

FACHHOCHSCHULE WEDEL

SEMINARARBEIT

in der Fachrichtung

Medieninformatik (Bachelor)

Thema:

**Semantic Web – Motivation
und Entstehungsgeschichte**

Eingereicht von: Tobias Beidermühle
Tondernweg 22
25479 Ellerau

Erarbeitet im: 5. Semester

Abgegeben am: 13. Dezember 2006

Referent (FH Wedel): Prof. Dr. Sebastian Iwanowski
Fachhochschule Wedel
Feldstraße 143
22880 Wedel

Inhaltsverzeichnis

Einführung	4
Motivation	5
Probleme des World Wide Web	5
Beispiele für Semantic Web	5
Hintergründe	7
Symbole, Kommunikation, Information, Semantik	7
Zielsetzung für das Semantic Web	8
Entstehungsgeschichte	9
1989 – 1994: Entwicklung des World Wide Web	9
1995 – 1996: „Platform for Internet Content Selection“	11
1996 – 1997: „Extensible Markup Language“	13
1997: erste Beschreibungssprachen mit XML	14
1997: Beschreibungssprache „Resource Description Framework“	15
1998: Vorstellung der „Semantic Web Road map“	16
2000 – 2001: Start der „Semantic Web Initiative“	17
2000 – 2001: erste Beschreibungssprachen für Ontologien	19
2001 – 2004: Beschreibungssprache „Web Ontology Language“	21
seit 2005: Regelsprache „Rule Interchange Format“	22
Fazit	23
„The Semantic Web Revisited“	23
Skeptik und Kritik am Semantic Web	24
Beispiele für RDF: „Friend of a Friend“, „Creative Commons“	26
Beispiele für Ontologien aus dem Bereich „e-science“	28
Literaturverzeichnis	29
Nachwort	32

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: „Information Management: A Proposal“, © Tim Berners-Lee	9
Abbildung 2: Code-Beispiel für PICS.....	12
Abbildung 3: Code-Beispiel für XML.....	13
Abbildung 4: Semantic Web Architektur, © Tim Berners-Lee	18
Abbildung 5: Code-Beispiel für DAML-ONT	20
Abbildung 6: Code-Beispiel für Personen-Beschreibung im Microformat vCard	25
Abbildung 7: Code-Beispiel für Personen-Beschreibung in FOAF-Spezifikation in RDF ..	27
Abbildung 8: Code-Beispiel für eine Nutzung-Lizenz der Creative Commons in RDF.....	27

Einführung

Das heutige World Wide Web ist für Menschen ein Informationsmedium. Aber nur in den seltensten Fällen sind die Informationen im World Wide Web auch für Maschinen lesbar. Unter dem Begriff Semantic Web hat Tim Berners-Lee, Erfinder des World Wide Web, ein Konzept vorgestellt, wie das World Wide Web erweitert und somit in Zukunft auch vermehrt von Maschinen genutzt werden kann.

In der vorliegenden Arbeit soll erläutert werden, welche Probleme es bei der automatisierten Verwendung des World Wide Web gibt, wie diese im Semantic Web vermieden werden sollen, um neuartigen Nutzen im Web erhalten. Anschließend werden auf die Entstehungsgeschichte der Semantic-Web-Idee und ihre bisherige Umsetzung eingegangen, wobei auch beteiligten Techniken und Spezifikationen kurz vorgestellt werden.

Anmerkung: Der Begriff „Semantic Web“ ist nicht gleichbedeutend mit „semantisches Netz“. „Ein semantisches Netz ist ein formales Modell von Begriffen und ihren Beziehungen. Es wird in der Informatik und künstlichen Intelligenz zur Wissensrepräsentation genutzt.“¹ Das Semantic Web beschreibt vielmehr ein konkretes semantisches Netz.²

¹ ohne Verfasser, „Semantisches Netz“, Wikipedia,
http://de.wikipedia.org/wiki/Semantisches_Netz, Stand: 18.09.2006, Abruf: 04.12.2006

² Vgl. ohne Verfasser, „Semantisches Web“, Wikipedia,
http://de.wikipedia.org/wiki/Semantisches_Web, Stand: 03.12.2006, Abruf: 04.12.2006

Motivation

Probleme des World Wide Web

Antoniou und van Harmelen ³ erklären die Probleme des World Wide Web wie folgt: Inhalte im World Wide Web sind dazu gedacht, von Menschen konsumiert zu werden. Selbst wenn Web-Seiten automatisch aus dahinter liegenden Datenbanken generiert werden, verlieren die Inhalte dabei in der Regel ihre maschinenlesbaren strukturellen Informationen.

Dass aktuelle Web-Seiten hauptsächlich aus menschen-lesbarer natürlicher Sprache bestehen, verursacht Probleme, die vor allem bei der Benutzung von Suchmaschinen deutlich werden: Die Suche ist sensibel auf das Vokabular der natürlichen Sprache, d. h. Wortwahl und Sprache des Suchbegriffs beeinflussen das Ergebnis, obwohl zwei Wörter durchaus dasselbe meinen. Da die Relevanz eines Wortes auf einer Web-Seite mit natürlicher Sprache nicht erfasst werden kann, werden zudem häufig zu viele irrelevante Suchergebnisse zurückgegeben.

Informationen, die über mehrere Seiten verteilt sind, können ebenfalls nicht erfasst werden und müssen vom Menschen aus den Ergebnissen mehrerer Teilsuchanfrage zusammengesetzt werden, da der inhaltliche Zusammenhang zwischen verlinkten Dokumenten nur durch den Kontext des Links im Dokument klar wird. ⁴

Beispiele für Semantic Web

Die erste Vision für eine komplexe und alltägliche Nutzung des Semantic Web wurde von Tim Berners-Lee et al. im Mai 2001 im „Scientific American“ gemalt: ⁵ In ihrem Artikel stellen sie vor, wie in Zukunft ein Semantic-Web-Browser („Personal Agent“) einer Arztpatientin durch „Verstehen“ der Sachverhalte automatisch vom Web-Server des Arztes die Beschreibung der nötigen Therapie-Maßnahmen empfängt und im Semantic Web nach Therapeuten sucht, die in der Nähe des Zuhauses angesiedelt sind, die nötige

³ Vgl. Grigoris Antoniou, Frank van Harmelen, „A Semantic Web Primer“, Cambridge, The MIT Press, April 2004, Seite 1 f.

⁴ Vgl. Tim Berners-Lee, „W3 future directions“, International World Wide Web Conference, CERN, Genf, September 1994, <http://www.w3.org/Talks/WWW94Tim/>, Abruf: 04.12.2006

⁵ Vgl. Tim Berners-Lee, James Hendler, Ora Lassila, „The Semantic Web“, „Scientific American“, 17. Mai 2001, <http://www.sciam.com/article.cfm?articleID=00048144-10D2-1C70-84A9809EC588EF21>, Abruf: 04.12.2006

Therapie-Maßnahme anbieten und durch unabhängige Institute als gut oder sehr gut bewertet wurden. Der „Personal Agent“ verhandelt anschließend automatisch mit den „Semantic Web Agents“ der Therapeuten über verfügbare Termine und präsentiert einen ausgearbeiteten Termin-Plan, den die Patientin nur noch bestätigen braucht.

Dieser Automatismus wird dadurch möglich gemacht, dass der „Personal Agent“ die persönlichen Daten seiner Benutzerin wie Adresse und Termine sowie die Konzepte zum z. B. Vergleichen von Entfernungen oder Zeiträumen versteht.

Antoniou und van Harmelen ⁶ nennen neben „Personal Agents“ noch weitere Anwendungsgebiete: z. B. Knowledge Management und Business-to-Customer E-Commerce.

Beim Knowledge Management innerhalb eines Unternehmens bietet sich die Verwendung eines unternehmensinternen Semantic Web an, um jegliche Art von Wissen seiner Bedeutung nach systematisch abzuspeichern, zu verwalten und vor allem leichter wiederzufinden („Knowledge Discovery“, „Knowledge Retrieval“).

Im Bereich des Business-to-Customer E-Commerce ermöglichen maschinenlesbare Informationen zu Produkten und Online-Shops ein automatisiertes Vergleichen und Filtern von Preisen, Versandbedingungen, AGB etc. durch die Personal Agents der Kunden. Auch die Bewertung eines Shops durch unabhängige Dienstleister kann dabei in die Logik eines Agenten einbezogen werden.

Das langfristige Ziel ist die Realisierung sog. „automated negotiations“, d. h. das automatisierte Verhandeln von Geschäften durch die Semantic-Web-Agenten der Geschäftspartner.

