Semantic Web Technologies I

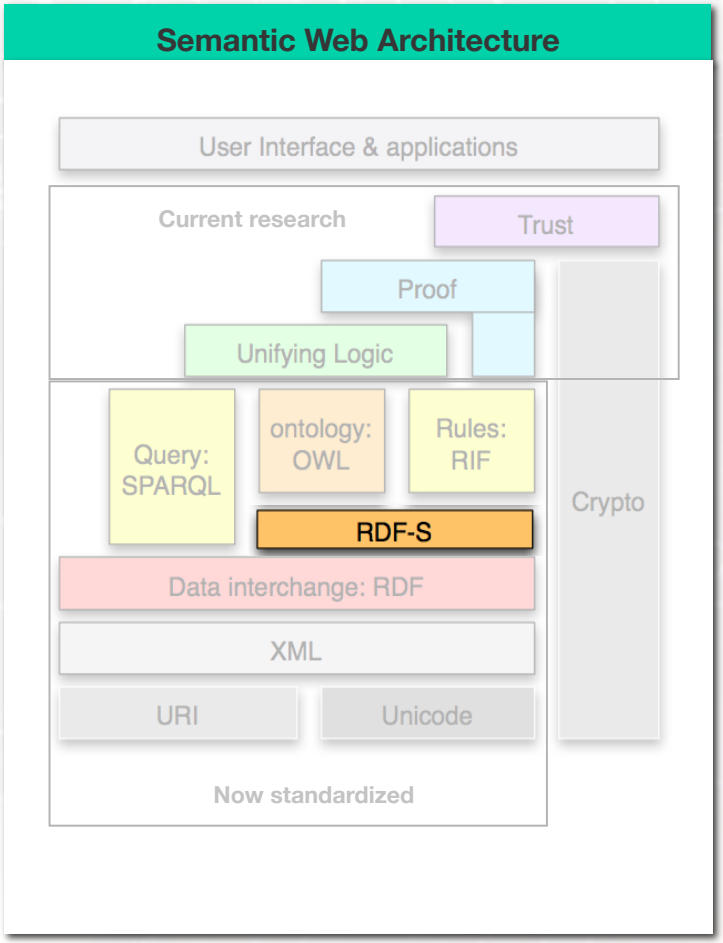
Lehrveranstaltung im WS12/13

Dr. Sebastian Rudolph
Dr. Duc Thanh Tran

AIFB

RDF Schema

Günter Ladwig



Agenda

- Motivation
- Klassen und Klassenhierarchien
- Propertys und Propertyhierarchien
- Einschränkungen auf Propertys
- offene Listen
- Reifikation
- zusätzliche Informationen in RDFS
- einfache Ontologien

Semantic Web
TECHNOLOGIES

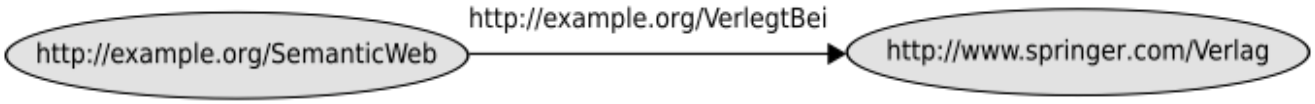
AIFB

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 vermittels RDFS definierte Vokabular korrekt
  - Funktionalität macht RDFS zu einer Ontologiesprache (für leichtgewichtige - engl.: lightweight - Ontologien)
  - „A little semantics goes a long way.“

