

Vorlesung Semantic Web



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

Vorlesung im Wintersemester 2011/2012

Dr. Heiko Paulheim

Fachgebiet Knowledge Engineering

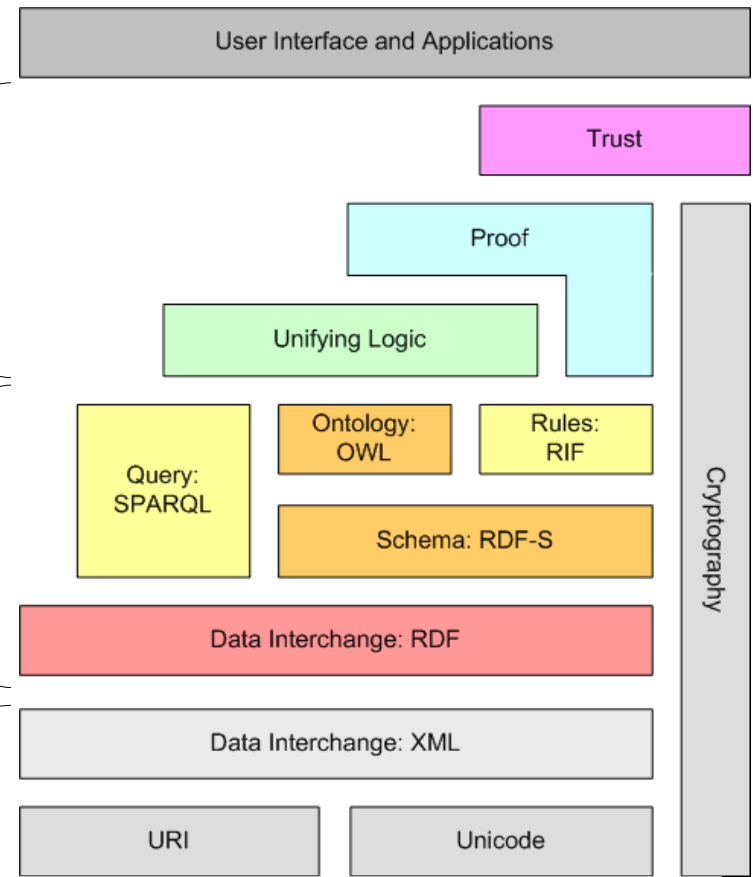
Semantic Web – Aufbau



here be dragons...

Semantic-Web-
Technologie
(Fokus der Vorlesung)

Technische
Grundlagen



Berners-Lee (2009): *Semantic Web and Linked Data*
<http://www.w3.org/2009/Talks/0120-campus-party-tbl/>

Was bisher geschah

- RDF: eine Sprache zur Beschreibung von Informationen
 - Graphenbasiert
 - Menge von Aussagen: Subjekt, Prädikat, Objekt
 - Notationen: RDF/XML, N3
- Besondere Sprachmittel
 - Leere Knoten
 - Mengen und Listen
 - Reifikation
- Semantik
 - Non-unique name assumption
 - Open world assumption

Nachtrag: rdf:Bag

- Bags sind eigentlich ungeordnet
- Dennoch beschreiben die folgenden Definitionen verschiedene Bags:

```
:Vorlesung_SW :hatTeilnehmer  
[ a rdf:Bag ;  
  rdf:_1 :Stefan;  
  rdf:_2 :Andreas;  
  rdf:_3 :Claudia ] .
```

```
:Vorlesung_SW :hatTeilnehmer  
[ a rdf:Bag ;  
  rdf:_1 :Andreas;  
  rdf:_2 :Claudia;  
  rdf:_3 :Stefan ] .
```

- Warum? Und warum nicht immer rdf:li verwenden?

Nachtrag: rdf:Bag

- rdf:li existiert nur als "Abkürzung" in der RDF/XML-Serialisierung
- In RDF selbst gibt es nur rdf:_1, rdf:_2, ...
- rdf:li wird beim Parsen von XML aufgelöst
 - daraus folgt: im XML-Dokument kommt es hier auf die Reihenfolge an
 - (das ist übrigens die einzige Stelle!)

Nachtrag: rdf:Bag

- Stimmen von der W3C-Semantic-Web-Mailingliste...
- Toby:
 - *rdf:Bag is ordered, but the order is not considered significant.*
 - *Modern RDF never uses rdf:Bag [...] anyway.*
- Pat:
 - *No, [they] are different graphs. But to emphasise again, this does not mean that they are describing different bags. The graph is only a **description**. The same thing - in this case, a small bag - can often be described in a number of different ways.*
 - *The numbers in the property names `_1`, `_2`, etc. should not be interpreted as imposing an order on the elements.*

Nachtrag: rdf:Bag

- Stimmen von der Semantic-Web-Mailingliste
- Antoine:
 - *[The graphs] are not equivalent either in terms of formal semantics, but at least they have a certain level of "informal equivalence" in the sense that they "intend" to describe the same set.*
- Dieter:
 - *Is it then fair to say that the formal RDF semantics is "broken" not reflecting the intuitive semantics of RDF?*

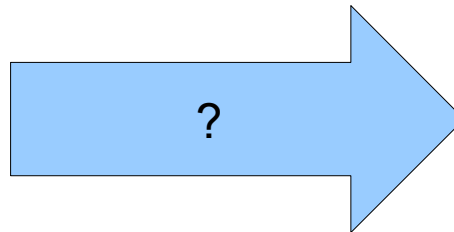
Nachtrag: rdf:Bag

- Michael:

- *In addition, [...] trying to formalize "intuitive semantics" for Bags can easily lead to very unintuitive results.*

```
:Vorlesung_SW :hatTeilnehmer  
[ a rdf:Bag ;  
  rdf:_1 :Stefan;  
  rdf:_2 :Andreas;  
  rdf:_3 :Claudia ] .
```

```
:Vorlesung_SW :hatTeilnehmer  
[ a rdf:Bag ;  
  rdf:_1 :Andreas;  
  rdf:_2 :Claudia;  
  rdf:_3 :Stefan ] .
```



:Stefan == :Andreas

RDF-Tools: Speicherung

- RDF ist eine Menge von Tripeln
- RDF-Speicher werden daher auch "Triple Store" genannt
- Unterschiedlichste Systeme
 - native Implementierung
 - Nutzung einer relationalen Datenbank

Naiver Triple Store

- naive Implementierung mit einer Tabelle
 - drei String-Spalten

Subjekt	Prädikat	Objekt
<http://foo.bar/Peter>	<http://foo.bar/vaterVon>	<http://foo.bar/Stefan>
<http://foo.bar/Peter>	<http://foo.bar/name>	"Peter Müller"
<http://foo.bar/Peter>	<rdf:type>	<http://foo.bar/Person>
<http://foo.bar/Stefan>	<rdf:type>	<http://foo.bar/Person>
<http://foo.bar/Peter>	<http://foo.bar/vaterVon>	<http://foo.bar/Julia>
<http://foo.bar/Peter>	<http://foo.bar/kennt>	_:genID01
_:genID01	<http://foo.bar/vaterVon>	<http://foo.bar/Markus>
...

- Abfragemechanismus
 - "Wer ist der Vater von Julia?"

```
SELECT subjekt FROM triples
WHERE praedikat = '<http://foo.bar/vaterVon>'
AND objekt = '<http://foo.bar/Julia>'
```

- Wer kennt den Vater von Julia?

```
SELECT t1.subjekt FROM triples AS t1, triples AS t2
WHERE t1.praedikat = '<http://foo.bar/kennt>'
AND t1.objekt = t2.subjekt
AND t2.praedikat = '<http://foo.bar/vaterVon>'
AND t2.objekt = '<http://foo.bar/Julia>'
```


Naiver Triple Store



- Jede komplexe Abfrage führt zu einem Self-Join

```
SELECT t1.subjekt FROM triples AS t1, triples AS t2
WHERE t1.praedikat = '<http://foo.bar/kennt>'
AND t1.objekt = t2.subjekt
AND t2.praedikat = '<http://foo.bar/vaterVon>'
AND t2.objekt = '<http://foo.bar/Julia>'
```

t1.Subjekt	t1.Prädikat	t1.Objekt	t2.Subjekt	t2.Prädikat	t2.Objekt
...
...
...

Naiver Triple Store

- Abfragemechanismus:
 - "Wer ist Vater, Mutter, Bruder, Schwester von Julia?"

```
SELECT praedikat,objekt FROM triples
WHERE (      praedikat = '<http://foo.bar/vaterVon>'
        OR    praedikat = '<http://foo.bar/mutterVon>'
        OR    praedikat = '<http://foo.bar/bruderVon>'
        OR    praedikat = '<http://foo.bar/schwesterVon>')
AND      objekt = '<http://foo.bar/Julia>'
```

- Derartige Abfragen führen zu vielen gereihten OR-Statements

Naiver Triple Store

- Abfragemechanismus
 - Welche Informationen gibt es über Julia?

```
SELECT subjekt,praedikat,objekt FROM triples
  WHERE subjekt='<http://foo.bar/Julia>'
UNION
SELECT subjekt,praedikat,objekt FROM triples
  WHERE objekt='<http://foo.bar/Julia>'
```


Speicherung mit Property Table

- Property Table
 - Ein Eintrag pro Subjekt (statt pro Tripel)
 - eine Spalte pro Prädikat

Subjekt	rdf:type	foo:vaterVon	foo:kennt
foo:Peter	foo:Person	foo:Stefan	NULL
foo:Peter	NULL	foo:Julia	NULL
foo:Stefan	foo:Person	NULL	_:genID01
_:genID01	foo:Person	foo:Markus	NULL
...	

- Abfragemechanismus:
 - "Wer ist der Vater von Julia?"

```
SELECT subjekt FROM properties WHERE  
    foo_vaterVon = "http://foo.bar/Julia"
```

- "Wer kennt den Vater von Julia?"

```
SELECT p1.subjekt FROM properties AS p1, properties AS p2  
WHERE  
    p1.foo_kennt p2.subjekt AND  
    p2.foo_vaterVon = "http://foo.bar/Julia"
```


- Abfragemechanismus:
 - "Welche Informationen gibt es über Julia?"
 - Mit Julia als Subjekt ist das trivial:

```
SELECT * FROM properties WHERE  
    subjekt = "http://foo.bar/Julia"
```

- Mit Julia als Objekt nicht:

```
SELECT 'vaterVon', foo_vaterVon FROM properties WHERE  
    objekt = "http://foo.bar/Julia"  
UNION  
SELECT 'kennt', foo_kennt FROM properties WHERE  
    objekt = "http://foo.bar/Julia"  
UNION  
...
```


Speicherung mit Property Table

- Geschwindigkeit
 - kürzere Tabelle → z.T. effizientere Abfragen
 - gut für Anfragen von ausgehenden Kanten
- Speicherbedarf
 - sehr kompakte Speicherung für ähnliche Ressourcen
 - schlecht bei unähnlichen Ressourcen
 - viele NULL-Werte
 - Probleme mit Relationen von hoher Kardinalität
 - z.B. "kennt"

Speicherung mit vertikaler Partitionierung

- Vertikale Partitionierung
 - Variante von Property-Table
 - eine Tabelle pro Property

Subjekt	rdf:type
foo:Peter	foo:Person
_:genID01	foo:Person
...	...

