:differentFrom.
- Der Einsatz von owl:AllDifferent und owl:distinctMembers ist nur dafür vorgesehen.

Vorlesung Semantic Web, Dr. Harald Sack, Hasso-Plattner-Institut, Universität Potsdam

3. Wissensrepräsentationen

3.7 Web Ontology Language (OWL) / 3.7.3. OWL-Syntax



32

OWL – abgeschlossene Klassen

```
<owl:Class rdf:about=RotweineImWarenbestand>  
  <owl:oneOf rdf:parseType="Collection">  
    <Wein rdf:about="LübeckerRotspon"/>  
    <Wein rdf:about="ChateauLafiteRothschild"/>  
  </owl:oneOf>  
</owl:Class>
```

- Dies besagt, dass es genau nur zwei Rotweine im Warenbestand gibt

3. Wissensrepräsentationen

3.7 Web Ontology Language (OWL) / 3.7.3. OWL-Syntax



33

OWL – abgeschlossene Klassen

- Definieren wir zusätzlich einen dritten Wein

```
<Wein rdf:about="AltoAdigeSauvignonBlanc"/>
<owl:AllDifferent>
  <owl:distinctMembers rdf:parseType="Collection">
    <Wein rdf:about="LübeckerRotspon"/>
    <Wein rdf:about="ChateauLafiteRothschild"/>
    <Wein rdf:about="AltoAdigeSauvignonBlanc"/>
  </owl:distinctMembers>
</owl:AllDifferent>
```

- folgt, dass "AltoAdigeSauvignonBlanc" nicht im Warenbestand ist.

3. Wissensrepräsentationen

3.7 Web Ontology Language (OWL) / 3.7.3. OWL-Syntax



34

OWL – logische Klassenkonstruktoren

- logisches und (Konjunktion): `owl:intersectionOf`
- logisches oder (Disjunktion): `owl:unionOf`
- logische Negation: `owl:complementOf`
- Logische Konstruktoren werden verwendet, um komplexe Klassen aus einfachen Klassen zu konstruieren.

3. Wissensrepräsentationen

3.7 Web Ontology Language (OWL) / 3.7.3. OWL-Syntax



35

OWL – logische Klassenkonstruktoren

```
<owl:Class rdf:ID="WeinImWarenbestand" >  
  <owl:intersectionOf rdf:parseType="Collection" >  
    <owl:Class rdf:about="Wein"/>  
    <owl:Class rdf:about="ImWarenbestand"/>  
  </owl:intersectionOf>  
</owl:Class>
```

- Die Klasse "WeinImWarenbestand" ergibt sich aus der Schnittmenge aller Individuen der Klassen "ImWarenbestand" und "Wein"

3. Wissensrepräsentationen

3.7 Web Ontology Language (OWL) / 3.7.3. OWL-Syntax

36

OWL – logische Klassenkonstruktoren

```
<owl:Class rdf:about="Wein" >
  <owl:equivalentClass>
    <owl:unionOf rdf:parseType="Collection" >
      <owl:Class rdf:about="trockenerWein"/>
      <owl:Class rdf:about="halbtrockenerWein"/>
      <owl:Class rdf:about="suesserWein"/>
    </owl:unionOf>
  </owl:equivalentClass>
</owl:Class>
```

- Trockene, halbtrockene und süße Weine sind ebenfalls Weine...

3. Wissensrepräsentationen

3.7 Web Ontology Language (OWL) / 3.7.3. OWL-Syntax

37

OWL – logische Klassenkonstruktoren

```
<owl:Class rdf:about="Wein">  
  <rdfs:subClassOf>  
    <owl:complementOf rdf:resource="Pizza"/>  
  </rdfs:subClassOf>  
</owl:Class>
```

- semantisch äquivalente Aussage:

```
<owl:Class rdf:about="Wein">  
  <owl:disjointWith rdf:resource="Pizza"/>  
</owl:Class>
```

3. Wissensrepräsentationen

3.7 Web Ontology Language (OWL) / 3.7.3. OWL-Syntax



38

OWL – Rolleneinschränkungen

- dienen der Definition komplexer Klassen durch Rollen
- Werterestriktionen:
 - owl:hasValue
 - owl:allValuesFrom
 - owl:someValuesFrom
- Kardinalitätsrestriktionen:
 - owl:cardinality
 - owl:minCardinality
 - owl:maxCardinality

