

# Intelligente Systeme im World Wide Web

## Web Ontology Language OWL: RDF Syntax

Folien zur Vorlesung im Sommersemester 2007  
Pascal Hitzler  
Institut für angewandte Informatik und Formale  
Beschreibungsverfahren (AIFB)  
Universität Karlsruhe (TH)

Folie 1

## Vorstellung

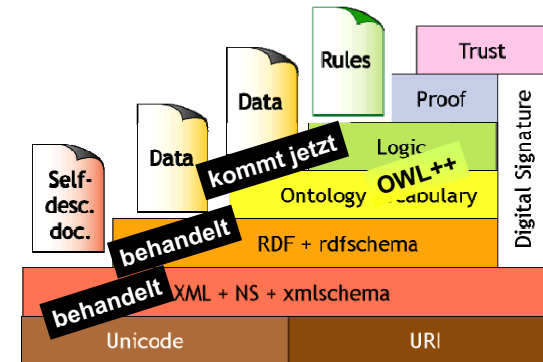
PD Dr. Pascal Hitzler

- 1998 Diplom Mathematik, Tübingen
- 2001 Dissertation in Mathematik, Cork, Irland
- 2005 Habilitation in Informatik, TU Dresden  
Schwerpunkt Künstliche Intelligenz
- seit Mitte 2004 als Projektleiter am AIFB
- **Themen:**  
Wissensverarbeitung, formale Grundlagen bis zur Anwendung  
*Semantic Web*  
*Nonmonotonic Reasoning*  
*Neurosymbolische Integration*  
*Begriffsstrukturen*  
*Theorie der Semantik von Programmiersprachen*  
...
- <http://www.pascal-hitzler.de>



Seite 2

## Die Semantic Web Schichttorte



Folie 3

## Inhalt der nächsten 6 Sitzungen

- I. OWL – Syntax und allgemeines Verständnis
  - a. Was ist „Ontologie“?
  - b. Bausteine von OWL Dokumenten
  - c. OWL Varianten
  - d. Weitere Ressourcen
- II. Logik (Wiederholung)
  - a. Syntax
  - b. Semantik
  - c. Beweistheorie
- III. OWL – Semantische Grundlagen
  - a. Beschreibungslogiken
  - b. Beweistheorie
- IV. Ontologiesprache F-Logik

Folie 4

## Ontologie – philosophisch

- Ontologie einer Theorie A: notwendige Bedingungen ans Sein oder das Seiende für die Gültigkeit der Theorie A
- Ontologie ist die Lehre vom Sein qua Sein
- Fragestellungen:
  - Was ist das ‚Sein‘? Was bedeutet ‚sein‘? (Intensionale Definition)
  - Was hat ‚Sein‘? (Extensionale Definition)
  - Wie unterteilt sich das Seiende?

Aristoteles (Sokrates), Thomas von Aquin, Descartes, Kant, Hegel, Wittgenstein, Heidegger, Quine, ...

Folie 5

## Ontologie – informatisch

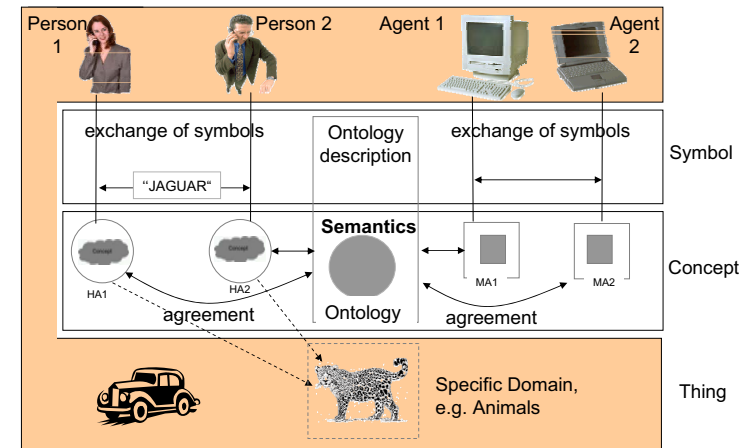
Gruber 93:

