



Birte Glimm
Institut für Künstliche Intelligenz | 24. Okt 2011

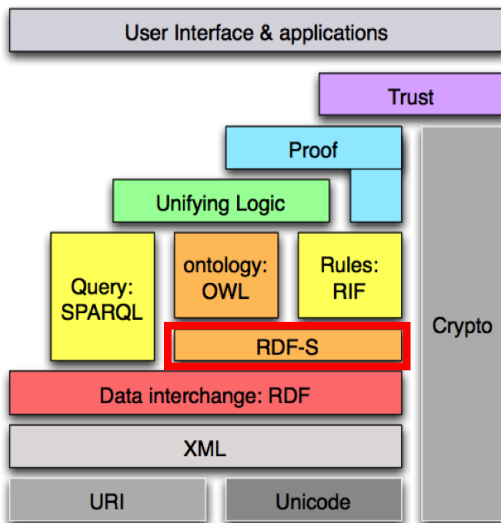
Semantic Web Grundlagen

RDF Schema

Organisatorisches: Inhalt

Einleitung und XML	17. Okt	SPARQL Syntax & Intuition	12. Dez
Einführung in RDF	20. Okt	Übung 4	15. Dez
RDF Schema	24. Okt	SPARQL Semantik	19. Dez
fällt aus	27. Okt	SPARQL 1.1	22. Dez
Logik – Grundlagen	31. Okt	Übung 5	9. Jan
Übung 1	3. Nov	SPARQL Entailment	12. Jan
Semantik von RDF(S)	7. Nov	SPARQL Implementierung	16. Jan
RDF(S) & Datalog Regeln	10. Nov	Abfragen & RIF	19. Jan
OWL Syntax & Intuition	14. Nov	Übung 6	23. Jan
Übung 2	17. Nov	Ontology Editing	26. Jan
OWL & BLs	21. Nov	Ontology Engineering	30. Jan
OWL 2	24. Nov	Linked Data	2. Feb
Tableau	28. Nov	Übung 7	6. Feb
Übung 3	1. Dez	SemWeb Anwendungen	9. Feb
Blocking & Unravelling	5. Dez	Wiederholung	13. Feb
Hypertableau	8. Dez	Übung 8	16. Feb

RDF Schema

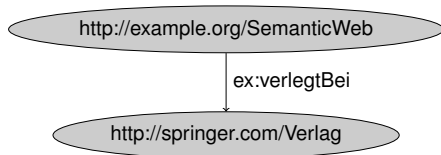


Agenda

- ▶ Motivation
- ▶ Klassen und Klassenhierarchien
- ▶ Propertys und Propertyhierarchien
- ▶ Einschränkungen auf Propertys
- ▶ Offene Listen
- ▶ Reifikation
- ▶ Zusätzliche Informationen in RDFS
- ▶ Einfache Ontologien

Schemawissen mit RDFS

- ▶ RDF bietet universelle Möglichkeit zur Kodierung von faktischen Daten im Web:



- ▶ = Aussagen über einzelne Ressourcen (Individuen) und deren Beziehungen
- ▶ wünschenswert: Aussagen über generische Mengen von Individuen (Klassen), z.B. Verlage, Organisationen, Personen etc.

Schemawissen mit RDFS

- ▶ Weiterhin wünschenswert: Spezifikation der logischen Zusammenhänge zwischen Individuen, Klassen und Beziehungen, um möglichst viel Semantik des Gegenstandsbereiches einzufangen, z.B.:
 - “Verlage sind Organisationen.”
 - “Nur Personen schreiben Bücher.”
- ▶ In Datenbanksprache: Schemawissen

Schemawissen mit RDFS

RDF Schema (RDFS):

- ▶ Teil der W3C Recommendation zu RDF
- ▶ Ermöglicht Spezifikation von schematischem (auch: terminologischem) Wissen
- ▶ Spezielles RDF-Vokabular (also: jedes RDFS-Dokument ist ein RDF-Dokument)
- ▶ Namensraum (i.d.R. abgekürzt mit `rdfs`):
`http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#`