Subjekt	foo:vaterVon
foo:Peter	foo:Stefan
foo:Peter	foo:Julia
_:genID01	foo:Markus
...	...

Subjekt	foo:kennt
foo:Stefan	_:genID01
...	

Speicherung mit vertikaler Partitionierung



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

- Abfragemechanismus:
 - "Wer ist der Vater von Julia?"

```
SELECT subjekt FROM foo_vaterVon WHERE  
    objekt = '<http://foo.bar/Julia>'
```

- "Wer kennt den Vater von Julia?"

```
SELECT foo_kennt.subjekt FROM foo_kennt,foo_vaterVon WHERE  
    foo_kennt.objekt = foo_vaterVon.subjekt  
AND    foo_vaterVon.objekt = '<http://foo.bar/Julia>'
```


Speicherung mit vertikaler Partitionierung

- Abfragemechanismus:
 - "Welche Informationen gibt es über Julia?"

```
SELECT subjekt, 'foo:vaterVon', objekt FROM foo_vaterVon
WHERE
    subjekt = '<http://foo.bar/Julia>'
UNION
SELECT subjekt, 'foo:vaterVon', objekt FROM foo_vaterVon
WHERE
    objekt = '<http://foo.bar/Julia>'
UNION
SELECT subjekt, 'foo:kennt', objekt FROM foo_kennt
WHERE
    ...
```


Speicherung mit vertikaler Partitionierung

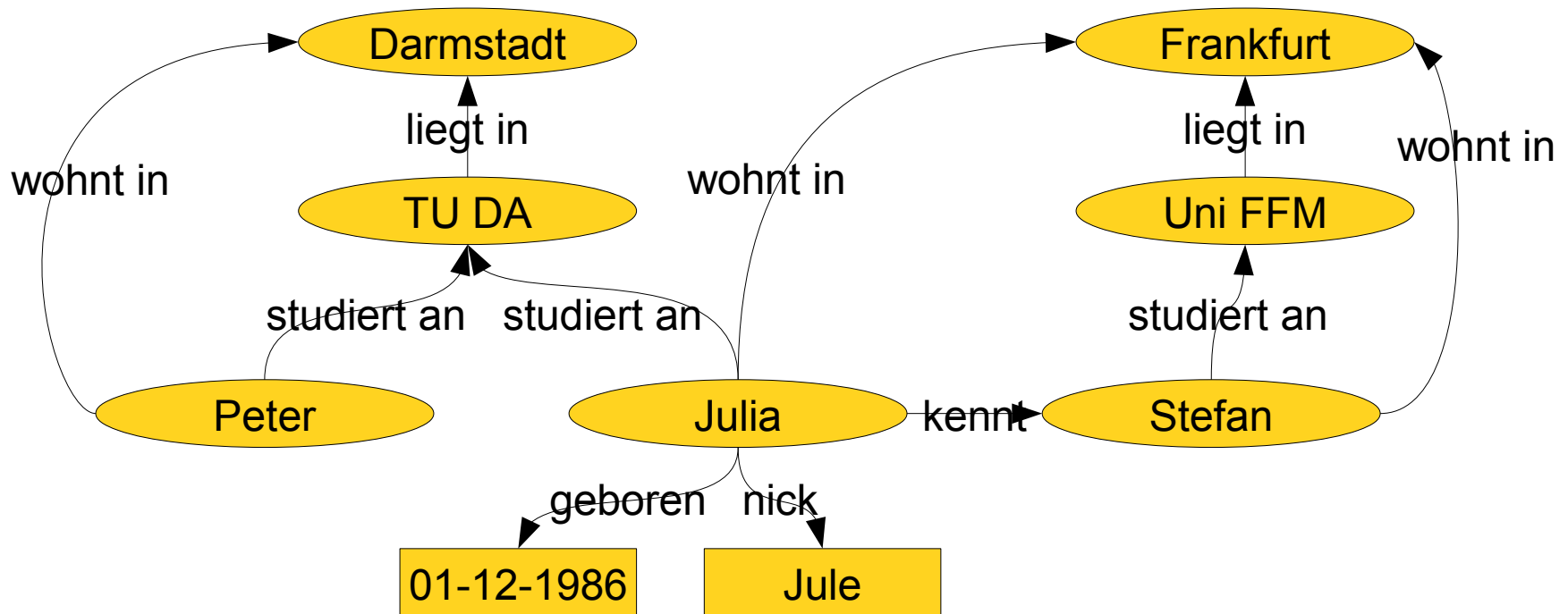


TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

- Geschwindigkeit
 - sehr kleine Tabellen → schnelle Joins
 - dafür oft sehr viele UNIONS nötig
- Speicherbedarf
 - kompakte Speicherung bei sehr verschiedenen Ressourcen
 - gut bei Relationen hoher Kardinalität
 - etwas schlechter für ähnliche Ressourcen

Beispiel

- Ein sozialer Graph soll gespeichert werden



Beispiel



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

- Ein sozialer Graph soll gespeichert werden
 - 10000 Personen mit Wohnort, Uni, Nickname, Geburtsdatum
 - Jede Person kennt im Mittel 50 andere Personen
 - 100 Universitäten mit Ort

Beispiel: Naiver Triple Store



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

- Speicherbedarf
 - 10000 Personen mit Wohnort, Uni, Nickname, Geburtsdatum
 - $10000 * 4$ Tripel
 - Jede Person kennt im Mittel 50 andere Personen
 - $10000 * 50$ Tripel
 - 100 Universitäten mit Ort
 - 100 Tripel
- Gesamt: Tripel-Tabelle mit ~540.000 Einträgen
 - 1,6 Mio Strings
 - keine Null-Werte

Beispiel: Property Table



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

- Sechs verschiedene Prädikate
- 10000 Personen: je 50 Einträge
- 100 Universitäten: je 1 Eintrag
- Tabelle mit ~ 500000 Einträgen
 - $\sim 3,5$ Mio. Strings, davon viele Null-Werte

Beispiel: vertikale Partitionierung



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

- Tabelle wohnt_in, studiert_in, geboren, nick: je 10000 Einträge
- Tabelle kennt: 500000 Einträge
- Tabelle liegt_in: 100 Einträge

- 6 Tabellen à 2 Spalten, ~540000 Einträge
- ~1,1 Mio Strings, keine Null-Werte

Vergleich der Lösungen

- Probleme:
 - Meist Trade-off zwischen Speicherplatz und Geschwindigkeit
 - Anzahl von Join- und Union-Operationen
 - Kein optimales Modell für *alle* Abfragen

RDF-Tools: Speicherung

- Gemischte Lösungen
 - aus allen vorher kennen gelernten
 - z.B. Einzeltabellen für häufig verwendete Prädikate

Subjekt	Prädikat	Objekt
<http://foo.bar/Peter>	<http://foo.bar/vaterVon>	<http://foo.bar/Stefan>
<http://foo.bar/Peter>	<http://foo.bar/vaterVon>	<http://foo.bar/Julia>
<http://foo.bar/Peter>		
_:genID01		arkus>
...		

Subjekt	rdf:type
<http://foo.bar/Peter>	<http://foo.bar/Person>
<http://foo.bar/Stefan>	<http://foo.bar/Person>
<http://foo.bar/Julia>	<http://foo.bar/Person>
...	...

RDF-Tools: Speicherung

- Performance-Verbesserung mit Indexierung
 - Problem: Vergleiche über URIs/Literale aufwändig
 - Lösung z.B.: Nutzen von Hashes
 - String-Vergleiche können durch int-Vergleiche ersetzt werden
 - Beispiel 3Store: URI-/Literal-Objekte werden mit Flag unterschieden

Subjekt (int64)	Prädikat (int64)	Objekt (int64)	ObjLiteral (bool)
0A7B22F834A043BC	423ABEF890432ABC	432FE8A8BE390A32	FALSE
432FE8A8BE390A32	B879EA890BA043BC	432FE8A8BE390A32	FALSE
B879EA890BA043BC	423ABEF890432ABC	432FE8A8BE390A32	FALSE
...

hash (int64)	URI
0A7B22F834A043BC	<http://foo.bar/Peter>
423ABEF890432ABC	<rdf:type>
432FE8A8BE390A32	<http://foo.bar/Person>
...	...

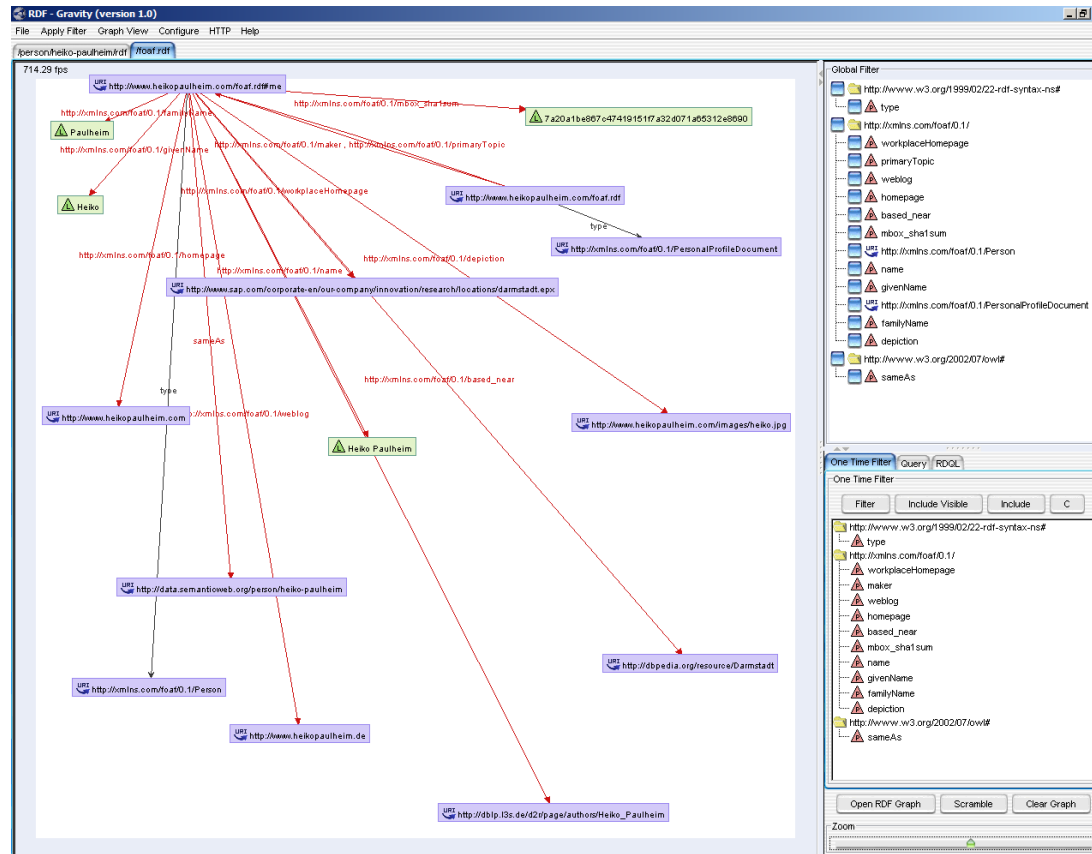
RDF-Tools: Speicherung



- Hashing verhindert "teure" String-Vergleiche:
 - "...WHERE Subjekt = '<http://foo.bar/Peter>'" wird zu
 - "...WHERE Subjekt = hash('<http://foo.bar/Peter>')"
 - Hash-Funktion effizient zu berechnen