⁶ Vgl. Grigoris Antoniou, Frank van Harmelen, Seite 3 ff., siehe Fußnote 3 auf Seite 5

Hintergründe

Symbole, Kommunikation, Information, Semantik

Die Zusammenhänge zwischen Symbolen, Kommunikation, Information und Semantik erklären Dostal, Jeckle, Melzer und Zengler⁷ wie folgt:

Jegliche Art der Kommunikation ist eine Übertragung von Symbolen: Sei es zwischen Menschen durch Handzeichen, gesprochenem oder geschriebenem Wort; oder durch Befehle in der Datenverarbeitung. Eine Information aus den übertragenen Symbolen ergibt aber sich erst, wenn beide Seiten einer Kommunikation die Bedeutung der Symbole kennen.

Die Bedeutung (Semantik) entsteht beim Menschen aus der Verknüpfung eines Symbols mit einem Konzept, das etwas beschreibt. Beispielsweise wird das Symbol „rote Ampel“ mit dem Konzept „Stehen-Bleiben“ verknüpft.

Probleme ergeben sich, wenn die Bedeutung eines Symbols unbekannt oder mehrdeutig ist, da es dann nicht interpretiert werden. Das gilt sowohl für Menschen als auch Maschinen. Menschen können aber meist eine Verbindung zu einem bekannten Symbol herstellen oder nachfragen, wie es zu interpretieren ist.

Um also nicht nur Symbole, sondern auch eine Information zu übertragen, muss auch die Semantik übertragen werden, d. h. sichergestellt werden, dass Symbole bei beiden Kommunikationsteilnehmern auf gleiche Weise interpretiert, also mit einem Konzept verknüpft werden.

Mit diesem Hintergrundwissen wird deutlich, dass das heutige World Wide Web für Menschen ein Kommunikations- und Informationsmedium ist, da die Symbole (üblicherweise geschriebene Sprache) auf gleiche Weise interpretiert werden.

Für Maschinen ist das World Wide Web aber nur ein Kommunikationsmedium: Sie können zwar Symbole austauschen, können sich aber nicht informieren, da sie die Daten nicht interpretieren können.

⁷ Vgl. Wolfgang Dostal, Mario Jeckle, Inge Melzer, Barbara Zengler, „Service-orientierte Architekturen mit Web Services“, Heidelberg, Spektrum Akademischer Verlag, 2005, Seite 288 ff.

Zielsetzung für das Semantic Web

Um das Web vermehrt und effizienter durch Maschinen nutzen lassen zu können, muss eine Lösung für die Fragestellung gefunden werden, wie Maschinen herausfinden können, wie sie Daten zu interpretieren haben.

Laut Antoniou und van Harmelen⁸ gibt es für diese Problemstellung zwei Ansätze: Der bisher hauptsächlich verfolgte Ansatz besteht aus der Textverarbeitung der vorhandenen Web-Inhalte. Dabei kommen vor allem künstliche Intelligenz und Computerlinguistik zur Anwendung. Dieser Ansatz hat sich bisher als wenig erfolgreich herausgestellt, da die Software-Fähigkeiten zu begrenzt sind, um die Bedeutung bzw. den Unterschied zwischen beispielsweise den folgenden Sätzen herauszuarbeiten: „I am a professor of computer science.“ und „I am a professor of computer science, you may think. Well ...“

Der neuere und im Rahmen des Semantic Web verfolgte Ansatz sieht vor, dass vorhandene Web-Inhalte durch leicht maschinen-verarbeitbare und maschinen-verständliche Daten ergänzt werden. Wie dieser Ansatz im Einzelnen aussieht und welche Techniken dabei zum Einsatz kommen, wird im nächsten Kapitel „Entstehungsgeschichte“ erläutert.

Semantic Web ist also der Versuch, Maschinen zum „Verstehen“ von Sachverhalten zu bringen, Maschinen selbstständiger handeln können und Menschen somit weniger ausprogrammieren müssen. Dabei muss die Semantik so eindeutig formuliert werden, dass menschliche Interpretation verzichtbar wird.⁹

⁸ Vgl. Grigoris Antoniou, Frank van Harmelen, Seite 2 f., siehe Fußnote 3 auf Seite 5

⁹ Vgl. Wolfgang Dostal, Mario Jeckle, Inge Melzer, Barbara Zengler, Seite 290 f., siehe Fußnote 7 auf Seite 7

Entstehungsgeschichte

1989 – 1994: Entwicklung des World Wide Web

Im März 1989 stellte Tim Berners-Lee, damals Mitarbeiter des Europäischen Kernforschungslabors, CERN, in Genf, seinem Arbeitgeber das Konzept für ein neues Informationssystem vor: „Information Management: A Proposal“.¹⁰

Berners-Lee stellte ein „Mesh“ vor (der Begriff Web entstand erst später), dass die unterschiedlichen Rechnersysteme der diversen Wissenschaftlergruppen am CERN verbinden sollte, um Informationen einfacher austauschen zu können. Er bediente sich dabei des Konzepts des Hypertextes, also einer nicht-linearen, sondern netzartigen Struktur von Informationen, die durch logische Verknüpfung miteinander verbunden sind.

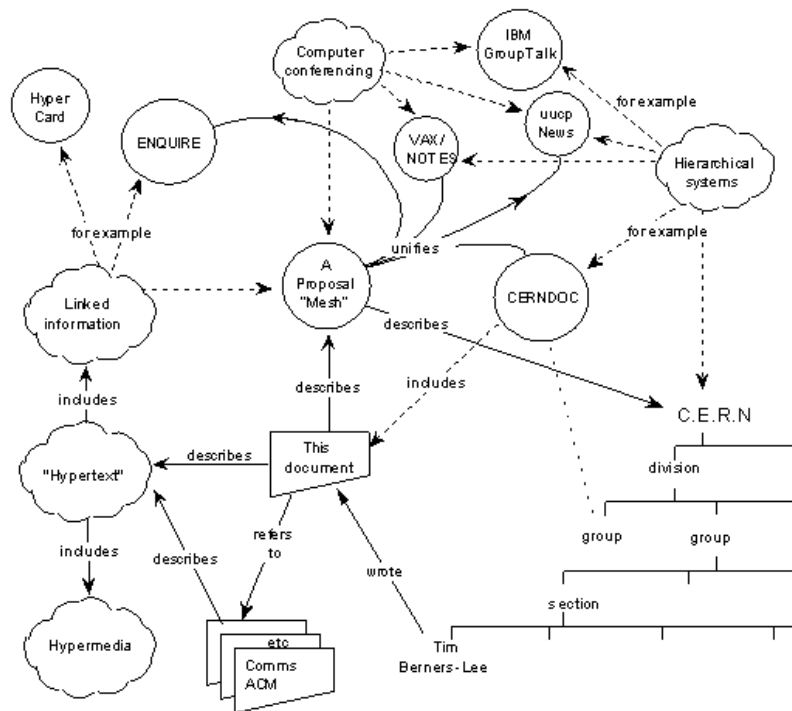


Abbildung 1: „Information Management: A Proposal“, © Tim Berners-Lee

Dabei fällt auf, dass das System nicht nur eine Sammlung von menschen-lesbaren Texten sein sollte, sondern auch die Semantik von Verknüpfungen und Meta-Daten dokumentiert werden sollte: In Abbildung 1 (Seite 9) werden Verbindungen wie „describe“

¹⁰ Tim Berners-Lee, „Information Management: A Proposal“, Genf, 1989, <http://www.w3.org/History/1989/proposal.html>, Abruf: 04.12.2006

oder „wrote“ zwischen der Realität (die reale Organisation CERN, reale Person Tim Berners-Lee) und dem Mesh-System gezeigt.

CERN genehmigte das Projekt und so entstand aus dem vorgeschlagenen „Information Management“-System das World Wide Web. In den Jahren 1989 bis 1992 wurden unter Leitung von Tim Berners-Lee am CERN die Auszeichnungssprache HTML und Web-Browser entwickelt. 1993 erlaubt CERN die freie Verwendung von Web-Protokollen und ermöglicht somit die Verbreitung der Web-Technik.

