## Kapitel WT:VIII (Fortsetzung)

#### VIII. Semantic Web

- WWW heute
- □ Semantic Web Vision
- □ RDF: Einführung
- □ RDF: Konzepte
- □ RDF: XML-Serialisierung
- □ RDF: Anwendungen
- □ RDFS: Einführung
- □ RDFS: Konzepte
- Semantik im Web
- □ Semantik von RDF/RDFS
- Ontologien
- □ OWL: Konzepte
- OWL: Logikhintergrund
- □ OWL: Anwendungen

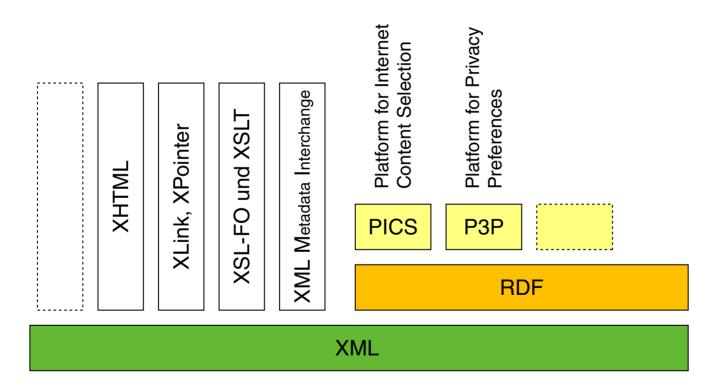
WT:VIII-31 Semantic Web: RDF © STEIN 2005-2014



WT:VIII-32 Semantic Web: RDF ©STEIN 2005-2014

"The Resource Description Framework (RDF) is a general-purpose language for representing information in the Web."

[W3C]



[vgl. Hitzler 2005]

WT:VIII-33 Semantic Web: RDF ©STEIN 2005-2014

#### Historie

- 1998 Berners-Lee. Plan für die Architektur eines Semantic Web.
- 1999 RDF Schema-Spezifikation. Proposed Recommendation.
- 2001 RDF/XML Syntax-Spezifikation. Working Draft.
- 2001 RDF Semantik-Spezifikation. Working Draft.
- 2002 OWL Web Ontology Language. Working Draft.
- 2004 RDF/XML Syntax Specification. [W3C]
- 2004 RDF Semantics. [W3C]
- 2004 RDF Vocabulary Description Language 1.0: RDF-Schema. [W3C]
- 2004 OWL. Web Ontology Language. [W3C]
- 2009 OWL 2. Web Ontology Language. [W3C]

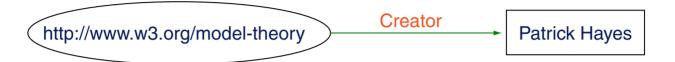
WT:VIII-34 Semantic Web: RDF ©STEIN 2005-2014

□ Die OWL Web Ontology Language hat verschiedene Vorgänger, u.a. die DAML+OIL Ontologie-Sprache, die in der Historie nicht genannt sind. OWL wird als Revision und Weiterentwicklung dieser (zum Teil noch eingesetzten) Ontologie-Sprachen angesehen; wichtiges Ziel ist die Entwicklung eines einheitlichen Standards.

WT:VIII-35 Semantic Web: RDF ©STEIN 2005-2014

Realistischer Use-Case für das Semantic Web

"The creator of resource http://www.w3.org/model-theory is Patrick Hayes."



WT:VIII-36 Semantic Web: RDF © STEIN 2005-2014

#### Realistischer Use-Case für das Semantic Web

"The creator of resource http://www.w3.org/model-theory is Patrick Hayes."



### Es gibt viele Möglichkeiten, diesen Sachverhalt in XML zu formulieren:

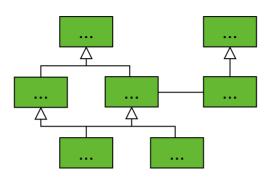
→ Einigung auf das gleiche XML-Schema.

Creator="Patrick Hayes"/>

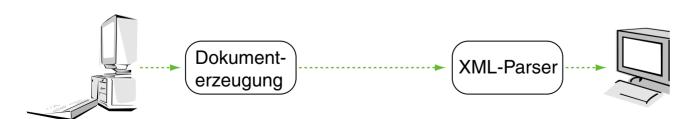
WT:VIII-37 Semantic Web: RDF © STEIN 2005-2014

### Realistischer Use-Case für das Semantic Web (Fortsetzung)

"Möven sind Vögel.
Vögel sind Wirbeltiere.
Wirbeltiere sind Tiere.
"



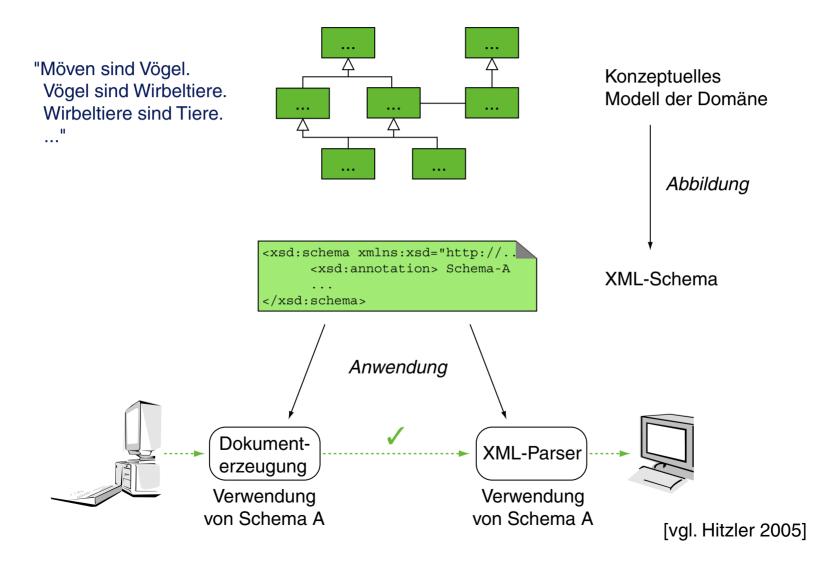
Konzeptuelles Modell der Domäne



[vgl. Hitzler 2005]

WT:VIII-38 Semantic Web: RDF ©STEIN 2005-2014

Realistischer Use-Case für das Semantic Web (Fortsetzung)



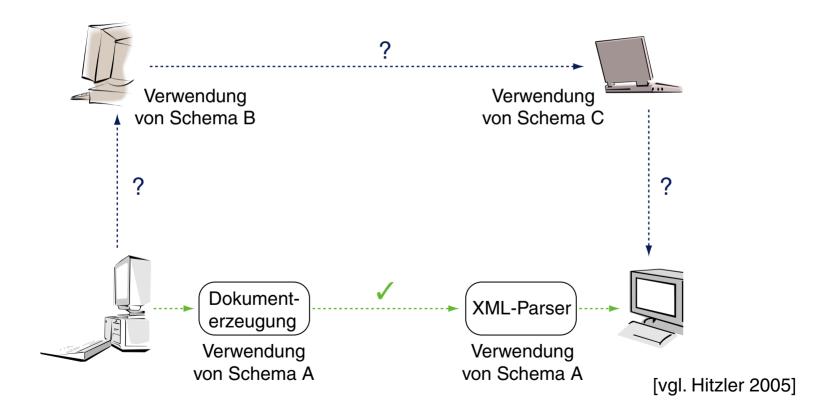
WT:VIII-39 Semantic Web: RDF © STEIN 2005-2014

□ Sender und Empfänger des Dokumentes haben sich auf eine gemeinsame Semantik verständigt: ihre (XML-basierte) Kommunikation greift auf das gleiche XML-Schema zurück.

