

Technologische und organisatorische Aspekte des Einsatzes von dienstorientierten E-Learning-Infrastrukturen an Hochschulen

Alexander Roth¹, Gabriela Hoppe²

¹ Institut für Wirtschaftsinformatik, insb. Decision Support/Operations Research, Universität Paderborn, Warburger Str. 100, 33098 Paderborn, roth@upb.de

² Institut für Rechtsinformatik, Universität Hannover, Königwörther Platz 1, 30167 Hannover, hoppe@iri.uni-hannover.de

Zusammenfassung. Eine organisationsweite Unterstützung von E-Learning an Präsenzhochschulen wird technologisch und organisatorisch häufig durch die große Heterogenität der vorhandenen Veranstaltungsformen, Didaktiken und multimedialen Systeme erschwert. Bisherige Ansätze zur Kopplung verschiedener Lernwerkzeuge fokussieren den Funktionsumfang der daraus entstehenden hybriden Lernumgebung, nicht ihre Integrationsfähigkeit. Somit ist die Integration neuer Lernwerkzeuge nur mit relativ großem Aufwand möglich. Der folgende Beitrag stellt das Konzept einer Service-orientierten Architektur als eine mögliche Lösung für diese Problematik vor, zeigt anhand eines Praxisbeispiels technische Umsetzungsmöglichkeiten auf und beschreibt den Nutzen, die Risiken und Erfolgsfaktoren für den Fall eines hochschulweiten Einsatzes.

Key words. E-Learning Infrastruktur, Hochschule, serviceorientierte Architektur, Nutzenerfassung, Erfolgsfaktoren

1 Einleitung

Wenngleich geschlossene Lernplattformen in der Fernlehre bereits große Nutzenpotenziale bieten, können sie die Vielzahl unterschiedlicher Lehrveranstaltungsformen und Lernszenarien an Präsenzhochschulen nur sehr schwer abbilden. Die Konsequenz ist häufig ein Wildwuchs an Insellösungen, der aus Eigenentwicklungen bzw. -anpassungen von Standardprodukten durch technologiestarke Lehrein-

heiten erwächst. Kritisch zu betrachtende Folgen dieser Entwicklungen sind unter anderem Abkapselungen, Inkompatibilitäten, fehlende Verlässlichkeit für die Anwender und ein tiefer werdender Graben zwischen E-Learning einsetzenden und nicht einsetzenden Lehreinheiten.

Ein flächendeckend effizienter und alltagstauglicher Einsatz von E-Learning an Präsenzhochschulen bedingt demnach eine Ressourcenallokation sowohl aus organisatorischer, als auch aus technischer Sicht. Letztere setzt einen Fokuswechsel bei der Bereitstellung einer modernen Infrastruktur voraus, nämlich von einer anwendungsorientierten hin zu einer dienstorientierten Sichtweise. Um eine enge Verzahnung von E-Learning mit den Verwaltungsprozessen einer Präsenzhochschule und eine Effektivität der Gesamtprozesse durch IT-Integration zu erreichen, müssen Medienbrüche auf zwei Ebenen aufgehoben werden (vgl. Roth und Suhl 2005):

- Die Administrations- und Dispositionssysteme in der Verwaltung müssen Schnittstellen anbieten, um Einsparungen zusätzlichen Aufwands für den Betrieb der in der Lehre eingesetzten Informationssysteme und Werkzeuge zu ermöglichen.
- Unterschiedliche Elemente und spezialisierte Einzelwerkzeuge müssen auf einfachem Weg zu einer hybriden Lernumgebung integriert werden können, welche verschiedenste, individuelle pädagogische und organisatorische Anforderungen von Lehrveranstaltungsreihen angemessen und zielgerichtet unterstützen können.

Im Gegensatz zu Hochschulverwaltungssystemen, die hierzu nur Schnittstellen zu einer kleinen Untermenge ihrer Funktionen nach Außen anbieten müssten, impliziert dieser Trend für Lernmanagementsysteme jedoch die Umstellung ihrer Softwarearchitektur vom monolithischen System hin zur offenen Architektur, und somit einen Fokuswechsel vom Funktionsumfang hin zur Integrationsfähigkeit.

Der folgende Beitrag diskutiert daher in Abschnitt 2 gängige technologische Konzepte zur Integration verteilter Lernwerkzeuge, und stellt mit der Serviceorientierten Architektur eine mögliche Infrastruktur zur Schaffung einer hybriden Lernumgebung vor. An einem Praxisbeispiel werden in Abschnitt 3 Umsetzungsmöglichkeiten dieses neuen Architekturkonzepts beschrieben. Im Anschluss werden in Abschnitt 4 Nutzen, Risiken und Erfolgsfaktoren eines hochschulweiten Einsatzes einer solchen Architektur gegenübergestellt und analysiert. Der letzte Abschnitt fasst die Ergebnisse zusammen und bewertet sie kritisch.

2 Von der monolithischen Lernplattform zur hybriden Dienstinfrastruktur

Eine hybride Lernumgebung besteht aus einer Vielzahl von Medien und Systemen, die bestimmte pädagogische und didaktische Methoden implementieren und somit spezialisierte und zielgerichtet einsetzbare Lernwerkzeuge darstellen. Um mit dem Betrieb eines solchen Applikationsverbundes Zeit- und Kosteneinsparun-

gen zu erzielen, ist die Aufhebung von Medienbrüchen bei der Nutzung und Zusammenführung verschiedener Materialien und Dienste eine notwendige Voraussetzung. Für die Integration in hybride Lernumgebungen ist letztendlich nicht die Interoperabilität einer Lernplattform oder eines -werkzeugs entscheidend, welche bereits durch standardisierte Austauschformate wie LOM, IMS Content Packaging, IMS Simple Sequencing, QTI oder SCORM unterstützt wird, sondern die Portabilität ihrer / seiner einzelnen Komponenten.

In der Praxis existieren hierzu verschiedene Integrationsmodelle, die allerdings nicht zwangsläufig aufeinander aufbauen müssen (vgl. Kaib 2004):

- *Datenintegration*: Es sind verschiedene Datenmodelle von Einzelanwendungen so zu verbinden, dass eine konsolidierte Sicht auf Lernendendaten bzw. den Lernprozess allgemein möglich ist.
- *Funktionsintegration*: Die Ausführung der Funktion einer Anwendung ist mit der einer anderen Anwendung innerhalb der Prozesskette so gekoppelt, dass sie im Verbund (Lern-)Prozesse medienbruchfrei unterstützen können.
- *Präsentationsintegration*: Bei diesem Modell werden Anwendungen in einer einheitlichen Benutzungsschnittstelle so integriert, dass der Benutzer dabei den Eindruck gewinnt, mit einer Anwendung zu arbeiten.