Subjekt (int64)	Prädikat (int64)	Objekt (int64)	ObjLiteral (bool)
0A7B22F834A043BC	423ABEF890432ABC	432FE8A8BE390A32	FALSE
432FE8A8BE390A32	B879EA890BA00000	432FE8A8BE390A32	FALSE
B879EA890BA00000	hash (int64)	URI	SE
...	0A7B22F834A043BC	<http://foo.bar/Peter>	SE
	423ABEF890432ABC	<rdf:type>	
	432FE8A8BE390A32	<http://foo.bar/Person>	
	

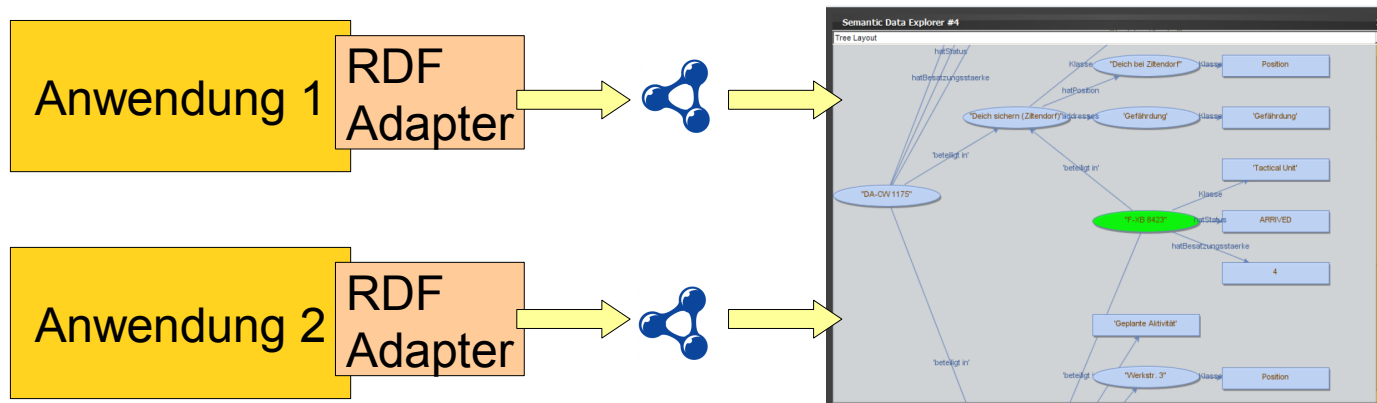
RDF-Tools: Visualisierung



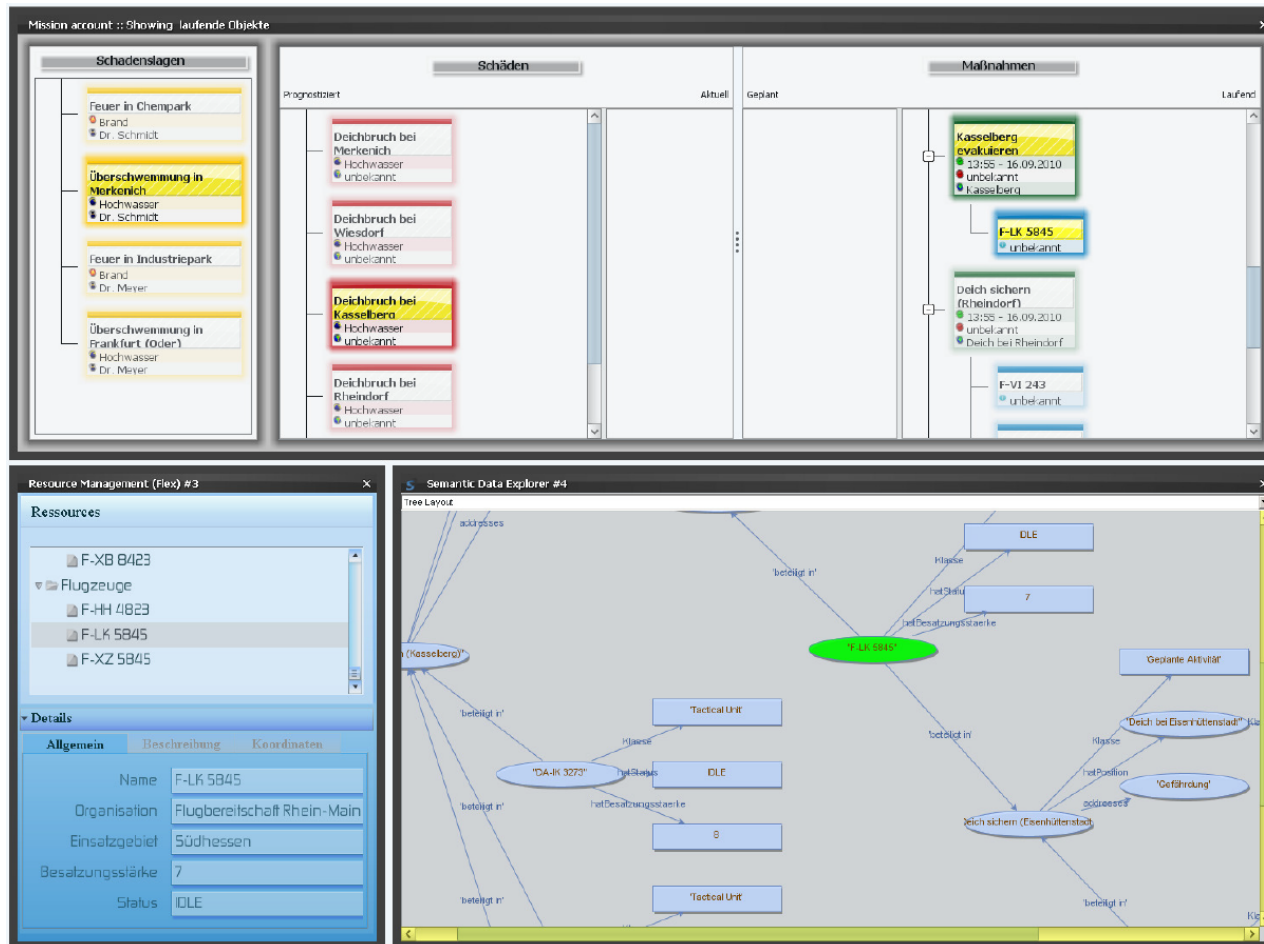
RDF Gravity
<http://semweb.salzburgresearch.at/apps/rdf-gravity/>

RDF-Tools: Visualisierung

- Experiment bei SAP Research 2010:
 - Daten aus Anwendungen als RDF zur Verfügung stellen
 - Den Graph direkt anzeigen
 - Verschränkte Interaktion:
 - Objekt im Graph wählen → wird in der Anwendung hervorgehoben
 - Objekt in der Anwendung wählen → wird im Graph hervorgehoben



RDF-Tools: Visualisierung



RDF-Tools: Visualisierung

- Experiment bei SAP Research 2010:
 - Nutzer müssen verschieden komplexe Aufgaben lösen
 - einmal mit, einmal ohne RDF-Visualisierung
- Ergebnis:
 - Für komplexe Tasks signifikant geringere Bearbeitungszeit
 - Signifikant höhere Nutzerzufriedenheit

RDF-Tools: Validierung und Konvertierung



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

- W3C RDF Validator:
 - W3C RDF Validator: <http://www.w3.org/RDF/Validator/>
 - Gibt RDF/XML in Tripeln und als Graph aus
- RDF About Validator:
 - <http://www.rdfabout.com/demo/validator/>
 - kann auch N3

RDF-Tools (weitere)

- Programmierframeworks
 - zum Entwickeln RDF-basierter Anwendungen
 - z.B. JENA, RDFReactor, ...
- Reasoner
 - können Schlussfolgerungen auf RDF-Graphen ziehen
 - können Anfragen beantworten
- Werden wir noch kennen lernen

- Das semantische Web verwendet also RDF
- Das "klassische" Web verwendet HTML
- Muss man jetzt jede Information doppelt codieren?

```
<html>
...
<b>Dr. Mark Smith</b>
<i>Physician</i>
Main St. 14
Smalltown
Mon-Fri 9-11 am
Wed 3-6 pm
...
</html>
```

```
:p a :Physician .
:p :hasDegree "Dr." .
:p :hasName "Mark Smith" .
:p :hasAddress :a .
:a :street "Main Street" .
:a :number "14"^^xsd:int .
:a :city "Smalltown" .
:p :hasOpeningHours [
  a rdf:Bag ;
  [ :day :Monday;
    :from "9"^^xsd:int;
    :to "11"^^xsd:int;
  ]
...

```


Gemeinsame Verwendung von HTML und RDF – Variante 1

- Verweis auf RDF-Beschreibung – haben wir schon mal gesehen

```
<html>
  <head>
    <link rel="meta" type="application/rdf+xml" title="DC" href="dc.rdf" />
  </head>
  <body>
    ...
  </body>
</html>
```



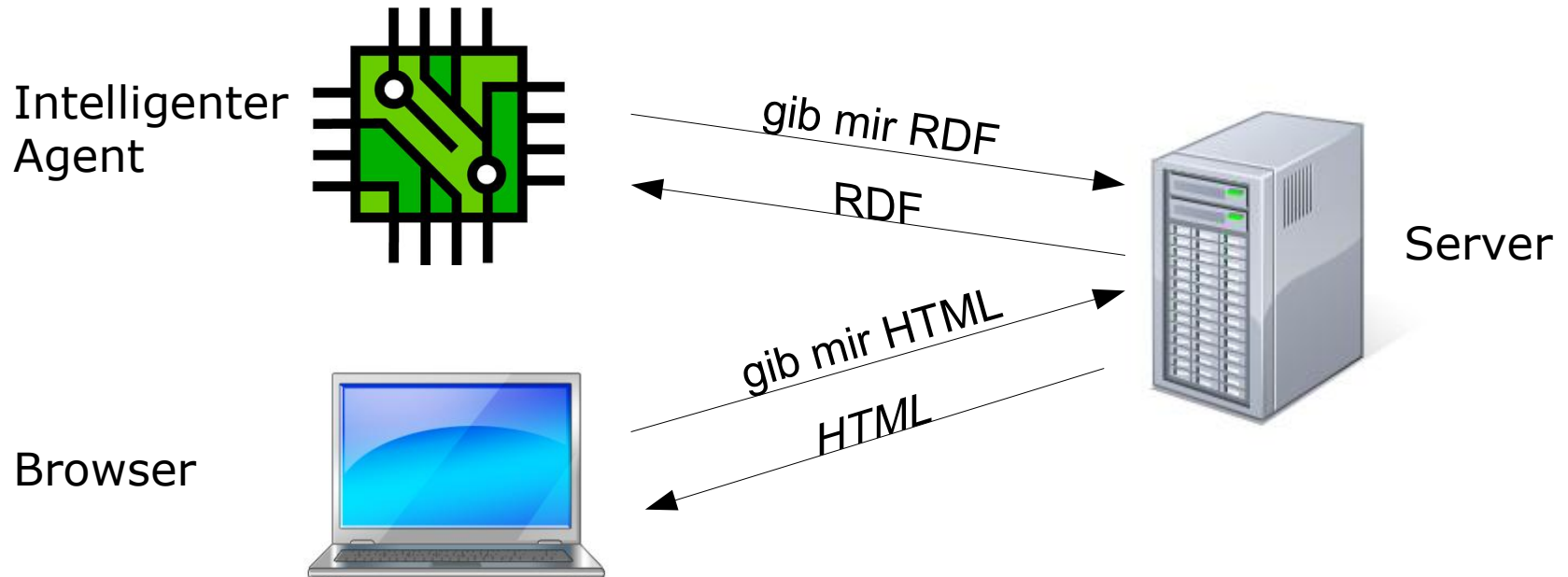
```
<?xml version="1.0"?>
<rdf:RDF xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
  xmlns:dc="http://purl.org/dc/elements/1.1/">
  <rdf:Description rdf:about="http://www.ke.tu-darmstadt.de/lehre/semantic-web">
    <dc:publisher>TU Darmstadt</dc:publisher>
    <dc:subject>Semantic Web</dc:subject>
    <dc:creator>Heiko Paulheim</dc:creator>
    <dc:relation rdf:resource="http://www.w3.org/2001/sw/" />
  </rdf:Description>
</rdf:RDF>
```


