



Universität Freiburg, Schweiz

Wirtschafts- und Sozialwissenschaftliche Fakultät

Departement für Informatik  
Information Systems Research Group

# **Benutzerfreundlichkeit ausgewählter Wissensrepräsentationssysteme im Sozialen Semantischen Web**

## **Bachelorarbeit**

Pascal Burkhard  
Heugärtenstrasse 12  
CH-6232 Geuensee  
pascal.burkhard@unifr.ch  
08-200-057

Referent: Prof. Dr. Andreas Meier

Betreuer: Edy Portmann

Freiburg, 8. September 2011

# Kurzfassung

Mit wachsender Bedeutung des Semantischen Webs (auf Englisch Semantic Web) steigt die Verbreitung von vernetztem Wissen. Für Anwendungsentwickler stellt sich dabei die Frage, wie dieses Wissen repräsentiert werden soll. Für die Wissensrepräsentation (auf Englisch Knowledge Representation) stehen ihnen verschiedene Systeme zur Auswahl. Unter diesen Wissensrepräsentationssystemen (auf Englisch Knowledge Representation Systems) allgemeingültig ein optimalstes System zu bestimmen, ist jedoch nicht möglich. Die Eignung eines derartigen Systems ist stets abhängig von den spezifischen Anforderungen der Anwendung und dessen Benutzer. Dementsprechend muss die Auswahl eines Wissensrepräsentationssystems immer im Anwendungskontext erfolgen.

Diese Arbeit ermittelt das optimalste Wissensrepräsentationssystem für Gelegenheitsbenutzer des Sozialen Semantischen Webs (auf Englisch Social Semantic Web). Da diese Benutzerklasse hohe Anforderungen an die Benutzerfreundlichkeit stellt, wird das benutzerfreundlichste System ausgemacht. Dazu werden die drei Wissensrepräsentationssysteme RDFS/OWL (kurz für RDF Schema/Web Ontology Language), Topic Maps und Tag Clouds anhand einer Nutzenwertanalyse miteinander verglichen.

Als Resultat dieser Nutzenwertanalyse stellen sich Topic Maps als für Gelegenheitsbenutzer am benutzerfreundlichsten heraus. Die Hauptvorteile von Topic Maps liegen in der guten Visualisierbarkeit, der Trennung von Informationsschicht und Wissensbasis sowie der Wissensmodellierung die sich grundlegend an menschlichen Denkstrukturen orientiert. Nachteilig ist hingegen die schwierige Integration in das Konzept des Semantischen Webs. Zudem stellt sich die mangelnde Verfügbarkeit von Anwendungen mit Topic Map Unterstützung hinsichtlich der Einbindung dieses Systems in eine Webseite als hinderlich heraus. Es bleibt diesbezüglich zu hoffen, dass die ISO (kurz für International Organization for Standardization) den Topic Map Standard weiterentwickelt und es künftig zu einer Integration in das Konzept des Semantischen Webs durch das W3C (kurz für World Wide Web Consortium) kommt.

# Stichworte

Semantisches Web, Soziales Semantisches Web, Wissensrepräsentation, RDFS, OWL, Topic Maps, Tag Clouds, Benutzerfreundlichkeit, Informationsvisualisierung

# Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung.....	2
Stichworte.....	3
Inhaltsverzeichnis.....	4
Abbildungsverzeichnis.....	6
Tabellenverzeichnis.....	6
Abkürzungsverzeichnis.....	7
1 Einleitung.....	8
1.1 Problemstellung.....	8
1.2 Zielsetzung.....	9
1.3 Vorgehensweise.....	10
2 Theorieteil.....	11
2.1 Soziales Semantisches Web.....	11
2.1.1 World Wide Web.....	11
2.1.2 Soziales Web.....	12
2.1.3 Semantisches Web.....	13
2.1.4 Soziales Semantisches Web.....	14
2.2 Wissensrepräsentationssysteme.....	15
2.2.1 Wissensrepräsentation.....	15
2.2.2 RDFS/OWL.....	17
2.2.3 Topic Maps.....	24
2.2.4 Tag Clouds.....	29
3 Vergleich.....	32
3.1 Vorbemerkungen.....	32
3.2 Definitionen.....	33
3.2.1 Gelegenheitsbenutzer.....	33
3.2.2 Kriterien.....	34

3.2.3 Gewichtung.....	35
3.3 Bewertung.....	37
3.3.1 Bedienung .....	37
3.3.2 Effizienz .....	41
3.3.3 Komplexität.....	45
3.4 Ergebnis.....	47
4 Prototyp.....	50
4.1 Anwendungskonzept .....	50
4.1.1 Unschärfe Daten.....	50
4.1.2 Benutzeroberfläche .....	52
4.2 Technologie .....	54
5 Fazit und Ausblick .....	56
5.1 Erkenntnis.....	56
5.2 Ausblick.....	57
Literaturverzeichnis .....	58
Deklaration .....	62

# Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2-1: Entwicklungspfade zum Sozialen Semantischen Web nach (Pellegrini & Blumauer, 2009, S. 8) .....	14
Abbildung 2-2: Beispiel eines RDF Diagramms in Anlehnung an (Breslin, Passant, & Decker, 2009, S. 53).....	19
Abbildung 2-3: Serialisierung eines RDF Diagramms mit RDFa in Anlehnung an (Breslin, Passant, & Decker, 2009, S. 56) .....	19
Abbildung 2-4: Visualisierung einer RDFS Ontologie in Anlehnung an (Breslin, Passant, & Decker, 2009, S. 59) .....	21
Abbildung 2-5: Konzept von Topic Maps nach (Garshol, 2002) .....	25
Abbildung 2-6: Beispiel einer XTM .....	28
Abbildung 2-7: Tag Cloud der beliebtesten Tags von (Flickr.com, 2011).....	31
Abbildung 3-1: Vier typische Benutzerklassen nach (Herczeg, 2005, S. 68-71) .....	34
Abbildung 3-2: Semantische Treppe nach (Blumauer & Pellegrini, 2006, S. 16) .....	46
Abbildung 4-1: Unscharfe Daten im XML Format.....	51
Abbildung 4-2: Konzept der Benutzeroberfläche des Prototyps .....	53

# Tabellenverzeichnis

Tabelle 2-1: Wichtige Elemente von RDFS .....	20
Tabelle 2-2: Boolesche Kombinationen für OWL-DL.....	22
Tabelle 2-3: Klassenaxiome für OWL-DL .....	23
Tabelle 2-4: Eigenschaftsaxiome für OWL-DL .....	23
Tabelle 2-5: Restriktionen für OWL-DL .....	24
Tabelle 2-6: Wichtige Elemente des XTM Standards .....	27
Tabelle 3-1: Berücksichtigte Kriterien, Faktoren und relative Gewichte .....	36
Tabelle 3-2: Faktorbewertungen des Kriteriums Bedienung .....	40
Tabelle 3-3: Faktorbewertungen des Kriteriums Effizienz .....	44
Tabelle 3-4: Faktorbewertungen des Kriteriums Komplexität .....	47
Tabelle 3-5: Implementation der Nutzenwertanalyse .....	48

# Abkürzungsverzeichnis

AJAX	Asynchronous Java Script and XML
AS	Action Script
HTML	Hypertext Markup Language
HyTime	Hypermedia/Time-based Structuring Language
ISO	International Organization for Standardization
JS	Java Script
OWL	Web Ontology Language
PHP	PHP Hypertext Preprocessor
RDF	Resource Description Framework
RDFa	Resource Description Framework in Attributes
RDFS	Resource Description Framework Schema
RIA	Rich Internet Application
SGML	Standard Generalized Markup Language
TMQL	Topic Map Query Language
URI	Uniform Resource Identifier
URL	Uniform Resource Locator
W3C	World Wide Web Consortium
WWW	World Wide Web (kurz Web)
XML	Extensible Markup Language
XTM	XML Topic Maps

# 1 Einleitung

In diesem Kapitel wird geklärt, womit sich die vorliegende Arbeit befasst. Dazu wird zuerst erläutert, welche Problemstellung der Arbeit zugrunde liegt. Davon werden anschliessend die Ziele und die zu beantwortenden Forschungsfragen abgeleitet. Zum Schluss wird das Vorgehen erklärt, mit dem die Zielsetzungen erreicht werden sollen.

## 1.1 Problemstellung

Die Menge der im World Wide Web (kurz Web oder WWW) verfügbaren Informationen hat ein unvorstellbares Ausmass angenommen. Aufgrund der dezentralen Struktur des Webs und der Heterogenität der darin enthaltenen Informationsressourcen wird es für Menschen immer schwieriger, ihren Bedürfnissen entsprechende Informationen zu finden. Sie sehen sich mit dem immer grösser werdenden Problem der Informationsüberlastung im Web konfrontiert.

Bisher werden Menschen bei der Suche nach relevanten Informationen erst wenig von Maschinen unterstützt. Zwar existieren Suchmaschinen, die eine Suche in indextierten Informationsbeständen ermöglichen, die Bedeutung eines Suchbegriffs können sie jedoch nicht erfassen. Suchmaschinen sind deshalb nicht in der Lage, zwischen zu einem Begriff relevanten und dazu irrelevanten Informationen zu unterscheiden. Ein Lösungsansatz dafür bietet das Konzept des Semantischen Webs. Es beabsichtigt, die Bedeutung von Informationen für Maschinen begreifbar zu machen. Dazu wird die semantische Bedeutung von Informationsressourcen im Web maschineninterpretierbar beschrieben. Diese Beschreibungen werden zusätzlich miteinander in Beziehung gesetzt, wodurch die beschriebenen Informationen zu Wissen aufgewertet werden. Im Semantischen Web sind Maschinen in der Lage, dieses Wissen logisch zu verarbeiten. Dadurch können sie Menschen bei der Suche und Organisation von Informationen besser unterstützen.

Um Wissen für Maschinen verständlich zu beschreiben, existieren verschiedene Wissensrepräsentationssysteme. Dabei stellt sich die Frage welches dieser Systeme sich am besten für den Einsatz im Semantischen Web eignet. Allgemeingültig ein

bestimmtes Wissensrepräsentationssystem als das dafür Geeignetste festzulegen, ist jedoch nicht möglich. Ein optimales System muss stets unabhängig und im Zusammenhang mit den anwendungsspezifischen Anforderungen ausgewählt werden. Grundsätzlich kann jedoch unterschieden werden, ob ein optimales Wissensrepräsentationssystem aus der Sicht von Menschen oder aus der Sicht von Maschinen ermittelt wird. Die fundamental unterschiedlichen Kognitionen dieser beiden Anspruchsgruppen indizieren grundlegend verschiedene Anforderungen an ein derartiges System. Menschen fällt es aufgrund ihrer biologischen Fähigkeiten einfacher, Wissen visuell und unstrukturiert zu erfassen. Im Gegensatz dazu verarbeiten Maschinen formales und strukturiertes Wissen am effektivsten.

## 1.2 Zielsetzung

Das erste Ziel dieser Arbeit besteht darin, die Funktionsweise der drei Wissensrepräsentationssysteme RDFS/OWL, Topic Maps und Tag Clouds zu untersuchen. Davon ausgehend sollen die Systeme miteinander verglichen und das optimalste System ermittelt werden.

Der Vergleich erfolgt dabei in einem spezifischen Kontext. Die Systeme werden grundsätzlich aus der Sicht der Menschen beurteilt. Konkret wird für die Beurteilung die Sicht der Gelegenheitsbenutzer des Sozialen Semantischen Webs eingenommen. Aufgrund der spezifischen Anforderungen dieser Benutzerklasse bezieht sich der Vergleich hauptsächlich auf die Benutzerfreundlichkeit der drei Wissensrepräsentationssysteme.

Eine weitere Zielsetzung liegt in der Implementation und Integration eines Wissensrepräsentationssystems. Dazu soll das optimalste System des Vergleichs umgesetzt und in eine bestehende Webseite eingebunden werden.

Zusammenfassend sollen im Rahmen dieser Arbeit folgende Forschungsfragen beantwortet werden:

- Wie wird Wissen in den Wissensrepräsentationssystemen RDFS/OWL, Topic Maps und Tag Clouds repräsentiert?
- Welches der drei Wissensrepräsentationssysteme eignet sich aus Sicht der Gelegenheitsbenutzer am besten für den Einsatz im Sozialen Semantischen Web?
- Wie lässt sich ein Wissensrepräsentationssystem in eine Webseite integrieren?

Die Arbeit richtet sich diesen Zielsetzungen entsprechend hauptsächlich an Entwickler von wissensintensiven Applikationen, die einen hohen Wert auf eine benutzerfreundliche Mensch-Maschine-Interaktion legen. Mit der angestrebten Erkenntnis soll eine Brücke zwischen Entwicklern und Endbenutzern geschlagen werden, um die Vorteile des Sozialen Semantischen Webs auch für Gelegenheitsbenutzer nutzbar zu machen.

## 1.3 Vorgehensweise

Im Theorieteil werden zuerst die im Kontext dieser Arbeit relevanten Konzepte erklärt. Als erstes wird definiert, was unter dem Sozialen Semantischen Web zu verstehen ist. Da es sich dabei um das Produkt mehrerer Konzepte handelt, werden diese zuerst einzeln und unabhängig voneinander beschrieben. Es handelt sich dabei um die Konzepte des World Wide Webs, des Sozialen Webs (auf Englisch Social Web) und des Semantischen Webs. Daran anschliessend wird erklärt, was unter Wissensrepräsentation und Wissensrepräsentationssystemen verstanden wird. Dazu wird auf den Ursprung des Begriffs der Wissensrepräsentation eingegangen und aufgezeigt, in welchen Anwendungsbereichen Wissensrepräsentationssysteme eingesetzt werden. Danach werden die unterschiedlichen Funktionsweisen der drei Wissensrepräsentationssysteme RDFS/OWL, Topic Maps und Tag Clouds untersucht. Diese Kenntnisse dienen als Grundlage für den anschliessenden Vergleich.

Der erste Praxisteil stellt schliesslich einen Vergleich dieser drei Systeme an, indem eine Nutzenwertanalyse durchgeführt wird. Dazu werden zuerst einige Vorbemerkungen angestellt und die für die Analyse geltenden Rahmenbedingungen festgelegt. Es wird definiert, aus welcher Sicht die Analyse vorgenommen wird und welche Kriterien mit welchen Gewichten beurteilt werden. Unter Berücksichtigung dieser Rahmenbedingungen folgt anschliessend die Bewertung. Nach der Bewertung aller Kriterien wird ein Gesamtergebnis berechnet und das optimalste System ermittelt.

Im zweiten Praxisteil wird ein Prototyp dieses Systems entwickelt und in eine bestehende Webseite integriert. Das Anwendungskonzept und die für die Implementation eingesetzte Technologie werden dazu bündig erklärt.

Zum Schluss wird die aus der Arbeit gezogene Erkenntnis beurteilt und ein Ausblick auf verwandte Forschungsgebiete sowie wünschenswerte Entwicklungen gegeben.

## 2 Theorieteil

In diesem Kapitel werden alle theoretischen Grundlagen behandelt, welche für die beiden praktischen Teile dieser Arbeit benötigt werden. Zuerst wird das Konzept des Sozialen Semantischen Webs erklärt. Danach wird aufgezeigt, was unter Wissensrepräsentation verstanden wird. Zum Schluss werden die Funktionsweisen der Wissensrepräsentationssysteme RDFS/OWL, Topic Maps und Tag Clouds untersucht.

### 2.1 Soziales Semantisches Web

Das Soziale Semantische Web resultiert aus einer Reihe von Entwicklungen in der Evolution des Webs. Aus dem ursprünglichen Web entstehen im Verlaufe der Zeit das Soziale und das Semantische Web. Die Kombination dieser beiden Weiterentwicklungen führt schliesslich zum Sozialen Semantischen Web. Dieser Abschnitt erläutert die einzelnen Entwicklungen und Konzepte, auf denen das Soziale Semantische Web beruht.

#### 2.1.1 World Wide Web

Die Bedeutung des Webs als Informationskanal ist mit dem Übergang von der Industrie- zur Informationsgesellschaft rasant gestiegen. Der Grund liegt darin, dass das Web gegenüber traditionellen Methoden der Informationsverbreitung erhebliche Vorteile bietet. Neben einer besseren Aktualität und Verfügbarkeit sind auch die Kosten für die Bereitstellung von Informationen deutlich tiefer (Hitzler, Kröttsch, Rudolph, & Sure, 2008, S. 9). Diese Vorteile führen zu einem seit jeher ungebremsten Wachstum des Webs. Inzwischen enthält es eine unvorstellbar grosse Menge an Informationen. Aufgrund der dezentralen Struktur des Webs entsprechen diese Informationen jedoch keinem einheitlichen Format. Durch die immense Menge und Heterogenität der Informationen im Web wird es für Menschen und Maschinen immer schwieriger, relevante Informationen zu finden und zu extrahieren.

Im Web werden Menschen bei der Suche nach Informationen von Suchmaschinen unterstützt. Diese ermöglichen es, indexierte Informationsbestände nach Begriffen zu durchsuchen. Ausgehend von diesen Suchbegriffen können Suchmaschinen aber

nur begrenzt zwischen relevanten und irrelevanten Informationen unterscheiden. Die mangelnde Unterscheidbarkeit rührt daher, dass Suchmaschinen weder die Bedeutung von Suchbegriffen noch von indexierten Informationen verstehen. Eine Suchmaschine erkennt beispielsweise keinen Unterschied zwischen dem Begriff Bank als ein Möbel und dem gleichen Begriff als ein Finanzinstitut.

Die Ursache für diese fehlende Unterscheidung liegt in der heterogenen Form, in welcher Informationen im Web gespeichert werden. Üblicherweise werden Informationen in einer Art repräsentiert, in der sie nur für Menschen interpretierbar sind. Für Menschen ist es normalerweise problemlos möglich, den Inhalt einer Information zu verstehen oder in Beziehung zu anderen Informationen zu setzen. Maschinen sind dazu jedoch nicht in der Lage. Sie verstehen die Bedeutung einer Information nicht und können aus Kontext in der sie auftaucht keine logischen Schlussfolgerungen durchführen. Im Web dienen Maschinen deshalb primär zur Darstellung und nicht zur Interpretation von Informationen. Die Interpretation und Kombination von Informationen bleibt den Menschen überlassen (Hitzler, Krötzsch, Rudolph, & Sure, 2008, S. 10-11).