Auf dem Markt der freien und kommerziellen Lernmanagementsysteme (LMS) sind unterschiedliche Implementierungen dieser Integrationsmodelle zu beobachten (vgl. Tabelle 1), die sich jedoch deutlich in Integrationstiefe und dem Aufwand für Umsetzung und Wartung voneinander unterscheiden.

Die geringste Integrationstiefe ist bei kommerziellen Anbietern zu beobachten, welche *Verlinkungsmechanismen* sowie *plattformabhängige Baukästen* zur Erweiterung der ansonsten geschlossenen monolithischen Systeme anbieten¹. So hat beispielsweise WebCT im Sommer 2005 ein Entwicklungswerkzeug mit dem Namen „PowerLinks Kit“ für ihr aktuelles Vista Produkt herausgegeben, um aus der Anwendung heraus auf Open Source Lernplattformen und auf Individualentwicklungen *verlinken* zu können. Daneben bietet Blackboard mit den „Building Blocks“ ein ähnliches Konzept an, mit der Möglichkeit, über eine definierte Programmierschnittstelle das Basissystem um zusätzliche Funktionen zu erweitern.

Der *Applikationsverbund* fokussiert darüber hinaus eine Integration von verteilten Anwendungen auf Modulbasis. Hierbei ist das Ziel, bewährte Bestandteile verschiedener Plattformen so in ein Rahmenwerk zu integrieren, dass der Benutzer sich aus diesem Pool die für sein Lernszenario benötigten Module in der Metapher eines Baukastens zusammenstellen kann. Diese Implementierung von Daten- und Präsentationsintegration ist weniger in kommerziellen Systemen, als vielmehr in Open Source Produkten zu beobachten. Als Beispiele seien an dieser Stelle das Sakai-Projekt und das Harmoni-Rahmenwerk genannt. Die Integration erfolgt über die Anpassung der verteilten Anwendungen auf gemeinsame Datenmodelle

¹ Die kommerziellen LMS wurden als geschlossene Systeme entwickelt und sind nicht primär auf Erweiterung und Integration ausgelegt; andere Integrationsmechanismen würden daher eine kostspielige Umstellung der Gesamtarchitekturen der Plattformen bedingen.

und/oder der Nutzung von Programmierschnittstellen zur Darstellung und Nutzung innerhalb des Rahmenwerks.

Die Integration über eine so genannte *Service-orientierte Architektur* (SOA) unterscheidet sich gegenüber dem Applikationsverbund durch eine losere Art der Kopplung von Komponenten (*loosly coupled*), da hierbei die Funktions- und Datenintegration einzelner Komponenten über Adaptoren umgesetzt und als Dienst² definiert wird (vgl. Alonso et al. 2004). Eine Neuimplementierung oder Anpassung von Funktionen oder Datenmodellen ist im Gegensatz zum plattformabhängigen Baukasten und zum Applikationsverbund nicht nötig. Dieses Konzept, Systemarchitekturen als Zusammensetzung von verschiedenen Diensten darzustellen, soll es ermöglichen, jegliche softwaretechnische Anforderung in kürzester Zeit in bestehende Systemlandschaften zu integrieren. Dienste kapseln dabei bestimmte Funktionalitäten in einer internen Struktur und bieten nach außen wohl definierte Schnittstellen an, die über das Netzwerk angesprochen werden können. Durch diese klar definierten Schnittstellen wird eine maximale Entkopplung erreicht, so dass Dienste, also Lernwerkzeuge und andere externe Anwendungen, selbst zur Laufzeit dynamisch eingebunden oder ausgetauscht werden können. Die Implementierung einer SOA bedeutet daher den Wandel von einer anwendungsorientierten hin zu einer dienstorientierten Sichtweise, und zugleich einen Fokuswechsel vom *Funktionsumfang* hin zur *Integrationsfähigkeit*.

Dieser neue Fokus wird u. E. der inhärenten Unausgewogenheit zwischen verschiedenen universitären Veranstaltungsformen und Fächern und den dort eingesetzten Lernwerkzeugen gerecht: In den meisten Lehrveranstaltungen kommt nur eine kleine Menge von unterstützenden Lernwerkzeugen zum Einsatz, z. B. Forum, Online-Materialsammlung, Chat, eigener Arbeitsplatz oder Assessmentfunktion. Sie sind in fast allen LMS vorhanden und dort auch nahezu identisch umgesetzt (vgl. Chapman und Hall 2004). In den o. g. Applikationsverbänden sind es genau diese grundlegenden Werkzeuge, die aufeinander abgestimmt und zueinander kompatibel gestaltet werden.

Auf der anderen Seite gibt es in der universitären IT-Infrastruktur eine große Anzahl von spezielleren Lernwerkzeugen³. Sie können aufgrund ihrer Spezialisierung jedoch nur in wenigen Lehrveranstaltungen und Fächern eingesetzt werden, bieten aber aus dem gleichen Grund die größten didaktischen Mehrwerte in ihrem jeweiligen Einsatzkontext (vgl. Roth und Suhl 2005).

Da eine SOA Dienste programmiersprachenneutral und unabhängig vom Datenmodell der Anwendung in die IT-Infrastruktur integrieren kann, stellt dieser Mechanismus eine mögliche Lösung zur Umsetzung einer universitätsweiten hybriden Lernumgebung dar. Zurzeit gibt es noch wenig Erfahrung mit der Konzeption und Implementierung einer SOA als hybride Lernumgebung. Im Folgenden werden anhand eines Beispiels praktikable Lösungen zu technologischen Aspekten der Umsetzung aufgezeigt.

² Die Begriffe *Dienst* und *Service* werden in diesem Beitrag synonym verwendet.

³ Einen guten Eindruck über die Verschiedenartigkeit der an Hochschulen eingesetzten multimedialen Lernwerkzeuge bietet das E-Learning: Kursbuch 2004 des BMBF, online verfügbar unter http://www.bmbf.de/pub/nmb_kursbuch.pdf.

