

Eine Service- und Kontext-basierte Infrastruktur für die Pervasive University

Ulrike Lucke, Djamshid Tavangarian

Universität Rostock, Institut für Informatik, Lehrstuhl für Rechnerarchitektur
Albert-Einstein-Str. 21, 18059 Rostock

vorname.nachname@uni-rostock.de

Kurzfassung: An die IT-Infrastrukturen der Hochschule werden beständig wachsende Herausforderungen gestellt, denen insbesondere in einrichtungsübergreifenden Szenarien (sei es innerhalb oder außerhalb einer Hochschule) nur noch durch einen systematischen Ansatz begegnet werden kann. Der Beitrag zeigt hierfür eine zweistufige Entwurfsmethodik auf, bei der zunächst auf Basis eines Prozessmodells eine Service-Orientierte Architektur etabliert und diese dann durch Erweiterung um Kontextdienste und Mobilität in Richtung einer Pervasive University geführt wird. Beispielhaft wird eine prototypische Infrastruktur für die Kopplung von virtueller und Präsenzlehre vorgestellt, die dieses Konzept für die synchrone und asynchrone Übertragung von Vorlesungsaufzeichnungen sowie die nahtlose Interaktion zwischen Teilnehmern der realen und der übertragenen Lehrveranstaltung umsetzt.

1. Motivation

Das hohe Potential des Paradigmas der Service-Orientierten Architektur (SOA) wird an immer mehr Entwicklungen sichtbar. Durch das ursprünglich aus dem industriellen Umfeld stammende Konzept kann die Interoperabilität von Software-Komponenten deutlich erhöht werden [Bie05]. Auf Basis einer durchgängigen Modellierung von Geschäftsprozessen wird die IT-Infrastruktur einer Institution in horizontalen Ebenen (statt wie bisher in vertikalen „Produkt-Silos“) organisiert. Mehrfach auftretende Funktionalität wird einmalig als Dienst bereitgestellt und kann von verschiedenster Seite wieder verwendet werden. Anbieter und Nutzer von Diensten kommunizieren über eine abstrakte Schnittstelle, wobei die Spezifika der eingesetzten Betriebssysteme, Programmiersprachen und Laufzeitumgebungen verborgen bleiben. Durch diese Abstraktion kann nach dem Prinzip der losen Kopplung die Entscheidung über die Einbindung eines konkreten Dienstes (inkl. der Auswahl des am besten geeigneten Anbieters bzw. Dienstes) zur Laufzeit erfolgen. Dies resultiert in einer kürzeren Anpassungszeit der IT an sich verändernde Geschäftsanforderungen (time-to-market) und somit in einer höheren Agilität und Effizienz der IT. Gleichzeitig steigen die Benutzerorientierung, Flexibilität und Transparenz des Systems, und institutionsübergreifende Wertschöpfungsketten werden realisierbar.

Auch an der Hochschule kann eine SOA auf diese Weise die Prozesse in Lehre, Forschung und Verwaltung optimieren helfen [Edu06]. Angesichts der zunehmenden Heterogenität, Komplexität und Inflexibilität vorhandener IT-Infrastrukturen ist hier ein großer Bedarf gegeben [LT07]. Zwar scheinen sich die Systeme auf den ersten Blick zu homogenisieren (etwa durch die wachsende Dominanz von Windows als Betriebssystem oder durch zentralisierte, leistungsfähige Server), aber der Einzug rechnergestützter Prozesse in immer mehr Vorgänge und Einrichtungen führt zu einer wachsenden Vielfalt an Software, die sich im Zuge zunehmender hochschulübergreifender Szenarien weiter intensivieren wird. Die Durchgängigkeit und Interoperabilität von IT-Infrastrukturen ist für die Mobilität von Studierenden und Lehrenden von entscheidender Bedeutung.

Erste SOA-Entwicklungen zeigen Potential u. a. bei der Verschlankung administrativer Strukturen, etwa zum hochschulübergreifenden Identity Management [SHH09], zur Verwaltung von Modulhandbüchern [Geb09] oder auch allgemein zum Campus Management [HIS09a]. Daneben widmen sich viele Arbeiten v. a. der Unterstützung von ausgewählten Lernprozessen, z. B. zur Kollaboration zwischen Lernenden [JDT05], zur Distribution von Vorlesungsaufzeichnungen [Leh08], zur rechnergestützten Auswertung von Programmieraufgaben [AKR09] oder zur dienstbasierten Gestaltung von Lernplattformen [Sch04, PS08]. Darüber hinaus gibt es grundsätzliche Überlegungen an mehreren Hochschulen, wie durch die hochschulweite Orientierung an Konzepten und Technologien einer SOA Optimierungen möglich sind [Fre07, Gra08]. Die Grundlage hierfür sind i. d. R. Prozessmodelle, die reale Aktivitäten widerspiegeln und auf IT-Infrastrukturen abbilden helfen [Urb06].

