

Integriertes Kommunikations- und Informationsmanagement

Modell einer kollaborativen Wissensplattform für Hochschulen und Forschungseinrichtungen

Thilo Brüggemann

Universität Karlsruhe, Institut für Industrielle Bauproduktion, 76131 Karlsruhe, Deutschland, E-mail: thilo.brueggemann@ifib.uni-karlsruhe.de, Telefon: +49(0)72 1/6082 167

Kurzfassung

Dieser Beitrag beschäftigt sich mit im Zuge einer Diplomarbeit erarbeiteten allgemeinen Lösungsansätzen und dem daraus abgeleiteten Modell eines integrierten Wissensmanagements für Hochschulen und Forschungseinrichtungen, welches in Form einer verteilten Webapplikation prototypisch implementiert wurde. Vorrangig geht es dabei um die Bereitstellung eines Frameworks für den gemeinschaftlichen Aufbau eines semantischen Informationsnetzwerks. Den Kern dieses verteilten Netzes bilden auf polyhierarchisch strukturierten Metaverzeichnissen basierende, horizontal und vertikal skalierbare Themenkataloge, sowie auf Ebene der Businesslogik eine permanente qualitative und quantitative Auswertung des Benutzerverhaltens. Weiterhin werden durch eine strukturelle Abbildung institutioneller Hierarchien, personeller Kompetenzen und zeitlicher Projektabläufe dynamische Workspaces geschaffen, um Defizite bei der intra- und interdisziplinären Kommunikation, sowie der Gruppen- und Prozessorganisation zu identifizieren und zu minimieren. Über Themen- und Prozessdomänen werden zugehörige Akteure, Korrespondenzen und inhaltliche Beiträge kategorisiert und kontextsensitiv miteinander verknüpft. Jegliche transferierten Inhalte aus Forschung, Lehre, Studium und Verwaltung sollen dabei öffentlich oder individuell eingeschränkt bereitgestellt werden können. Durch die kooperative Sammlung und Veröffentlichung von Informationen, zukünftig möglicherweise ergänzt durch eine schrittweise Retro-Archivierung vorhandener Bibliotheksbestände, ist zudem der Aufbau differenzierter digitaler Fachdatenbanken möglich.

Stichworte

Wissensmanagement, Semantisches Netz, Kommunikation, Projektmanagement, Groupware, CSCW, WEB 3.0, Grid-Computing

1 Einleitung

1.1 Situation

1.1.1 Wissensrepräsentation

An Hochschulen, Lehr- und Forschungseinrichtungen, sowie bei assoziierten externen Partnern wird seitens verschiedener Instanzen permanent Wissen akquiriert, zusammengetragen, evaluiert und validiert. Dabei werden – oftmals komplexe – Informationen dokumentiert, gegenseitig referenziert, intradisziplinär kommuniziert und diskutiert. Nicht selten behandeln veröffentlichte Inhalte dabei nur Fragmente eines Ganzen, die aus ihrem Kontext herausgelöst und isoliert betrachtet nachträglich nur schwer zu identifizieren und chronologisch zuzuordnen sind. Eine systematische und lückenlose projekt- bzw. veranstaltungsbegleitende Veröffentlichung relevanter Inhalte findet selten statt, da sie aufgrund der erforderlichen redaktionellen Betreuung, wie thematischer Klassifizierung und indexbasierter Katalogisierung, sowie Aufbewahrung bzw. Speicherung einen nicht unerheblichen personellen, materiellen und letztlich auch finanziellen Aufwand verursachen würde. Obgleich digitale Datenverarbeitung und verteilte Netze heute die optimalen Voraussetzungen dazu bereitstellen, bleibt eine heterogene und thematisch vernetzte Repräsentation akademischen Wissens noch ein utopisches Ideal.

So wird ein großer Teil der dokumentierten Inhalte, vor allem in den Bereichen Lehre und Studium, bislang nicht oder nur unzureichend archiviert, im Außenraum sichtbar gemacht und so für die Allgemeinheit zur Verfügung gestellt. Explorative Recherchen innerhalb semantischer Themenkomplexe gestalten sich ineffizient und aufwändig, da veröffentlichte Inhalte und referenzierte Sekundärquellen inhomogen, zusammenhanglos und oft unvollständig erfasst werden. Eine zentrale und global verfügbare Repräsentation veröffentlichter Inhalte existiert zudem nicht, sodass der Zugang zu gesuchten Informationen oftmals ausschließlich über den direkten Kommunikationsweg führt, wobei zunächst die zuständigen Adressaten identifiziert werden müssen.