WT:VIII-40 Semantic Web: RDF ©STEIN 2005-2014

Realistischer Use-Case für das Semantic Web (Fortsetzung)

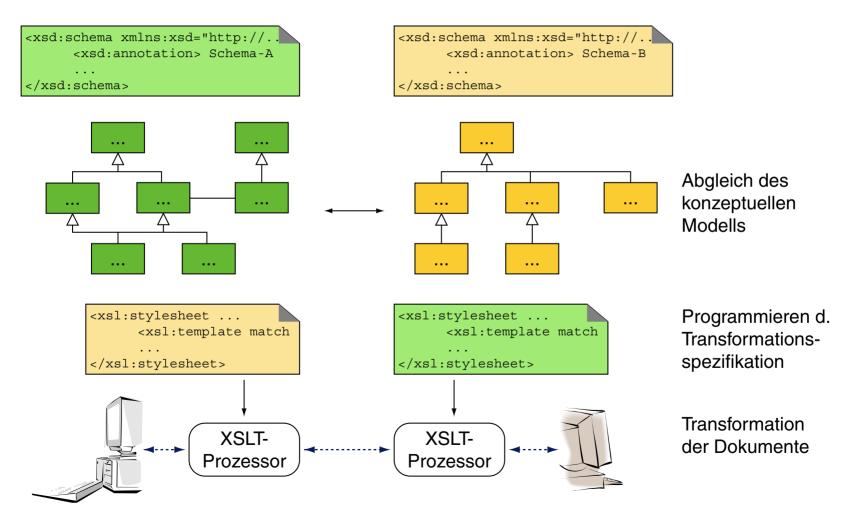
Viele Kommunikationspartner im World Wide Web sind einander zunächst unbekannt und haben sich *nicht* auf eine gemeinsame Semantik verständigt.



WT:VIII-41 Semantic Web: RDF ©STEIN 2005-2014

### Realistischer Use-Case für das Semantic Web (Fortsetzung)

### Notwendige Schritte zur Modell- und Dokumentangleichung:



WT:VIII-42 Semantic Web: RDF ©STEIN 2005-2014

- Der Abgleich konzeptueller Modelle ist schwierig; die Programmierung der Transformationsspezifikation ist kompliziert.
- Ausweg ist die Definition einer weiteren <u>Sprachschicht</u> oberhalb von XML, dem Resource Description Framework, RDF. Auf Basis seiner formalisierten Semantik soll RDF es ermöglichen, notwendige oder sinnvolle Anpassungen, Schematransformationen etc. automatisch zu erschlussfolgern und durchführen zu können.

WT:VIII-43 Semantic Web: RDF ©STEIN 2005-2014

### Anforderungen an RDF

RDF ist als <u>Sprachschicht</u> für Wissensrepräsentation im World Wide Web vorgesehen. Anforderungen an eine solche Sprachschicht:

- geeignet, um Daten und Metadaten zu beschreiben
- "Domänen-neutral" d.h., es werden keine Annahmen über einen Anwendungsbereich gemacht
- formulierbar (auch) in XML
- einfach und erweiterbar, um möglichst viele Anwendergruppen zu erreichen
- mit Mechanismen, um verteilte Ressourcen im als auch außerhalb des World Wide Web zu spezifizieren
- mit Konzepten zur Beschreibung von Metawissen, um Wissen, Meinungen und Aussagen über Wissen zu formulieren

WT:VIII-44 Semantic Web: RDF ©STEIN 2005-2014

### Einordnung von RDF

#### 

Stellt die Syntax für strukturierte Dokumente bereit; keine Formulierung von Constraints bzgl. der Semantik von XML-Dokumenten möglich.

#### □ XML-Schema

Eine Sprache, um die Struktur von XML-Dokumenten vorzuschreiben; erweitert insbesondere auch die XML-Datentypen.

WT:VIII-45 Semantic Web: RDF ©STEIN 2005-2014

### Einordnung von RDF

#### 

Stellt die Syntax für strukturierte Dokumente bereit; keine Formulierung von Constraints bzgl. der Semantik von XML-Dokumenten möglich.

#### XML-Schema

Eine Sprache, um die Struktur von XML-Dokumenten vorzuschreiben; erweitert insbesondere auch die XML-Datentypen.

#### □ RDF

Eine universelle Sprache (besser: Datenmodell) zur kanonischen Beschreibung von Ressourcen.

#### □ RDF-Schema

Vokabular zur Beschreibung von Klassenbeziehungen und Eigenschaften für Ressourcen; eine Art einfache Ontologie-Sprache.

WT:VIII-46 Semantic Web: RDF ©STEIN 2005-2014

### Einordnung von RDF

#### 

Stellt die Syntax für strukturierte Dokumente bereit; keine Formulierung von Constraints bzgl. der Semantik von XML-Dokumenten möglich.

#### XML-Schema

Eine Sprache, um die Struktur von XML-Dokumenten vorzuschreiben; erweitert insbesondere auch die XML-Datentypen.

#### □ RDF

Eine universelle Sprache (besser: Datenmodell) zur kanonischen Beschreibung von Ressourcen.

#### □ RDF-Schema

Vokabular zur Beschreibung von Klassenbeziehungen und Eigenschaften für Ressourcen; eine Art einfache Ontologie-Sprache.

#### OWL

Vokabular, um eigene Terminologien für Ressourcen zu beschreiben: Relationen zwischen Klassen, Kardinalitäts-Constraints, Eigenschaftstypen, aufzählbare Klassen, etc.

WT:VIII-47 Semantic Web: RDF © STEIN 2005-2014

- □ XML-Tags sind eine Art "semantisches Markup", wenn für menschliche Leser sinnvolle Bezeichner gewählt sind; aus Maschinensicht ist diese Semantik nicht gegeben. Der Einsatz von XML soll in erster Linie der maschinellen Generierung und Verarbeitung von Dokumenten dienen, z.B. zwischen verschiedenen Firmen und Anwendungen. Ein spezieller und begrenzter Ausweg sind branchenspezifische Festlegungen von gemeinsamen Vokabularen, DTDs und XML-Schemata.
- Die Verwendung von RDF, RDFS oder OWL geschieht durch die Formulierung von RDF-Statements (= SPO-Tripel), deren Elemente aus den RDF-, RDFS- und OWL-Vokabularen und der Menge aller URIs stammen. Für die Terme der Vokabulare ist eine bestimmte Semantik *intendiert*. Solche Vokabulare sollten möglichst klein sein: intendierte Semantik erwächst aus dem gemeinsamen Verständnis bzw. der gleichartigen Interpretation (= Operationalisierung) der Terme bei allen Verwendern des Vokabulars.