Durch Service-Orientierung wird eine Flexibilität der IT-Infrastruktur erreicht, die weiterführende Entwicklungen möglich macht. Zu nennen sind hierbei etwa Fragen der Selbstorganisation und damit der Entlastung von manuellen administrativen Tätigkeiten sowie der spontanen Kollaboration von IT-Komponenten verschiedenster Einsatzebenen (z.B. innerhalb von Teams einer Veranstaltung oder Einrichtung bis hin zu institutionsübergreifenden Szenarien) nach dem Peer-to-Peer-Prinzip [TL09]. Auch Entwicklungen in Richtung des Pervasive Computing werden durch das Vorhandensein einer SOA unterstützt bzw. ermöglicht [KKS06]. In diesen Kontext bettet sich das hier vorgestellte Vorhaben ein, das insbesondere durch die Nutzung einer SOA zur Realisierung einer Pervasive University gekennzeichnet ist.

Der Beitrag skizziert in Abschnitt 2 anhand eines ausgewählten Anwendungsbeispiels zunächst kurz die Konzeption einer hochschulweiten SOA, zeigt in Abschnitt 3 deren ausschnittsweise Implementierung und in Abschnitt 4 die Erweiterung um Charakteristika der kontextorientierten, mobilen Nutzung. Abschnitt 5 nennt erste Ergebnisse einer Evaluation. Die dargestellten Konzepte und Entwicklungen sind somit als prototypischer Bestandteil einer Service-Oriented bzw. Pervasive University zu verstehen.

2. Typische Lehr- und Lernprozesse in einer Universität

Grundlage eines strukturierten Systementwurfs ist auch bei der SOA zunächst eine Abstraktion der nachzubildenden Abläufe. Im Unterschied zur komponentenzentrierten

Sichtweise etwa im objektorientierten Entwurf stehen hier allerdings zunächst Geschäftsprozesse im Fokus der Betrachtung (sog. Programmierung im Großen) [Erl08]. Dabei entsteht aus der Abfolge verschiedener Aktivitäten schließlich eine Beschreibung der Zustände und Schnittstellen von Diensten, z. B. in welcher Reihenfolge welche Nachrichten eintreffen müssen. Dies kann von verschiedenen Werkzeugen für die Konzeption und Implementierung einer SOA ausgewertet werden und bildet zur Laufzeit des Systems eine formale Grundlage für die Interoperabilität der Dienste. Erst bei der internen Realisierung der einzelnen Komponenten wird dann auf herkömmliche Entwurfsverfahren zurückgegriffen (sog. Programmierung im Kleinen) [Oes04].

In den vergangenen Jahren ist eine Reihe von Notationen zur Formulierung von Prozessmodellen entstanden. Grundsätzlich sollte dabei den maschinell les- und ausführbaren Beschreibungssprachen (z. B. der Business Process Execution Language, BPEL [JE07], einer XML-basierten Spezifikation aus dem Web Service Framework) der Vorzug gegeben werden. Aus Gründen der Anschaulichkeit wurde für diesen Beitrag jedoch eine grafische Repräsentation unter Nutzung der Business Process Modeling Notation (BPMN) [Whi09] gewählt, die aufgrund ihrer Ähnlichkeiten zu den im Software-Entwurf weit verbreiteten UML-Aktivitätsdiagrammen intuitiv verständlich ist.

Die formale Modellierung aller Geschäftsprozesse einer Universität würde den Rahmen dieses Beitrags deutlich sprengen: Dies beträfe nicht nur sämtliche Aktivitäten in Lehre, Forschung und Verwaltung, sondern auch Interaktionen mit externen Akteuren wie Kultusministerien, Industriepartnern oder anderen Hochschulen. Nachfolgend soll deshalb nur ein kleiner, aber repräsentativer Ausschnitt aus dem Alltag einer Hochschule nachgebildet werden, und zwar aus der Organisation des Lehrbetriebs. Abbildung 1 zeigt die grundsätzlichen Aktivitäten, die mit dem Angebot, der Durchführung, dem Besuch und der Abrechnung von Lehrveranstaltungen verbunden sind.