Tabelle 1. Verschiedene Integrationsmechanismen bei Lernmanagementsystemen, die URLs zu den Beispielen finden sich am Ende des Beitrags

	Verlinkung und Erweiterung	Applikationsverbund	Service-orientierte Architektur
Beschreibung	Aus dem geschlossenen System heraus können externe Lernwerkzeuge und Programme aufgerufen werden	Externe Werkzeuge können innerhalb eines Rahmenwerkes dargestellt und genutzt werden	Lernwerkzeuge können gekoppelt, Lernprozesse plattformübergreifend unterstützt werden
Datenintegration	ggf.	ggf.	ja
Funktionsintegration	nein	ggf.	ja
Präsentationsintegration	nein	ja	ja
Integrationsaufwand	gering	mittel/hoch	gering/mittel
Wartungsaufwand	gering	mittel/hoch	gering/mittel
Integrationsmechanismus	Programmierschnittstelle, URL + Parameter	Programmierschnittstelle, ggf. gemeinsames Datenmodell	Dynamische Kopplung über Services
Beispiele	WebCT, Blackboard	Sakai, Harmoni	OKI, ELF, Open SMT
Wartungsaufwand	gering	mittel/hoch	gering/mittel
Integrationsmechanismus	Programmierschnittstelle, URL + Parameter	Programmierschnittstelle, ggf. gemeinsames Datenmodell	Dynamische Kopplung über Services
Beispiele	WebCT, Blackboard	Sakai, Harmoni	OKI, ELF, Open SMT

3 Implementierung und Wiederverwendung von Komponenten einer hybriden Dienstinfrastruktur am Beispiel OpenSMT

OpenSMT⁴ ist eine hybride Dienstinfrastruktur, die auf Basis der Wissensraummetapher von Hampel (vgl. Hampel 2002) verschiedenste Bestandteile von Lernszenarien als Komponenten implementiert, die sich mit Teilkomponenten anderer Anwendungen im Sinne von Services dynamisch zu didaktischen Arrangements kombinieren lassen. Analog dazu können externe Lernwerkzeuge über die Definition von Diensten in das Rahmenwerk eingebunden werden. OpenSMT wurde im Rahmen des universitätsübergreifenden, virtuellen Studienfachs Operations Re-

⁴ Service-oriented Modules for Teachware, für weitere Informationen vgl. <http://www.opensmt.org>

search/Management Science⁵ (kurz: VORMS) entwickelt und eingesetzt, und bietet nun das funktionale Konzept für den Integrationsmechanismus verteilter Lernplattformen beim hochschulweiten Infrastrukturausbau der Universität Paderborn, welcher im Rahmen des vom BMBF geförderten Projektes Locomotion durchgeführt werden soll⁶.

3.1 Ein Kollaborationsserver als Integrationsplattform

Eine Integrationsplattform ermöglicht die Kommunikation verteilter Systeme untereinander, die Abbildung und Automatisierung von Strukturen, Regeln und Prozessen sowie deren Verwaltung in einem *Repository*. Weiterhin kann eine Integrationsplattform als *Service Broker* bzw. als *Service Registry* für alle verteilten Anwendungen fungieren (vgl. Alonso et al. 2004).

OpenSMT basiert diesbezüglich auf dem Rahmenwerk sTeam, da es die Funktionen einer Integrationsplattform erfüllt und darüber hinaus eine effiziente Verwaltung dieser Strukturen, Regeln und Prozesse in der Domäne der Lern- und Arbeitsumgebungen erlaubt (vgl. Abschnitt 3.2). sTeam wurde am Paderborner Heinz-Nixdorf-Institut mit Förderung des Deutschen Forschungsnetzes entwickelt. Als Server zur Computerunterstützung kollaborativen Lernens (CSCL) bietet er neben grundlegenden Kommunikationsfunktionen ein ebenso einfaches wie flexibles Management von Benutzern, Gruppen, Content und Zugriffsrechten und eignet sich daher zugleich für die Übernahme der Basisdienste einer hybriden Lernumgebung⁷.

Durch die Fähigkeit, Standardprotokolle des Internets auf seine internen Strukturen und Funktionen beziehen zu können, fällt dem sTeam-Server die Rolle des Vermittlers in einer heterogenen Infrastruktur zu, in der sich verschiedene Protokolle und Clients für Kommunikation und Datenaustausch in der Praxis bereits durchgesetzt haben⁸. Dabei übersetzen verschiedene Adapter Nachrichten oder Aktionen in protokollgerechte Informationen (und vice versa). Ein Ereignissystem sorgt für eine Weiterleitung von über ein Protokoll eingehenden Informationen an weitere Protokolladapter, so dass beispielsweise eine über einen Chat-Client geschickte Nachricht an alle in einen Gruppenraum anwesenden Mitglieder über das Shared-Whiteboard oder mit dem Raum verbundenen JABBER-Clients weiterge-

⁵ Weitere Informationen zum virtuellen Studienfach VORMS finden sich unter <http://www.vorms.org>.

⁶ Weitere Informationen zum Projekt Locomotion – Low Cost Multimedia Organisation and Production finden sich unter <http://www.locomotion.uni-paderborn.de>.

⁷ Wobei der Aspekt der Kollaboration bei vielen Funktionen optimal genutzt werden kann. Somit können natürlich auch einfache, nicht-kollaborative Lernszenarien und Werkzeuge umgesetzt werden.

⁸ Als Beispiele seien hier verschiedene Protokolle wie JABBER, IRC, Web-DAV, IMAP oder SMTP genannt.

leitet werden kann. Ebenso können z. B. Informationsträger über Mail- oder Dateiaustauschprotokolle verwaltet werden.

Im Folgenden wird erläutert, wie auf dieser Basis Komponenten definiert und als Services kombiniert werden können.

3.2 Terminologie-basierte Komponentenentwicklung

Die Implementierung der Anwendungslogik verschiedener Dienste eines Fachgebiets⁹ mit Hilfe gewöhnlicher Programmiersprachen ist komplex und zeitaufwändig: Abhängigkeiten zwischen den Diensten müssen minimiert, ihre Kompatibilität sichergestellt und Möglichkeiten und Grenzen der Programmiersprache beachtet werden.

Daher werden die Dienste in OpenSMT mit einer so genannten Fachsprache beschrieben und umgesetzt, die einen höheren Abstraktionsgrad bietet. Dies erlaubt eine Konzentration auf fachliche Aspekte, ohne dabei Implementierungsdetails berücksichtigen zu müssen. Die Konstrukte der Fachsprache bestehen dabei ausschließlich aus Entitäten der Wissensraummetapher nach Hampel¹⁰ und werden mitsamt ihren Funktionen im sTeam-Server objektorientiert und persistent verwaltet. Über Schnittstellen für verschiedene Programmiersprachen (*Application Programming Interfaces*, kurz: APIs) wird diese Terminologie auch in höheren Architekturschichten nutzbar gemacht (vgl. Hampel und Roth 2005).