1.1.2 Projektmanagement

Ebenso uneinheitlich, umständlich und lückenhaft gestaltet sich häufig die projekt- bzw. veranstaltungsinterne Kommunikation und Koordination. Dies betrifft sowohl die Organisation von Lehrveranstaltungen mit den interagierenden Akteuren „Lehrende und Stu-

dierende“, als auch das Projektmanagement in Forschungskonsortien mit einer in der Regel sehr viel stärker differenzierten Aufgabenverteilung und einem komplexeren inhaltlichen Gegenstand. Es existiert heute zwar eine nahezu unüberschaubare Vielzahl von informationstechnischen Lösungen zur Wissensgliederung, zur Kommunikation und zum Projektmanagement, ein ganzheitlicher Ansatz mit einer inhaltlichen, synergistisch interoperierenden Verknüpfung von Wissen, Prozessen, Akteuren und Korrespondenzen ist hingegen nicht ersichtlich.

1.2 Stand der Technik

1.2.1 Wissensnetze

Das WWW hat seit seiner öffentlichen Freigabe im Jahre 1991 durch den lokal verteilten und in der Regel freien Zugang zu Informationen Wirtschaft, Wissenschaft, Kultur und Gesellschaft revolutioniert. Es ist aus dem heutigen Alltag längst nicht mehr wegzudenken. Die Menge der im Web präsenten und frei zugänglichen Inhalte wächst nach wie vor rasant. Daraus ergibt sich jedoch das Problem, dass eine gesuchte Information, ihr Vorhandensein vorausgesetzt, in der Fülle der im Netz verfügbaren Inhalte nur schwer aufzufinden ist. Indexbasierende Suchmaschinen wie Google oder Yahoo leisten hierbei bereits gute Hilfe, ihre Suchindizes basieren jedoch hauptsächlich auf der Wortsyntax, also auf der normativen, alphanumerischen Deskription der Stichworte und nicht auf ihrer inhaltlichen Bedeutung. Die Betreiber versuchen deshalb, durch Auswertungen beispielsweise der Seitenverlinkungen und des Benutzerverhaltens die Suchergebnisse durch eine Sortierung entsprechend ihrer Relevanz zu optimieren. Sprachliche Barrieren und deklarative Inkonsistenzen, wie Synonyme, Polyseme, Homonyme oder Fehler in Rechtschreibung und Begriffsverwendung, verschlechtern jedoch generell die Ergebnisse gezielter Suchen im Netz. Anstatt syntaxbasierenden Recherchen wäre also eine auf der inhaltlichen Bedeutung basierende Suchfunktion, die *semantische Suche*, wünschenswert.

Der Begriff *Semantik* steht allgemein für die inhaltliche Bedeutung von Wörtern, Wortphrasen und Abbildungen. Als *Wissensnetze*, *Semantische Netze* oder *Ontologien* werden in der Informatik formale Modelle von Begriffen und ihren Relationen bezeichnet. Dabei sollen Informationen derart zur Verfügung gestellt werden, dass eine maschinelle Verarbeitung gemäß ihrer inhaltlichen Bedeutung ermöglicht wird. Um Inhalte im Web entsprechend ihrer semantischen Zusammenhänge strukturiert beschreiben zu können, wurden auf XML-Basis formale Auszeichnungssprachen entwickelt. Dazu zählt das

W3C-standardisierte *Resource Description Framework (RDF)*, welches es ermöglichen soll, Informationen über das Web auszutauschen, ohne dass dabei ihre ursprüngliche Bedeutung verloren geht. Im Gegensatz zu den reinen Auszeichnungssprachen wie XML oder HTML dient RDF also nicht nur der korrekten grafischen Darstellung von Dokumenten im Web, sondern auch der Heterogenität, Kombination und Verarbeitung enthaltener Informationen. Da mittels RDF jedoch keine komplexeren Ontologien modelliert werden können, wurde mit der *Web Ontology Language (OWL)* eine auf RDF basierende, ausdrucksstärkere Repräsentationssprache vom W3C spezifiziert und etabliert. Mittels OWL sollen Webinhalte und deren Beziehungen so beschreibbar sein, dass ihre inhaltliche Bedeutung vollständig maschinell interpretiert werden kann [1, 2, 3].