Es wird ersichtlich, dass zahlreiche Stakeholder in den Lehrbetrieb involviert sind, deren Aktivitäten eng miteinander verzahnt sind. Auch sind einzelne, hier nur vereinfacht dargestellte Prozesse intern wesentlich komplexer und reichen deshalb über mehrere „swim lanes“ (d. h. Beteiligte) hinweg. Zugleich deutet die Vielzahl der mit den einzelnen Prozessen assoziierten Datenstrukturen die Heterogenität der für deren Verwaltung bereits bestehenden Infrastrukturen und Werkzeuge an. Dies bedeutet z. B. im aktuellen Arbeitsumfeld der Autoren:

- Die Modulhandbücher mit den grundsätzlich angebotenen Lehrveranstaltungen werden von den verantwortlichen Dozenten kollaborativ erstellt bzw. gepflegt und fakultätsweit in einem Wiki verwaltet.
- Das Zentrale Vorlesungsverzeichnis (ZVVZ) der Universität vereint die aus den Fakultäten gemeldeten, tatsächlich durchgeführten Lehrveranstaltungen des aktuellen Semesters in einer hochschulweiten Plattform. Strategisch wird hier HIS-LSF [HIS09b] zum Einsatz kommen.
- Die Verwaltung von Teilnehmern und Materialien zu den Lehrveranstaltungen erfolgt in der Lernplattform Stud.IP, die einen zumindest teilweisen Import von Kerndaten aus dem ZVVZ erlaubt.

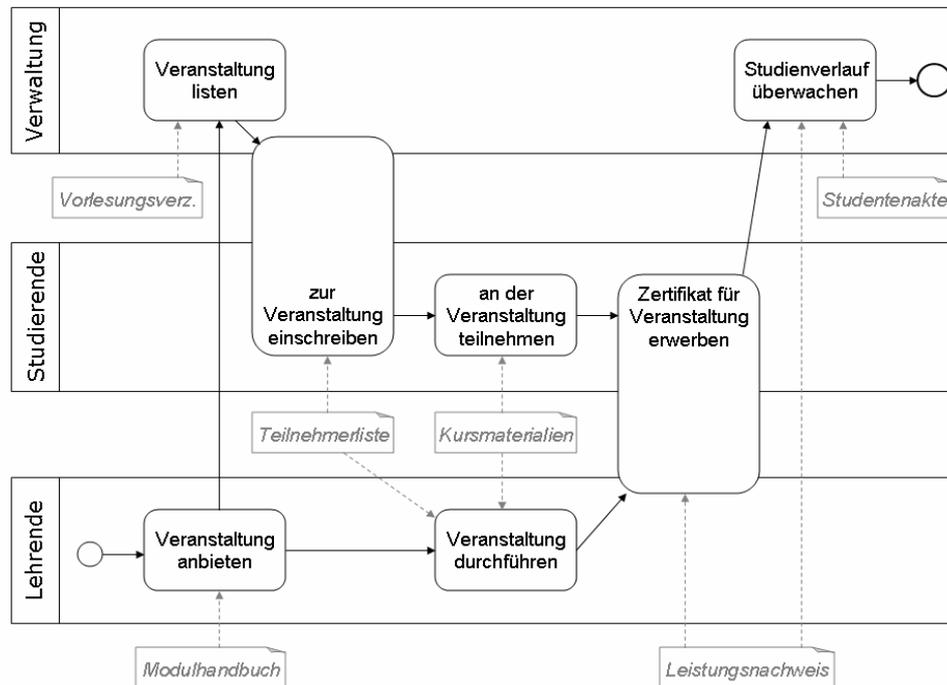


Abbildung 1: Grobstruktur ausgewählter Aktivitäten in der universitären Lehre

- Leistungsnachweise werden von den verantwortlichen Dozenten manuell erstellt und an das Studienbüro der Fakultät weitergeleitet; i. Allg. erfolgt dies in Papierform mit einer Liste pro Lehrveranstaltung.
- Die absolvierten Lehrveranstaltungen und erworbenen Leistungsnachweise der Studenten werden in den Studienbüros der Fakultäten verwaltet. Die Ablösung der bislang bestehenden doppelten Datenhaltung mittels Papierakte und Excel-Sheet durch HIS-POS [HIS09b] steht derzeit kurz vor dem Abschluss.