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 |

Folie 6

## Ontologie und Kommunikation



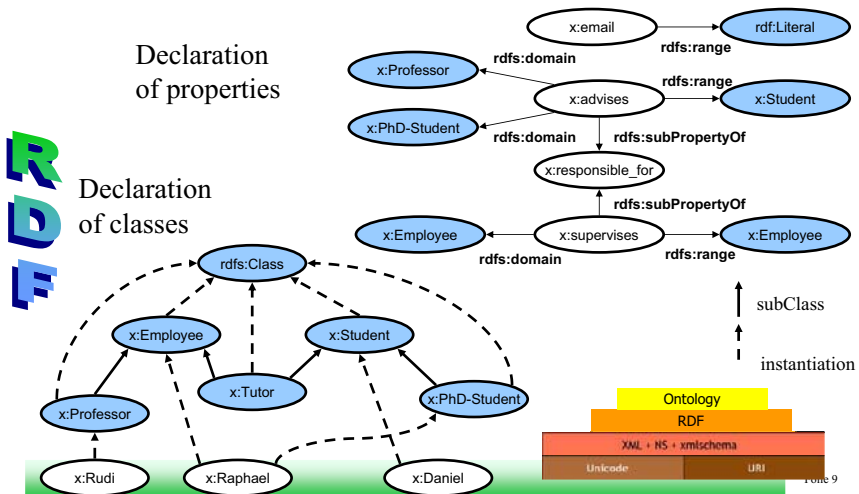
Folie 7

## Ontologie – praktisch. Einige Anforderungen

- Begriffshierarchie (Taxonomie): Klassen, Begriffe
- binäre Relationen zwischen Begriffen: Properties, Roles
- Vererbung: is-a etc.
- Datentypen (z.B. Zahlen): concrete domains
- Eigenschaften von Relationen (z.B. range, transitive)
- logische Ausdrucksmittel
- **Semantik!**

Folie 8

## RDF Schema – Einfache Ontologien

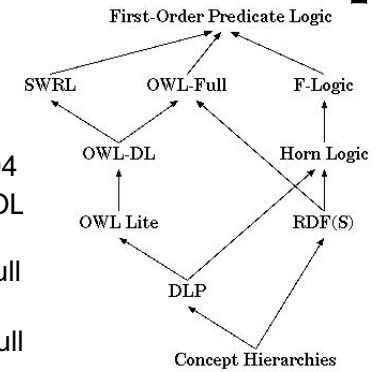


RDF

## RDF Schema als Ontologiesprache

- Geeignet für einfache Ontologien
  - Für komplexere Modellierungen ungeeignet
  - → „Need for Expressivity!“
- 
- Mächtigere Sprachen:
    - OWL
    - F-Logic
 } werden wir behandeln

## OWL – Allgemeines



- W3C Recommendation seit 2004
- Semantisches Fragment von FOL
- Drei Varianten:  
 $OWL\ Lite \subseteq OWL\ DL \subseteq OWL\ Full$
- Keine Reifikation in OWL DL  
 RDFS ist Fragment von OWL Full
- OWL DL ist entscheidbar
- OWL DL = SHOIN(D) (Beschreibungslogik)
- W3C-Dokumente (Vorlesungswebseite) enthalten Details, die hier nicht alle angesprochen werden können.

## OWL Varianten

- 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.
- OWL DL
  - Enthält OWL Lite und ist Teilsprache von OWL Full.
  - Entscheidbar.
  - Wird von aktuellen Softwarewerkzeugen fast vollständig unterstützt.
  - Komplexität NExpTime (worst-case).
- OWL Lite
  - Ist Teilsprache von OWL DL und OWL Full.
  - Entscheidbar.
  - Wenig ausdrucksstark.
  - Komplexität ExpTime (worst-case).

## Inhalt

- I. OWL – Syntax und allgemeines Verständnis
  - a. Was ist „Ontologie“?
  - b. Bausteine von OWL Dokumenten**
    - Kopf
    - Klassen, Rollen und Individuen
    - Klassenbeziehungen
    - komplexe Klassendefinitionen
      - **logische Konstruktoren**
      - **Rolleneinschränkungen**
    - Rolleneigenschaften
  - c. OWL Varianten
  - d. Weitere Ressourcen

Folie 13

## Der Kopf eines OWL Dokumentes

- Definition von Namespaces in der Wurzel

```
<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>
```