## **2.1.2 Soziales Web**

Unter dem Sozialen Web versteht man eine Weiterentwicklung des ursprünglichen Webs. Die Weiterentwicklung bezieht sich dabei nicht auf technologische Neuerungen sondern vielmehr auf strukturelle Veränderungen. Das Soziale Web ermöglicht soziale Strukturen und Interaktionen im Web. Grundlegend für diese Entwicklung verantwortlich sind Soziale Anwendungen (auf Englisch Social Software). Dabei handelt es sich um webbasierte Systeme, mit denen Menschen kommunizieren, zusammenarbeiten oder auf eine andere Art miteinander in Kontakt treten können. Damit ein System als Soziale Anwendung gilt, muss es die Mitwirkung von mehreren Benutzern unterstützen und die Bildung von sich selbst organisierenden Gemeinschaften (auf Englisch Communities) fördern (Alby, 2007, S. 89). Beispiele für populäre Soziale Anwendungen sind Wikis, Blogs oder Soziale Netzwerke.

Durch die vereinfachten Interaktions- und Kooperationsmöglichkeiten im Sozialen Web kann gemeinschaftliches Wissen akquiriert werden. Dieses Wissen entsteht evolutionär durch eine Vielzahl von Einzelbeiträgen aus sich selber organisierenden

Gemeinschaften. Es zeichnet sich im Vergleich zu isoliert entstandenem Wissen durch eine bessere Nutzbarkeit aus (Breslin, Passant, & Decker, 2009, S. 12).

Nachteilig am Sozialen Web ist der Umstand, dass Soziale Anwendungen üblicherweise isoliert voneinander existieren und dementsprechend kaum Wissen ausgetauscht wird. Dieser fehlende Wissensaustausch verstärkt das Problem der Informationsüberlastung, da dadurch Informationen unter Umständen redundant im Sozialen Web existieren. Dafür verantwortlich sind fehlende Standards, die festlegen, wie Wissen repräsentiert werden soll. Eine einheitliche Wissensrepräsentation würde einen systemübergreifenden Wissensaustausch ermöglichen und helfen, die Informationsüberlastung zu verringern (Breslin, Passant, & Decker, 2009, S. 12-13).

### **2.1.3 Semantisches Web**

Als Semantisches Web wird eine Konzeption und Vision des Webs der Zukunft bezeichnet. Die Vision wird geteilt von Tim Berners-Lee, dem Begründer des Webs. In seinem vielbetrachteten Artikel „*The Semantic Web*“ in der Zeitschrift *Scientific American* beschreibt er das Semantische Web wie folgt: „*The Semantic Web is not a separate Web but an extension of the current one, in which information is given well-defined meaning, better enabling computers and people to work in cooperation.*“ (Berners-Lee, Hendler, & Lassila, 2001). Das Semantische Web ist demnach eine Erweiterung des existierenden Webs. Dazu werden die Bedeutungen von Informationsressourcen beschrieben. Diese strukturierten und maschineninterpretierbaren Beschreibungen werden als Metadaten bezeichnet. Werden Bedeutungen von Informationen zueinander in Beziehung gesetzt, entsteht Wissen. Ziel des Semantischen Webs ist es, derartiges Wissen zu modellieren. Dies ermöglicht Maschinen, die Bedeutung von Informationen in einem spezifischen Zusammenhang zu verstehen und dadurch Menschen bei der Suche nach relevanten Informationen optimal zu unterstützen.

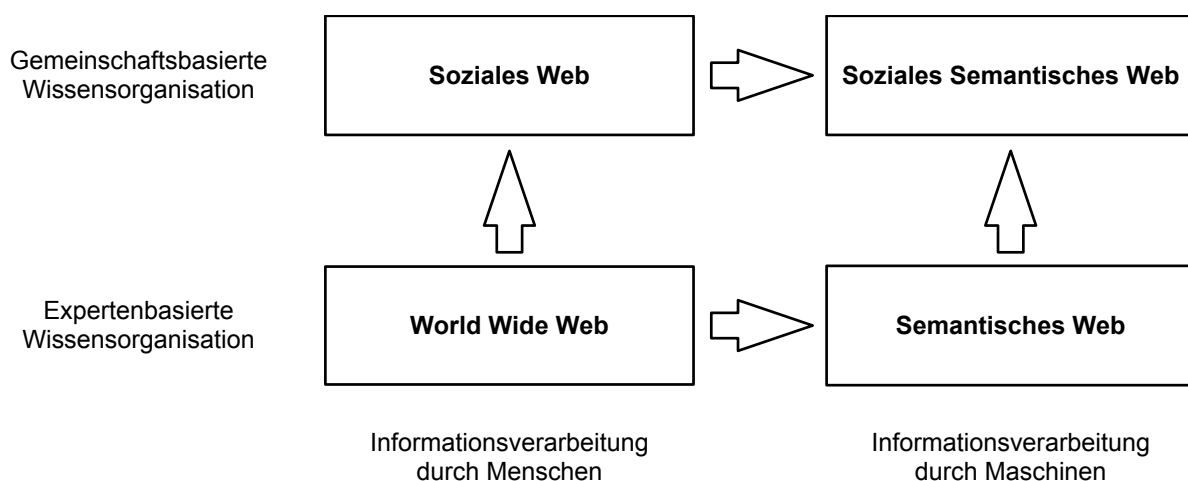
Das Konzept des Semantischen Webs eröffnet damit neue Möglichkeiten der Informationsverarbeitung durch Maschinen. Da Maschinen in der Lage sind, die Bedeutung von Informationen in einem spezifischen Wissenskontext zu betrachten, können sie logische Schlüsse ziehen. Hierdurch können Entscheidungen getroffen oder neues Wissen aus existierenden Wissensbeständen abgeleitet werden. Dieses implizite Wissen wird als besonders wertvoll betrachtet, weil Menschen dadurch mit

zuvor unbekanntem Wissen unterstützt werden. Beispielsweise können Maschinen durch das Verknüpfen von Wissen aus verschiedenen Forschungsbereichen interessante und domänenübergreifende Erkenntnisse entdecken.

Die Vision des Semantischen Webs geht davon aus, dass künftig Agenten die Informationsbeschaffung und -verarbeitung für Menschen übernehmen. Agenten sind Anwendungen des Semantischen Webs, die Menschen bei der Suche und Verarbeitung von benötigten Informationen unterstützen. Dazu finden, interpretieren und kombinieren sie Informationen in einer kontextspezifisch nützlichen Weise. Ein Agent kann beispielsweise den aktuellen Aufenthaltsort und Terminkalender eines Benutzers bei der Suche nach einem Facharzt mitberücksichtigen. Der Agent sucht dementsprechend nur nach Ärzten im geographisch relevanten Umfeld und mit zum Terminkalender passenden Sprechzeiten.

## 2.1.4 Soziales Semantisches Web

Abbildung 2-1 stellt die für die Entwicklung des Sozialen Semantische Webs relevanten Konzepte grafisch dar. Sie werden dabei anhand der beiden Dimensionen Wissensorganisation und Informationsverarbeitung strukturiert. Die erste Dimension unterteilt die Konzepte in gemeinschaftsbasierte und expertenbasierte Wissensorganisationen. Die Dimension Informationsverarbeitung unterscheidet, ob Informationen von Menschen oder Maschinen verarbeitet werden. Die Pfeile zeigen Entwicklungspfade, die zu den unterschiedlichen Konzepten führen.



**Abbildung 2-1: Entwicklungspfade zum Sozialen Semantischen Web nach (Pellegrini & Blumauer, 2009, S. 8)**

Gemäss Abbildung 2-1 wird das Soziale Semantische Web durch eine gemeinschaftsbasierte Wissensorganisation und eine maschinelle Informationsverarbeitung charakterisiert. Das Konzept ist demzufolge als eine Schnittmenge zwischen dem Sozialen und dem Semantischen Web zu verstehen. Die Pfeile in der Abbildung verdeutlichen, dass das Soziale Semantische Web aus Weiterentwicklungen dieser beiden Konzepte resultiert (Breslin, Passant, & Decker, 2009, S. 8-16).

Der erste Entwicklungspfad zeigt, dass das Soziale Semantische Web aus dem Sozialen Web entsteht, wenn gemeinschaftlich generiertes Wissen maschinenlesbar strukturiert wird. Eine Erweiterung des Sozialen Webs um semantische Bedeutungen wird angestrebt, um den Wissensaustausch zwischen Sozialen Anwendungen zu fördern.

Ein zweiter Entwicklungspfad zum Sozialen Semantischen Web ergibt sich durch die gemeinschaftliche Bereitstellung von Wissen des Semantischen Webs. Durch die Erweiterung des Semantischen Webs um soziale Strukturen und Interaktionen wird eine gemeinschaftsbasierte Wissensorganisation ermöglicht.

Durch beide Entwicklungspfade entstehen kollektive und maschinenlesbare Wissensbestände. Die Motivation des Sozialen Semantischen Webs besteht demzufolge darin, ein globales Wissensnetzwerk abzubilden, das von einer Vielzahl von Menschen generiert wird und von Maschinen interpretiert werden kann.

## **2.2 Wissensrepräsentationssysteme**

In diesem Abschnitt wird einleitend erklärt, was unter dem Begriff Wissensrepräsentation verstanden wird und welche Anwendungsgebiete dafür existieren. Anschliessend werden die Funktionsweisen der drei Wissensrepräsentationssysteme RDFS/OWL, Topic Maps und Tag Clouds einzeln erklärt.

### **2.2.1 Wissensrepräsentation**

Damit Menschen bei der Informationsbeschaffung und -verarbeitung besser von Maschinen unterstützt werden können, müssen diese in der Lage sein, die Bedeutung von Informationen zu verstehen. Die Wissensrepräsentation befasst sich mit der optimalen Modellierung von Wissen hinsichtlich der Interpretation durch Maschinen. Sie nimmt damit eine zentrale Rolle im Konzept des Semantischen Webs ein. Eine opti-

male Wissensrepräsentation wird jedoch nicht nur im Semantischen Web benötigt. Forscher der Künstlichen Intelligenz beschäftigen sich bereits seit Jahrzehnten mit dem Problem der Wissensrepräsentation. Besonders die Erforschung von Expertensystemen führt zu interessanten Erkenntnissen.

Expertensysteme unterstützen oder übernehmen das Lösen von Problemen, indem sie auf eine von Experten definierte Wissensbasis zurückgreifen. Die Forschung stellt dabei fest, dass es vorteilhaft ist, die domänenspezifische Wissensbasis und das generelle Vorgehen wie ein Problem gelöst wird, voneinander zu trennen. Durch diese Trennung können beide Komponenten unabhängig voneinander in anderen Expertensystemen wiederverwendet werden. Diese Erkenntnis lässt sich auf das Konzept des Semantischen Webs übertragen, denn auch das Semantische Web strebt einen unabhängigen Wissensaustausch an. Dementsprechend wird in Anwendungen des Semantischen Webs die Wissensbasis von der Anwendungslogik getrennt.

Für den unabhängigen Wissensaustausch zwischen Expertensystemen existieren standardisierte Wissensrepräsentationssprachen. Diese formalen Sprachen sind logik-basiert und maschineninterpretierbar. Sie befähigen Maschinen logische Schlüsse zu ziehen und Informationen sinnvoll miteinander zu kombinieren. Eine mit Wissensrepräsentationssprachen modellierte Wissensbasis wird als Ontologie (auf Englisch Ontology) bezeichnet. Auch im Semantischen Web werden formale Sprachen eingesetzt, um Wissen zu beschreiben und Ontologien zu modellieren (Mika, 2007, S. 65-67).

Das Ziel der Wissensrepräsentation besteht grundsätzlich darin, einem Informationssystem eine optimal repräsentierte Wissensbasis hinzuzufügen. Im Falle des Semantischen Webs handelt es sich bei dem zu erweiternden Informationssystem um das gesamte Web. Daraus ergeben sich Anforderungen an die Wissensrepräsentation, welche mit denen von Expertensystemen und der Anwendungsentwicklung nicht vergleichbar sind. Einerseits müssen den heterogenen Informationen des Webs einheitliche Standards entgegengesetzt werden und andererseits ist aufgrund des riesigen Umfangs und der dezentralen Struktur des Webs keine einzelne Wissensbasis durch Experten modellierbar. Vielmehr müssen einzelne Wissensbasen miteinander verknüpft werden und gemeinsam eine Wissensbasis für das gesamte Web bilden. Aufgrund von diesen einzigartigen Anforderungen werden im Semanti-

schen Web spezielle Wissensrepräsentationssysteme eingesetzt (Mika, 2007, S. 66). Drei davon werden im folgenden Abschnitt vorgestellt.

## 2.2.2 RDFS/OWL

RDFS und OWL sind zwei vom W3C standardisierte Wissensrepräsentationssprachen, mit denen Ontologien formal modelliert werden. Der Begriff Ontologie entstammt aus der theoretischen Philosophie und hat im Kontext des Semantischen Webs eine andere Bedeutung. Einführend wird diese Bedeutung erklärt, bevor anschließend die Funktionsweisen von RDFS und OWL vorgestellt werden.

### 2.2.2.1 Ontologien

Es ist eine der zentralen Herausforderungen des Semantischen Webs, eine einheitliche Interpretation von Informationen zu gewährleisten. Dazu muss sichergestellt werden, dass alle Informationsressourcen welche die gleiche Entität beschreiben, miteinander in Beziehung gesetzt werden können. Dies muss auch gewährleistet sein, wenn verschiedene Vokabulare für die gleiche Entität benutzt werden. Für die Referenzierung von Entitäten müssen deshalb einheitliche Konzepte angewendet werden. Ontologien und Ontologiesprachen sind zentrale Technologien dafür (Mika, 2007, S. 67). Eine Ontologie wird nach (Gruber, 1993) wie folgt definiert: „*An ontology is an explicit specification of a conceptualization.*“ Eine Ontologie ist demnach eine explizite Spezifikation einer Konzeptualisierung. Nach (Breslin, Passant, & Decker, 2009, S. 57) wird unter einer Konzeptualisierung ein abstrakter und vereinfachter Teil der realen Welt verstanden. Eine explizite Spezifikation bezeichnet eine eindeutige und formale Repräsentation. Eine Ontologie ist folglich als eine Beschreibung von Konzepten und deren Beziehungen innerhalb einer bestimmten Wissensdomäne zu verstehen (Mika, 2007, S. 67).

Ontologien des Semantischen Webs werden nach (Breslin, Passant, & Decker, 2009, S. 48-49) durch zwei spezifische Merkmale charakterisiert. Zum einen werden sie in formalen Sprachen mit semantischer Bedeutung ausgedrückt und zum anderen repräsentieren sie das von einer Gemeinschaft geteilte Verständnis einer Wissensdomäne. Wie anfänglich erwähnt, sind RDFS und OWL formale Ontologiesprachen. Sie verfügen beide über eine standardisierte Syntax und eine logikbasierte Semantik. Die Syntax definiert dabei die Struktur und die Semantik legt die Bedeutung der Daten fest (Barski, 2011). Da Ontologien im Semantischen Web ausgetauscht und erweitert werden, existieren keine isolierten Ontologien. Vielmehr

beabsichtigt das Semantische Web ein öffentliches Netzwerk von miteinander verbundenen Ontologien zu bilden (Mika, 2007, S. 67-70).

RDFS und OWL basieren beide auf RDF (kurz für Resource Description Framework). Es gewährleistet eine standardisierte Annotation von Informationen im Semantischen Web (Mika, 2007, S. 72). Um die Funktionsweise von RDFS und OWL erklären zu können, wird zuerst RDF vorgestellt.

#### **2.2.2.2 RDF**

RDF ist ein vom W3C standardisiertes System zur formalen Beschreibung von Metadaten des Semantischen Webs. Durch die standardisierte Beschreibung von Entitäten und deren Zusammenhängen wird ein einheitlicher Wissensaustausch ermöglicht. Bei den beschriebenen Entitäten kann es sich sowohl um Informationsressourcen als auch um Objekte der realen Welt handeln. RDF unterscheidet dabei grundsätzlich zwischen zwei Typen von Entitäten. Eine Entität wird als Ressource bezeichnet, wenn sie durch einen Uniform Resource Identifier (kurz URI) referenziert wird. Wird eine Entität durch eine Zeichenfolge repräsentiert, bezeichnet man sie als Literal.

Beziehungen zwischen Entitäten werden mit RDF durch Tripel ausgedrückt. Tripel sind Statements die bewusst auf eine hierarchische Struktur verzichten. Im Gegensatz zu hierarchischen Modellierungssprachen wie XML (kurz für Extensible Markup Language) erlaubt RDF damit eine flexiblere Modellierung. Ein Tripel besteht stets aus zwei Entitäten und einer Beziehung. Tripel können als gerichtete Graphen dargestellt werden. Die beiden Entitäten entsprechen dabei je einem Knoten und die Beziehung einer gerichteten Kante. Der ausgehende Knoten wird als Subjekt und die gerichtete Kante als Prädikat bezeichnet. Das Prädikat zeigt vom Subjekt auf den zweiten Knoten, der als Objekt bezeichnet wird. Subjekte und Prädikate müssen zwingend Ressourcen sein. Nur Objekte dürfen sowohl Ressourcen als auch Literale sein. Handelt es sich bei einem Objekt um eine Ressource, kann dieses Objekt als Subjekt eines anderen Tripels dienen. Dadurch können Tripel miteinander verbunden und Netze modelliert werden (Breslin, Passant, & Decker, 2009, S. 52-56).

Graphisch werden Ressourcen als abgerundete und Literale als eckige Rechtecke dargestellt. Abbildung 2-2 zeigt ein Beispiel eines RDF Diagramms mit zwei Ressourcen, einem Literal und zwei Prädikaten. Es beschreibt zum einen die Beziehung

zwischen einem Projekt und dessen Webseite, zum anderen zeigt es die Beziehung zwischen einer Projektwebseite und dessen Autor.