Dienste, die auf dieser *technologisierten* Terminologie basieren, benötigen daher kein konzeptionelles Datenschema. Dies wirkt sich – im Gegensatz zur konventionellen Anwendungsentwicklung – gleich zweifach positiv aus:

- Die Datenbankentwicklung muss zum einen weder bei der Implementierung noch bei der Wartung der Anwendung berücksichtigt werden, was deutliche Zeit- und somit auch Kostenvorteile bedeutet.
- Zum anderen wird eine Datenintegration einzelner Dienste stark vereinfacht, so dass eine konsolidierte Sicht auf Strukturen und Prozesse leicht umzusetzen ist. Die Unabhängigkeit der Dienste untereinander wird dadurch genau so sichergestellt, wie ihre Kompatibilität zueinander¹¹.

Um einen neuen Dienst zu implementieren, wird zunächst die Aufbau- und Ablaufstruktur des durch ihn zu unterstützenden Problembereichs mit Hilfe der Terminologie abgebildet¹². Dazu wird ein Konstrukt in der Persistenzschicht geschaf-

⁹ In diesem Fall besteht das Fachgebiet aus Methoden und Szenarien des (kollaborativen) Lernens und Arbeitens.

¹⁰ Entitäten der Wissensraumparameter sind Objekt, Dokument, Verknüpfung, Container, Raum, Tür, Benutzer und Gruppe (vgl. Hampel 2002).

¹¹ Dies sind zwei Qualitätskriterien der objektorientierten Komponentenentwicklung (vgl. Lieberherr 2004).

¹² Auf eine detaillierte Beschreibung der Modellierung von Lehr-/ Lernkontexten mit Hilfe der Terminologie wird an dieser Stelle aus Gründen des Umfangs verzichtet. Ausführli-

fen, das aus Wissensräumen, Gängen, Containern, Dokumenten, Verknüpfungen und Benutzergruppen, also ausschließlich aus den Entitäten der Wissensraummetapher, besteht. Da somit das Objektmodell vorgegeben ist, entfällt die objektorientierte Analyse, wie sie im Rahmen eines herkömmlichen Vorgehens üblich wäre.

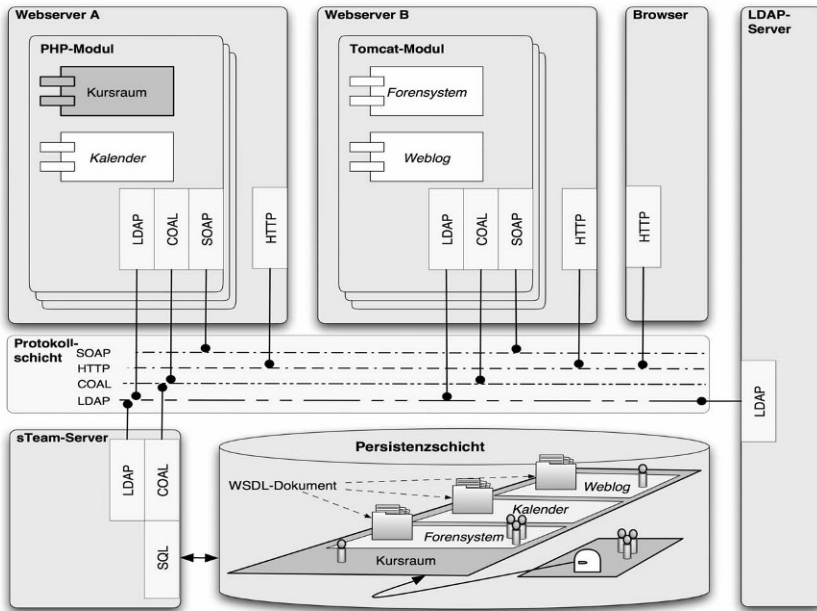


Abb. 1. Lernwerkzeuge werden in PHP oder Java terminologiebasiert umgesetzt und durch Konstrukte der Wissensraummetapher in der Persistenzschicht unterstützt. Die Kombination von Diensten zu einem Lernszenario erfolgt ebenfalls in der Persistenzschicht: Verschiedene Konstrukte werden einfach in einen übergeordneten Kontext (hier: Kursraum) abgelegt. Da jedes Konstrukt die Beschreibung seines Dienstes als WSDL-Dokument enthält, ist die Laufzeitinstanz des übergeordneten Kontexts in der Lage, diese Dienste – unabhängig von Programmiersprache und Laufzeitumgebung – einzubinden und zu nutzen. Ein LDAP-Verzeichnisdienst (*Lightweight Directory Access Protocol*) ermöglicht eine einheitliche Authentifizierung.

Diese Struktur wird im nächsten Schritt mit den Basisklassen der Terminologie umgesetzt, die über die Programmierschnittstelle der jeweiligen Programmiersprache verfügbar sind¹³. Anschließend wird sie mit entsprechenden fachlichen Funktionen angereichert. Damit sie nicht nur innerhalb der jeweiligen Laufzeitumge-

che Beispiele dazu finden sich in (Hampel und Roth 2005) und (Roth und Hampel 2005).

bung des Dienstes, sondern programmiersprachenneutral über das Netzwerk angesprochen werden können, müssen diese Funktionen als Web-Service definiert werden.

Ist dies geschehen, kann der neue Web-Service innerhalb der hybriden Lernumgebung bekannt gegeben werden. Dazu wird im sTeam-Server ein WSDL-Dokument (*Web Service Description Language*) registriert, das den Service genauer spezifiziert. Hierüber können Dienstanutzer (also andere Lernwerkzeuge bzw. -szenarien) in Erfahrung bringen, mit welchen Parametern die durch den Dienst realisierten Funktionen aufgerufen werden können, und welcher Art das Ergebnis sein wird, das der Dienst ihnen zurück liefert.

3.3 Dienstmanagement in der Persistenzschicht

Um einzelne Dienste, die in Abschnitt 3.2 definierten Konstrukte und Komponenten externer Anwendungen zu komplexeren Lernszenarien dynamisch kombinieren zu können, werden diese durch Container in der Persistenzschicht zusammengehalten. Die durch die Terminologie definierte Eigenschaft eines Containers, alle anderen Entitäten der Wissensraummetapher aufnehmen zu können, stellt somit eine Möglichkeit dar, verschiedene Dienste innerhalb eines Lernszenarios zusammenzuführen: Die Container verschiedener Dienste werden also in den Containern der Lernszenarien verwaltet¹⁴ (vgl. Roth und Hampel 2005).