Folie 15

## OWL Dokumente

- sind RDF Dokumente
- bestehen aus
  - Kopf mit allgemeinen Angaben
  - Rest mit der eigentlichen Ontologie

Folie 14

## Der Kopf eines OWL Dokumentes

- Allgemeine Informationen

```
<owl:Ontology rdf:about="">
  <rdfs:comment
    rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">
    SWRC Ontologie in der Version vom Dezember 2005
  </rdfs:comment>
  <owl:versionInfo>v0.5</owl:versionInfo>
  <owl:imports rdf:resource="http://www.semanticweb-
    grundlagen.de/foo"/>
  <owl:priorVersion
    rdf:resource="http://ontoware.org/projects/swrc"/>
</owl:Ontology>
```

Folie 16

## Der Kopf eines OWL Dokumentes

von RDFS geerbt

- `rdfs:comment`
- `rdfs:label`
- `rdfs:seeAlso`
- `rdfs:isDefinedBy`

außerdem

- `owl:imports`

für Versionierung

- `owl:versionInfo`
- `owl:priorVersion`
- `owl:backwardCompatibleWith`
- `owl:incompatibleWith`
- `owl:DeprecatedClass`
- `owl:DeprecatedProperty`

Folie 17

## Inhalt

- I. OWL – Syntax und allgemeines Verständnis
  - a. Was ist „Ontologie“?
  - b. Bausteine von OWL Dokumenten
    - Kopf
    - **Klassen, Rollen und Individuen**
    - Klassenbeziehungen
    - komplexe Klassendefinitionen
      - **logische Konstruktoren**
      - **Rolleneinschränkungen**
    - Rolleneigenschaften
  - c. OWL Varianten
  - d. Weitere Ressourcen

Folie 18

## Klassen, Rollen und Individuen

- Die drei Bausteine von Ontologieaxiomen.
- Klassen
  - Vergleichbar mit Klassen in RDFS
- Individuen
  - Vergleichbar mit Objekten in RDFS
- Rollen
  - Vergleichbar mit Properties in RDFS

Folie 19

## Klassen

- Definition
 

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

  - vordefiniert:
    - `owl:Thing`
    - `owl:Nothing`

Folie 20

## Individuen

- Definition durch Klassenzugehörigkeit

```
<rdf:Description rdf:ID="RudiStuder">
  <rdf:type rdf:resource="#Professor"/>
</rdf:Description>
```

- gleichbedeutend:

```
<Professor rdf:ID="RudiStuder"/>
```

Folie 21

## konkrete Rollen

- konkrete Rollen haben Datentypen im Range
 

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

- Domain und Range konkreter Rollen

```
<owl:DatatypeProperty rdf:ID="Vorname">
  <rdfs:domain rdf:resource="#Person" />
  <rdfs:range rdf:resource="&xsd:string"/>
</owl:DatatypeProperty>
```

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

Folie 23

## abstrakte Rollen

- abstrakte Rollen werden definiert wie Klassen

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

- Domain und Range abstrakter Rollen

```
<owl:ObjectProperty rdf:ID="Zugehoerigkeit">
  <rdfs:domain rdf:resource="#Person"/>
  <rdfs:range rdf:resource="#Organisation"/>
</owl:ObjectProperty>
```

Folie 22

## Individuen und Rollen

```
<Person rdf:ID="RudiStuder">
  <Zugehoerigkeit rdf:resource="#AIFB"/>
  <Zugehoerigkeit rdf:resources="#ontoprise"/>
  <Vorname rdf:datatype="&xsd:string">Rudi</Vorname>
</Person>
```

- Rollen sind im allgemeinen nicht funktional.

Folie 24

## Inhalt

- I. OWL – Syntax und allgemeines Verständnis
  - a. Was ist „Ontologie“?
  - b. Bausteine von OWL Dokumenten
    - Kopf
    - Klassen, Rollen und Individuen
    - **Klassenbeziehungen**
    - komplexe Klassendefinitionen
      - **logische Konstruktoren**
      - **Rolleneinschränkungen**
    - Rolleneigenschaften
  - c. OWL Varianten
  - d. Weitere Ressourcen

Folie 25

## Einfache Klassenbeziehungen

```
<owl:Class rdf:ID="Professor">
  <rdfs:subClassOf
    rdf:resource="#Fakultaetsmitglied"/>
</owl:Class>
<owl:Class rdf:ID="Buch">
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Publikation"/>
</owl:Class>
<owl:Class rdf:about="#Fakultaetsmitglied">
  <owl:disjointWith rdf:resource="#Publikation"/>
</owl:Class>
```

Es folgt durch Inferenz, dass `Professor` und `Buch` ebenfalls disjunkte Klassen sind.

