

# GRUNDLAGEN SEMANTIC WEB

Lehrveranstaltung im WS08/09  
Seminar für Computerlinguistik  
Universität Heidelberg

Dr. Sebastian Rudolph  
Institut AIFB  
Universität Karlsruhe

# OWL - SYNTAX & INTUITION

Dr. Sebastian Rudolph

Einleitung und Ausblick

XML und URIs

Einführung in RDF

RDF Schema

Logik - Grundlagen

Semantik von RDF(S)

OWL - Syntax und Intuition

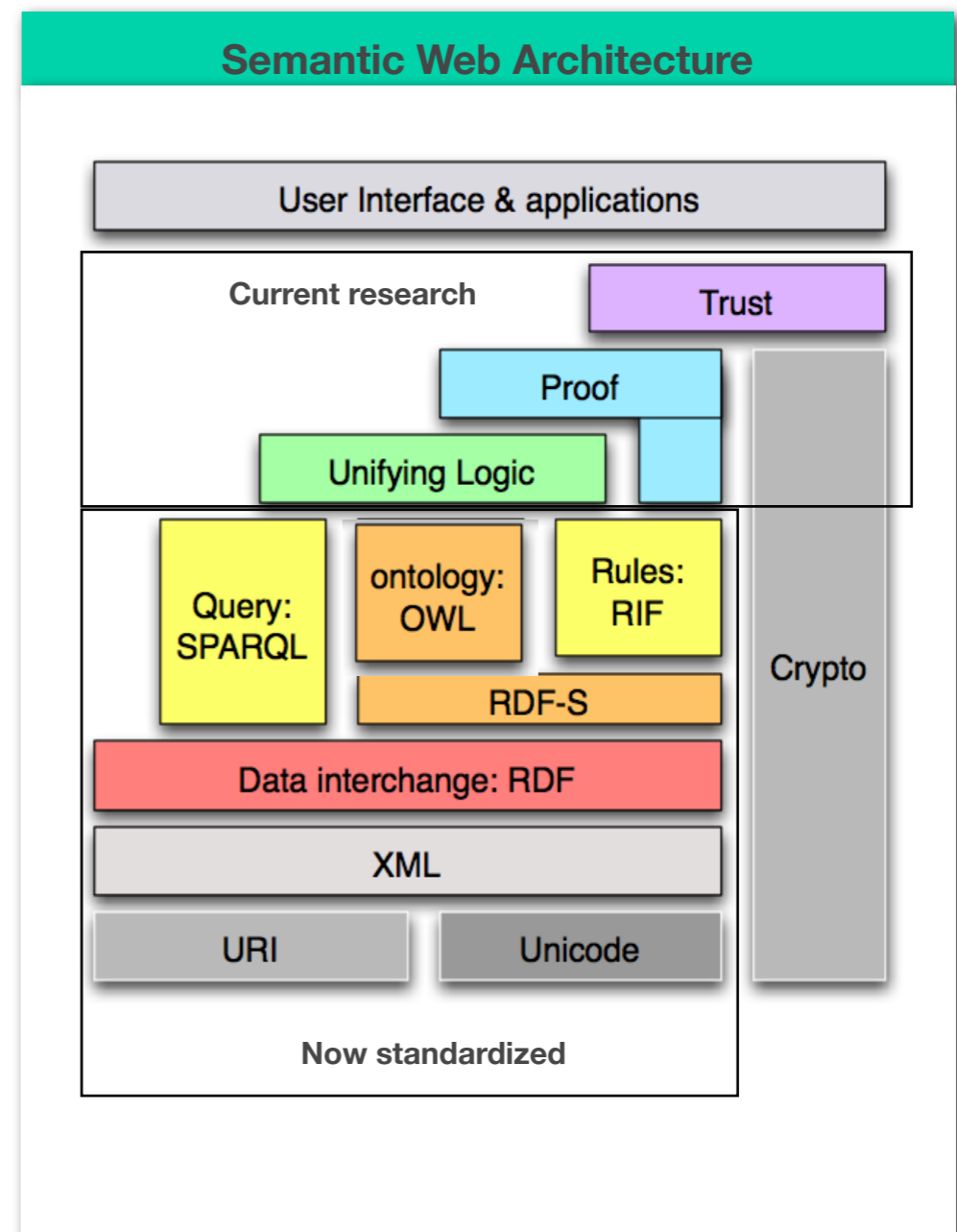
OWL - Semantik und Reasoning

SPARQL - Syntax und Intuition

Semantik von SPARQL und konjunktive Anfragen

OWL 1.1 - Syntax und Semantik

Semantic Web und Regeln



# OWL - SYNTAX & INTUITION

Dr. Sebastian Rudolph

Einleitung und Ausblick

XML und URIs

Einführung in RDF

RDF Schema

Logik - Grundlagen

Semantik von RDF(S)