Da die Beschreibung eines Dienstes (das jeweilige WSDL-Dokument) über eine Annotation seines Containers verfügbar ist, kann der Dienst von jeder Komponente angefordert und eingebunden werden, die diesen Container innerhalb ihres eigenen Konstruktes vorfindet. Abbildung 1 zeigt die OpenSMT-Gesamtarchitektur, wobei die Kontrolle und Koordination der hybriden Lernumgebung in diesem Beispiel durch den Webserver A übernommen wird¹⁵. Ruft ein Benutzer über den Internet-Browser z. B. den Kursraum einer seiner belegten Veranstaltungen auf, so wird in der Laufzeitumgebung (hier: PHP-Modul) eine Objektinstanz „Kursraum“ erzeugt und die benötigten Daten vom sTeam-Server angefordert. Die Kommunikation zwischen Laufzeitumgebung und sTeam-Server erfolgt bei den auf sTeam basierenden Komponenten über das

¹³ Zurzeit sind Schnittstellen für die Sprachen Java und PHP vorhanden. An der Unterstützung weiterer Programmiersprachen wird gearbeitet.

¹⁴ Analog dazu können auch Dienste direkt miteinander gekoppelt werden. Das würde bedeuten, dass die Ausführung eines Dienstes einen anderen Dienst bedingt. In OpenSMT wird diese direkte Verzahnung von Diensten aus Gründen der Komplexitätsreduktion jedoch vermieden (vgl. Liebherr 2004).

¹⁵ Kennzeichnend dafür ist die Implementierung der Ablaufkontrolle bei einer Anfrage über HTTP, sowie die Bereithaltung von Objektcode für verschiedene Lernkontexte (z. B. Kursräume, Projekträume, Seminarräume, Gruppenarbeitsräume oder eigener Schreibtisch).

COAL-Protokoll¹⁶, das durch ein API (*Application Programming Interface*) alle Funktionen des Servers in der jeweiligen Programmiersprache implementiert. Die Kommunikation mit Komponenten externer Anwendungen geschieht über SOAP¹⁷ (Simple Object Access Protocol).

Die Objektinstanz überprüft nun in ihrem persistenten Konstrukt, ob dort Container von Diensten vorhanden sind. In diesem Beispiel werden die Container der Dienste Forensystem, Kalender und Weblog gefunden. Entscheidet die Ablaufkontrolle der hybriden Lernumgebung, dass eine Menge der gefundenen Dienste zur Laufzeit des Kursraums benötigt werden, werden ihre Dienstbeschreibungen aus der Persistenzschicht über das COAL-Protokoll eingelesen. Die Objektinstanz kann diese Dienste anhand der Beschreibung nun über das SOAP-Protokoll einbinden und nutzen, unabhängig von Laufzeitumgebung und Programmiersprache des Dienstes. Wie beispielsweise den in Java programmierten Weblog-Dienst, dessen Laufzeitumgebung ein Tomcat-Modul auf dem entfernten Webserver B darstellt.

Die Ergebnisse werden abschließend durch die Ablaufkontrolle an die Präsentationslogik übergeben, welche den HTML-Code (*Hypertext Markup Language*) für die vom Benutzer abgerufene Web-Seite zusammenstellt und über das HTTP-Protokoll (*Hypertext Transfer Protocol*) an den Browser zurück schickt.

4 Nutzen, Risiken und Erfolgsfaktoren einer technologischen Dienstinfrastruktur an Hochschulen

Da Hochschulen eine Organisationsform mit besonderen Spezifika darstellen, z. B. viele autonome Lehrseinheiten mit dezentral verteilter Macht, ist die Einführung zentraler Strategien, wie sie z. B. einer einheitlichen IT-Architektur zugrunde liegen müssen, schwierig. Im Folgenden werden Nutzen, Risiken und Erfolgsfaktoren einer in diesem Beitrag skizzierten hybriden E-Learning-Infrastruktur an Hochschulen dargestellt.

4.1 Nutzen

Das Ziel des Einsatzes von E-Learning aus *pädagogisch-didaktischer Sicht* muss die Optimierung individueller Lernprozesse sein (vgl. auch Baumgartner 2003). Individuelle Lernprozesse können durch E-Learning besser unterstützt werden als durch traditionelle Medien. Nichtsdestotrotz unterliegen auch E-Learning-Systeme Restriktionen hinsichtlich der individuellen Anpassbarkeit an unterschiedliche Lehr- und Lernszenarien. Die im Vorfeld dargelegten Restriktionen geschlossener

¹⁶ Proprietäres Protokoll zur Kommunikation zwischen sTeam-Server und den sTeam-APIs der verschiedenen Programmiersprachen.

¹⁷ Das SOAP-Protokoll basiert auf den Standards XML und HTTP, um zwischen Systemen Nachrichten auszutauschen und entfernte Funktionen aufzurufen.

Lernplattformen, die sich bzgl. der Interoperabilität durch standardisierte Austauschformate zwar öffnen, jedoch den Adaptivitätsfaktor Portabilität nicht genügend berücksichtigen, können durch den Einsatz einer hybriden Dienstinfrastruktur überwunden werden: Die Anpassbarkeit an individuelle Lehr- und Lernszenarien kann durch vielfältige Kombinationen von Komponenten erheblich verbessert werden; dies führt wiederum dazu, dass E-Learning zielgerichteter eingesetzt werden kann. Eine mit dieser (im Vergleich zu geschlossenen Lernplattformen) Verbesserung einhergehende Erhöhung der Akzeptanz des Einsatzes von E-Learning ist in der Zukunft sehr wahrscheinlich.

Aus *technologischer Sicht* muss Technologie als Mittel zum Zweck aufgabenangemessen eingesetzt werden, um die pädagogisch-didaktischen Ziele zu erreichen und Methodeneffizienz, Lernerfolg und Akzeptanz zu sichern. Speziell der Einsatz anerkannter Technologien sowie die Verwendung von Standards und wieder verwendbaren Modulen können diese Ziele gewährleisten. Die SOA basiert auf programmiersprachenneutralen, XML-basierten (*Extended Markup Language*) Standards, wie z. B. SOAP oder WSDL. Der hier vorgestellte Ansatz ist originär auf Modularität ausgerichtet. Wiederverwendbarkeit bei hohem Integrationsgrad des Systems macht einen Kernaspekt dieses Konzepts aus. Auch verteilte Komponenten sind bei verhältnismäßig geringem technischem Aufwand flexibel integrierbar. Wartung und Pflege sowie Weiterentwicklung werden vereinfacht; ggf. ist auch ein Outsourcing der Entwicklung und Wartung einiger Komponenten denkbar. Dies kann z. B. Dienste betreffen, die in der Hochschulverwaltung eingesetzt werden oder zentrale Basisdienste wie Foren, Nachrichtenverteiler oder Kalender.

