

Technologische Aspekte didaktischer Ontologien

Dr. Torsten Leidig*
SAP AG, CEC Karlsruhe

Abstract

Im BMBF-Leitprojekt "Lebenslanges Lernen" wird eine Plattform für die kontinuierliche Aus- und Weiterbildung im Berufsleben aufgebaut. An dieser Infrastruktur sollen sowohl öffentliche als auch private Bildungsträger sowie Inhaltanbieter und Service-Provider partizipieren können. Die technische Realisierung einer offenen gemeinsamen und standardisierten Lehr- und Lernumgebung ist trotz der rasanten Fortschritte im Internet eine große Herausforderung.

Der zentrale Aspekt in diesem Artikel ist die Fragestellungen: Wie müssen Lerninhalte didaktisch aufbereitet werden, damit sie den unterschiedlichen Bedürfnissen der Lernenden gerecht werden und zum Online-Lernen in einer Internetumgebung zum Lernen verfügbar gemacht werden können. Der L3 Ansatz einer offenen integrierten Plattform für unterschiedlichste Lerninhalte und deren didaktisch gesteuerte Vermittlung auf Basis von Conceptual Graphs wird skizziert.

L3 — "Lebenslanges Lernen", ein Leitprojekt des BMBF

Das BMBF Forschungsvorhaben L3 hat zum Ziel eine über ganz Deutschland verteilte Infrastruktur für das Online-Lernen in der beruflichen Aus- und Weiterbildung zu schaffen und zu erproben. Auf der Basis dieser Plattform sollen öffentliche und private Weiterbildungseinrichtungen, Trainingsanbieter, Internet Service Provider zusammenarbeiten. Ziel ist eine Organisationform, die sich auf Grund ihrer kommerziellen Erfolge selbst trägt. Die integrierte Online-Plattform soll dabei über Vorteile verfügen, die im konventionellen Ausbildungsbereich nicht möglich sind.

So sollen Kurse auf die speziellen Bedürfnisse von Individuen als auch Firmen zugeschnitten werden können. Die Nutzung von externen verfügbaren Wissensquellen in verschiedenen Kursen soll ebenso möglich sein, wie die dynamisch interaktive Anpassung des Kursablaufes gemäß den Vorkenntnissen, Lernstil und Präferenzen des einzelnen Lerner. Der Lernende muß in der Lage sein, die für ihn interessantesten Lerninhalte im globalen Angebot zu finden.

*Projekt "Lebenslanges Lernen" wird gefördert mit Mitteln des BMBF

Die Projektpartner sind in ganz verschiedenen Bereichen des Bildungs- und Forschungsmarktes angesiedelt. So werden die Lernzentren von öffentlichen und privaten Instituten betrieben, wie etwa Berufsförderungswerken, IHK, Gründerzentren oder Weiterbildungsfirmen, die auch traditionell in diesem Umfeld arbeiten. Die auf der L3-Plattform angebotenen Kurse, stammen entweder von den Lernzentren selbst oder werden überwiegend von unabhängigen privaten CBT-Firmen erstellt.

Online-Lernen

Anforderungen

Aus Sicht eines weltweit operierenden Herstellers für Anwendungssoftware im betriebswirtschaftlichen Umfeld ergeben sich eine Reihe besonderer Anforderungen für ein Online-Trainingsystem.

Auf Grund der großen Masse von Trainingsangeboten und der ständig zu aktualisierenden Inhalte muß ein besonderes Augenmerk auf die einfache Erstellung und insbesondere die weitere Pflege der Trainingsinhalte gelegt werden. Dabei müssen die teilweise immensen Kosten für die Erstellung von Online-Training reduziert werden.

Im Zuge der Globalisierung der Wirtschaft müssen die Trainingsinhalte oft in vielen verschiedenen Sprachen vorliegen. Für die Erstellung sind dabei besondere Abläufe notwendig um den Aufwand in Grenzen zu halten. Struktur und Didaktik müssen von der Präsentation getrennt werden. Die Erstellung und Pflege der Kurse muß in einem Team von Didakten, inhaltlichen Experten, Softwareingenieuren und Übersetzern möglich sein.