Schemawissen mit RDFS

RDF Schema (RDFS):

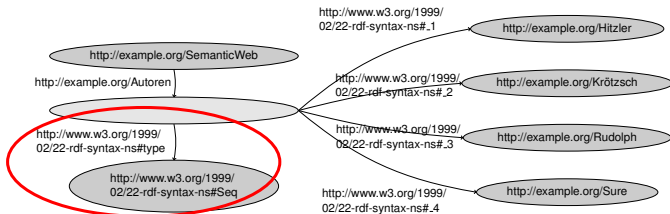
- ▶ jedoch: Vokabular nicht themengebunden (wie z.B. bei FOAF), sondern generisch
- ▶ erlaubt die Spezifikation (von Teilen) der Semantik beliebiger RDF-Vokabulare (ist also eine Art "Metavokabular")
- ▶ Vorteil: jede Software mit RDFS-Unterstützung interpretiert jedes mittels RDFS definierte Vokabular korrekt
- ▶ Funktionalität macht RDFS zu einer Ontologiesprache (für leichtgewichtige - engl.: lightweight - Ontologien)
- ▶ "A little semantics goes a long way."

Agenda

- ▶ Motivation
- ▶ **Klassen und Klassenhierarchien**
- ▶ Property und Propertyhierarchien
- ▶ Einschränkungen auf Property
- ▶ Offene Listen
- ▶ Reifikation
- ▶ Zusätzliche Informationen in RDFS
- ▶ Einfache Ontologien

Klassen und Instanzen

- Typisierung von Ressourcen bereits in RDF zur Kennzeichnung von Listen:



- Prädikat `rdf:type` weist dem Subjekt das Objekt als Typ zu
- Objekt aufgefasst als Bezeichner für Klasse, der die durch das Subjekt bezeichnete Ressource (als sog. Instanz) angehört

Klassen und Instanzen

```
ex:SemanticWeb rdf:type ex:Lehrbuch .
```

- ▶ Charakterisiert “Semantic Web - Grundlagen” als Instanz der (neu definierten) Klasse “Lehrbuch”
- ▶ Klassenzugehörigkeit ist nicht exklusiv, z.B. mit o.g. Tripel gleichzeitig möglich:

```
ex:SemanticWeb rdf:type ex:Unterhaltsam .
```

- ▶ Allgemein: a priori syntaktisch keine eindeutige Unterscheidung zwischen Individuen- und Klassenbezeichnern möglich
- ▶ Auch in der Realität Charakterisierung manchmal schwierig, beispielsweise für <http://www.un.org/#URI>

Die Klasse aller Klassen

- ▶ Jedoch manchmal eindeutige Kennzeichnung einer URI als Klassenbezeichner wünschenswert
- ▶ Möglich durch Typung der betreffenden URI als `rdfs:Class`

```
es:Lehrbuch rdf:type rdfs:Class .
```

- ▶ `rdfs:Class` ist also die “Klasse aller Klassen” und enthält sich damit auch selbst, d.h. das folgende Tripel ist immer wahr:

```
rdfs:Class rdf:type rdfs:Class .
```

Unterklassen - Motivation

- ▶ Gegeben Tripel
`ex:SemanticWeb rdf:type ex:Lehrbuch .`
- ▶ Problem: Suche nach Instanzen der Klasse `ex:Buch` liefert kein Resultat
- ▶ Möglichkeit: Hinzufügen von Tripel
`ex:SemanticWeb rdf:type ex:Buch .`
- ▶ Löst das Problem aber nur für die eine Ressource `ex:SemanticWeb`
- ▶ Automatisches Hinzufügen für alle Instanzen führt zu unnötig großen RDF-Dokumenten

Unterklassen

- ▶ Sinnvoller: einmalige Aussage, dass jedes Lehrbuch auch ein Buch ist, d.h. jede Instanz der Klasse `ex:Lehrbuch` ist automatisch auch eine Instanz der Klasse `ex:Buch`
- ▶ Realisiert durch die `rdfs:subClassOf`-Property:

```
ex:Lehrbuch rdfs:subClassOf ex:Buch .
```

“Die Klasse der Lehrbücher ist eine Unterklasse der Klasse der Bücher.”