Semantic Web
TECHNOLOGIES

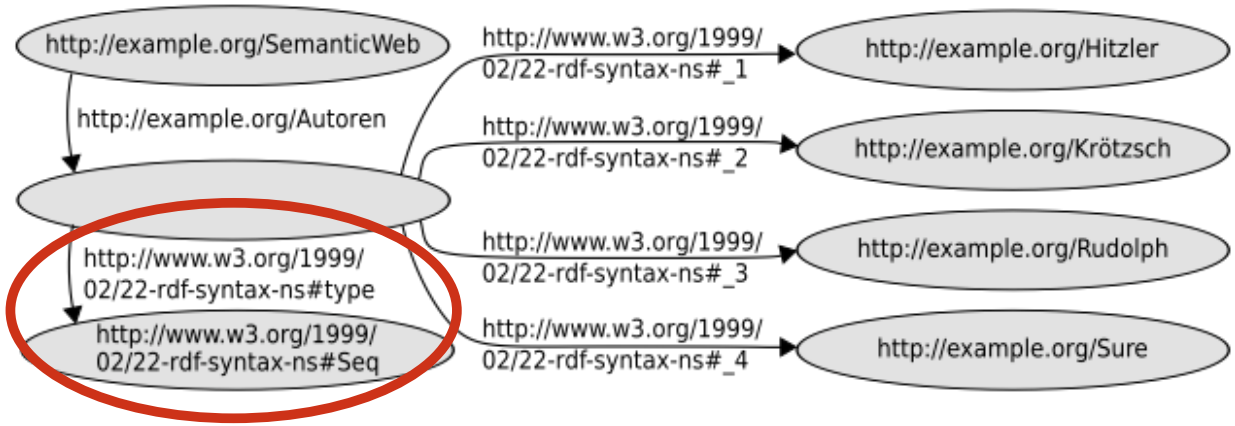
AIFB

Agenda

- Motivation
- Klassen und Klassenhierarchien
- Propertys und Propertyhierarchien
- Einschränkungen auf Propertys
- 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 reflextiv, 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. *Klas*sifikation 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:label xml:lang="de">Tiere</rdfs:label>
</rdfs:Class>
<rdfs:Class rdf:about="&ex;Chordata">
<rdfs:label xml:lang="de">Chordatiere</rdfs:label>
<rdfs:subClassOf rdfs:resource="&ex;Animalia"/>
</rdfs:Class>
<rdfs:Class rdf:about="&ex;Mammalia">
<rdfs:label xml:lang="de">S¨augetiere</rdfs:label>
<rdfs:subClassOf rdfs:resource="&ex;Chordata"/>
</rdfs:Class>
<rdfs:Class rdf:about="&ex;Primates">
<rdfs:label xml:lang="de">Primaten</rdfs:label>
<rdfs:subClassOf rdfs:resource="&ex;Mammalia"/>
</rdfs:Class>
<rdfs:Class rdf:about="&ex;Hominidae">
<rdfs:label xml:lang="de">Menschenaffen</rdfs:label>
<rdfs:subClassOf rdfs:resource="&ex;Primates"/>
</rdfs:Class>
<rdfs:Class rdf:about="&ex;Homo">
<rdfs:label xml:lang="de">Mensch</rdfs:label>
<rdfs:subClassOf rdfs:resource="&ex;Hominidae"/>
</rdfs:Class>
<rdfs:Class rdf:about="&ex;HomoSapiens">
<rdfs:label xml:lang="de">Moderner Mensch</rdfs:label>
<rdfs:subClassOf rdfs:resource="&ex;Homo"/>
</rdfs:Class>
<ex:HomoSapiens rdf:about="&ex;SebastianRudolph"/>
</rdf:RDF>
```

Klassen

- intuitive Parallele zur Mengenlehre:

rdf:type	entspricht	$\in$
rdfs:subClassOf	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;SebastianRudolph"/>
```

an Stelle von

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

- dementsprechend auch

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

Semantic Web TECHNOLOGIES

AIFB

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

Semantic Web TECHNOLOGIES

AIFB

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
- Propertys und Propertyhierarchien
- Einschränkungen auf Propertys
- offene Listen
- Reifikation
- zusätzliche Informationen in RDFS
- einfache Ontologien

