

RDF-basierte Integration von E-Learning-Metadaten in einem Informationsportal

Agnes Koschmider, Andreas Oberweis, Daniel Sommer

Institut AIFB
Universität Karlsruhe (TH)
Hertzstraße 16
D-76187 Karlsruhe
{koschmider|oberweis|sommer}@aifb.uni-karlsruhe.de

Abstract: In diesem Beitrag wird beschrieben, in welcher Form E-Learning-Anwendungen durch ein Informationsportal unterstützt werden können. Am Beispiel eines sich in der Entwicklung befindlichen Portals für die Informatik wird zunächst gezeigt, wie Dienstleistungen zum Literaturnachweis und zur Volltextvermittlung sinnvoll in E-Learning-Anwendungen zu integrieren sind. Im Schwerpunkt des Beitrags wird untersucht, wie auch E-Learning-Inhalte in ein entsprechendes Nachweissystem aufgenommen und hiervon ausgehend vermittelt werden können. Die Integration von E-Learning-Inhalten mit Metadaten erfordert eine umfassende Beschreibung der Inhalte, wie sie in diesem Beitrag mit dem IEEE-Standard LOM erreicht wird. Für eine technische Umsetzung des Standards wird das Metamodell RDF vorgeschlagen. Nutzen aus einer Umsetzung von LOM-Metadaten im RDF-Modell können beispielsweise aus einer verbesserten Suche, einer effizienteren Verarbeitung von Informationen zu Lerninhalten und einer höheren Interoperabilität zwischen verschiedenen Anwendungen gezogen werden.

1 Einführung

In dem vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Projekt „Fachinformationssystem Informatik“ (FIS-I) wird ein Informationsportal für die Informatik entwickelt. An dem Projekt sind neben der Gesellschaft für Informatik e. V. (GI) und dem Fachinformationszentrum (FIZ) Karlsruhe weitere Wissenschaftler der Universitäten Karlsruhe und Trier sowie der Technischen Universität München beteiligt. Das entstehende Informationsportal *io-port*¹ soll den Zugang zu einem umfassenden Kompetenz- und Dienstleistungsnetz für die Informatik bieten. Das Kernstück des Informationsportals bildet ein Nachweissystem für Publikationen, das auf den bereits existierenden Datenbeständen der Projektbeteiligten aufbaut, diese zentralisiert und mit Metadaten standardisiert zur Verfügung stellt. Ausgehend vom Nachweissystem soll den späteren Nutzern von *io-port* auch eine Vermittlung der jeweiligen Volltexte angeboten werden. Zusätzlich zu diesem Hauptkomplex der Literatursuche und Volltextvermittlung sollen weitere Fachinformationen unterschiedlicher Art in das Portal integriert werden. Beispie-

¹ <http://www.io-port.net>

le für geplante Inhalte sind eine Konferenzdatenbank, verschiedene Themenseiten und redaktionell gestaltete Portale zu bestimmten Teilbereichen der Informatik. Außerdem wird es möglich sein, personalisierte Publikationslisten in *io-port* zu pflegen und langfristig zu archivieren [Ko04]. Vor dem Hintergrund dieser vielfältigen Portalkomponenten ist es auch nahe liegend, E-Learning-Anwendungen zum Thema Informatik mit Hilfe des Portals zu unterstützen und in das Portal zu integrieren.

E-Learning hat in den letzten Jahren stark an Bedeutung gewonnen. Mittlerweile werden sehr unterschiedliche Formen von E-Learning im Regelbetrieb eingesetzt. Die Bandbreite reicht hierbei von Lernobjekten, die unterstützend zur Präsenzlehre eingesetzt werden, über multimediale, auf Hypertexten basierende Lernmaterialien für das Selbststudium bis hin zu Audio-/Video-Übertragungen und -Aufzeichnungen von Lehrveranstaltungen. Lernmaterialien können also in sehr unterschiedlichen Formaten vorliegen und sind außerdem aus technischen und inhaltlichen Gründen häufigen Änderungen unterworfen. Zu den zentralen Fragestellungen von E-Learning, insbesondere zur Erstellung und Beschreibung von E-Learning-Inhalten, existieren inzwischen zahlreiche Arbeiten – ein Querschnitt durch alle wesentlichen Bereiche ist in [Bo03] zu finden. Trotzdem gibt es in der Praxis der Nutzung von E-Learning noch eine Reihe von Problemen. Zwei von ihnen sollen mit Hilfe von *io-port* gelöst werden:

1. Nutzer von E-Learning-Inhalten benötigen im Allgemeinen Zugang zu Literatur. Ein Student, der an einem Fernkurs teilnimmt, hat bei der Erstellung seiner Diplomarbeit beispielsweise den gleichen Bedarf an wissenschaftlichen Publikationen wie ein Student, der vor Ort an einer Präsenzuniversität studiert. Bis heute ist es aber relativ umständlich, Fernstudenten Literatur auf dem Weg der traditionellen Ausleihe zukommen zu lassen.
2. Autoren und Anbieter von E-Learning-Inhalten haben nach wie vor das Problem, dass sich bisher keine zentralen Nachweissysteme oder Marktplätze für E-Learning-Inhalte durchsetzen konnten. Es gibt zwar verschiedene Ansätze, dieses Problem zu lösen; bisher hat aber noch keines der entsprechenden Angebote hinreichende Akzeptanz gefunden.