Anstatt der gesamten Datenfülle des WWW behandeln *Online-Datenbanken* und *Webforen* nur einen eingeschränkten und nach außen abgegrenzten Teilausschnitt meist fachspezifischer Informationen im Netz. Durch eine zentrale bibliografische Redaktion bzw. Moderation und Speicherung in relationalen Datenbanksystemen lassen sich inhaltliche Beziehungen zwischen einzelnen Beiträgen effizient und widerspruchsfrei anlegen und semantische Netze aufbauen. Pflege und Betrieb sind jedoch aufwändig, weswegen ihr Wachstum eine geringe Dynamik aufweist und der Zugriff oft kostenpflichtig ist. Im Gegensatz dazu sind *Wikis*, Online-Datenbanken mit einer verteilten kollaborativen Redaktion, in der Regel frei zugänglich, weisen ein höheres dynamisches Wachstum auf und bilden ein breiteres Wissensspektrum ab. Da prinzipiell jeder Benutzer Informationen beisteuern, editieren oder löschen kann, ist eine Verifikation der Inhalte und ihrer semantischen Beziehungen generell jedoch nicht zu gewährleisten [4].

Eine Möglichkeit zur lokalen inhaltlichen Strukturierung und bibliografischen Erfassung von Wissen bieten *Gliederungsedatoren* oder *elektronische Zettelkästen*. Diese meist plattformgebundenen Programme dienen nicht der Verbreitung und dem Austausch von Informationen, sondern vielmehr als persönliche Gedächtnisstütze und Hilfsmittel bei der Organisation wissenschaftlicher und literarischer Arbeiten. Mit ihrer Hilfe können Textdaten wie Notizen, Zitate, Exzerpten und Textpassagen auf einfache Weise hierarchisch strukturiert archiviert werden. Durch die Verknüpfung der Einträge über indizierte Schlagworte, gegenseitige Verweise und Referenzierungen zu Quellenangaben können einfache und leicht recherchierbare semantische Netze aufgebaut werden. Wissensnetze mit komplexeren Ontologien können mit Gliederungsedatoren generell jedoch nicht abgebildet werden [5].

1.2.2 Kommunikations- und Projektmanagement

Neben der Speicherung und freien Zugänglichmachung von Informationen über das WWW hat das Internet auch neue Kommunikationstechniken etabliert. Die E-Mail ist heute sein meistgenutzter Dienst [6]. Mittels Lösungen zum *Personal Information Management (PIM)* lassen sich unter anderem elektronische Post und Dokumente erstellen, austauschen und dokumentieren, Kontaktdaten verwalten, sowie Aufgaben und Termine koordinieren. In Arbeitsumgebungen mit differenzierter Verteilung komplexer Aufgaben, wie etwa bei Forschungs- oder Bauvorhaben, können mit Hilfe kollaborativer *Projektmanagementsoftware (PMS)* einzelne oder mehrere Projekte bzw. Workflows simultan abgebildet und administriert werden. Dazu zählen auch internetbasierende Systeme (*IBPM – internetbasiertes Projektmanagement System*) und auf die projektinterne Kommunikation spezialisierte Lösungen (*PKM – Projektkommunikationssystem*). Mit PMS lassen sich, ergänzt durch die Funktionen des Informationsmanagements, durch die Möglichkeiten zur Definition organisatorischer Hierarchien, Teambildungen, Zuweisung von Rollen, Festlegung von Meilensteinen und Darstellung von Arbeitsfortschritten auch Projektabläufe und Teilprozesse planen, steuern und kontrollieren. Bei gängigen PIM- (z. B. Microsoft „Outlook“/„Exchange Server“) und PMS-Lösungen (z.B. Microsoft „Project“/„Project Server“) handelt es sich um Client-Server-Systeme, die entsprechende, in der Regel Systemplattform-abhängige und proprietär lizenzierte Infrastrukturen voraussetzen. Ihr Betrieb verursacht meist einen relativ hohen zentralen Administrationsaufwand. Durch die Konkurrenzsituation am Markt konnten sich außerdem bislang keine einheitlichen Standards etablieren; offene Schnittstellen – beispielsweise zum Wissensmanagement behandelte Inhalte – fehlen [7, 8].