Parallele Verwendung von HTML und RDF – Variante 2



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

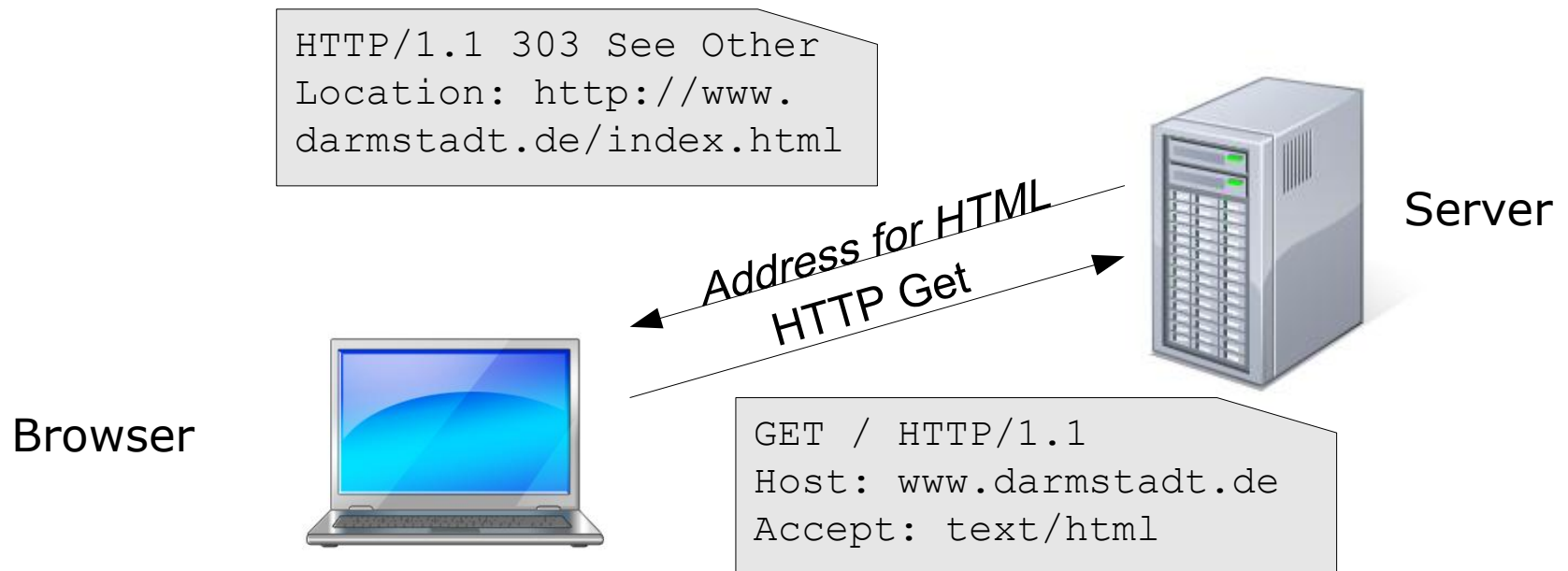
- Content Negotiation



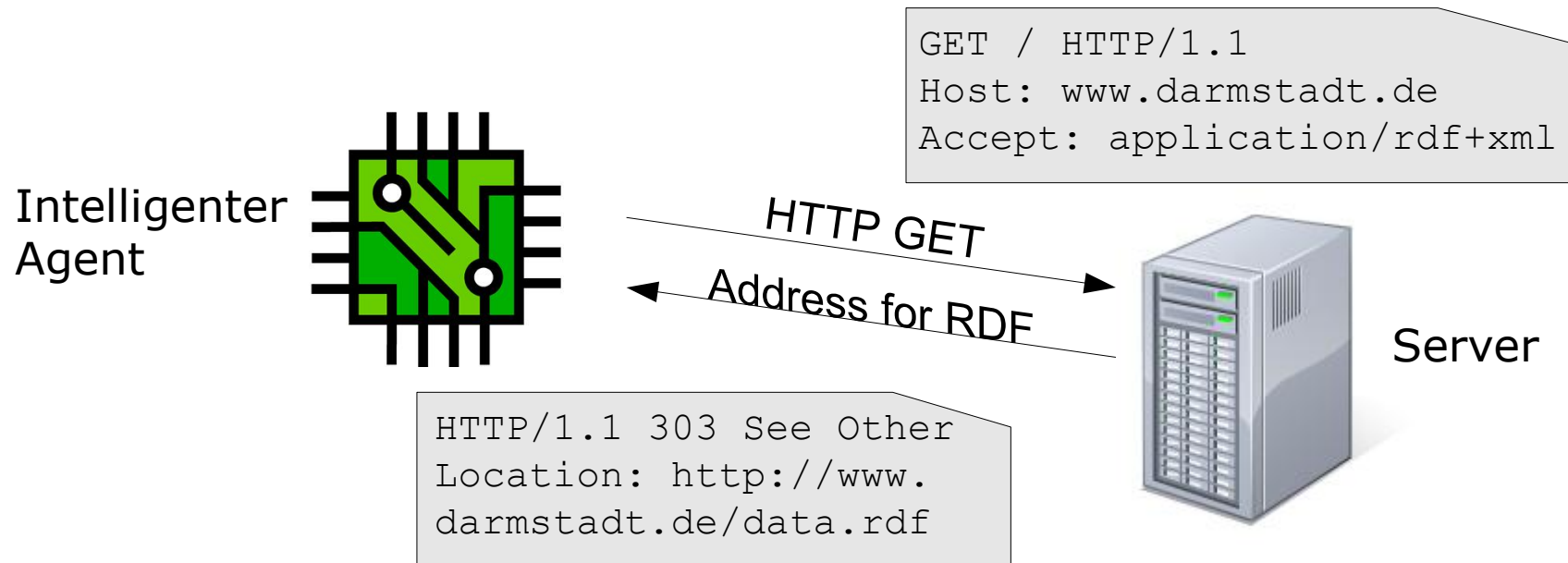
Content Negotiation im Detail



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



Content Negotiation im Detail



Content Negotiation: MIME Types



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

- MIME: Multipurpose Internet Mail Extensions
- Ursprünglich zur Kennzeichnung von Mail-Anhängen
 - Text, PDF, ..
- Erste Version: 1996
- Werden von der IANA verwaltet

- Für Semantic Web wichtige MIME Types:
 - application/rdf+xml
 - text/turtle
 - text/n3
 - application/sparql-query
 - application/sparql-results+xml

Gemeinsame Verwendung von HTML und RDF

- Link auf RDF-Dokument
 - Umsetzung mit HTML-Bordmitteln möglich
- Content Negotiation
 - Aufwändigere Maßnahme
 - *Ein* URI für verschiedene Repräsentationen möglich
- In beiden Fällen
 - Zwei getrennte Repräsentationen nötig
 - "Doppelte Buchführung"
 - Potentielle Inkonsistenz

RDF in Attributes (RDFa)



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

- Idee hinter RDF in Attributes (RDFa):
 - Warum nicht HTML und RDF in *einem* Dokument gemeinsam nutzen?
 - Information muss nur einmal codiert werden
- RDFa kombiniert XHTML mit RDF



```
<html>
...
<body about="http://www.marcsmith.com/MarcSmith">
  <b><span property="doc:name">Dr. Mark Smith</span></b>
  <i><span property="doc:profession">Physician</span></i>
  <span rel="doc:address" href="http://www.marcsmith.com/Address">
    <span property="doc:street">Main Street</span>
    <span property="doc:number">14</span>
    <span property="doc:city">Smalltown</span>
  </span>
  ...
</body>
</html>
```



- `about="http://foo.bar/aSubject"`
 - Legt das Subjekt einer Seite oder eines Unterabschnittes fest
- `property = "http://foo.bar/aProperty"`
 - Definiert eine Datenrelation
 - Inhalte des Tags werden als Literal interpretiert
- `rel = "http://foo.bar/aRelation"`
 - Definiert eine Relation zu einer anderen Ressource
- `href = "http://foo.bar/aResource"`
 - Definiert das Objekt einer Relation
 - kann wieder Subjekt werden
- `typeof = "http://foo.bar/aType"`
 - legt den Typ (`rdf:type`) einer Ressource fest

RDF in Attributes (RDFa)



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

```
<html>
...
<body about="http://www.marcsmith.com/MarcSmith">
  <b><span property="doc:name">Dr. Mark Smith</span></b>
  <i><span property="doc:profession">Physician</span></i>
  <span rel="doc:address" href="http://www.marcsmith.com/Address">
    <span property="doc:street">Main Street</span>
    <span property="doc:number">14</span>
    <span property="doc:city">Smalltown</span>
  </span>
  ...
</body>
</html>
```

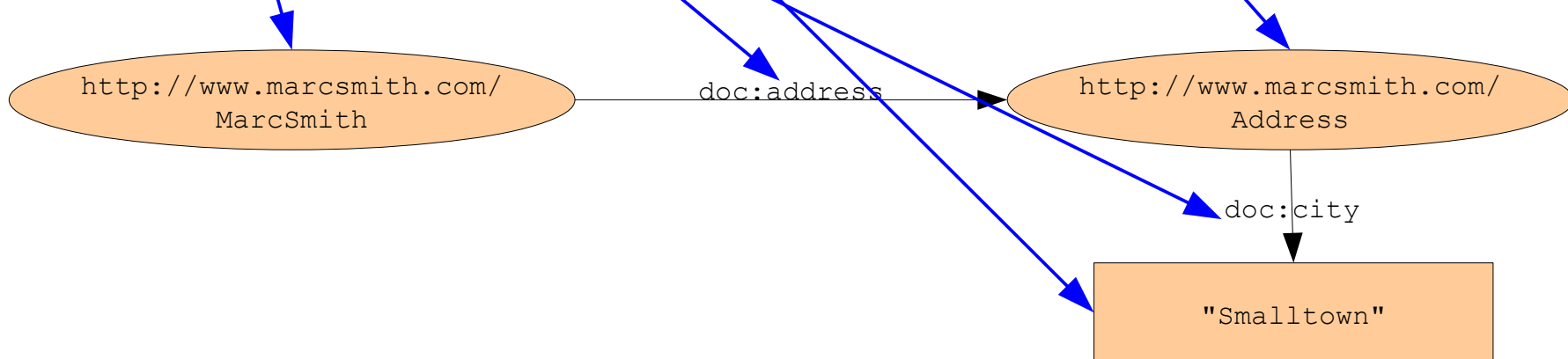


RDF in Attributes (RDFa)



