

# WIESELfederation – Content Sharing Ansatz im Rahmen eines offenen Verbundes von Learning Object Repositories

Matthias Rust, Guntram Flach, Ralph von Petersdorff-Campen

eGovernment & Multimedia Information Management  
Zentrum für Graphische Datenverarbeitung e. V., Rostock  
Joachim-Jungius-Str. 11  
18059 Rostock

{matthias.rust, guntram.flach, ralph.v.petersdorff-campen}@rostock.zgdv.de

**Abstract:** In den letzten Jahren wurden im Bereich des E-Learning eine Vielzahl von Systemen und Kursen für unterschiedliche Anwendungsgebiete entwickelt. Aktuelle Tendenzen betrachten Aspekte der Nachnutzung und Wiederverwendung von Lehr- und Lernmaterialien. In dieser Arbeit wird ein Ansatz vorgestellt, durch den mittels semantischer Dienste eine Verknüpfung von Inhalten aus E-Learning- und Knowledge-Management-Umgebungen, die verteilt vorliegen können, ermöglicht wird. Der vorgestellte Ansatz verwendet Metadaten und fachspezifische Wissensnetze, um die Lernmodule aus verschiedenen verteilten Learning Object Repositories zu fördern und damit Aspekte des Content Sharing zu unterstützen.

## 1 Einführung und Motivation

Durch die Entwicklung und Verbreitung von Computern und hochkapazitären Internetanbindungen hat sich E-Learning in den letzten Jahren in Wirtschaft und Forschung als wichtiges Kernthema etabliert. Viele Firmen integrieren E-Learning-Aspekte in die Weiterbildung. Universitäten bereiten ihren Lernstoff multimedial für das Internet auf. Für die Sicherstellung der Qualität und die Ermöglichung interoperabler Systeme wurde auf nationaler und internationaler Ebene bereits eine Reihe von Standards und Referenzsystemen für E-Learning entwickelt, die sich in ständiger Fortentwicklung befinden.

SCORM ist ein Standard, der international etabliert ist und bereits von vielen Systemen umgesetzt wird [ADL01]. SCORM definiert E-Learning-Kurse als Pakete, die aus einzelnen SCOs (sharable content objects) zusammengesetzt sind. Integraler Bestandteil von SCORM ist der Metadatenstandard LOM (learning object metadata), der für Kurse, für einzelne SCOs, aber auch für einzelne Dateien innerhalb von SCOs die Angabe verschiedenartiger Metadaten erlaubt. Eine Vision von SCORM besteht in der Nachnutzung und Wiederverwendung von SCOs zu neuen Kursen, die allerdings von heutigen Systemen noch nicht hinreichend umgesetzt ist. Derzeit existieren in der Regel sehr heterogene Systeme, wodurch ein Austausch einzelner Kursteile zwischen den

Systemen nicht oder nur schwer möglich ist. Vor allem wirtschaftliche Gründe verlangen, mögliche Potentiale der Verknüpfung verschiedener LORs (Learning Object Repositories) und der darin verwalteten Lernobjekte zu erkennen und diese zu nutzen.

Im Rahmen des Projektes WIESEL<sup>1</sup> hat das ZGDV Rostock in Zusammenarbeit mit der ANOVA Multimedia Studios GmbH ein Konzept entwickelt, das auf der Basis von SCORM die automatische und personalisierte Zusammenstellung existierender Lernmodule (SCOs) zu neuen Kursen ermöglicht (siehe Abbildung 1). Allein die Eingabe eines Lernziels soll genügen, eine Lernmodulkette zu erzeugen, die dann innerhalb eines Lernmanagementsystems als SCORM-kompatibler Kurs verwendet werden kann.

Um die automatische Föderierung zu unterstützen, müssen Erweiterungen an der Metadaten-Struktur der Lernmodule vorgenommen werden. Durch die Verwendung fachspezifischer Wissensnetze (Ontologien) können diese Metadaten flexibel für den Zusammenbau von Kursstrukturen verwendet werden. Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, existierende Wissensquellen im Unternehmen in den Föderationsprozess einfließen zu lassen, d. h. thematisch passende Wissensobjekte (aus Datenbanken, Medienarchiven) mit dem erzeugten Kurs zu koppeln (siehe CourseEnrichmentEngine).