**OWL - Syntax und Intuition**

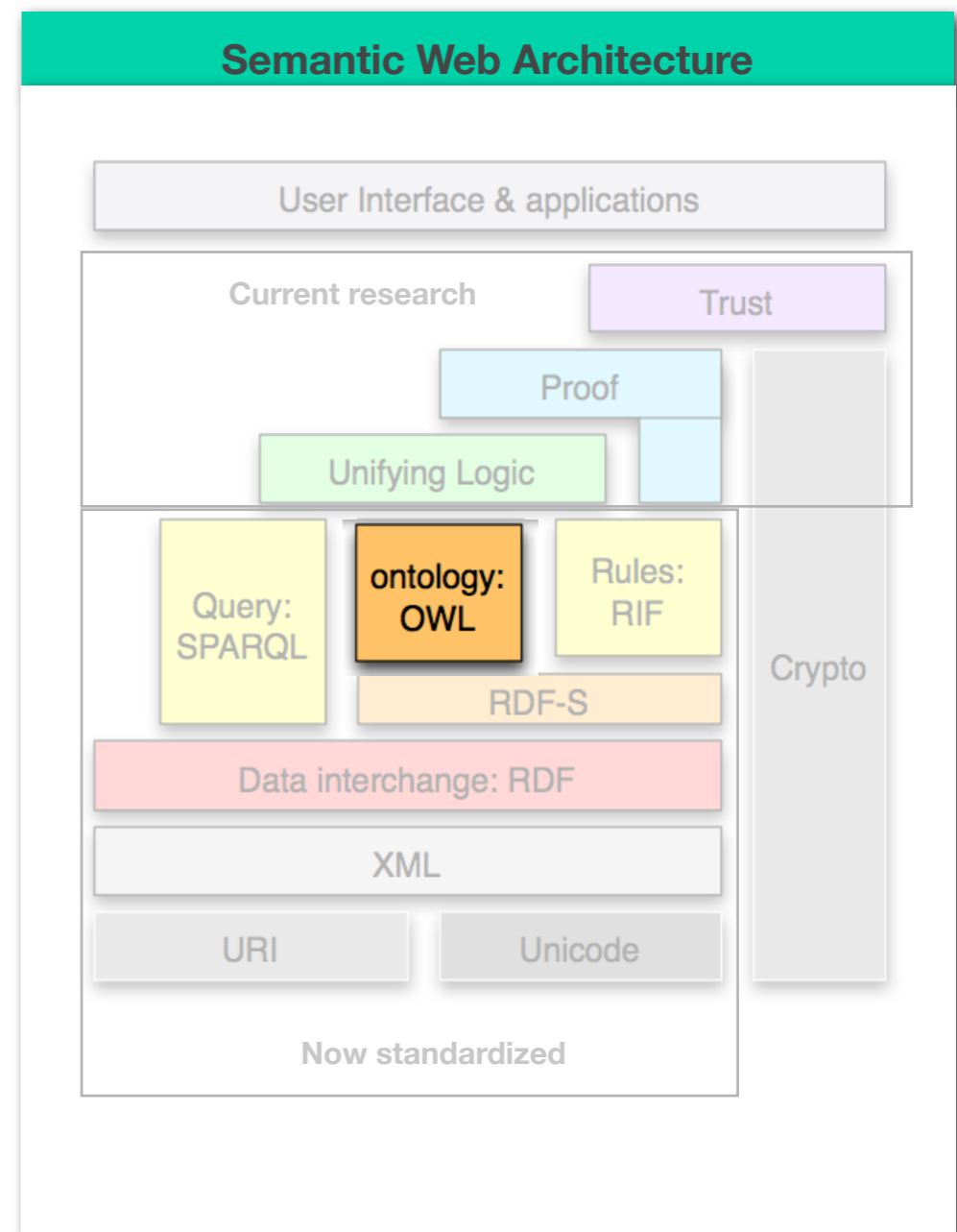
OWL - Semantik und Reasoning

SPARQL - Syntax und Intuition

Semantik von SPARQL und konjunktive Anfragen

OWL 1.1 - Syntax und Semantik

Semantic Web und Regeln



# AGENDA



- Motivation
- OWL - Allgemeines
- Klassen, Rollen und Individuen
- Klassenbeziehungen
- komplexe Klassen
- Eigenschaften von Rollen
- OWL Varianten
- Anfragen an OWL-Ontologien