Aus ökonomischer Sicht hätte eine hybride Architektur langfristig auf alle Kostenarten, sowohl die monetär als auch die nicht-monetär quantifizierbaren Kosten des Einsatzes von E-Learning, positive Effekte: E-Learning könnte durch die flexible Kombinierbarkeit von Modulen sehr schnell bereitgestellt werden, Kooperationen wären sehr gut möglich, Netzwerkeffekte und damit Skalenerträge würden stark zum Tragen kommen. Die Kosten der Bereitstellung, der Wartung und der Weiterentwicklung wären daher relativ gering. Eine organisatorische Integration von Service- und Verwaltungsleistungen ist sehr gut möglich. Gleichzeitig ist die Einbindung in die bestehenden organisatorischen Strukturen sowie die bestehende technologische Infrastruktur flexibel und kosteneffizient möglich. Zusatznutzen wird dadurch gewährt, dass Komponenten, Medien bzw. Konzepte von Kooperationspartnern genutzt werden können, die an der eigenen Hochschule nicht zur Verfügung stehen. Gleichzeitig kann durch die Verwendung des vorgestellten Ansatzes eine Abgrenzung von anderen Bildungseinrichtungen erfolgen – eine Profilierung der Hochschule wird so möglich. Nicht zuletzt kann durch Erforschung und Einsatz innovativer, zukunftsweisender Schlüsseltechnologien die Führungsrolle von Hochschulen ausgebaut bzw. bestätigt werden, was als übergeordnetes Nutzenpotenzial berücksichtigt werden muss.

Zusammengefasst ergeben sich in den drei Hauptdimensionen des E-Learnings folgende in Tabelle 2 aufgeführte Nutzenpotenziale (vgl. zum Nutzen von

E-Learning insbesondere Seibt 2001, Köllinger und Ross 2002, Bott et al. 2004, Gröbhiel 2004, Hoppe 2005).

Tabelle 2. Nutzenpotenziale des Einsatzes dienstorientierter E-Learning-Systeme an Hochschulen

Dimension	Nutzenpotenziale
pädagogisch- didaktisch	<ul style="list-style-type: none"> - sehr gute Anpassbarkeit an individuelle Lehr- und Lernszenarien - sehr hohe Flexibilität von Dozenten und Studierenden - sehr zielgerichteter Einsatz von E-Learning - hohe Aktualität von Inhalten
technologisch	<ul style="list-style-type: none"> - hohe Akzeptanz des Einsatzes von E-Learning - modularer Ansatz - flexible Kombinierbarkeit von (verteilten) Komponenten - Rückgriff auf Standards - Wiederverwendbarkeit - einfache Wartung und Pflege - einfache Weiterentwicklung - moderne, serviceorientierte Architektur wird ermöglicht
ökonomisch	<ul style="list-style-type: none"> - erhöhter Integrationsgrad des E-Learning-Systems - schnelle „Bereitstellung“ von E-Learning - geringe Bereitstellungskosten - geringe Wartungskosten - geringe Weiterentwicklungskosten - mögliche Integration von Service- und Verwaltungsleistungen - flexible Einbindung in die organisatorischen Strukturen - sehr gute Kooperationsmöglichkeit - Nutzung von Skaleneffekten - Nutzbarkeit von Komponenten, Medien bzw. Konzepten anderer - Abgrenzung von anderen Bildungseinrichtungen - Profilierung der Hochschule - Verbesserung der Führungsrolle in Erforschung und Einsatz neuer Schlüsseltechnologien

4.2 Risiken

Der dienstorientierte Komponentenansatz für die Entwicklung modularer Lernarchitekturen ist ein neues, zukunftsweisendes Konzept, das bisher nur in Pilotprojekten zum Einsatz kam. Er ist zwar auch isoliert einsetzbar, kann seinen vollen Nutzen jedoch nur im Zusammenhang mit Kooperationen bieten. Dabei sind nicht nur Kooperationen zwischen Hochschulen, sondern bereits Kooperationen auf Fakultäts- oder Lehrereinheitsebene relevant. Der Ansatz unterliegt hierbei direkten Netzwerkeffekten, da die Anzahl bereits vorhandener Komponenten und damit die Anzahl der Nutzer der neuen Technologie ausschlaggebend für die Vorteile der neuen Technologie angesehen werden müssen. Aufgrund dieser Netzwerkeffekte kann der so genannte „Pinguineffekt“ (vgl. Farrell und Saloner 1985) zum Tragen kommen. Dieser Effekt besagt, dass alle potenziellen Anwender einer neu-

en, überlegenen Technologie in einer abwartenden Haltung verharren, wenngleich sie alle die neue Technologie präferieren und sie etablieren wollen. Aufgrund der Risiken von Inkompatibilitäten und asymmetrischer Marktinformationen bezüglich des Verhaltens aller anderen potenziellen Technologienutzer wird der Wechsel auf die neue, überlegene Technologie verhindert, wenngleich Netzwerkeffekte und Skalenerträge Nutzen für alle Marktteilnehmer bieten würden.

Im Zusammenhang mit dieser eventuellen Abwartehaltung kann es auch zu Akzeptanzproblemen des neuen Ansatzes kommen. Dies kann unter anderem auch in Zusammenhang mit dem Know-how stehen, welches erforderlich ist, um den dienstorientierten Komponentenansatz zu unterstützen. Es ist nicht nur Überblick über die verfügbaren Komponenten von Nöten, sondern auch die Fähigkeit gefragt, neue Komponenten zu entwickeln und zu integrieren. Wie bei jedem Produkt, das nicht „von der Stange“ gekauft wird, entsteht weiterhin Aufwand für die Identifikation und Entwicklung der Basisszenarien bzw. Basiskomponenten. Hierbei ist speziell auf die Definition von Prozessen in Lehre und Veranstaltungsorganisation zu verweisen, die sich für viele Dozierende schwierig gestaltet. Ohne eine grundlegende Prozess- bzw. Szenariendefinition jedoch lassen sich Lehrprozesse und -szenarien jedoch nur schwer effektiv und effizient unterstützen.