**Abbildung 2-2: Beispiel eines RDF Diagramms in Anlehnung an (Breslin, Passant, & Decker, 2009, S. 53)**

Damit Tripel systemunabhängig ausgetauscht werden können, müssen sie in ein für Maschinen interpretierbares Format umgewandelt werden. Diese Umwandlung wird als Serialisierung bezeichnet und wird einer spezifischen Syntax entsprechend vorgenommen. Für die Serialisierung von Tripeln existiert eine Vielzahl unterschiedlicher Syntaxen. Im Kontext dieser Arbeit ist die Syntax RDFa (kurz für Resource Description Framework in Attributes) besonders interessant. Mit RDFa lassen sich Tripel innerhalb von HTML (kurz für Hypertext Markup Language) Dokumenten beschreiben. Dazu werden Attribute für die Annotation von Dokumentinformationen verwendet. Dadurch wird bei der Serialisierung mit RDFa nur ein einziges Dokument benötigt, um die semantische Bedeutung von Informationen sowohl für Menschen als auch für Maschinen interpretierbar zu machen. RDFa schlägt damit eine Brücke zwischen dem Semantischen Web für Menschen und Maschinen. Vereinfachend ist zudem der Umstand, dass für die Annotation nicht alle Informationsreferenzen wiederholt werden müssen (Breslin, Passant, & Decker, 2009, S. 54-56). Abbildung 2-3 zeigt die RDFa Serialisierung des in Abbildung 2-2 dargestellten RDF Diagramms.

```
<div
  xmlns:diuf="http://diuf.unifr.ch/is/rdf/"
  xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
  xmlns:rdfs="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#"
>
  <p about="http://diuf.unifr.ch/is/projects/#29" typeof="diuf:Projekt">
    Die Webseite des Projekts mit der Nummer 29 befindet sich
    <a rel="diuf:Webseite" href="http://www.beispielprojekt.ch/">hier</a>.
  </p>
  <p about="http://www.beispielprojekt.ch/" typeof="rdfs:Resource">
    Die Webseite wurde erstellt von
    <span property="diuf:Autor">Peter Muster</span>
  </p>
</div>
```

**Abbildung 2-3: Serialisierung eines RDF Diagramms mit RDFa in Anlehnung an (Breslin, Passant, & Decker, 2009, S. 56)**

Zur Beschreibung von Entitäten und deren Beziehungen bietet RDF nur ein minimales Vokabular. Ressourcen können lediglich Typen zugewiesen, oder als Eigenschaften deklariert werden. Um die Möglichkeiten zur Beschreibung von Entitäten zu erweitern, wird RDF in Kombination mit RDFS oder OWL verwendet.

### 2.2.2.3 RDFS

RDFS ist eine Erweiterung von RDF und ermöglicht die Modellierung von einfachen Ontologien. Mit RDFS kann Wissen durch die Definition von Klassen, Eigenschaften und Beziehungen modelliert werden (Hitzler, Krötzsch, Rudolph, & Sure, 2008, S. 86).

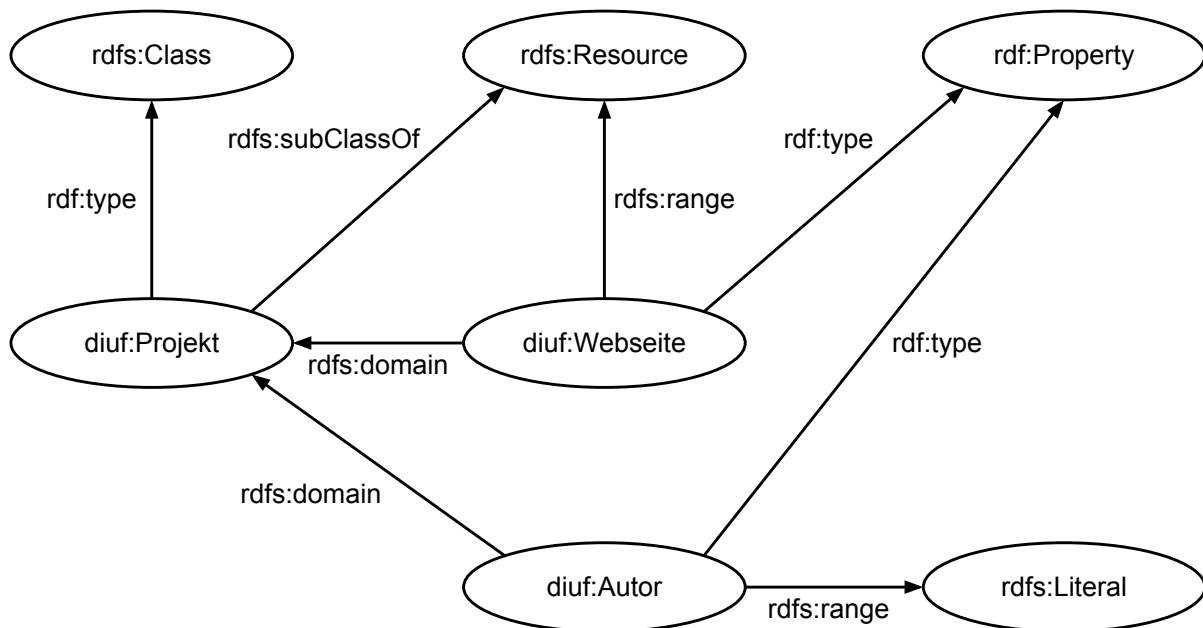
Klassen sind generelle Konzepte einer Wissensdomäne und werden von Individuen instanziiert (Breslin, Passant, & Decker, 2009, S. 58). Beziehungen zwischen Klassen können mit RDFS auf zwei Arten hergestellt werden. Einerseits durch die Definition von Unterklassen und andererseits durch das Festlegen von Eigenschaften. Eigenschaftswerte können dabei für bestimmte Klassen oder Wertebereiche eingeschränkt werden. Zudem können Eigenschaften in Untereigenschaften aufgeteilt und damit hierarchisch strukturiert und zueinander in Beziehung gesetzt werden (Mika, 2007, S. 74). Die wichtigsten Elemente von RDFS sind in Tabelle 2-1 zusammengefasst.

Sprachkonstrukt	Erklärung
<code>rdfs:Class</code>	Klassendefinition
<code>rdfs:subClassOf</code>	Unterklassendefinition
<code>rdfs:Resource</code>	Ressourcendefinition
<code>rdfs:Literal</code>	Literaldefinition
<code>rdf:Property</code>	Eigenschaftsdefinition
<code>rdfs:subPropertyOf</code>	Untereigenschaftsdefinition
<code>rdfs:domain</code>	Klassenrestriktion in Eigenschaft
<code>rdfs:range</code>	Wertebereichrestriktion in Eigenschaft
<code>rdf:type</code>	Typendefinition

**Tabelle 2-1: Wichtige Elemente von RDFS**

Abbildung 2-4 zeigt ein visuelles Beispiel einer mit RDFS modellierten Ontologie. Es ist äquivalent zu der in Abbildung 2-3 beschriebenen RDFa Serialisierung. Aus der Abbildung ist ersichtlich, dass *diuf:Projekt* mit *rdfs:Class* getypt ist und gleichzeitig eine Unterklasse von *rdfs:Resource* ist. Bei *diuf:Projekt* handelt es sich dementspre-

chend sowohl um eine Klasse als auch um eine Ressource. Im Gegensatz dazu sind *diuf:Webseite* und *diuf:Autor* zwei Eigenschaften, da sie den Typ *rdf:Property* aufweisen. Ausserdem ist ersichtlich, dass die beiden Eigenschaften ihre zulässigen Eigenschaftswerte einschränken, indem sie dafür zulässige Klassen mit *rdfs:domain* und Wertebereiche mit *rdfs:range* festlegen. Die Eigenschaft *diuf:Webseite* stellt demnach eine Beziehung zwischen einem Projekt und einer Ressource her und die Eigenschaft *diuf:Autor* eine Verknüpfung zwischen einem Projekt und einem Literal.



**Abbildung 2-4: Visualisierung einer RDFS Ontologie in Anlehnung an (Breslin, Passant, & Decker, 2009, S. 59)**

Auch RDFS verfügt nur über eine beschränkte Ausdrucksstärke. Denn nicht alle Beziehungen zwischen Klassen und Eigenschaften lassen sich ausreichend konkret modellieren. Beispielsweise können negative, disjunkte oder äquivalente Beziehungen nicht modelliert werden. RDFS ist deshalb nicht geeignet, um komplexes Wissen in Ontologien abzubilden. Dafür lässt sich die ebenfalls vom W3C standardisierte Ontologiesprache OWL einsetzen (Hitzler, Krötzsch, Rudolph, & Sure, 2008, S. 125).

#### 2.2.2.4 OWL

OWL basiert auf der Prädikatenlogik erster Stufe und verfügt im Vergleich zu RDFS über mehr Ausdrucksstärke. Komplexe Beziehungen und Abhängigkeiten können mit OWL exakt definiert werden. Da ein negativer Zusammenhang zwischen der Ausdrucksstärke und der Effizienz des Schlussfolgerns besteht, wird OWL in drei Teilsprachen unterteilt. Jede Teilsprache verfügt dabei über eine spezifische Ausdrucksstärke und Komplexität. Benutzer können dadurch eine ihren spezifischen

Anforderungen entsprechende Sprache wählen. Die drei Teilsprachen lauten in aufsteigender Ausdrucksstärke OWL-Lite, OWL-DL und OWL-Full. Jede dieser drei Sprachen ist jeweils vollständig in der ihr übergeordneten Sprache enthalten (Hitzler, Krötzsch, Rudolph, & Sure, 2008, S. 125-126). Die grösste praktische Bedeutung kommt dabei nach (Hitzler, Krötzsch, Rudolph, & Sure, 2008, S. 157) der Teilsprache OWL-DL zu.

Für die Serialisierung von mit OWL modellierten Ontologien existieren verschiedene Syntaxen. Da sich die vorliegende Arbeit mit dem Aspekt der Benutzerfreundlichkeit auseinandersetzt, wird die für Menschen einfach verständliche Abstrakte OWL Syntax näher betrachtet. Wenn nicht anders angemerkt, beziehen sich die folgenden Erläuterungen auf die Teilsprache OWL-DL.

Die Abstrakte OWL Syntax ermöglicht eine funktionale Notation von Klassen, Eigenschaften und Individuen. Wie in RDFS werden Individuen als instanziierte Klassen verstanden. Mit der Abstrakten OWL Syntax wird die Notation nicht in Teilstücke unterteilt, wie beispielsweise in Tripel bei RDF. Vielmehr werden Notationen in einem syntaktischen Konstrukt dargestellt. Um in der Abstrakten OWL Syntax die Charakteristika von Klassen und Eigenschaften zu spezifizieren, werden Axiome verwendet. Hierbei wird zwischen Klassenaxiomen, Eigenschaftsaxiomen und Restriktionen unterschieden.

Klassenaxiome beschreiben die Zusammenhänge zwischen mehreren Beschreibungen. Beschreibungen sind Klassen, Restriktionen oder Mengen von Individuen. Auch boolesche Kombinationen von Beschreibungen sind Beschreibungen und können in Klassenaxiomen enthalten sein. Dies ermöglicht eine Modellierung von komplexen Zusammenhängen. Die mit der Abstrakten OWL Syntax modellierbaren booleschen Kombinationen sind in Tabelle 2-2 aufgelistet.

<b>Boolesche Kombination</b>	<b>Erklärung</b>
<code>unionOf(description ...)</code>	Vereinigungsmenge von Beschreibungen
<code>intersectionOf(description ...)</code>	Schnittmenge von Beschreibungen
<code>complementOf(description)</code>	Komplement einer Beschreibung
<code>oneOf(individualID ...)</code>	Menge von Individuen

**Tabelle 2-2: Boolesche Kombinationen für OWL-DL**

Mit Klassenaxiomen können Klassen grundsätzlich entweder allgemein beschrieben oder exakt definiert werden. Klassen können ausserdem als eine festgelegte Menge von bestimmten Individuen definiert werden. Zusätzlich bietet OWL die Möglichkeit, zwei oder mehr Klassen als zueinander äquivalent oder disjunkt zu modellieren. Wie mit RDFS können auch Unterklassen gebildet werden. Die Sprachkonstrukte für die erwähnten Klassenaxiome sind in Tabelle 2-3 zusammengefasst.

Klassenaxiom	Erklärung
Class(classID partial ...)	Allgemeine Beschreibung einer Klasse
Class(classID complete ...)	Exakte Definition einer Klasse
EnumeratedClass(classID)	Klassendefinition durch Individuenmengen
EquivalentClasses(description)	Identische Klassen
DisjointClasses(description...)	Ausschliessende Klassen
SubClassOf(description ...)	Unterklasse einer Klasse

**Tabelle 2-3: Klassenaxiome für OWL-DL**

Mit Eigenschaftsaxiomen können mehrere Eigenschaften als zueinander gleichwertig modelliert werden. Wie in RDFS ist es auch möglich, Eigenschaften in Untereigenschaften zu gliedern und für bestimmte Klassen oder Wertebereiche einzuschränken. Individuen einer Klasse mit eingeschränkten Eigenschaften müssen alle Einschränkungen erfüllen, um die entsprechende Klasse instanziiert zu können. Die Teilsprache OWL-Full bietet zusätzliche Möglichkeiten um Eigenschaften zu spezifizieren. In OWL-Full können Eigenschaften zusätzlich als funktional, invers-funktional, symmetrisch oder transitiv zueinander modelliert werden. Die für die Teilsprache OWL-DL relevanten Eigenschaftsaxiome sind in der Tabelle 2-4 zusammengefasst.

Eigenschaftsaxiom	Erklärung
EquivalentProperties(propertyID ...)	Identische Eigenschaften
SubPropertyOf(propertyID ...)	Untereigenschaften
ObjectProperty(propertyID ... domain(description) ... range(description))	Eigenschaftseinschränkungen für bestimmte Klassen und Wertebereiche

**Tabelle 2-4: Eigenschaftsaxiome für OWL-DL**

Eigenschaftseinschränkungen können auch durch Restriktionen in Klassenaxiomen ausgedrückt werden. Mit Restriktionen kann festgelegt werden, welche Eigenschaftswerte eine Eigenschaft enthalten darf. Restriktionen können dabei entweder für alle Werte oder für mindestens einen Wert einer bestimmten Eigenschaft gelten.

Durch die Angabe von Kardinalitäten kann zudem die minimale, maximale oder gewünschte Anzahl Eigenschaftswerte festgelegt werden (W3C, 2004). Die erwähnten Restriktionen sind zusammenfassend in Tabelle 2-5 aufgelistet.

Restriktion	Erklärung
<code>allValuesFrom(n)</code>	Alle Eigenschaften eingeschränkt
<code>someValuesFrom(n)</code>	Mindestens eine Eigenschaft eingeschränkt
<code>value()</code>	Vordefinierter Eigenschaftswert
<code>minCardinality(n)</code>	Minimale Anzahl Eigenschaften
<code>maxCardinality(n)</code>	Maximale Anzahl Eigenschaften
<code>cardinality(n)</code>	Vordefinierte Anzahl Eigenschaften

**Tabelle 2-5: Restriktionen für OWL-DL**

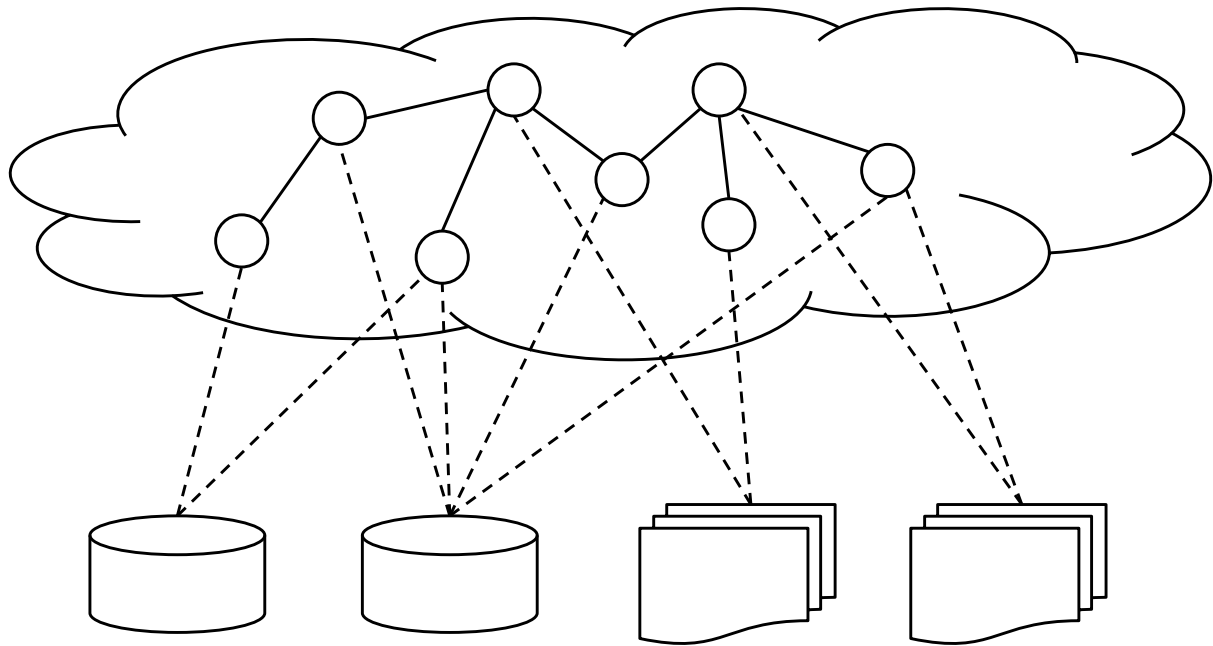
RDFS und OWL sind zwei Wissensrepräsentationssysteme, die Wissen formal als Ontologien modellieren. Topic Maps verfolgen einen anderen Ansatz. Sie repräsentieren Wissen, indem sie die in Informationen beschriebenen Themen zueinander in Beziehung setzen. Die Funktionsweise von Topic Maps wird im nächsten Abschnitt genauer erläutert.