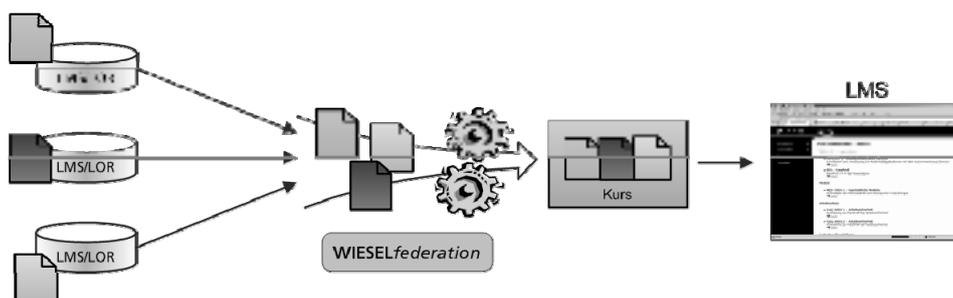


Abbildung 1: Föderierung von Kursen mit WIESEL federation

Durch den vorgestellten Ansatz wird es möglich, personalisierte Kurse, d. h. an den Lerner angepasste Kurse automatisch erzeugen zu lassen. Die folgenden Kapitel widmen sich der Betrachtung von existierenden Arbeiten und Aktivitäten im Umfeld des Content Sharing. Anschließend wird der entwickelte Lösungsansatz vorgestellt. Dem Experimentalsystem widmet sich Abschnitt 4. Zum Abschluss werden eine Zusammenfassung und ein Ausblick auf weitere Arbeiten und offene Probleme gegeben.

## 2 Related Work

Einen Überblick über existierende Learning Object Repositories unter dem Gesichtspunkt des Managements nachnutzbarer Lernobjekte bietet [ND02]. Das

---

<sup>1</sup> WIESEL wurde vom BMWA im Rahmen von PRO INNO im Zeitraum 05/2003-10/2004 gefördert.

kanadische Projekt BELLE [NET01] befasst sich neben der Erzeugung von qualitativ hochwertigen Lernmodulen ebenfalls mit Aspekten der Gestaltung nachnutzbarer Inhalte (Content Repurposing). Die Projekte MERLOT [BLS03], SMETE [DA01] und EdNa Online [MAI00] arbeiten teilweise bereits seit 1997 am Aufbau umfangreicher Lehrmaterialsammlungen für dedizierte Wissensgebiete. Insbesondere die beiden letztgenannten Projekte zeichnen sich durch die Unterstützung unterschiedlicher Anfrage- und Recherchemöglichkeiten aus, die über Web-Formular-Lösungen hinausgehen und damit die Einbettung in serviceorientierte Architekturen gestatten.

Vom IMS stammt die Digital Repositories Spezifikation, die die Interoperabilität von E-Learning Repositories durch die Definition funktionaler und architektonischer Muster unterstützen soll [IMS03]. Das BMBF förderte im Rahmen des Projektes MultiBook die Entwicklung von Konzepten für eine automatische Zusammenstellung von Lerninhalten, die auf einer multimedialen Wissensbasis beruhen [Se02]. Das BMWA-Projekt Content Sharing setzt neben technologischen Schwerpunkten besonderes Augenmerk auf organisatorische und wirtschaftliche Aspekte des Lehrmittelaustausches [Aeh05].

Der in diesem Beitrag vorgestellte Ansatz zeichnet sich durch eine automatische Föderierung in Anlehnung an den SCORM-Standard und durch Verwendung von ontologischen Wissensstrukturen aus, die in den genannten Arbeiten nicht bzw. unzureichend betrachtet wurden.

### **3 Lösungsansatz**

Das angestrebte Ziel besteht in dem Ermöglichen eines automatischen wissensgestützten Aufbaus von Lernmodulketten aus verteilten Lernobjekt-Repositories (LORs). Als softwarearchitektonische Grundlage des entwickelten Lösungsvorschlages wurde ein serviceorientierter Ansatz gewählt, der auf einer losen Kopplung der beteiligten Komponenten über WebServices basiert. Einzelne LORs fungieren als Service-Provider und erlauben die Recherche und den Zugriff auf die verwalteten E-Learning-Module. Da keine standardisierte Schnittstelle für E-Learning LORs existiert, erwächst daraus als eine notwendige Teilaufgabe die Anbindung heterogener LORs

Allein die Eingabe eines Lernzieles soll genügen, einen an den Nutzer angepassten Kurs vorzuschlagen, der aus unterschiedlichen und verteilten Modulen föderiert wird. In unserem Lösungsvorschlag kann durch die explizite Angabe von notwendigem Vorwissen für einzelne Lernmodule und der jeweils erreichten Lernziele mit intelligenten Algorithmen eine Kette von passenden Lernmodulen zusammengestellt werden (siehe Abbildung 2).