Je nach Zielgruppe müssen flexibel verschiedene Trainingsformen und Curricula in einer feingranularen Art möglich sein. Der Kursablauf muß sehr spezifisch an die Bedürfnisse des Lernenden anpaßbar sein, denn es existiert kein "Standard"-Kurs.

Zu jedem Wissensfragment müssen Zusammenhänge zu anderen Bereichen erkennbar und abrufbar sein. Dabei ist insbesondere die engere Verknüpfung von Lernen und Arbeiten von Bedeutung. Das heißt einerseits müssen die Lerninhalte auf die konkrete Arbeitssituation (Aufgabe) bezug nehmen und andererseits sollten aus dem Arbeitskontext heraus schnell relevante Trainingsinhalte abrufbar sein.

Last not least besteht eine besondere Herausforderung in der Zusammenführung von räumlich verteiltem Wissen, das auch von verschiedenen Quellen und Urhebern stammen kann.

Internet-Technologien

Das schnell wachsende Internet führte auch zu einem neuem Interesse an der Nutzung für die Aus- und Weiterbildung. Es bietet vielversprechende Möglichkeiten der Bereitstellung von multimedialen Trainingsinhalten und die Kommunikation

für Trainerunterstützung sowie die Zusammenarbeit von Lernenden. Die Notwendigkeit des Lernens als ein lebenslanger, kontinuierlicher Prozeß verstärkt diesen Wunsch, insbesondere bei Firmen, die unter ständigem Innovationsdruck stehen und deshalb einen hohen Bedarf an Mitarbeiter-Training haben. Trotzdem ist die Realisierung von Online-Lernen mit Hilfe des Internets noch nicht zufriedenstellend gelöst. Dies liegt nach unserer Meinung nur zum Teil an den fehlenden Standards sondern an der fehlenden systematischen Beschreibung von Internet-Ressourcen.

Das Worldwide Web (WWW) ist in gewissem Sinne das größte existierende Hypertextsystem der Welt. Die Vorteile des WWW liegen vor allem in der weltweiten Verbreitung und unkomplizierten Erstellung. Da das WWW heute allgegenwärtig ist, wird ein zukünftiges Lernsystem nur durch die Verknüpfung von neuen Techniken zur Annotation von Hypertexten auf Basis der aktuellen WWW Technik Erfolgchancen haben. Praktische Relevanz haben heute eigentlich nur noch Systeme, die das WWW als grundlegende Technologie einbeziehen.

Das alleinige Verfügbarmachen von Lernmaterialien im Web kann jedoch nicht genügen, denn Lernen ist ein interaktiver und kooperativer Prozeß. Der Ablauf folgt im allgemeinen bestimmten didaktischen Prinzipien und der Lernende benötigt weitere Informationen und Hilfestellungen bezüglich der Vorgehensweise und bezogen auf seinen momentanen Wissensstand. Als Hypertextsystem fehlen dem WWW für das Lernen dafür jedoch wichtige Eigenschaften, denn die didaktische Natur der Inhalte und die Wissensorganisation ist dem System nicht bekannt. Demzufolge fehlt daher die Information des Sinnzusammenhanges, die durch die eigentlichen Inhalte bereitgestellt werden muß. Eine adaptive, didaktisch angeleitete Navigation ist kaum zu realisieren. Neben der sachlogischen Beschreibung, die unbestreitbar notwendig ist, wird aber auch eine didaktische Beschreibung der Inhalte benötigt. Hypertextsysteme werden eingesetzt um größere Mengen von komplexen Zusammenhängen zu repräsentieren. Sie erlauben die assoziative und nutzerorientierte Navigation. Die adaptive Unterstützung des Benutzers ist jedoch nur gering ausgeprägt.

Dazu kommen weitere technische Probleme. Einmal erstellt ist die Struktur des Hypertextsystems meist sehr statisch. Die Änderungsfreundlichkeit ist bei der sogenannten "harten" Verknüpfung mehr oder weniger schlecht, da der Autor die Struktur sehr gut kennen muß und gegenseitige Abhängigkeiten auftreten. Wer kennt nicht das Problem der verweisten Links oder veralteten und inkonsistenten Informationen im Web. Je größer und komplexer das Hypertextsystem wird, desto schwieriger wird die Navigation, Suche und Pflege des Systems.