Folie 27

## Einfache Klassenbeziehungen

```
<owl:Class rdf:ID="Professor">
  <rdfs:subClassOf
    rdf:resource="#Fakultaetsmitglied"/>
</owl:Class>
<owl:Class rdf:ID="Fakultaetsmitglied">
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Person"/>
</owl:Class>
```

Es folgt durch Inferenz, dass `Professor` eine Subklasse von `Person` ist.

Folie 26

## Einfache Klassenbeziehungen

```
<owl:Class rdf:ID="Buch">
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Publikation"/>
</owl:Class>
<owl:Class rdf:about="#Publikation">
  <owl:equivalentClass
    rdf:resource="#Publication"/>
</owl:Class>
```

Es folgt durch Inferenz, dass `Buch` eine Subklasse von `Publication` ist.

Folie 28

## Individuen und Klassenbeziehungen

```
<Buch rdf:ID="SemanticWebGrundlagen">
  <Autor rdf:resource="#YorkSure"/>
  <Autor rdf:resource="#PascalHitzler"/>
</Buch>
<owl:Class rdf:about="#Buch">
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Publikation"/>
</owl:Class>
```

Es folgt durch Inferenz, dass  
SemanticWebGrundlagen eine Publikation ist.

Folie 29

## Beziehungen zwischen Individuen

```
<owl:AllDifferent>
  <owl:distinctMembers
    rdf:parseType="Collection">
    <Person rdf:about="#RudiStuder"/>
    <Person rdf:about="#YorkSure"/>
    <Person rdf:about="#PascalHitzler"/>
  </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.

Folie 31

## Beziehungen zwischen Individuen

```
<Professor rdf:ID="RudiStuder"/>
<rdf:Description rdf:about="#RudiStuder">
  <owl:sameAs
    rdf:resource="#ProfessorStuder"/>
</rdf:Description>
```

Es folgt durch Inferenz, dass ProfessorStuder ein  
Professor ist.

Verschiedenheit von Individuen mittels  
owl:differentFrom.

Folie 30

## Abgeschlossene Klassen

```
<owl:Class rdf:about="#SekretaerinnenVonStuder">
  <owl:oneOf rdf:parseType="Collection">
    <Person rdf:about="#GiselaSchillinger"/>
    <Person rdf:about="#SusanneWinter"/>
  </owl:oneOf>
</owl:Class>
```

Dies besagt, dass es nur **genau diese beiden**  
SekretaerinnenVonStuder gibt.

Folie 32

## Inhalt

- I. OWL – Syntax und allgemeines Verständnis
  - a. Was ist „Ontologie“?
  - b. Bausteine von OWL Dokumenten
    - Kopf
    - Klassen, Rollen und Individuen
    - Klassenbeziehungen
    - **komplexe Klassendefinitionen**
      - **logische Konstruktoren**
      - **Rolleneinschränkungen**
    - Rolleneigenschaften
  - c. OWL Varianten
  - d. Weitere Ressourcen

Folie 33

## Konjunktion

```
<owl:Class rdf:about="#SekretaerinnenVonStuder">
  <owl:equivalentClass>
    <owl:intersectionOf
      rdf:parseType="Collection">
      <owl:Class rdf:about="#Sekretaerinnen"/>
      <owl:Class
        rdf:about="#AngehoeerigeAGStuder"/>
      </owl:intersectionOf>
    </owl:equivalentClass>
  </owl:Class>
```

Es folgt z.B. durch Inferenz, dass alle  
SekretaerinnenVonStuder auch  
Sekretaerinnen sind.

Folie 35

## Logische Konstruktoren auf Klassen

- logisches und (Konjunktion):  
owl:intersectionOf
  - logisches oder (Disjunktion):  
owl:unionOf
  - logische negation:  
owl:complementOf
- Werden verwendet, um komplexe Klassen aus einfachen Klassen zu konstruieren.

Folie 34

## Disjunktion