Vorlesung Semantic Web, Dr. Harald Sack, Hasso-Plattner-Institut, Universität Potsdam

3. Wissensrepräsentationen

3.7 Web Ontology Language (OWL) / 3.7.3. OWL-Syntax



39

OWL – Rolleneinschränkungen mit Konstanten

```
<owl:Class rdf:about="Pflanzenfresser" >
  <rdfs:subClassOf>
    <owl:Restriction>
      <owl:onProperty rdf:resource="ernährtSichVon"/>
      <owl:hasValue rdf:resource="pflanzlicheNahrung"/>
    </owl:Restriction>
  <rdfs:subClassOf>
</owl:Class>
```

- Klasse „Pflanzenfresser“ wird definiert feste Wertzuweisung (=Konstante) „pflanzlicheNahrung“ für Property „ernährtSichVon“

3. Wissensrepräsentationen

3.7 Web Ontology Language (OWL) / 3.7.3. OWL-Syntax



40

OWL – Rolleneinschränkungen

- **owl:allValuesFrom**

legt alle Instanzen einer bestimmten Klasse C als erlaubten Wertebereich für ein Property P fest \rightarrow (Allquantor) $\forall P.C$

```
<owl:Class rdf:about="Wein">
  <rdfs:subClassOf>
    <owl:Restriction>
      <owl:onProperty rdf:resource="hatHersteller"/>
      <owl:allValuesFrom rdf:resource="Winzer"/>
    </owl:Restriction>
  </rdfs:subClassOf>
</owl:Class>
```


3. Wissensrepräsentationen

3.7 Web Ontology Language (OWL) / 3.7.3. OWL-Syntax



41

OWL – Rolleneinschränkungen

- `owl:someValuesFrom`

definiert, dass ein Individuum mit dem Property P existieren muss und legt dessen Wertebereich fest → (Existenzquantor) $\exists P.C$

```
<owl:Class rdf:about="Tiere" >
  <rdfs:subClassOf>
    <owl:Restriction>
      <owl:onProperty rdf:resource="ernährtSichVon"/>
      <owl:someValuesFrom rdf:resource="pflanzlicheNahrung"/>
    </owl:Restriction>
  </rdfs:subClassOf>
</owl:Class>
```

3. Wissensrepräsentationen

3.7 Web Ontology Language (OWL) / 3.7.3. OWL-Syntax



42

OWL – Kardinalitätsrestriktionen

- `owl:cardinality` gibt exakte Anzahl an (OWL Lite nur 1/0)
- `owl:minCardinality`, `owl:maxCardinality` gibt Ober-/Untergrenze an

```
<owl:Class rdf:about="Streichquartett" >
  <rdfs:subClassOf>
    <owl:Restriction>
      <owl:onProperty rdf:resource="hatMitglied"/>
      <owl:cardinality rdf:datatype="&xsd;nonNegativeInteger"/>
        4
    </owl:cardinality>
  </owl:Restriction>
  <rdfs:subClassOf>
  </owl:Class>
```

Vorlesung Semantic Web, Dr. Harald Sack, Hasso-Plattner-Institut, Universität Potsdam

3. Wissensrepräsentationen

3.7 Web Ontology Language (OWL) / 3.7.3. OWL-Syntax



43

OWL – Rollenbeziehungen

- Rollenhierarchien können über Spezialisierungen aufgebaut werden: `owl:subPropertyOf`
- inverse Rollen werden definiert über `owl:inverseOf`
- Identische Rollen werden definiert über `owl:equivalentProperty`

```
<owl:ObjectProperty rdf:ID="wirdHergestelltAus">  
  <owl:subPropertyOf rdf:resource="bestehtAus"/>  
</owl:ObjectProperty>
```

```
<owl:ObjectProperty rdf:ID="wirdVerarbeitetZu">  
  <owl:inverseOf rdf:resource="wirdHergestelltAus"/>  
</owl:ObjectProperty>
```

3. Wissensrepräsentationen

3.7 Web Ontology Language (OWL) / 3.7.3. OWL-Syntax



44

OWL – Rolleneigenschaften

- **TransitiveProperty**

- Bsp: A teilVon B, B teilVon C \Rightarrow A teilVon C

- **SymmetricProperty**

- Bsp: A istNachbarVon B \Rightarrow B istNachbarVon A

- **FunctionalProperty**

- Bsp.: A hatMutter B, A hatMutter C \Rightarrow B=C

- **inverseFunctionalProperty**

- Bsp.: B istMutterVon A, C istMutterVon A \Rightarrow B=C

Vorlesung Semantic Web, Dr. Harald Sack, Hasso-Plattner-Institut, Universität Potsdam