In der Folge erwägten Tim Berners-Lee und andere Wissenschaftler die Gründung eines Gremiums, das die WWW-Standards entwickeln und verwalten soll. Die Gründung des World Wide Web Consortiums (W3C) wurde auf der ersten „International World Wide Web Conference“ am CERN im September 1994 angekündigt.¹¹

Im Rahmen dieser Konferenz hielt Tim Berners-Lee einen Vortrag über „W3 future directions“ mit einem Kapitel „The Need for Semantics in the Web“. In diesem Vortrag führte Berners-Lee aus, dass das Web zum damaligen Zeitpunkt für Maschinen lediglich eine Sammlung von Texten ist, und griff sein Konzept von 1989 wieder auf, auch Semantik und Meta-Daten zu hinterlegen: Web-Inhalte müssten durch maschinenlesbare Daten ergänzt werden, damit im Web mit „realen Objekten“ „reale Tätigkeiten“ gemacht werden können. Dazu müsse eine Instanz geben, die nachweislich verifiziert, dass Web-Objekte reale Objekte repräsentieren.¹²

Genauere Spezifikationen gab es zu diesem Zeitpunkt noch nicht, aber der Vortrag stellte zum ersten Mal das Konzept vor, das Web mit Hilfe von hinterlegter Semantik leistungsfähiger zu machen. Zwar finden sich einige Überlegungen auch schon ansatzweise im Mesh-Konzept vom 1989, allerdings wurden sie bei der Web-Entwicklung in den darauf folgenden Jahren nicht berücksichtigt. In den ersten Versionen der HTML-Spezifikation wurden beispielsweise keine Möglichkeiten geschaffen, Meta-Daten zu hinterlegen: In einer „Internet Draft“-Version der HTML-Spezifikation aus Juni 1993 ist das META-Element nicht vorgesehen;¹³ es wurde erst im November 1995 spezifiziert.¹⁴

¹¹ Vgl. Tim Berners-Lee, „How It All Started“, „W3C Tenth Anniversary“, Boston, Dezember 2004, <http://www.w3.org/2004/Talks/w3c10-HowItAllStarted/>, Abruf: 04.12.2006

¹² Vgl. Tim Berners-Lee, siehe Fußnote 4 auf Seite 5

¹³ Vgl. Tim Berners-Lee, Dan Connolly, „Hypertext Markup Language (HTML)“, Juni 1993, <http://www.w3.org/MarkUp/draft-ietf-iiir-html-01.txt>, Abruf: 04.12.2006

1995 – 1996: „Platform for Internet Content Selection“

Verfahren, um Meta-Daten über Web-Seiten zu hinterlegen, wurden im August 1995 entwickelt, als das W3C das Projekt „Platform for Internet Content Selection (PICS)“ startete. Dem vorausgegangen war eine Initiative des U.S. Senators James Exon, der die Verbreitung jugendgefährdender Inhalte strafbar machen wollte. Das W3C und seine Mitglieder befürchteten eine Zensur des Internets und wollten eine Möglichkeit der Selbstkontrolle schaffen, um das Risiko einer Zensur zu senken.¹⁵

Das PICS-Projekt stand also nicht in direktem Zusammenhang zur Idee des Semantic Web, war aber die erste Möglichkeit, Meta-Daten zu erfassen, und wird deshalb z. B. auch von Charles McCathieNevile zur „Semantic Web History“ gezählt.¹⁶

Die PICS-Spezifikation wird im Oktober 1996 vom W3C zum Standard („Recommendation“) erklärt und sieht ein System vor, das aus folgenden Bestandteilen besteht:¹⁷

- Ein „rating system“ definiert eine oder mehrere Skalen, auf denen eine Web-Seite beurteilt werden kann. Ein solches „rating system“ kann z. B. von Institutionen, Unternehmen oder Benutzer-Gemeinschaften erstellt werden. Für den Jugendschutz wurde vom Recreational Software Advisory Council (RSAC, heute: Internet Content Rating Association, ICRA) ein „rating system“ mit Skalen wie „Gewalt“ oder „Sexualität“ erstellt.
- Ein „label“ ordnet eine Web-Seite auf einer Skala eines „rating system“ ein. Ein „label“ kann von jedem für jede Web-Seite erstellt werden, so dass eine Web-Seite durchaus für verschiedene „rating systems“ eingestuft werden kann.
- Ein „profile“ wird am Browser des Web-Nutzers eingerichtet und gibt an, welche „labels“ nach welchem „rating system“ geblockt werden sollen. Nutzer können ein eigenes „profile“ zusammenstellen oder vom Anbieter des „rating system“ verwenden.

¹⁴ Tim Berners-Lee, Dan Connolly, „Hypertext Markup Language 2.0“, IETF, November 2005, <http://www.ietf.org/rfc/rfc1866.txt>, Abruf: 04.12.2006

¹⁵ Vgl. Jay P. Kesan, Rajiv Shah, „Case studies: Platform for Internet Selection“, http://www.governingwithcode.org/case_studies/pdf/PICS.pdf, Abruf: 04.12.2006

¹⁶ Vgl. Charles McCathieNevile, „Semantic Web – History“, Den Haag, Juni 2001, <http://www.w3.org/2001/Talks/0627-semwebh/>, Abruf: 04.12.2006

¹⁷ Vgl. Tim Berners-Lee, „Filtering and Censorship“, W3C, Dezember 1997, <http://www.w3.org/DesignIssues/Filtering.html>, Abruf: 04.12.2006

„Labels“ können entweder im zu bewertenden Dokument selbst oder in einem separaten Dokument verwaltet werden:

- Beim sog. „self-rating“ integriert der Autor einer Web-Seite die „labels“ in einem META-Element des HTML-Codes. Abbildung 2 (Seite 12) zeigt ein Beispiel, in dem der Betreiber von <http://www.example.org/index.html> die eigene Seite nach dem „rating system“ <http://www.rsac.org/ratingsv01.html> bewertet.
- Beim sog. „third-party rating“ hält der Anbieter eines „rating systems“ ein sog. „label bureau“ hinter einer URL bereit, in dem „labels“ für die bewerteten Fremd-Seiten enthalten sind.

Das im Web-Browser verwendete „profile“ gibt an, ob „labels“ direkt aus der Web-Seite verwendet oder mittels eines separaten HTTP-Übertragungsprotokolls von einem externen „label bureau“ ausgelesen werden sollen.¹⁸

```
<head>
  <META http-equiv="PICS-Label" content='
(PICS-1.1 "http://www.rsac.org/ratingsv01.html"
  labels on "1994.11.05T08:15-0500"
    until "1995.12.31T23:59-0000"
      for "http://www.example.org/index.html"
        ratings (violence 1 sex 4)
  '>
</head>
```

Abbildung 2: Code-Beispiel für PICS

¹⁸ Vgl. Tim Krauskopf, Jim Miller, Paul Resnick, Win Treese, „PICS Label Distribution Label Syntax and Communication Protocols“, W3C, Oktober 1996, <http://www.w3.org/TR/REC-PICS-labels>, Abruf: 04.12.2006

1996 – 1997: „Extensible Markup Language“

Die „Extensible Markup Language“ (XML) ist eine Spezifikation zur Beschreibung von problem-spezifischen Auszeichnungssprachen für die vereinfachte Datenhaltung und Datenaustausch. Auch XML wurde ohne direkten Bezug zum Semantic Web entwickelt, bietet aber eine erste standardisierte Möglichkeit, Daten leichter maschinenlesbar abzu-legen.

Dan Connolly erläutert die Bedeutung von XML so: ¹⁹ Für die Idee des Semantic Web reicht XML nicht aus. Die XML-Repräsentation einer Produkt-Beschreibung wie in Abbildung 3 (Seite 13) ist zwar maschinenlesbar, aber in z. B. welcher Währung der Preis angegeben ist oder welchen Bezug die Angaben zur realen Wirtschaft haben, wird nicht deutlich.

```
<product>
  <description>Blue Widget</description>
  <price>1.25</price>
  <size>4</size>
</product>
```

Abbildung 3: Code-Beispiel für XML

Dennoch bildet XML die Grundlage für alle nachfolgend entwickelten Spezifikationen, die im Semantic Web zur Anwendung kommen. Deshalb sei zur zeitlichen Einordnung erwähnt: Der erste Entwurf („Working Draft“) von XML, wurde im November 1996, eine „Proposed Recommendation“ im Dezember 1997 und die erste „Recommendation“ im Februar 1998 veröffentlicht.

¹⁹ Vgl. Dan Connolly, „Seeds of the Semantic Web“, ALA Midwinter Meeting 2000, San Antonio, Januar 2000, <http://www.w3.org/2000/01/ala2349/all>, Abruf: 04.12.2006

1997: erste Beschreibungssprachen mit XML

XML erfreute sich großer Beliebtheit und so wurden schon 1997, noch bevor eine „Recommendation“ für XML veröffentlicht wurde, verschiedene XML-basierte Spezifikationen zum Beschreiben von Meta-Daten über Web-Seiten entwickelt.