WT:VIII-48 Semantic Web: RDF ©STEIN 2005-2014

#### Bemerkungen: (Fortsetzung)

- □ Die Vokabulare, einschließlich Kommentar, Angabe der Signatur bei Prädikat-Ressourcen, Angabe der Oberklasse bei Subjekt-Ressourcen für RDF und RDFS, finden sich in den zugehörigen Namensräumen <a href="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#">http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#</a>.
- Die Semantik der aus dem RDF-, RDFS- und OWL-Vokabularen gebauten Sätze bzw. Graphen ist in den Empfehlungen des W3C auf Basis der Modelltheorie definiert. Die Durchführung von Schlussfolgerungsprozessen und die Operationalisierung der Semantik geschieht in den Anwendungsprogrammen. Hintergründe und grundlegende Darstellung aus modelltheoretischer Sicht findet sich in www.w3.org/TR/rdf-mt.
- □ Aus Web-Browser-Sicht handelt es sich bei RDF-, RDFS- oder OWL-Code um XML-Code, der lediglich wohlgeformt sein muss.

WT:VIII-49 Semantic Web: RDF ©STEIN 2005-2014

### Konzepte von RDF:

- 1. graphbasiertes Datenmodell
- 2. verwendete URIs gehören mit zum Vokabular
- 3. Datentypen
- 4. Zeichenkonstanten (Literale)
- 5. Syntax zur Serialisierung in XML
- 6. Basiskonstrukt zur Formulierung von Aussagen (Statements)
- 7. Inferenz auf Basis der Statements

[W3C]

WT:VIII-50 Semantic Web: RDF ©STEIN 2005-2014

RDF-Datenmodell

#### Elemente des RDF-Datenmodells:

- 1. Ressource
- 2. Property

3. Statement

```
Statement = ( Ressource , Property (Ressource) , Wert (Ressource oder Literal) )
Statement = ( Subjekt , Prädikat , Objekt )
```

WT:VIII-51 Semantic Web: RDF ©STEIN 2005-2014

RDF-Datenmodell

#### Elemente des RDF-Datenmodells:

#### Ressource

Etwas, das eine URI hat.

### 2. Property

Eigenschaft einer Ressource. Die Property selbst ist auch eine Ressource, die ihrerseits wieder Eigenschaften haben kann.

#### 3. Statement

Tripel bestehend aus einer Ressource R, die beschrieben wird, einer Property von R, sowie die Ausprägung von R hinsichtlich der Property. Die drei Elemente eines Statements werden *Subjekt*, *Prädikat* und *Objekt* genannt.

```
Statement = ( Ressource , Property (Ressource) , Wert (Ressource oder Literal) )
Statement = ( Subjekt , Prädikat , Objekt )
```

WT:VIII-52 Semantic Web: RDF ©STEIN 2005-2014

RDF-Datenmodell

#### Elemente des RDF-Datenmodells:

- 1. Ressource Im Graph: Knoten Etwas, das eine URI hat.
- 2. Property Im Graph: Kantenbeschriftung
  Eigenschaft einer Ressource. Die Property selbst ist auch eine Ressource,
  die ihrerseits wieder Eigenschaften haben kann.
- 3. Statement Im Graph: gerichtete Kante Tripel bestehend aus einer Ressource R, die beschrieben wird, einer Property von R, sowie die Ausprägung von R hinsichtlich der Property. Die drei Elemente eines Statements werden *Subjekt*, *Prädikat* und *Objekt* genannt.

```
Statement = ( Ressource , Property (Ressource) , Wert (Ressource oder Literal) )
Statement = ( Subjekt , Prädikat , Objekt )
```

WT:VIII-53 Semantic Web: RDF ©STEIN 2005-2014

- □ RDF definiert ein Datenmodell für Objekte und Relationen zwischen diesen Objekten. Das Datenmodell von RDF ist sehr einfach; es basiert nur auf den Konzepten Ressource, Property und Statement.
- □ Datenmodelle in der Informatik dienen zur Erfassung und Darstellung der Informations struktur, nicht der Information selbst. Datenmodelle definieren die erlaubten Konzepte, um Information zu beschreiben; sie abstrahieren von einer konkreten Syntax. [vgl. DB:II relationales Datenmodell]

WT:VIII-54 Semantic Web: RDF © STEIN 2005-2014

#### Bemerkungen: (Fortsetzung)

- □ Eine Ressource kann alles mögliche sein: ein real existierender Gegenstand, genauso wie eine Idee, eine Meinung oder etwas anderes, dem man eine URI zugeordnet hat. Beachte den Unterschied zwischen URI (Universal Resource Identifier) und URL (Universal Resource Locator).
- Das Subjekt und das Prädikat eines Statements müssen eine Ressource oder ein anonymer Knoten (Blank Node) sein. Das Objekt kann eine Ressource, ein anonymer Knoten oder ein Literal sein.
- Andere Bezeichnungen für ein Statement sind: RDF-Tripel, Objekt-Attribut-Wert-Tripel, OAWbzw. OAV-Tripel, SPO-Tripel, Fact
- □ Ein Statement definiert Rollen. Beachte, dass eine Ressource verschiedene Rollen einnehmen kann: als Subjekt, als Prädikat oder als Objekt. Es kann zur Verwirrung führen, dass mit "Ressource" je nach Zusammenhang einmal die Rolle "Subjekt" bezeichnet ist, das andere Mal etwas, dem eine URI zugeordnet werden kann (s.o.). Die letztere Verwendung ist grundsätzlicher.
- □ Das Datenmodell von RDF zeigt eine enge Verwandtschaft zu den Frame-Systemen und den semantischen Netzen aus dem Bereich der Künstlichen Intelligenz.

WT:VIII-55 Semantic Web: RDF ©STEIN 2005-2014

RDF-Datenmodell

#### Statement:

- (a) "The creator of resource http://www.w3.org/model-theory is Patrick Hayes."
- (b) "Resource http://www.w3.org/model-theory has the creator Patrick Hayes."
  - □ Ressource bzw. Subjekt: http://www.w3.org/model-theory
  - □ Property bzw. Prädikat: http://www.w3.org/#Creator
  - Wert bzw. Objekt: "Patrick Hayes"

WT:VIII-56 Semantic Web: RDF ©STEIN 2005-2014

RDF-Datenmodell

#### Statement:

- (a) "The creator of resource http://www.w3.org/model-theory is Patrick Hayes."
- (b) "Resource http://www.w3.org/model-theory has the creator Patrick Hayes."
  - □ Ressource bzw. Subjekt: http://www.w3.org/model-theory
  - □ Property bzw. Prädikat: http://www.w3.org/#Creator
  - Wert bzw. Objekt: "Patrick Hayes"

### Darstellung als gerichteter Graph:



### Darstellung als Prädikat:

Creator(http://www.w3.org/model-theory, "Patrick Hayes")

WT:VIII-57 Semantic Web: RDF ©STEIN 2005-2014

- □ Bei Aussage (b) ist das RDF-Subjekt auch das grammatikalische Subjekt des Satzes; bei Aussage (a) ist das grammatikalische Subjekt "The creator". Beachte die Rolle von Agens und Patiens (siehe Lexikon unter culturitalia.uibk.ac.at/hispanoteca).
- □ Ressourcen werden durch Ellipsen dargestellt; Literale werden durch Kästchen dargestellt.
- □ In RDF ist nur die Definition binärer Prädikate möglich.
- ☐ In RDF gehört die Menge der URIs (innerhalb eines Graphen, innerhalb einer Anwendung) mit zum Vokabular.