Um den wachsenden Anforderungen an ein modernes Studium gerecht zu werden, sind über diese traditionellen (wenn auch größtenteils bereits rechnergestützten) Prozesse hinaus weitere Angebote nötig. Dies betrifft z. B. die Möglichkeit, Lehrveranstaltungen auf Basis von Vortragsaufzeichnungen nachzuarbeiten – sei es im Rahmen des normalen Lernprozesses oder weil einzelne Veranstaltungen wegen Krankheit, Terminüberschneidungen oder der zunehmend geforderten Mobilität der Studierenden nicht besucht werden konnten. In diesem Zusammenhang kann beispielsweise die in Abbildung 1 dargestellte Aktivität „an der Veranstaltung teilnehmen“ weiter verfeinert werden, wie Abbildung 2 zeigt.

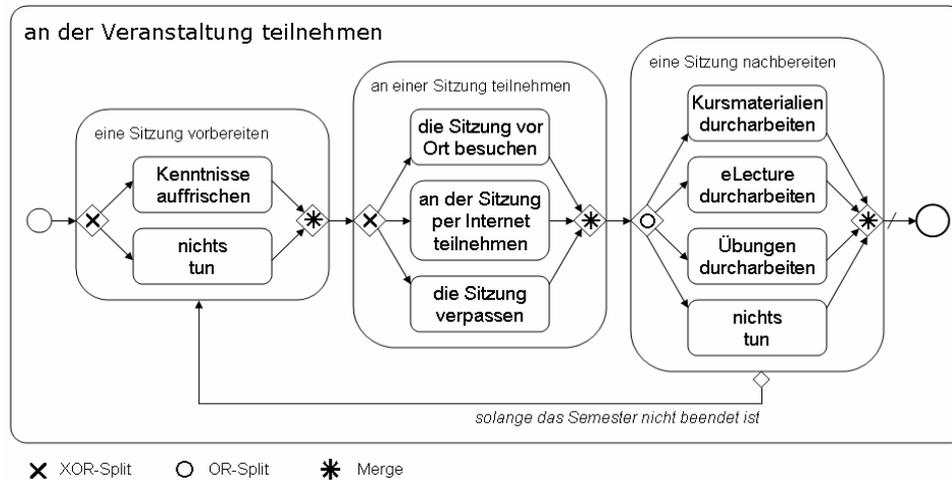


Abbildung 2: Alternative Prozessketten für die Teilnahme an einer Lehrveranstaltung

Von den identifizierten Prozessschritten werden mehrere mit Papier und Stift ausgeführt bzw. durch Lernplattformen unterstützt („Kenntnisse auffrischen“, „Kursmaterialien/Übungen durcharbeiten“). Andere benötigen keinerlei Unterstützung („nichts tun“, „die Sitzung verpassen“). Für die Arbeit mit Vorlesungsaufzeichnungen bzw. -übertragungen existieren ebenfalls Werkzeuge (z. B. Rapid Authoring Tools, Streaming Server), die allerdings auf Basis des in Abbildung 2 beschriebenen Workflows in eine durchgängige Infrastruktur zu integrieren sind. Dies hat wiederum Konsequenzen für den Prozess der Durchführung von Lehrveranstaltungen durch den Dozenten, auf die an dieser Stelle jedoch nicht weiter eingegangen werden soll. Auch andere Rollen sind als Akteure an diesen Prozessen beteiligt, wie z. B. Tutoren oder Verwaltungspersonal in Studienbüros und Bibliotheken. Dies unterstreicht die Notwendigkeit einer Koordination der individuellen Aktivitäten, Bedürfnisse und Werkzeuge. In dieser Darstellung wurden einige Vereinfachungen angenommen, um die Modelle kurz, anschaulich und nachvollziehbar zu halten:

- Es erfolgte keine detaillierte Darstellung von komplexen Aktivitäten (z. B. zur Veranstaltung einschreiben, Studienfortschritt verfolgen).
- Es wurden keine bedingten Übergänge berücksichtigt (z. B. Zulassungsvoraussetzungen zur Teilnahme an einer Lehrveranstaltung).
- Die Einbettung in weitere Prozesse wurde vernachlässigt (z. B. Abgleich mit der Raumverwaltung bei der Veranstaltungsplanung).