3. Wissensrepräsentationen

3.7 Web Ontology Language (OWL) / 3.7.3. OWL-Syntax



45

OWL – Transitive Rollen

```
<owl:ObjectProperty rdf:ID="liegtIn">
  <rdf:type rdf:resource="&owl;TransitiveProperty" />
  <rdfs:domain rdf:resource="&owl;Thing" />
  <rdfs:range rdf:resource="Region" />
</owl:ObjectProperty>
<Region rdf:ID="Rheinhessen">
  <liegtIn rdf:resource="Hessen" />
</Region>
<Region rdf:ID="Hessen">
  <liegtIn rdf:resource="Deutschland" />
</Region>
```

- durch Inferenz kann darauf geschlossen werden, dass Rheinhessen in Deutschland liegt

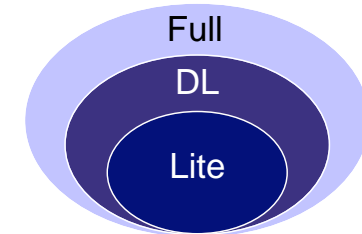
Vorlesung Semantic Web, Dr. Harald Sack, Hasso-Plattner-Institut, Universität Potsdam

3. Wissensrepräsentationen

3.7 Web Ontology Language (OWL) / 3.7.2. Übersicht

46

OWL – Sprachvarianten



- **OWL Lite**
 - Ist Teilsprache von OWL DL und OWL Full.
 - Entscheidbar, wenig ausdrucksstark, Komplexität ExpTime (worst-case).
- **OWL DL (Description Logic)**
 - Enthält OWL Lite und ist Teilsprache von OWL Full.
 - Entscheidbar, Komplexität NExpTime (worst-case)
 - wird von aktuellen Softwarewerkzeugen fast vollständig unterstützt.
- **OWL Full**
 - Enthält OWL DL und OWL Lite
 - Enthält als einzige OWL-Teilsprache ganz RDFS
 - Semantik enthält einige Aspekte, die aus logischem Blickwinkel
 - problematisch sind.
 - Unentscheidbar, wird durch aktuelle Softwarewerkzeuge nur bedingt unterstützt.

3. Wissensrepräsentationen

3.7 Web Ontology Language (OWL) / 3.7.3. OWL-Syntax



47

OWL Full

- Uneingeschränkte Nutzung aller OWL und RDFS-Sprachelemente (muss gültiges RDFS sein).
- Schwierig z.B.: nicht vorhandene Typentrennung (Klassen, Rollen, Individuen), dadurch:
 - `owl:Thing` dasselbe wie `rdfs:resource`
 - `owl:Class` dasselbe wie `rdfs:Class`
 - `owl:DatatypeProperty` Subklasse von `owl:ObjectProperty`
 - `owl:ObjectProperty` dasselbe wie `rdf:Property`

3. Wissensrepräsentationen

3.7 Web Ontology Language (OWL) / 3.7.3. OWL-Syntax



48

OWL DL

- Nur Verwendung von explizit erlaubten RDFS Sprachelementen (z.B. die in unseren Beispielen).
 - Nicht erlaubt: `rdfs:Class`, `rdfs:Property`
- Typentrennung:
 - Klassen und Rollen müssen explizit deklariert werden.
- Konkrete Rollen dürfen nicht als Transitiv, Symmetrisch, Invers oder Invers Funktional deklariert werden.
- Zahlenrestriktionen dürfen nicht mit transitiven Rollen, deren Subrollen, oder Inversen davon verwendet werden

3. Wissensrepräsentationen

3.7 Web Ontology Language (OWL) / 3.7.3. OWL-Syntax



49

OWL Lite

- Alle Einschränkungen für OWL DL gelten.
- Nicht erlaubt:
 - `oneOf`,
 - `unionOf`,
 - `complementOf`,
 - `hasValue`,
 - `disjointWith`
- Zahlenrestriktionen nur mit 0 und 1 erlaubt.
- Einige Einschränkungen zum Auftreten von anonymen (komplexen) Klassen, z.B. nur im Subjekt von `rdfs:subClassOf`.