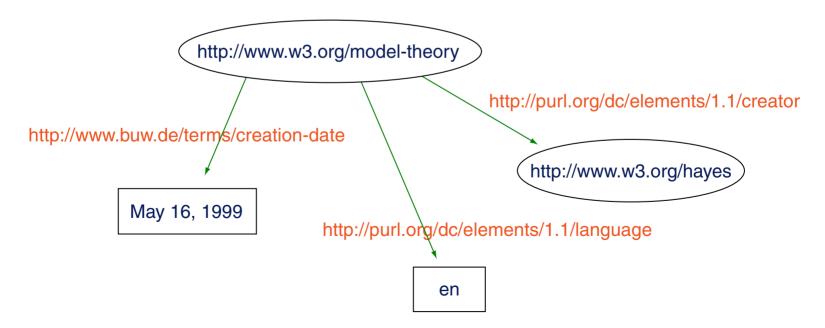
WT:VIII-58 Semantic Web: RDF © STEIN 2005-2014

#### Semantisches Netz

Gleiche Elemente in Mengen von Statements werden unifiziert und bilden einen eventuell zusammenhängenden Graph.

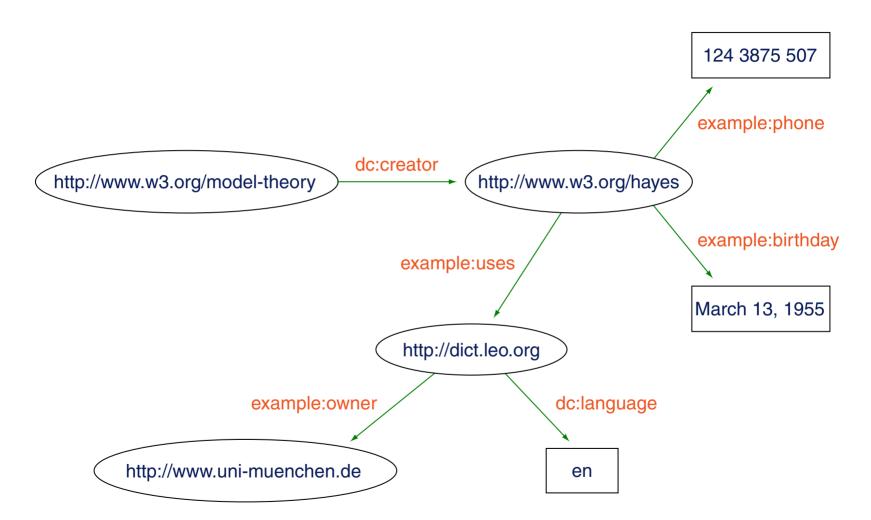
#### Statements:

"The creator of http://www.w3.org/model-theory is http://www.w3.org/hayes.http://www.w3.org/model-theory has a creation-date whose value is May 16, 1999.http://www.w3.org/model-theory has a language whose value is English."



WT:VIII-59 Semantic Web: RDF ©STEIN 2005-2014

#### Semantisches Netz

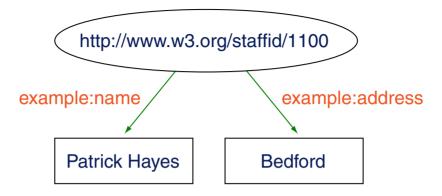


WT:VIII-60 Semantic Web: RDF ©STEIN 2005-2014

- □ Der Prefix dc: steht für die Namensraum-URI http://purl.org/dc/elements/1.1/.
- □ Der Prefix example: steht für die Namensraum-URI http://www.buw.de/example/.

WT:VIII-61 Semantic Web: RDF ©STEIN 2005-2014

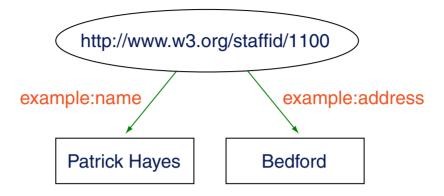
Binarization [w3C]



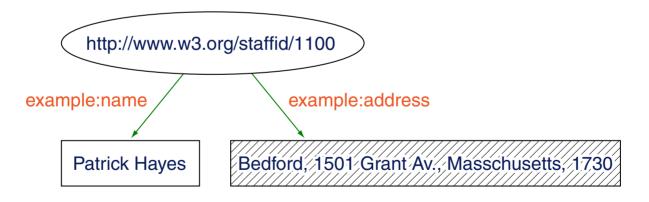
Als logische Formel:  $\alpha = Name(1100, "Hayes") \land Address(1100, "Bedford")$ 

WT:VIII-62 Semantic Web: RDF ©STEIN 2005-2014

Binarization [W3C]



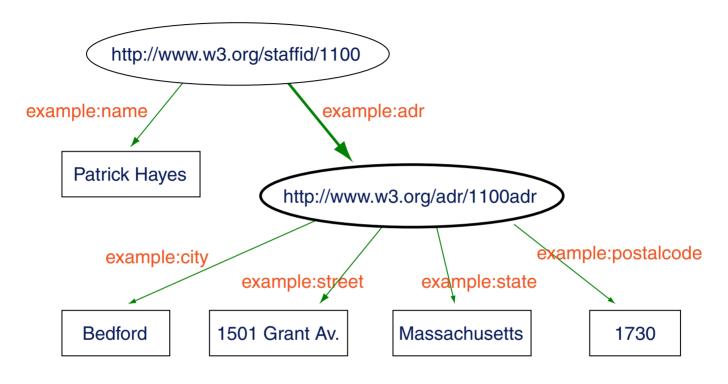
Als logische Formel:  $\alpha = Name(1100, "Hayes") \land Address(1100, "Bedford")$ 



 $\beta = Name(1100, "Hayes") \land Address(1100, "Bedford", "1501 Grant Av.", "Massachusetts", 1730)$ 

WT:VIII-63 Semantic Web: RDF ©STEIN 2005-2014

Binarization [w3C]



 $\gamma = \textit{Name}(1100, \text{"Hayes"}) \land \textit{Adr}(1100, 1100\text{adr}) \land \textit{City}(1100\text{adr}, \text{"Bedford"}) \land \textit{Street}(1100\text{adr}, \text{"1501 Grant Av."}) \land \textit{State}(1100\text{adr}, \text{"Massachusetts"}) \land \textit{PostalCode}(1100\text{adr}, 1730)$ 

 $\beta$  und  $\gamma$  sind logisch äquivalent:  $\beta \approx \gamma$ 

WT:VIII-64 Semantic Web: RDF ©STEIN 2005-2014

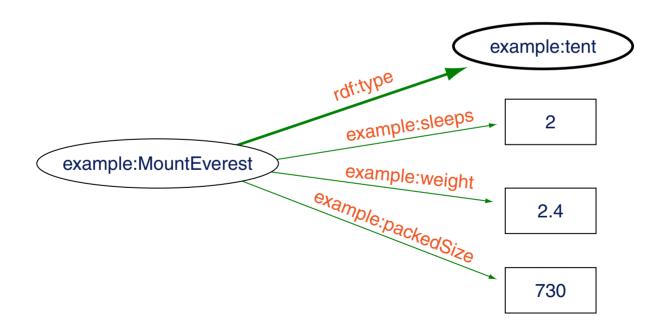
- □ Die Reformulierung *n*-stelliger Prädikate als zweistellige Prädikate (*Binarization*) entspricht der Transformation eines Hypergraphen in einen ordinären Graphen. In einem Hypergraph kann eine Kante mehr als zwei Knoten verbinden.
- Beachte auch die Verwandtschaft zur Normalformbildung in relationalen Datenbankschemata.
- □ Binarization erfordert die Generierung eines neuen Knotens bzw. einer neuen Ressource. Diese Knoten dürfen anonym, also unbenannt bleiben in RDF-Terminologie als Blank Node bezeichnet.