Im März 1997 reichte die Firma Microsoft das von ihr entwickelte „Channel Definition Format“ (CDF) als „submission request“ beim W3C ein, um es zum offiziellen W3C-Standard erheben zu lassen. CDF sollte einen Push-Mechanismus realisieren, mit dem Web-Seiten-Betreiber regelmäßig Informationen über die eigene Web-Seite an sog. „subscriber“ senden können.²⁰

In der Folge veröffentlichte Microsofts Konkurrent Netscape im Juni 1997 eine ähnliche XML-Spezifikation, „Meta Content Framework“, zur Beschreibung von Meta-Daten über Informationen im Web, die noch allgemeingültiger als CDF war und ebenfalls an das W3C als „submission request“ übermittelt wurde.²¹

Das W3C entschied sich daraufhin, keine der eingereichten Spezifikationen zu übernehmen, sondern stattdessen eine eigene Spezifikation zu entwickeln:²² „Resource Description Framework“ (RDF).

²⁰ Vgl. Castedo Ellerman, „Channel Definition Format“, Microsoft, März 1997, <http://www.w3.org/TR/NOTE-CDFsubmit.html>, Abruf: 04.12.2006

²¹ Vgl. Ramanathan V. Guha, Tim Bray, „Meta Content Framework Using XML“, Netscape, Juni 1997, <http://www.w3.org/TR/NOTE-MCF-XML/>, Abruf: 04.12.2006

²² Vgl. Tim Bray, „The History of RDF“, Mai 2003, <http://www.tbray.org/ongoing/When/200x/2003/05/21/RDFNet>, Abruf: 04.12.2006

1997: Beschreibungssprache „Resource Description Framework“

„Resource Description Framework“ (RDF) bietet ebenfalls XML-basiert die Möglichkeit, einfache Aussagen über Web-Objekte (Meta-Daten) zu machen. Dazu wird einem Subjekt (z. B. ein Web-Seite) ein Attribut mit einem Wert zugewiesen.

Bei der Entwicklung von RDF wird zwar auch nicht direkt auf die von Tim Berners-Lee 1994 postulierte Idee, das Web um Semantik zu erweitern, Bezug genommen, dennoch finden sich in der Zielsetzung von RDF viele Ansätze, die für das Semantic Web benötigt werden:

- “foundation for processing metadata [...]
- interoperability between applications that exchange machine-understandable information on the Web [...]
- emphasizes facilities to enable automated processing of Web resources [...]
- resource discovery to provide better search engine capabilities [...]
- cataloging for describing the content and content relationships available at a particular Web site [...]
- intelligent software agents to facilitate knowledge sharing and exchange [...]
- for describing intellectual property rights of Web pages [...]
- RDF with digital signatures will be key to building the ‘Web of Trust’ for electronic commerce, collaboration, and other applications. “²³

RDF wurde offiziell Bestandteil der „Metadata Activity“ des W3C und Nachfolger von PICS. Im Oktober 1997 erschien der erste „Working Draft“ von RDF, im Februar 1999 die erste „Recommendation“; die jüngste „Recommendation“ im Februar 2004.

Für weitere technische Erläuterungen und Code-Beispiele zu RDF wird an dieser Stelle auf die Seminararbeit zum Thema „Die Beschreibungssprache RDF: Zweck, Aufbau und Beispiel“ verwiesen.

²³ Ora Lassila, Ralph R. Swick, „Resource Description Framework“, W3C, Oktober 1997, <http://www.w3.org/TR/WD-rdf-syntax-971002/>, Abruf: 04.12.2006

1998: Vorstellung der „Semantic Web Road map“

Die erste dokumentierte Verwendung des Begriffs Semantic Web datiert aus September 1998: Tim Berners-Lee stellte auf einer Web-Site des W3C im Artikel „Semantic Web Road map“ erstmals ein grobes Architektur-Modell mit folgenden Ebenen für die Umsetzung seiner Idee vor: ²⁴

- „basic assertion model“: Modell für Aussagen über Web-Objekte. Für die Verwendung wurde RDF vorgeschlagen, das sich noch in der Entwicklung befand.
- „The Schema Layer“: legt Datentypen und Dokumentstrukturen fest, um in der Verarbeitung Voraussagen treffen zu können, welche Daten auf welche Daten folgen können; Hinweis auf XML Schema.
- „Conversion language“: ermöglicht durch logische Folgerung innerhalb eines Schemas die Umwandlung von Daten von einem in ein anderes Dokument.
- „The logical layer“: Logik-Sprache, die ermöglichen soll, zwei beliebige Anwendungen miteinander zu verbinden, indem Regeln aufgestellt werden, die mittels Aussagenlogik (NOT, AND, etc.) und Iteration einen Datentyp in einen anderen umwandeln. Im Logik-Layer ist auch eine „proof language“: Eine „validation engine“ soll in der Lage sein, Aussagen und Folgerungen auf Korrektheit zu prüfen.
- „Digital Signature“: stellt die Echtheit von Daten sicher, um ein „Web of Trust“ zu erzeugen und somit reale Aktionen durchführen zu können.

Der Artikel „Semantic Web roadmap“ wurde offensichtlich nur auf der W3C-Web-Seite im Bereich „DesignIssues“ veröffentlicht, wo Tim Berners-Lee diverse eigene Anmerkungen und Überlegungen zu Web-Technologien abgelegt hat und wo der Artikel wohl wenig zur Kenntnis genommen wurde, da keine dokumentierte Reaktion auf den Artikel zu finden. Zimmermann, Tomlinson und Peuser behaupten sogar, der Begriff „Semantic Web“ sei erst 2001 in Umlauf gebracht worden. ²⁵

²⁴ Vgl. Tim Berners-Lee, „Semantic Web Road map“, W3C, September 1998, <http://www.w3.org/DesignIssues/Semantic.html>, Abruf: 04.12.2006

²⁵ Vgl. Olaf Zimmermann, Mark Tomlinson, Stefan Peuser, „Perspectives on Web Services“, Berlin, Springer, 2003, Seite 554

2000 – 2001: Start der „Semantic Web Initiative“

Trotz der vorgeschlagenen Roadmap wurde das Projekt Semantic Web offensichtlich noch nicht direkt angegangen. Die nächste dokumentierte Veröffentlichung zu Semantic Web ist ein Vortrag „Seeds of the Semantic Web“ von Dan Connolly im Januar 2000.²⁶

Darin nannte er die bevorstehende „RDF Revolution“ den „Aufstieg des Semantic Webs“. Außer der Tatsache, dass sich RDF zur Modellierung von Aussagen etabliert hat, brachte der Vortrag aber keine neuen Erkenntnisse.

Im Dezember 2000 hielt Tim Berners-Lee auf der „XML 2000 Conference“ den Vortrag „Semantic Web on XML“ und damit die erste Präsentation, die die Idee des Semantic Web vollständig vorstellte. Darin ergänzte er die Architektur um weitere Ebenen und stellte sie erstmals grafisch dar (siehe Abbildung 4, Seite 18).²⁷

Erstmals explizit aufgeführt wurde hier die Verwendung von Unicode als weltweit einheitlichen Zeichensatz, Uniform Resource Identifier (URI), um Web-Objekte global eindeutig adressieren zu können, sowie XML inkl. XML Namespaces und XML Schema als grundsätzliche Technik zur Datenhaltung.

Festgelegt wurde auch hier RDF als Spezifikation für die „basic assertion model“-Layer sowie das zwischenzeitlich entwickelte RDF Schema auf „Schema Layer“ zur Festlegung der RDF-Dokumentstrukturen, um Web-Objekte in einfache Klassen und Subklassen organisieren zu können.

Neu hinzugekommen war der Ontologie-Layer, auf dem Objekte mit noch komplexeren Beziehungen als in RDF Schema darstellbar in Hierarchien eingeordnet werden können.

Der „Proof“-Layer wurde als eigenständiger Layer aus dem Logik-Layer ausgelagert, aber genauso wie der Logik-Layer und der „Trust“-Layer noch nicht wohl definiert.

In 2001 wurde das Projekt Semantic Web beim W3C dann konkreter angegangen: Es wurde eine „Semantic Web Activity“ zur Koordination der verschiedenen Arbeitsgruppen gegründet, die sich mit der Realisierung des Semantic Web beschäftigen. Die „Semantic Web Activity“ ersetzte dabei die „Metadata Activity“, in der zuvor die Arbeitsgruppen von

²⁶ Vgl. Dan Connolly, siehe Fußnote 19 auf Seite 13

²⁷ Vgl. Tim Berners-Lee, „Semantic Web on XML“, XML 2000 Conference, Washington DC, Dezember 2000, <http://www.w3.org/2000/Talks/1206-xml2k-tbl/>, Abruf: 04.12.2006

zuerst PICS und später RDF koordiniert wurden. Ebenso wurde eine „Semantic Web Interest Group“ gegründet, die die „RDF Interest Group“ ersetzte.