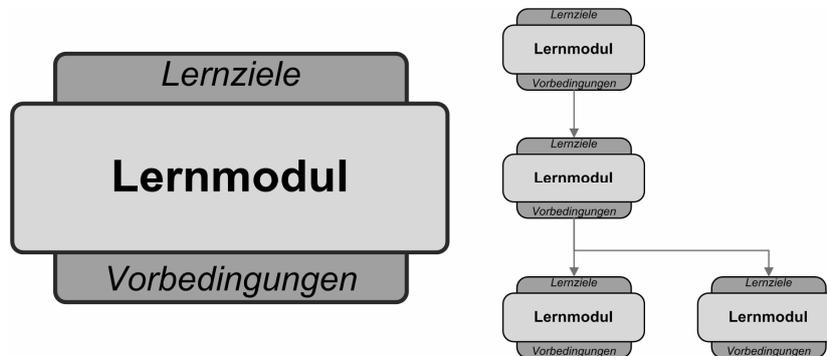


Abbildung 2: Vor- und Nachbedingungen als Grundlage für die Föderierung

Die folgenden Abschnitte dieses Beitrags beschreiben zuerst die vorgeschlagene Architektur und die relevanten Komponenten. Für die Umsetzung des vorgeschlagenen Konzepts müssen Erweiterungen an den Metadatenspezifikationen für E-Learningmodule zur Unterstützung der automatischen Föderierung vorgenommen werden. In Abhängigkeit davon wird der Algorithmus für den Aufbau der Lernmodulkette vorgestellt. Zur Unterstützung einer flexiblen Auswertung dieser Metadaten werden fachspezifische Wissensnetze (Domainontologien) eingesetzt, um auch bei einer unmöglichen direkten Zuordnung von Metadaten passende Kursmodule zu identifizieren. Durch die durchgängige Verwendung des SCORM-Standards wird Kompatibilität zu existierenden E-Learning-Werkzeugen und –Umgebungen gewährleistet.

### Architektur

In der Abbildung 3 sind die Komponenten von WIESELFederation, welche für die Föderation eingesetzt werden, dargestellt. Die FederationEngine generiert einen Kurs, welcher die Anforderungen des Lernenden erfüllt. Hierzu generiert diese Komponente Suchanfragen, um das dafür benötigte Wissen durch Kursmodule aus verschiedenen LORs bereitzustellen. Die TransformationEngine übernimmt die Aufgabe der Transformation der Anfragen an die heterogenen teilnehmenden LORs. Das von dieser Komponente erzeugte Ergebnis ist eine Übersetzung der Antwort des entsprechenden LORs, so dass die FederationEngine diese verarbeiten kann. Weiterhin werden die Begriffe, welche durch die Kursteile erlernt werden, an eine CourseEnrichmentEngine weitergegeben, um den Kurs durch weitere Inhalte aus Wissensquellen zu ergänzen (SCO-Wrapper). Das Ergebnis dieser Komponente ist ein Kurs, welcher in einem übergeordneten Lernmanagementsystem bereitgestellt werden kann.

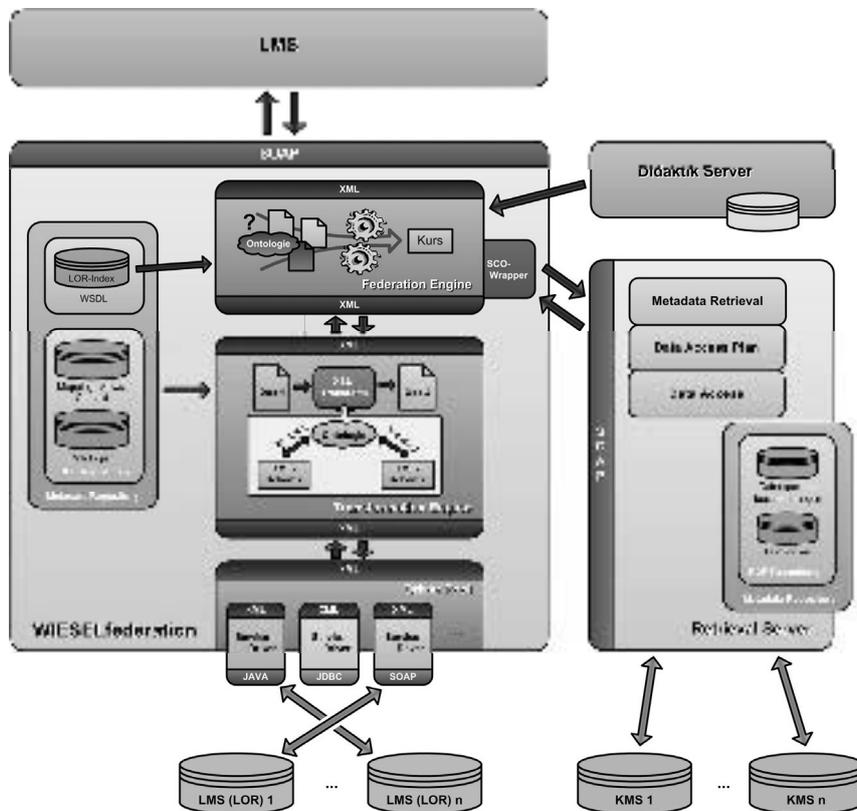


Abbildung 3: Architektur von WIESEL federation

### Anbindung von LORs - TransformationEngine

Das Entwicklungsziel der TransformationEngine bestand in der Schaffung von Architekturen und Strukturen, die es der FederationEngine erlauben, auf eine große Datenbasis für die Lernmodulföderierung zurückzugreifen. LORs, die an dem Föderationsverbund teilnehmen möchten, müssen sich bei WIESEL federation registrieren. Unter Verwendung semantisch angereicherter Service-Beschreibungen und einer spezifischen LOR-Schnittstellenontologie, die auf Anfragemöglichkeiten entsprechend dem LOM-Standard beruhen, wird eine flexible Anbindung gewährleistet.