Propertys

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

Unterpropertys

- ähnlich zu Unter-/Oberklassen auch Unter-/Oberpropertys denkbar und sinnvoll
- Darstellung in RDFS mittels rdfs:subPropertyOf z.B.:

```
ex:glücklichVerheiratetMit  rdf: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
- Propertys und Propertyhierarchien
- Einschränkungen auf Propertys
- offene Listen
- Reifikation
- zusätzliche Informationen in RDFS
- einfache Ontologien

Einschränkung von Propertys

- 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 Propertys

- Propertyeinschränkungen bieten die einzige Möglichkeit, semantische Zusammenhänge zwischen Propertys 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

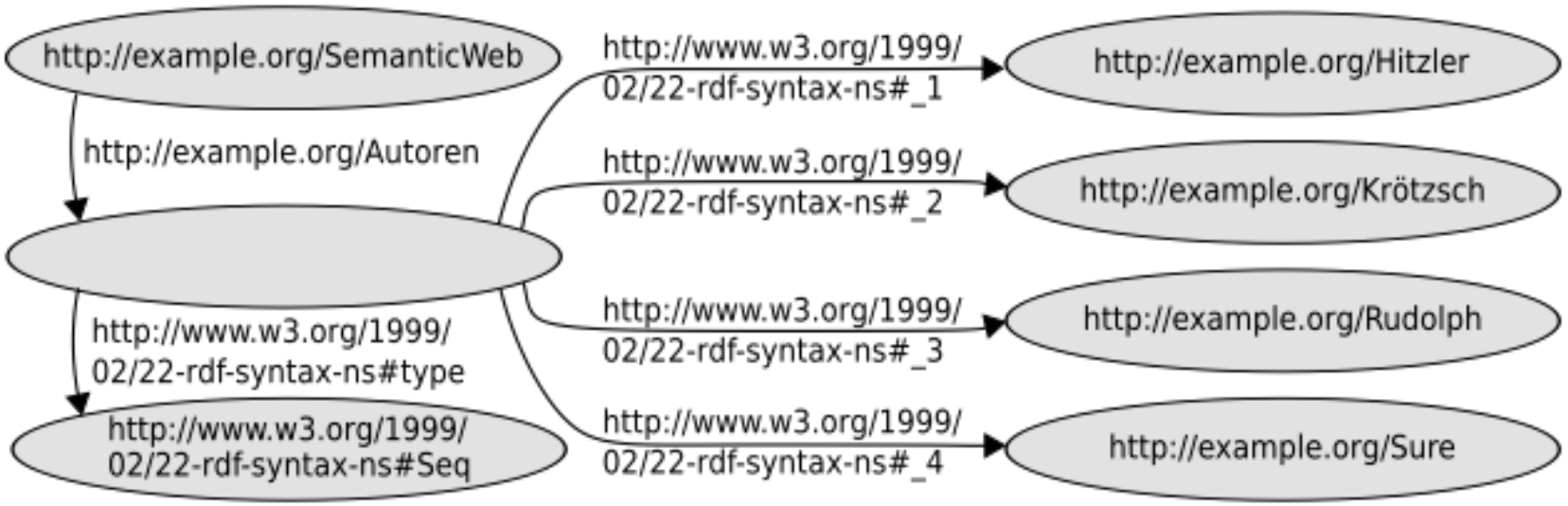
- daher: als domain/range immer allgemeinste mögliche Klasse verwenden

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 i.e.S. sondern selbst Propertys
- 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  .
  ```

Semantic Web
TECHNOLOGIES

AIFB

Agenda

- Motivation
- Klassen und Klassenhierarchien
- Propertys und Propertyhierarchien
- Einschränkungen auf Propertys
- offene Listen
- Reifikation
- zusätzliche Informationen in RDFS
- einfache Ontologien

Reifikation

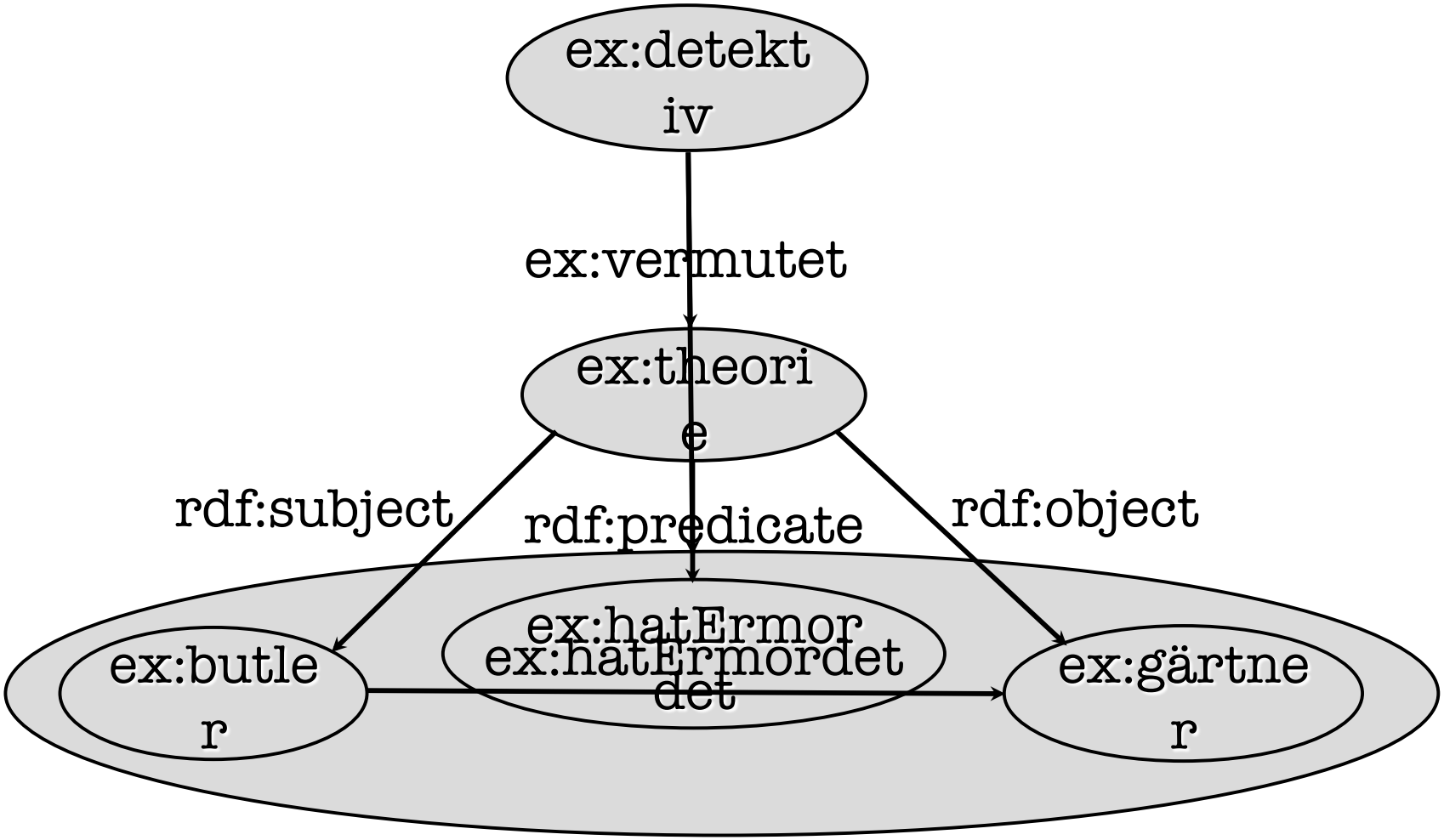
- Problematisch in RDF(S): Modellierung von Aussagen über Aussagen (häufig zu erkennen am Wort„dass“), z.B.: *„Der Detektiv vermutet, **dass** der Butler den Gärtner ermordet hat.“*
- erster Modellierungsversuch:
  `ex:detektiv ex:vermutet "Der Butler hat den Gärtner ermordet." .`
  - ungünstig: auf 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