# AGENDA



- **Motivation**
- OWL - Allgemeines
- Klassen, Rollen und Individuen
- Klassenbeziehungen
- komplexe Klassen
- Eigenschaften von Rollen
- OWL Varianten
- Anfragen an OWL-Ontologien

# ONTOLOGIE – PHILOSOPHISCH

- Begriff existiert nur in der Einzahl (es gibt also keine „Ontologien“)
- bezeichnet die „*Lehre vom Sein*“
- zu finden bei Aristoteles (Sokrates), Thomas von Aquin, Descartes, Kant, Hegel, Wittgenstein, Heidegger, Quine, ...

AIFB 

Gruber (1993):

„An Ontology is a

formal specification

of a shared

conceptualization

of a domain of interest“

# ONTOLOGIE – INFORMATISCH

AIFB 

Gruber (1993):

„An Ontology is a

formal specification

of a shared

conceptualization

of a domain of interest“

⇒ maschinell interpretierbar



# ONTOLOGIE – INFORMATISCH

AIFB 

Gruber (1993):

„An Ontology is a

formal specification

of a shared

conceptualization

of a domain of interest“

⇒ maschinell interpretierbar

⇒ beruht auf Konsens

# ONTOLOGIE – INFORMATISCH

AIFB 

Gruber (1993):

„An Ontology is a

formal specification

of a shared

conceptualization

of a domain of interest“

⇒ maschinell interpretierbar

⇒ beruht auf Konsens

⇒ beschreibt Begrifflichkeiten

AIFB 

Gruber (1993):