Die Aufgabe der TransformationEngine ist die Übersetzung der Anfragen der FederationEngine in die adäquaten Anfragestrukturen der registrierten LORs. Es werden automatisch entsprechende Mapping-Regeln aus den semantischen Beschreibungen der Interfaces abgeleitet, die für die Transformation der Anfrage und der Antworten der LORs verantwortlich sind.

Die Arbeiten an der TransformationEngine basieren auf dem am ZGDV Rostock entwickelten Gateway-Ansatz, der neben der Behebung von Strukturkonflikten ebenfalls die Kompensation gewisser Datenkonflikte in den Anfragen und Ergebnisstrukturen ermöglicht. So können Datentypen transformiert und Konstanten abgebildet werden. Ebenso wird die automatische Komposition und Dekomposition von Werten unterstützt [AS03].

### Anforderungen an Kursmodule/Metadaten

Wie bereits erwähnt, ist es notwendig, Erweiterungen an existierenden Metadatenstrukturen von SCOs vorzunehmen, um eine Föderation nach dem vorgestellten Prinzip der Vor- und Nachwissensbeschreibungen zu ermöglichen. Der breit akzeptierte Standard LOM (Learning Object Metadaten) für die Definition von Metadaten stammt vom IMS und ist Bestandteil der SCORM-Spezifikation.

Die vorgestellten Erweiterungen ergänzen den LOM-Standard um zwei zentrale Konzepte: Die Angaben zum benötigten Vorwissen werden innerhalb des zusätzlichen Knotens „prerequisite“ angegeben. Im Knoten „learningresults“ werden die Angaben über das geschulte Wissen gesichert. Beide Knoten wurden innerhalb der LOM-Beschreibungsgruppe „classification“ zugefügt. Im folgenden Codefragment ist ein Ausschnitt aus einer erweiterten LOM-Metadatenbeschreibung dargestellt.

```
<lom>
  ..
  <classification>
    ..
    <learningresult>
      <langstring xml:lang="de-DE">Zellzyklus</langstring>
    </learningresult>
    <learningresult>
      <id>http://www.geneontology.org/#0007067</id>
      <langstring xml:lang="de-DE">Mitose</langstring>
    </learningresult>
    ..
    <prerequisite>
      <langstring xml:lang="de-DE">Lichtmikroskopie</langstring>
    </prerequisite>
    <prerequisite>
      <id> http://www.geneontology.org/#0005576</id>
      <langstring xml:lang="de-DE">MRNA</langstring>
    </prerequisite>
  ..
</classification>
</lom>
```

Die erweiterten Strukturen gestatten sowohl den Verweis auf Konzepte existierender Ontologien (Kindelement „id“) als auch die Angabe von freitextlichen Werten. Im Falle des Fehlens der Konzept-ID wird über einen einfachen Textvergleich versucht, passende Ontologiekonzepte zu dem angegebenen Keyword zu identifizieren und diese in den wissensbasierten Föderationsalgorithmus einfließen zu lassen.

## Komponente WIESEL federation

In der Regel wird man die Anforderungen, welche ein Nutzer an das LMS stellt, nicht mit einem vorgefertigten Kurs erfüllen können. Dies hängt damit zusammen, dass jeder Lernende ein anderes Vorwissen besitzen kann und somit für einen fertigen Kurs entweder zu viel oder zu wenig Wissen hätte. Dieses Problem soll mit WIESEL federation gelöst werden. Es ist deshalb notwendig, ausgehend vom aktuellen Wissen des Nutzers, die Ziele, die der Nutzer von dem zu generierenden Kurs erwartet, zu erfüllen. Es ist in den meisten Fällen nicht möglich, nur einen Weg von den Lernvoraussetzungen zu den gewünschten Zielen zu beschreiben, daher bietet sich ein Suchbaumansatz für die Föderation an.