Außerdem erschien der schon erwähnte Artikel „The Semantic Web“ im „Scientific American“ und es wurden weitere Vorträge und Präsentationen gehalten.²⁸

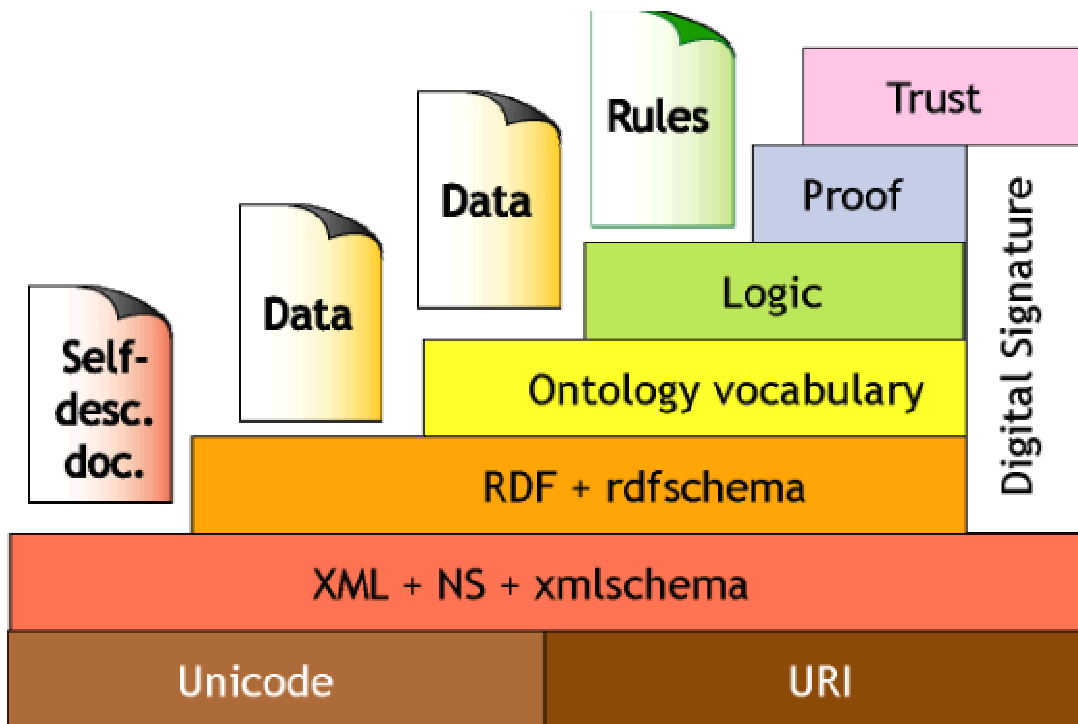


Abbildung 4: Semantic Web Architektur, © Tim Berners-Lee

²⁸ Vgl. Eric Miller, „Semantic Web Talks and Presentations“, W3C,
<http://www.w3.org/2001/sw/EO/talks>, Stand: 20.08.2004, Abruf: 04.12.2006

2000 – 2001: erste Beschreibungssprachen für Ontologien

Dass Objekte mit komplexeren Beziehungen sich nur schwer in RDF oder RDF Schema darstellen lassen, wurde schon vor Tim Berners-Lees Vortrag erkannt, so dass in 2000 gleich mehrere Projekte zur Spezifikation von Ontologien-Sprachen gestartet wurden.

In Abbildung 5 (Seite 20) ist ein Beispiel für die auf RDF basierende Ontologien-Beschreibungssprache „DAML-ONT“ zu sehen: Die Hierarchie zwischen den Klassen `Animal`, `Male` und `Female` kann mittels RDF Schema dargestellt werden. Für die Beziehung „Disjunktion“ zwischen `Male` und `Female` müssen die Möglichkeiten von DAML-ONT angewendet werden.

Die erste Version von DAML-ONT wurde im Oktober 2000 vom „DARPA Agent Markup Language (DAML) Program“ veröffentlicht, das sich zum Ziel erklärt hatte, das Semantic Web bei seiner Entwicklung zu unterstützen,²⁹ obwohl Tim Berners-Lees Präsentation des Semantic Web bei der XML2000 im Dezember noch nicht stattgefunden hatte.

Zum DAML-Projekt gehörten 22 US-Unternehmen und –Universitäten unter Führung der „Defense Advanced Research Projects Agency“ (DARPA) des US-Verteidigungsministeriums.

Fast zeitgleich, im November 2000, wurde eine erste Beschreibung der ebenfalls RDF-basierten Spezifikation „The Ontology Inference Layer“ (OIL) veröffentlicht, die von fünf europäischen Universitäten und Instituten entwickelt wurde.

Daraufhin wurde im Januar 2001 ein europäisch-amerikanisches „joint committee“ gegründet, um gemeinsam die Sprachen DAML-ONT und OIL weiterzuentwickeln und aneinander anzupassen. Die resultierende Spezifikation wurde DAML+OIL genannt.³⁰

²⁹ Vgl. Jim Hendler, „1st public release - DAML-ONT“, 10. Oktober 2000, <http://www.daml.org/2000/10/announcement.txt>, Abruf: 04.12.2006

³⁰ Vgl. Jim Hendler, „Announcing DAML+OIL“, 15. Januar 2001, <http://lists.w3.org/Archives/Public/www-rdf-logic/2001Jan/0041.html>, Abruf: 04.12.2006

```

<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:daml="http://www.daml.org/2000/12/daml#"
  xmlns      ="http://www.daml.org/2000/12/daml#ex#"
>

  <daml:Ontology rdf:about="">
    <daml:versionInfo>
      $Id: daml#ex.daml,v 1.4 2001/01/11 20:33:52 mdean Exp
    </daml:versionInfo>
    <rdfs:comment>An example ontology</rdfs:comment>
    <daml:imports rdf:resource="http://www.daml.org/2000/12/daml#" />
  </daml:Ontology>

  <rdfs:Class rdf:ID="Animal">
    <rdfs:label>Animal</rdfs:label>
    <rdfs:comment>
      This class is illustrative of a number of ontological idioms.
    </rdfs:comment>
  </rdfs:Class>

  <rdfs:Class rdf:ID="Male">
    <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Animal" />
  </rdfs:Class>

  <rdfs:Class rdf:ID="Female">
    <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Animal" />
    <daml:disjointWith rdf:resource="#Male" />
  </rdfs:Class>
</rdf>

```

Abbildung 5: Code-Beispiel für DAML-ONT

2001 – 2004: Beschreibungssprache „Web Ontology Language“

Das W3C, das bisher nur indirekt an DAML+OIL beteiligt war, gründete im November 2001 im Rahmen seiner „Semantic Web Activity“ eine eigene „Web Ontology Working Group“ mit dem Ziel eine verbesserte Spezifikation namens „Web Ontology Language“ (OWL) als Nachfolger von DAML+OIL zu entwickeln.

Der erste „Working Draft“ von OWL wurde im Juli 2002 veröffentlicht, wobei die Zielsetzung für OWL damit beschrieben wurde, die Maschinenlesbarkeit von Web-Inhalten gegenüber XML, RDF und RDF Schema weiter zu vereinfachen, indem neues Vokabular zur Beschreibung von Inhalten bereitgestellt wird.³¹

Das W3C erklärte OWL im Februar 2004 zur „Recommendation“ und schloss im Mai 2004 die zugehörige „Web Ontology Working Group“: Laut Jim Hendler habe die „Web Ontology Working Group“ alles erreicht, was geplant war.³²

Für weitere technische Erläuterungen und Code-Beispiele zu OWL wird an dieser Stelle auf die Seminararbeit zum Thema „Die Beschreibungssprache OWL: Zweck, Aufbau und Beispiel“ verwiesen.