Unterklassen

- ▶ `rdfs:subClassOf`-Property ist reflexiv, d.h. jede Klasse ist Unterklasse von sich selbst, so dass z.B. gilt:

```
ex:Lehrbuch rdfs:subClassOf ex:Lehrbuch .
```

- ▶ Umgekehrt: Festlegung der Gleichheit zweier Klassen durch gegenseitige Unterklassenbeziehung, etwa:

```
ex:Hospital rdfs:subClassOf ex:Krankenhaus .  
ex:Krankenhaus rdfs:subClassOf ex:Hospital .
```

Klassenhierarchien

- ▶ Üblich: nicht nur einzelne Unterklassenbeziehungen sondern ganze Klassenhierarchien (auch: Taxonomien) z.B.:

```
ex:Lehrbuch rdfs:subClassOf ex:Buch .  
ex:Buch rdfs:subClassOf ex:Printmedium .  
ex:Zeitschrift rdfs:subClassOf ex:Printmedium .
```

- ▶ In RDFS-Semantik verankert: Transitivität der `rdfs:subClassOf`-Property, d.h. es folgt automatisch

```
ex:Lehrbuch rdfs:subClassOf ex:Printmedium .
```


Klassenhierarchien

- ▶ Klassenhierarchien besonders ausgeprägt, etwa in Biologie (z.B. Klassifikation von Lebewesen)
- ▶ Z.B. zoologische Einordnung des modernen Menschen

```
<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:ex="http://www.semantic-web-grundlagen.de/Beispiele#">
  <rdfs:Class rdf:about="&ex;Animalia"/>
  <rdfs:Class rdf:about="&ex;Chordata">
    <rdfs:subClassOf rdfs:resource="&ex;Animalia"/>
  </rdfs:Class>
  <rdfs:Class rdf:about="&ex;Mammalia">
    <rdfs:subClassOf rdfs:resource="&ex;Chordata"/>
  </rdfs:Class>
  <rdfs:Class rdf:about="&ex;Primates">
    <rdfs:subClassOf rdfs:resource="&ex;Mammalia"/>
  </rdfs:Class>
  <rdfs:Class rdf:about="&ex;Hominidae">
    <rdfs:subClassOf rdfs:resource="&ex;Primates"/>
  </rdfs:Class>
  ...
```

Klassen

- ▶ Intuitive Parallele zur Mengenlehre:

<code>rdf:type</code>	entspricht	\in
<code>rdfs:subClassOf</code>	entspricht	\subseteq

- ▶ Rechtfertigt beispielsweise auch die Reflexivität und Transitivität von `rdfs:subClassOf`

Klassen in RDF/XML-Syntax

- ▶ Verkürzte Darstellungen bei Angabe von Klasseninstanzen möglich:

```
<ex:HomoSapiens rdf:about="&ex;BirteGlimm"/>
```

an Stelle von

```
<rdf:Description rdf:about="&ex;BirteGlimm">  
  <rdf:type rdf:resource="&ex;HomoSapiens">  
</rdf:Description>
```

- ▶ Dementsprechend auch

```
<rdfs:Class rdf:about="&ex;HomoSapiens"/>
```

Vordefinierte Klassenbezeichner

- ▶ `rdfs:Resource`
Klasse aller Ressourcen (also sämtliche Elemente des Gegenstandsbereiches)
- ▶ `rdf:Property`
Klasse aller Beziehungen
(= die Ressourcen, die durch Prädikats-URIs referenziert werden)
- ▶ `rdf:List`, `rdf:Seq`, `rdf:Bag`, `rdf:Alt`,
`rdfs:Container`
Klassen verschiedener Arten von Listen
- ▶ `rdfs:ContainerMembershipProperty`
Klasse aller Beziehungen, die eine Enthaltenseinsbeziehung darstellen