WT:VIII-65 Semantic Web: RDF © STEIN 2005-2014

### Getypte Ressourcen [w3C]

Mit der Property rdf:type wird ein Statement zur Angabe einer *Klasse* formuliert, zu der eine Ressource gehört.

- Der Wert (bzw. das Objekt) des Statements ist eine Web-Ressource, die eine Klasse repräsentiert.
- □ Zu einer Ressource sind mehrere rdf:type-Statements möglich.



WT:VIII-66 Semantic Web: RDF ©STEIN 2005-2014

#### Bemerkungen:

- □ Der Prefix rdf: steht für die Namensraum-URI http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#.
- Die Klassenangabe rdf:type besitzt nur deklarativen Charakter innerhalb eines RDF-Modells. Es ist Aufgabe der Anwendung, die ein RDF-Modell verarbeitet, die intendierte Semantik zu operationalisieren.

WT:VIII-67 Semantic Web: RDF ©STEIN 2005-2014

Container [w3c]

Container in RDF dienen dazu, eine Menge von Ressourcen oder Literalen in ihrer Gesamtheit zu behandeln. Für drei Container-Typen sind entsprechende Terme im RDF-Vokabular definiert:

- □ rdf:Bag
  Ungeordnete Liste von Ressourcen oder Literalen mit Mehrfachvorkommen.
- □ rdf:Seq
  Geordnete Liste von Ressourcen oder Literalen mit Mehrfachvorkommen.
- Menge von alternativen Ressourcen oder Literalen ohne Mehrfachvorkommen.

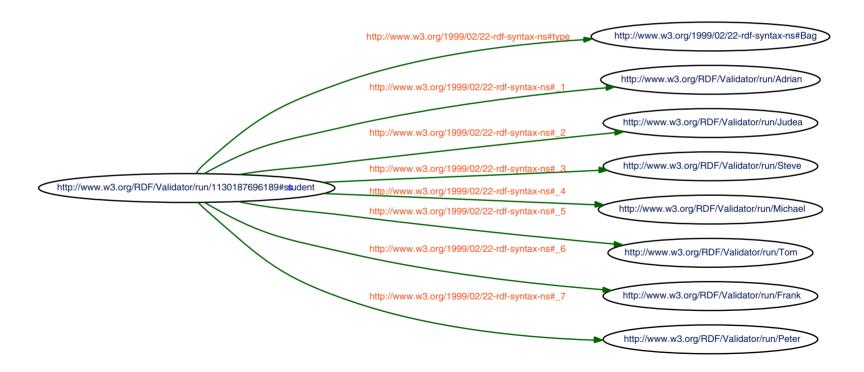
Container stellen getypte Ressourcen dar, deren weitere Eigenschaften generische Properties sind. Die Werte der generischen Properties sind die Inhalte des Containers.

WT:VIII-68 Semantic Web: RDF ©STEIN 2005-2014

Container [Serialization]

### Beispiel:

"Die Studenten (einer Vorlesung) sind Adrian, Judea, Steve, Michael, Tom, Frank, Peter."



WT:VIII-69 Semantic Web: RDF ©STEIN 2005-2014

#### Bemerkungen:

- □ Die Bezeichner der generischen Properties sind entweder rdf:\_1, rdf:\_2, etc. oder alternativ rdf:li.
- □ Die drei Containertypen rdf:Bag, rdf:Seq, rdf:Alt besitzen nur deklarativen Charakter innerhalb eines RDF-Modells. Es ist Aufgabe der Anwendung, die ein RDF-Modell verarbeitet, die intendierte Semantik zu operationalisieren:

"It is important to understand that while these types of containers are described using predefined RDF types and properties, any special meanings associated with these containers, e.g., that the members of an Alt container are alternative values, are only intended meanings. These specific container types, and their definitions, are provided with the aim of establishing a shared convention among those who need to describe groups of things."

 Der Graph wurde mit dem W3C RDF-Validator automatisch aus einer XML-Serialisierung des RDF-Modells erzeugt. Siehe <a href="https://www.w3.org/RDF/Validator">www.w3.org/RDF/Validator</a>

WT:VIII-70 Semantic Web: RDF ©STEIN 2005-2014

Reification [W3C] [Serialization]

Idee: Für ein Statement wird eine neue Ressource erstellt, die wiederum in einem anderen Statement verwendet werden kann.



WT:VIII-71 Semantic Web: RDF ©STEIN 2005-2014

Reification [W3C] [Serialization]

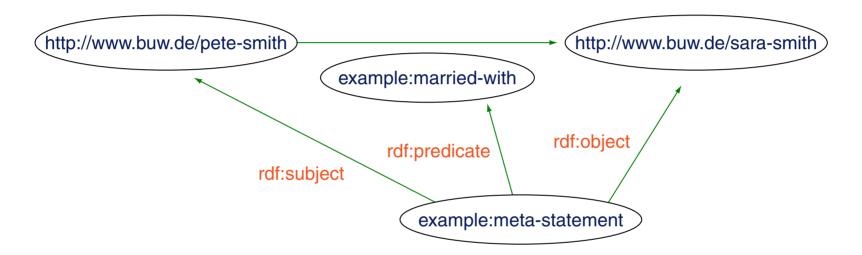
Idee: Für ein Statement wird eine neue Ressource erstellt, die wiederum in einem anderen Statement verwendet werden kann.



WT:VIII-72 Semantic Web: RDF ©STEIN 2005-2014

Reification [W3C] [Serialization]

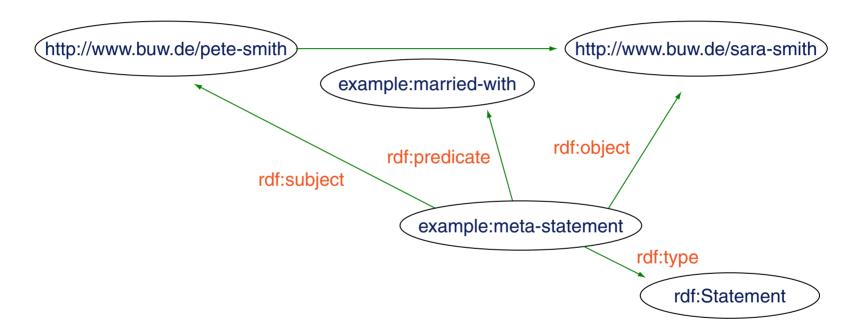
Idee: Für ein Statement wird eine neue Ressource erstellt, die wiederum in einem anderen Statement verwendet werden kann.