Hieraus ergeben sich unmittelbar zwei Formen möglicher Unterstützungen für E-Learning-Anwendungen, die in *io-port* integriert werden sollen und die in den folgenden Abschnitten noch ausführlicher betrachtet werden. In Abschnitt 2 werden Literatursuche und Volltextvermittlung als Kernfunktionalitäten des Portals vorgestellt, und es wird kurz beschrieben, wie diese in E-Learning-Anwendungen integriert werden können. Danach wird in Abschnitt 3 der Nachweis von E-Learning-Inhalten genauer betrachtet. Es wird hier erläutert, warum das Nachweissystem für E-Learning-Inhalte als eine eigenständige Portalkomponente entworfen und nicht etwa in das Literaturnachweissystem integriert wird. Danach wird auf seine unterschiedlichen Anwendungsfälle näher eingegangen. In Abschnitt 4 geht es dann um eine detailliertere Modellierung des Nachweissystems für E-Learning-Inhalte. Zur Beschreibung der E-Learning Metadaten wird der IEEE Standard Learning Object Metadata (LOM) verwendet. Für die technische Umsetzung des Standards wird das flexible Metamodell Resource Description Framework (RDF) vorgeschlagen. Nutzen aus einer Umsetzung von LOM-Metadaten im RDF-

Modell (LOM/RDF-Binding) können beispielsweise aus einer verbesserten Suche, einer effizienteren Verarbeitung von Informationen zu Lerninhalten und einer höheren Interoperabilität zwischen verschiedenen Anwendungen gezogen werden. Der Beitrag schließt danach mit Zusammenfassung und Ausblick.

2 Literaturnachweis und Volltextvermittlung

Die Informationsbasis von *io-port* bilden die Bestände der Nachweisdatenbanken DBLP², LEABIB³, The Collection of Computer Science Bibliographies⁴ und CompuScience⁵. Der Zugriff auf die Informationsquellen erfolgt über Such- und Navigationswerkzeuge. Diese qualitativ hochwertige Datensammlung in *io-port* weist nicht nur bibliographische Metadaten, sondern auch Mehrwert-Metadaten, wie Klassifikationen, Abstracts und Schlüsselwörter, aus dem Bereich der Informatik nach. Authentifizierte Benutzer haben darüber hinaus Zugang zum Volltext- und Vermittlungssystem, zu Personalisierungs- und Pushdiensten, zum Konferenzkalender und zur LNI-Reihe der GI. Insbesondere die Funktionalitäten zur Literaturrecherche und zur Volltextvermittlung sind im Rahmen von E-Learning-Angeboten von großer Bedeutung. Wie bereits erwähnt wurde, haben E-Learning-Nutzer – wie andere Lernende auch – im Allgemeinen Bedarf an Fachliteratur. Bisher kann dieser praktisch nur durch möglicherweise relativ weit entfernte Bibliotheken auf dem Weg der Fernleihe gedeckt werden. Insofern ist also vor allem die Volltextvermittlung eine sinnvolle Ergänzung zu E-Learning-Angeboten. Ein wichtiges Ziel wird es sein, diese Funktion möglichst nahtlos in E-Learning-Anwendungen zu integrieren. Sinnvoll sind hierbei geeignete Schnittstellen, über die Lernende direkt aus der jeweiligen Lernplattform heraus auf Literatursuche und Volltextvermittlung von *io-port* zugreifen können. Nach einer einmaligen Authentifizierung gegenüber der jeweiligen Lernplattform sollen Lernende damit über eine vereinheitlichte Benutzungsoberfläche auf Lerninhalte, veranstaltungsspezifische Informationen und eben auch auf externe Literatur zugreifen können.

Aktuell werden in *io-port* die Literaturnachweise im DXF2-Format, einer XML-basierten Syntax, abgelegt [Ho03]. Wie im Folgenden noch erläutert wird, reicht dieses Dateiformat allerdings nicht aus, um auch Lernobjekte nach bestimmten Auswahlkriterien zu finden.