³¹ Vgl. Deborah L. McGuinness, Frank van Harmelen, „Feature Synopsis for OWL Lite and OWL“, W3C, 29. Juli 2002, <http://www.w3.org/TR/2002/WD-owl-features-20020729/>, Abruf: 04.12.2006

³² Vgl. Jim Hendler, „So Long and thanks for all the fish“, 28. Mai 2004, <http://lists.w3.org/Archives/Public/www-webont-wg/2004May/0022.html>, Abruf: 04.12.2006

seit 2005: Regelsprache „Rule Interchange Format“

Nachdem mit RDF und OWL zwei Standards zur Beschreibung von Web-Objekten und ihren Beziehungen etabliert wurden, wurde als nächster Schritt die Realisierung der Logik-Ebene in der Semantic Web Architektur in Angriff genommen. Dazu organisierte das W3C im April 2005 einen Workshop, um mit Herstellern und Benutzern von Regelsystemen über die Entwicklung einer Standard-Regel-Sprache für das Semantic Web zu diskutieren.³³

Im November 2005 wurde daraufhin am W3C die „Rule Interchange Format (RIF) Working Group“ als Teil der „Semantic Web Activity“ gegründet und im März 2006 ein erster „Working Draft“ für „RIF Use Cases and Requirements“ veröffentlicht, um darin die üblichen Anwendungsfälle und Voraussetzungen festzuhalten, die für die Schaffung eines „Rule Interchange Format“, also eine Spezifikation zur Übersetzung und Transport von Regel-Sprachen, nötig sind.³⁴

Für Mai 2007 ist im Rahmen der „RIF Phase 1“ die Veröffentlichung einer RIF-Spezifikation als „Recommendation“ sowie eine „Recommendation“ über die Nutzung von RIF im Zusammenspiel mit OWL geplant.³⁵

³³ Vgl. Sandro Hawke, „W3C Workshop on Rule Languages for Interoperability“, W3C, <http://www.w3.org/2004/12/rules-ws/cfp>, Stand: 19. April 2005, Abruf: 04.12.2006

³⁴ Vgl. Allen Ginsberg, David Hirtle, Frank McCabe, Paula-Lavinia Patranjan, „RIF Use Cases and Requirements“, W3C, Juli 2006, <http://www.w3.org/TR/rif-ucr/>, Abruf: 04.12.2006

³⁵ Vgl. Sandro Hawke, „W3C Rule Interchange Format Working Group Charter“, W3C, http://www.w3.org/2005/rules/wg/charter#phase_1, Stand: 07.11.2005, Abruf: 04.12.2006

Fazit

„The Semantic Web Revisited“

Im Juni 2006 haben Tim Berners-Lee et al. ³⁶ die bisherigen Arbeiten im Bereich des Semantic Web in einem Artikel „The Semantic Web Revisited“ Revue passieren lassen und den aktuellen Stand erörtert.

Die Autoren stellen fest, dass die Vision einer „large-scale, agent-based mediation“ noch nicht realisiert wurden, dies aber nicht das Scheitern des Semantic Web bedeuten würde. Der volle Nutzen der Semantic Web ergebe sich erst, wenn alle Standards “well established” seien und ein Netzeffekt eintrete. Um diese Ziel zu erreichen wurden und werden Standards kontinuierlich entwickelt.

Die Autoren stellen folgende noch offene Problematiken vor:

- Das URI-Konzept sei häufig noch nicht umgesetzt, d. h. es gäbe zwar z. B. eine im Web erreichbare Ontologie, aber die einzelnen in der Ontologie eingeordneten Begriffe seien nicht über einen URI direkt referenzierbar.
- Ontologien würden sich über die Zeit ändern und ein „Ontology management“ nötig machen. Entwickler sollten keine Angst haben, Ontologien zu ändern, wobei aber ein Konzept zur Versionsverwaltung von Ontologien entwickelt werden müsse.
- Die immer größere werdende Datenmenge an dezentralisierten Informationen mache es notwendig, Verfahren zu entwickeln, die den großen Metadaten-Graphen effektiv verarbeiten, der dadurch entsteht, dass viele Ontologien und RDF-Beschreibungen miteinander verknüpft werden.
- Die Realisierung des „Web of Trust“, d. h. eine Möglichkeit zu finden, auf die Daten bzw. ihrer Echtheit vertrauen zu können, sei ebenfalls noch offen.

³⁶ Vgl. Tim Berners-Lee, Nigel Shadbolt, Wendy Hall, „The Semantic Web Revisited“, „IEEE Intelligent Systems“, Juni 2006, http://eprints.ecs.soton.ac.uk/12614/01/Semantic_Web_Revisted.pdf, Abruf: 04.12.2006

Skeptik und Kritik am Semantic Web

Daconta et al.³⁷ stellen häufige Skeptik am Semantic Web vor:

- Die Tatsache, dass im Semantic Web Maschinen zum „Verstehen“ von Sachverhalten gebracht werden sollen, verleite zu einem Vergleich mit den Ideen der künstlichen Intelligenz, bei der 1957 behauptet wurde, die Technik sei bis 1967 soweit, einen Menschen im Schach schlagen zu können. Das Semantic Web ist allerdings kein Produkt der künstlichen Intelligenz, sondern beschäftigt sich viel mehr mit wohl definierten Zusammenhängen zwischen wohl definierten Daten.
- Das Semantic Web sei unnötig und würde vom linearen Fortschritt ablenken. Dahinter verberge sich die Idee, dass bei einem Problem ein konkretes System im Rahmen des „linearen Fortschritts“ zur Lösung dieses Problems entwickelt werde. Die Folge wären allerdings viele einzelne Systeme, ohne eine Universal-Lösung zu besitzen. Aber auch das World Wide Web wurde als allgemeine Lösung vorgestellt und umgesetzt und hat somit viele Probleme allgemein gelöst. Das allgemeine Semantic Web wird auch erfolgreich sein, da es mehrere Probleme löst, selbst wenn sie jetzt noch nicht konkret anliegen.
- Implementierung sei zu aufwändig oder zu teuer. Daconta et al. entgegen dem, dass die Leistungsfähigkeit von CPU ständig steigt und dass die zusätzlichen Ebenen der Semantic-Web-Architektur, die heute als zu aufwändig erachtet werden, in ein paar Jahren leichter durch die gestiegene Leistungsfähigkeit realisiert werden können. Berners-Lee et al. stellen in „The Semantic Web Revisited“ die Behauptung auf, dass die Entwicklung von Ontologien mit der Zeit sinkt, da immer mehr Menschen Nutzen an Ontologien haben und deshalb auch mit vereinten Kräften an Ontologien arbeiten können.

³⁷ Vgl. Michael C. Daconta, Leo J. Orbst, Kevin T. Smith, „The Semantic Web“, Indianapolis, Wiley Publishing, 2003, Seite 12 ff.

Der Wikipedia-Artikel zum Semantic Web nennt weitere Kritikpunkte: ³⁸

- „Metacrap“: Menschliches Fehlverhalten im Umgang mit Meta-Daten verhindere die vollständige Umsetzung des Semantic Web. Der Begriff „Metacrap“ wurde 2001 von Cory Doctorow ³⁹ geprägt: In seinem Artikel erläutert er humorvoll, dass Menschen zu faul seien, Meta-Daten korrekt auszufüllen. Er nennt aber auch objektive Problemstellungen, z. B. bei der Erstellung von Ontologien, die je nach Sichtweise anders aufgebaut werden müssten.
- „Censorship“: Eine automatisierte Zensur durch Auswertung der Meta-Daten werde erleichtert.
- „Privacy:“ Die Existenz von Meta-Daten über die eigene Person erlaube wenig Anonymität in z. B. Blogs.
- „Doubling output formats“: Alle Inhalte müssten doppelt erstellt werden: in einem menschenlesbaren und in einem maschinenlesbaren Format. Ein Lösungsansatz für diese Problematik ist die Entwicklung von sog. „Microformats“. Bei einem Microformat werden die Meta-Daten im menschenlesbaren Format integriert, d. h. bestimmte Teile des HTML-Inhaltes werden auch als Meta-Daten deklariert. Abbildung 6 zeigt ein Beispiel für den Einsatz der „vCard“-Spezifikation in einer HTML-Seite: Die Daten können sowohl als Meta-Daten verarbeitet als auch angezeigt werden.

```
<div class="vcard">
  <a class="url" href="http://www.meinehomepage.de">
    <span class="n">
      <span class="family-name">Beidermühle</span>
      <span class="given-name">Tobias</span>
    </span>
    <span class="fn">Tobias Beidermühle</span>
  </a>
  <div class="org"><span class="organization-name">FH Wedel</span></div>
</div>
```

Abbildung 6: Code-Beispiel für Personen-Beschreibung im Microformat vCard

³⁸ Vgl. ohne Verfasser, „Semantic Web“, Wikipedia, http://en.wikipedia.org/wiki/Semantic_Web#Criticism, Stand: 29.11.2006, Abruf: 04.12.2006

³⁹ Vgl. Cory Doctorow, „Metacrap: Putting the torch to seven straw-men of the meta-utopia“, August 2001, <http://www.well.com/~doctorow/metacrap.htm>, Abruf: 04.12.2006

Beispiele für RDF: „Friend of a Friend“, „Creative Commons“

Die Verwendung von RDF für maschinenlesbare Beschreibungen von Web-Objekten wird in immer mehr Projekten praktiziert. Zwei bekannte Beispiele dafür sind „Friend of a Friend“ (FOAF) und „Creative Commons“ (CC).