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

```
<html>
...
<body about="http://www.marcsmith.com/MarcSmith">
  <b><span property="doc:name">Dr. Mark Smith</span></b>
  <i><span property="doc:profession">Physician</span></i>
  <span rel="doc:address" href="http://www.marcsmith.com/Address">
    <span property="doc:street">Main Street</span>
    <span property="doc:number">14</span>
    <span property="doc:city">Smalltown</span>
  </span>
  ...
</body>
</html>
```



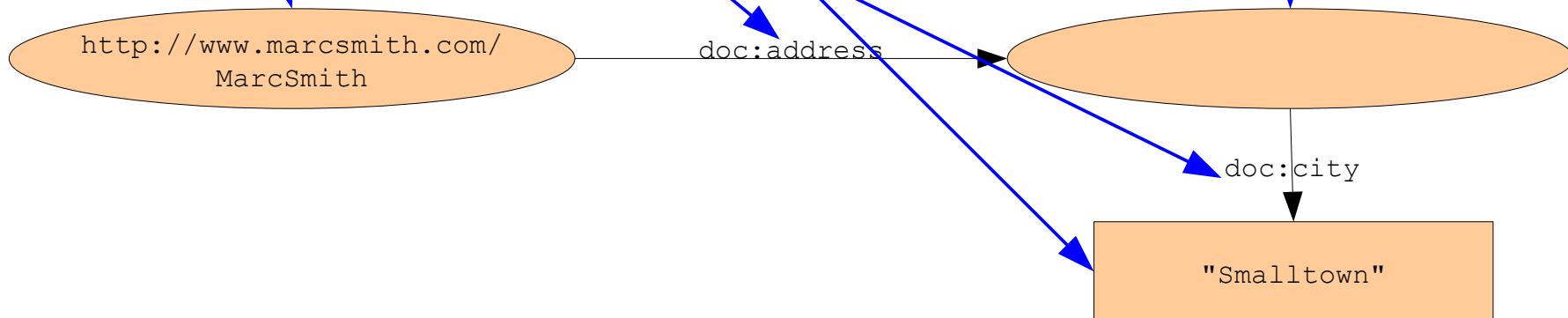
RDF in Attributes (RDFa)



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

```
<html>
...
<body about="http://www.marcsmith.com/MarcSmith">
  <b><span property="doc:name">Dr. Mark Smith</span></b>
  <i><span property="doc:profession">Physician</span></i>
  <span rel="doc:address">
    <span property="doc:street">Main Street</span>
    <span property="doc:number">14</span>
    <span property="doc:city">Smalltown</span>
  </span>
  ...
</body>
</html>
```

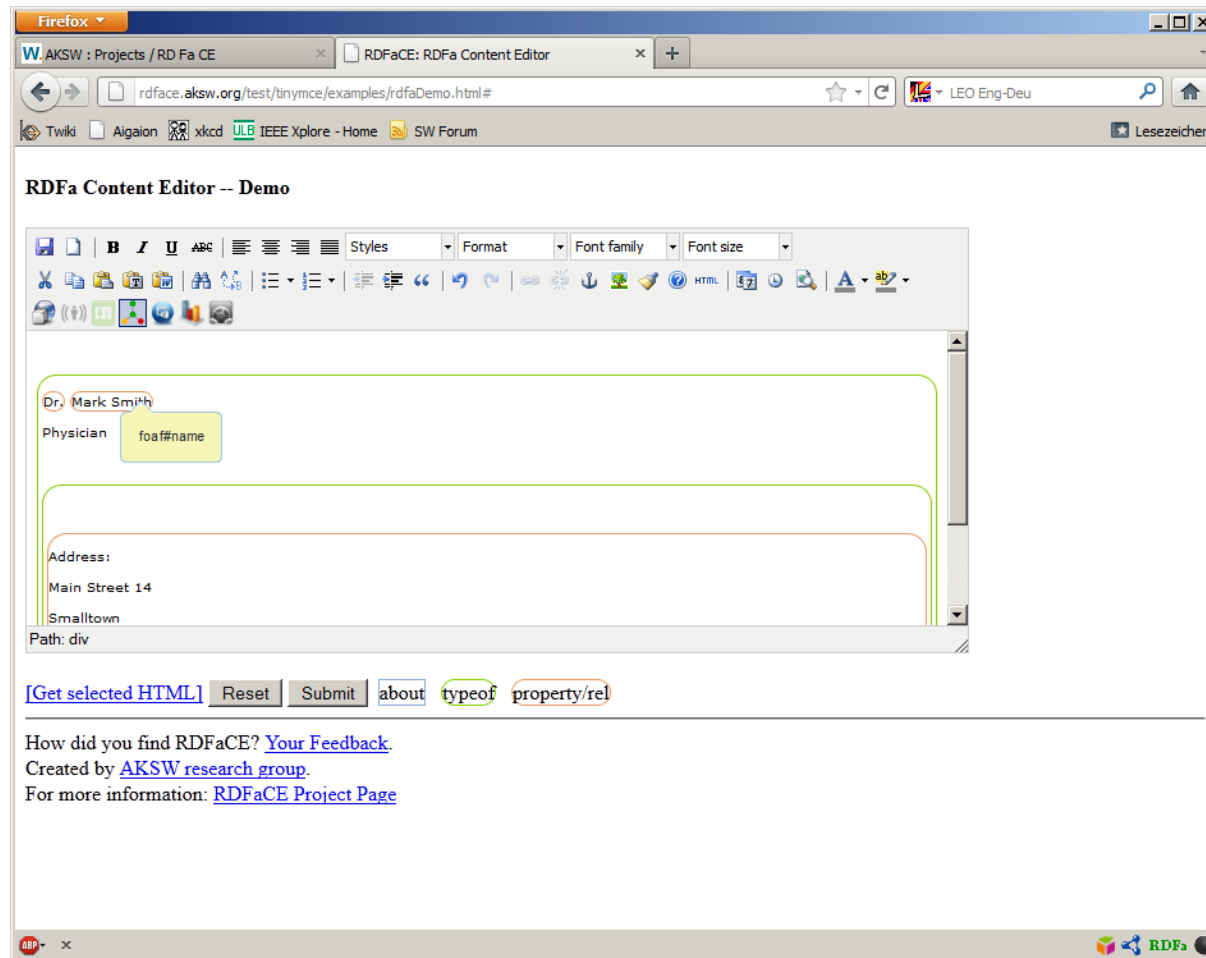
Relationen ohne
"href" werden zu
einem
leeren
Knoten!



RDFaCE



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



RDF in der freien Wildbahn: FOAF-Profile



Firefox - Tom Heath - Home

tomheath.com/home.html

Home Blog Research Publications PhD Thesis Talks Roles Other Stuff Contact Details

Research

I'm Lead Researcher at [Talis](#), working in the field of [Linked Data](#) and the [Semantic Web](#). Before joining [Talis](#) I studied for my PhD at the [Knowledge Media Institute of The Open University](#) in the UK.

My [PhD research](#) was focused on using the Semantic Web to support recommendation-seeking in social networks. Specifically the aim was to: understand how people choose word of mouth information sources from among members of their social networks, and the factors that affect these source-selection decisions; model these processes as computational algorithms so they can be replicated in an online environment; build Semantic Web-based systems that support people in information seeking through their trusted social networks. See [Research](#) and [Publications](#) for a few more details.

Recent Publications

([see all Publications](#))

- Christian Bizer, **Tom Heath**, Michael Hausenblas, Tim Berners-Lee (eds.) (2010) [Proceedings of the 3rd International Workshop on Linked Data on the Web \(LDOW2010\)](#) at WWW2010, Raleigh, North Carolina, USA, April 27, 2010.
- Abraham Bernstein, David R. Karger, **Tom Heath** Lee Feigenbaum, Diana Maynard, Enrico Motta, and Krishnaprasad Thirunarayan (eds.) (2009) [The Semantic Web - ISWC2009](#), Proceedings of the 8th International Semantic Web Conference (ISWC 2009), Chantilly, VA, USA, October 25 - 29, 2009. Lecture Notes in Computer Science, Vol. 5823, Springer.
- Christian Bizer, **Tom Heath** and Tim Berners-Lee (2009) [Linked Data - The Story So Far](#). International Journal on Semantic Web and Information Systems, Vol. 5(3), Pages 1-22. DOI: 10.4018/jswis.2009081901
- Lora Aroyo, Paolo Traverso, Fabio Ciravegna, Philipp Cimiano, **Tom Heath**, Eero Hyvönen, Riichiro Mizoguchi, Eyal Oren, Marta Sabou, Elena Simperl, (eds.) (2009) [The Semantic Web: Research and Applications](#). Proceedings of the 6th European Semantic Web Conference (ESWC2009), Heraklion, Crete, Greece, May 31 - June 4, 2009. Lecture Notes in Computer Science, Vol. 5554, Springer.
- Christian Bizer, **Tom Heath**, Tim Berners-Lee (eds.) (2009) [Proceedings of the 2nd International Workshop on Linked Data on the Web \(LDOW2009\)](#) at WWW2009, Madrid, Spain, April 20, 2009.
- Tom Heath** (2008) [Information-seeking on the Web with Trusted Social Networks - from Theory to Systems](#). Ph.D. Thesis, The Open University, Milton Keynes, UK.
- Tom Heath** and Enrico Motta (2008) [Revyu: Linking reviews and ratings into the Web of Data](#). Journal of Web Semantics, Vol. 6 (4).
- Tom Heath** (2008) [How Will We Interact with the Web of Data?](#) IEEE Internet Computing, Vol. 12(5), pp. 88-91.