3. Wissensrepräsentationen

3.7 Web Ontology Language (OWL) / 3.7.3. OWL-Syntax



50

Terminologische OWL Anfragen

- Klassenäquivalenz
- Subklassenbeziehung
- Disjunktheit von Klassen
- globale Konsistenz (Erfüllbarkeit, Widerspruchsfreiheit)
- Klassenkonsistenz: Eine Klasse ist inkonsistent, wenn sie äquivalent zu `owl:Nothing` ist.
- deutet oft auf einen Modellierungsfehler hin

```
<owl:Class rdf:about="#Wein" >  
  <owl:subClassOf rdf:resource="#Getränk"/>  
  <owl:disjointWith rdf:resource="#Getränk"/>  
</owl:Class>
```

Vorlesung Semantic Web, Dr. Harald Sack, Hasso-Plattner-Institut, Universität Potsdam

3. Wissensrepräsentationen

3.7 Web Ontology Language (OWL) / 3.7.3. OWL-Syntax



51

Assertionale OWL Anfragen

- Instanzüberprüfung: Gehört gegebenes Individuum zu gegebener Klasse?
- Suche nach allen Individuen, die in einer Klasse enthalten sind.
- Werden zwei gegebene Individuen durch Rolle verknüpft?
- Suche nach allen Individuenpaaren, die durch eine Rolle verknüpft sind.
- ...Vorsicht: es wird nur nach „beweisbaren“ Antworten gesucht!

3. Wissensrepräsentationen

3.7 Web Ontology Language (OWL) / 3.7.3. OWL-Syntax



52

OWL Syntax - Zusammenfassung

- OWL-Header
 - rdfs:comment
 - rdfs:label
 - rdfs:seeAlso
 - rdfs:isDefinedBy
 - owl:versionInfo
 - owl:priorVersion
 - owl:backwardCompatibleWith
 - owl:incompatibleWith
 - owl:DeprecatedClass
 - owl:DeprecatedProperty
 - owl:imports
- Beziehungen zwischen Individuen
 - owl:sameAs
 - owl:differentFrom
 - owl:AllDifferent
(zusammen mit owl:distinctMembers)
- Vordefinierte Datentypen
 - xsd:string
 - xsd:integer
 -

3. Wissensrepräsentationen

3.7 Web Ontology Language (OWL) / 3.7.3. OWL-Syntax



53

OWL Syntax - Zusammenfassung

- **Klassenkonstruktoren und -beziehungen**
 - owl:Class
 - owl:Thing
 - owl:Nothing
 - rdfs:subClassOf
 - owl:disjointWith
 - owl:equivalentClass
 - owl:intersectionOf
 - owl:unionOf
 - owl:complementOf
- **Rollenrestriktionen**
 - owl:allValuesFrom
 - owl:someValuesFrom
 - owl:hasValue
 - owl:cardinality
 - owl:minCardinality
 - owl:maxCardinality
 - owl:oneOf

3. Wissensrepräsentationen

3.7 Web Ontology Language (OWL) / 3.7.3. OWL-Syntax



54

OWL Syntax - Zusammenfassung

- Rollenkonstruktoren, -beziehungen und -eigenschaften
 - owl:ObjectProperty
 - owl:DatatypeProperty
 - rdfs:subPropertyOf
 - owl:equivalentProperty
 - owl:inverseOf
 - rdfs:domain
 - rdfs:range
 - rdf:resource="&owl;TransitiveProperty"
 - rdf:resource="&owl;SymmetricProperty"
 - rdf:resource="&owl;FunctionalProperty"
 - rdf:resource="&owl;InverseFunctionalProperty"