Darüber hinaus wurde eine Reihe von Aktivitäten der Hochschule überhaupt nicht betrachtet, etwa der gesamte Bereich der Forschung. Eine vollständige Umstellung der universitären Geschäftsprozesse und Infrastrukturen in Richtung einer Service-Orientierten Universität setzt zunächst ein umfassendes Modell aller Prozesse voraus,

das sich derzeit in der Phase der Erstellung befindet. Auf dessen Basis können dann bestehende Werkzeuge und Plattformen in das System integriert sowie neue Entwicklungen eingeführt werden. Dabei kann existierende Software auf SOA-Basis (z. B. Produkte wie HISinOne [HIS09a] oder ausgewählte Systeme aus der Vielzahl akademischer Entwicklungen) genutzt werden, und es kann konventionelle Software um SOA-Schnittstellen erweitert werden. Dies führt zu einer Architektur aus eher grobgranularen Diensten. Punktuell können diese durch feingranulare Dienste ergänzt werden, wenn eine engere Verbindung zwischen einzelnen Anwendungen benötigt wird. Begleitet durch ein mittelfristig angelegtes Change Management [Sch07] wird so ein fließender Übergang von der bestehenden in eine künftige, leistungsfähigere Infrastruktur ermöglicht [LM06].

3. Überführung existierender Werkzeuge und Plattformen in eine Service-Orientierte Architektur

Auf Basis der bereits ausschnittweise identifizierten Prozesse bzw. der beteiligten Werkzeuge und Plattformen wurde für die rechnergestützte Durchführung von bzw. Teilnahme an Lehrveranstaltungen ein SOA-Prototyp entwickelt. Der grundlegende Gedanke dabei war es, einen nahtlosen Übergang zwischen dem traditionellen Besuch einer Präsenzveranstaltung und der webbasierten Teilnahme (sowohl synchron während der Laufzeit der Veranstaltung als auch asynchron im Nachhinein) zu realisieren. Verfügbare Mechanismen sollten unangetastet bleiben, etwa die Arbeit mit Lehr-/Lernmaterialien in der Lernplattform. Als technisches Hilfsmittel zur Umsetzung der Idee wurden Vorlesungsaufzeichnungen (eLectures) gewählt, da sie sowohl für die synchrone als auch für die asynchrone Nutzung eine systematische Aufzeichnung, Verwaltung und Wiedergabe von Vortragsfolien, Annotationen auf diesen Folien sowie Audio und Video des Vortragenden bieten.

Bisherige Entwicklungen auf diesem Gebiet haben neben isolierten Portalen auch eine Reihe proprietärer Punkt-zu-Punkt-Verbindungen hervorgebracht [Mer05, Zha08, HJ09]. Ansätze zur systematischen Integration verschiedener Quellen von Vorlesungsaufzeichnungen in verschiedenen Arten von Plattformen sind jedoch noch rar [TM07].

In dem gewählten Szenario wurden die folgenden grundlegenden Dienste identifiziert:

1. webbasierte *Übertragung* von Vorlesungsaufzeichnungen (in synchroner und asynchroner Ausprägung)
2. *Streaming* von Multimedia-Daten (Audio & Video) im Hintergrund von (1)
3. *Archivierung* von Vorlesungsaufzeichnungen im Hintergrund von (1)
4. *Nachrichtenübertragung* von Anwender zu Anwender über das Internet in Ergänzung zur synchronen Variante von (1)

Darüber hinaus kommt ein *Verzeichnisdienst* (Broker) zum Einsatz, bei dem sich die genannten Anwendungsdienste registrieren und dadurch aus verschiedensten Nutzungsumgebungen heraus auffindbar sind. Abbildung 3 veranschaulicht die genannten Dienste und ihre Zusammenhänge in der Notation eines UML-Klassendiagramms. Als Diensttechnologie haben wir Web Services gewählt, da sie in dem geschilderten Nutzungsszenario die meisten Gestaltungsmöglichkeiten, die weiteste Verbreitung und voraussichtlich auch künftig das höchste Potential bieten [ZMN05, Mel08].