From Elsewhere on the Web

Feed Icon My Latest Semantic Web Bookmarks From Delicious

sgvizler - Javascript SPARQL result set visualizer - Google Project Hosting
Indices of Deprivation explorer
Things Near To
swget
schema.org - Home
Linked Data Publishing Handbook - Data.gov.uk
n3 » Blog Archive » SPARQL 1.1 Early Access Features
Linked Data: Evolving the Web into a Global Data Space
Big Lynx Productions Ltd
Linked Data Book

★ My Latest Reviews on Revvyu.com

Review of No 1 Airport Lounge, Terminal 3, Heathrow Airport, London
Review of Sophie the Giraffe Teething Toy
Review of The Swan Inn, Swineford, nr Bristol
Review of Extract (Film, 2009)
Review of Riverford Farm Cook Book: Tales from the Fields, Recipes from the Kitchen
Review of Airport Reviews - Budget Traveller Guide to Sleeping in Airports
Review of Domainr
Review of Tropic Thunder
Review of The Guardian (Newspaper)
Review of The Guardian (Film, 2006)

Revyu.com - Review Anything

REVVU.COM
Review ANYTHING

See Also

LDOW2010
ISWC2009
ESWC2009
LDOW2009

Recent Tweets

- @amit_p yeah, fine line between #outrageous and #justadamngoodidea :) #iswc2011
- RT @amit_p: Probably more interesting that stuff so far tho not too #Outrageous: Augmenting Urban Environments <http://t.co/gteEogY> #is ...
- @laroyo just to reiterate, i think it's great that you introduced this track at #iswc2011. gotta keep experimenting! #outrageous

Visitors to this page come from:

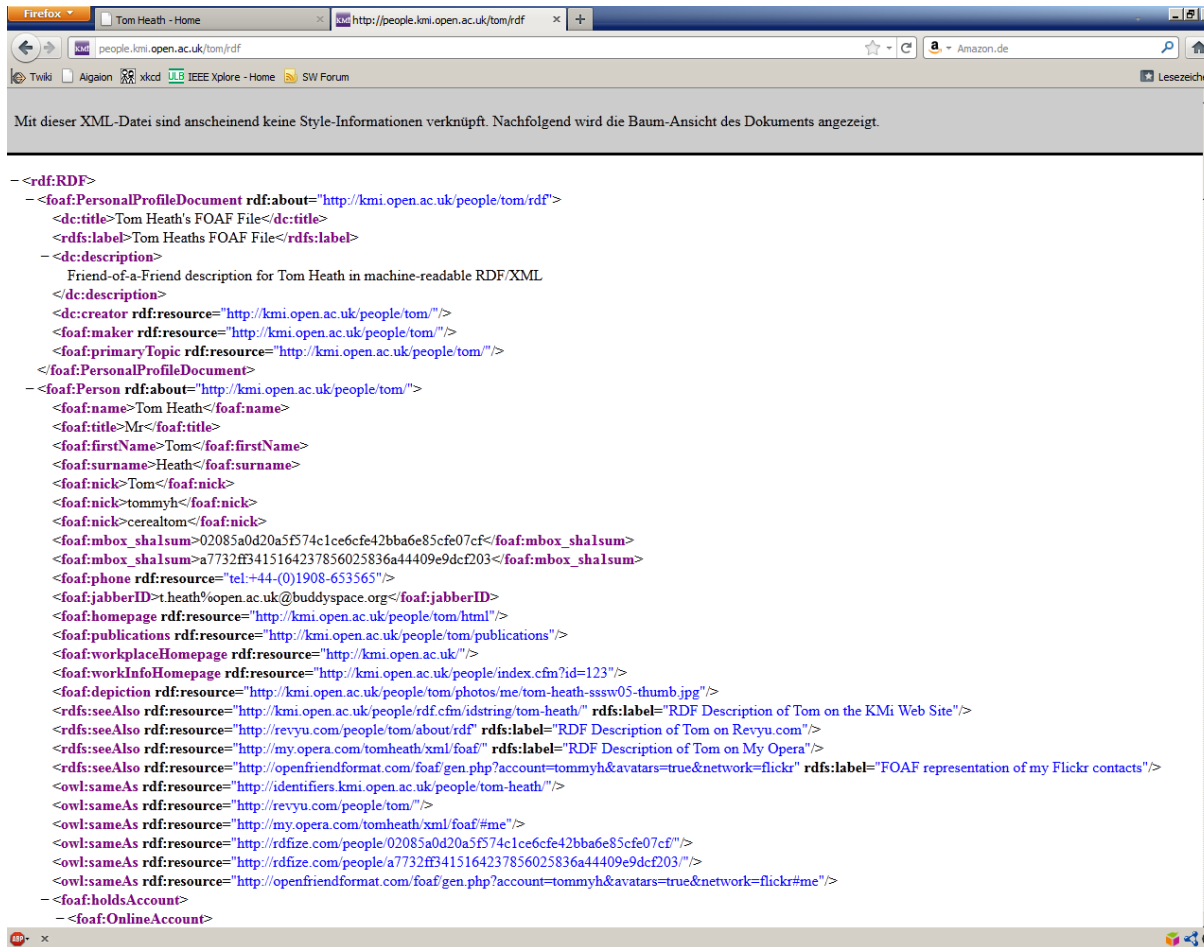
9,522 Visitors
10 Jan 2010 - 14 Sep 2011

ClustrMaps Click to see

Stuff I Like

[Chipp](#) (Online Shopping from Amazon)
[Dreamhost](#) (Web Hosting)
[Droobox](#) (Online File

RDF in der freien Wildbahn: FOAF-Profile



```
-<rdf:RDF>
  -<foaf:PersonalProfileDocument rdf:about="http://kmi.open.ac.uk/people/tom/rdf">
    <dc:title>Tom Heath's FOAF File</dc:title>
    <rdfs:label>Tom Heaths FOAF File</rdfs:label>
    -<dc:description>
      Friend-of-a-Friend description for Tom Heath in machine-readable RDF/XML
    </dc:description>
    <dc:creator rdf:resource="http://kmi.open.ac.uk/people/tom/">
    <foaf:maker rdf:resource="http://kmi.open.ac.uk/people/tom/">
    <foaf:primaryTopic rdf:resource="http://kmi.open.ac.uk/people/tom/">
    <foaf:PersonalProfileDocument>
    -<foaf:Person rdf:about="http://kmi.open.ac.uk/people/tom/">
      <foaf:name>Tom Heath</foaf:name>
      <foaf:title>Mr</foaf:title>
      <foaf:firstName>Tom</foaf:firstName>
      <foaf:surname>Heath</foaf:surname>
      <foaf:nick>Tom</foaf:nick>
      <foaf:nick>tommyh</foaf:nick>
      <foaf:nick>cerealtom</foaf:nick>
      <foaf:mbox_shalsum>02085a0d20a5f574c1ce6cfe42bba6e85cfe07cf</foaf:mbox_shalsum>
      <foaf:mbox_shalsum>a7732ff3415164237856025836a44409e9dcf203</foaf:mbox_shalsum>
      <foaf:phone rdf:resource="tel:+44-(0)1908-653565">
      <foaf:jabberID>t.heath%open.ac.uk@buddyspace.org</foaf:jabberID>
      <foaf:homepage rdf:resource="http://kmi.open.ac.uk/people/tom/html">
      <foaf:publications rdf:resource="http://kmi.open.ac.uk/people/tom/publications">
      <foaf:workplaceHomepage rdf:resource="http://kmi.open.ac.uk/">
      <foaf:workInfoHomepage rdf:resource="http://kmi.open.ac.uk/people/index.cfm?id=123">
      <foaf:depiction rdf:resource="http://kmi.open.ac.uk/people/tom/photos/me/tom-heath-sssw05-thumb.jpg">
      <rdfs:seeAlso rdf:resource="http://kmi.open.ac.uk/people/rdf.cfm/idstring/tom-heath" rdfs:label="RDF Description of Tom on the KMi Web Site">
      <rdfs:seeAlso rdf:resource="http://revyu.com/people/tom/about/rdf" rdfs:label="RDF Description of Tom on Revyu.com">
      <rdfs:seeAlso rdf:resource="http://my.opera.com/tomheath/xml/foaf/" rdfs:label="RDF Description of Tom on My Opera">
      <rdfs:seeAlso rdf:resource="http://openfriendformat.com/foaf/gen.php?account=tommyh&avatars=true&network=flickr" rdfs:label="FOAF representation of my Flickr contacts">
      <owl:sameAs rdf:resource="http://identifiers.kmi.open.ac.uk/people/tom-heath/">
      <owl:sameAs rdf:resource="http://revyu.com/people/tom/">
      <owl:sameAs rdf:resource="http://my.opera.com/tomheath/xml/foaf/#me">
      <owl:sameAs rdf:resource="http://rdize.com/people/02085a0d20a5f574c1ce6cfe42bba6e85cfe07cf/">
      <owl:sameAs rdf:resource="http://rdize.com/people/a7732ff3415164237856025836a44409e9dcf203/">
      <owl:sameAs rdf:resource="http://openfriendformat.com/foaf/gen.php?account=tommyh&avatars=true&network=flickr#me">
    -<foaf:holdsAccount>
    -<foaf:OnlineAccount>
```

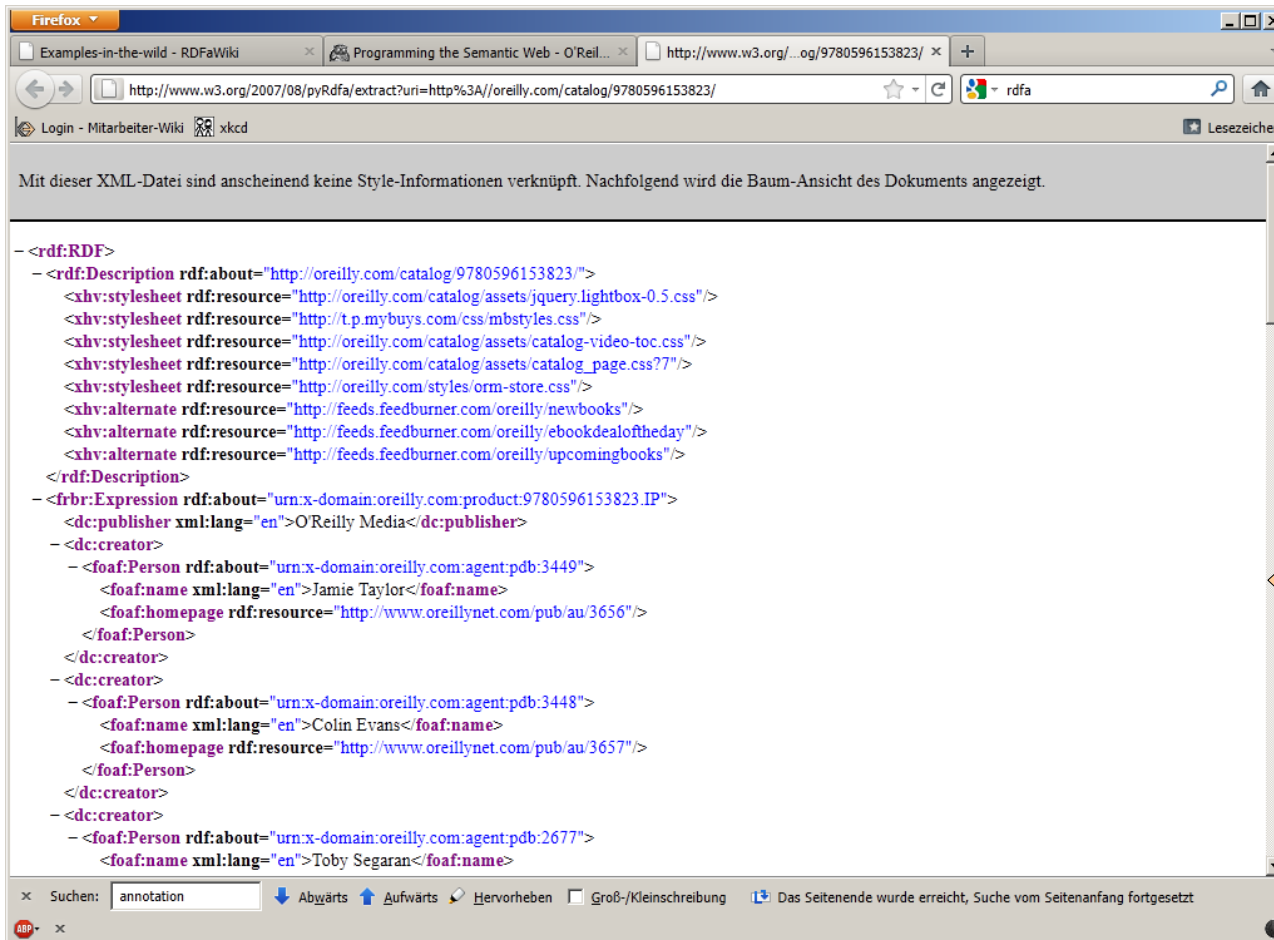

RDFa in der freien Wildbahn: Beispiel O'Reilly



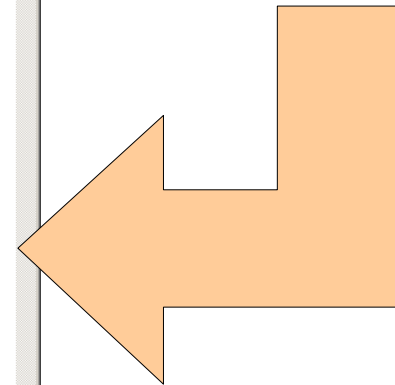
The screenshot shows the O'Reilly website in a Firefox browser. The main product featured is the book "Programming the Semantic Web" by Toby Segaran, Colin Evans, and Jamie Taylor. The book cover shows a cat. The page includes a description, reviews, and buying options. A "Semantic Radar Plugin" is overlaid on the right side of the page, showing a radar interface with the text "setzt" and "RDFa". The plugin also displays a small icon of a cat. The browser's address bar shows the URL "http://oreilly.com/catalog/9780596153823/".