WT:VIII-73 Semantic Web: RDF ©STEIN 2005-2014

Reification [W3C] [Serialization]

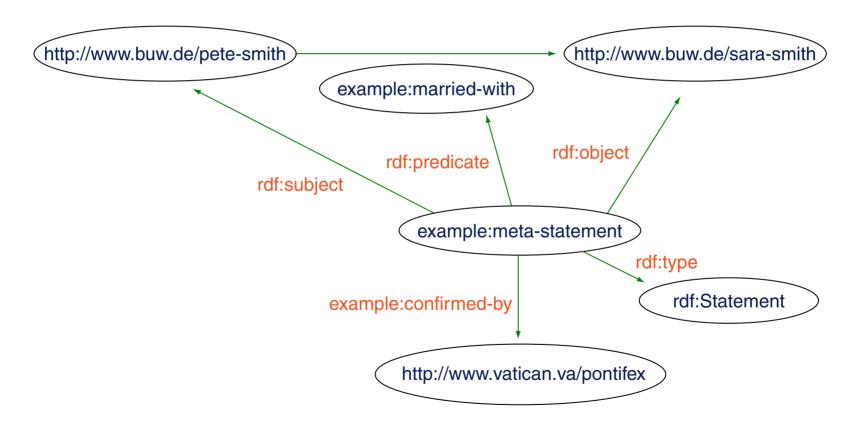
Idee: Für ein Statement wird eine neue Ressource erstellt, die wiederum in einem anderen Statement verwendet werden kann.



WT:VIII-74 Semantic Web: RDF ©STEIN 2005-2014

Reification [W3C] [Serialization]

Idee: Für ein Statement wird eine neue Ressource erstellt, die wiederum in einem anderen Statement verwendet werden kann.



WT:VIII-75 Semantic Web: RDF ©STEIN 2005-2014

#### Bemerkungen:

☐ Reification ist ein Mechanismus, um *Metawissen* zu formulieren:

"The RDF reification vocabulary consists of the type rdf:Statement, and the properties rdf:subject, rdf:predicate, and rdf:object."

[W3C]

□ Reification kann man mit "Vergegenständlichung" übersetzen: ein Statement wird vergegenständlicht in dem Sinne, dass es Subjekt oder Objekt eines anderen Statements wird.

WT:VIII-76 Semantic Web: RDF ©STEIN 2005-2014

### **Definition 1 (RDF Document)**

An RDF document is a serialization of an RDF graph into a concrete syntax.

[W3C]

WT:VIII-77 Semantic Web: RDF ©STEIN 2005-2014

#### **Definition 1 (RDF Document)**

An RDF document is a serialization of an RDF graph into a concrete syntax.



RDF/XML ist eine Möglichkeit zur Serialisierung von RDF. W3C-Syntax:

- □ Ein RDF-Dokument speichert ein <rdf:RDF>-(Wurzel)element.
- □ Das <rdf:RDF>-Element enthält <rdf:Description>-Elemente.
- ¬ <rdf:Description>-Elemente (Node Elements) beschreiben Ressourcen.
- □ <rdf:Description>-Elemente können <*Property*>-Elemente enthalten.
- < Property>-Elemente wiederum können genau ein < rdf: Description>Element oder Literal enthalten.

Der Abstieg in <rdf:Description>-Elemente entspricht dem Entlanggehen eines Pfades im zugehörigen RDF-Graph.

WT:VIII-78 Semantic Web: RDF © STEIN 2005-2014

#### Bemerkungen:

- □ Eine Property beschriftet eine Kante, die im Graph zu genau einem Knoten führt. Deshalb enthalten <*Property*>-Elemente genau ein <rdf:Description>-Element oder Literal.
- □ Verwendete Namensräume (rdf:, dc:, etc.) müssen deklariert sein.
- ☐ Lange Zeichenketten lassen sich mit Entity-Deklarationen abkürzen.
- ☐ Es gibt eine Standardschreibweise und wenige syntaktische Varianten.
- □ Die XML-Serialisierung fügt dem RDF-Datenmodell (natürlich) keine weitere Semantik hinzu.

WT:VIII-79 Semantic Web: RDF ©STEIN 2005-2014

Prinzip



WT:VIII-80 Semantic Web: RDF © STEIN 2005-2014

Prinzip

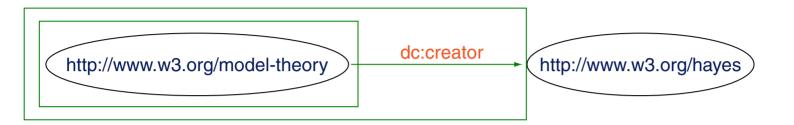


```
<rdf:Description rdf:about="http://www.w3.org/model-theory">
```

</rdf:Description>

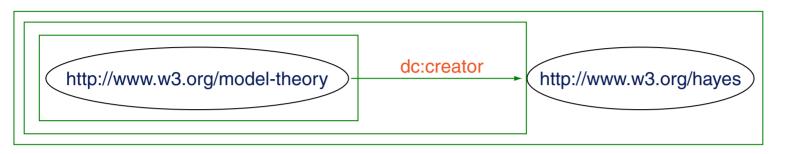
WT:VIII-81 Semantic Web: RDF © STEIN 2005-2014

#### Prinzip



WT:VIII-82 Semantic Web: RDF ©STEIN 2005-2014

Prinzip [W3C]



WT:VIII-83 Semantic Web: RDF ©STEIN 2005-2014

Objekt: Serialisierung als Kindelement oder Attribut

```
http://www.w3.org/model-theory dc:creator http://www.w3.org/hayes
```

(a) Objekt als cription>-Kindelement im Property-Element:

WT:VIII-84 Semantic Web: RDF ©STEIN 2005-2014

Objekt: Serialisierung als Kindelement oder Attribut

```
http://www.w3.org/model-theory dc:creator http://www.w3.org/hayes
```

(a) Objekt als cription>-Kindelement im Property-Element:

≈ (b) Objekt als rdf:resource-Attribut im Property-Element:

WT:VIII-85 Semantic Web: RDF © STEIN 2005-2014

Objekt: Ressource oder Literal

Objekt ist eine Ressource (eindeutig):

WT:VIII-86 Semantic Web: RDF ©STEIN 2005-2014

Objekt: Ressource oder Literal

Objekt ist eine Ressource (eindeutig):

Objekt ist ein Literal (muss nicht eindeutig sein):

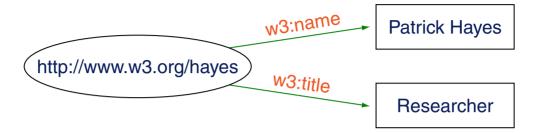
WT:VIII-87 Semantic Web: RDF ©STEIN 2005-2014

Gemeinsame Vorgängerknoten

Kanten, die im Graph des RDF-Modells von derselben Ressource ausgehen (= Statements mit demselben Subjekt) können als *einzelne* <rdf:Description>-Elemente oder *gemeinsam* serialisiert werden:

WT:VIII-88 Semantic Web: RDF ©STEIN 2005-2014

Beispiel



WT:VIII-89 Semantic Web: RDF ©STEIN 2005-2014

### Beispiel

```
http://www.w3.org/hayes

W3:name
Patrick Hayes

N3:title
Researcher
```

```
<?xml version="1.0"?>
<rdf:RDF xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
   xmlns:w3="http://www.w3.org/">
  <rdf:Description rdf:about="http://www.w3.org/hayes">
    <w3:name> Patrick Hayes </w3:name>
                            </w3:title>
    <w3:title>Researcher
 </rdf:Description>
</rdf:RDF>
```