Metainformationen und Ontologien

Einer der ersten systematischen Ansätze, elektronische Publikationen und Dokumentationen weltweit einheitlich für die Suche zu klassifizieren wurde mit dem Dublin Core [8] geschaffen und bis heute weiter entwickelt. Speziell für die Suche im Web wurden weitere Systeme, wie etwa Ontobroker [2] und SHOE [6] entwickelt.

Conceptual Graphs

Wir sind der Meinung, daß eine Ontologie mehr als ein gemeinsames Vokabular, Begriffsklassifikation oder Taxonomy ist. Darüberhinaus sind die Beziehungen zwischen Begriffen von entscheidender Bedeutung, ebenso wie bestimmte Beziehungsmuster und Regeln zur Verknüpfung, Spezialisierung und Verallgemeinerung.

Zur Formalisierung von Wissensobjekten und ihrer didaktischen Organisation wurden daher Conceptual Graphs [7] gewählt, einerseits wegen seiner bestechenden Einfachheit, andererseits wegen ihre Mächtigkeit.

Conceptual Graphs (CG) werden oft als Wissensrepräsentationsform im Bereich maschinellen Sprachverstehens eingesetzt. Die CG beschreiben dabei die Semantik eines Textes, also seine inhaltliche Bedeutung. Allerdings können CG aufgrund ihrer Eindeutigkeit und Einfachheit auch auf andere Bereiche, wie z.B. zur Wissensakquisition und Recherche, angewandt werden. Insbesondere die graphische Repräsentation von CG eignet sich auch besonders gut zum Verständnis und interdisziplinären Kommunikation zwischen den verschiedenen Fachspezialisten wie Informatikern, Pädagogen, Kursautoren und Lehrern.

Die zentralen Begriffe in Conceptual Graphs sind Konzept und Relation. Im folgenden wird eine formale Definition gegeben, jedoch wird in diesem Artikel weitestgehend auf die graphische Darstellung zurückgegriffen.

Definition

Ein *Kanon* ist ein Tupel $(T, I, \leq, ::)$ mit

- T einer Menge von Typen für Konzepte und Relationen,
- I einer Menge von Individuen,
- $\leq \subset T \times T$ einer Subtyp-Relation und
- $:: \subset I \times T$ einer Konformitätsrelation mit gewissen Eigenschaften.

Zu einem Kanon wird ein Conceptual Graph definiert als ein Tupel $G = (C, R, type, referent, arg_1, \dots, arg_m)$ mit

- C einer Menge von Konzepten, $type : C \rightarrow T$ gibt den Typ eines Konzeptes und $referent : C \rightarrow I$ gibt den Referentmarker eines Konzeptes an,
- R einer Menge von Konzeptrelationen, $type : R \rightarrow T$ gibt den Typ einer Relation an und
- $arg_i : R \rightarrow C$ eine partielle Funktion bei der $arg_i(r)$ das i -te Argument einer Relation r bezeichnet, sofern es existiert.

Die Konzepttypen stehen in einer partiellen Ordnungshierarchie, die die Spezialisierung bzw. Verallgemeinerung von Konzepten beschreibt und an deren obersten Ende der universelle Typ T steht. Da Konzepttypen mehrere Ober-