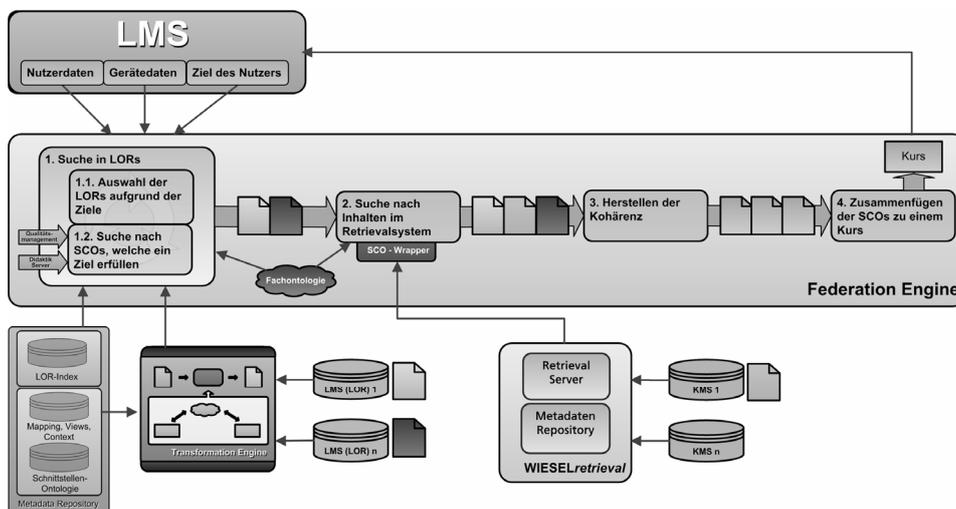


Abbildung 4: Kernalgorithmus von WIESEL federation

In der Abbildung 4 sind die Bearbeitungsschritte während des Föderationsprozesses innerhalb der zentralen Komponente Federation Engine dargestellt. Der erste Schritt beinhaltet die Suche nach Kursmodulen innerhalb der teilnehmenden LORs. Im ersten Teilschritt wird zuerst die LOR-Registry im Metadatenrepository von WIESEL federation nach passenden LORs angefragt. Durch die semantisch angereicherten LOR-Beschreibungen können für registrierte Repositories thematische Schwerpunkte angegeben werden. Z. B. würde man bei der Suche nach biologischen Lernmodulen kein LOR mit ausschließlich juristischen Inhalten in den Algorithmus einbeziehen.

Der zweite Teilschritt widmet sich dem Finden einer passenden Modulstruktur in den relevanten LORs. Aufgrund der Anforderungen an den Prozess bieten sich für die Föderation sowohl die Algorithmen der Heuristisch Informierten Suche als auch die der Optimalen Netzsuche an. Die Unterschiede liegen bei der Güte des föderierten Kurses. Die Algorithmen der Heuristisch Informierten Suche finden auch nicht-optimale Lösungen für das Problem und sind daher in der Regel schneller als die Algorithmen der

Optimalen Netzsuche, welche den besten Weg durch den Suchbaum finden. In WIESEL federation wird für die Suche ein Best-First Search-Algorithmus eingesetzt. Als Heuristik wird eine Funktion gewählt, die die Anzahl der gefundenen SCOs und erreichten bzw. unerreichten Lernziele in Betracht zieht.

Nachdem durch den ersten Schritt eine erste Kursstruktur entstanden ist, welche aus Lernmodulen aus verschiedenen LORs besteht, wird im zweiten Schritt eine Anreicherung dieser Kette durch die Einbindung von Daten aus weiteren Wissensquellen vorgenommen (siehe Abschnitt über die CourseEnrichmentEngine). Der so entstandene erweiterte Kurs wird anschließend mittels spezieller Techniken auf ein einheitliches Layout gebracht (CoherenceEngine). Im vierten und letzten Schritt wird dieser in adäquate SCORM-Strukturen gepackt, welches vom Lernmanagementsystem angezeigt werden kann.

### Verwendung von Fachontologien

Die Anbindung an Ontologien basiert auf einer Erweiterung des am ZGDV entwickelten RetrievalSystems. Mit OntoResmo, dem Ontology Retrieval Server Module, wurde der Retrievalserver um Funktionen zum Zugriff auf ontologische Wissensstrukturen erweitert. OntoResmo ist ein HighLevel-Wrapper über der RDF-Datenbank Sesame, die einen effizienten Zugriff auf große Ontologien gewährleistet [Ru04].