3 Nachweis von E-Learning-Inhalten

Als zweite wesentliche Form der Unterstützung von E-Learning in *io-port* soll im folgenden Teil des Beitrags der Nachweis von E-Learning-Inhalten betrachtet werden. Hierbei geht es im Wesentlichen darum, erstellte Lernmaterialien zentral zu erfassen und

² <http://dblp.uni-trier.de>

³ <http://www.mayr.informatik.tu-muenchen.de/>

⁴ <http://iinwww.ira.uka.de/bibliography>

⁵ <http://www.zblmath.fiz-karlsruhe.de/COMP/quick.html>

so ihre (Wieder-)Verwendung zu ermöglichen. Zunächst liegt an dieser Stelle der Gedanke nahe, dass sich der Nachweis von E-Learning-Inhalten vom Literaturnachweis nicht grundsätzlich unterscheidet. Bei näherer Betrachtung wird allerdings klar, dass eine Integration dieser unterschiedlichen Informationen in einem Informationssystem nicht sinnvoll erscheint. Der Hauptgrund hierfür ist, dass sich die heute üblichen Beschreibungsformate für Literatur auf der einen Seite und E-Learning-Angebote auf der anderen gravierend unterscheiden: insbesondere das zur Beschreibung von E-Learning-Inhalten weit verbreitete LOM-Format ist wesentlich ausdrucksstärker als dies Formate für Literaturnachweise (wie zum Beispiel BibTeX) üblicherweise sind. Aus diesem Grund wird der Nachweis von E-Learning-Inhalten in *io-port* als eine eigenständige Komponente des Portals betrachtet, auf die im Folgenden im Detail eingegangen wird.

3.1 State of the Art

Es gibt einige vergleichbare Projekte, in denen man sich ebenfalls mit Nachweissystemen für E-Learning-Inhalte beschäftigt. Bekannte Beispiele aus dem deutschsprachigen Raum sind AKLEON⁶, MeBib⁷, medien-bildung.net⁸ und Studieren im Netz⁹; europaweit von Bedeutung sind die so genannten ARIADNE-Knowledge-Pools, die neben den Metadaten im Allgemeinen auch die vollständigen E-Learning-Inhalte vorhalten. All diese Angebote weisen zwar jeweils eine beachtliche Menge von E-Learning-Inhalten nach; trotzdem existiert bisher kein auch nur ansatzweise umfassendes Nachweissystem. Hierfür gibt es eine Reihe von Ursachen:

- Einige der Angebote orientieren sich nicht an E-Learning-Standards, sondern verwenden proprietäre Beschreibungsformate. Eine automatisierte Nutzung der Systeme wird dadurch erheblich erschwert.
- Die Qualität der enthaltenen Einträge wird häufig nicht geprüft. Eine Validierung der Einträge, wie sie zum Beispiel ARIADNE schon seit Jahren vorsieht [Fo99], ist nicht bei allen Systemen selbstverständlich.
- Zum Teil werden Nachweissysteme bewusst nur auf eine eng abgegrenzte Menge von E-Learning-Angeboten fokussiert (z. B. auf Projekte eines bestimmten Geldgebers oder auf kostenfrei verfügbare Angebote).
- Eine Vermittlung der über das System zu findenden Inhalte inklusive Abrechnung wird nur selten angeboten.

Diesen möglichen Problemen soll durch den im Folgenden vorgestellten Entwurf eines Nachweissystems begegnet werden. Er ist konsequent an Standards orientiert, erlaubt die Validierung der Einträge, unterstützt den Nachweis beliebiger E-Learning-Inhalte und ausdrücklich auch die Vermittlung kostenpflichtiger Angebote.

⁶ <http://www.akleon.de>

⁷ <http://www.fh-augsburg.de/mebib>

⁸ <http://www.medien-bildung.net>

⁹ <http://www.studieren-im-netz.de>

3.2 Rollen und Anwendungsfälle

An der Erstellung und Nutzung von E-Learning-Anwendungen sind im Normalfall verschiedene Personen oder Einrichtungen mit unterschiedlichen Rollen beteiligt: E-Learning-Inhalte werden von *Autoren* erstellt, und vom *Inhaltsanbieter* gelangen sie dann zum eigentlichen *E-Learning-Anbieter* – dies könnte beispielsweise ein kommerzielles Schulungsunternehmen oder auch eine Fernuniversität sein. Je nach Lehr- und Lernszenario werden die *Lernenden* während des Einsatzes der Materialien von *Dozenten* oder auch *Tutoren* betreut. Für diese unterschiedlichen beteiligten Personen und Einrichtungen kommt die Nutzung eines Nachweissystems für E-Learning-Inhalte aus unterschiedlichen Gründen in Betracht. Grob zu unterscheiden sind zwei Anwendungen des Systems: es soll auf der einen Seite möglich sein, Metadaten zu Lerninhalten in das System einzugeben oder zu importieren, und auf der anderen Seite sollen den Nachfragern nach E-Learning-Inhalten umfangreiche Suchfunktionen zur Verfügung gestellt werden.