Das FOAF-Projekt hat sich zum Ziel erklärt, ein Web von maschinenlesbaren Seiten zu erstellen, die Menschen, ihre Beziehungen und Aktivitäten beschreiben.⁴⁰ Dazu wurde im April 2005 erstmals eine auf RDF basierende „FOAF Vocabulary Specification“⁴¹ veröffentlicht, in der der FOAF-Namensraum und die für die Beschreibung von Personen benötigten Elemente definiert werden.

Zusätzlich werden verschiedene Tools angeboten, die über grafische Eingabemöglichkeit eine FOAF-Datei nach FOAF-Spezifikation erzeugen. Diese FOAF-Datei wird im Web unter einem URI verfügbar gemacht, so dass dieser URI die reale Person beschreibt. Verbindungen zwischen verschiedenen Personen werden durch Angabe der URI der Personen realisiert, so dass eine automatisierte Verfolgung und Auswertung der Bekanntschaften möglich ist.

Das Beispiel in Abbildung 7 (Seite 27) zeigt eine Personenbeschreibung in FOAF-Spezifikation inkl. der Verbindung „Person kennt andere Person“ (Element `knows`), die auf eine FOAF-Datei der anderen Person verweist.

Creative Commons stellen verschiedene Lizenzen zur Verfügung, die von Anwendern genutzt werden können, um die Rechte an ihren im Web verbreitete Fotos, Musikstücken und anderen Werken festzulegen. Die Lizenzen reichen von „all rights reserved“ bis „no rights reserved“ und werden auch in Form von RDF-Code zur Verfügung gestellt.⁴² Durch das Verweisen von einem Foto zur RDF-Beschreibung der Lizenz, kann ein System automatisch bestimmen, wie es das Foto nutzen darf. Abbildung 8 (Seite 27) zeigt, wie bei der „photo sharing community“ Flickr die zum Foto zugehörige Lizenz definiert wird.

⁴⁰ Vgl. ohne Verfasser, „FOAF project“, <http://www.foaf-project.org>, Stand: 04.12.2006, Abruf: 04.12.2006

⁴¹ Dan Brickley, Libby Miller, „FOAF Vocabulary Specification“, 3. April 2005, <http://xmlns.com/foaf/0.1/20050403.html>, Abruf: 04.12.2006

⁴² Vgl. ohne Verfasser, „Learn More about Creative Commons“, <http://creativecommons.org/learnmore>, Stand: 04.12.2006, Abruf: 04.12.2006

```

<rdf:RDF
  xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
  xmlns:foaf="http://xmlns.com/foaf/0.1/">
  <foaf:Person>
    <foaf:name>Tobias Beidermühle</foaf:name>
    <foaf:mbox rdf:resource="mailto:minf2419@fh-wedel.de" />
    <foaf:homepage rdf:resource="http://www.meinehomepage.de" />
    <foaf:knows>
      <foaf:Person>
        <foaf:mbox rdf:resource="mailto:myfriend@example.com" />
        <rdfs:seeAlso
          rdf:resource="http://example.com/~myfriend/foaf.rdf" />
      </foaf:Person>
    </foaf:knows>
  </foaf:Person>
</rdf:RDF>

```

Abbildung 7: Code-Beispiel für Personen-Beschreibung in FOAF-Spezifikation in RDF

```

<rdf:RDF
  xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
  xmlns="http://web.resource.org/cc/">
  <License rdf:about="http://creativecommons.org/licenses/by/2.0/">
    <permits rdf:resource="http://web.resource.org/cc/Reproduction" />
    <permits rdf:resource="http://web.resource.org/cc/Distribution" />
    <requires rdf:resource="http://web.resource.org/cc/Notice" />
    <requires rdf:resource="http://web.resource.org/cc/Attribution" />
    <permits rdf:resource="http://web.resource.org/cc/DerivativeWorks"/>
  </License>
</rdf>

```

Abbildung 8: Code-Beispiel für eine Nutzung-Lizenz der Creative Commons in RDF

Beispiele für Ontologien aus dem Bereich „e-science“

Unter „e-science“ wird der Einsatz moderner Informationstechnologie im wissenschaftlichen Umfeld, speziell durch verteilte Systeme, verstanden⁴³ und „e-science“ wird von Tim Berners-Lee als eine der treibenden Kräfte des Semantic Web genannt, da in diesem Bereich die Entwicklung und Nutzung von Ontologien bereits fortgeschritten sei.⁴⁴

„E-science“-Beispiele aus den Biowissenschaften sind „Open Biomedical Ontologies“ (OBO)⁴⁵ und „Ontology Lookup Service“ (OLS).⁴⁶

OBO ist ein seit 2003 existierendes Projekt zur Entwicklung freier Ontologien, bei dem menschenlesbare Beschreibungen von Begriffen aus verschiedenen biomedizinischen Teilbereichen in Ontologien eingeordnet werden. Die Ontologien selbst sind in maschinenlesbaren Dateien (zum Teil auch in OWL) gespeichert und besitzen Beziehungen untereinander.

OLS realisiert eine entsprechende Suche nach biomedizinischen Begriffen in Ontologien, wobei die von OBO entwickelten Ontologien entweder „von Hand“ im Web-Browser oder automatisiert durch Webservice durchsucht werden können. Das Ergebnis einer Suche ist die Einordnung des Begriffs in eine Ontologie sowie untergeordnete Begriffe.

⁴³ Vgl. ohne Verfasser, „E-Science“, Wikipedia,
<http://de.wikipedia.org/wiki/E-Science>, Stand: 31.10.2006, Abruf: 04.12.2006

⁴⁴ Vgl. Tim Berners-Lee, siehe Fußnote 36 auf Seite 23

⁴⁵ Vgl. ohne Verfasser, „Open Biomedical Ontologies“,
<http://obo.sourceforge.net>, Stand: 04.12.2006, Abruf: 04.12.2006

⁴⁶ Vgl. ohne Verfasser, „Ontology Lookup Service“,
<http://www.ebi.ac.uk/ontology-lookup/>, Stand: 04.12.2006, Abruf: 11.12.2006

Literaturverzeichnis

Antoniou, Grigoris; van Harmelen, Frank; „A Semantic Web Primer“, Cambridge, The MIT Press, April 2004

Daconta, Michael C.; Orbst, Leo J.; Smith, Kevin T.; „The Semantic Web“, Indianapolis, Wiley Publishing, 2003

Dostal, Wolfgang; Jeckle, Mario; Melzer, Inge; Zengler, Barbara; „Service-orientierte Architekturen mit Web Services“, Heidelberg, Spektrum Akademischer Verlag, 2005

Zimmermann, Olaf; Tomlinson, Mark; Peuser, Stefan; „Perspectives on Web Services“, Berlin, Springer, 2003

Quellen im Internet:

Berners-Lee, Tim; „Filtering and Censorship“, W3C, Dezember 1997,
<http://www.w3.org/DesignIssues/Filtering.html>, Abruf: 04.12.2006

Berners-Lee, Tim; „How It All Started“, „W3C Tenth Anniversary“, Boston, Dezember 2004, <http://www.w3.org/2004/Talks/w3c10-HowItAllStarted/>, Abruf: 04.12.2006

Berners-Lee, Tim; „Information Management: A Proposal“, Genf, 1989,
<http://www.w3.org/History/1989/proposal.html>, Abruf: 04.12.2006

Berners-Lee, Tim; „Semantic Web on XML“, XML 2000 Conference, Washington DC, Dezember 2000, <http://www.w3.org/2000/Talks/1206-xml2k-tbl/>, Abruf: 04.12.2006

Berners-Lee, Tim; „Semantic Web Road map“, W3C, September 1998,
<http://www.w3.org/DesignIssues/Semantic.html>, Abruf: 04.12.2006

Berners-Lee, Tim; „W3 future directions“, International World Wide Web Conference, CERN, Genf, September 1994, <http://www.w3.org/Talks/WWW94Tim/>, Abruf: 04.12.2006

Berners-Lee, Tim; Connolly, Dan; „Hypertext Markup Language 2.0“, IETF, November 2005, <http://www.ietf.org/rfc/rfc1866.txt>, Abruf: 04.12.2006

Berners-Lee, Tim; Connolly, Dan; „Hypertext Markup Language (HTML)“, Juni 1993,
<http://www.w3.org/MarkUp/draft-ietf-iiir-html-01.txt>, Abruf: 04.12.2006

Berners-Lee, Tim; Hender, James; Lassila, Ora; „The Semantic Web“, „Scientific American“, 17. Mai 2001, <http://www.sciam.com/article.cfm?articleID=00048144-10D2-1C70-84A9809EC588EF21>, Abruf: 04.12.2006

Berners-Lee, Tim; Shadbolt, Nigel; Hall, Wendy; „The Semantic Web Revisited“, „IEEE Intelligent Systems“, Juni 2006,
http://eprints.ecs.soton.ac.uk/12614/01/Semantic_Web_Revisited.pdf, Abruf: 04.12.2006