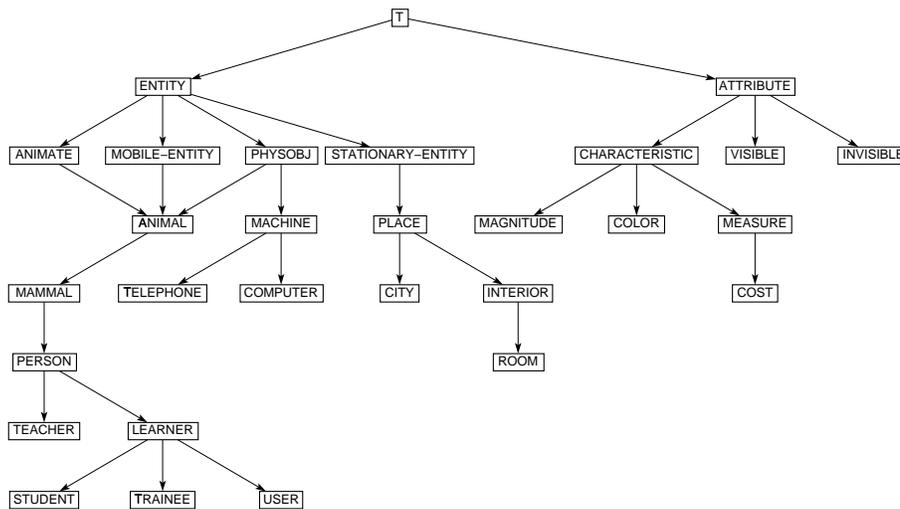


Abbildung 1: Beispiel für eine Typ-Lattice

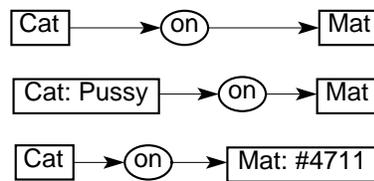


Abbildung 2: Einfache Beispiele für Conceptual Graphs

und Unterkonzepte haben kann, spricht man von einer Typ-Lattice. Die Abbildung 1 zeigt ein Beispiel einer Typ-Lattice.

Zwischen Konzepten können Relationen bestehen. Wie bei Konzepten sind Relationen von einem bestimmten Typ, der die Konzepttypen der Elemente beschreibt. Relationstypen sind im einfachsten Fall jedoch nicht hierarchisch geordnet, d.h. es gibt keine Verallgemeinerung bz. Spezialisierung. Man versucht mit möglichst wenigen Relationstypen auszukommen. Conceptual Graphs sind bipartite Graphen von Konzepten und Relationen, d.h. zwischen zwei verknüpften Konzepten steht immer eine Relation.

Jeder CG entspricht einer äquivalenten prädikatenlogischer Existenzaussage. Das Beispiel in der Abbildung 2 zeigt die Graphen für die Aussagen: Es gibt eine Katze, die auf einer Matte liegt. Die Katze Pussy liegt auf einer Matte. Eine Katze liegt auf einer spezifischen Matte.

Ist in der Graphik kein Referent für ein Konzept angegeben, so muß man sich eine logische Variable (bzw. Existenz-Quantor) an ihrer Stelle vorstellen.

Eine Reihe von kanonischen Graphenoperationen (copy, restrict, join und simplify) erlauben die Ableitung von neuen Graphen aus vorhandenen Graphen mit bestimmten Eigenschaften und damit die Ableitung von neuen Aussagen. Weitere Operationen, wie Projektionen, Graphmatching und Maximal Join können benutzt werden um in einer Datenbank von CG nach relevanten Informationen zu suchen. Hierbei wird von der Typhierarchie Gebrauch gemacht, so daß man auch Verallgemeinerungen und Spezialisierungen vornehmen kann.

Didaktische Ontologien

Die meisten bisherigen sehr formalen Ansätze [3, 1, 4, 5], von didaktischen Ontologien entstanden aus dem Bereich der Intelligenten Tutoriellen Systeme und beruhen auf speziellen Expertensystemen. Schon deswegen ist ihre allgemeine Anerkennung und Verbreitung unsicher.

Conceptual Graphs abstrahieren von einer konkreten Implementierung und können als uniformer Formalismus zur Beschreibung von z.B. internen und externen Wissensobjekten, Lernzielen, Lernzustand, Kompetenzen, Lernstrategien aber auch Systemfunktionalität eingesetzt werden. Mit ihrer Hilfe werden die von Pädagogen vorgeschlagenen begrifflichen Modelle formalisiert. Als Beispiel werden im folgenden einige Aspekte des L3 Systems mittels CGs modelliert. Die Abbildung 3 zeigt den Zusammenhang zwischen Wissensobjekten (Lehrstoff), Kompetenzen und Performanz als generisches Muster, welches durch konkrete Fälle instantiiert wird.