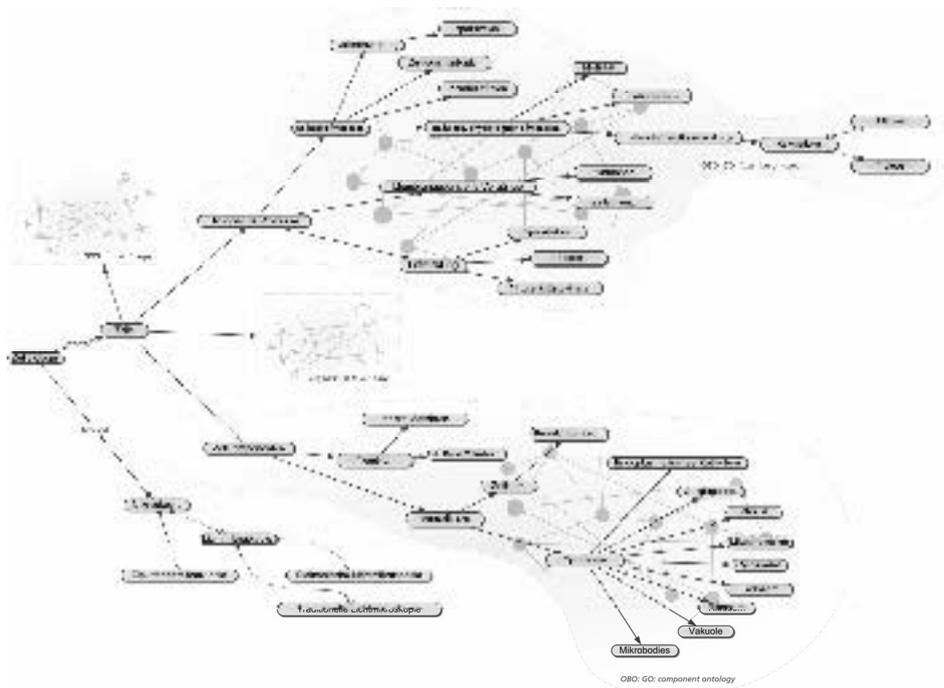


Abbildung 5: Beispiel für Wissensnetze

Fachontologien, die die Föderation unterstützen sollen, können im RetrievalSystem als Retrievalquellen definiert werden und stehen über eine einheitliche API in WIESELFederation zur Verfügung.

### Föderation mit Wissensquellen (CourseEnrichment)

Neben der Föderierung von Lernmodulen aus verteilten Repositories wurden im Rahmen von WIESEL auch Methoden untersucht, mit denen bestehende Wissensstrukturen in Unternehmen oder Institutionen mit E-Learning-Inhalten verknüpft werden können [FR04] [OMR03]. Das WIESELretrieval-System wird in der FederationEngine genutzt, um nach jedem föderierten Kurs weitere passende Inhalte aus Wissensdatenbanken einzubinden. Dazu werden entsprechend den definierten Metadaten für die erreichten Lernziele (learningresults) Anfragen an die WIESELretrieval Engine gestellt. Gefundene Inhalte werden dann über einen SCO-Wrapper als eigenständige ergänzende SCOs in den föderierten Kurs eingebettet.

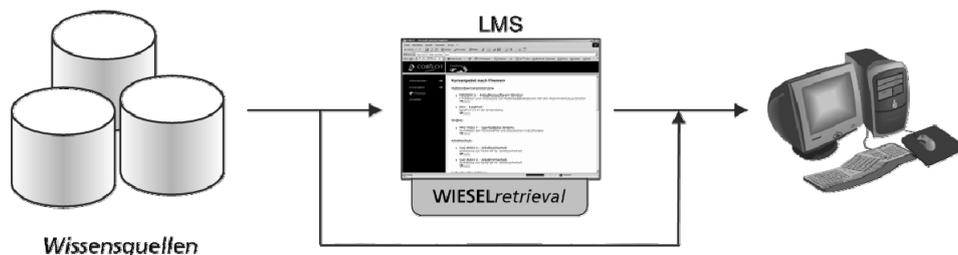


Abbildung 6: Einbindung bestehender Wissensquellen mit WIESELretrieval

## 5 Anwendungsbeispiel

Der vorgestellte Lösungsansatz wurde in Kooperation mit dem Institut für Zellbiologie und Biosystemtechnik (Universität Rostock, Fachbereich Biowissenschaften, Prof. Weiss) für das Anwendungsfeld „Einführung in die Zellbiologie“ umgesetzt. Parallel zu den Arbeiten wurden in Zusammenarbeit mit der ANOVA Multimedia Studios GmbH mehrere SCORM-Kursmodule für die ergänzende Ausbildung in einer thematisch passenden Vorlesung umgesetzt. Das Drehbuch wurde von Prof. Weiss entworfen und von ANOVA in einzelne SCOs umgesetzt.

Es wurden zwei LORs mit unterschiedlichen Schnittstellen auf Basis von den XML-Datenbanken EXIST und XINDICE eingebunden, die über jeweils unterschiedliche Webservice-Schnittstellen zugreifbar sind. Mit dem von ANOVA entwickelten Repository POSiTOR wurde ein kommerzielles System eingebunden. Durch entsprechende Einträge in der WIESELFederation MappingEngine wird die dynamische Adaption an syntaktische und semantische Unterschiede in den Anfrageprotokollen der LORs erwartet.

Als zusätzliche Wissensquelle wurde die im Rahmen von WIESEL entwickelte Videodatenbank „BioVid“ mit einem Bestand an wissenschaftlichen Mikroskopievideos aus dem Mikroskopiezentrum des Fachbereiches Biologie an der Universität Rostock als Datenquelle im WIESELretrieval-System registriert. Die ontologiegestützte Sucherweiterung von BioVid unterstützt die gleichen Fachontologien, die in WIESEL federation verwendet wurden [Ru04]. Es wird erwartet, dass bei entsprechender semantischer Nähe von durch Metadaten beschriebenen Lehrinhalten und in der Datenbank enthaltenen Videobeschreibungen die Generierung entsprechender Zwischenmodule durch die CourseEnrichmentEngine erfolgt.