„An Ontology is a

formal specification

of a shared

conceptualization

of a domain of interest“

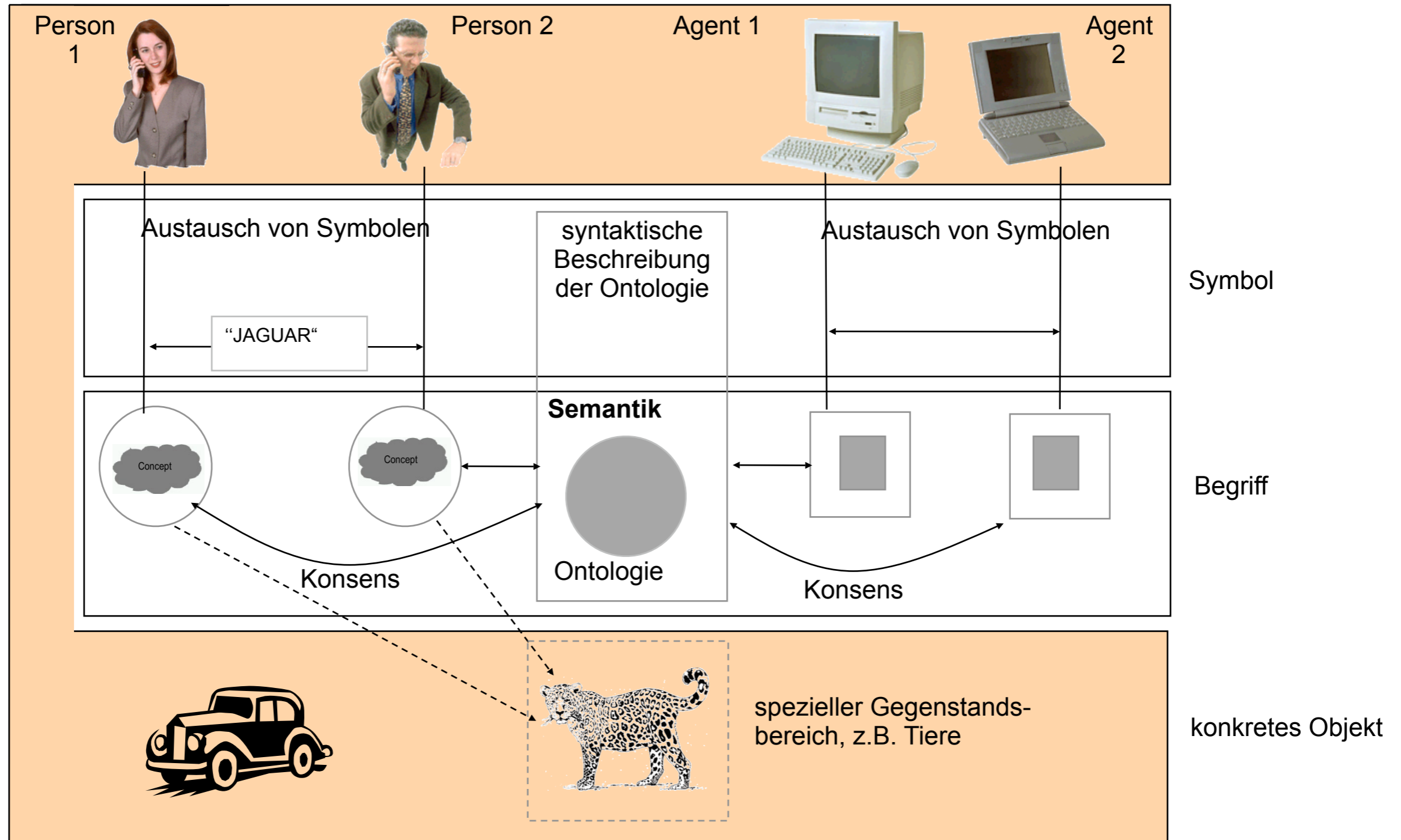
⇒ maschinell interpretierbar

⇒ beruht auf Konsens

⇒ beschreibt Begrifflichkeiten

⇒ bezogen auf ein „Thema“  
(Gegenstandsbereich)