Nachfolgendes Beispiel (Abbildung 4) zeigt den sachlogischen Zusammenhang, daß eine Sonate aus vier aufeinanderfolgenden Teilen zusammengesetzt ist.

Ein weiteres Beispiel illustriert die medientechnische Beschreibung von Lernmaterialien und deren Zuordnung zu bestimmten Wissensarten (Abbildung 5).

Didaktische Strategien, wie etwa das Exemplarische Lernen, werden durch die entsprechende Regeln beschrieben, die ebenfalls als CG ausgedrückt werden. Diese Regeln bestimmen im allgemeinen, welches die nächsten empfohlenen Knoten sind oder welche Informationen angezeigt oder nicht angezeigt werden sollen.

Architekturansatz – Cybyl

Sibyllen in der Antike waren mythische, weise Frauen, die als Prophetinnen einen großen Einfluß hatten. Sie wurden meist nach ihrer Herkunft benannt. So gibt es die Persische, Erythreische, Delphische, Cumaean und Lybische Sibylle. Sie wurden meist als Partnerinnen von Propheten und Gelehrten dargestellt und dienten als Quellen der Inspiration und des Wissens. In Anlehnung an diese mythische Figur haben wir unser System zur dynamischen, didaktisch orientierten Lernerunterstützung Cybyl genannt. Unsere mechanischen Cybyls besitzen "Wissen" über die didaktische Qualität des zu vermittelnden Wissens und werden beratend konsultiert.

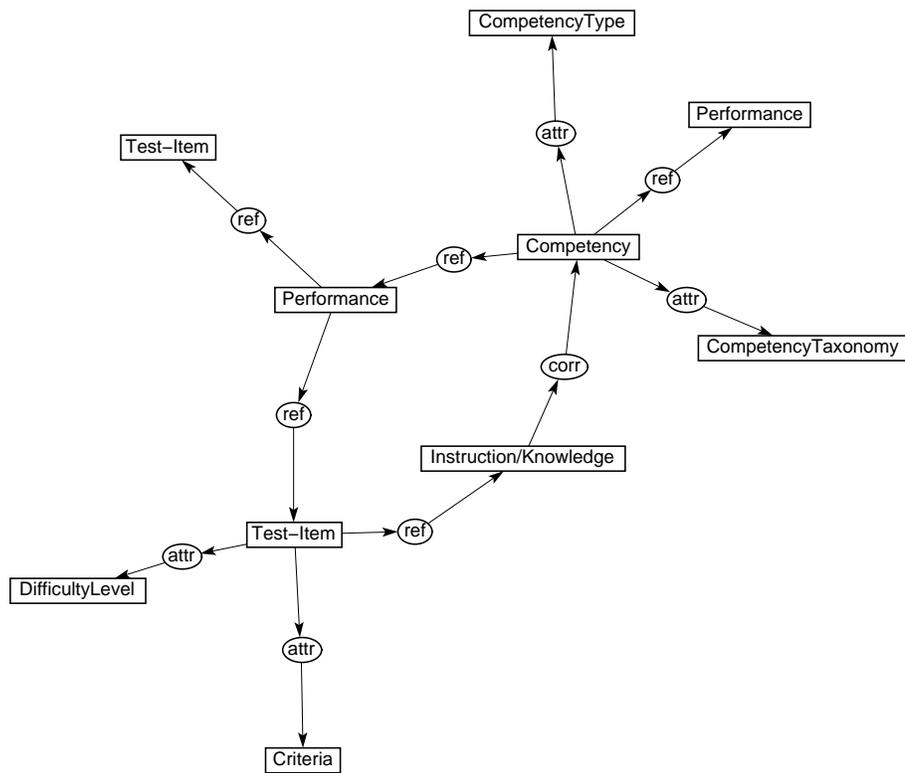


Abbildung 3: Zusammenhang zwischen Wissen, Kompetenz und Performanz

Wie dies in einer Web-orientierten Umgebung funktionieren kann wird in Abbildung 6 dargestellt. Dabei wird nur der Aspekt der Vermittlung mittels didaktischer Ontologien betrachtet. In der Praxis ist die Architektur des L3 Systems wesentlich komplexer und beinhaltet z.B. Medienserver, kombinierbare Kooperationswerkzeuge wie Mail, News, Chat und Videokonferenz sowie Abrechnungs- und Administrationskomponenten.