### 2.2.3 Topic Maps

Topic Maps beschreiben Wissen in Form von Semantischen Netzen. Unter einem Semantischen Netz versteht man *„eine geordnete Zusammenstellung von Begriffen (...), deren Zusammenhang über beliebige Beziehungen miteinander definiert wird. Sowohl Begriffe als auch Beziehungen sind typisierbar und es existiert eine Grammatik für deren Verwendung“* (Beier, 2006, S. 262). Die Idee von Topic Maps besteht darin, externe Informationen zu referenzieren und die diesen Informationen zugrundeliegenden Themen miteinander in Beziehung zu setzen. Dadurch wird eine Wissensbasis geschaffen, in der Suchvorgänge einfacher, schneller und präziser möglich sind (Widhalm & Mück, 2002, S. 6).

Abbildung 2-5 visualisiert die Funktionsweise von Topic Maps. Die Wolke stellt die relevante Wissensdomäne dar, in der Wissen modelliert wird. Die Topic Map ist als ungerichteter Graph in der Wolke dargestellt. Sie bildet einen Teil des Wissens innerhalb der Wissensdomäne ab. Die Knoten des Graphen repräsentierten Themen, die Bögen zeigen Beziehungen zwischen Themen. Die den Themen zugrundeliegenden Informationen werden in der Abbildung als Zylinder für Datenbanken und

abgetrennte Rechtecke für Dokumente dargestellt. Anhand der gestrichelten Linien von einem Thema zu mehreren externen Informationen wird visualisiert, dass ein in der Topic Map abgebildetes Thema in verschiedenen Informationsressourcen enthalten sein kann. Hierdurch wird deutlich, dass Wissen in Topic Maps unabhängig von den in ihnen beschriebenen Informationen modelliert wird. Topic Maps trennen damit die Informationsschicht von der Wissensbasis. Dadurch können sie unabhängig ausgetauscht und miteinander verknüpft werden.



**Abbildung 2-5: Konzept von Topic Maps nach (Garshol, 2002)**

Für die Wissensmodellierung mit Topic Maps existieren zwei verschiedene Standards (Beier, 2006, S. 262). Der erste der Standard wird von der ISO definiert und trägt die Bezeichnung ISO 13250. Er legt das Datenmodell und die Syntax der Wissensrepräsentation mit Topic Maps fest. Es stellt sich jedoch heraus, dass die dem Standard zugrundeliegende Syntax für den Einsatz im Web ungeeignet ist. Die Syntax von ISO 13250 basiert auf den beiden ISO Standards Standard Generalized Markup Language (kurz SGML) und Hypermedia/Time-based Structuring Language (kurz HyTime). Im Web sind sowohl SGML als auch HyTime aufgrund ihrer Komplexität weder verbreitet noch akzeptiert.

Um Topic Maps im Web einsetzen zu können, wird nach der Veröffentlichung des ISO 13250 Standards die unabhängige Arbeitsgruppe TopicMaps.org gegründet. Sie setzt sich zum Ziel, einen für den Einsatz im Web optimierten Topic Map Standard auszuarbeiten. Kurze Zeit nach der Gründung veröffentlicht TopicMaps.org die erste

Version ihres Standards unter dem Namen XML Topic Maps (kurz XTM). Wie der Name indiziert, basiert die Syntax von XTM auf den im Web verbreiteten und akzeptierten Standards XML und URI. Ausgenommen von der Syntax entspricht die Spezifikation von XTM grösstenteils derer von ISO 13250. Am Basismodell der Wissensrepräsentation werden nur wenige Veränderungen vorgenommen (Garshol, 2002). Nach der Veröffentlichung der ersten Version des XTM Standards durch die Arbeitsgruppe TopicMaps.org, folgt eine zweite und überarbeitete Version. Sie wird wieder von der ISO spezifiziert und enthält einige Verbesserungen gegenüber der ersten Version des Standards.

Im Web hat sich der XTM Standard gegenüber ISO 13250 durchgesetzt. Deshalb beziehen sich die folgenden Erläuterungen zur Funktionsweise von Topic Maps auf die zweite Version dieses Standards.

Schlüsselemente jeder XTM sind Themen. Sie repräsentieren alle möglichen Entitäten, über die Wissen beschrieben werden soll. Ein Thema kann dabei durch einen oder mehrere Namen beschreiben werden. Innerhalb der Topic Map bleibt es jedoch anhand eines Identifikationsmerkmals eindeutig referenzierbar. Ein Thema kann auch als eine Instanz eines anderen Themas modelliert werden. Es ist dann vom Typ seines übergeordneten Themas. Beziehungen können mit Topic Maps zwischen beliebig vielen Themen beschrieben werden. Auch Beziehungen können getypt werden, um anzugeben, um welche Art von Beziehung es sich handelt. Jedes Thema das in einer Beziehung involviert ist, nimmt innerhalb dieser Beziehung eine bestimmte Rolle ein. Die Rolle eines Themas wird durch das Festlegen seines Rolentyps in der Beziehung definiert. Da Informations- und Wissensschicht in Topic Maps getrennt sind, müssen die zu einem Thema relevanten Informationsressourcen referenziert werden. Diese externen Ressourcen werden als Vorkommnisse bezeichnet. Um unterscheiden zu können um welche Art von Information es sich bei einem Vorkommnis handelt, kann dessen Typ angegeben werden. Eine andere Art von Unterscheidung bietet das Konzept der Gültigkeitsbereiche. Durch das Festlegen von Gültigkeitsbereichen werden Topic Maps aufgeteilt. Themen, Beziehungen und Vorkommnisse werden dazu derart definiert, dass sie nur innerhalb eines bestimmten Bereichs gültig sind. Benutzer können einen Gültigkeitsbereich wählen und damit festlegen, welche Elemente einer Topic Map für sie von Bedeutung sind. Um eine mehrsprachige Topic Map zu modellieren genügt es beispielsweise, für jede Sprache

einen Gültigkeitsbereich festzulegen und darin die Bezeichnungen in der passenden Sprache anzugeben. Benutzer können anschliessend durch das Festlegen des Gültigkeitsbereichs die Sprache der Topic Map ändern. Damit das in einem Thema beschriebene Subjekt trotz verschiedenen Bezeichnungen auch über die Grenzen einer Topic Map eindeutig identifizierbar ist, wird es durch URIs referenziert. Diese eindeutige Identifikation wird zwingend benötigt, wenn mehrere Topic Maps zusammengefasst werden. Themen die das gleiche Subjekt beschreiben, werden dann zu einem einzigen Thema zusammengefasst. Dieses neue Thema repräsentiert dabei die Vereinigungsmenge aller Themen die das gleiche Subjekt beschreiben (Garshol, 2002).

Die wichtigsten Elemente aus der zweiten Version der XTM Spezifikation werden in nachstehender Tabelle 2-6 zusammengefasst (Moore & Garshol, 2006).

Element	Beschreibung
topicMap	Topic Map Dokumentenelement
topic	Thema
subjectIdentifier	Identifiziert das im Thema beschriebene Subjekt
instanceOf	Ordnet einem Thema einen oder mehrere Typen zu
type	Ordnet einem Element einen oder mehrere Typen zu
name	Legt den Namen eines Themas fest
variant	Legt alternative Themennamen fest
scope	Ordnet ein Element einem Gültigkeitsbereich zu
occurrence	Verknüpft Vorkommnisse mit Themen
association	Repräsentiert Beziehungen zwischen Themen
role	Beschreibt die Rolle eines Themas in einer Beziehung
mergeMap	Fasst mehrere Topic Maps zusammen

**Tabelle 2-6: Wichtige Elemente des XTM Standards**

In Abbildung 2-6 ist ein Beispiel einer Topic Map nach dem XTM Standard der zweiten Version beschrieben. Das Beispiel ist äquivalent zu dem in Abbildung 2-2 abgebildeten RDF Diagramm. Es beschreibt die beiden Themen *project29* und *website41*, sowie die Beziehung *projektwebseite* zwischen diesen beiden Themen. Das Thema *website41* enthält zudem ein Vorkommnis in Form eines festen Datenwerts. Es beschreibt den Autor der Projektwebseite. Allen Themen, Vorkommnisse und Beziehungen wird zudem ein Typ zugewiesen. Der Übersichtlichkeit wegen wird im Beispiel auf die Definition dieser Typen verzichtet.

```
<topicMap version="2.0" xmlns="http://www.topicmaps.org/xtm/">
  <topic id="project29">
    <subjectIdentifier href="http://diuf.unifr.ch/is/projects/#29" />
    <instanceOf>
      <topicRef href="#projekt" />
    </instanceOf>
    <name>
      <value>Projekt 29</value>
    </name>
  </topic>
  <topic id="website41">
    <subjectIdentifier href="http://www.beispielprojekt.ch/" />
    <instanceOf>
      <topicRef href="#webseite" />
    </instanceOf>
    <name>
      <value>Webseite des Projekts mit der Nummer 29</value>
    </name>
    <occurrence>
      <type>
        <topicRef href="#autor" />
      </type>
      <resourceData>Peter Muster</resourceData>
    </occurrence>
  </topic>
  <association>
    <type>
      <topicRef href="#projektwebseite" />
    </type>
    <role>
      <type>
        <topicRef href="#projekt" />
      </type>
      <topicRef href="#project29" />
    </role>
    <role>
      <type>
        <topicRef href="#webseite" />
      </type>
      <topicRef href="#website41" />
    </role>
  </association>
</topicMap>
```

#### Abbildung 2-6: Beispiel einer XTM

Sowohl RDFS/OWL als auch Topic Maps basieren auf formalen Standards. Eine nicht standardisierte Form der Wissensrepräsentation bieten Tag Clouds. Sie sind grundsätzlich der Informationsvisualisierung zuzuordnen. Die ihnen zugrundeliegenden Informationen sind jedoch benutzergeneriert und enthalten deshalb gemeinschaftliches Wissen. Die genaue Funktionsweise von Tag Clouds wird im folgenden Abschnitt erläutert.

## 2.2.4 Tag Clouds

Tag Clouds haben sich im Sozialen Web entwickelt und ermöglichen eine visuelle Darstellung von benutzergeneriertem Wissen. Sie basieren grundlegend auf der im Sozialen Web beobachtbaren Praxis des Taggens (auf Englisch tagging). Beim Vorgang des Taggens klassifizieren Benutzer einer Sozialen Anwendung verschiedene Webressourcen wie Lesezeichen, Artikel, Bilder oder Videos. Die Klassifizierung wird dabei selbstständig durch das Zuordnen von Tags (auf Englisch tags) auf Ressourcen vorgenommen. Tags sind Schlagwörter, die eine Ressourcen beschreiben. Sie können von Benutzern frei festgelegt werden und unterliegen keiner vorgegebenen Ordnung. Eine Ressource kann dabei mehreren Tags gleichzeitig angehören. Ebenso können mehrere Ressourcen mit demselben Tag beschrieben werden. Da Tags frei festlegbar sind, repräsentieren sie die Aspekte einer Ressource, welche Benutzern besonders wichtig erscheinen (Breslin, Passant, & Decker, 2009, S. 138).

Taggt die gesamte Gemeinschaft einer Sozialen Anwendung eigene oder fremde Ressourcen, entsteht eine Sammlung von Tags. Eine solche Sammlung wird als Folksonomie (auf Englisch folksonomy) bezeichnet. Der Begriff setzt sich aus den beiden Wörtern *folks* (Englisch für Menschen) und *taxonomy* (Englisch für Klassifizierungslehre) zusammen. Im Gegensatz zu einer klassischen Taxonomie besteht eine Folksonomie jedoch nicht aus einer vorgegebenen Hierarchie von im voraus festgelegten Kategorien (Alby, 2007, S. 121). Eine Folksonomie ist vielmehr als ein gemeinschaftlich generiertes, sich stetig weiterentwickelndes und benutzerzentriertes Kategorisierungsschema zu verstehen (Breslin, Passant, & Decker, 2009, S. 140).

Eine Tag Cloud ist eine visuelle Darstellung einer Folksonomie. In ihr werden Tags ihrer relativen Häufigkeit entsprechend abgebildet. Da kein Standard für die Darstellung und Funktionsweise von Tag Clouds existiert, beziehen sich die folgenden Erläuterungen auf die im Sozialen Web am meisten verbreitete Praxis. Dort werden Tag Clouds oft dargestellt, indem die relevantesten Tags einer Folksonomie alphabetisch geordnet und mit steigender Häufigkeit auffälliger abgebildet werden. Die auffällige Darstellung wird dabei häufig durch eine veränderte Schriftgröße, Schriftgewichtung oder Schriftfarbe umgesetzt. Die Auffälligkeit eines Tags in einer Tag Cloud, kann demnach als Merkmal für dessen Popularität in der entsprechenden Gemeinschaft interpretiert werden (Kalbach, 2008, S. 69).

Neben der visuellen Darstellung von Folksonomien bieten Tag Clouds auch die Möglichkeit zwischen verwandten Ressourcen zu navigieren und verwandte Ressourcen zu entdecken. Dazu werden alle gemeinsam mit einer Ressource verwendeten Tags in einer Tag Cloud dargestellt und auswählbar gemacht. Wählt ein Benutzer ein Tag aus, werden ihm alle Ressourcen angezeigt, die mit diesem Tag gekennzeichnet sind (Breslin, Passant, & Decker, 2009, S. 140).

Abbildung 2-7 zeigt ein einfaches Beispiel einer Tag Cloud. In ihr werden die beliebtesten Tags zur Klassifizierung von Bildern auf der Sozialen Anwendung Flickr.com dargestellt. Je grösser ein Tag in der Tag Cloud erscheint, desto häufiger wird er zur Beschreibung von Bildern verwendet und desto grösser ist folglich sein relativer Anteil in der Folksonomie. Aus der Tag Cloud kann somit abgelesen werden, welche Art von Bildern häufig veröffentlicht werden. Zudem lässt sich ableiten, welche Themen sich in der Gemeinschaft grosser Beliebtheit erfreuen. Die abgebildete Tag Cloud kann auch verwendet werden, um neue und miteinander verwandte Bilder zu entdecken. Dazu sind alle Tags in der Tag Cloud auswählbar. Wird beispielsweise der Tag *california* ausgewählt, so werden alle Bilder angezeigt, welche mit diesem Tag klassifiziert sind. Zusätzlich wird eine neue Tag Cloud generiert, welche alle Tags abbildet, die häufig gleichzeitig mit dem Tag *california* verwendeten werden. Im Beispiel sind dies mit abnehmender Relevanz: *sanfrancisco*, *beach*, *ocean*, *sunset*, *water*, *nature*, *sky*, *usa*, *pacific* und *blue*. Auch diese Tags können ausgewählt werden, wodurch wiederum eine neue Tag Cloud mit allen dazu relevanten Tags generiert wird. Der Vorgang ist also rekursiv anwendbar und dient Benutzern zur Erkundung von Folksonomien. Durch die Auswahl eines bestimmten Tags können Benutzer die Suche nach verwandten Ressourcen in eine gewünschte Richtung lenken. Sie profitieren dabei vom Wissen der Gemeinschaft, welches in der zugrundeliegenden Folksonomie beschrieben ist.



## 3 Vergleich

In diesem Kapitel werden die drei in Abschnitt 2.2 vorgestellten Wissensrepräsentationssysteme miteinander verglichen und das benutzerfreundlichste System anhand einer Nutzenwertanalyse ermittelt. Dazu werden einleitend einige allgemeine Vorbemerkungen angestellt, die bei der Durchführung und Interpretation der Analyse berücksichtigt werden müssen. Daran anschliessend werden alle für den Vergleich relevanten Definitionen vorgenommen. Nach erfolgter Analyse wird ein Gesamtergebnis ermittelt und das Resultat kommentiert.

### 3.1 Vorbemerkungen

Die Benutzerfreundlichkeit eines Informationssystems ist nur schwierig quantifizierbar. Die Ursachen dafür sind vielfältig. Einerseits beurteilen Benutzer die Benutzerfreundlichkeit eines Systems nach subjektiven Empfindungen, da sie in Abhängigkeit ihrer Erfahrungen und Bedürfnissen unterschiedliche Anforderungen daran stellen. Andererseits wird eine valide Messung durch das Fehlen von allgemeingültigen Kriterien erschwert. Vergleichbare Aussagen zur Benutzerfreundlichkeit verschiedener Systeme sind deshalb nur innerhalb einer Analyse ermittelbar.

Auch (Hearst, 2011) bezeichnet die Mensch-Maschine-Interaktion als einen unpräzisen Prozess. Benutzer haben oft nur ein vages Verständnis davon, wie sie durch Interaktionen mit einem System an gesuchte Informationen gelangen. Ihr Vorgehen unterliegt dabei keinem vorhersehbaren Muster. Ausserdem sind deren Motivationen um nach Informationen zu suchen unterschiedlich. Bei einer Informationssuche kann es sich sowohl um eine einfache Suche als auch um eine umfangreiche Recherche handeln. Die Anforderungen an die Ausgestaltung der Interaktionsmöglichkeiten eines Systems sind deshalb von den individuellen Absichten und Verhalten der Benutzer abhängig. Erschwerend kommt hinzu, dass diese Motivationen und Verhaltensweisen einem ständigen Wandel unterliegen. Die Beurteilung der Benutzerfreundlichkeit eines bestimmten Benutzers kann sich folglich zeitabhängig verändern. Für die Erfassung der Benutzerfreundlichkeit eines Systems ist es dementsprechend wichtig, die spezifischen Anforderungen der Benutzer zu berücksichtigen und dabei ein adäquates Gleichgewicht zu finden.

Da keine generellen Kriterien für die Messung der Benutzerfreundlichkeit von Wissensrepräsentationssystemen vorhanden sind, werden diese für die weitere Analyse festgelegt. Um eine gewisse Reliabilität zu gewährleisten, wird die Nutzenwertanalyse aus der Sicht einer spezifischen Benutzerklasse mit definierbaren Anforderungen durchgeführt. Dennoch ist anzumerken, dass sowohl das Festlegen der Rahmenbedingungen als auch die Bewertung der Systeme den subjektiven Empfindungen des Autors unterliegen. Alle Annahmen und Bewertungen werden jedoch begründet und nachvollziehbar dargestellt.

## **3.2 Definitionen**

Bevor die Nutzenwertanalyse durchgeführt wird, werden die dafür geltenden Rahmenbedingungen festgelegt. In diesem Abschnitt wird dazu zuerst definiert, aus welcher Sicht die Evaluation vorgenommen wird. Danach werden die relevanten Kriterien ausgewählt und in mehrere messbare Faktoren unterteilt. Sowohl Kriterien als auch Faktoren werden anschliessend unterschiedliche Gewichte zugewiesen.