Rolle	Suche nach Lernobjekten	Angebot von Lernobjekten
Autor	atomare Lernobjekte zur Wiederverwendung in einem größeren Kurs (z. B. Animationen, Graphiken o. ä.)	erstellte Lernobjekte unterschiedlicher Granularität (vom atomaren Lernobjekt bis zum kompletten Kurs)
Dozent	Lernobjekte höherer Granularität (z. B. Kurse)	-
Lernender	Lernobjekte höherer Granularität (z. B. Kurse)	-

Tabelle 1: Beispiele für die typische Nutzung eines E-Learning-Nachweissystems

Tabelle 1 zeigt exemplarisch für die Rollen des Autors, des Dozenten und des Lernenden, welche Arten von Lernobjekten von den jeweiligen Gruppen im Allgemeinen angeboten und nachgefragt werden. Auf der Seite des Inhaltsanbieters, der hier durch den Autor repräsentiert wird, geht es vor allem darum, erstellte Lernmaterialien auf den Markt zu bringen. Häufig möchte aber auch der Autor eines Lernobjekts auf einzelne Lernobjekte eines Dritten zurückgreifen und aus diesem Grund auch die Suchfunktionalitäten des Systems verwenden. Für Dozenten oder ggf. auch direkt für den einzelnen Lernenden steht die Suche nach einem für die jeweilige Zielgruppe passenden Lernangebot im Vordergrund. In der Praxis kommt es darüber hinaus regelmäßig vor, dass die von einem Dozenten gefundenen Lernobjekte noch angepasst oder erweitert werden, bevor sie einer speziellen Zielgruppe angeboten werden. In diesem Sinn können Dozenten also auch zu Autoren werden; sie benötigen dann auch eine Schnittstelle, um ihre Lernmaterialien direkt den Lernenden anbieten zu können.

Dieses Beispiel macht deutlich, dass zu jedem Lernobjekt immer bekannt sein sollte, ob es zur Wiederverwendung in anderen Lernobjekten, zur Verwendung bei einem Dozenten oder zum direkten Einsatz beim Lernenden geeignet ist. Wenn diese Information vorliegt, können in ein Nachweissystem, wie es hier entwickelt werden soll, rollenspezifische Schnittstellen zum Suchen und ggf. auch zum Anbieten von Lernobjekten integriert werden. Zusätzlich hierzu wird noch eine Schnittstelle zur redaktionellen Bearbeitung und zur Validierung der in das Nachweissystem aufgenommenen Einträge benötigt.

4. RDF-basierte Umsetzung eines E-Learning-Nachweissystems

In diesem Abschnitt soll ein Metadaten-Modell und eine Architektur für den Nachweis von Lernobjekten in *io-port* entwickelt werden. Im Vergleich zu anderen Ansätzen soll die Suche nach Lernobjekten in *io-port* qualitativ wesentlich besser werden, indem nicht nur die Syntax, sondern auch die Semantik der Metadaten berücksichtigt wird. Die Syntax legt nur die Form der integrierten Metadaten fest – hierfür hat sich XML (eXtensible Markup Language) als Standard durchgesetzt. Ein gängiger Standard zur semantischen Beschreibung von Lernobjekten, auf den im Folgenden noch näher eingegangen wird, ist IEEE LOM (*Learning Object Metadata*). Er enthält allerdings keine Vorgabe für eine bestimmte technische Implementierung. Eine Möglichkeit, den LOM-Standard technisch in maschinenverständlichen Code umzusetzen, ist durch ein LOM/RDF-Binding möglich. Hierbei werden LOM-Metadaten in RDF-Konstrukten eingebunden [Ni02]. Mit dem *Resource Description Framework (RDF)* [Po03] wird ein leicht verständliches und flexibel anpassbares Modell zur Modellierung von Metadaten vorgeschlagen. Flexibel ist es dahin gehend, dass es nicht das Vokabular zur Beschreibung von Metadaten, sondern deren Struktur standardisiert. RDF ermöglicht es damit, Metadaten von Lernobjekten basierend auf LOM zu übertragen, ohne hierbei die Semantik zu verlieren.

4.1 Learning Object Metadata (LOM)

E-Learning-Inhalte sind einer automatisierten inhaltlichen Erfassung im Normalfall nicht zugänglich. Wenn zum Beispiel die Videoaufzeichnung einer Vorlesung in ein Nachweissystem aufgenommen werden soll, werden separat vorliegende inhaltliche Beschreibungen benötigt. Für derartige Beschreibungen von E-Learning-Inhalten mit Metadaten wurden in den vergangenen Jahren verschiedene konkurrierende Standards entwickelt, von denen heute aber nur sehr wenige in größerem Umfang genutzt werden. Das prominenteste Beispiel eines E-Learning-Standards ist sicherlich IEEE LOM. An seiner Entwicklung waren mit der Dublin Core Metadata Initiative (DCMI), der Ariadne Foundation und dem IMS Global Learning Consortium einige der wichtigsten Standardisierungsorganisationen im Bereich E-Learning beteiligt [IE04a]. Inzwischen wurde LOM auch in das „Sharable Content Object Reference Model“ (SCORM) der Advanced-Distributed-Learning-Initiative (ADL) integriert [AD04]. SCORM ist ein Referenzmodell für E-Learning-Anwendungen, das in letzter Zeit starke Verbreitung gefunden hat.