Alle Lernressourcen, intern oder extern, werden durch CG beschrieben und in einer Konzeptdatenbank (Conceptual Database) abgelegt. Der Didactic Mediator entsteht aus einer allgemeinen CG-Maschine und der Implementierung der didaktischen Ontologie. Er bietet Operationen zur Suche und Graphmanipulationen an, und ist damit in der Lage didaktische Zusammenhänge zu ermitteln, die von einem Webserver in eine geeignete Präsentation transferiert werden müssen. Die genaue Ausprägung der HTML Oberfläche hängt dabei natürlich von den ausgewählten Lernstrategien ab, die ebenfalls von Conceptual Graphs in der Konzeptdatenbank vorliegen. Die verwendeten Kursartefakte werden entweder aus einer lokalen Datenbank (Course Repository) oder über den Web-Proxy aus dem Internet geladen.

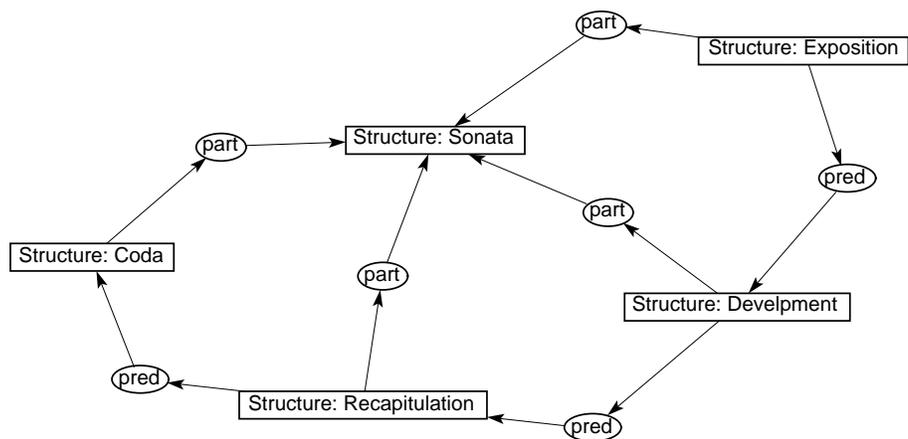


Abbildung 4: Sachlogische Analyse der Sonatenstruktur

Autorenunterstützung

Die Autorenunterstützung, sowohl durch Beratung als auch durch die Bereitstellung geeigneter Autorenwerkzeuge, ist in einer solchen Umgebung von großer Bedeutung. Die Entwicklung einer dedizierten Methode des Designs von Online-Training ist die notwendige Voraussetzung für die Entwicklung geeigneter Autorenwerkzeuge. Die Autorenwerkzeuge müssen den Autor bei der Erstellung bzw. der konzeptionellen Beschreibung gemäß der Methode anleiten. Für die Beschreibung der Wissensobjekte und deren didaktischen Relationen müssen Schablonen erstellt werden, an denen sich der Autor orientieren kann. Zusätzlich ist eine Überprüfung von Vollständigkeit und Widerspruchsfreiheit wünschenswert.