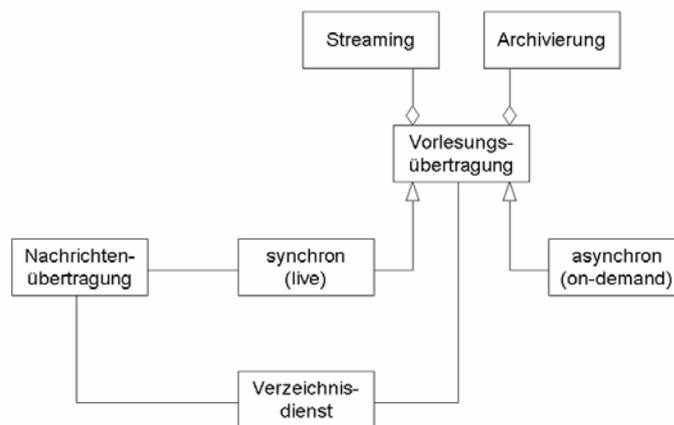


Abbildung 3: Identifizierte Anwendungs-/Systemdienste und ihr Zusammenhang

Der entwickelte Prototyp [LT09] enthält einige beispielhafte Realisierungen dieser Dienste, die zunächst von einem mit entsprechendem Equipment ausgestatteten Hörsaal ausgehen. Hier werden die im Rahmen einer Lehrveranstaltung präsentierten Folien (als Bildschirminhalt abgegriffen) sowie die Audio- und Video-Daten des Sprechers (aus der zentralen Mediensteuerung abgegriffen) als *Live-Stream* übertragen. Zeitgleich werden die Daten mit Hilfe des Werkzeugs Lecturnity [imc09] aufgezeichnet. Die so erzeugten Vorlesungsaufzeichnungen werden archiviert und stehen später als sog. *On-demand-Stream* zur Verfügung. Für eine breitere Nutzung des Konzepts kann jedoch nicht in allen Räumen die hierfür erforderliche Medientechnik vorausgesetzt werden. Daher ist beabsichtigt, ergänzend auch mobiles Equipment (mit Ad-hoc-Anbindung an zentrale, leistungsfähige Server) bereit zu stellen, wie es z. B. für reine Vorlesungsaufzeichnungen im Rahmen eines Mediengestützten Juniorstudiums [Sch08] an unserer Hochschule bereits seit einiger Zeit zum Einsatz kommt.

Aufgrund des Service-Orientierten Ansatzes sind der Zahl und Art von an das System angeschlossenen Nutzungsumgebungen prinzipiell keine Grenzen gesetzt: jeder Client, der die bereit gestellten Mediendaten darstellen kann, kann auf einfache Weise integriert werden. Ausgehend von der vorhandenen SOA-Infrastruktur (im Sinne eines *University Service Bus*) wird lediglich eine minimale Dienstschnittstelle im Client benötigt. Exemplarisch wurden bislang zwei Umgebungen um eine solche Schnittstelle erweitert, die im universitären Szenario als besonders interessant erschienen und zugleich die Breite des SOA-Konzepts aufzeigen: die klassische Lernplattform Stud.IP [dat09] und

die virtuelle 3D-Welt Second Life [Lin09]. Für das quelloffene verfügbare Stud.IP ist die Erweiterung um eine Dienstschnittstelle und eine Medienwiedergabe vergleichsweise einfach zu realisieren. Mediendaten werden in Second Life jedoch auf einem zentralen Server der Firma Linden Research zur Darstellung aufbereitet und zu der ebenfalls nicht modifizierbaren Client-Software übertragen. Dies erforderte die Realisierung einer Proxy-Lösung, die stellvertretend für den Client als Dienstanutzer agiert und die Daten als integrierbaren Medienstrom aufbereitet. Die Ergebnisse beider Entwicklungen zeigt Abbildung 4. In beiden Nutzungsumgebungen können sowohl synchrone als auch asynchrone Vorlesungsübertragungen dargestellt werden; letztere erfordern vom Nutzer zunächst eine Auswahl aus den verfügbaren Aufzeichnungen des gegebenen Veranstaltungskontexts.



Abbildung 4: Stud.IP (links) und Second Life (rechts) als beispielhafte Nutzungsumgebungen

Im Rahmen der synchronen Vorlesungsübertragung (Live-Streaming) ist es zudem gewünscht, auch interaktive Kommunikation zwischen den Nutzern in verschiedenen Umgebungen (z. B. Hörsaal, Stud.IP und Second Life) zu unterstützen. Dies wird für Diskussionen im Anschluss an einen Vortrag benötigt, kann aber auch für die kollaborative Wissensaneignung zum Einsatz kommen. Daher wurde das System um plattformübergreifende Messaging-Dienste erweitert, wobei als Nutzungsschnittstelle in der Präsenzumgebung mobile Telefone der Studenten gewählt wurden [Zen09]. Die Herausforderung bestand dabei in der Überbrückung von Technologiegrenzen sowohl auf Netzwerk-Ebene (IP bzw. Bluetooth) als auch auf Service-Ebene (Web Services bzw. Bluetooth SDP). Abbildung 5 zeigt die Interfaces auf dem Mobiltelefon und in der virtuellen Welt für den realisierten Text Chat. Eine Erweiterung auf Audio-Chat ist geplant.