4.3 Erfolgsfaktoren

Die dargelegten Risiken bei der Einführung modularer Lernarchitekturen auf Basis des dienstorientierten Komponentenansatzes erlauben die Ableitung kritischer Erfolgsfaktoren; jene Faktoren, die ausschlaggebend für den erfolgreichen und damit effektiven, effizienten und nachhaltigen Einsatz von E-Learning auf Basis modularer Lernarchitekturen in Hochschulen sind. Im Wesentlichen betreffen die im Folgenden kurz dargestellten Erfolgsfaktoren die Probleme einer eventuellen Abwartehaltung, möglicher Akzeptanzprobleme und gegebenenfalls fehlenden Know-hows:

- *Strategische Planung der Einführung des Ansatzes an Hochschulen:* Ist die Entwicklung einer modularen, dienstorientierten Lernarchitektur in einer Hochschule angedacht, sollte die Systemeinführung in Form eines durchdachten Projektes erfolgen. Essenziell ist es, alle beteiligten bzw. betroffenen Organisationseinheiten und Personen mit ihren Anforderungen und Bedürfnissen zu berücksichtigen und neben technologischen, auch pädagogische und ökonomische Gesichtspunkte einzubeziehen. Zu beachten ist insbesondere, dass der zentralisierte Verwaltungsbereich häufig nicht mit den relativ autonomen Lehreinheiten zusammenarbeitet. Die Einführung der IT-Architektur als neues zentrales Element bedingt u. a. die Klärung der Fragen, wie eine Zentralisierung sinnvoll durchgeführt werden kann und wie Einzelne sich in diesem Gefüge positionieren können. Die Systemeinführung sollte auf Basis eines umfassenden, konsistenten und mit allen relevanten Planungsebenen abgestimmten strategischen Konzeptes erfolgen (vgl. zu strategischen Einsatzkonzepten für E-Learning Back et al. 2001 und – speziell für Hochschulen – Hoppe 2005, 2005a). Auch organisatorische Aspekte müssen dabei bedacht werden (vgl. zur organisatorischen Verankerung von E-Learning Hoppe 2005b). Dies gilt insbesondere für den modularen, individuell anpassbaren Service-orientierten Komponentenansatz. Denkbar ist z. B. der zentrale Betrieb oder die zentrale Wartung einzelner Komponenten; dies könnte durch ein geeignetes

Vergütungssystem unterstützt werden. Auch andere Angebote, Leistungen gegen Bezahlung zu erbringen sind denkbar; so könnte eine zentrale Stelle beispielsweise das Angebot erbringen, Individualentwicklungen so anzupassen, dass sie in die Gesamtinfrastruktur integrierbar sind. In diesem Zusammenhang ist abhängig vom Umfang des E-Learning-Systems die Einrichtung eines eigenen Multimedia- bzw. E-Learning-Kompetenzzentrums denkbar.

- *Zentrale Vermarktung*: Teil der aufbauorganisatorischen Konzeption ist auch die Überlegung, inwieweit die eingesetzten E-Learning-Systemkomponenten vermarktet werden können und wie diese Vermarktung ggf. vonstatten gehen soll. Speziell im Hinblick auf den komponentenorientierten, integrativen Ansatz ist eine zentrale Vermarktung erfolgskritisch. Da Integrativität, Wiederverwendbarkeit und Kooperation im Vordergrund dieses Ansatzes stehen, kann nur eine Zusammenarbeit aller Beteiligten die Nutzenpotenziale zur vollen Entfaltung bringen. Dies gilt nicht nur intern innerhalb einer Hochschule, sondern auch nach außen, im Verbund mit anderen Bildungseinrichtungen. Zentrale Vermarktung (und ggf. auch weitere zentrale Aufgaben und Aktivitäten) könnten ebenfalls durch ein eigenes Multimedia- oder E-Learning-Kompetenzzentrum wahrgenommen werden (vgl. zu dieser Auffassung auch Bachmann 2001). Eine Vermarktung von E-Learning-Komponenten ist sowohl hochschulintern als auch hochschulextern denkbar; in Zukunft ist die verstärkte Entwicklung in Richtung eines Komponentenmarktes zu erwarten, in den Hochschulen dann eintreten können (vgl. Ortner 2000).
- *Strategische Planung der Markteinführung*: Als neues Produkt muss die Einführung des Komponentenansatzes für die Entwicklung modularer Lernarchitekturen marketingtechnisch geplant werden. Hierdurch kann das Erreichen der kritischen Masse bzw. Nutzerbasis positiv beeinflusst werden. Soweit möglich, sollten Nachfragerbedürfnisse zielgruppenorientiert berücksichtigt werden. Dabei ist zu beachten, dass der Kundenbegriff im E-Learning nicht eindeutig ist, da Zahler und Nutzer von E-Learning oftmals – auch innerhalb einer Hochschule – auseinander fallen.
- *Promotoren*: Um Nutzenpotenziale neuer Lösungen zu verdeutlichen, ist es sinnvoll, Promotoren einzusetzen. Speziell der Hochschulleitung kommt eine große Bedeutung als Einflussfaktor auf die Nachhaltigkeit des E-Learning-Einsatzes zu (vgl. auch Seufert und Euler 2004). Entscheidungspersonen müssen voll hinter dem neu einzuführenden bzw. neu eingeführten E-Learning-System stehen und dessen erfolgreichen Einsatz „vorleben“, um allen anderen Beteiligten als Vorbild zu dienen.
- *Qualifikationsmaßnahmen*: Um zu gewährleisten, dass die Vorteile des zukunftsweisenden Ansatzes modularer Lernplattformen auch ausgeschöpft werden können, muss das Wissen zur Verwaltung, Nutzung, Integration und ggf. auch Entwicklung von Komponenten vorhanden sein. Speziell in Bezug auf die Definition von Basisprozessen und -szenarien ist die Kompetenz notwendig, über eine Sprache bzw. ein Modell zur Abbildung von Lehr- und Lernszenarien zu verfügen, die als gemeinsame Diskussionsgrundlage für Architekten, Entwickler und Nutzer dienen kann. Um dies zu erreichen und gleichzeitig unabhängig von Dritten zu sein, sind entsprechende Qualifikationsmaßnahmen für ausgewählte Beteiligte unabdingbar. Dadurch wird gleichzeitig positiv auf Verständnis und Akzeptanz eingewirkt.

5 Fazit

Damit ein effizienter und kostengünstiger Einsatz von E-Learning in einem so heterogenen Umfeld wie das einer Präsenzhochschule möglich ist, muss neben einer Öffnung von Hochschulverwaltungssystemen durch Schnittstellen zu Lernplattformen auch die Anforderung an die Portabilität von Komponenten dieser Plattformen steigen. Dies impliziert einen Fokuswechsel in der Architektur dieser Systeme.

Die hier vorgestellte E-Learning-Infrastruktur adressiert die Integrationsfähigkeit einer hybriden Lernumgebung, nicht ihren Funktionsumfang. Wie im Beitrag aufgezeigt wurde, bedarf es anfangs – im Gegensatz zu einer Standardsoftware – hohen Aufwands für die Erstellung bzw. die Integration verteilter Komponenten. In Abschnitt 3 wurden Technologien und Methoden für eine leichtgewichtige Komponentenentwicklung und kostengünstige Implementierung einer SOA aufgezeigt. Weiterhin erfordern die Einführung und der Einsatz einer solchen Infrastruktur organisatorische Maßnahmen, wie in Abschnitt 4 hergeleitet, und somit einen zusätzlichen Aufwand.