3. Wissensrepräsentationen

3.7 Web Ontology Language (OWL)



55

3.7 Web Ontology Language (OWL)

3.7.1 Motivation

3.7.2 OWL - Übersicht

3.7.3 OWL Syntax

3.7.4 OWL Werkzeuge

3.7.5 OWL Semantik

3. Wissensrepräsentationen

3.7 Web Ontology Language (OWL) / 3.7.3. OWL-Syntax



56

OWL Werkzeuge

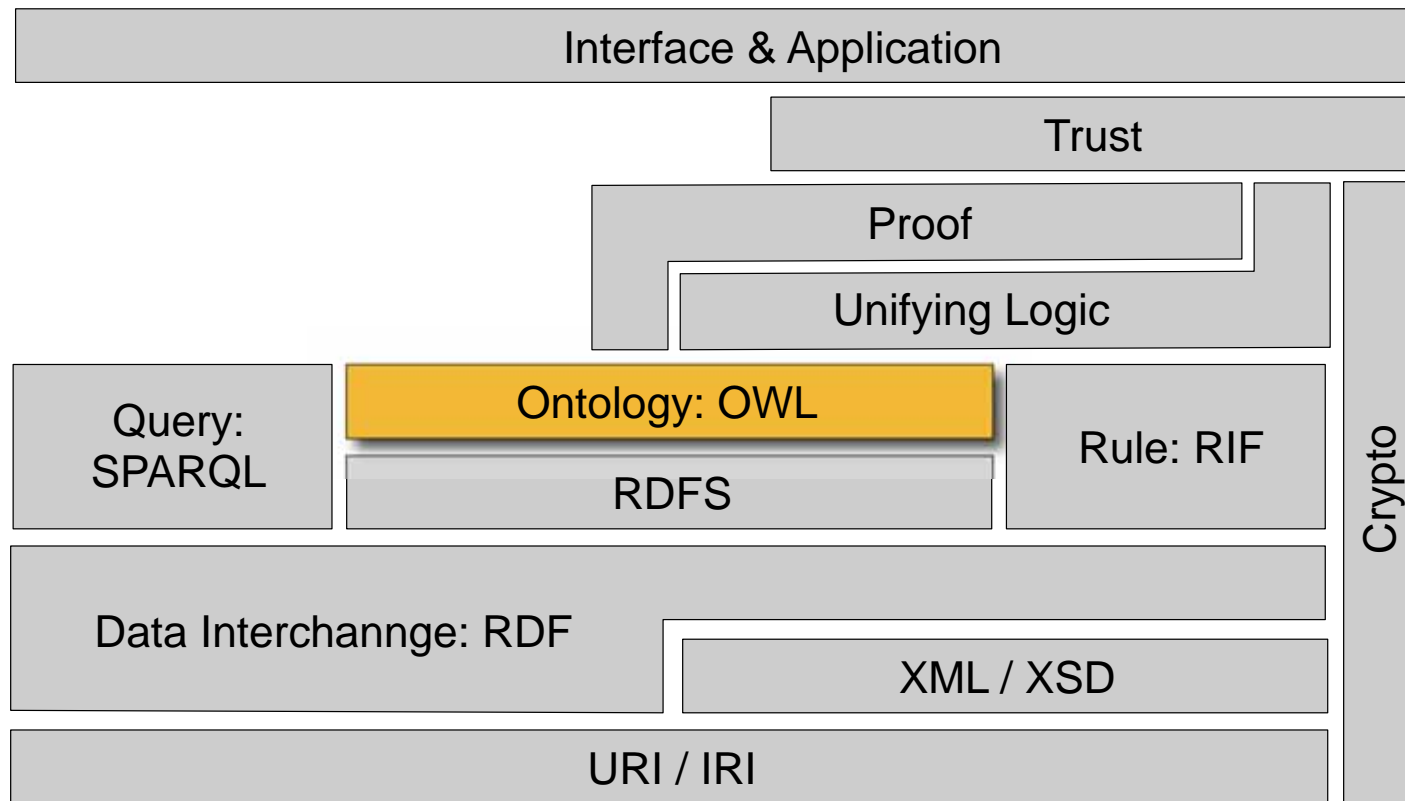
- Editoren
 - Protegé, <http://protege.stanford.edu>
 - SWOOP, <http://www.mindswap.org/2004/SWOOP/>
 - OWL Tools, <http://owltools.ontoware.org/>
- Inferenzmaschinen
 - Pellet, <http://www.mindswap.org/2003/pellet/index.shtml>
 - KAON2, <http://kaon2.semanticweb.org>
 - FACT++ , <http://owl.man.ac.uk/factplusplus/>
 - Racer, <http://www.racer-systems.com/>
 - Cerebra, <http://www.cerebra.com/index.html>