# ONTOLOGIE & KOMMUNIKATION



# ONTOLOGIE – PRAKTISCH

## EINIGE ANFORDERUNGEN

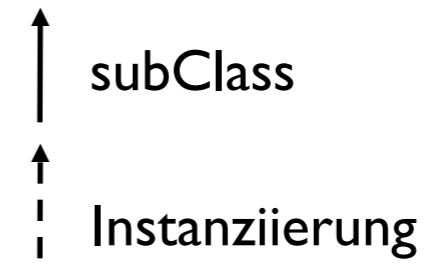
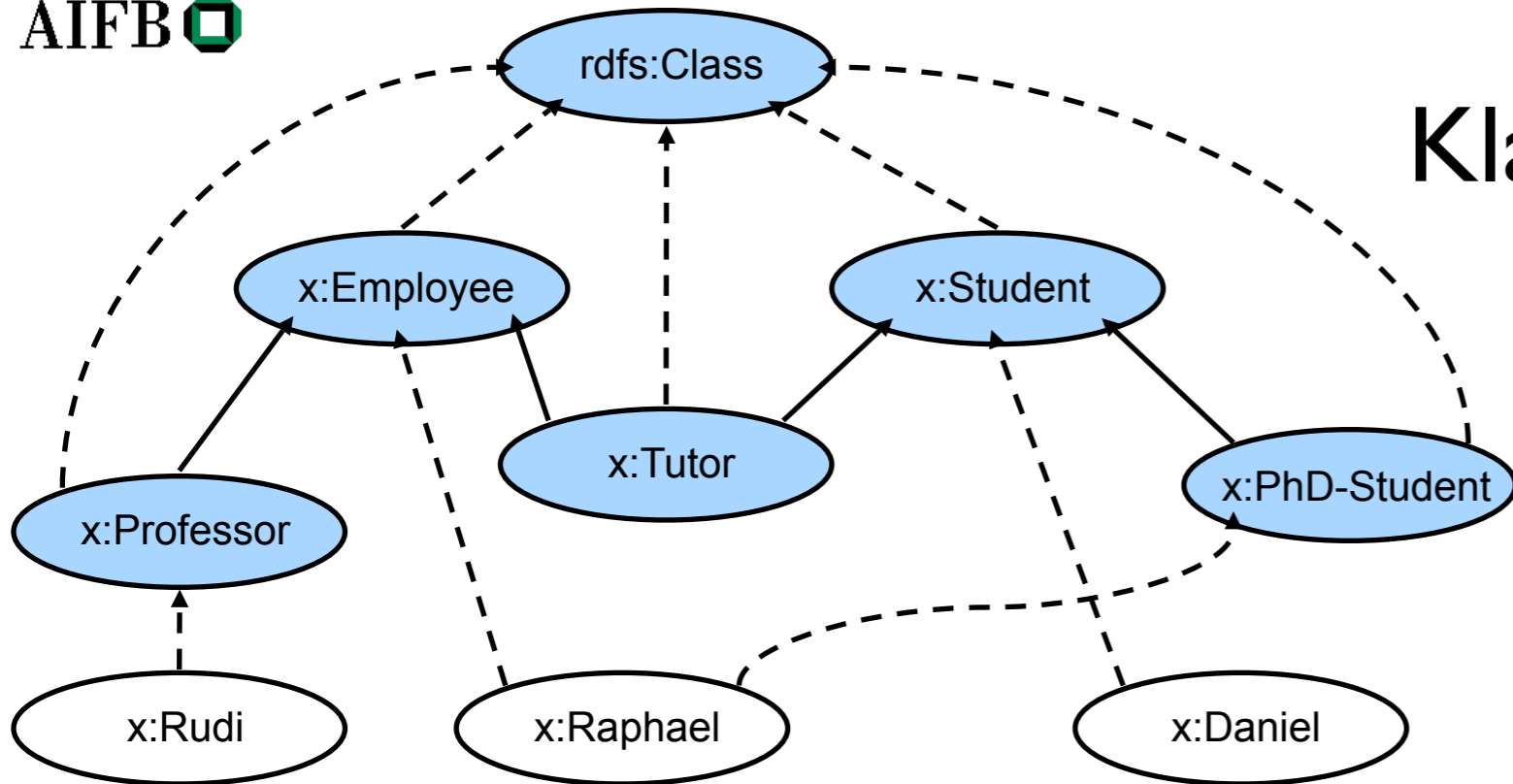


- Instanziierung von Klassen durch Individuen
- Begriffshierarchien (Taxonomien, „Vererbung“):  
Klassen, Begriffe
- binäre Relationen zwischen Individuen: Properties,  
Roles
- Eigenschaften von Relationen (z.B. range,  
transitive)
- Datentypen (z.B. Zahlen): concrete domains
- logische Ausdrucksmittel
- klare Semantik!