Vordefinierte Klassenbezeichner

- ▶ `rdf:XMLLiteral`
Klasse aller Werte des vordefinierten Datentyps `XMLLiteral`
- ▶ `rdfs:Literal`
Klasse aller Literalwerte (enthält also alle Datentypen als Unterklassen)
- ▶ `rdfs:Datatype`
Klasse aller Datentypen (ist also wie `rdfs:Class` eine Klasse von Klassen)
- ▶ `rdf:Statement`
Klasse aller reifizierten Aussagen (s. dort)

Agenda

- ▶ Motivation
- ▶ Klassen und Klassenhierarchien
- ▶ Property und Propertyhierarchien
- ▶ Einschränkungen auf Property
- ▶ Offene Listen
- ▶ Reifikation
- ▶ Zusätzliche Informationen in RDFS
- ▶ Einfache Ontologien

Property

- ▶ Andere Bezeichnungen: Relationen, Beziehungen
- ▶ Achtung: Property sind in RDF(S) nicht (wie in OOP) speziellen Klassen zugeordnet
- ▶ Property-Bezeichner in Tripeln üblicherweise an Prädikatsstelle
- ▶ Charakterisieren, auf welche Art zwei Ressourcen zueinander in Beziehung stehen
- ▶ Mathematisch oft dargestellt als Menge von Paaren:
verheiratetMit = {(Adam, Eva), (Brad, Angelina), ...}
- ▶ URI wird als Property-Bezeichner gekennzeichnet durch entsprechende Typung:
`ex:verlegtBei rdf:type rdf:Property .`

Unterproperty

- ▶ Ähnlich zu Unter-/Oberklassen auch Unter-/Oberproperty denkbar und sinnvoll
- ▶ Darstellung in RDFS mittels `rdfs:subPropertyOf` z.B.:

```
ex:glücklichVerheiratetMit rdfs:subPropertyOf  
rdf:verheiratetMit .
```

- ▶ Erlaubt, aus dem Tripel

```
ex:Markus ex:glücklichVerheiratetMit ex:Anja .
```

zu schlussfolgern, dass

```
ex:Markus ex:verheiratetMit ex:Anja .
```


Agenda

- ▶ Motivation
- ▶ Klassen und Klassenhierarchien
- ▶ Property und Propertyhierarchien
- ▶ Einschränkungen auf Property
- ▶ Offene Listen
- ▶ Reifikation
- ▶ Zusätzliche Informationen in RDFS
- ▶ Einfache Ontologien

Einschränkung von Property

- ▶ Häufig: Property kann sinnvoll nur ganz bestimmte Ressourcen verbinden, z.B. verbindet `ex:verlegtBei` nur Publikationen mit Verlagen
- ▶ D.h. für alle URIs `a`, `b` folgt aus dem Tripel `a ex:verlegtBei b` .
dass auch gilt:
`a rdf:type ex:Publikation` .
`b rdf:type ex:Verlag` .
- ▶ Kann in RDFS direkt kodiert werden:
`ex:verlegtBei rdfs:domain ex:Publikation` .
`ex:verlegtBei rdfs:range ex:Verlag` .
- ▶ Auch zur Angabe von Datentypen für Literale:
`ex:hatAlter rdfs:range`
`xsd:nonNegativeInteger` .