1.3 Ziele

Bei dem in diesem Beitrag skizzierten Modell eines frei zugänglichen Werkzeugs zur öffentlichen Verbreitung relevanter Inhalte und Unterstützung kooperativer arbeitsteiliger Prozesse an Hochschulen und Forschungseinrichtungen sollen die verschiedenen technologischen Ansätze der digitalen Kommunikation, des Projektmanagements und der Wissensorganisation zu einem ganzheitlich integrierten Konzept einer kollaborativen, verteilten Software (*Groupware*) zum Kommunikations- und Wissensmanagement zusammengeführt werden. Bei ihrer Synthese gilt es zudem, funktionale Synergieeffekte zur verbesserten Interoperabilität der Komponenten zu identifizieren und daraus Lösungen zu generieren. Den Kern bildet jedoch die technische Umsetzung eines gemeinschaftlich be-

triebenen, skalierbaren Wissensnetzwerks für Forschung, Lehre und Studium. Im Gegensatz zu bisherigen Konzepten semantischer Informationsnetze sollen dabei sowohl die Editierbarkeit und Recherchierbarkeit der Inhalte, als auch die Genauigkeit ihrer inhaltlichen Referenzierungen deutlich verbessert werden. Weiterhin sollen auf frei zugänglichen Standards basierende und erweiterbare Schnittstellen zur Anbindung externer Tools angeboten werden.

Das Prinzip der kollaborativen Software ist generell auf eine möglichst breite Partizipation ihrer Anwendergemeinde, sowie auf die formale und informale Sorgfältigkeit der Benutzung angewiesen. Um eine maximale – sowohl lokale, als auch temporäre – Verfügbarkeit bei gleichzeitiger Systemplattform-Unabhängigkeit zu gewährleisten, soll das vorgestellte Konzept daher als datenbankgestützte Webapplikation implementiert werden. Die Akzeptanz beim Anwender kann auch bei hoher Komplexität optimiert werden, indem die grafische und funktionale Gestaltung der Benutzeroberfläche auf Benutzerfreundlichkeit bzw. Gebrauchstauglichkeit (*Usability*) optimiert wird. Die intuitive Bedienbarkeit soll dabei durch individuelle Personalisierbarkeit, assistierende Hilfs- und Lernfunktionen sowie eine dynamische Kontextsensitivität unterstützt werden.

2 Entwurf

2.2 Datenstruktur

Als Basis aller inhaltlichen Verknüpfungen, zur Klassifizierung von Benutzern, Benutzergruppen und Institutionen wie auch von Projekträumen und Themenkomplexen dient ein monohierarchisch strukturierter, d. h. durch $1:n$ -verknüpfte Knotenpunkte aufgebauter Rubrikenbaum. Jede seiner Rubriken jeder hierarchischen Instanz besitzt dabei mindestens einen Moderator, welcher beliebige Zugriffsprivilegien seines Administrationsraums jeder adressierbaren Person, Gruppe oder Institution verfügen oder entziehen kann. Darüber hinaus kann er Regeln zur Vererbung der Zugriffsrechte seiner Domäne festlegen, die solange Gültigkeit behalten, bis sie von ihm oder einer höheren administrativen Instanz aufgehoben werden.

Inhalte werden in *Beiträgen* veröffentlicht. Diese können neben Textdaten auch Raster- und Vektorgrafiken sowie multimediale Informationen beinhalten. Grundsätzlich muss jeder Beitrag zur Veröffentlichung einer dem Autor freigegebenen Rubrik zugeordnet werden. Diese spezifiziert die Zugehörigkeit zu einer bestimmten Domäne, d. h. zu einem Themenkomplex oder Projektraum, ihren Freigaben und Nutzungsrichtlinien.