Die Vorteile einer dienstorientierten Lernumgebung liegen mittel- bzw. langfristig letztendlich in einer klar strukturierten Topologie der technischen Infrastruktur, sowie einer leichten Wartbarkeit und hohen Wiederverwendbarkeit von Komponenten. Im Gegensatz zu der häufig an Präsenzhochschulen vorhandenen Vielzahl dezentral betriebener, geschlossener Lernplattformen können durch diese neue Architektur kostengünstigere und effizientere Betreiber- und Nutzungskonzepte von E-Learning an Präsenzhochschulen umgesetzt werden.

Literaturverzeichnis

- Alonso G, Casati F, Kuno H, Machiraja V (2004) Web Services – Concepts, Architectures and Applications. Springer, Berlin Heidelberg
- Bachmann G (2001) Strategische Planung, Förderprogramme und Institutionen an Schweizer Hochschulen. In: Beck U, Sommer W (Hrsg) LearnTec 2001. 9. Europäischer Kongress und Fachmesse für Bildungs- und Informationstechnologie. Tagungsband, Band 2. Karlsruher Messe- und Kongress-GmbH, Karlsruhe, S 461-468
- Back A, Bendel O, Stoller-Schai D (2001) E-Learning im Unternehmen. Grundlagen – Strategien – Methoden – Technologien. Orell Füssli, Zürich
- Baumgartner P (2003) Evaluation mediengestützten Lernens. Theorie – Logik – Modelle. In: Kindt M (Hrsg) (1999) Projektevaluation in der Lehre. Multimedia an Hochschulen zeigt Profil(e). Waxmann, Münster u.a., S 63-99
- Bott D, Hoppe G, Breitner MH (2004) Nutzenanalyse im Rahmen der Evaluation von E-Learning-Szenarien. IWI Discussion Paper Series No. 6. Institut für Wirtschaftsinformatik, Universität Hannover, Hannover
- Chapman B, Hall SO (2004) LCMS 2004-2005 Report: Comparative Analyses of Enterprise Learning Content Management Systems. Brandon-Hall.com, Sunnyvale
- Farrell J, Saloner G (1985) Standardization, compatibility, and innovation. In: Rand Corporation (1985) The Rand Journal of Economics, 16 (1985) 1, S 70-83
- Gröbhel U (2004) E-Learning auf strategische Ziele ausrichten: Von der Pionierphase zum systematischen Einsatz von E-Learning. [http://dwi.fhbb.ch/wiba/wiba.nsf/img/ELearningStrategie_10/\\$file/ELearningStrategie_10.pdf](http://dwi.fhbb.ch/wiba/wiba.nsf/img/ELearningStrategie_10/$file/ELearningStrategie_10.pdf), Abrufdatum am 5.9.2003

- Hampel T (2002) Virtuelle Wissensräume – Ein Ansatz für die kooperative Wissensorganisation. Dissertation, Universität Paderborn, Paderborn
- Hampel T, Roth A (2005) Rapid Development of Non-Monolithic CSCL-Applications – About the Benefits of Using a Prescribed Terminology in Web Programming. In: Proceedings of E-Learn. AACE, Vancouver, Canada
- Hoppe G (2005) Entwicklung strategischer Einsatzkonzepte für E-Learning in Hochschulen. Eul Verlag, Lohmar/Köln
- Hoppe G (2005a) Entwicklung strategischer Einsatzkonzepte für E-Learning in Hochschulen. In: Breitner MH, Hoppe G (Hrsg) E-Learning. Einsatzkonzepte und Geschäftsmodelle. Physica-Verlag, Heidelberg, S 255-272
- Hoppe G (2005b) Organisatorische Verankerung von E-Learning in Hochschulen. In: Tavangarian D, Nölting K (Hrsg) Auf zu neuen Ufern! E-Learning heute und morgen. Waxmann, Münster u.a., S 237-246
- Kaib M (2004) Enterprise Application Integration – Grundlagen, Integrationsprodukte, Anwendungsbeispiele. 2. Auflage, Deutscher Universitätsverlag, Wiesbaden
- Köllinger P, Ross A (2002) Marktstudie E-Learning. Nachfrage – Anbieter – Empirische Ergebnisse. Symposium, Düsseldorf
- Lieberherr K-J (2004) Controlling the Complexity of Software Designs. In: Estublier J, Rosenblum D (Hrsg) Proceedings of ICSE2004. ACM Press, Edinburgh, Scotland, S 2-11
- Ortner E (2000) Terminologiebasierte, komponentenorientierte Entwicklung von Anwendungssystemen. In: Flatscher R, Turowski K (Hrsg) Tagungsband 2. Workshop komponentenorientierter betrieblicher Anwendungssysteme. Wien, S 1-20
- Roth A, Hampel T (2005) Konfigurierbare Softwarekomponenten zur Unterstützung dynamischer Lern- und Arbeitsumgebungen für virtuelle Gemeinschaften. Erscheint in: Tagungsband des Workshops Gemeinschaften in Neuen Medien, Dresden
- Roth A, Suhl L (2005) Plattformübergreifende Architekturen in föderativen E-Learning-Umgebungen. In: Breitner MH, Hoppe G (Hrsg) E-Learning – Einsatzkonzepte und Geschäftsmodelle. S 143-152
- Seibt D (2001) Kosten und Nutzen des E-Learning bestimmen. In: Hohenstein A, Wilbers (Hrsg) Handbuch E-Learning. Expertenwissen aus Wissenschaft und Praxis. Deutscher Wirtschaftsdienst, Köln, Beitrag 3.3, S 1-33
- Seufert S, Euler D (2004) Nachhaltigkeit von eLearning-Innovationen. Ergebnisse einer Delphi-Studie. SCIL-Arbeitsbericht 2. St. Gallen

Internetressourcen zu den Beispielen aus Tabelle 1

Blackboard Building Blocks	http://www.blackboard.com/extend/b2/
E-Learning Framework ELF	http://www.elframework.org
Harmoni Framework	http://www.okiproject.org/project/prod_6.html
Open Knowledge Initiative (OKI)	http://www.okiproject.org
openSMT-Portal	http://www.opensmt.org
Sakai Applikationsverbund	http://www.okiproject.org/project/prod_1.html
WebCT PowerLinks Kit	http://www.webct.com/developers

Danksagung

Wir bedanken uns bei den beiden Arbeitsgruppen Kooperative Medien und Kontextuelle Informatik des Heinz Nixdorf Instituts für ihre Hilfsbereitschaft und Unterstützung bzgl. des sTeam-Servers und der Wissensraummetapher.