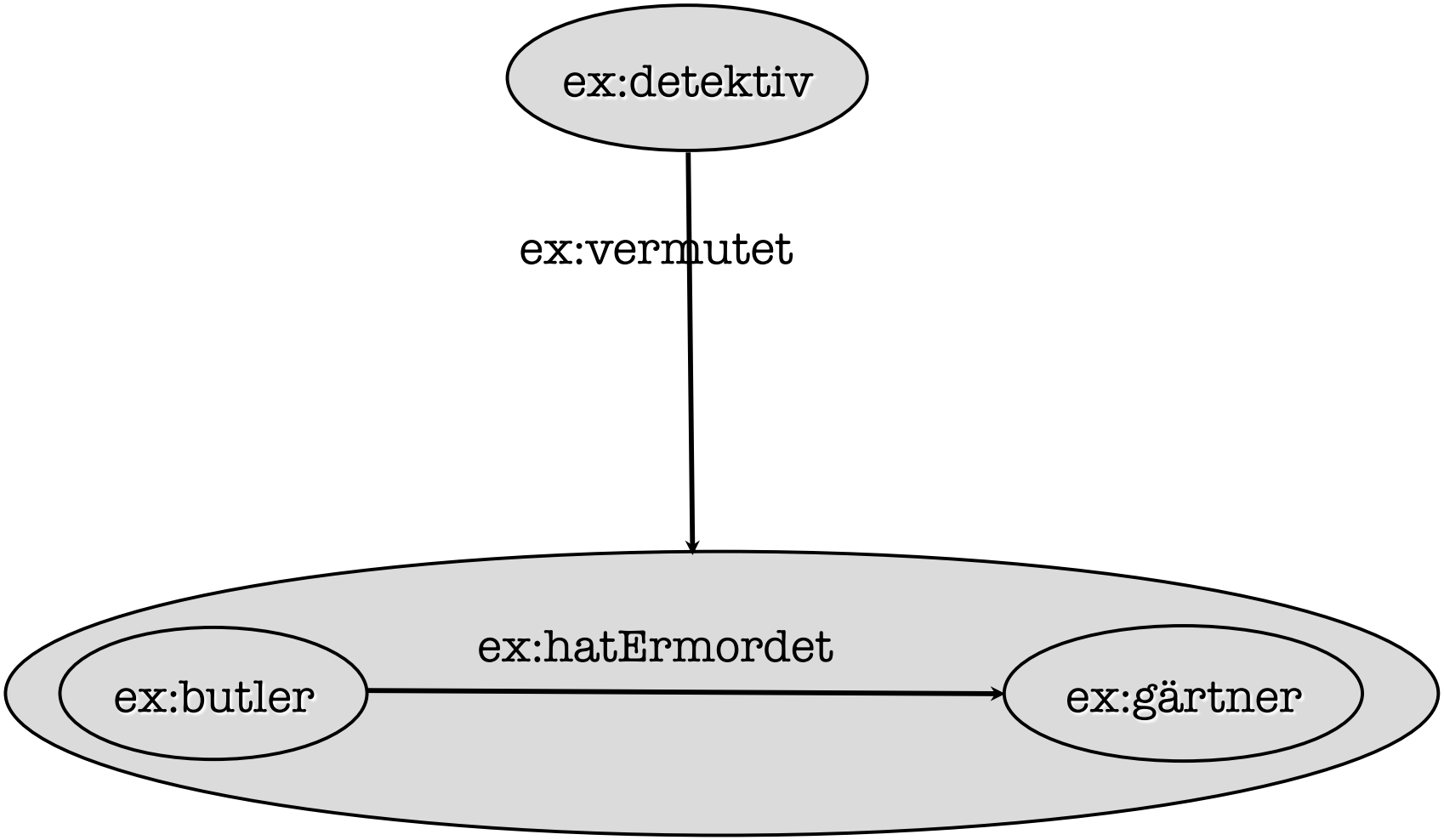
Reifikation

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



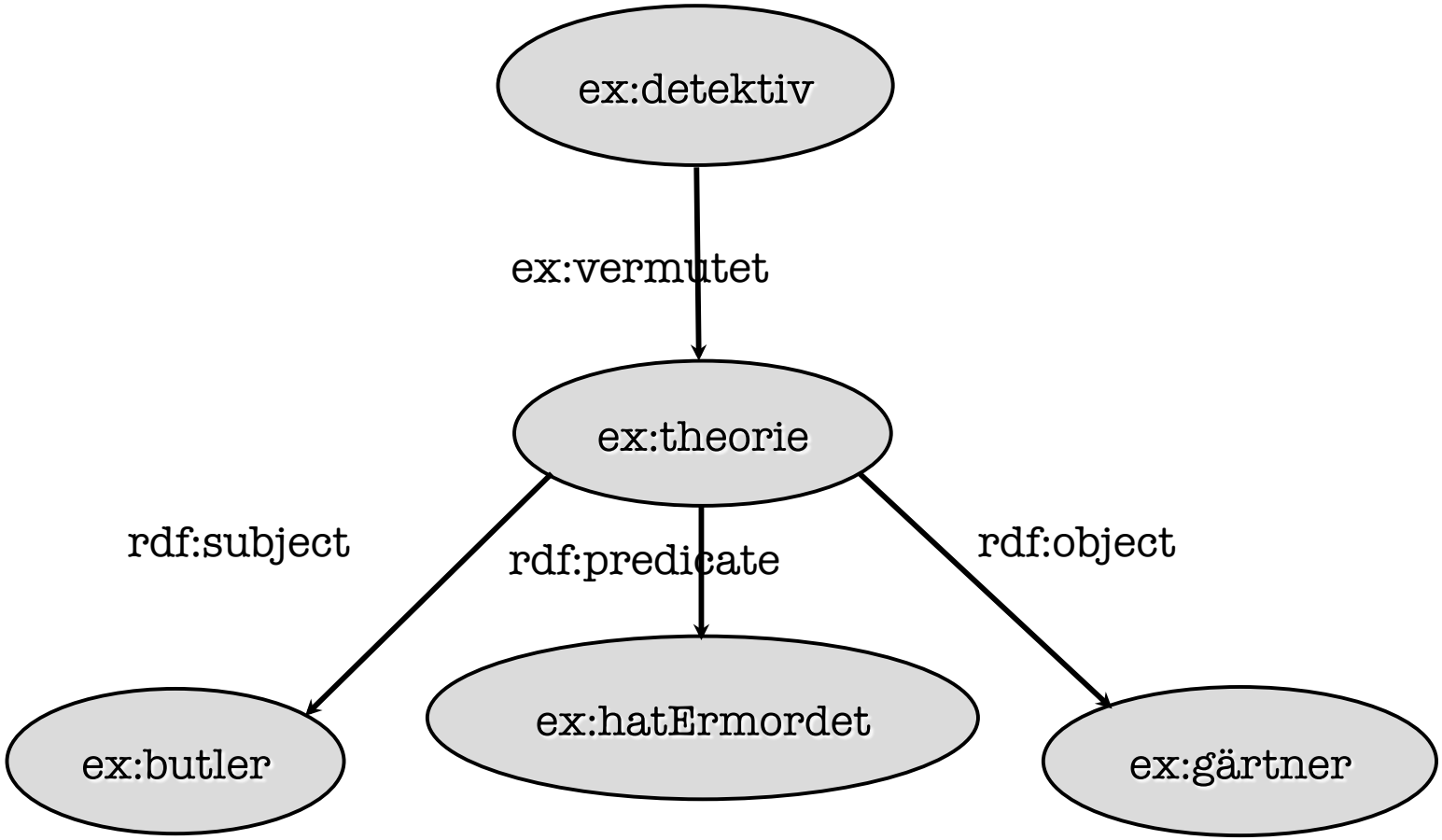
Reifikation

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



Reifikation

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

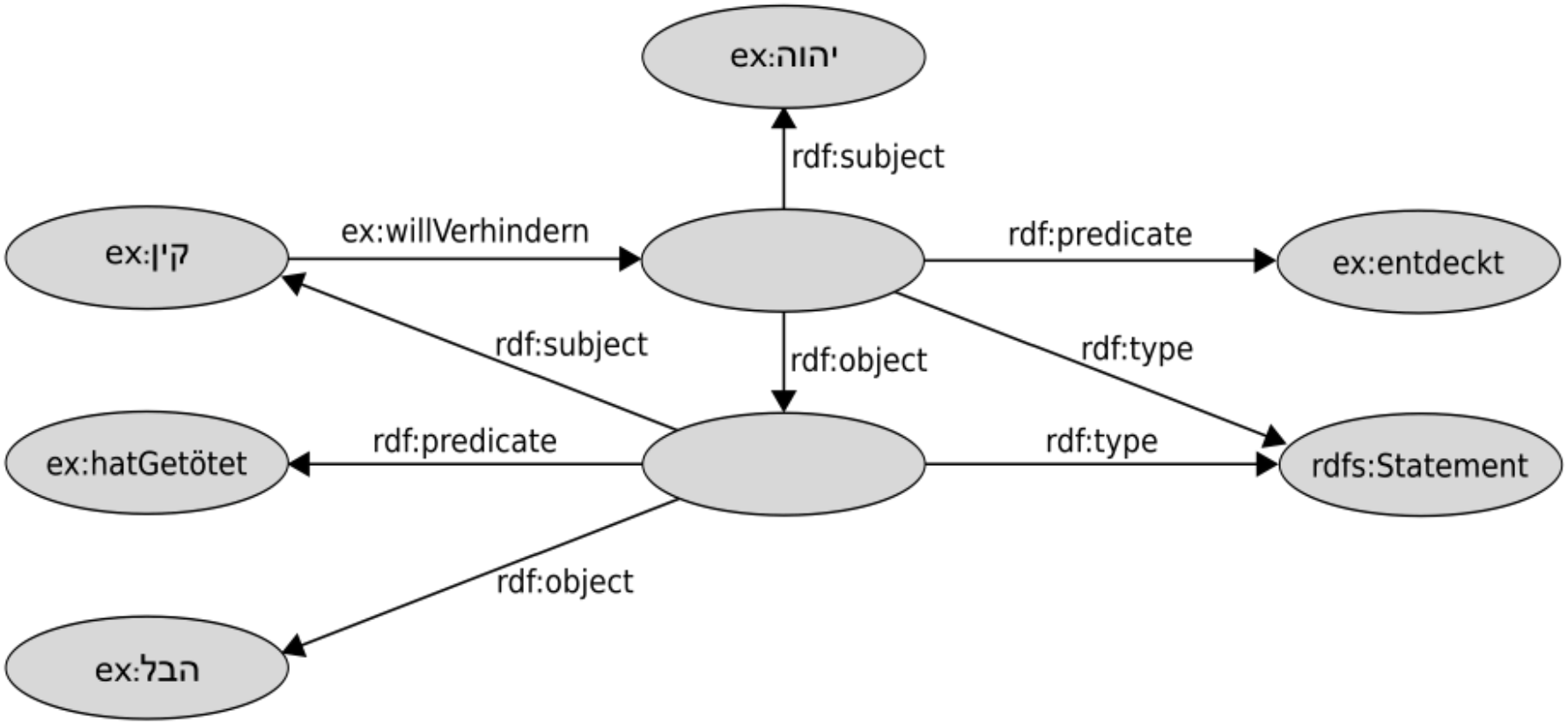


Reifikation