```
<owl:Class rdf:about="#Professor">
  <owl:subClassOf>
    <owl:unionOf rdf:parseType="Collection">
      <owl:Class rdf:about="#aktivLehrend"/>
      <owl:Class rdf:about="#imRuhestand"/>
    </owl:unionOf>
  </owl:subClassOf>
</owl:Class>
```

Folie 36

## Negation

```
<owl:Class rdf:about="#Fakultaetsmitglied">
  <owl:subClassOf>
    <owl:complementOf rdf:resource="#Publikation"/>
  </owl:subClassOf>
</owl:Class>
```

Sehr komplizierte Art, das Folgende auszudrücken:

```
<owl:Class rdf:about="#Fakultaetsmitglied">
  <owl:disjointWith rdf:resource="#Publikation"/>
</owl:Class>
```

Folie 37

## Rolleneinschränkungen (someValuesFrom)

```
<owl:Class rdf:about="#Pruefung">
  <rdfs:subClassOf>
    <owl:Restriction>
      <owl:onProperty rdf:resource="#hatPruefer"/>
      <owl:someValuesFrom rdf:resource="#Person"/>
    </owl:Restriction>
  </rdfs:subClassOf>
</owl:Class>
```

D.h. jede Prüfung muss *mindestens einen* Prüfer haben.

Folie 39

## Rolleneinschränkungen (allValuesFrom)

- Dienen der Definition komplexer Klassen durch Rollen.

```
<owl:Class rdf:ID="Pruefung">
  <rdfs:subClassOf>
    <owl:Restriction>
      <owl:onProperty rdf:resource="#hatPruefer"/>
      <owl:allValuesFrom rdf:resource="#Professor"/>
    </owl:Restriction>
  </rdfs:subClassOf>
</owl:Class>
```

D.h. *alle* Prüfer einer Prüfung müssen Professoren sein.

Folie 38

## Rolleneinschränkungen (cardinalities)

```
<owl:Class rdf:about="#Pruefung">
  <rdfs:subClassOf>
    <owl:Restriction>
      <owl:onProperty rdf:resource="#hatPruefer"/>
      <owl:maxCardinality
        rdf:datatype="&xsd;nonNegativeInteger">
        2
      </owl:maxCardinality>
    </owl:Restriction>
  </rdfs:subClassOf>
</owl:Class>
```

Eine Prüfung kann *höchstens zwei* Prüfer haben.

Folie 40

## Rolleneinschränkungen (cardinalities)

```
<owl:Class rdf:about="#Pruefung">
  <rdfs:subClassOf>
    <owl:Restriction>
      <owl:onProperty rdf:resource="#hatThema"/>
      <owl:minCardinality
        rdf:datatype="&xsd;nonNegativeInteger">
        3
      </owl:minCardinality>
    </owl:Restriction>
  </rdfs:subClassOf>
</owl:Class>
```

Eine Prüfung muss sich über *mindestens drei* Themengebiete erstrecken.

Folie 41

## Rolleneinschränkungen (hasValue)

```
<owl:Class rdf:ID="PruefungBeiStuder">
  <rdfs:equivalentClass>
    <owl:Restriction>
      <owl:onProperty rdf:resource="#hatPruefer"/>
      <owl:hasValue rdf:resource="#RudiStuder"/>
    </owl:Restriction>
  </rdfs:subClassOf>
</owl:Class>
```

owl:hasValue verweist immer auf eine konkrete Instanz.  
Dies ist äquivalent zum Beispiel auf der nächsten Folie.

Folie 43

## Rolleneinschränkungen (cardinalities)

```
<owl:Class rdf:about="#Pruefung">
  <rdfs:subClassOf>
    <owl:Restriction>
      <owl:onProperty rdf:resource="#hatThema"/>
      <owl:cardinality
        rdf:datatype="&xsd;nonNegativeInteger">
        3
      </owl:cardinality>
    </owl:Restriction>
  </rdfs:subClassOf>
</owl:Class>
```

Eine Prüfung muss sich über *genau drei* Themengebiete erstrecken.

Folie 42

## Rolleneinschränkungen (hasValue)