Beiträge werden jedoch nicht direkt im Basiskatalog abgelegt, dieser dient – als Metainstanz – ausschließlich der Strukturierung. Institutions-, Projekt- und Themenrubriken können durch eine beliebig breite und tiefe Gliederung in polyhierarchisch strukturierte, d. h. in mit $n:m$ -verknüpften Knotenpunkten aufgebaute Unterrubriken bzw. Verzeichnisse differenziert und gegenseitig referenziert werden. Diese Verzeichnisse können ebenfalls mit Freigabekriterien versehen werden und sowohl Beiträge als auch weitere Unterverzeichnisse enthalten.

2.3 Vernetzung

Bei themenbezogenen Recherchen mittels gezielter oder explorativer Suche sollen dem Anwender auch thematisch verwandte Beiträge vorgeschlagen werden. Ein möglichst hoher Grad inhaltsbezogener Übereinstimmung kann dabei durch den Aufbau mehrerer sich überlagernder und dynamisch gewichteter Verknüpfungen erreicht werden, welche in ihrer Addition letztlich zu einer engmaschigen semantischen Vernetzung der Inhalte führen. Die qualitative und quantitative Komponente bei der Gewichtung von Verknüpfungen bilden dabei dynamische Relevanzierungen der Benutzer und Themenrubriken sowie der veröffentlichten Inhalte. Die Auswertung der Beziehungen zwischen Beiträgen soll letztlich den Grad ihrer potentiellen inhaltlichen Übereinstimmung exakter anzeigen, als dies bei gegenwärtigen Wissensnetzwerken und Gliederungswerkzeugen der Fall ist.

2.3.1 Dynamische Relevanzierung

Die Relevanz eines Benutzers entscheidet unmittelbar über dessen Moderations- und Redaktionsprivilegien und hat einen direkten Einfluss auf die Gewichtung aller von ihm veröffentlichten Inhalte und getätigten Aktionen. Sie wird aus einem Zusammenspiel statischer und dynamischer Faktoren gebildet und permanent aktualisiert. Verfügte administrative Kompetenzen und sein Standort innerhalb der sozialen akademischen Hierarchie werden in einer statischen Komponente aggregiert. Einen maßgeblicheren Einfluss nehmen jedoch dynamische Faktoren, welche sowohl die Qualität, als auch relative und absolute Quantitäten des persönlichen Beitrags eines Benutzers abbilden, beispielsweise die Anzahl veröffentlichter Beiträge oder die durchschnittliche Bewertung bzw. das *Rating* seines Beitrags.