### **3.2.1 Gelegenheitsbenutzer**

Die Bewertung der Benutzerfreundlichkeit wird aus der Sicht der Gelegenheitsbenutzer des Sozialen Semantischen Webs vorgenommen. Die Definition dieser Benutzer wird in Anlehnung an (Herczeg, 2005, S. 68-71) vorgenommen. Demnach wird grundsätzlich zwischen den vier in Abbildung 3-1 dargestellten Benutzerklassen unterschieden. Aus der Abbildung ist ersichtlich, dass drei der vier Klassen einander zeitlich nachgelagert sind. Dies zeigt die übliche Entwicklung eines Benutzers hinsichtlich eines bestimmten Informationssystems. Benutzer beginnen die Nutzung eines Systems stets als unerfahrene Benutzer. Arbeiten sie intensiv und regelmässig mit demselben System, entwickeln sich Routinen. Unerfahrene Benutzer wechseln dann in die nächsthöhere Klasse der Routinebenutzer. Routinebenutzer haben gegenüber dem Informationssystem Automatismen entwickelt, die sie unbewusst anwenden. Befassen sich Routinebenutzer über mehrere Jahre mit dem gleichen System, können sie der Benutzerklasse der Experten zugeordnet werden. Experten haben grosses Interesse am entsprechenden Informationssystem und kennen dessen Möglichkeiten und Grenzen. Neben Routinetätigkeiten nutzen sie das Informationssystem auch für spezielle und seltene Aufgaben.

Im Gegensatz zu den drei bisher erwähnten Benutzerklassen lassen sich Gelegenheitsbenutzer nicht in ein Stadium der zeitlichen Entwicklung von Benutzern einordnen. Als Gelegenheitsbenutzer werden alle Benutzer bezeichnet, die ein bestimmtes Informationssystem nur für eine kurze oder begrenzte Zeitspanne nutzen. Dabei spielt es keine Rolle über wie viel Erfahrung diese Benutzer in der Bedienung anderer Systeme haben. Typische Beispiele für selten genutzte Informationssysteme sind Kiosksysteme wie Ticket- oder Bankautomaten. Sie werden ausschliesslich für in sich abgegrenzte Tätigkeiten verwendet. Durch die seltene Nutzung ein und desselben Systems können sich bei Gelegenheitsbenutzern keine Routinen entwickeln. Lerneffekte verflüchtigen sich in den Zeiträumen zwischen zwei Nutzungen. Besonders in Anbetracht der zunehmenden Verfügbarkeit unterschiedlicher Informationssysteme, wird die Benutzerklasse der Gelegenheitsbenutzer auch künftig eine wichtige Rolle einnehmen.

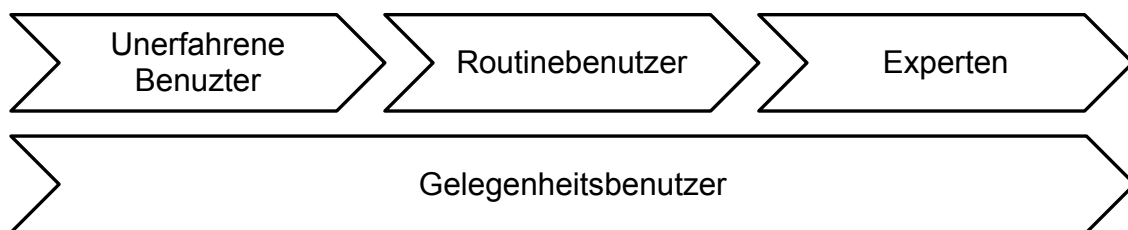


Abbildung 3-1: Vier typische Benutzerklassen nach (Herczeg, 2005, S. 68-71)

### 3.2.2 Kriterien

Die in der Analyse verwendeten Kriterien sollen die Benutzerfreundlichkeit der zu vergleichenden Systeme messen. In Anlehnung an (Zuse, 2008, S. 95) wird der Begriff Benutzerfreundlichkeit als die vom Benutzer erlebte Nutzungsqualität bei der Interaktion mit einem System definiert.

Definitionsgemäss verfügt ein benutzerfreundliches System über eine einfache und zu den Bedürfnissen der Benutzer passende *Bedienung*. Das erste Kriterium soll deshalb messen, wie gut die Bedienung der drei Systeme auf die Bedürfnisse der Gelegenheitsbenutzer ausgerichtet ist. Nach (Herczeg, 2005, S. 70) fordern diese insbesondere eine optisch attraktive, motivierende und unmittelbar verständliche Mensch-Maschine-Interaktion. Aus diesem Grund wird das Kriterium Bedienung in die drei Faktoren *Optik*, *Motivation* und *Verständlichkeit* unterteilt.

Für die Nutzungsqualität eines Systems ebenfalls relevant ist dessen *Effizienz*. Auch dieses Kriterium wird in drei Faktoren aufgeteilt. Mit dem Faktor *Standard* wird angegeben, inwieweit ein Wissensrepräsentationssystem standardisiert und für den Einsatz im Sozialen Semantischen Web geeignet ist. Es wird davon ausgegangen, dass sich darin nur standardisierte Systeme effizient einsetzen lassen. Der Faktor *Modellierungsverfahren* gibt an, wie Wissen in einem System modelliert wird. Das Modellierungsverfahren ist ausschlaggebend dafür verantwortlich, wie effizient ein System auf Veränderungen und Entwicklungen in der Wissensbasis reagieren kann. Der dritte Faktor bewertet die *Kritische Grösse* die ein System erreichen muss, bis es für Benutzer einen adäquaten Mehrnutzen generiert. Als Nutzen wird dabei insbesondere die Ableitbarkeit von implizitem Wissen aus existierenden Wissensbeständen verstanden.

Mit dem dritten und letzten Kriterium wird die *Komplexität* der Systeme beurteilt. Das Kriterium wird dabei in zwei Faktoren unterteilt. Der erste Faktor ermittelt die *semantische Ausdrucksstärke* eines Systems. Damit wird bewertet, wie gut sich komplexes Wissen in einem System modellieren lässt. Der zweite Faktor misst die *Erweiterbarkeit*. Hiermit wird quantifiziert, inwiefern ein System die Vision vom Sozialen Semantischen Web als eine benutzergenerierte und global vernetzte Wissensbasis unterstützt. Wichtig dafür ist vor allem die Verknüpfbarkeit von Wissen über Systemgrenzen hinaus.

### 3.2.3 Gewichtung

Die im vorigen Abschnitt definierten Kriterien und Faktoren werden unterschiedlich gewichtet. Mit der Gewichtung der Kriterien wird festgelegt, als wie relevant jedes einzelne Kriterium für das Gesamtergebnis betrachtet wird. Die Gewichtung der Faktoren gibt an, welchen Einfluss sie auf die Bewertung des ihnen übergeordneten Kriteriums haben. Sowohl die Summe aller Kriteriumgewichte als auch aller Faktorgewichte pro Kriterium muss 100% ergeben.

Mit einem Gewicht von 50% wird dem Kriterium *Bedienung* die grösste Bedeutung für das Gesamtergebnis angerechnet. Die hohe Gewichtung wird damit begründet, weil für Gelegenheitsbenutzer eine angemessene Bedienung besonders wichtig ist. Als für die Bewertung der Bedienung am relevantesten wird der Faktor *Optik* angesehen. Er erhält ein relatives Gewicht von 40%. Die beiden anderen Faktoren

*Motivation* und *Verständlichkeit* werden mit einem Gewicht von je 30% als gleich bedeutend betrachtet.

Das Kriterium *Effizienz* wird mit 30% gewichtet. Im Kontext der Analyse wird es als wichtig angesehen, dass sich ein System in das Konzept des Sozialen Semantischen Webs integrieren lässt. Der Faktor *Standard* wird mit einem relativen Gewicht von 40% als für die Bewertung der Effizienz am bedeutendsten betrachtet. Als gleich relevant werden die beiden anderen Faktoren *Modellierungsverfahren* und *Kritische Grösse* festgelegt. Ihnen wird eine Gewichtung von jeweils 30% zugeteilt.

Für die Bewertung der Benutzerfreundlichkeit am wenigsten wichtig ist das Kriterium *Komplexität*. Mit einem Gewicht von 20% erhält es dementsprechend am wenigsten Einfluss auf das Gesamtergebnis. Für dessen Bewertung wird der Faktor *Erweiterbarkeit* mit 60% relativer Gewichtung als bedeutender angesehen, als die mit 40% gewichtete *semantische Ausdrucksstärke*.

Tabelle 3-1 fasst die für die Analyse definierten Kriterien, Faktoren und Gewichte zusammen. Sie dient als Ausgangspunkt für die im nächsten Abschnitt folgende Bewertung.

<b>Kriterium/Faktoren</b>	<b>Gewicht</b>
Bedienung	50%
Optik	40%
Motivation	30%
Verständlichkeit	30%
Effizienz	30%
Standard	40%
Modellierungsverfahren	30%
Kritische Grösse	30%
Komplexität	20%
Erweiterbarkeit	60%
Semantische Ausdrucksstärke	40%

**Tabelle 3-1: Berücksichtigte Kriterien, Faktoren und relative Gewichte**

## 3.3 Bewertung

In diesem Abschnitt werden die festgelegten Kriterien nacheinander und für jedes System separat bewertet. Dazu werden zuerst die den Kriterien zugrundeliegenden Faktoren aus Sicht der Gelegenheitsbenutzer beurteilt. Die Bewertung der Kriterien errechnet sich anschliessend aus den Nutzenwerten der einzelnen Faktoren. Für die Beurteilung der Faktoren wird jeweils die gleiche vierstufige Ordinalskala verwendet. Sie enthält in aufsteigender Reihenfolge die Ausprägungen *schlecht*, *mittel*, *gut* und *sehr gut*.

### 3.3.1 Bedienung

Zur Bewertung des Kriteriums *Bedienung* werden die drei Faktoren *Optik*, *Motivation* und *Verständlichkeit* beurteilt. Wie erwähnt erfolgt die Beurteilung für jedes System einzeln. Die Resultate der Faktorbewertungen werden abschliessend zusammengefasst und kommentiert.

#### 3.3.1.1 RDFS/OWL

RDFS und OWL sind Wissensrepräsentationssprachen und bieten deshalb nur beschränkte Möglichkeiten der visuellen Unterstützung. Sie dienen primär dazu, Wissen formal mit Hilfe von Syntaxen zu beschreiben und damit Ontologien zu modellieren. Es existieren jedoch proprietäre Anwendungen, die eine optische Darstellung von Ontologien ermöglichen. Dennoch können nicht alle formal beschriebenen Beziehungen auch visualisiert werden. Vor allem mit OWL beschriebene Beziehungen wie beispielsweise boolesche Kombinationen, sind schwierig visualisierbar. Dadurch dass die optische Darstellung nicht im Standard definiert ist und Anwendungen mit visueller Unterstützung nicht offizieller Bestandteil von RDFS und OWL sind, wird die optische Unterstützung als *schlecht* beurteilt.

Definitionsgemäss befassen sich Gelegenheitsbenutzer nur für kurze Zeit mit ein und demselben System. Da RDFS und OWL auf formalen Syntaxen beruhen, ist es nicht zumutbar, dass sich Gelegenheitsbenutzer für deren Bedienung eine formale Sprache aneignen müssen. Erneut ist jedoch zu anzu merken, dass proprietäre Anwendungen existieren, die eine visuelle Interpretation von Ontologien ermöglichen. Die Serialisierung des graphischen Modells in eine formale Syntax wird dabei von den Anwendungen übernommen. Wie bereits erwähnt, sind jedoch nicht alle Sprachkonstrukte visualisierbar und derartige Anwendungen nicht Bestandteil des

RDFS und OWL Standards. Sie fließen deshalb nicht mit in die Bewertung ein. Die Motivation von Gelegenheitsbenutzern sich mit RDFS und OWL zu befassen wird dementsprechend als *schlecht* eingeschätzt.

Der formale Charakter von RDFS und OWL erschwert eine einfache Verständlichkeit. Wie gut mit RDFS und OWL modellierte Ontologien verständlich sind, hängt jedoch von der konkret verwendeten Syntax ab. Bezogen auf die beiden in Abschnitt 2.2.2 vorgestellten Syntaxen RDFa und Abstrakte OWL Syntax muss jedoch davon ausgegangen werden, dass Gelegenheitsbenutzer damit überfordert sind. Dabei ist anzumerken, dass es sich bei RDFa und der Abstrakten OWL Syntax um zwei vergleichsweise einfach verständliche Syntaxen handelt. Erschwerend kommt hinzu, dass die Syntaxen logikbasiert sind. So setzt OWL voraus, dass Benutzer die Prädikatenlogik erster Stufe verstehen. Von Gelegenheitsbenutzern kann dieses Vorwissen nicht verlangt werden. Folglich wird die Verständlichkeit von RDFS und OWL als *schlecht* beurteilt.

### 3.3.1.2 Topic Maps

Eine visuelle Darstellung von Topic Maps ist nicht im Standard verankert. Da sich das spezifizierte Datenmodell aber als semantisches Netz darstellen lässt, eignen sie sich hervorragend zur graphischen Visualisierung. Semantische Netze bestehen aus Knoten und ungerichteten Bögen. Knoten repräsentieren dabei einzelne Themen und Bögen zeigen Beziehungen zwischen Themen. Verwandte Themen können so optisch miteinander in Beziehung gestellt werden. Topic Maps können ausserdem als Navigationsmittel dienen, indem Themen auswählbar gemacht werden. Wählt ein Benutzer ein Topic, passt sich die Topic Map an, indem sie das gewählte Thema ins Zentrum setzt und alle verwandten Themen damit verknüpft. Dem Benutzer eröffnet sich dadurch eine effiziente Form, Informationen zu durchsuchen und deren Beziehungen zu entdecken. Vor allem für Gelegenheitsbenutzer bietet diese effiziente Art der Darstellung erhebliche Vorteile. Negativ anzumerken ist der Umstand, dass die visuelle Darstellung von Topic Maps nicht im Standard fixiert ist. Es existieren deshalb unterschiedliche Lösungen wie Themen, Beziehungen und Vorkommnisse graphisch dargestellt werden. Aus diesem Grund wird die Optik von Topic Maps nur als *gut* bewertet.

Wie erwähnt ermöglichen Topic Maps eine interessante Form, Wissen visuell darzustellen und navigierbar zu machen. Wie motivierend es für Gelegenheitsbenutzer ist,

sich mit Topic Maps zu befassen, lässt sich anhand einiger Vorteile quantifizieren. Als besonders motivierend ist die einfache und intuitive Bedienung zu erwähnen. Auch die Möglichkeit unbekannte Zusammenhänge visuell zu erforschen, wirkt sich positiv auf die Motivation aus. Ausgehend von einem bekannten Thema können so verwandte Themen, Beziehungen und Informationen durchforstet werden. Dieser Vorgang alleine ist für Gelegenheitsbenutzer ausreichend motivierend, sich mit Topic Maps auseinanderzusetzen. Die Motivation wird dementsprechend als *sehr gut* bewertet.

Topic Maps verfügen über einen hohen Abstraktionsgrad in der Art, wie sie Wissen organisieren. Durch die Trennung der Informationsschicht von der Wissensbasis entsteht eine höhere Abstraktionsebene, in der Konzepte modelliert werden können, die nicht zwingend auf zugrundeliegenden Informationen basieren. Hinzu kommt, dass sich die Wissensorganisation von Topic Maps grundlegend an menschlichen Denkstrukturen orientiert. In Topic Maps existiert kein klarer Einstiegspunkt und kein klares Oben und Unten. Wissen wird vielmehr evolutionär aus der Betrachtung von neuen Erkenntnissen aus verschiedenen Blickwinkeln erschlossen (Beier, 2006, S. 263). Diese Eigenschaften machen Topic Maps auch für Gelegenheitsbenutzer leicht verständlich, weshalb die Verständlichkeit als *sehr gut* eingestuft wird.

### **3.3.1.3 Tag Clouds**

Tag Clouds sind definitionsgemäss optische Darstellungen von Informationen. Sie visualisieren in Folksonomien gespeichertes Wissen, indem sie unterschiedliche relative Häufigkeiten von Tags optisch erkennbar machen. Diese Art der Wissensvisualisierung eignet sich, um einen Überblick einer Wissensbasis abzubilden. Da in Folksonomien keine expliziten Zusammenhänge zwischen Tags modelliert werden können, sind Tag Clouds jedoch nicht in der Lage, Beziehungen zu visualisieren. Hinzu kommt, dass sich Tag Clouds autonom im Sozialen Web entwickelt haben und deren optische Darstellung deshalb nicht standardisiert ist. Aufgrund dieser Nachteile wird die Optik von Tag Clouds nur als *mittel* eingestuft.

Auch Tag Clouds können als Navigationsmittel dienen. Dazu werden die darin abgebildeten Tags auswählbar gemacht. Wählt ein Benutzer einen Tag, wird eine neue Tag Cloud generiert. Sie enthält alle Tags, die gemeinsam mit dem ausgewählten Tag verwendet werden. Somit können Benutzer durch das Auswählen von Tags verwandte Informationen durchsuchen und neue Zusammenhänge erforschen. Die

Navigation beschränkt sich dabei jedoch auf das Erkennen von gleichzeitig miteinander verwendeten Tags. Ob die Konzepte und Begriffe, die sich hinter den annotierten Tags befinden tatsächlich miteinander in Beziehung stehen, kann aus Tag Clouds nicht gefolgert werden. Dennoch ist die Erforschung von Informationen mit einer graphischen Benutzerschnittstelle motivierend, was als *gut* bewertet wird.