Im LOM-Standard wird ganz unabhängig von seiner technischen Implementierung die Semantik von Metadaten für Lernobjekte definiert. Hierzu wurde ein konzeptuelles Datenschema entwickelt, das im Wesentlichen aus neun Kategorien (General, Life Cycle, Meta-Metadata, Technical, Educational, Rights, Relation, Annotation und Classification) von Metadaten besteht, die insgesamt über 70 Elemente enthalten. Technisch implementieren lässt sich LOM auf unterschiedliche Art und Weise. Am häufigsten genutzt wird heute die XML-basierte Darstellung von LOM (sog. XML-Binding). Im folgenden Abschnitt wird erläutert, warum für die hier geplante Anwendung die Verwendung des RDF-Bindings von LOM vorteilhafter ist.

4.2 Resource Description Framework (RDF)

RDF ist ein formal fundiertes graphisches Modell [W304b], bestehend aus zwei Arten von Knoten – Ellipsen und Rechtecken – die über Kanten miteinander verbunden sind. Ein solches Tripel stellt in RDF eine Aussage dar [W304c]. Ellipsen repräsentieren Ressourcen und werden durch eine URI gekennzeichnet. Kanten beschreiben Eigenschaften von Ressourcen und bekommen durch Eigenschaftswerte (Rechtecke) eine spezifische Bedeutung. Abbildung 1 zeigt eine einfache RDF-Aussage – bestehend aus dem Tripel (WFM – Autor – „Thomas Meier“). Auf die Ressource WFM wird durch die URI <http://www.aifb.uni-karlsruhe.de/vorlesungenSS04/WFM/> verwiesen, *Autor* ist die Eigenschaft und *Thomas Meier* der Eigenschaftswert der zu beschreibenden Ressource.

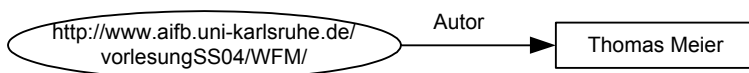


Abbildung 1: Einfache RDF-Aussage

Eigenschaften von Ressourcen können beliebig benannt werden, ohne dass die Tripel-Struktur der Aussage verändert wird. Aussagen, Eigenschaften und Werte können alle selbst wieder Ressourcen sein und somit untereinander kombiniert werden. Die oben modellierte Aussage lässt sich auf verschiedene Weisen durch gültige XML-Dokumente ausdrücken. XML ist aber ein Datenaustauschformat, das nur die Struktur von Dokumenten beschreibt. RDF hingegen weist den Daten Bedeutung zu. RDF-Aussagen können äquivalent in einer RDF/XML-Syntax ausgedrückt werden [W304e]. Dies erlaubt maschinenlesbare und eindeutig verständliche Aussagen über Ressourcen.

Allerdings gibt RDF kein vordefiniertes Metadatenvokabular vor, sondern ermöglicht die Integration verschiedener Standards und die Definition unterschiedlicher Schemata, mit denen die Gültigkeit von RDF-Aussagen überprüft werden kann. Während ein XML-Schema nur eine Vorgabe für die syntaktische Struktur von wohlgeformten XML-Dokumenten macht, gehen RDF-Schemata (RDFS) einen Schritt weiter: mit ihnen wird eine semantische Zuordnung von Begriffsbeziehungen erreicht, und den beschriebenen Eigenschaften wird eine semantische Ordnung gegeben, was eine automatische Weiterverarbeitung ermöglicht [W304f].

4.3 LOM/RDF-Binding

Die Vorteile des flexiblen und maschinenverständlichen RDF-Modells und der semantischen Definition von Metadaten für Lernobjekte werden in einem RDF-Binding für LOM vereinigt. Ein Binding von LOM-Metadaten an das RDF-Modell ermöglicht eine technische Umsetzung des LOM-Standards in maschinenverständlichem Code. Für die Darstellung der Metadaten und deren Austausch zwischen Applikationen wird zur Zeit ein standardisiertes Binding entworfen [IE04b].

Die Umsetzung von LOM-Elementen in RDF-Konstrukte erfolgt in den meisten Fällen durch Elemente des allgemeineren Dublin-Core-Standards [DC03]. LOM-Elemente werden durch ihre Wertebereiche und Datentypen definiert. Bei Wertebereichen wird

entweder ein Standard oder ein Vokabular vorgegeben. Datentypen von Elementen sind vom Typ `CharacterString`, `DateTime`, `Duration`, `LangString`, `Language`, `Token`, `vCard` oder `Vocabulary`. Die Umsetzung des LOM-Standards in RDF-Konstrukte erfolgt nach den Datentypen von Elementen. Abbildung 2 zeigt eine Umsetzung des LOM-Elements *title* vom Typ `LangString`. Dieser Typ ermöglicht die Speicherung des Sprachkürzels (de) zum Wert. Die Zuordnung des Kürzels *dc* vor den Elementnamen weist auf eine Dublin-Core-Spezifikation des Elements hin.