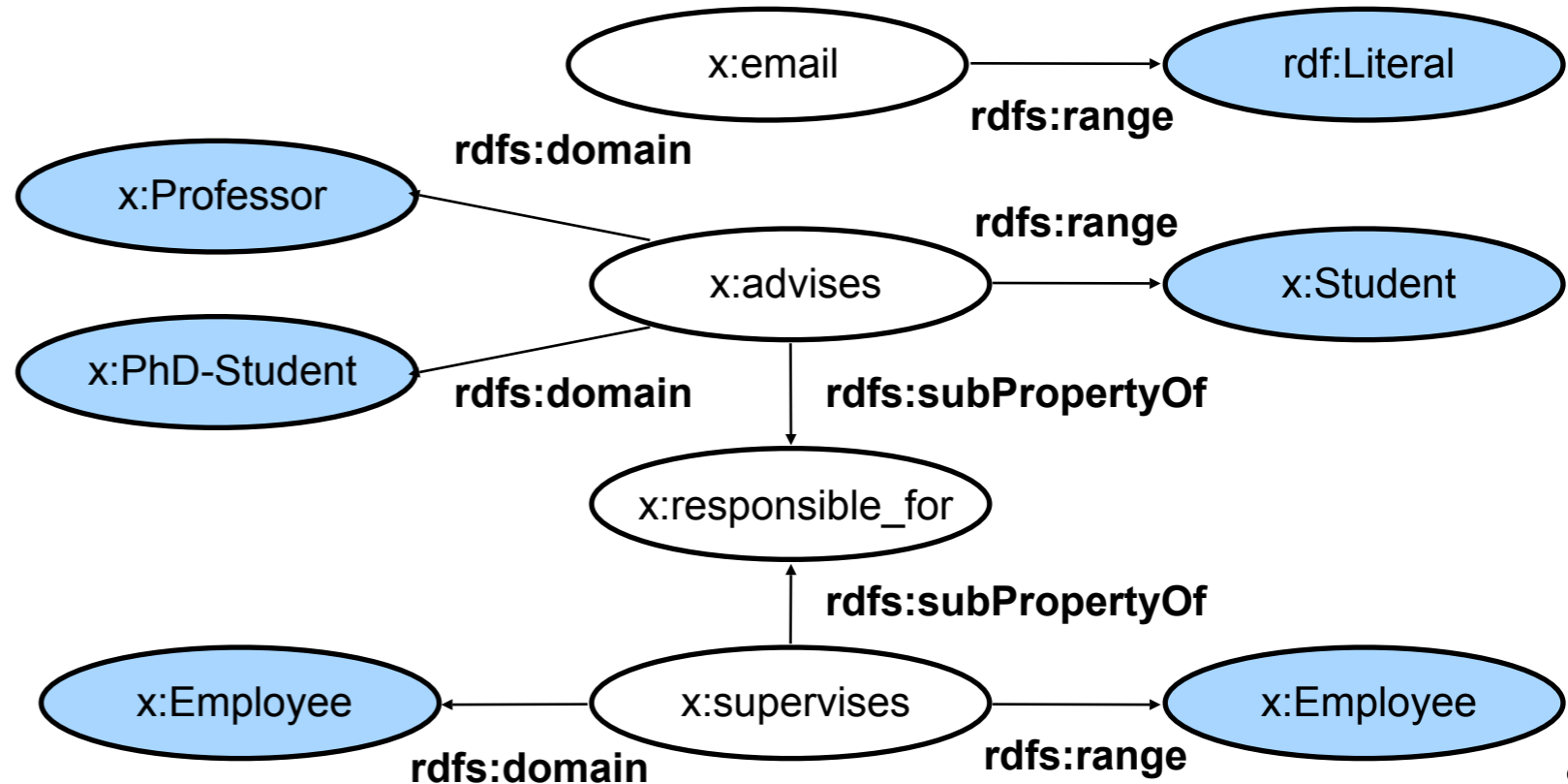
# RDFS - EINFACHE ONTOLOGIEN



## Klassen



## Relationen



# RDF SCHEMA ALS ONTOLOGIESPRACHE?

AIFB 

- geeignet für einfache Ontologien
- Vorteil: automatisches Schlussfolgern ist relativ effizient
- aber: für komplexere Modellierungen ungeeignet
- Rückgriff auf mächtigere Sprachen, wie
  - OWL
  - F-Logik

# AGENDA



- Motivation
- **OWL - Allgemeines**
- Klassen, Rollen und Individuen
- Klassenbeziehungen
- komplexe Klassen
- Eigenschaften von Rollen
- OWL Varianten
- Anfragen an OWL-Ontologien



# 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  
entspricht der Beschreibungslogik *SHOIN*(D)
- W3C-Dokumente (Vorlesungswebseite) enthalten Details,  
die hier nicht alle angesprochen werden können.

# OWL VARIANTEN

AIFB 

- 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).

# OWL DOKUMENTE



- sind RDF Dokumente  
(zumindest in der Standard-Syntax; es gibt auch andere)
- bestehen aus
  - Kopf mit allgemeinen Angaben
  - Rest mit der eigentlichen Ontologie

# 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>
```

# 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>
```

# 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`

# AGENDA



- Motivation
- OWL - Allgemeines
- **Klassen, Rollen und Individuen**
- Klassenbeziehungen
- komplexe Klassen
- Eigenschaften von Rollen
- OWL Varianten
- Anfragen an OWL-Ontologien

# 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



# KLASSEN



- Definition

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

- vordefiniert:

- owl:Thing
- owl:Nothing

# INDIVIDUEN



- Definition durch Klassenzugehörigkeit

```
<rdf:Description rdf:ID="RudiStuder">
```

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

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

- gleichbedeutend:

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

# 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>
```

# 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`.

# INDIVIDUEN UND ROLLEN



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

- Rollen sind im allgemeinen nicht funktional.

# AGENDA



- Motivation
- OWL - Allgemeines
- Klassen, Rollen und Individuen
- **Klassenbeziehungen**
- komplexe Klassen
- Eigenschaften von Rollen
- OWL Varianten
- Anfragen an OWL-Ontologien

# 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.

# EINFACHE KLASSENBEZIEHUNGEN

AIFB 

```
<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.