Das Prinzip von Tag Clouds ist einfach verständlich. Folksonomien sind im Sozialen Web weit verbreitet, weshalb auch Gelegenheitsbenutzer deren Funktionsweise verstehen. Aufgrund der intuitiven Bedienung sind sie auch in der Lage, Tag Clouds als Navigationsmittel zu nutzen. Zu Problemen können jedoch Mehrdeutigkeiten von Tags führen. Der Grund liegt darin, dass Folksonomien auf keinem vordefinierten Vokabular basieren und Tags frei festgelegt werden können. Dadurch können Tags existieren, die zwar dasselbe meinen, aber durch andere Zeichenfolgen repräsentiert werden. Werden diese Tags in Tag Clouds visualisiert, können Benutzer in die Irre geführt werden, da in ihrer Bedeutung äquivalente Tags mehrfach dargestellt werden. Die Ursachen für mehrdeutige Tags sind vielfältig. Sie liegen beispielsweise in der Mehrsprachigkeit oder der unterschiedlichen Verwendung von Abkürzungen innerhalb der Gemeinschaft einer Sozialen Anwendung. Auch linguistische Variationen wie Synonyme, Ein- und Mehrzahl oder Gross- und Kleinschreibung führen zu verschiedenen Tags, die im Kern das gleiche bedeuten. Aufgrund dieser Verwirrungsgefahr wird die Verständlichkeit von Tag Clouds nur als *gut* eingeschätzt.

#### 3.3.1.4 Zusammenfassung

Tabelle 3-2 fasst die Resultate der Faktorbewertungen für das Kriterium *Bedienung* zusammen. Daraus ist ersichtlich, dass Topic Maps in jedem Faktor am besten bewertet werden. Damit dominieren sie sowohl RDFS/OWL als auch Tag Clouds. Im Vergleich zwischen Tag Clouds und RDFS/OWL ist erkennbar, dass Tag Clouds in jedem Faktor die bessere Bewertung erhalten und folglich RDFS/OWL dominieren. Da sich die Systeme gegenseitig eindeutig dominieren, lassen sie sich ordnen. Topic Maps bieten demnach gefolgt von Tag Clouds und RDFS/OWL die beste Bedienung.

<b>Bedienung</b>	<b>RDFS/OWL</b>	<b>Topic Maps</b>	<b>Tag Clouds</b>
Optik	schlecht	gut	mittel
Motivation	schlecht	sehr gut	gut
Verständlichkeit	schlecht	sehr gut	gut

**Tabelle 3-2: Faktorbewertungen des Kriteriums Bedienung**

### 3.3.2 Effizienz

Das Kriterium *Effizienz* wird bewertet, indem die Faktoren *Standard*, *Modellierungsverfahren* und *Kritische Grösse* beurteilt werden. Auch diese Beurteilungen werden für jedes System unabhängig durchgeführt. Eine kommentierte Zusammenfassung stellt die einzelnen Faktorbewertungen abschliessend vergleichend dar.

#### 3.3.2.1 RDFS/OWL

Die Ontologiesprachen RDFS und OWL werden beide vom W3C standardisiert und sind daher offizieller Bestandteil vom Konzept des Semantischen Webs. Damit ist gewährleistet, dass mit diesen Sprachen modellierte Ontologien auch in Zukunft verwendet werden können. Diese Eigenschaft wird hinsichtlich der Vision des Semantischen Webs als ein globales und maschineninterpretierbares Wissensnetzwerk als *sehr gut* bewertet.

Ein grosser Nachteil von RDFS und OWL liegt darin, dass die Wissensmodellierung mit viel Aufwand verbunden ist. Dies liegt daran, dass beide Ontologiesprachen auf einem zentralisierten top-down Ansatz basieren und Ontologien dementsprechend ausschliesslich von Experten modelliert werden. Dieser Ansatz führt zwar zu qualitativ hochwertigen Ontologien, verursacht den Benutzern dieser Systeme jedoch einen grossen Modellierungsaufwand. Neben dem beträchtlichen Einarbeitungsaufwand müssen während der Wissensmodellierung viele Informationen wiederholt werden. Hinzu kommt, dass Ontologien bei einer top-down Wissensmodellierung nur langsam auf Veränderungen in der Wissensbasis reagieren. Da es sich bei Gelegenheitsbenutzern nicht um Experten der Wissensmodellierung handelt, ist ein top-down Ansatz ungeeignet. Hinzu kommt, dass Wissen im Sozialen Semantischen Web grundsätzlich aus Gemeinschaften akquiriert werden soll. Das in RDFS und OWL eingesetzte Modellierungsverfahren wird deshalb als *schlecht* bewertet.

Aus der Wissensmodellierung mit RDFS und OWL erfährt ein einzelner Benutzer keinen unmittelbaren Nutzen. Vielmehr ist er darauf angewiesen, dass weitere Benutzer dasselbe tun. RDFS und OWL basieren darauf, dass möglichst viele Informationen im Web in denselben Ontologiesprachen beschrieben und miteinander verknüpft werden. Erst ab einer gewissen Grösse von miteinander verknüpften Ontologien entstehen Netzwerkeffekte. Deren Nutzen liegt vorwiegend darin, dass durch logisches Schlussfolgern implizites Wissen abgeleitet wird. Von diesem impliziten Wissen können Benutzer besonders profitieren, wenn Maschinen neue Erkenntnisse

und Zusammenhänge erkennen. Besonders interessante Erkenntnisse lassen sich bei der Verknüpfung mehrerer Wissensdomänen ableiten. Dies setzt jedoch ebenfalls eine gewisse Ontologiegrösse in den einzelnen Domänen voraus. Die vergleichsweise grosse Kritische Grösse von Ontologien verursacht, dass der durch die Wissensmodellierung entstandene Aufwand erst spät durch einen Nutzen kompensiert wird. Aus der Sicht der Gelegenheitsbenutzer ist dieser Umstand als *schlecht* einzustufen.

### 3.3.2.2 Topic Maps

Topic Maps werden von der ISO standardisiert und sind nicht Bestandteil der Konzeption des Semantischen Webs. Trotzdem garantiert der Standard eine einheitliche Datenstruktur, was auch hinsichtlich des Semantischen Webs einen systemunabhängigen Wissensaustausch fördert. Hinzu kommt, dass der speziell für den Einsatz im Web ausgearbeitete XTM Standard auf den vom W3C definierten Standards XML und URIs basiert. Mit XTM wird dadurch eine Brücke zwischen der ISO und dem W3C geschlagen. Negativ anzumerken ist jedoch, dass für Topic Maps bisher keine standardisierte Abfragesprache existiert. Zwar wird unter dem Namen Topic Map Query Language (kurz TMQM) an einer entsprechenden Spezifikation gearbeitet, veröffentlicht wurden bisher aber erst Entwürfe und kein verbindlicher Standard. Aufgrund der nicht expliziten Unterstützung im Semantischen Web und der fehlenden Abfragesprache wird der Topic Map Standard nur als *mittel* bewertet.

Durch die Trennung von Informations- und Wissensschicht unterstützen Topic Maps sowohl top-down als auch bottom-up Ansätze zur Wissensmodellierung. Bei einem top-down Ansatz wird zuerst eine Wissensstruktur definiert und anschliessend mit externen Informationen verknüpft. Eine bottom-up Wissensmodellierung ist dadurch gekennzeichnet, dass sich die Wissensstruktur in einem evolutionären Prozess entwickelt. Dazu werden existierende Informationsstrukturen beschrieben und Schritt für Schritt in eine übergeordnete Wissensstruktur übertragen (Beier, 2006, S. 268). Da der Topic Map Standard noch vergleichsweise jung ist, existieren bisher erst wenige Anwendungen die dieses Datenmodell unterstützen. Dies schränkt dessen Praxistauglichkeit ein und erschwert insbesondere für Gelegenheitsbenutzer die Modellierung, Abfrage und Visualisierung von Topic Maps. Die Verfügbarkeit von proprietären Anwendungen fällt jedoch aus dem vorliegenden Vergleich. Die Unterstützung von zwei verschiedenen Modellierungsverfahren aus Sicht der Gelegenheitsbenutzer als *sehr gut* bewertet.

Eine Wissensrepräsentation mit Topic Maps eignet sich auch für kleine Wissensbasen. Zusammenhänge können auch zwischen wenigen Themen modelliert werden und eine visuelle Darstellung von Topic Maps ist bereits bei kleinen Wissensbasen hilfreich und nutzenbringend. Beziehungen zwischen Themen können intuitiv erkundet werden, wodurch Benutzer vom modellierten Wissen profitieren. Dass Topic Maps eine vergleichsweise kleine Kritische Grösse voraussetzen, wird als *gut* beurteilt.

### 3.3.2.3 Tag Clouds

Tag Clouds unterliegen grundsätzlich keinem Standard. Sie haben sich selbstständig im Sozialen Web entwickelt und werden von keiner Organisation konzipiert oder standardisiert. Demzufolge sind sie auch nicht Bestandteil des Konzepts des Semantischen Webs. Das Hauptproblem des fehlenden Standards liegt darin, dass Tag Clouds nicht ausgetauscht werden können. Sie basieren auf Folksonomien, die ebenfalls keinem einheitlichen Datenmodell entsprechen. Ein Wissensaustausch über die Systemgrenzen von Sozialen Anwendungen hinweg wird dadurch erschwert. Bezogen auf die Vision des Semantischen Webs ist dies als *schlecht* zu bewerten.

Wie erwähnt basieren Tag Clouds auf Folksonomien, in denen Wissen nach einem benutzerzentriertem bottom-up Ansatz erfasst wird. Mit der Beschreibung von Ressourcen durch Gemeinschaften des Sozialen Webs wird kollektives Wissen akquiriert. Diese gemeinschaftliche Wissensmodellierung stellt eine effiziente Modellierungsform dar. Auch auf die Reaktionsgeschwindigkeit bei Veränderungen in der Wissensbasis wirkt sich der bottom-up Ansatz von Folksonomien positiv aus. Als negativ zu erwähnen ist die fehlende Möglichkeit, Beziehungen zu beschreiben. In Folksonomien können keine expliziten Zusammenhänge zwischen einzelnen Tags modelliert werden. Aus diesem Grund wird das Modellierungsverfahren von Tag Clouds nur als *gut* beurteilt.

Es ist schwierig eine Kritische Grösse für Tag Clouds zu bestimmen. Wichtig für die Aussagekraft von Tag Clouds ist die Qualität der darunterliegenden Folksonomie. Eine optimale Folksonomie ist grundlegend dadurch gekennzeichnet, dass die darin enthaltenen Tags gleichmässig verteilt sind. Da Folksonomien von Gemeinschaften des Sozialen Webs erstellt werden, ist es von Bedeutung, dass sich möglichst viele verschiedene Benutzer an deren Aufbau beteiligen. Beteiligen sich nur wenige Be-

nutzer, besteht die Gefahr, dass einzelne Tags überproportional in der Folksonomie vertreten sind. Wird eine derartige Folksonomie als Tag Cloud visualisiert, entsteht ein falsches Bild der zugrundeliegenden Informationslage. Folksonomien dürfen jedoch nicht zu gross sein. Mit wachsender Grösse verringert sich der relative Anteil seltener Tags in der Folksonomie. Dadurch erhöht sich das Risiko, dass diese Tags nicht mehr in der Tag Cloud erscheinen. Aufgrund der komplexen und nur schwer zu beeinflussenden Kritischen Grösse von Tag Clouds beziehungsweise Folksonomien, wird dieser Faktor als *mittel* bewertet.

### 3.3.2.4 Zusammenfassung

In Tabelle 3-3 sind die Faktorbewertungen des Kriteriums *Effizienz* für alle drei Systeme zusammengefasst. Ganzheitlich betrachtet werden Topic Maps in den Faktoren Modellierungsverfahren und Kritische Grösse am besten bewertet. Sie dominieren diesbezüglich sowohl Tag Clouds als auch RDFS/OWL. Im Vergleich zwischen Tag Clouds und RDFS/OWL ist dasselbe zu betrachten. Bezogen auf diese beiden Faktoren werden RDFS/OWL von Tag Clouds dominiert. Ein anderes Bild ergibt sich beim Faktor Standard. In diesem Faktor werden RDFS/OWL am besten bewertet. Sie dominieren sowohl Topic Maps als auch Tag Clouds. Zwischen Topic Maps und Tag Clouds wird der Standard von Topic Maps besser beurteilt. Somit werden Tag Clouds auch in diesem Faktor von Topic Maps dominiert. Da sich die Systeme nicht in allen Faktoren gleichzeitig dominieren, kann aus Tabelle 3-3 keine Aussage dazu gemacht werden, welches der Systeme über die beste Effizienz im Vergleich verfügt. Hierzu müssen die festgelegten Faktorgewichte in der Nutzenwertanalyse berücksichtigt werden. Durch die eindeutige Dominanz von Topic Maps über Tag Clouds lässt sich jedoch ableiten, dass erstere mit Sicherheit über eine bessere Effizienz verfügen als letztere.

<b>Effizienz</b>	<b>RDFS/OWL</b>	<b>Topic Maps</b>	<b>Tag Clouds</b>
Standard	sehr gut	mittel	schlecht
Modellierungsverfahren	schlecht	sehr gut	gut
Kritische Grösse	schlecht	gut	mittel

**Tabelle 3-3: Faktorbewertungen des Kriteriums Effizienz**

### 3.3.3 Komplexität

Die *Komplexität* der drei Systeme wird ermittelt, indem die beiden Faktoren *Erweiterbarkeit* und *semantische Ausdrucksstärke* bewertet werden. Wie bisher werden die Systeme dafür isoliert voneinander betrachtet und abschliessend in einer Zusammenfassung miteinander verglichen.

#### 3.3.3.1 RDFS/OWL

RDFS und OWL bieten umfangreiche Möglichkeiten, um existierende Ontologien zu erweitern. Ontologien können miteinander verknüpft und Verbindungen zwischen verschiedenen Wissensdomänen geschlagen werden. Durch das Erweitern von Ontologien erhöht sich die Qualität des ableitbaren Wissens. Mit RDFS und OWL können zudem Entitäten aus fremden Ontologien referenziert, beschrieben und erweitert werden. Die Absicht von RDFS und OWL besteht entsprechend der Vision des Semantischen Webs darin, ein Netz von miteinander verbundenen Ontologien zu bilden. Durch den hohen Standardisierungsgrad wird der angestrebte systemübergreifende Wissensaustausch gewährleistet. Die Erweiterbarkeit von RDFS und OWL ist dementsprechend als *sehr gut* einzuschätzen.

Die drei vorgestellten Wissensrepräsentationssysteme lassen sich bezüglich ihren semantischen Ausdrucksstärken in die von (Blumauer & Pellegrini, 2006, S. 16) vorgeschlagene und in Abbildung 3-2 dargestellte Semantische Treppe einordnen. Aus der Abbildung ist ersichtlich, dass die unter dem Begriff Ontologie zusammengefassten Ontologiesprachen RDFS und OWL über eine *sehr gute* semantische Ausdrucksstärke verfügen. Die formale Beschreibung von Wissen ermöglicht eine exakte Definition von Konzepten und deren Beziehungen. Insbesondere OWL verfügt über umfangreiche Sprachkonstrukte, um auch komplexe Zusammenhänge zu modellieren. Die hohe semantische Ausdrucksstärke befähigt Maschinen, die Bedeutung von Informationen exakt zu erkennen und reichhaltiges implizites Wissen abzuleiten.

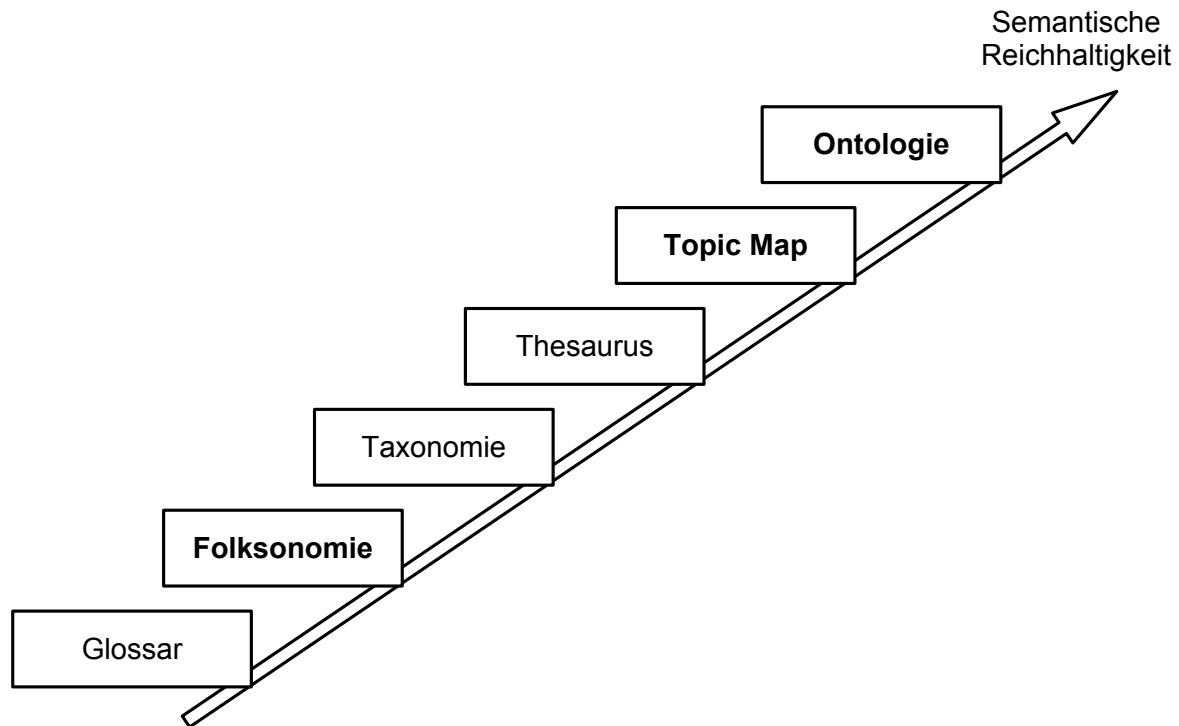


Abbildung 3-2: Semantische Treppe nach (Blumauer & Pellegrini, 2006, S. 16)

### 3.3.3.2 Topic Maps

Topic Maps existieren durch die Trennung der Informationsschicht von der Wissensbasis unabhängig von den in ihnen beschriebenen Informationen. Durch diese Trennung können sie auf einfache Weise ausgetauscht und erweitert werden. Auch die Funktion mehrere Topic Maps in eine einzelne zusammenzuführen, bietet eine Möglichkeit der Erweiterung. Negativ zu erwähnen ist, dass es mit Topic Maps nicht möglich ist, einzelne Themen aus fremden Topic Maps zu erweitern. Aus diesem Grund wird deren Erweiterbarkeit nur als *gut* eingestuft.