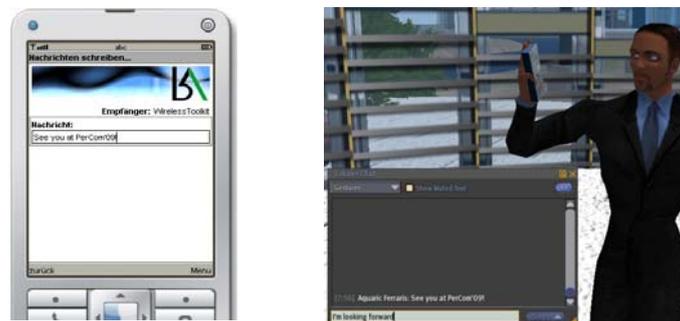


Abbildung 5: Nutzungsschnittstellen für den plattformübergreifenden Nachrichtenaustausch zwischen Mobiltelefon (links) und virtueller Welt (rechts)

Die Vielfalt der eingebundenen Plattformen und die Einfachheit ihrer Integration zeigen das Potential des SOA-Ansatzes auf. Sobald eine Service-Middleware verfügbar ist, können neue Dienstanbieter, -nutzer und -typen unmittelbar in das System integriert werden, indem sie um eine einfache Dienstschnittstelle erweitert werden. Der Discovery-Mechanismus einer SOA bewirkt, dass sich Anbieter und Nutzer von Diensten zur Laufzeit finden, ohne zuvor Kenntnis voneinander zu haben. So ist der neue Live-Stream einer Vorlesung automatisch im Stud.IP und Second Life verfügbar – oder in jeder weiteren Plattform, die künftig angebunden sein mag – und der unbekannte Avatar im Second Life kann direkt aus der Vorlesung mit dem eigenen Handy kontaktiert werden.

Die gesammelten Erfahrungen mit dem Einsatz mobiler Geräte haben den Bedarf geweckt, auch die Vorlesungsübertragung auf eine derartige Nutzungsumgebung auszuweiten. Dabei stellt sich das zugrunde gelegte Prozessmodell als wertvolle Datenquelle heraus. Die damit verbundenen, weitergehenden Herausforderungen sowie Ansätze zur Implementierung werden im folgenden Abschnitt geschildert.

4. Integration von Kontextdiensten und kontextbasierter Nutzung

Mit dem Konzept des Pervasive Computing sind einige technische Fragestellungen verbunden, denen hervorragend durch Service-Orientierung begegnet werden kann. Dies ist einerseits die starke Heterogenität der vorhandenen IT-Infrastrukturen, die sich dynamisch für verschiedene Anwendungsszenarien zusammen führen lassen müssen. Eine SOA-Middleware stellt dabei Mechanismen bereit, um die Grenzen einzelner Technologien und Administrationsdomänen zu überbrücken und zugleich die hohe Dynamik des Systems beherrschbar zu halten. Andererseits bietet das Konzept der flexiblen Komposition von Diensten auch die Möglichkeit, Kontextinformationen aus der Umgebung des Nutzers in Form von Diensten in das System einzuspeisen und verschiedenen Applikationen transparent zur Verfügung zu stellen. Gerade dieser Gedanke stellt den Übergang von einer Service-Orientierten Universität, wie sie im vorigen Abschnitt skizziert wurde, hin zur Pervasive University [TL09] dar: IT reagiert auf aktuelle Umgebungsbedingungen (Kontext) und passt ihr Verhalten pro-aktiv an die gegebenen Umstände und die vermuteten Absichten des Nutzers an.