Einschränkung von Property

- ▶ Propertyeinschränkungen bieten die einzige Möglichkeit, semantische Zusammenhänge zwischen Property und Klassen zu spezifizieren
- ▶ Achtung: Propertyeinschränkungen wirken global und konjunktiv, z.B.

```
ex:autorVon rdfs:range ex:Kochbuch .  
ex:autorVon rdfs:range ex:Märchenbuch .
```

bedeutet: jede Entität, von der jemand Autor ist, ist gleichzeitig Kochbuch und Märchenbuch

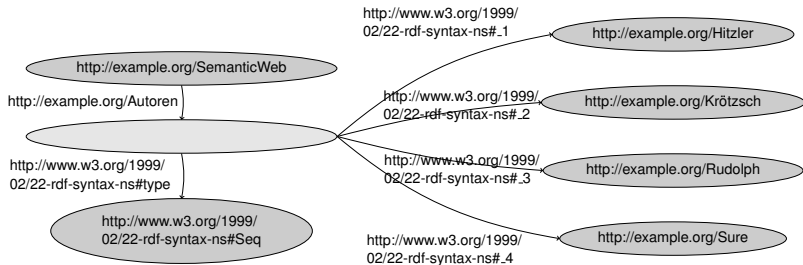
- ▶ Daher: als domain/range immer allgemeinste mögliche Klasse verwenden

Agenda

- ▶ Motivation
- ▶ Klassen und Klassenhierarchien
- ▶ Propertys und Propertyhierarchien
- ▶ Einschränkungen auf Propertys
- ▶ Offene Listen
- ▶ Reifikation
- ▶ Zusätzliche Informationen in RDFS
- ▶ Einfache Ontologien

Arbeit mit offenen Listen

Zur Erinnerung: offene Listen in RDF:



Arbeit mit offenen Listen

- ▶ **Neue Klasse:** `rdfs:Container` als Oberklasse von `rdf:Seq`, `rdf:Bag`, `rdf:Alt`
- ▶ **Neue Klasse:** `rdfs:ContainerMembershipProperty`
Elemente sind keine Individuen im eigentlichen Sinne sondern selbst Property
- ▶ **Intendierte Semantik:** jede Property, die aussagt, dass das Subjekt im Objekt enthalten ist, ist Instanz von `rdfs:ContainerMembershipProperty`
- ▶ **Es gilt also insbesondere**
`rdf:_1 rdf:type rdfs:ContainerMembershipProperty .`
`rdf:_2 rdf:type rdfs:ContainerMembershipProperty .`
etc.

Arbeit mit offenen Listen

- ▶ **Neue Property:** `rdfs:member`
Oberproperty aller in
`rdfs:ContainerMembershipProperty` enthaltenen
Propertys, also die “universelle Enthaltenseinsrelation”
- ▶ Damit in RDFS-Semantik verankert: wann immer für eine
Property `p` das Tripel

```
p rdf:type rdfs:ContainerMembershipProperty .
```

gilt, folgt aus dem Tripel

```
a p b .
```

sofort das Tripel

```
a rdfs:member b .
```

Agenda

- ▶ Motivation
- ▶ Klassen und Klassenhierarchien
- ▶ Propertys und Propertyhierarchien
- ▶ Einschränkungen auf Propertys
- ▶ Offene Listen
- ▶ Reifikation
- ▶ Zusätzliche Informationen in RDFS
- ▶ Einfache Ontologien

Reifikation

- ▶ Problematisch in RDF(S): Modellierung von Aussagen über Aussagen (häufig zu erkennen am Wort “dass”), z.B.: “Der Detektiv vermutet, dass der Butler den Gärtner ermordet hat.”

- ▶ Erster Modellierungsversuch:

```
ex:detektiv ex:vermutet "Der Butler hat den
Gärtner ermordet."
```

- ▶ Ungünstig: auf Literal-Objekt kann schlecht in anderen Aussagen Bezug genommen werden (keine URI)

- ▶ Zweiter Modellierungsversuch:

```
ex:detektiv ex:vermutet
ex:derButlerHatDenGärtnerErmordet .
```