Semantic
Radar Plugin

RDFa in der freien Wildbahn: Beispiel O'Reilly




```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" ?>
<rdf:RDF>
  <rdf:Description rdf:about="http://oreilly.com/catalog/9780596153823/">
    <xhv:stylesheet rdf:resource="http://oreilly.com/catalog/assets/jquery.lightbox-0.5.css"/>
    <xhv:stylesheet rdf:resource="http://t.p.mybuys.com/css/mbstyles.css"/>
    <xhv:stylesheet rdf:resource="http://oreilly.com/catalog/assets/catalog-video-toc.css"/>
    <xhv:stylesheet rdf:resource="http://oreilly.com/catalog/assets/catalog_page.css?7"/>
    <xhv:stylesheet rdf:resource="http://oreilly.com/styles/orm-store.css"/>
    <xhv:alternate rdf:resource="http://feeds.feedburner.com/oreilly/newbooks"/>
    <xhv:alternate rdf:resource="http://feeds.feedburner.com/oreilly/ebookdealoftheday"/>
    <xhv:alternate rdf:resource="http://feeds.feedburner.com/oreilly/upcomingbooks"/>
  </rdf:Description>
  <frbr:Expression rdf:about="urn:x-domain:oreilly.com:product:9780596153823.IP">
    <dc:publisher xml:lang="en">O'Reilly Media</dc:publisher>
    <dc:creator>
      <foaf:Person rdf:about="urn:x-domain:oreilly.com:agent:pdb:3449">
        <foaf:name xml:lang="en">Jamie Taylor</foaf:name>
        <foaf:homepage rdf:resource="http://www.oreillynet.com/pub/au/3656"/>
      </foaf:Person>
    </dc:creator>
    <dc:creator>
      <foaf:Person rdf:about="urn:x-domain:oreilly.com:agent:pdb:3448">
        <foaf:name xml:lang="en">Colin Evans</foaf:name>
        <foaf:homepage rdf:resource="http://www.oreillynet.com/pub/au/3657"/>
      </foaf:Person>
    </dc:creator>
    <dc:creator>
      <foaf:Person rdf:about="urn:x-domain:oreilly.com:agent:pdb:2677">
        <foaf:name xml:lang="en">Toby Segaran</foaf:name>
      </foaf:Person>
    </dc:creator>
  </frbr:Expression>
</rdf:RDF>
```



RDFa in der freien Wildbahn: Beispiel O'Reilly

- Normale Suche ohne RDFa:

[Programming the Semantic Web - O'Reilly Media](#)

shop.oreilly.com/product/9780596153823.do 

With this book, the promise of the **semantic web** -- in which machines can find, share, and combine data on the **Web** -- is not just a technical possibility, but a ...

- Verbessertes Ergebnis mit RDFa:



[Programming the Semantic Web \[Book\]](#)

by Toby Segaran, Colin Evans, Jamie Taylor - O'Reilly (2009.07.01) - paperback - 280 pages

With this book, the promise of the **Semantic Web** -- in which machines can find, share, and combine data on the **Web** -- is not just a technical ...

★★★★☆ 8 reviews - [Add to Shopping List](#)

RDFa in der freien Wildbahn: Beispiel BBC Music



RDFa in der freien Wildbahn: Beispiel BBC Music



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

```
Firefox
BBC - Music - Nine Inch Nails
http://www.bbc.co.uk/music/artists/b7ffd2af-418f-4be2-bdd1-22f8b48613da.rdf
http://www.bbc.co.uk/music/artists/b7ffd2af-418f-4be2-bdd1-22f8b48613da.rdf
Login - Mitarbeiter-Wiki xkcd
Lesezeichen

<mo:member rdf:resource="/music/artists/40adef79-bcdd-4bd3-a2ee-1e2d371cd6bc#artist"/>
<mo:member rdf:resource="/music/artists/031e4b1f-460d-487d-ab01-9bae0992d4bc#artist"/>
<mo:member rdf:resource="/music/artists/2fd475b9-4a31-4b8c-8368-7b71118f2d71#artist"/>
<mo:member rdf:resource="/music/artists/5bcda370-1cd4-40ce-89a5-6ec6a0a7fc79#artist"/>
<mo:member rdf:resource="/music/artists/4d4e2261-02d2-4796-83bf-5bbadcbba629#artist"/>
<mo:member rdf:resource="/music/artists/0923598e-2b97-4527-b984-5feed94c168d#artist"/>
<mo:member rdf:resource="/music/artists/90023d8a-3907-45ec-a2aa-b8da61a6d0bd#artist"/>
<mo:member rdf:resource="/music/artists/ab4625d4-9947-481c-af95-5955b0b13023#artist"/>
<mo:member rdf:resource="/music/artists/1f4fb9e-2425-40fb-b054-68e80e2ef83d#artist"/>
- <foaf:made>
- <mo:Record>
  <dc:title>Year Zero</dc:title>
  <owl:sameAs rdf:resource="http://dbpedia.org/resource/Year_Zero_(album)"/>
  <mo:musicbrainz rdf:resource="http://musicbrainz.org/release/367dcac8-5b3c-4fa6-a304-e39451cd194e.html"/>
  <rev:hasReview rdf:resource="/music/reviews/x59x#review"/>
  <mo:Record>
</foaf:made>
- <foaf:made>
- <mo:Record>
  <dc:title>With Teeth</dc:title>
  <owl:sameAs rdf:resource="http://dbpedia.org/resource/With_Teeth"/>
  <mo:musicbrainz rdf:resource="http://musicbrainz.org/release/963b0e2e-d6cb-4482-a600-0ad167e5bff2.html"/>
  <rev:hasReview rdf:resource="/music/reviews/86vr#review"/>
  <mo:Record>
</foaf:made>
<mo:MusicArtist>
- <mo:MusicArtist rdf:about="/music/artists/30343313-1e24-4758-950f-4a96309d7893#artist">
  <foaf:name>Robin Finck</foaf:name>
</mo:MusicArtist>
<mo:MusicArtist rdf:about="/music/artists/6728260-45-1-4242-1042-66470813614#artist">
```



Musikempfehlungen auf Basis von freilaufendem RDFa



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

The screenshot shows a web browser window displaying the 'seevI' website. The page is titled 'Nine Inch Nails' and features a 'Fact sheet' section with the following details:

Activity	1988-present 1989-present
Origin(s)	Cleveland Ohio United States
Genre(s)	Alternative metal Alternative rock Electronic music Industrial metal Industrial music Industrial rock
Label(s)	Interscope Records Island Records

Below the fact sheet, there is a 'Videos' section with a YouTube player showing a video of Nine Inch Nails. To the right, there is a 'Related bands and artists' section with entries for 'Tapeworm' and 'Marilyn Manson'. The 'Marilyn Manson' entry lists common attributes:

- Both have the same origin(s): United States
- Both are on the same label(s): Interscope Records, Nothing Records
- Both have the same member(s): Chris Vrenna, Jeordie White

The 'Filter' entry at the bottom right mentions that Filter is a rock group formed in 1993 in Cleveland by Richard Patrick and guitarist/programmer Brian Liesegang.



RDFa in der freien Wildbahn: Beispiel Rotten Tomatoes



The screenshot shows the Rotten Tomatoes website for the movie "Requiem for a Dream" (2000). The page features a green header with the Rotten Tomatoes logo and navigation links. The main content area displays the movie's title, a search bar, and a Tomatometer score of 78% (Fresh) and an Audience score of 93% (Liked it). The movie's synopsis is provided, along with its release date, genre, and director. The page also includes a "MY RATING" section, a "MOVIES LIKE THIS" section, and a "LATEST NEWS" section.

Requiem for a Dream (2000)

TOMATOMETER 78% **AUDIENCE** 93%

Average Rating: 7.3/10
Reviews Counted: 131
Fresh: 102 | Rotten: 29

Though the movie may be too intense for some to stomach, the wonderful performances and the bleak imagery are hard to forget.

Average Rating: 4.1/5
User Ratings: 261,204

MOVIE INFO

Based on the novel by Hubert Selby Jr., this gritty drama concerns four people trapped by their addictions. Harry (Jared Leto), and his best friend Tyrone (Marlon Wayans) are impoverished heroin addicts living in Coney Island, NY, while Harry's girlfriend Marlon (Jennifer Connelly) is a fellow addict trying to distance herself from her wealthy father. Harry dreams of scoring a pound of smack, from which he could make enough money to open a clothing boutique with Marlon, but so far he and his ... [More](#)

R, 1 hr. 42 min. In Theaters: Oct 6, 2000 Wide
Drama On DVD: May 22, 2001
Directed By: Darren Aronofsky US Box Office: \$2.5M
Written By: Darren Aronofsky, Hubert Selby, Jr. Artisan Entertainment

Requiem for a Dream Trailer & Photos

[More Trailers and Videos \(1\)](#)

MOVIES LIKE THIS

[Trainspotting](#) [Fear and Loathing in Las Vegas](#) [The Basketball Diaries](#)