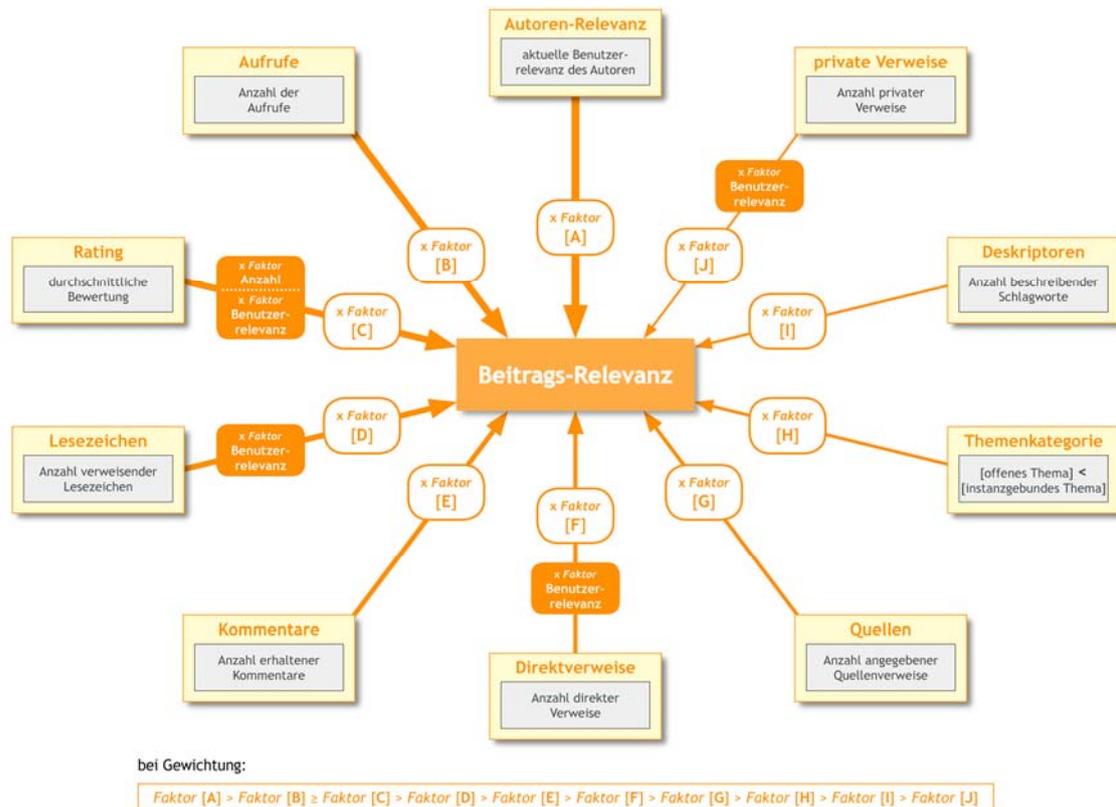


Abb. 2: Dynamische Beitrags-Relevanzierung.

2.3.2 Auswertung

Der Aufbau des semantischen Netzes erfolgt in mehreren operativen Verarbeitungszyklen. Zunächst werden bestehende physikalische Verknüpfungen veröffentlichter Beiträge ausgewertet. Diese direkten Verknüpfungen bestehen über mehrere sekundäre Kataloge auf Basis syntaktischer (Schlagwortverzeichnis), inhaltsbezogener (Themenrubriken, Projekträume, Quellenverweise) oder benutzerverhaltensbezogener Referenzierungen (Benutzerverläufe, Lesezeichen, Bewertungen, Direktverweise, Rubrikenabonnements, Mitgliedschaften). Eine Verknüpfung zwischen zwei Beiträgen ist dann gegeben, wenn beide denselben Eintrag eines sekundären Katalogs referenzieren. Die Auswertung des ersten Teilschritts führt zu bidirektionalen bzw. symmetrischen Zwischenergebnissen [$a \Rightarrow b$ ist gleich $b \Rightarrow a$], da lediglich die absolute Anzahl bestehender Verknüpfungen zwischen Beitrags-Paaren aufsummiert wird. Bei verhaltensbezogenen Sekundärkatalogen werden in den Ergebnissen zudem auch die Relevanzen der entsprechenden Benutzer berücksichtigt. Im zweiten Schritt erfolgt die Einbeziehung der qualitativen Komponente, bei welcher der ganzzahlige, bidirektionale Wert durch die Einbeziehung der Beitragsrelevanzen

in ein monodirektional differenziertes Ergebnispaar umgewandelt wird [$a \Rightarrow b$ ist ungleich $b \Rightarrow a$, wenn *Relevanz a* ungleich *Relevanz b*]. Im letzten Teilschritt werden schließlich auch alle indirekten Verknüpfungen zwischen Beiträgen ausgewertet. Durch transitive Kettenschlüsse werden dabei die vorangegangenen Ergebnisse präzisiert und auch Relationen zwischen Beiträgen einbezogen, welche über keine direkte Verknüpfung verfügen [wenn $a \Rightarrow b$ und $b \Rightarrow c$, dann $a \Rightarrow (b \Rightarrow c)$].