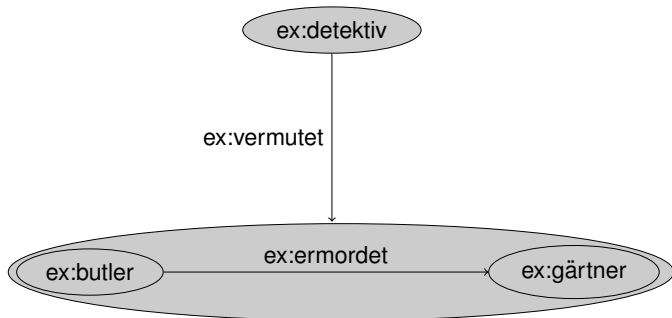
- ▶ Ungünstig: innere Struktur der dass-Aussage geht verloren

Reifikation

- ▶ Problematisch in RDF(S): Modellierung von Aussagen über Aussagen (häufig zu erkennen am Wort “dass”), z.B.:
“Der Detektiv vermutet, dass der Butler den Gärtner ermordet hat.”
- ▶ Einzelne dass-Aussage leicht in RDF modellierbar:
`ex:butler ex:hatErmordet ex:gärtner .`
- ▶ Wünschenswert: ganzes RDF-Tripel als Objekt eines anderen Tripels; ist aber kein gültiges RDF

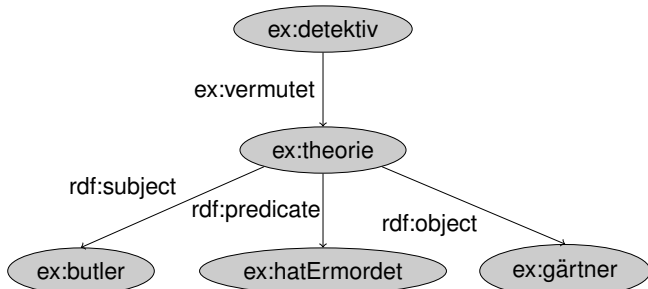
Reifikation

Lösung (ähnlich wie bei mehrwertigen Beziehungen):
Hilfsknoten für die geschachtelte Aussage:



Reifikation

Lösung (ähnlich wie bei mehrwertigen Beziehungen):
Hilfsknoten für die geschachtelte Aussage:

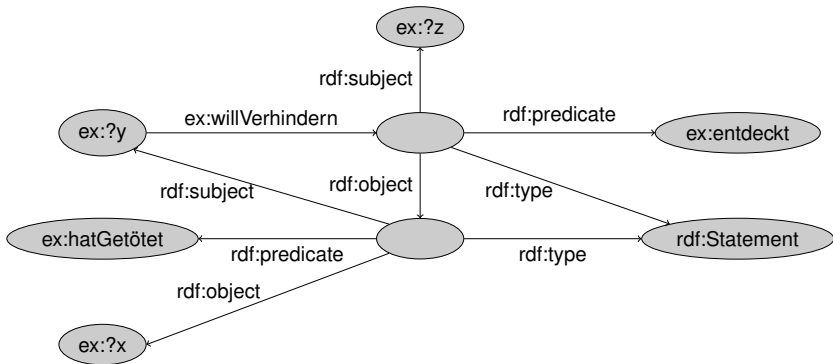


Reifikation

- ▶ Achtung: reifiziertes Tripel muss nicht unbedingt gelten (wäre auch nicht immer sinnvoll, z.B. bei Aussagen wie: “Der Detektiv bezweifelt, dass der Butler den Gärtner ermordet hat.”)
- ▶ Falls dies gewünscht ist, muss das originale (unreifizierte) Tripel dem RDF-Dokument nochmals hinzugefügt werden
- ▶ Der Klassenbezeichner `rdf:Statement` dient zur Kennzeichnung aller solcher Aussagen-Hilfsknoten
- ▶ Falls auf eine Aussage nicht (extern) Bezug genommen wird, kann der entsprechende Hilfsknoten ein `bnode` sein

Reifikation

Übungsaufgabe: noch eine Kriminalgeschichte...