Latest News for Requiem for a Dream

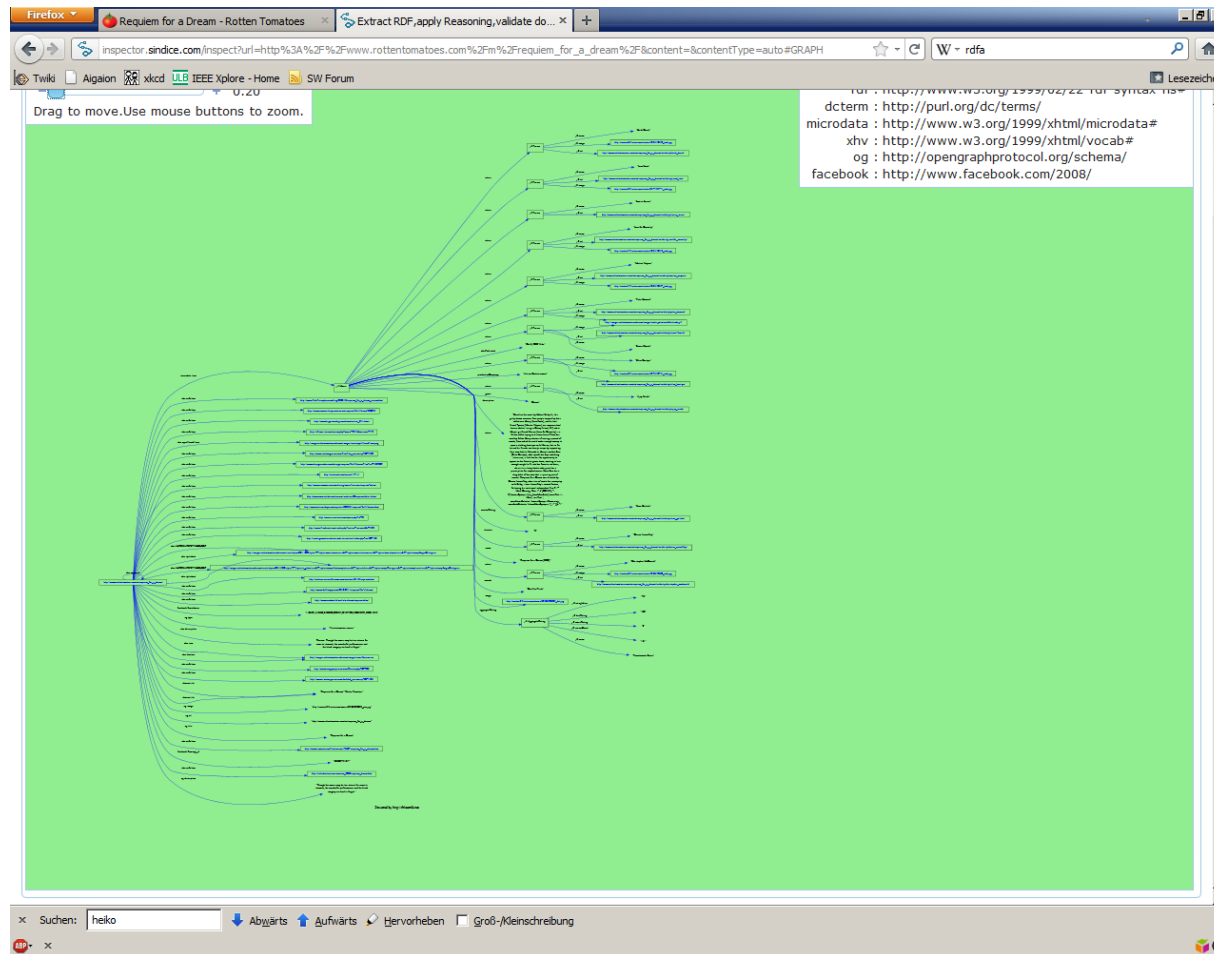
August 25, 2009:
[EW Lists 16 Classic "Dare You to Look" Scenes](#)
All the Nazi-scalpin' action in "Inglourious Basterds" has got the EW staff to thinking about some...

January 9, 2008:
[Lorenzo di Bonaventura Talks G.I. Joe, Transformers 2](#)
You think G.I. Joe and Transformers producer Lorenzo di Bonaventura doesn't hear your grouching, film...

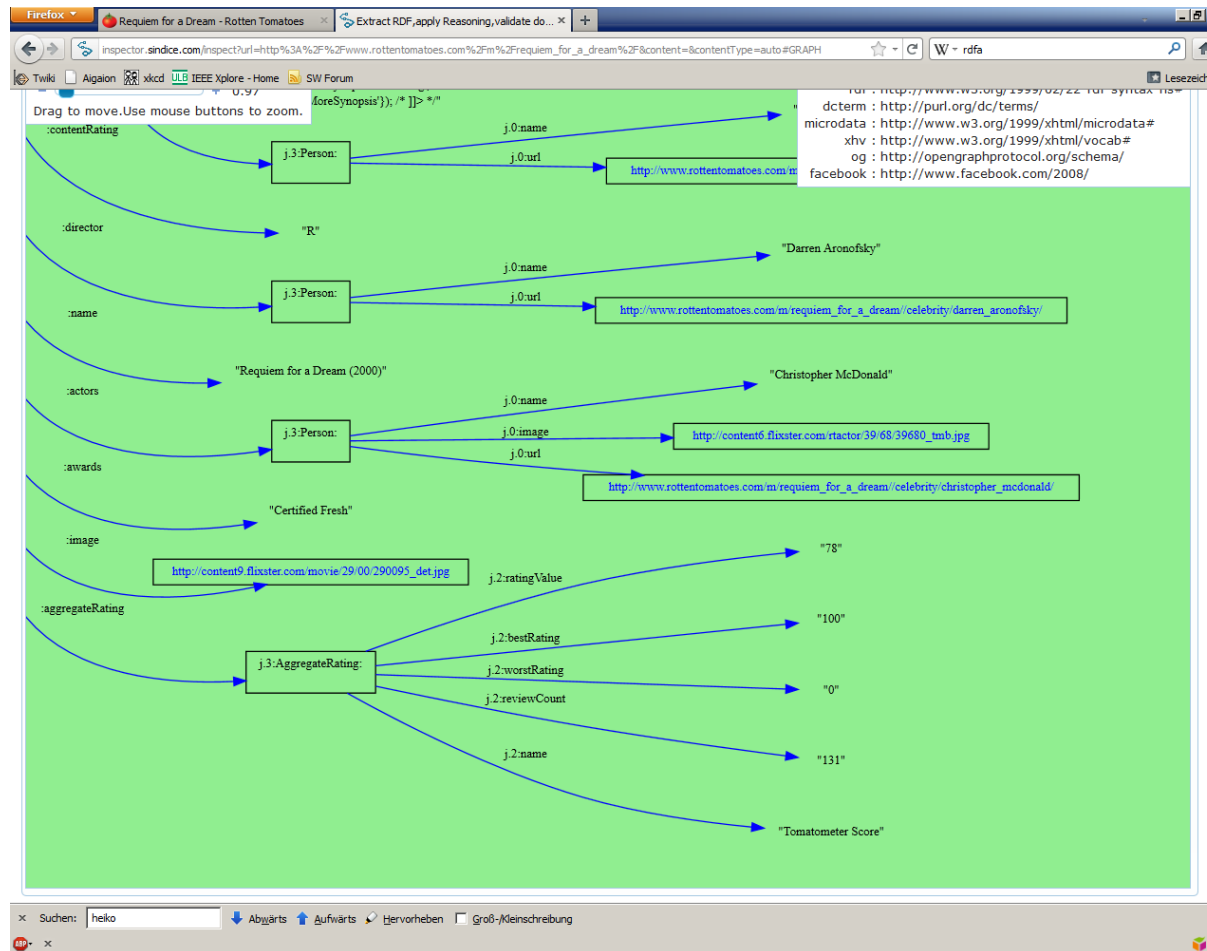
RDFa in der freien Wildbahn: Beispiel Rotten Tomatoes



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



RDFa in der freien Wildbahn: Beispiel Rotten Tomatoes



Zusammenfassung RDF II

- Verschiedenste Tools für RDF existieren
 - Speicherung
 - Visualisierung
 - und vieles mehr
- RDFa ermöglicht die Verbindung von HTML und RDF
 - ohne Redundanz
- Einige Beispiele für RDF in der freien Wildbahn

Zusammenfassung

- RDF ist ein Standard zur Beschreibung beliebiger Informationen
 - Graphenbasiert
 - Serialisierungen in Triples und XML
- Semantische Prinzipien
 - Non-unique Naming Assumption
 - Open World Assumption
- Tools zur Speicherung

Ein kritischer Blick zurück



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

- Kann RDF mehr als XML?
- XML ist eine Auszeichnungssprache für Informationen
- In XML kann man beliebige Tags und Attribute definieren
- XML-Tagnamen haben für den Computer keine Bedeutung
- RDF ist eine Auszeichnungssprache für Informationen
- In RDF kann man beliebige Klassen / Relationen definieren
- RDF-Bezeichner haben für den Computer keine Bedeutung

Ein kritischer Blick zurück

- Warum haben wir das dann eigentlich gelernt?



Ein kritischer Blick zurück



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

HOW STANDARDS PROLIFERATE:
(SEE: A/C CHARGERS, CHARACTER ENCODINGS, INSTANT MESSAGING, ETC.)



<http://xkcd.com/927/>

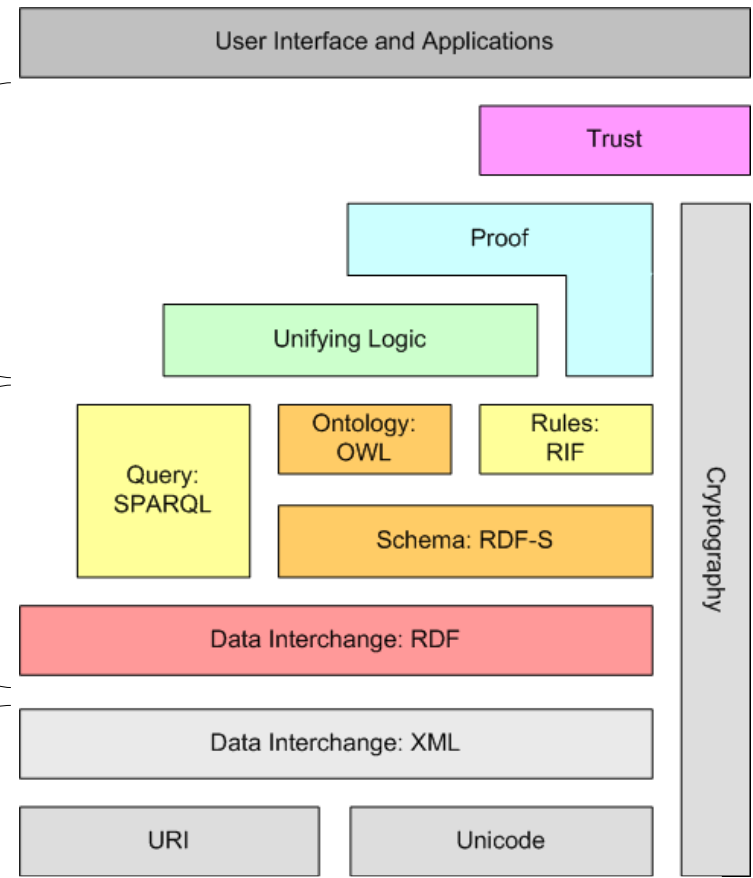
Semantic Web – Aufbau



here be dragons...

Semantic-Web-
Technologie
(Fokus der Vorlesung)

Technische
Grundlagen



Berners-Lee (2009): *Semantic Web and Linked Data*
<http://www.w3.org/2009/Talks/0120-campus-party-tbl/>

Vorlesung Semantic Web



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

Vorlesung im Wintersemester 2011/2012

Dr. Heiko Paulheim

Fachgebiet Knowledge Engineering