- 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
- Propertys und Propertyhierarchien
- Einschränkungen auf Propertys
- 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 Propertys, 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 (incl. 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. "Herrentiere") stammt von
      Carl von Linné.
    </rdfs:comment>
    <rdfs:seeAlso rdf:resource="&wikipedia;Primaten"/>
    <rdfs:subClassOf rdfs:resource="&ex;Mammalia"/>
</rdfs:Class>
```

Agenda

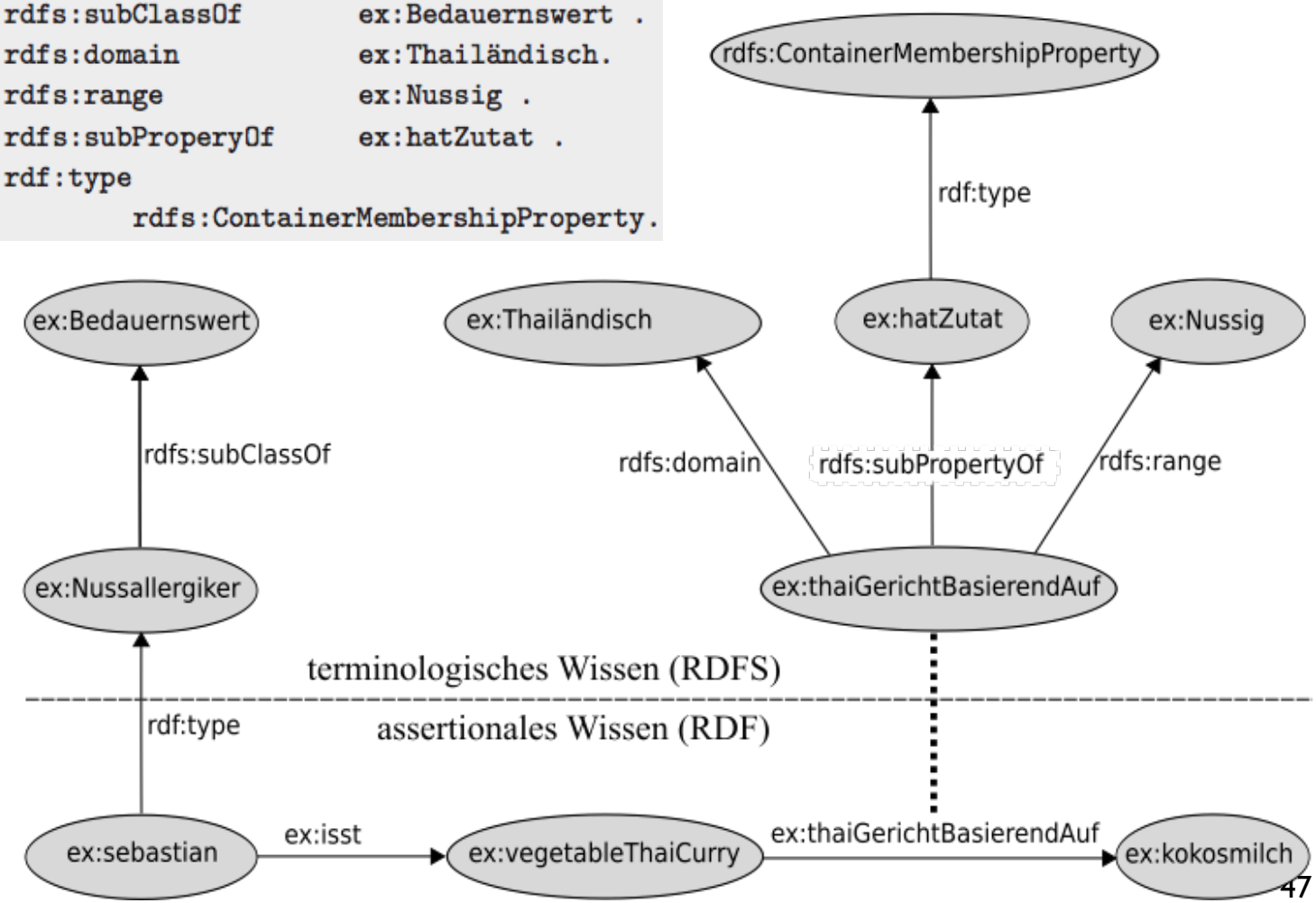
- Motivation
- Klassen und Klassenhierarchien
- Propertys und Propertyhierarchien
- Einschränkungen auf Propertys
- offene Listen
- Reifikation
- zusätzliche Informationen in RDFS