Wie aus Abbildung 3-2 zu entnehmen ist, verfügen Topic Maps über eine vergleichsweise *gute* semantische Ausdrucksstärke. Themen und Beziehungen können beschrieben und mit externen Informationsressourcen verknüpft werden. Zusammenhänge können dabei auch zwischen mehr als zwei Themen hergestellt werden. Verglichen mit RDFS und OWL ist die Modellierung von komplexem Wissen aber nur in einem geringeren Ausmass möglich.

### 3.3.3.3 Tag Clouds

Die Erweiterbarkeit von Tag Clouds ist aufgrund des fehlenden Standards äusserst beschränkt. Systemintern sind Folksonomien zwar beliebig erweiterbar, über die Systemgrenzen hinaus können sie jedoch nur durch aufwändige Transformationen

ausgetauscht werden. Normalerweise existiert deshalb für jede Anwendung und Gemeinschaft des Sozialen Webs eine eigene Folksonomie. Aufgrund des hohen Aufwands bei einer systemübergreifenden Verknüpfung wird die Erweiterbarkeit von Tag Clouds als *schlecht* beurteilt.

Tag Clouds beziehungsweise Folksonomien enthalten keine semantischen Informationen. Mit Tags werden lediglich Ressourcen mit Zeichenketten beschrieben. Deren Bedeutung ist für Maschinen nicht erkennbar. Auch Beziehungen zwischen Tags können nicht beschrieben werden. Es existieren zwar Clusteralgorithmen, um Beziehungen automatisch zwischen Tags herzustellen, die Semantik von Folksonomien ist aber dennoch beschränkt. Auch aus Abbildung 3-2 ist zu entnehmen, dass Folksonomien im Vergleich zu den beiden anderen Systemen über eine *schlechte* semantische Ausdrucksstärke verfügen.

### 3.3.3.4 Zusammenfassung

Die Faktorbewertungen des Kriteriums *Komplexität* werden in Tabelle 3-4 zusammengefasst. Daraus ist ersichtlich, dass sich die Systeme gegenseitig eindeutig dominieren. Jedes System wird in allen Faktoren entweder besser oder schlechter als alle anderen Systeme bewertet. Bezüglich des Kriteriums der Komplexität lassen sich die Systeme deshalb in eine Ordnung bringen. RDFS/OWL bieten demnach die höchste Komplexität, gefolgt von Topic Maps und Tag Clouds. Diese Ordnung wird untermauert von der in Abbildung 3-2 dargestellten Semantischen Treppe.

Komplexität	RDFS/OWL	Topic Maps	Tag Clouds
Erweiterbarkeit	sehr gut	mittel	schlecht
Sem. Ausdrucksstärke	sehr gut	mittel	schlecht

Tabelle 3-4: Faktorbewertungen des Kriteriums Komplexität

## 3.4 Ergebnis

In diesem Abschnitt wird ein Gesamtergebnis aus dem Vergleich der drei Systeme ermittelt. Dazu werden die im vorigen Abschnitt ermittelten Bewertungen (BW) der einzelnen Faktoren in eine numerische Tabelle eingetragen und mit ihren relativen Gewichten multipliziert. Hierdurch wird der Nutzenwert (NW) der Faktoren errechnet. Die Summe der Faktornutzenwerte entspricht dabei der Bewertung des ihnen übergeordneten Kriteriums. Auch diese Bewertung wird mit seinem Gewicht multipliziert, woraus sich der Nutzenwert des Kriteriums ergibt. Aus den Nutzenwerten der drei

Kriterien wird anschliessend für jedes System die Summe gebildet. Diese Summe wird als Gesamtnutzenwert bezeichnet und dient als Entscheidungsgrundlage für die Ermittlung des Gesamtergebnisses. Dasjenige System mit dem grössten Gesamtnutzenwert verfügt demnach über die beste Benutzerfreundlichkeit im beschriebenen Kontext.

Die Resultate der oben beschriebenen Berechnungen sind in Tabelle 3-5 eingetragen. Für alle Bewertungen gilt dabei die in der Tabelle angegebene Ordinalskala.

Kriterium/Faktoren	Gewicht	RDFS/OWL		Topic Maps		Tag Clouds	
		BW	NW	BW	NW	BW	NW
Bedienung	50%	1.00	<b>0.50</b>	3.60	<b>1.80</b>	2.60	<b>1.30</b>
Optik	40%	<b>1</b>	0.40	<b>3</b>	1.20	<b>2</b>	0.80
Motivation	30%	<b>1</b>	0.30	<b>4</b>	1.20	<b>3</b>	0.90
Verständlichkeit	30%	<b>1</b>	0.30	<b>4</b>	1.20	<b>3</b>	0.90
Effizienz	30%	2.20	<b>0.66</b>	2.90	<b>0.87</b>	1.90	<b>0.57</b>
Standard	40%	<b>4</b>	1.60	<b>2</b>	0.80	<b>1</b>	0.40
Modellierungsverfahren	30%	<b>1</b>	0.30	<b>4</b>	1.20	<b>3</b>	0.90
Kritische Grösse	30%	<b>1</b>	0.30	<b>3</b>	0.90	<b>2</b>	0.60
Komplexität	20%	4.00	<b>0.80</b>	3.00	<b>0.60</b>	1.00	<b>0.20</b>
Erweiterbarkeit	60%	<b>4</b>	2.40	<b>3</b>	1.80	<b>1</b>	0.60
Sem. Ausdrucksstärke	40%	<b>4</b>	1.60	<b>3</b>	1.20	<b>1</b>	0.40
<b>Gesamtnutzenwert</b>			1.96		<b>3.27</b>		2.07

<b>Ordinalskala</b>	1: schlecht, 2: mittel, 3: gut, 4: sehr gut
---------------------	---

**Tabelle 3-5: Implementation der Nutzenwertanalyse**

Aus Tabelle 3-5 ist ersichtlich, dass Topic Maps den höchsten Gesamtnutzenwert aufweisen und demnach das benutzerfreundlichste Wissensrepräsentationssystem im Vergleich sind. Diesem Ergebnis ist anzufügen, dass Topic Maps in zwei von drei Kriterien den höchsten Nutzenwert ausweisen. Nur beim Kriterium Komplexität schneiden RDFS/OWL besser ab. Der hohe Gesamtnutzenwert ist insbesondere auf die gute Bewertung des Kriteriums Bedienung zurückzuführen. Die hohe Gewichtung dieses Kriteriums führt zum höchsten Nutzenwert des gesamten Vergleichs. Auch bezüglich der Kriterien Effizienz und Komplexität erhalten Topic Maps im Durchschnitt gute Bewertungen und damit vergleichsweise hohe Nutzenwerte.

Am zweitbesten schneiden Tag Clouds ab. Sie erzielen in der Nutzenwertanalyse den zweithöchsten Gesamtnutzenwert. Dabei ist anzumerken, dass Tag Clouds vollständig von Topic Maps dominiert werden. In jedem betrachteten Kriterium und Faktor werden sie schlechter bewertet als Topic Maps. Das zweitbeste Ergebnis

ergibt sich hauptsächlich durch die gute Bewertung und hohe Gewichtung des Kriteriums Bedienung. Für dieses Kriterium resultiert ein dementsprechend überproportional hoher Nutzenwert. In den beiden anderen Kriterien Effizienz und Komplexität werden Tag Clouds im Vergleich zum drittplatzierten System durchschnittlich schlechter bewertet. Aufgrund der kleineren Gewichtungen dieser beiden Kriterien wirken sich die schlechten Bewertungen aber nur unterproportional auf den Gesamtnutzenwert von Tag Clouds aus.

RDFS und OWL erzielen in der Nutzenwertanalyse den tiefsten Gesamtnutzenwert. Im betrachteten Kontext sind sie demnach am wenigsten benutzerfreundlich. Im Gegensatz zu Tag Clouds werden sie in der Nutzenwertanalyse jedoch von keinem anderen System vollständig dominiert. Bezüglich des Kriteriums Komplexität, schneiden RDFS und OWL in beiden Faktoren sogar besser ab als Topic Maps. Der schlechte Gesamtnutzenwert ist primär auf die schlechte Bewertung des Kriteriums Bedienung zurückzuführen. Durch die hohe Gewichtung dieses Kriteriums resultiert die schlechte Bewertung in einem überproportional tiefen Nutzenwert. Dieser tiefe Nutzenwert kann vom gut bewerteten aber niedrig gewichteten Kriterium Komplexität nicht kompensiert werden.

## 4 Prototyp

In diesem Kapitel wird die Funktionsweise des im Rahmen dieser Arbeit implementierten Topic Map Prototyps erklärt. Dafür wird zuerst das Anwendungskonzept vorgestellt und anhand eines fiktiven Beispiels veranschaulicht. Danach werden die für die Entwicklung eingesetzten Technologien aufgezeigt.

### 4.1 Anwendungskonzept

Die Aufgabe des Prototyps ist es, Wissen in Form von interaktiven Topic Maps darzustellen. Als Datenquelle dienen ihm dazu unscharf (auf Englisch fuzzy) modellierte Beziehungen zwischen Begriffen und Klassen. Im folgenden Abschnitt wird erklärt, was unter diesen unscharfen Daten (auf Englisch fuzzy data) zu verstehen ist. Anschliessend wird aufgezeigt, wie die Daten als Topic Map visualisiert werden und welche Interaktionsmöglichkeiten die Benutzeroberfläche des Prototyps anbietet.

#### 4.1.1 Unscharfe Daten

Unscharfe Daten basieren auf der Fuzzylogik (auf Englisch fuzzy logic) sowie dem Konzept der unscharfen Mengen (auf Englisch fuzzy sets). Die Fuzzylogik ist eine Weiterentwicklung der Booleschen Logik und ermöglicht eine mathematische Modellierung von Unsicherheiten und Ungenauigkeiten. Dazu können Werte zwischen den booleschen Extremwerten „wahr“ und „falsch“ beschrieben werden. Unscharfe Mengen erweitern die klassische Mengenlehre. Dabei werden Elemente nicht eindeutig unscharfen Mengen zugewiesen, sondern gehören ihnen nur zu einem bestimmten Zugehörigkeitsgrad an. Dieser Anteil wird durch Zugehörigkeitsfunktionen festgelegt und liegt im Wertebereich zwischen 0 und 1 (Portmann & Meier, A Fuzzy Grassroots Ontology for improving Weblog Extraction, 2010, S. 3-4).

Die Fuzzylogik kann eingesetzt werden, um unpräzise menschliche Aussagen zu modellieren. Menschen haben beispielsweise kein eindeutiges Verständnis von Temperaturen. Sie beschreiben diese ungenau und in Abhängigkeit ihrer subjektiven Empfindung. Die gleiche Temperatur kann deshalb von verschiedenen Menschen unterschiedlich bezeichnet werden. Der Ausdruck „eher kalt“ kann dieselbe Temperatur beschreiben wie „wenig warm“.

Eine unscharfe Beschreibung kann auch verwendet werden, um vage Beziehungen zwischen Informationen zu modellieren. Als Datenquelle für den Prototyp dienen derartige Beziehungen zwischen Begriffen und Klassen. Hierzu werden Begriffe mit Hilfe von Clusteralgorithmen zu verschiedenen Anteilen in unterschiedliche Klassen eingeteilt. Die in einer Klasse enthaltenen Begriffe sind dabei so identisch wie möglich. Verschiedene Klassen sind hingegen so unterschiedlich wie möglich. Beispielsweise kann der Begriff Bank mit einem Anteil von 0.4 der Klasse Möbel und mit einer Zugehörigkeit von 0.6 der Klasse Finanzinstitut zugeordnet werden. Hierdurch wird der Begriff Bank als Finanzinstitut als relevanter modelliert.

In Abbildung 4-1 wird ein fiktives Beispiel eines unscharfen Datensatzes beschrieben. Die Daten liegen im XML Format vor und können vom Prototyp interpretiert und visuell dargestellt werden. Der Datensatz besteht dabei aus einem Wurzelement und fünf Punktelementen. Jedes Punktelement enthält die drei Elemente Begriff, Anteil und Klasse. Daraus lässt sich ableiten, dass jeder der Punkte einen Begriff zu einem bestimmten Anteil einer von fünf Klassen zuweist. Tatsächlich wird der Begriff *B1* zu verschiedenen Anteilen in die Klassen *K1*, *K2*, *K3*, *K4* und *K5* zugeordnet. Die Summe aller Anteile ergibt dabei 1.

```
<Daten>
  <Punkt>
    <Begriff>B1</Begriff>
    <Anteil>0.32</Anteil>
    <Klasse>K1</Klasse>
  </Punkt>
  <Punkt>
    <Begriff>B1</Begriff>
    <Anteil>0.16</Anteil>
    <Klasse>K2</Klasse>
  </Punkt>
  <Punkt>
    <Begriff>B1</Begriff>
    <Anteil>0.29</Anteil>
    <Klasse>K3</Klasse>
  </Punkt>
  <Punkt>
    <Begriff>B1</Begriff>
    <Anteil>0.18</Anteil>
    <Klasse>K4</Klasse>
  </Punkt>
  <Punkt>
    <Begriff>B1</Begriff>
    <Anteil>0.05</Anteil>
    <Klasse>K5</Klasse>
  </Punkt>
</Daten>
```

**Abbildung 4-1: Unscharfe Daten im XML Format**

Da menschliche Beschreibungen in vielen Bereichen unpräzise sind und sich Beziehungen nicht immer eindeutig festlegen lassen, bietet sich eine unscharfe Wissensmodellierung an. Auch hinsichtlich des Sozialen Semantische Webs in dem Wissen gemeinschaftlich beschrieben wird, ist eine Berücksichtigung von Unsicherheiten und Ungenauigkeiten vorteilhaft.

### **4.1.2 Benutzeroberfläche**

Der Prototyp verfügt über eine interaktive Benutzeroberfläche. Neben der visuellen Darstellung von unscharfem Wissen, unterstützt sie Benutzer durch verschiedene Interaktionsmöglichkeiten bei der Suche nach benötigten Informationen.

Die Topic Map ähnliche Visualisierung der unscharfen Daten wird umgesetzt, indem Begriffe und Klassen als unterschiedlich ausgestaltete Ellipsen dargestellt werden. Beziehungen werden optisch durch Verbindungslinien visualisiert. Die Länge dieser Linien indiziert dabei die Zugehörigkeit eines Begriffs zu einer Klasse. Je kürzer eine Verbindungslinie ist, desto grösser ist der Anteil des Begriffs in der entsprechenden Klasse. Damit lassen sich die unscharfen Zuweisungen optisch erkennbar machen.

Der Prototyp visualisiert das unscharf modellierte Wissen nicht statisch, sondern bietet Benutzern verschiedene Funktionalitäten, um die Visualisierung ihren Bedürfnissen entsprechend anzupassen. Um nach einem Begriff zu suchen, verfügt der Prototyp über eine Suchfunktion. Wird damit nach einem Begriff gesucht, passt sich die Visualisierung an, indem der gesuchte Begriff ins Zentrum der Topic Map gesetzt wird. Um den Begriff herum werden die Klassen abgebildet. Die Distanzen zwischen Begriff und Klassen entsprechen den unterschiedlichen Anteilen. Bei der Suche können Benutzer zusätzlich einen Relevanzbereich angeben. Damit wird die minimale Zugehörigkeit angegeben, die nötig ist, dass eine Klasse in der Topic Map angezeigt wird. Ist ein Begriff zu einem kleineren Anteil als der spezifizierte Relevanzbereich in einer Klasse enthalten, erscheint diese Klasse nicht in der Visualisierung. Die minimale Relevanz kann von Benutzern durch Zoomvorgänge in der Topic Map verändert werden. Durch Hinauszoomen aus der Topic Map verringert sich der Relevanzbereich und mehr Klassen werden angezeigt. Zoomen Benutzer in die Topic Map hinein, erhöht sich die minimale Relevanz und die Anzahl relevanter Klassen verringert sich.

Abbildung 4-2 zeigt das Konzept der interaktiven Benutzeroberfläche des Prototyps. Daraus ist ersichtlich, dass die Benutzeroberfläche über zwei Bedienelemente verfügt. Über ein Suchfeld kann nach Begriffen gesucht und mit einem Schieberegler die minimale Zugehörigkeit festgelegt werden. Im dargestellten Konzept wird der in Abbildung 4-1 beschriebene unscharfe Datensatz visualisiert. Dabei wird mit einer minimalen Relevanz von 15% nach dem Begriff *B1* gesucht. Der Begriff wird dazu ins Zentrum der Topic Map gesetzt und mit allen Klassen, denen er mit einem Anteil von mehr als 0.15 angehört, verbunden. Anhand der Länge der Verbindungslinien zwischen Begriffen und Klassen lässt sich deren Zugehörigkeit ableiten. Aus der Abbildung 4-2 ist demnach erkennbar, dass der Begriff *B1* zum grössten Teil der Klasse *K1* angehört. Diese Feststellung wird von der im Datensatz festgelegten Zugehörigkeit von 0.32 gestützt. Die zweitgrösste Zugehörigkeit hat *B1* gemäss der Topic Map zur Klasse *K3*. Der Anteil von *B1* in *K3* wird in den unscharfen Daten als 0.29 festgelegt. Eine kleinere Zugehörigkeit hat *B1* zu den beiden Klassen *K4* und *K2*. Sie sind entsprechend weiter von *B1* entfernt und weisen einen Anteil von nur 0.18 und 0.16 auf. Da *B1* der Klasse *K5* nur mit 0.05 zugewiesen und eine minimale Relevanz von 0.15 festgelegt ist, erscheint *K5* nicht in der Topic Map. Diese Klasse ist im spezifizierten Suchkontext zu wenig relevant und wird weggelassen.