WT:VIII-90 Semantic Web: RDF © STEIN 2005-2014

### Beispiel

```
http://www.w3.org/hayes

w3:name
Patrick Hayes

W3:title

Researcher
```

```
<?xml version="1.0"?>
<rdf:RDF xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
   xmlns:w3="http://www.w3.org/">
  <rdf:Description rdf:about="http://www.w3.org/hayes">
   <w3:name> Patrick Hayes </w3:name>
    <w3:title>Researcher
                            </w3:title>
 </rdf:Description>
</rdf:RDF>
```

WT:VIII-91 Semantic Web: RDF ©STEIN 2005-2014

</rdf:RDF>

### Beispiel

```
http://www.w3.org/hayes

W3:name
Patrick Hayes

N3:title
Researcher
```

```
<?xml version="1.0"?>
<rdf:RDF xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
    xmlns:w3="http://www.w3.org/">

<rdf:Description rdf:about="http://www.w3.org/hayes">
    <w3:name> Patrick Hayes </w3:name> Subjekt
    <w3:title> Researcher </w3:title>
</rdf:Description> Objekte

Statements
```

WT:VIII-92 Semantic Web: RDF ©STEIN 2005-2014

### Geltungsbereich

```
http://www.w3.org/hayes example:knows http://www.buw.de/smith w3:name Pete Smith
```

#### Die folgenden zwei Deklarationen sind semantisch äquivalent:

WT:VIII-93 Semantic Web: RDF ©STEIN 2005-2014

### Geltungsbereich

```
example:knows
                                                                   w3:name
http://www.w3.org/hayes
                                           http://www.buw.de/smith
                                                                               Pete Smith
```

#### Die folgenden zwei Deklarationen sind semantisch äguivalent:

```
(a)
      <rdf:Description rdf:about="http://www.w3.org/hayes">
        <example:knows rdf:resource="http://www.buw.de/smith"/>
      </rdf:Description>
      <rdf:Description rdf:about="http://www.buw.de/smith">
        <w3:name>Pete Smith</w3:name>
      </rdf:Description>
\approx (b)
      <rdf:Description rdf:about="http://www.w3.org/hayes">
        <example:knows>
         <rdf:Description rdf:about="http://www.buw.de/smith">
           <w3:name>Pete Smith</w3:name>
         </rdf:Description>
        </example:knows>
      </rdf:Description>
```

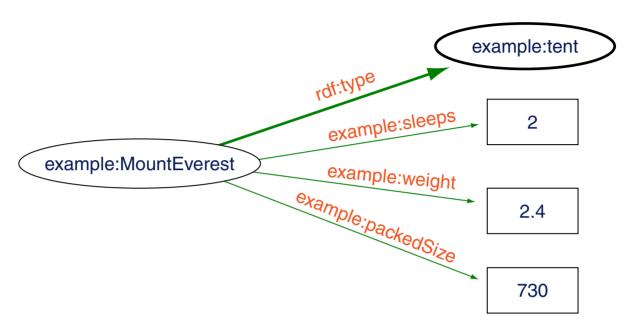
WT:VIII-94 Semantic Web: RDF

### Bemerkungen:

□ In einem (RDF-)Graph kann man nichts schachteln. Folglich ist der Geltungsbereich (Scope) eines <rdf:Description>-Elementes immer global.

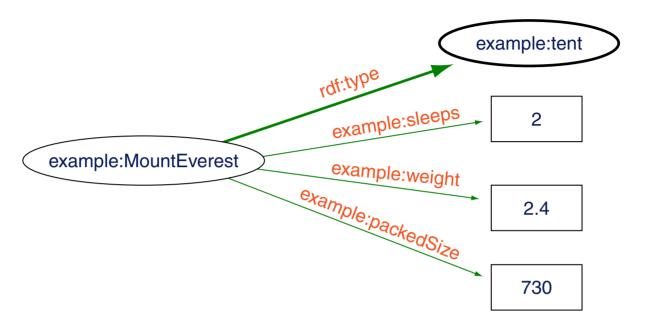
WT:VIII-95 Semantic Web: RDF ©STEIN 2005-2014

Getypte Ressourcen [w3C]



WT:VIII-96 Semantic Web: RDF © STEIN 2005-2014

#### Getypte Ressourcen [w3C]



```
<rdf:Description rdf:about="http://www.buw.de/example/MountEverest">
    <rdf:type rdf:resource="http://www.buw.de/example/Tent"/>
    <example:sleeps>2</example:sleeps>
    <example:weight>2.4</example:weight>
    <example:packedSize>730</example:packedSize>
</rdf:Description>
```

WT:VIII-97 Semantic Web: RDF © STEIN 2005-2014

#### Bemerkungen:

- □ Der Prefix example: steht für die Namensraum-URI http://www.buw.de/example/.
- □ rdf:type ist eine Property und ihr Wert kann auch als Kindelement serialisiert werden:

```
<rdf:Description rdf:about="...">
    </rdf:type>
        <rdf:Description rdf:about="http://www.buw.de/example/Tent"/>
        </rdf:Description>
        </rdf:type>
        <example:sleeps>2</example:sleeps>
        ...
</rdf:Description>
```

WT:VIII-98 Semantic Web: RDF © STEIN 2005-2014

#### Abkürzende Schreibweisen

- 1. Property-Elemente ohne Kindelemente können im <rdf:Description>-Element als XML-Attribut definiert werden.
- 2. <rdf:Description>-Elemente, die eine <rdf:type>-Property beinhalten, können durch ein Element mit dem Namen des Typs ersetzt werden. Die <rdf:type>-Property kann dann entfallen.

#### Beispiel:

```
<rdf:Description rdf:about="courseMS21">
    <rdf:type rdf:resource="http://www.buw.de/course"/>
    <example:courseName>WebTec II</example:courseName>
    <example:taughtBy rdf:resource="http://www.buw.de/lecturers/12305"/>
</rdf:Description>
```

WT:VIII-99 Semantic Web: RDF ©STEIN 2005-2014

#### Abkürzende Schreibweisen

- 1. Property-Elemente ohne Kindelemente können im <rdf:Description>-Element als XML-Attribut definiert werden.
- 2. <rdf:Description>-Elemente, die eine <rdf:type>-Property beinhalten, können durch ein Element mit dem Namen des Typs ersetzt werden. Die <rdf:type>-Property kann dann entfallen.

#### Beispiel:

WT:VIII-100 Semantic Web: RDF

Abkürzende Schreibweisen (Fortsetzung)

- 1. Property-Elemente ohne Kindelemente können im <rdf:Description>-Element als XML-Attribut definiert werden.
- 2. <rdf:Description>-Elemente, die eine <rdf:type>-Property beinhalten, können durch ein Element mit dem Namen des Typs ersetzt werden. Die <rdf:type>-Property kann dann entfallen.