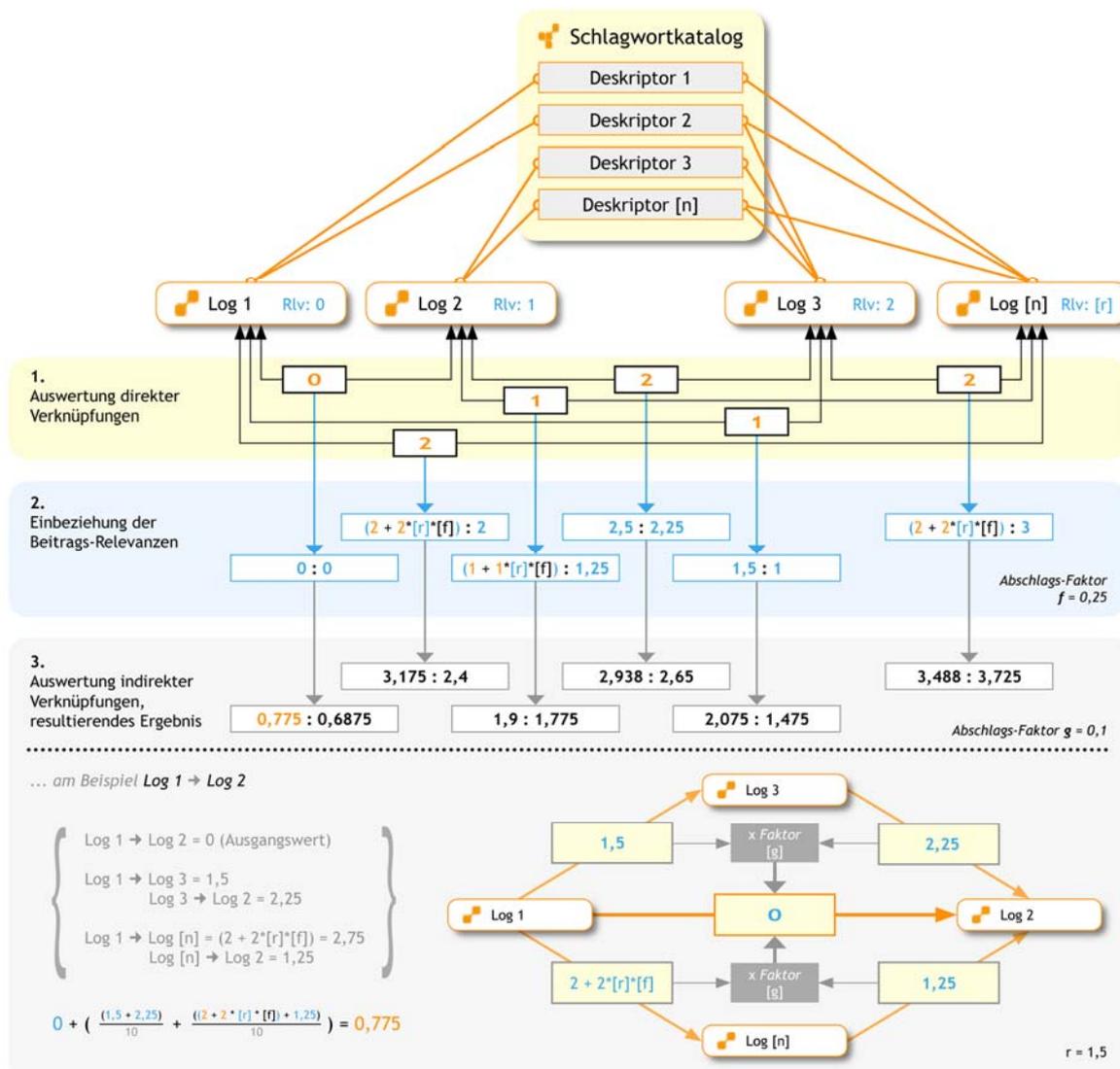


Abb. 3: Auswertung der Verknüpfungen von Beiträgen am Beispiel ihrer Verschlagwortung.

Sind die Beitragsvernetzungen auf Basis der einzelnen Sekundärkataloge entsprechend ausgewertet, können sie in einer abschließenden Rechenoperation zu einem integrierten Netz zusammengefasst werden. Dabei werden die Einzelergebnisse zunächst mittels Mul-

tiplikation iterativ zu präzisierender Faktoren gemäß der Priorität ihrer Sekundärkataloge gewichtet. Die resultierenden aggregierten Werte sollten schließlich die Wahrscheinlichkeit, bzw. den Grad ihrer inhaltlichen Übereinstimmung möglichst zutreffend beschreiben.