- einfache Ontologien

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

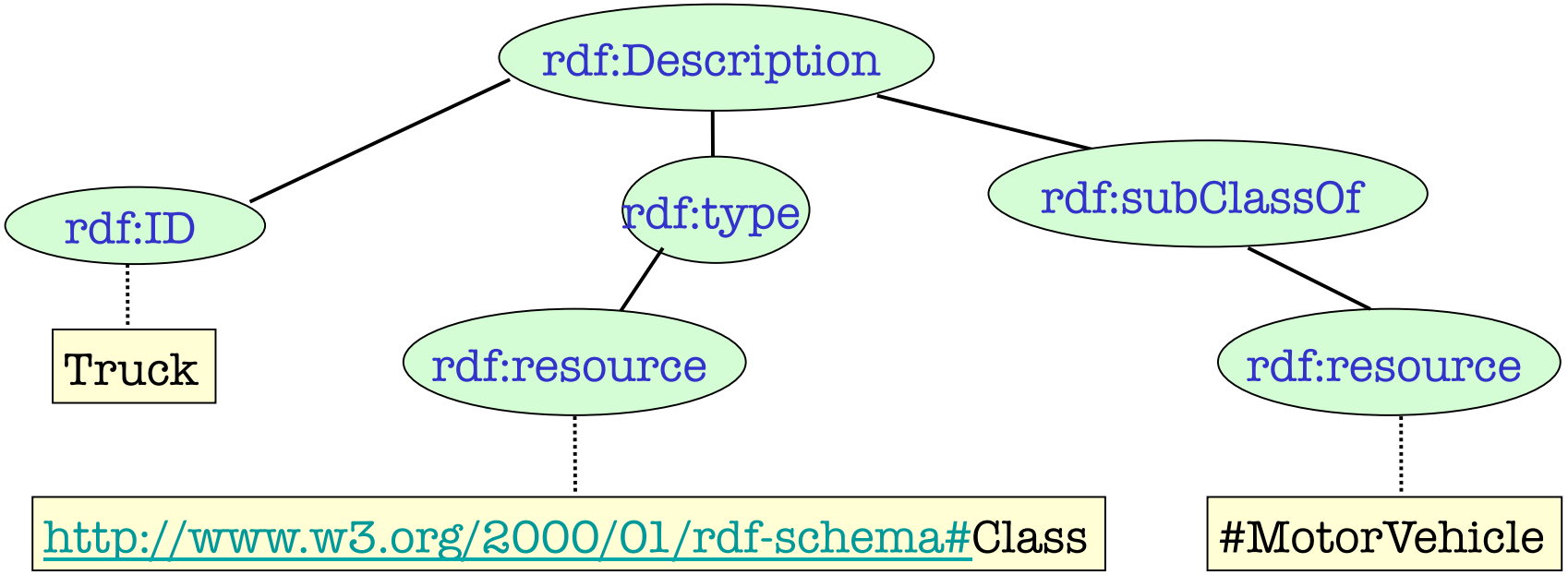
```
ex:VegetableThaiCurry    ex:ThaigerichtBasierendAuf    ex:Kokosmilch .
ex:Sebastian             rdf:type                      ex:Nussallergiker .
ex:Sebastian             ex:isst                       ex:VegetableTaiCurry .