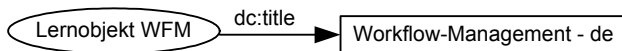


Abbildung 2: Binding des Elements *title*

Abbildung 3 zeigt die Umsetzung des Elements *language*, das vom Datentyp `CharacterString` ist und einen Standard-Wertebereich (RFC1766) hat. Dem Element *language* des Lernobjekts WFM wird der Stringwert „de“ für die Sprache Deutsch aus dem Standard RFC1766 zugeordnet. Alle Elemente, denen ein *rdf* vorangestellt wird, wurden in der RDF-Spezifikation vordefiniert. Leere Ellipsen ermöglichen in RDF eine strukturierte Beschreibung von Eigenschaften. Dieser unbenannten Ressource können Werte als Rechtecke oder Ressourcen zugeordnet werden.

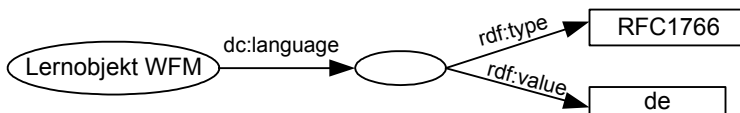


Abbildung 3: Binding des Elements *language*

Abbildung 4 zeigt die Umsetzung des Elements *status* vom Datentyp `Vocabulary`. Die möglichen Werte dieses Elements sind im LOM-Standard vorgegeben. Die hier gezeigte Aussage drückt den *Final*-Zustand des Lernobjekts aus. Möglich wären außerdem die Werte *Draft*, *Revised* oder *Unavailable*. *lom-life* ist der Namensraum der LOM-Kategorie *life-cycle*:

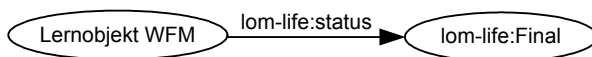


Abbildung 4: Binding des Elements *status*

Personen (z. B. *editor*, *terminator*, *validator*, *contentProvider*, *graphicalDesigner*) können mit dem so genannten *vCard*-Format beschrieben werden, das innerhalb einer Entität verwendet wird [W304a]. Abbildung 6 zeigt die Umsetzung des Elements *editor*, das nach dem *vCard*-Format mit Vorname und Nachname („FN“) beschrieben wird:

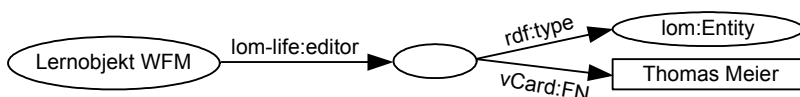


Abbildung 5: Binding des Elements *editor*

Ein hilfreiches Konstrukt für die Modellierung von Metadaten mit RDF ist der Container. Durch Container lassen sich Werte von Eigenschaften entweder als Sequenzen (*Seq*), Alternativen (*Alt*) oder Multimengen (*Bag*) ausdrücken. Bei Multimengen ist die Reihenfolge der Elemente unerheblich, bei Sequenzen sind die Elemente geordnet. Bei Alternativen kann eines der Elemente gewählt werden. Für die Eigenschaft *IntendendEndUserRole* (Element der Kategorie Educational) in der Abbildung 5 werden die Werte *Teacher*, *Learner* und *Author* vorgegeben. *IntendendEndUserRole* des Lernobjekts WFM sind Lehrer, Lernende und Autoren.

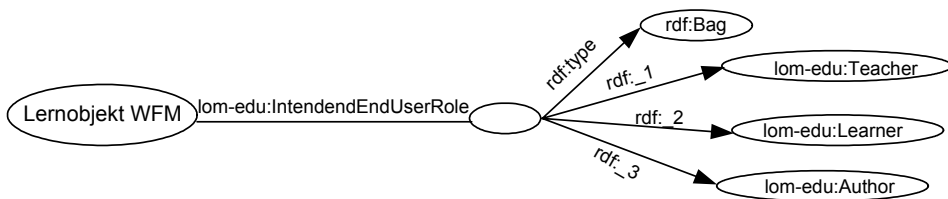


Abbildung 6: Binding des Elements *IntendendEndUserRole*

Beispielhaft wurde die Umsetzung von LOM-Elementen mit unterschiedlichen Datentypen und Wertebereichen gezeigt. Durch die Einbindung verschiedener Namensräume lassen sich alle Elemente des LOM-Standards als RDF-Konstrukte modellieren. Die Darstellung der Aussagen in RDF/XML-Syntax ermöglicht eine maschinenverständliche Beschreibung und unterstützt die Informationssuche nach Lernobjekten. Eine automatische Weiterverarbeitung wird mit RDF-Schema, das Begriffsbeziehungen zwischen Ressourcen definiert, ermöglicht. Die Umsetzung des LOM-Standards mit dem RDF-Modell führt in *io-port* zu qualitativ besseren Suchergebnissen. Die großen Mengen von Lernobjekten, die im Informationsportal verwaltet werden sollen, können damit besser gefunden und vermittelt werden. Der nächste Abschnitt schlägt davon ausgehend eine Architektur für die Speicherung und Verwaltung von RDF-basierten LOM-Objekten vor.