Agenda

- ▶ Motivation
- ▶ Klassen und Klassenhierarchien
- ▶ Propertyts und Propertyhierarchien
- ▶ Einschränkungen auf Propertyts
- ▶ Offene Listen
- ▶ Reifikation
- ▶ **Zusätzliche Informationen in RDFS**
- ▶ Einfache Ontologien

Zusatzinformationen

- ▶ Wie bei Programmiersprachen manchmal Hinzufügen von Kommentaren (ohne Auswirkung auf Semantik) wünschenswert
- ▶ Zweck: Erhöhung der Verständlichkeit für menschlichen Nutzer
- ▶ Es empfiehlt sich (z.B. aus Tool-Kompatibilitätsgründen) auch dieses Wissen als Graph zu repräsentieren
- ▶ Also: Satz von Property's, die diesem Zweck dienen

Zusatzinformationen

`rdfs:label`

- ▶ Property, die einer (beliebigen) Ressource einen alternativen Namen zuweist (Literal)
- ▶ Oftmals sind URIs schwer lesbar; zumindest “unhandlich” durch `rdfs:label` zugewiesener Name wird z.B. häufig von Tools bei der graphischen Darstellung verwendet

Beispiel (inkl. Sprachinformation):

```
<rdfs:Class rdf:about="&ex;Hominidae">  
  <rdfs:label xml:lang="de">Menschenaffen</rdfs:label>  
</rdfs:Class>
```

Zusatzinformationen

`rdfs:comment`

- ▶ Property, die einer (beliebigen) Ressource einen umfangreichen Kommentar zuweist (Literal)
- ▶ Beinhaltet z.B. natürlichsprachliche Definition einer neu eingeführten Klasse – erleichtert spätere intentionsgemäße Wiederverwendung

`rdfs:seeAlso`, `rdfs:definedBy`

- ▶ Properties, die Ressourcen (URIs!) angeben, die weitere Informationen bzw. eine Definition der Subjekt-Ressource bereitstellen

Zusatzinformationen

Verwendungsbeispiel

```
:  
xmlns:wikipedia="http://de.wikipedia.org/wiki"  
:  
<rdfs:Class rdf:about="\&ex;Primates">  
  <rdfs:label xml:lang="de">Primaten</rdfs:label>  
  <rdfs:comment>  
    Eine Säugetierordnung. Primaten zeichnen sich durch  
    ein hochentwickeltes Gehirn aus. Sie besiedeln  
    hauptsächlich die wärmeren Erdregionen.  
    Die Bezeichnung Primates (lat. "Herrentierre") stammt  
    von Carl von Linné.  
  </rdfs:comment>  
  <rdfs:seeAlso rdfs:resource="/&wikipedia;Primaten"/>  
  <rdfs:subClassOf rdfs:resource="\&ex;Mammalia"/>  
</rdfs:Class>
```

Agenda

- ▶ Motivation
- ▶ Klassen und Klassenhierarchien
- ▶ Property und Propertyhierarchien
- ▶ Einschränkungen auf Property
- ▶ Offene Listen
- ▶ Reifikation
- ▶ Zusätzliche Informationen in RDFS
- ▶ Einfache Ontologien

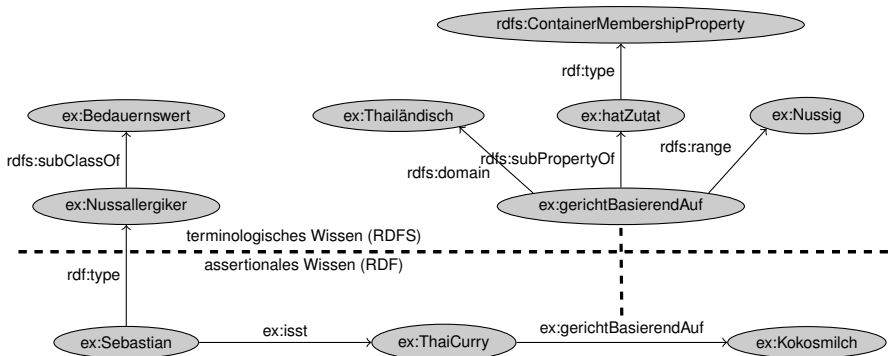
Einfache Ontologien

- ▶ Mit den durch RDFS bereitgestellten Sprachmitteln können bestimmte Gegenstandsbereiche bereits in wichtigen Aspekten semantisch erfasst werden
- ▶ Auf der Basis der speziellen Semantik von RDFS kann schon ein gewisses Maß impliziten Wissens geschlussfolgert werden
- ▶ Mithin stellt RDFS eine (wenn auch noch vergleichsweise wenig ausdrucksstarke) Ontologiesprache dar