ex:Nussallergiker          rdfs:subClassOf       ex:Bedauernswert .
ex:ThaigerichtBasierendAuf rdfs:domain           ex:Thailändisch.
ex:ThaigerichtBasierendAuf rdfs:range            ex:Nussig .
ex:ThaigerichtBasierendAuf rdfs:subProperyOf     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/2000/01/rdf-schema#Class"/>
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#MotorVehicle"/>
</rdf:Description>
```

- Interpretation als XML:



1 Dokument - 3 Interpretationen

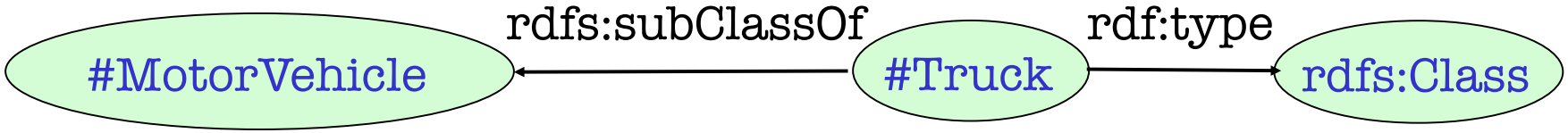

```
<rdf:Description rdf:ID="Truck">
  <rdf:type rdf:resource="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#Class"/>
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#MotorVehicle"/>
</rdf:Description>
```

- Interpretation als RDF:

–Anderes Datenmodell

–rdf:Description, rdf:ID und rdf:resource haben eine festgelegte Bedeutung

subject	predicate	object
1. #Truck	rdf:type	rdfs:Class
2. #Truck	rdfs:subClassOf	#MotorVehicle



1 Dokument - 3 Interpretationen


```
<rdf:Description rdf:ID="Truck">
  <rdf:type rdf:resource="http://www.w3.org/2000/01/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