3. Wissensrepräsentationen

3.7 Web Ontology Language (OWL)

57

Semantic Web Architektur



3. Wissensrepräsentationen

3.7 Web Ontology Language (OWL)



58

3.7 Web Ontology Language (OWL)

3.7.1 Motivation

3.7.2 OWL - Übersicht

3.7.3 OWL Syntax

3.7.4 OWL Werkzeuge

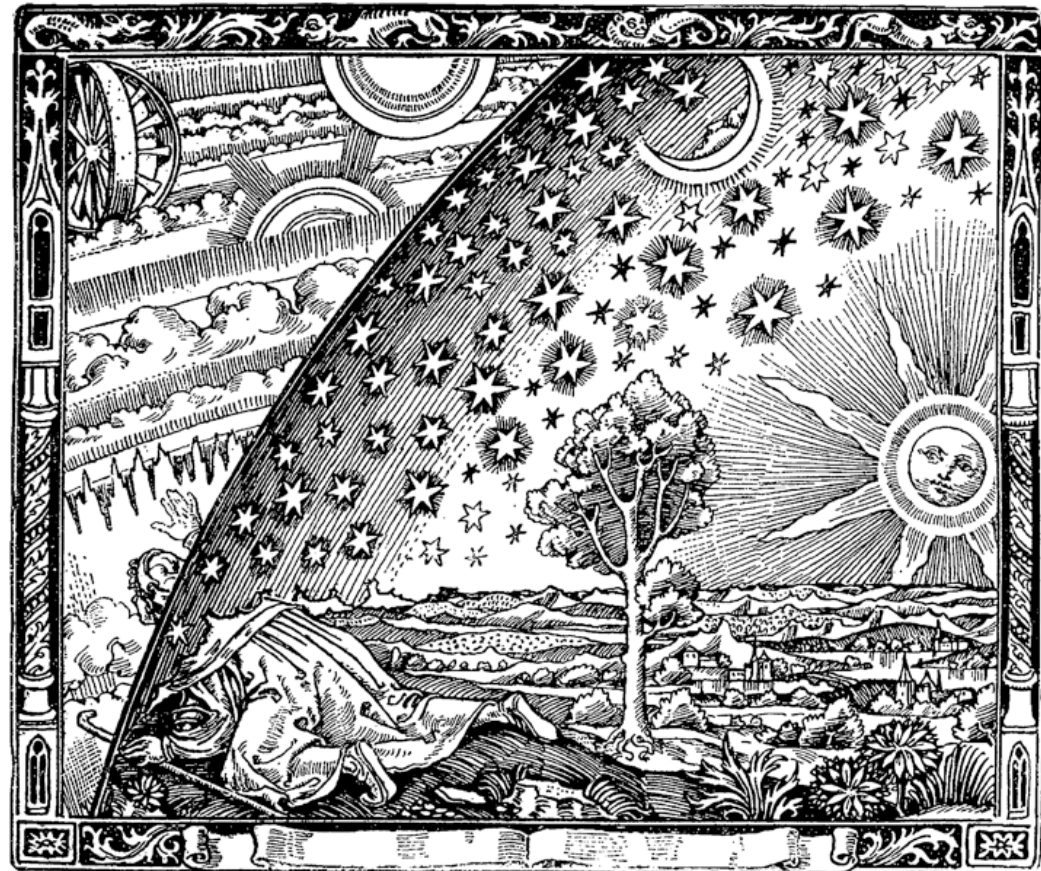
3.7.5 OWL Semantik

3. Wissensrepräsentationen

3.7 Web Ontology Language (OWL)

59

Nächste Vorlesung: OWL Semantik



Vorlesung Semantic Web, Dr. Harald Sack, Hasso-Plattner-Institut, Universität Potsdam

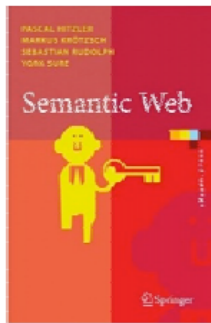
Mittwoch, 14. Januar 2009

3. Wissensrepräsentationen

3.7 Web Ontology Language (OWL)

50

Literatur



» P. Hitzler, M. Krötzsch, S. Rudolph, Y. Sure
[Semantic Web Grundlagen](#), Springer, 2008.

3. Wissensrepräsentationen

3.7 Web Ontology Language (OWL)

51

Literatur



- Blog
<http://sw0809.blogspot.com/>
- Materialien-Webseite
http://www.hpi.uni-potsdam.de/meinel/teaching/semantic_web_ws08090.html



- bibsonomy - Bookmarks
<http://www.bibsonomy.org/user/lysander07/sw0809-09>