```
<owl:Class rdf:ID="PruefungBeiStuder">
  <rdfs:equivalentClass>
    <owl:Restriction>
      <owl:onProperty rdf:resource="#hatPruefer"/>
      <owl:someValuesFrom>
        <owl:oneOf rdf:parseType="Collection">
          <owl:Thing rdf:about=#RudiStuder/>
        </owl:oneOf>
      </owl:someValuesFrom>
    </owl:Restriction>
  </rdfs:subClassOf>
</owl:Class>
```

Folie 44

## Inhalt

- I. OWL – Syntax und allgemeines Verständnis
  - a. Was ist „Ontologie“?
  - b. Bausteine von OWL Dokumenten
    - Kopf
    - Klassen, Rollen und Individuen
    - Klassenbeziehungen
    - komplexe Klassendefinitionen
      - logische Konstruktoren
      - Rolleneinschränkungen
    - **Rolleneigenschaften**
  - c. OWL Varianten
  - d. Weitere Ressourcen

Folie 45

## Rolleneigenschaften

- Domain
- Range
- Transitivität, d.h.  
 $r(a,b)$  und  $r(b,c)$  impliziert  $r(a,c)$
- Symmetrie, d.h.  
 $r(a,b)$  impliziert  $r(b,a)$
- Funktionalität  
 $r(a,b)$  und  $r(a,c)$  impliziert  $b=c$
- Inverse Funktionalität

Folie 47

## Rollenbeziehungen

```
<owl:ObjectProperty rdf:ID="hatPruefer">
  <rdfs:subPropertyOf
    rdf:resource="#hatAnwesenden"/>
</owl:ObjectProperty>
```

Ebenso: `owl:equivalentProperty`

Rollen können auch invers zueinander sein:

```
<owl:ObjectProperty rdf:ID="hatPruefer">
  <owl:inverseOf rdf:resource="#prueferVon"/>
</owl:ObjectProperty>
```

Folie 46

## Domain und Range

```
<owl:ObjectProperty rdf:ID="Zugehoerigkeit">
  <rdfs:range rdf:resource="#Organisation"/>
</owl:ObjectProperty>
```

Ist gleichbedeutend mit dem Folgenden:

```
<owl:Class rdf:about="\&owl;Thing">
  <rdfs:subClassOf>
    <owl:Restriction>
      <owl:onProperty rdf:resource="#Zugehoerigkeit"/>
      <owl:allValuesFrom rdf:resource="#Organisation"/>
    </owl:Restriction>
  </rdfs:subClassOf>
</owl:Class>
```

Folie 48

## Domain und Range: Vorsicht!

```
<owl:ObjectProperty rdf:ID="Zugehoerigkeit">
  <rdfs:range rdf:resource="#Organisation"/>
</owl:ObjectProperty>
<Zahl rdf:ID="Fuenf">
  <Zugehoerigkeit rdf:resource="#Primzahlen"/>
</Zahl>
```

Es folgt nun, dass Fuenf eine Organisation ist!

Folie 49

## Rolleneigenschaften

```
<owl:ObjectProperty rdf:ID="hatKollegen">
  <rdf:type rdf:resource="#owl:TransitiveProperty"/>
  <rdf:type rdf:resource="#owl:SymmetricProperty"/>
</owl:ObjectProperty>
<owl:ObjectProperty rdf:ID="hatProjektleiter">
  <rdf:type rdf:resource="#owl:FunctionalProperty"/>
</owl:ObjectProperty>
<owl:ObjectProperty rdf:ID="istProjektleiterFuer">
  <rdf:type rdf:resource="#owl:InverseFunctionalProperty"/>
</owl:ObjectProperty>
<Person rdf:ID="YorkSure">
  <hatKollegen rdf:resource="#PascalHitzler"/>
  <hatKollegen rdf:resource="#AnupriyaAnkolekar"/>
  <istProjektleiterFuer rdf:resource="#SEKT"/>
</Person>
<Projekt rdf:ID="SmartWeb">
  <hatProjektleiter rdf:resource="#PascalHitzler"/>
  <hatProjektleiter rdf:resource="#HitzlerPascal"/>
</Projekt>
```

## Folgerungen aus dem Beispiel

- AnupriyaAnkolekar hatKollegen YorkSure
- AnupriyaAnkolekar hatKollegen PascalHitzler
- PascalHitzler owl:sameAs HitzlerPascal

Folie 51

## Inhalt

- OWL – Syntax und allgemeines Verständnis
  - Was ist „Ontologie“?
  - Bausteine von OWL Dokumenten
    - Kopf
    - Klassen, Rollen und Individuen
    - Klassenbeziehungen
    - komplexe Klassendefinitionen
      - logische Konstruktoren
      - Rolleneinschränkungen
    - Rolleneigenschaften
  - OWL Varianten**
  - Weitere Ressourcen

Folie 52

## OWL Varianten

- 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.
- OWL DL
  - Enthält OWL Lite und ist Teilsprache von OWL Full.
  - Entscheidbar.
  - Wird von aktuellen Softwarewerkzeugen fast vollständig unterstützt.
  - Komplexität NExpTime (worst-case).
- OWL Lite
  - Ist Teilsprache von OWL DL und OWL Full.
  - Entscheidbar.
  - Wenig ausdrucksstark.
  - Komplexität ExpTime (worst-case).

Folie 53

## Beispiel für Typendurchmischung in OWL Full