2.3.3 Dynamisches Redaktionssystem

Durch eine verteilte, hierarchisierte Administration kann zum einen der zentrale Verwaltungsaufwand deutlich verringert, zum anderen für eine schnellere Verbreitung gesorgt und eine höhere Diversifikation der Inhalte begünstigt werden. Eine hohe Dynamik des inhaltlichen Wachstums soll zudem durch eine verteilte dynamische Redaktion und Moderation unterstützt werden. Dies ist ohne einen zusätzlichen administrativen Aufwand zu erreichen, indem jedem Teilnehmer die Möglichkeit zur selbstständigen Qualifizierung gegeben wird. Je größer die Relevanz eines Benutzers, welche sich an der Qualität und Quantität seines Beitrags bemisst, bewertet wird, desto mehr Privilegien werden ihm zugestanden; sinkt seine Relevanz, beispielsweise durch vandalistisches Verhalten, werden ihm entsprechend bereits verfügte Rechte wieder entzogen.

2.4 Systemarchitektur

Die Webanwendung soll mittels hybrider Drei-Schichten-Architektur als verteiltes System implementiert werden. Ihre Präsentationsschicht bzw. das grafische Benutzer-Frontend soll zum Zwecke der intuitiven Bedienbarkeit als interaktive, Desktop-ähnliche Oberfläche gestaltet werden. Dies ist durch den Einsatz von *Ajax (Asynchronous JavaScript and XML)*, der Schlüsseltechnologie des *Web 2.0*, möglich. Ajax gestattet die Darstellung und Verarbeitung komplexere Inhalte im Web bei einer gleichzeitigen Steigerung der Performanz, da einzelne Steuerelemente und bestimmte Daten einer Webseite gezielt geladen werden können, ohne dass dabei ihr kompletter Neuaufbau erforderlich wird [9].

Die konsistente Abbildung komplexer Ontologien eines skalierbaren semantischen Informationsnetzes erfordert ein polyhierarchisches Datenmodell. Dieses wird in der zentralen Datenhaltungsschicht mittels eines ausreichend performanten und skalierbaren *Datenbankmanagementsystems (DBMS)* abgebildet. Für die Zusammenführung sozial-kollaborativer Ansätze des *Web 2.0* mit Methoden zur semantischen Wissensvernetzung wurden die Begriffe *Social Semantic Web* oder *Web 3.0* etabliert [10].

3 Fazit und Ausblick

Umfassende, direkt zugängliche und durch eine strukturierte thematische Klassifizierung und semantische Vernetzung schnell und effizient recherchierbare Informationssammlungen brächten allen Akteuren an Hochschulen und Forschungseinrichtungen einen nachhaltigen Nutzen bei der Bewältigung ihrer Aufgaben. Durch die Bereitstellung einer zentralen kollaborativen Software-Plattform zum Austausch veranstaltungs-, projekt- oder objektbezogener Inhalte könnte zudem die mit den Prozessen in Forschung, Lehre und Studium verknüpfte intra- und interdisziplinäre Kommunikation, die projektbegleitende Organisation von Gruppen, die Koordination verteilter Aufgaben, sowie auch das persönliche Informationsmanagement deutlich erleichtert werden.

Eine konkrete Umsetzung ist mit den heute zur Verfügung stehenden Informationstechnologien vollständig realisierbar. Ein reibungsloser Betrieb bei einer breiten Partizipation erforderte jedoch hochperformante backendseitige Infrastrukturen, welche sich am effizientesten durch eine Zusammenlegung verteilter Rechnerkapazitäten (*Grid-Computing*) erreichen ließe.

Literaturverzeichnis

- [1] P. Hitzler, M. Krötzsch, S. Rudolph, and Y. Sure. *Semantic Web – Grundlagen*. 2008.
- [2] <http://www.w3.org/RDF>
- [3] <http://www.w3.org/TR/owl-semantic>
- [4] A. Ebersbach, M. Glaser, R. Heigl, and A. Warta. *Wiki – Web Collaboration*. 2008.
- [5] http://iasl.uni-muenchen.de/discuss/lisforen/Eberhardt_Softwaretest.html
- [6] <http://de.wikipedia.org/wiki/E-mail>
- [7] http://en.wikipedia.org/wiki/Personal_information_management
- [8] http://en.wikipedia.org/wiki/Project_management_software
- [9] J. Gamperl. *Ajax. Galileo* 2006.
- [10] A. Blumauer, T. Pellegrini (Hrsg.). *Social Semantic Web. Web 2.0 – was nun?* 2009.