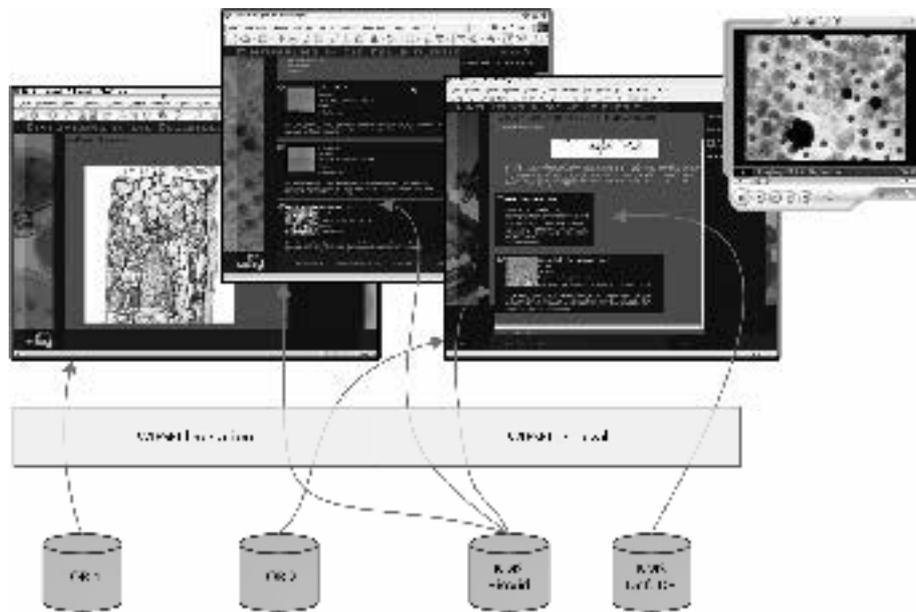


Abbildung 7: Einbettung WIESEL federation in LMS

Als Benutzerschnittstelle wurde eine Erweiterung für das von der ANOVA Multimedia Studios GmbH entwickelte LMS COBilOT<sup>2</sup> umgesetzt. Nach der erfolgreichen Authentifizierung am LMS kann der Nutzer über den Menüpunkt „Kurs fördern...“ die Dienste von WIESEL federation verwenden. Nach Definition des gewünschten Lernzieles und weiterer Randbedingungen für die Föderation wird über eine Webservice-Schnittstelle der Föderationsalgorithmus von WIESEL federation gestartet. Die entsprechenden LORs werden angefragt und ein Kurs entsprechend der Heuristik generiert. Anschließend werden die registrierten und thematisch passenden Wissensquellen nach passenden Wissensobjekten durchsucht. Die jeweiligen Ergebnisse werden in SCORM-konformen Modulen und die Module zu einem SCORM-konformen Kurs verpackt. Das Kurspackage wird als Resultat der Anfrage an das LMS gesendet,

<sup>2</sup> siehe auch <http://www.cobilot.de>

welches für die Verwaltung der Kursstrukturen und die Generierung der Navigationselemente verantwortlich ist.

In Abbildung 7 ist das Zusammenspiel von WIESELFederation und WIESELretrieval dargestellt. Der dargestellte Kurs besteht aus drei Modulen, die aus unterschiedlichen LORs stammen. Gefundene passende Objekte aus registrierten Wissensquellen sind unter dem Modulnamen „Weiteres Wissen“ im generierten Kurs enthalten (der zweite Bestandteil).

## **6 Zusammenfassung und Ausblick**

Der vorgestellte Ansatz erlaubt die automatische Zusammenstellung von E-Learning-Modulen aus verteilten Lernobjekt-Repositories zu SCORM-Kursen. Basierend auf der Definition des gewünschten Lernergebnisses wird mit wissensverarbeitenden Methoden, die zur Auswertung semantischer Beziehungen auf fachspezifische Ontologien zurückgreifen, eine Modulkette vorgeschlagen. Durch den Einsatz der Komponenten von WIESELFederation ebnet sich also der Weg für Lernmodulersteller, ihre erstellten Inhalte für weitere Nutzergruppen recherchierbar und einfach nutzbar zu machen. Auf der anderen Seite wird den Lernenden mit WIESELFederation und dessen Einbindung in ein bestehendes Lernmanagementsystem ein flexibles System geboten, mit dem E-Learning-Kurse, die an eigene Erfahrung und Vorlieben angepasst sind, automatisch erstellt werden können. Weitere Arbeiten müssen über die technische Ebene hinaus auch organisatorische und wirtschaftliche Aspekte von Content Sharing-Anwendungen betrachten.