#### Beispiel:

```
<rdf:Description rdf:about="courseMS21" example:courseName="WebTec II">
    <rdf:type rdf:resource="http://www.buw.de/course"/>
    <example:taughtBy rdf:resource="http://www.buw.de/lecturers/12305"/>
    </rdf:Description>
```

WT:VIII-101 Semantic Web: RDF © STEIN 2005-2014

Abkürzende Schreibweisen (Fortsetzung)

- 1. Property-Elemente ohne Kindelemente können im <rdf:Description>-Element als XML-Attribut definiert werden.
- 2. crdf:Description>-Elemente, die eine crdf:type>-Property beinhalten,
  können durch ein Element mit dem Namen des Typs ersetzt werden. Die
  crdf:type>-Property kann dann entfallen.

#### Beispiel:

WT:VIII-102 Semantic Web: RDF ©STEIN 2005-2014

### Bemerkungen:

□ Der Prefix buw: steht für die Namensraum-URI http://www.buw.de/.

WT:VIII-103 Semantic Web: RDF ©STEIN 2005-2014

Abkürzende Schreibweisen bei Containern [RDF-Graph]

WT:VIII-104 Semantic Web: RDF © STEIN 2005-2014

Abkürzende Schreibweisen bei Containern [RDF-Graph]

```
<?xml version="1.0" encoding="ISO-8859-1"?>
<!DOCTYPE rdf:RDF
   [<!ENTITY rdf "http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#">]>
<rdf:RDF xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#">
 <rdf:Description rdf:about="students">
   <rdf:type rdf:resource="&rdf;Bag"/>
   <rdf:li rdf:resource="Adrian"/>
   <rdf:li rdf:resource="Peter"/>
 </rdf:Description>
</rdf:RDF>
    \approx
<?xml version="1.0" encoding="ISO-8859-1"?>
<rdf:RDF xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#">
 <rdf:Bag rdf:about="students">
   <rdf:li rdf:resource="Adrian"/>
   <rdf:li rdf:resource="Peter"/>
 </rdf:Bag>
</rdf:RDF>
```

WT:VIII-105 Semantic Web: RDF © STEIN 2005-2014

#### Reification [RDF-Graph]

```
<?xml version="1.0" encoding="ISO-8859-1"?>
<!DOCTYPE rdf:RDF [<!ENTITY example "http://www.buw.de/example/">]>
<rdf:RDF xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
    xmlns:example="http://www.buw.de/example/">
    <rdf:Description rdf:about="http://www.buw.de/pete-smith">
        <example:married-with rdf:resource="http://www.buw.de/sara-smith"/>
        </rdf:Description>
```

WT:VIII-106 Semantic Web: RDF ©STEIN 2005-2014

#### Reification [RDF-Graph]

```
<?xml version="1.0" encoding="ISO-8859-1"?>
<!DOCTYPE rdf:RDF [<!ENTITY example "http://www.buw.de/example/">]>
<rdf:RDF xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
   xmlns:example="http://www.buw.de/example/">
 <rdf:Description rdf:about="http://www.buw.de/pete-smith">
   <example:married-with rdf:resource="http://www.buw.de/sara-smith"/>
 </rdf:Description>
 <rdf:Statement rdf:about="&example;meta-statement">
   <rdf:subject rdf:resource="http://www.buw.de/pete-smith"/>
   <rdf:predicate rdf:resource="&example;married-with"/>
   <rdf:object rdf:resource="http://www.buw.de/sara-smith"/>
   <example:confirmed-by rdf:resource="http://www.vatican.va/pontifex"/>
 </rdf:Statement>
</rdf:RDF>
```

WT:VIII-107 Semantic Web: RDF © STEIN 2005-2014

### Referenzierung versus Definition

Referenzierung einer existierenden Ressource:

```
<rdf:Description rdf:about="http://www.w3.org/hayes">
    ...
</rdf:Description>
```

Definition einer neuen Ressource (in einer XML-Datei):

```
<rdf:Description rdf:ID="hayes">
    ...
</rdf:Description>
```

Referenzierung einer in derselben XML-Datei definierten Ressource:

```
<rdf:Description rdf:about="#hayes">
...
</rdf:Description>
```

□ Anonyme Ressource (Blank Node):

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

WT:VIII-108 Semantic Web: RDF © STEIN 2005-2014

#### Bemerkungen:

Die Attribute rdf:about und rdf:ID besitzen nur deklarativen Charakter innerhalb eines RDF-Modells:

"Formally speaking, the rdf:about-attribute is equivalent to the rdf:ID-attribute: A set of RDF statements together simply form a graph, and there is no such thing as defining an object in one place and referring to it elsewhere."

[p.71, Antoniou/Harmelen 2004]

Es ist Aufgabe der Anwendung, die ein RDF-Modell verarbeitet, die intendierte Semantik zu operationalisieren. Zum Beispiel lässt der RDF-Validator des W3C www.w3.org/RDF/Validator keine zwei gleichen IDs in einem RDF-Dokument zu.

□ Enthält das rdf:about-Attribut keine URL, sondern nur einen XML-Namen, wird dieser um die Base-URL des Dokuments erweitert. Folglich referenzieren folgende Tags unterschiedliche Ressourcen:

WT:VIII-109 Semantic Web: RDF ©STEIN 2005-2014

#### Serialisierungssyntax in EBNF

```
['<rdf:RDF>'] description* ['</rdf:RDF>']
RDF ::=
description ::= '<rdf:Description' idAboutAttr? '>' propertyElt*
                     '</rdf:Description>'
idAboutAttr ::= idAttr | aboutAttr
aboutAttr ::= 'about="' URIreference '"'
idAttr ::= 'ID="' IDsymbol '"'
propertyElt ::=
                 '<' propName '>' value '</' propName '>'
                     / '<' propName resourceAttr '/>'
propName ::= Qname
value ::= description | string
resourceAttr ::= 'resource="' URIreference '"'
                 [ NSprefix ':' ] name
Oname ::=
URIreference ::= String, interpreted as URI.
IDsymbol, name ::= Any legal XML name symbol.
NSprefix ::= Any legal XML namespace prefix.
string ::= Any XML text, with "<", ">", and "&" escaped.
```

WT:VIII-110 Semantic Web: RDF ©STEIN 2005-2014

### **RDF**

#### Quellen zum Nachlernen und Nachschlagen im Web

- □ W3C RDF-Übersichtseite. www.w3.org/RDF
- □ D. Becketts RDF-Übersichtseite. planetrdf.com/guide
- F. Manola, E. Miller, Eds. RDF Primer.W3C Recommendation. www.w3.org/TR/rdf-primer
- → G. Klyne, J. Carroll, Eds. RDF: Concepts and Abstract Syntax. W3C Recommendation. www.w3.org/TR/rdf-concepts
- D. Beckett, Ed. RDF/XML Syntax Specification (Revised).
   W3C Recommendation. www.w3.org/TR/rdf-syntax-grammar
- P. Hayes, Ed. *RDF Semantics*.W3C Recommendation. www.w3.org/TR/rdf-mt
- D. Brickley, R.V. Guha, Eds. RDF Vocabulary Description Language 1.0: RDF Schema.
   W3C Recommendation. www.w3.org/TR/rdf-schema
- □ R. lannella. *An Idiot's Guide to the Resource Description Framework.* renato.iannella.it/paper/rdf-idiot

WT:VIII-111 Semantic Web: RDF © STEIN 2005-2014