Bray, Tim; „The History of RDF“, Mai 2003,
<http://www.tbray.org/ongoing/When/200x/2003/05/21/RDFNet>, Abruf: 04.12.2006

- Brickley, Dan; Miller, Libby; „FOAF Vocabulary Specification“, 3. April 2005,
<http://xmlns.com/foaf/0.1/20050403.html>, Abruf: 04.12.2006
- Carvin, Andy; „Tim Berners-Lee: Weaving a Semantic Web“, 1. Februar 2005,
<http://www.digitaldivide.net/articles/view.php?ArticleID=20>, Abruf: 04.12.2006
- Connolly, Dan; „Seeds of the Semantic Web“, ALA Midwinter Meeting 2000, San Antonio, Januar 2000, <http://www.w3.org/2000/01/ala2349/all>, Abruf: 04.12.2006
- Deborah L. McGuinness, Frank van Harmelen, „Feature Synopsis for OWL Lite and OWL“, W3C, 29. Juli 2002, <http://www.w3.org/TR/2002/WD-owl-features-20020729/>, Abruf: 04.12.2006
- Doctorow, Cory; „Metacrap: Putting the torch to seven straw-men of the meta-utopia“, August 2001, <http://www.well.com/~doctorow/metacrap.htm>, Abruf: 04.12.2006
- Ellerman, Castedo; „Channel Definition Format“, Microsoft, März 1997,
<http://www.w3.org/TR/NOTE-CDFsubmit.html>, Abruf: 04.12.2006
- Gall, Nicholas; „History of the Semantic Web“, 22. September 2006,
http://ironick.typepad.com/ironick/2006/09/history_of_the_.html, Abruf: 04.12.2006
- Ginsberg, Allen; Hirtle, David; McCabe, Frank; Patranjan, Paula-Lavinia; „RIF Use Cases and Requirements“, W3C, Juli 2006, <http://www.w3.org/TR/rif-ucr/>, Abruf: 04.12.2006
- Guha, Ramanathan V.; Bray, Tim; „Meta Content Framework Using XML“, Netscape, Juni 1997, <http://www.w3.org/TR/NOTE-MCF-XML/>, Abruf: 04.12.2006
- Hawke, Sandro; „W3C Rule Interchange Format Working Group Charter“, W3C,
http://www.w3.org/2005/rules/wg/charter#phase_1, Stand: 07.11.2005, Abruf: 04.12.2006
- Hawke, Sandro; „W3C Workshop on Rule Languages for Interoperability“, W3C,
<http://www.w3.org/2004/12/rules-ws/cfp>, Stand: 19. April 2005, Abruf: 04.12.2006
- Hendler, Jim; „1st public release - DAML-ONT“, 10. Oktober 2000,
<http://www.daml.org/2000/10/announcement.txt>, Abruf: 04.12.2006
- Hendler, Jim; „Announcing DAML+OIL“, 15. Januar 2001,
<http://lists.w3.org/Archives/Public/www-rdf-logic/2001Jan/0041.html>, Abruf: 04.12.2006
- Hendler, Jim; „So Long and thanks for all the fish“, 28. Mai 2004,
<http://lists.w3.org/Archives/Public/www-webont-wg/2004May/0022.html>, Abruf: 04.12.2006
- Kesan, Jay P.; Shah, Rajiv; „Case studies: Platform for Internet Selection“,
http://www.governingwithcode.org/case_studies/pdf/PICS.pdf, Abruf: 04.12.2006
- Krauskopf, Tim; Miller, Jim; Resnick, Paul; Treese, Win; „PICS Label Distribution Label Syntax and Communication Protocols“, W3C, Oktober 1996,
<http://www.w3.org/TR/REC-PICS-labels>, Abruf: 04.12.2006

Lassila, Ora; Swick, Ralph R.; „Resource Description Framework“, W3C, Oktober 1997,
<http://www.w3.org/TR/WD-rdf-syntax-971002/>, Abruf: 04.12.2006

McCathieNeville, Charles; „Semantic Web – History“, Den Haag, Juni 2001,
<http://www.w3.org/2001/Talks/0627-semwebh/>, Abruf: 04.12.2006

Miller, Eric; „Semantic Web Talks and Presentations“, W3C,
<http://www.w3.org/2001/sw/EO/talks>, Stand: 20.08.2004, Abruf: 04.12.2006

ohne Verfasser, „E-Science“, Wikipedia,
<http://de.wikipedia.org/wiki/E-Science>, Stand: 31.10.2006, Abruf: 04.12.2006

ohne Verfasser, „FOAF project“,
<http://www.foaf-project.org>, Stand: 04.12.2006, Abruf: 04.12.2006

ohne Verfasser, „Learn More about Creative Commons“,
<http://creativecommons.org/learnmore>, Stand: 04.12.2006, Abruf: 04.12.2006

ohne Verfasser, „Ontology Lookup Service“,
<http://www.ebi.ac.uk/ontology-lookup/>, Stand: 04.12.2006, Abruf: 04.12.2006

ohne Verfasser, „Open Biomedical Ontologies“,
<http://obo.sourceforge.net>, Stand: 04.12.2006, Abruf: 04.12.2006

ohne Verfasser, „Semantic Web“, Wikipedia,
http://en.wikipedia.org/wiki/Semantic_Web, Stand: 29.11.2006, Abruf: 04.12.2006

ohne Verfasser, „Semantisches Netz“, Wikipedia,
http://de.wikipedia.org/wiki/Semantisches_Netz, Stand: 18.09.2006, Abruf:
04.12.2006

ohne Verfasser, „Semantisches Web“, Wikipedia,
http://de.wikipedia.org/wiki/Semantisches_Web, Stand: 03.12.2006, Abruf:
04.12.2006

Nachwort

Nach Fertigstellung des Vortrags und der Ausarbeitung habe ich festgestellt, dass Tim Berners-Lee bereits vor Dezember 2000 Präsentationen zu „The Semantic Web“ gehalten hat und der Vortrag bei der XML2000 Conference somit nicht wie behauptet der erste seiner Art war.

Schon bei der „WWW8“-Konferenz in Toronto im Mai 1999 hat Tim Berners-Lee über seine Pläne für eine neue Art von Web gesprochen,^{47 48} und auch bei der „WWW9“ in Amsterdam im Mai 2000 eine Präsentation mit Titel „The Semantic Web“ gehalten⁴⁹.

Der Vortrag aus 1999 wurde von der „Semantic Web Activity“ überhaupt nicht in der Liste der „Semantic Web Talks and Presentations“ aufgenommen, der Vortrag aus 2000 mit einem falschen Datum, weswegen ich ihn zuerst nicht bemerkt habe.⁵⁰

Dennoch: Beide Vorträge wurden in den verschiedenen Internet-Quellen, die ich zum Thema Semantic Web gesichtet habe, nicht nennenswert erwähnt. Der Vortrag auf der XML2000 Conference dagegen wurde mehrfach verlinkt und referenziert und als bedeutsamer erachtet.^{51 52}

⁴⁷ Vgl. ohne Verfasser, „Web Inventor Tim Berners-Lee to Keynote Premier International World Wide Web Conference“, Reston, 19. April 1999, <http://www8.org/press-release.html>, Abruf: 13.12.2006

⁴⁸ Vgl. Bob Metcalfe, „Web father Berners-Lee shares next-generation vision of The Semantic Web“, InfoWorld, 24. Mai 1999, <http://www.infoworld.com/cgi-bin/displayNew.pl?metcalfe/990524bm.htm>, Abruf: 13.12.2006

⁴⁹ Vgl. Tim Berners-Lee, Ralph Swick, „The Semantic Web“, WWW9 Amsterdam, 16. Mai 2000, <http://www.w3.org/2000/Talks/0516-sweb-tbl/all>, Abruf: 13.12.2006

⁵⁰ Vgl. Eric Miller, „Semantic Web Talks and Presentations“, W3C, <http://www.w3.org/2001/sw/EO/talks>, Stand: 20.08.2004, Abruf: 13.12.2006

⁵¹ Vgl. Edd Dumbill, „Berners-Lee and the Semantic Web Vision“, XML.com, 6. Dezember 2000, <http://www.xml.com/pub/a/2000/12/xml2000/timbl.html>, Abruf: 13.12.2006

⁵² Vgl. Ken Sall, „Tim Berners-Lee (W3C) and the Semantic Web“, Web Developers Virtual Library, 11. Dezember 2000, <http://wdvl.internet.com/Authoring/Languages/XML/Conferences/XML2000/tbl.html>, Abruf: 13.12.2006