# 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.

# INDIVIDUEN UND KLASSENBEZIEHUNGEN



```
<Buch rdf:ID="SemanticWebGrundlagen">
```

```
  <Autor rdf:resource="#PascalHitzler"/>
```

```
  <Autor rdf:resource="#MarkusKrötzsch"/>
```

```
  <Autor rdf:resource="#SebastianRudolph"/>
```

```
  <Autor rdf:resource="#YorkSure"/>
```

```
</Buch>
```

```
<owl:Class rdf:about="#Buch">
```

```
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Publikation"/>
```

```
</owl:Class>
```

**Es folgt durch Inferenz, dass  
SemanticWebGrundlagen eine  
Publikation ist.**

# BEZIEHUNGEN ZWISCHEN INDIVIDUEN

AIFB 

```
<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`.**

# 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.

# ABGESCHLOSSENE KLASSEN

AIFB 

```
<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** SekretaeerinnenVonStuder **gibt**.

# AGENDA



- Motivation
- OWL - Allgemeines
- Klassen, Rollen und Individuen
- Klassenbeziehungen
- **komplexe Klassen**
- Eigenschaften von Rollen
- OWL Varianten
- Anfragen an OWL-Ontologien

# LOGISCHE KLASSENKONSTRUKTOREN



- logisches Und (Konjunktion):  
`owl:intersectionOf`
- logisches Oder (Disjunktion):  
`owl:unionOf`
- logisches Nicht (Negation):  
`owl:complementOf`
- Werden verwendet, um komplexe Klassen aus einfachen Klassen zu konstruieren.

# KONJUNKTION

AIFB 

```
<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**.



# 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>
```

# NEGATION



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

## semantisch äquivalente Aussage:

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

# ROLLENEINSCHRÄNKUNGEN (*ALL VALUES FROM*)

## AIFB

- 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.

# ROLLENEINSCHRÄNKUNGEN (SOME VALUES FROM)



```
<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.

# ROLLENEINSCHRÄNKUNGEN (KARDINALITÄTEN)



```
<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.

# ROLLENEINSCHRÄNKUNGEN (KARDINALITÄTEN)



```
<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.

# ROLLENEINSCHRÄNKUNGEN (KARDINALITÄTEN)



```
<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.

# ROLLENEINSCHRÄNKUNGEN (HASVALUE)



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

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



# 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:equivalentClass>  
</owl:Class>
```

# AGENDA



- Motivation
- OWL - Allgemeines
- Klassen, Rollen und Individuen
- Klassenbeziehungen
- komplexe Klassen
- **Eigenschaften von Rollen**
- OWL Varianten
- Anfragen an OWL-Ontologien

# ROLLENBEZIEHUNGEN

**AIFB** 

```
<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>
```

# 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  
 $r(a,b)$  und  $r(c,b)$  impliziert  $a=c$

# 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>
```

# DOMAIN UND RANGE: VORSICHT!

AIFB 

```
<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 Primzahlen eine  
Organisation ist!**

# 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

AIFB 

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



# AGENDA



- Motivation
- OWL - Allgemeines
- Klassen, Rollen und Individuen
- Klassenbeziehungen
- komplexe Klassen
- Eigenschaften von Rollen
- **OWL Varianten**
- Anfragen an OWL-Ontologien

# OWL VARIANTEN

AIFB 

- 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).

# 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`

# BEISPIEL FÜR TYPENDURCHMISCHUNG IN

**AIFB** 

```
<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.

# 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.

# OWL LITE



- alle Einschränkungen für OWL DL
- außerdem:
  - 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`.

# AGENDA



- Motivation
- OWL - Allgemeines
- Klassen, Rollen und Individuen
- Klassenbeziehungen
- komplexe Klassen
- Eigenschaften von Rollen
- OWL Varianten
- **Anfragen an OWL-Ontologien**

# TERMINOLOGISCHE 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>
```



# ASSERTIONALE ANFRAGEN AN OWL (MIT INDIVIDUEN)



- 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!

# 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/>

# 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`

# 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`

## 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"`

# 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-semantic/>  
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>