Die Umsetzung in einem Experimentalsystem für Kursmodule aus dem biologischen Bereich demonstriert die Möglichkeiten der Föderation. Es ist geplant, das Experimentalsystem parallel zu einer stattfindenden Vorlesung Studenten zur Verfügung zu stellen und damit den Föderationsansatz mit einer größeren Nutzerzahl zu evaluieren. In Zusammenarbeit mit der ANOVA Multimedia Studios GmbH werden weitere Nutzungsszenarien und Themenbereiche aktiv untersucht.

Zukünftige Arbeiten befassen sich mit zahlreichen Problemen, die bei der Föderierung von Lernobjekten auftreten. Zum einen existieren für ein Fachgebiet durchaus verschiedene Ontologien, die von verschiedenen Kompetenzträgern entwickelt wurden. Da häufig eine semantische Deckung oder zumindest semantische Überlappung gegeben ist, kann durch Algorithmen zur Ontologieharmonisierung (z. B. Aligning oder Merging) eine verschränkte Nutzung heterogener Ontologien erfolgen. Darüber hinaus werden weitere Fachontologien, aber auch generische Ontologien wie z. B. der WORDNET-Thesaurus in das System eingebunden. Im derzeitigen System wird über eine Heuristik eine bestimmte Modulkette ausgewählt. Durch eine iterative Föderierung, die Nutzer-Feedback erlaubt und einbezieht, kann die Föderationsqualität maßgeblich gesteigert werden. Ein weiterer Punkt besteht in der verstärkten Einbindung didaktischer Konzepte, wobei insbesondere Modelle für eine SCO-übergreifende Didaktik (Makromodelle) relevant sind, die z. B. bei der Einordnung von Testmodulen in den föderierten Kurs assistieren können.

## Literaturverzeichnis

- [ADL01] Advanced Distributed Learning Initiative: Sharable Content Object Reference Model (SCORM), <http://www.adlnet.org>, 2001
- [AS03] Audersch, S., Schulz, M.: eFormsConnect - Gateway-Ansatz auf der Basis Semantic Web enabled Web Services, In (Tolksdorf, R. (Hrsg.) u.a.): Proceedings Berliner XML-Tage 2003. Bonn, 2003, S. 257-268
- [Aeh05] Aehnelt, M.: Content Sharing als technologische Herausforderung, In: Tagungsband 13th European Conference and Specialist Trade Fair for Educational and Information Technology, LEARNTEC, 2005
- [BLS03] Bastiaan, M. K., Lalanne, A., Shamseldin, S. MERLOT Federated Search Technologies. Presentation at the Merlot International Conference, Vancouver, Canada, 2003.
- [DA01] Dong, A., Agogino, A. M.: Design principles for the information architecture of a SMET education digital library, Proceedings of the 2001 ACM/IEEE Joint Conference on Digital Libraries, 2001
- [FR04] Flach, G., Rust, M.: WIESEL – semantikbasierter Ansatz zur Integration von Wissensmanagement und E-Learning, In (Gronau, Norbert (Hrsg.) u.a.): Wissensmanagement - Wandel, Wertschöpfung, Wachstum, Knowtech, München, 2004, S. 197-205
- [HR+04] Hatala, M., Richards, G., Eap, T., Willms, J.: The EduSource Communication Language: Implementing Open Network for Learning Repositories and Services, ACM Symposium on Applied Computing, 2004
- [IMS03] IMS Digital Repositories Specification, Version 1.0, IMS Global Learning Consortium, 2003, <http://www.imsglobal.org/digitalrepositories/>
- [MAI00] Mason, J., Adcock, G.; Ip, A.: Modelling Information to Support Value-Adding: EdNA Online, WebNet Journal, 2000
- [ND02] Neven, Filip, Duval Erik: Reusable Learning Objects - a Survey of LOM based Repositories, Multimedia '02, 2002.
- [NET01] NETERA Alliance: The BELLE Project. Zu finden unter: <http://belle.netera.ca>. 2001
- [NW+02] Nejdil, W., Wolf, B., Staab, S., Tane, J.: Edutella: Searching and Annotating Resources within an RDF-based P2P Network, Semantic Web Workshop at the 11th International World Wide Web Conference (WWW2002), 2002
- [OMR03] Oldenettel, F., Malachinski, M., Reil, D.: Integrating Digital Libraries into Learning Environments: The LEBONED Approach, IEEE, 2003
- [Ru04] Rust, M.: BioVid - ontologiegestütztes, kontextsensitives Retrieval biologischer Videosequenzen. In (Dadam, Peter (Hrsg.) u.a.): Informatik verbindet - 34. Jahrestagung der Gesellschaft für Informatik e.v. (GI), Bonn, 2004, S. 54-58
- [Se02] Seeberg, C.: Life Long Learning – modulare Wissensbasen für elektronische Lernumgebungen, Springer, Berlin, 2002