4.4 Architektur eines RDF-basierten E-Learning-Nachweissystems

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, Metadaten in einem Datenbanksystem zu speichern und zu archivieren [Gu03]. Die komponentenunabhängige Architektur Sesame [Br02] bietet die Möglichkeit, eine große Menge an Metadaten effizient in einer relationalen oder einer objektorientierten Datenbank zu speichern und abzufragen. Die Speicherung erfolgt in RDF/XML-Syntax und für die Daten wird eine eigene Abfragesprache verwendet. Eine andere interessante Technologie zur Erstellung, Verarbeitung und persistenten Speicherung von RDF-Daten bietet die Jena Architektur [He04].

Zu unterscheiden sind zwei Anwendungen des Systems: einerseits soll es möglich sein, Metadaten zu Lernobjekten in das System einzugeben und zu importieren und andererseits sollen umfangreiche Suchfunktionalitäten zur Verfügung gestellt werden. Abbildung 7 zeigt eine mögliche Architektur für die Eingabe, Abfrage, Speicherung und Verwaltung von LOM/RDF-Objekten. Authentifizierte Benutzer können im System entweder E-Learning-Metadaten in einem RDF/LOM-Editor eingeben oder über eine Suchmaske nach Lernobjekten suchen. Im Editor werden die LOM-Metadaten anschließend als RDF-Konstrukte in RDF/XML-Syntax umgesetzt und durch eine Importfunktion in der Datenbank abgelegt. Sollen Metadaten von Lernobjekten ergänzt oder geändert werden, so können diese exportiert und anschließend im Editor bearbeitet werden. Suchkriterien werden in einer Suchmaske eingegeben und über eine Abfragekomponente gesteuert. Die Administrationskomponente ist für die Konfiguration des Datenbankmanagementsystems und die Steuerung und Überwachung der ausgeführten Aufgaben verantwortlich.

Möglich wären beispielsweise die folgenden Anfragen:

- Suche Lernobjekte mit dem Titel „Workflow-Management“.
- Suche Vorlesungen mit dem Begriff „Modellierung“.
- Suche Vorlesungen in Englisch, zu denen es Übungen und Folien gibt.

Mit der Definition von Begriffsbeziehungen werden bei einer Suche nach „Workflow-Vorlesung“ auch Lernobjekte „Workflow-Tutorium“ und „Workflow-Übung“ gefunden.

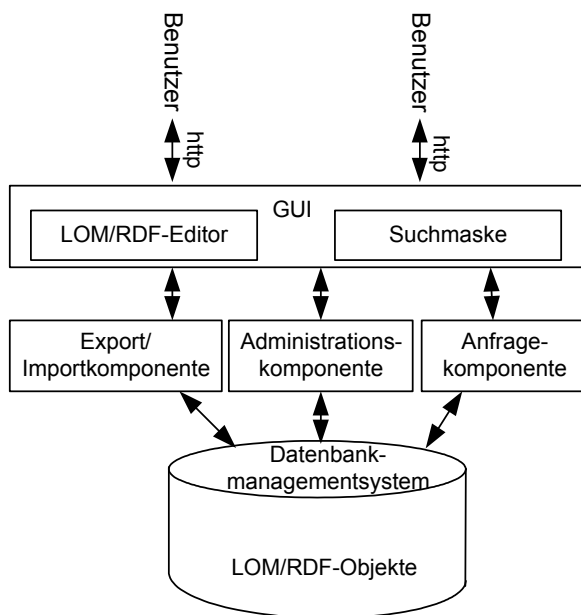


Abbildung 7: Architektur eines RDF-basierten E-Learning-Nachweissystems

5. Zusammenfassung und Ausblick

In den vorangegangenen Abschnitten wurde gezeigt, dass ein Informationsportal wie *io-port* E-Learning-Anwendungen auf unterschiedliche Weise unterstützen kann. Durch das Angebot von Literatursuche und Volltextvermittlung wird den Nutzern von E-Learning-Anwendungen die notwendige Infrastruktur zur Verfügung gestellt, um beispielsweise auch wissenschaftliche Arbeiten zeit- und ortsunabhängig anfertigen zu können. Eine weitere für *io-port* geplante Dienstleistung, die im Mittelpunkt dieses Beitrags stand, ist der Nachweis von E-Learning-Inhalten. Die in diesem Zusammenhang relevanten Standards zur Beschreibung von Lernmaterialien sind ungleich komplexer, dafür aber auch ausdrucksstärker als übliche Standards im Bereich des Literaturnachweises. Aus diesem Grund war es eines der wesentlichen Ziele, Metadaten zu Lernobjekten nicht nur rein syntaktisch verarbeiten, sondern auch semantisch interpretieren zu können. Als Hilfsmittel hierzu wurde im vorgestellten Ansatz die RDF-Darstellung des E-Learning-Standards IEEE LOM verwendet.

Ausgehend von dieser Arbeit wird im Projekt außerdem an einem tragfähigen Geschäftsmodell für ein E-Learning-Nachweissystem gearbeitet. Hierbei wird insbesondere auch auf Vorarbeiten zum Geschäftsmodell für die bisherigen Kernkomponenten von *io-port* zurückgegriffen.