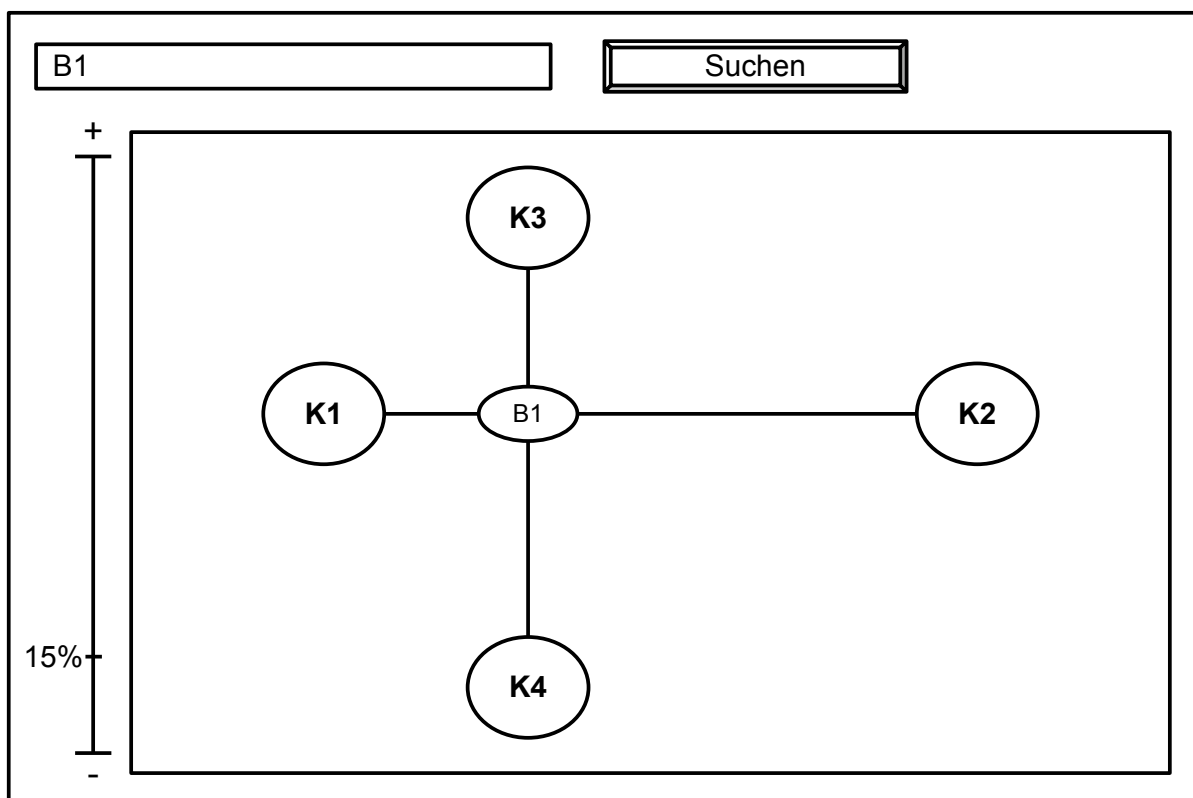


Abbildung 4-2: Konzept der Benutzeroberfläche des Prototyps

## 4.2 Technologie

Da der Prototyp in eine Webseite eingebunden wird, müssen Technologien verwendet werden, die von Webbrowsern unterstützt werden. Dabei muss grundsätzlich entschieden werden, in welchem Verhältnis die client- und serverseitige Anwendungslogik verteilt wird. Eine Anwendung kann rein serverseitig, rein clientseitig oder sowohl server- als auch clientseitig ausgeführt werden. Anwendungen, welche ihre Logik auf dem Client und dem Server ausführen, werden als Rich Internet Applications (kurz RIAs) bezeichnet. Im Vergleich zu rein serverseitigen Webanwendungen verfügen RIAs über bessere Interaktionsmöglichkeiten. Verglichen mit rein clientseitigen Anwendungen können RIAs auf Serverressourcen wie Datenbanken zugreifen. Aufgrund dieser Vorteile wird der Prototyp als RIA implementiert.

Für die Entwicklung von RIAs existieren verschiedene client- und serverseitige Technologien. Clientseitig kann unterschieden werden, ob die Technologien vom Browser selber oder von Browsererweiterungen ausgeführt werden.

Traditionelle Technologien wie HTML oder Java Script (kurz JS) werden von Browsern selbstständig interpretiert. AJAX (kurz für Asynchronous Java Script and XML) kombiniert HTML mit JS und ermöglicht dadurch eine asynchrone Kommunikation zwischen Client und Server. Für RIAs wird ein derartiger Datenaustausch vorausgesetzt, um komplexe Benutzerinteraktionen effizient verarbeiten zu können. Mit AJAX existiert demnach eine Technologie, um RIAs ohne Browsererweiterungen auszuführen.

Im Gegensatz dazu kann die proprietäre Technologie Adobe Flash nicht von Browsern selber ausgeführt werden. Um damit entwickelte RIAs ausführen zu können, müssen Browser entsprechend erweitert werden. Die Verbreitung dieser Browsererweiterungen ist entsprechend dafür verantwortlich, wie viele Benutzer eine darauf basierende Anwendung verwenden können. Die Erweiterung von Adobe Flash erreicht inzwischen 99% aller Webbrowser, womit die Voraussetzung einer Browsererweiterung nur marginal nachteilig ist (Adobe Systems, 2011). Der Vorteil von Adobe Flash liegt darin, dass mit Adobe Flex eine Entwicklungsumgebung existiert, welche die Entwicklung von RIAs erleichtert. Die in Adobe Flex zur Verfügung gestellten Bibliotheken vereinfachen beispielsweise die Verarbeitung von XML Daten oder bieten vordefinierten Komponenten für die Darstellung von grafischen Benut-

zerooberflächen. Als Skriptsprache dient dabei das für Adobe Flash spezifiziert Action Script (kurz AS). Aufgrund der besseren Unterstützung bei der Entwicklung von RIAs wird die Adobe Flash Technologie verwendet, um die clientseitige Logik des Prototyps zu implementieren.

Auch für die Implementierung der serverseitigen Anwendungslogik existieren unterschiedliche Technologien. Da diese Logik nur vom Server ausgeführt wird, ist beim Client keine entsprechende Erweiterung nötig. Die serverseitige Logik des Prototyps beschränkt sich auf ein Minimum. Deshalb wird vereinfachend die weitverbreitete Skriptsprache PHP (kurz für PHP Hypertext Preprocessor) verwendet. Sie bietet alle nötigen Funktionalitäten und lässt sich einfach in Kombination mit Adobe Flash einsetzen.

## 5 Fazit und Ausblick

Dieses Kapitel zieht ein Fazit aus der vorliegenden Arbeit. Dazu werden zuerst die daraus gezogenen Erkenntnisse zusammengefasst. Anschliessend wird ein Ausblick auf verwandte Forschungsthemen sowie wünschenswerte Entwicklungen gegeben.

### 5.1 Erkenntnis

Aus der Arbeit wird erkannt, dass die Auswahl eines optimalen Wissensrepräsentationssystems immer innerhalb eines spezifischen Kontexts erfolgen muss. Dieser Kontext leitet sich aus den Anforderungen an das System ab. Anspruchsgruppen eines Wissensrepräsentationssystems sind sowohl Maschinen als auch Menschen. Bei der Auswahl eines Systems kann festgelegt werden, ob die Anforderungen von Maschinen oder Menschen höher gewichtet werden.

Im Zusammenhang der für diese Arbeit definierten Anforderungen erweisen sich Topic Maps als das optimalste Wissensrepräsentationssystem. Angesichts der Nutzung des Systems durch Gelegenheitsbenutzer des Sozialen Semantischen Webs ist vor allem eine hohe Benutzerfreundlichkeit von Bedeutung. Sie schlägt sich hauptsächlich in einer einfachen und unmittelbar verständlichen Bedienung nieder. Durch die an die menschliche Kognition angelehnte Wissensmodellierung, der Trennung von Informationsschicht und Wissensbasis und der guten Visualisierbarkeit durch Semantische Netze, bieten Topic Maps eine besonders benutzerfreundliche Form der Bedienung. Kritisch anzumerken ist jedoch, dass eine visuelle Darstellung von Topic Maps nicht in dessen Standard definiert ist. Eine einheitliche Visualisierung von Wissen ist deshalb nicht gewährleistet.

Die Gültigkeit des Analyseergebnisses ist zusätzlich einzuschränken, da darin insgesamt nur drei Wissensrepräsentationssysteme miteinander verglichen werden. Zudem muss berücksichtigt werden, dass die Benutzerfreundlichkeit nicht exakt messbar ist. Benutzer haben ein individuelles und vages Verständnis davon, was sie unter einem benutzerfreundlichen System verstehen. Der begrenzte Umfang des Vergleichs und die subjektive Unschärfe bei der Bewertung der Benutzerfreundlichkeit müssen bei der Interpretation der Analyse mitberücksichtigt werden.

Weiter wurde im Rahmen dieser Arbeit erkannt, dass benutzerfreundliche Wissensrepräsentationssysteme die Entwicklung des Sozialen Semantischen Webs vorantreiben. Das Konzept des Sozialen Semantische Webs ist durch einen gemeinschaftsbasierten Wissensaufbau gekennzeichnet. Da nicht nur Experten derartigen Gemeinschaften angehören und sich folglich auch weniger erfahrene Nutzer am Aufbau von Wissensbasen beteiligen, ist das Vorhandensein benutzerfreundlicher Wissensrepräsentationssysteme von Bedeutung. Vor allem eine adäquate visuelle Unterstützung bei der Modellierung und Erforschung von Wissen treibt die Verbreitung und Akzeptanz derartiger Systeme voran.

## 5.2 Ausblick

Damit die Vision des Sozialen Semantischen Webs als ein gemeinschaftsbasiertes und semantisch reichhaltiges Wissensnetzwerk verwirklicht werden kann, müssen sich Forscher künftig vermehrt mit der Benutzerfreundlichkeit befassen. Bisher konzentrieren sich die Forschungsaktivitäten primär auf formale und expertenbasierte Systeme, in denen Wissen hauptsächlich nach einem zentralisierten top-down Ansatz modelliert wird. Ein globales Wissensnetzwerk kann jedoch nicht alleine durch Experten erschaffen und unterhalten werden. Vielmehr wird dazu die Mitwirkung aller Benutzerklassen mit unterschiedlichen Anforderungen an die Benutzerfreundlichkeit benötigt. Neben einer vereinfachten Modellierung muss künftig auch der Zugriff auf Wissen benutzerfreundlicher gestaltet werden. Vor allem im Bereich der Informations- und Wissensvisualisierung sind weitere Entwicklungen nötig. Nur dann lässt sich das Soziale Semantische Web flächendeckend umsetzen.

Bezüglich Topic Maps als ein benutzerfreundliches Wissensrepräsentationssystem ist anzumerken, dass der entsprechende Standard noch vergleichsweise jung ist. Es existieren deshalb erst wenige Anwendungen, die Topic Maps als System der Wissensrepräsentation nutzen. Ein Grund dafür ist auch das Fehlen einer standardisierten Abfragesprache. Es ist deshalb anzustreben, dass die Entwicklung von Topic Maps weiterverfolgt wird. Auch eine Integration in das Konzept des Semantischen Webs durch das W3C ist wünschenswert. Dadurch können sich Topics Maps als System zur benutzerfreundlichen Beschreibung und Erforschung von Wissen im Sozialen Semantischen Web etablieren.

---

## Literaturverzeichnis

Adobe Systems. (01. August 2011). *Flash Player statistics*. Abgerufen am 02. September 2011 von Flash Player penetration: [http://www.adobe.com/products/player\\_census/flashplayer/](http://www.adobe.com/products/player_census/flashplayer/)

Alby, T. (2007). *Web 2.0: Konzepte, Anwendungen, Technologien*. München: Hanser.

Barski, C. (18. Juli 2011). Abgerufen am 18. Juli 2011 von How To Tell Stuff To A Computer: The Enigmatic Art of Knowledge Representation: <http://www.lisperati.com/tellstuff/>

Beier, H. (2006). Betriebliches Wissensmanagement: Rollen, Prozesse, Instrumente. In T. Pellegrini, & A. Blumauer, *Semantic Web: Wege zur vernetzten Wissensgesellschaft* (S. 257-272). Berlin: Springer.

Berners-Lee, T., Hendler, J., & Lassila, O. (17. Mai 2001). The Semantic Web. *Scientific American*, S. 34-43.

Blumauer, A., & Pellegrini, T. (2006). Semantic Web und semantische Technologien: Zentrale Begriffe und Unterscheidungen. In T. Pellegrini, & A. Blumauer, *Semantic Web: Wege zur vernetzten Wissensgesellschaft* (S. 9-26). Berlin: Springer.

Breitman, K. K., Casanova, M. A., & Truszkowski, W. (2007). *Semantic Web: Concepts, Technologies and Applications*. London: Springer.

Breslin, J. G., Passant, A., & Decker, S. (2009). *The Social Semantic Web*. Berlin: Springer.

Burkhard, R. (2006). Knowledge Visualization: Die nächste Herausforderung für Semantic Web Forschende? In T. Pellegrini, & A. Blumauer, *Semantic Web: Wege zur vernetzten Wissensgesellschaft* (S. 201-212). Berlin: Springer.

Chen, C. (2006). *Information Visualization: Beyond the Horizon* (2. Ausg.). London: Springer.

---

Davis, R., Shrobe, H., & Szolovits, P. (1993). What Is a Knowledge Representation? *AI Magazine* , S. 17-33.

Ebersbach, A., Glaser, M., & Heigl, R. (2008). *Social Web*. UTB: Stuttgart.

Flickr.com. (21. Juni 2011). *Beliebte Tags bei Flickr*. Abgerufen am 21. Juni 2011 von Die beliebtesten Tags aller Zeiten: <http://www.flickr.com/photos/tags>

Fluit, C., Sabou, M., & Harmelen, F. (2005). Ontology-based Information Visualisation: Towards Semantic Web Applications. In V. Geroimenko, & C. Chen, *Visualizing the Semantic Web: XML-based Internet and Information Visualization* (S. 36-48). London: Springer.

Garshol, L. (11. September 2002). *What Are Topic Maps*. Abgerufen am 5. August 2011 von O'Reilly XML.com: <http://www.xml.com/pub/a/2002/09/11/topicmaps.html>

Gruber, T. (1993). A translation approach to portable ontology specifications. *Knowledge Acquisition - Special issue: Current issues in knowledge modeling* , S. 199-220.

Grünig, R., & Kühn, R. (2009). *Entscheidungsverfahren für komplexe Probleme: Ein heuristischer Ansatz* (2. Ausg.). Berlin: Springer.

Hearst, M. (2011). User Interfaces and Visualization. In R. Baeza-Yates, & B. Ribeiro-Neto, *Modern Information Retrieval: The Concepts and Technology Behind Search*. New York: Addison-Wesley.

Heckel, R. (2001). *Einsatzmöglichkeiten von Topic Maps zur flexiblen Navigation in elektronischen Dokumenten*. Diplomarbeit, Technische Universität Dresden, Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik. Dresden.

Herczeg, M. (2005). *Software-Ergonomie: Grundlagen der Mensch-Computer-Kommunikation*. München: Oldenbourg.

Hitzler, P., Krötzsch, M., Rudolph, S., & Sure, Y. (2008). *Semantic Web: Grundlagen*. Berlin: Springer.

Kalbach, J. (2008). *Handbuch der Webnavigation: Die User-Erfahrung optimieren*. Köln: O'Reilly.

- 
- Kuhn, A., Erni, D., Loretan, P., & Nierstrasz, O. (2010). Software Cartography: thematic software visualization with consistent layout. *Journal of Software Maintenance and Evolution: Research and Practice* , S. 191-210.
- Mazza, R. (2009). *Introduction to Information Visualization*. London: Springer.
- Meier, A., & Stormer, H. (2005). *eBusiness & eCommerce: Management der digitalen Wertschöpfungskette* (2. Ausg.). Berlin: Springer.
- Mika, P. (2007). *Social Networks and the Semantic Web*. New York: Springer.
- Moore, G., & Garshol, L. (19. Juni 2006). *Topic Maps — XML Syntax*. Abgerufen am 8. August 2011 von ISO Topic Maps: <http://www.isotopicmaps.org/sam/sam-xtm/>
- Osswald, M. (2011). *Unschärfe, kontextbewusste Ontologien im Social Web*. Bachelorarbeit, Universität Freiburg, Information Systems Research Group. Freiburg im Üechtland.
- Park, J., & Hunting, S. (2002). *XML Topic Maps: Creating and Using Topic Maps for the Web*. Boston: Addison-Wesley.
- Pellegrini, T., & Blumauer, A. (2009). Semantic Web Revisted - Eine kurze Einführung in das Social Semantic Web. In T. Pellegrini, & A. Blumauer, *Social Semantic Web: Web 2.0 - Was nun?* (S. 3-22). Berlin: Springer.
- Portmann, E., & Kuhn, A. (Februar 2010). Extraktion und kartographische Visualisierung von Informationen aus Weblogs. *HMD - Praxis der Wirtschaftsinformatik* .
- Portmann, E., & Meier, A. (2010). A Fuzzy Grassroots Ontology for improving Weblog Extraction. *Journal of Digital Information Management* , 8 (4), S. 276-284.
- Portmann, E., Nguyen, T., Sepulveda Sanchis, J., & Cheok, A. D. (2011). Fuzzy Online Reputation Analysis Framework. *Fuzzy Methods for Customer Relationship Management and Marketing* (Kapitel eingereicht).
- W3C. (10. Februar 2004). *OWL Web Ontology Language Semantics and Abstract Syntax: Section 2. Abstract Syntax*. Abgerufen am 25. August 2011 von OWL Web Ontology Language Semantics and Abstract Syntax: <http://www.w3.org/TR/2004/REC-owl-semantics-20040210/syntax.html>

Widhalm, R., & Mück, T. (2002). *Topic Maps: Semantische Suche im Internet*. Berlin: Springer.

Zuse, H. (2008). Interfaces der Mainframe-Ära: Vom Automatischen zum Interaktiven Computing. In H. Hellige, *Mensch-Computer-Interface: Zur Geschichte und Zukunft der Computerbedienung* (S. 95-156). Bielefeld: transcript.

# Deklaration

Ich versichere, dass ich die vorstehende Arbeit selbständig angefertigt und entsprechend den Grundsätzen wissenschaftlicher Ehrlichkeit abgefasst habe.

Es ist mir bekannt, dass andernfalls die Abteilung gemäss dem Fakultätsrat vom 09.11.2004 das Recht hat, den auf Grund dieser Arbeit verliehenen Titel zu entziehen.

Freiburg, den 8. September 2011

.....

Pascal Burkhard