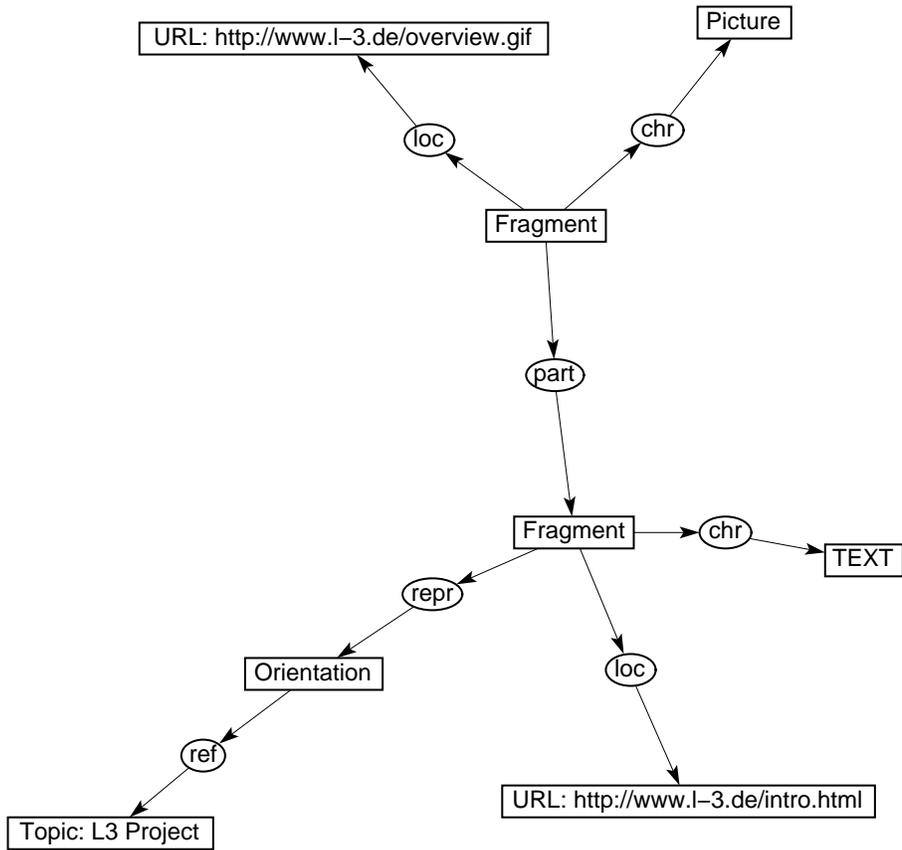


Abbildung 5: Medien und Wissensobjekte

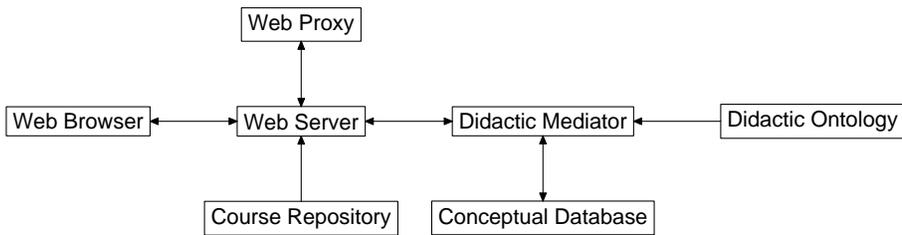


Abbildung 6: Funktionale Architektur von Cybyl

Literatur

- [1] EKLUND, J. Knowledge-based navigation support in hypermedia courseware using WEST. *Australien Educational Computing* 11, 2 (1996).
- [2] FENSEL, D., DECKER, S., ERDMANN, M., AND STUDER, R. Ontobroker: How to make the WWW intelligent. In *Proceedings KAW98* (Banff, Kanada, April 1998).
- [3] MIZOGUCHI, R., IKEDA, M., AND SINITSA, K. Roles of shared ontology in AI-ED research (intelligence, conceptualization, standardization, and reusability). In *Proceedings of AI-ED97* (Kobe, Japan, 1997), pp. 537–544.
- [4] MURRAY, T. Authoring knowledge based tutors: Tools for content, instructional strategy, student model, and interface design. *Journal of the Learning Sciences* 7, 1 (1998), 5–64.
- [5] SCHOENING, J. R. A case and strategy for developing standardized educational domain modules and ontologies. Tech. rep., IEEE LTSC, P1484 Working and Study Groups, 1997.
- [6] SEAN LUKE, L. S., AND RAGER, D. Ontology-based knowledge discovery on the world-wide web. In *AAAI96 Workshop on Internet-based Information Systems* (1996).
- [7] SOWA, J. F. *Conceptual Structures: Information Processing in Mind and Machine*. Addison Wesley, 1994.
- [8] WEIBEL, S. The state of the dublin core metadata initiative april 1999. *D-Lib Magazine* (April 1999).