Ferner wird zurzeit eine prototypische Implementierung eines E-Learning-Nachweissystems erstellt. Nach einer Evaluation dieses Systems soll eine entsprechende Portalkomponente in *io-port* integriert werden. Damit wird auch die Grundlage zur Bearbeitung weiterer interessanter Fragestellungen gelegt. Es wird beispielsweise zu untersuchen sein, welche der basierend auf RDF möglichen Anfragen in der Praxis zu den tatsächlich besten Suchergebnissen führen. Derartige Erfahrungen sind auch über den hier betrachteten Anwendungsfall hinaus von Bedeutung, denn sie lassen sich auch unmittelbar auf vergleichbare Informationsportale zu anderen Themengebieten übertragen.

Literaturverzeichnis

- [AD04] Advanced Distributed Learning (ADL): Sharable Content Object Reference Model (SCORM[®]) – Content Aggregation Model, Version 1.3, 2004. <http://www.adlnet.org>. Letzter Abruf: 20.05.2004.
- [Bo03] Bode, A.; Desel, J.; Rathmeyer, S.; Wessner, M. (Hrsg.): DeLFI 2003, Tagungsband der 1. e-Learning Fachtagung Informatik, 16.-18. September 2003, Garching bei München. LNI P-37, 2003.
- [Br02] Broekstra, J.; Kampman, A.; Harmelen, F.v.: Sesame: A Generic Architecture for Storing and Querying RDF and RDF Schema, 2002. <http://www.openrdf.org/doc/papers/Sesame-ISWC2002.pdf>. Letzter Abruf 21.05.2004.
- [DC03] Dublin Core Metadata Initiative: Dublin Core Metadata Element Set, Version 1.1, Reference Description. <http://dublincore.org/documents/dces/>. Letzter Abruf: 25.05.2004.
- [Fo99] Forte, E. u. a: Semantic and pedagogic interoperability mechanisms in the ARIADNE educational repository. ACM SIGMOD Record, 28 (1999) 1, S. 20-25.
- [Gu03] Guha, R.V.: rdfDB: an RDF Database, <http://guha.com/rdfdb/>. Letzter Abruf 21.05.2004.

- [He04] Hewlett Packard Laboratories: Jena – A Semantic Web Framework for Java, <http://jena.sourceforge.net/>. Letzter Abruf 21.05.2004.
- [Ho03] Horn, L. u. a.: Konzeption und Betrieb eines Kompetenz- und Dienstleistungsnetzes für die Informatik. In (Dittrich, K. u. a., Hrsg.): Proceedings INFORMATIK 2003 - Innovative Informatikanwendungen, GI-Jahrestagung, Frankfurt, LNI P-34, 2003; S. 132-147.
- [IE04a] IEEE Learning Technology Standards Committee – Working Group 12: P1484.12.1 - Draft Standard for Learning Object Metadata (LOM). <http://ltsc.ieee.org/wg12/20020612-Final-LOM-Draft.html>. Letzter Abruf: 20.05.2004.
- [IE04b] IEEE Standard for Ressource Description Framework (RDF) binding for Learning Object Metadata data model: P1484.12.4, <http://ltsc.ieee.org/wg12/par1484-12-4.html>. Letzter Abruf: 28.05.2004
- [Ko04] Koschmider, A. u.a.: Entwicklung eines Informationsportals für die Informatik; in: Proceedings INFORMATIK 2004 – Informatik verbindet, GI-Jahrestagung, Ulm, September 2004.
- [La98] Lassila, O.: Web Metadata: A matter of semantics. IEEE Internet Computing, 1998. 4: S. 30-37.
- [Ni02] Nilsson, Mikael: IEEE Learning Object Metadata RDF Binding, working draft, <http://kmr.nada.kth.se/el/ims/md-lomrdf.html>. Letzter Abruf: 21.05.2004.
- [Po03] Powers, S.: Practical RDF, 1. ed.. Beijing; Köln: O'Reilly, 2003.
- [W304a] W3C. Representing vCard Objects in RDF/XML, W3C Note, Februar 2001, <http://www.w3c.org/TR/vcard-rdf>
- [W304b] W3C. Resource Description Framework (RDF): Concepts and Abstract Syntax, Februar 2004, Recommendation, <http://www.w3.org/TR/rdf-concepts/>
- [W304c] W3C. RDF Primer, Februar 2004, Recommendation, <http://www.w3.org/TR/rdf-primer/>
- [W304d] W3C. RDF Semantics, Februar 2004, Recommendation, <http://www.w3.org/TR/rdf-mt/>
- [W304e] W3C. RDF/XML Syntax Specification (Revised), Februar 2004, Recommendation, <http://www.w3.org/TR/rdf-syntax-grammar/>
- [W304f] W3C. Vocabulary Description Language 1.0: RDF Schema, Februar 2004, Recommendation, <http://www.w3.org/TR/rdf-schema/>