Einfache Ontologien - Beispiel

```

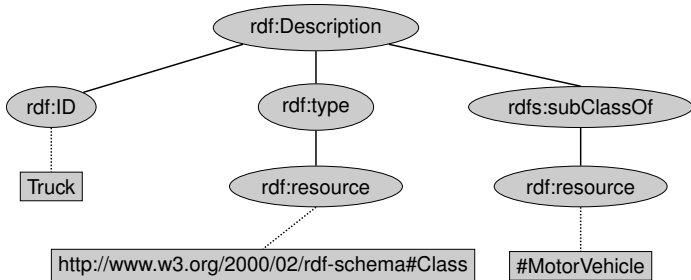
ex:ThaiCurry      ex:gerichtBasierendAuf  ex:Kokosmilch .
ex:Sebastian      rdf:type                               ex:Nussallergiker .
ex:Sebastian      ex:isst                               ex:ThaiCurry .
ex:Nussallergiker rdfs:subClassOf                       ex:Bedauernswert .
ex:gerichtBasierendAuf rdfs:domain                     ex:Thailändisch .
ex:gerichtBasierendAuf rdfs:range                       ex:Nussig .
ex:gerichtBasierendAuf rdfs:subPropertyOf               ex:hatZutat .
ex:hatZutat        rdf:type                               rdfs:ContainerMembershipProperty .
  
```



1 Dokument - 3 Interpretationen

```
<rdf:Description rdf:ID="Truck">
  <rdf:type rdf:resource=
    "http://www.w3.org/2000/02/rdf-schema#Class"/>
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#MotorVehicle"/>
</rdf:Description>
```

Interpretation als XML:



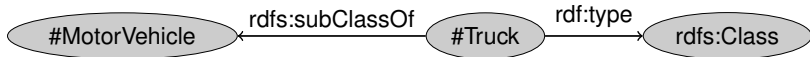
1 Dokument - 3 Interpretationen

```
<rdf:Description rdf:ID="Truck">
  <rdf:type rdf:resource=
    "http://http://www.w3.org/2000/02/rdf-schema#Class"/>
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#MotorVehicle"/>
</rdf:Description>
```

Interpretation als RDF:

- ▶ Anderes Datenmodell
- ▶ `rdf:Description`, `rdf:ID` und `rdf:resource` haben eine festgelegte Bedeutung

subject	predicate	object
#Truck	<code>rdf:type</code>	<code>rdfs:Class</code>
#Truck	<code>rdfs:subClassOf</code>	#Motorvehicle

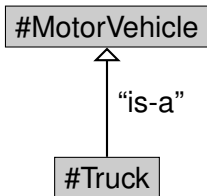


1 Dokument - 3 Interpretationen

```
<rdf:Description rdf:ID="Truck">  
  <rdf:type rdf:resource=  
    "http://http://www.w3.org/2000/02/rdf-schema#Class"/>  
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#MotorVehicle"/>  
</rdf:Description>
```

Interpretation als RDF Schema:

- ▶ Wieder anderes Datenmodell
- ▶ `rdf:type` und `rdfs:subClassOf` werden speziell interpretiert



Agenda

- ▶ Motivation
- ▶ Klassen und Klassenhierarchien
- ▶ Property und Propertyhierarchien
- ▶ Einschränkungen auf Property
- ▶ Offene Listen
- ▶ Reifikation
- ▶ Zusätzliche Informationen in RDFS
- ▶ Einfache Ontologien