```
<owl:Class rdf:about="#Buch">
  <englischerName rdf:datatype="xsd:string">
    book
  </englischerName>
  <franzoesischerName rdf:datatype="xsd:string">
    livre
  </franzoesischerName>
</owl:Class>
```

Inferenzen über solche Konstrukte werden oft nicht wirklich benötigt.

Folie 55

## 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`

Folie 54

## 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.

Folie 56

## 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`.

Folie 57

## Anfragen an OWL (mit Individuen)

- Suche nach allen Individuen, die in einer Klasse enthalten sind.
- Instanzüberprüfung: Gehört gegebenes Individuum zu gegebener Klasse?

Folie 59

## Anfragen an OWL (nur Klassen und Rollen)

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

```
<owl:Class rdf:about="#Buch">
  <owl:subClassOf rdf:resource="#Publikation"/>
  <owl:disjointWith rdf:resource="#Publikation"/>
</owl:Class>
```

Folie 58

## Inhalt

- I. OWL – Syntax und allgemeines Verständnis
  - a. Was ist „Ontologie“?
  - b. Bausteine von OWL Dokumenten
    - Kopf
    - Klassen, Rollen und Individuen
    - Klassenbeziehungen
    - komplexe Klassendefinitionen
      - logische Konstruktoren
      - Rolleneinschränkungen
    - Rolleneigenschaften
  - c. OWL Varianten
  - d. Weitere Ressourcen

Folie 60

## 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>

Folie 61

## OWL Sprachelemente

### 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

Folie 63

## OWL Sprachelemente

### Kopf

- 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)

### Vorgeschriebene Datentypen

- xsd:string
- xsd:integer

Folie 62

## OWL Sprachelemente

### 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"

Folie 64

## Weiterführende Literatur

- <http://www.w3.org/2004/OWL/>  
zentrale W3C Webseite für OWL.
- <http://www.w3.org/TR/owl-features/>  
Überblick über OWL.
- <http://www.w3.org/TR/owl-ref/>  
vollständige Beschreibung der OWL-Sprachkomponenten.
- <http://www.w3.org/TR/owl-guide/>  
zeigt, wie OWL zur Wissensmodellierung verwendet werden kann.
- <http://www.w3.org/TR/owl-semantics/>  
beschreibt die Semantik von OWL, die wir auf andere Weise später behandeln werden. Es beschreibt außerdem die abstrakte Syntax für OWL DL, die wir hier später noch ansprechen.
- Deutsche Übersetzungen mancher W3C Dokumente findet man unter  
<http://www.w3.org/2005/11/Translations/Lists/ListLang-de.html>

Folie 65

## Inhalt der nächsten 5 Sitzungen

- I. OWL – Syntax und allgemeines Verständnis
  - a. Was ist „Ontologie“?
  - b. Bausteine von OWL Dokumenten
  - c. OWL Varianten
  - d. Weitere Ressourcen
- II. Logik (Wiederholung)
  - a. Syntax
  - b. Semantik
  - c. Beweistheorie
- III. OWL – Semantische Grundlagen
  - a. Beschreibungslogiken
  - b. Beweistheorie
- IV. Ontologiesprache F-Logik

Folie 66