Im Rahmen des geschilderten Szenarios der Teilnahme an einer Lehrveranstaltung ist es z. B. möglich, Vorlesungsaufzeichnungen auch auf mobile Geräte zu übertragen (etwa für den verspäteten Studenten auf dem Weg zur Vorlesung) und an die lokale Umgebung anzupassen (z. B. Regelung der Lautstärke in Abhängigkeit von Umgebungsgeräuschen, Unterbrechung der Wiedergabe während eines Telefonats, Abbruch der Übertragung bei Ankunft im Hörsaal). Dies erfordert aus technischer Perspektive folgende Erweiterungen des bereits beschriebenen Systems:

- Erfassung von Kontextinformationen in der Umgebung
(z. B. Identität des Nutzers, Terminplan, Position, Lautstärke)
und Bereitstellung als Dienst

- Entwicklung von Heuristiken zur Ermittlung der Nutzungsabsichten (d. h. Auswirkungen konkreter Kontextänderungen auf die Dienstnutzung) und Integration der Modelle in bestehende Anwendungsdienste
- Anpassung der Nutzungsschnittstelle an die Spezifika mobiler Geräte (d. h. kleine Displays mit eingeschränkter Interaktion)
- Anpassung des angebotenen Nutzungsumfangs auf dem mobilen Gerät (z. B. im Hörsaal nur Wiki und Forum dieser Veranstaltung)

Um die mobile, kontextabhängige Übertragung von Vorlesungen in einem derartigen Szenario zu realisieren, kann für einen einfachen Prototyp bereits auf die bestehende Nutzungsumgebung Stud.IP zurückgegriffen werden. Dafür wird das User Interface für das mobile Gerät zunächst auf wesentliche Elemente reduziert. Auf dieser Basis können dann kontextsensitiv ausgewählte Systembereiche zur Anzeige gebracht werden. Abbildung 6 zeigt ein Beispiel für diese Reduktion und Selektion.



Abbildung 6: Möglichkeiten zur Reduktion der Oberfläche von Stud.IP (links) für eine mobile, kontextbasierte Nutzung (rechts)

So lässt z. B. die Auswertung der aktuellen Zeit in Zusammenhang mit dem Terminplan des Nutzers auf die zu besuchende Vorlesung schließen; deren manuelle Auswahl im System entfällt. Wird zusätzlich auch die Position des Nutzers herangezogen, sind zwei Fälle zu unterscheiden. Befindet er sich außerhalb des Hörsaals, kann ihm ein Live-Stream aus dem Bereich „Medien“ dieser Vorlesung zur webbasierten Teilnahme an der Lehrveranstaltung angeboten werden. Befindet er sich dagegen bereits im Hörsaal, stehen kollaborative Dienste der Lernplattform (also Bereiche wie „Wiki“ oder „Forum“ im Mittelpunkt, und die restlichen Bereiche werden in den Hintergrund verlagert. Um

eine Bevormundung des Nutzers auszuschließen, muss allerdings jederzeit der explizite Zugriff auf alle Systemfunktionen, Bereiche und Lehrveranstaltungen möglich sein. Auch muss die Möglichkeit bestehen, die angebotenen Dienste komplett abzulehnen, etwa während eines Arztbesuchs. Hier ist für jeden Anwendungsfall kritisch zwischen pro-aktiven und on-demand Diensten abzuwägen, und es kommt der Qualität (Trefferquote und Lernfähigkeit) der Intuitionserkennung ein hohes Gewicht zu.

Die kontextbasierte Anpassung des Systemverhaltens erlaubt eine Unterstützung des Nutzers, die weit über bisherige Mechanismen der manuellen Auswahl oder Konfiguration von IT-Komponenten hinausgeht und eher als Assistenzsystem zu bezeichnen ist. Dies betrifft v. a. Anwendungsbereiche mit vielfältigen Aktivitäten und unbeständigen Umgebungsbedingungen, an der Hochschule also vorwiegend in Lehre und Forschung. Verwaltungsabläufe sind dagegen eher gleichförmig und werden hinsichtlich einer automatischen Kontextauswertung eher von einfachen Identitäts- und Positionsbestimmungen (etwa für Bücher in der Bibliothek, für bewegliche Einrichtungsgegenstände etc.) profitieren.

Bei der Interpretation von Kontextinformationen kann auf das Prozessmodell als Ausgangspunkt der Entwicklungen zurückgegriffen werden. Die Auswahl der vermuteten Absichten des Nutzers wird unterstützt, indem Charakteristika des Nutzungskontexts bestimmten Teilen des Prozessmodells zugeordnet werden. Die einzelnen Prozessschritte können wiederum mit passenden Systemkonfigurationen attribuiert werden, die nach Erkennung dieser Situation zur Anwendung kommen.

Für künftige Arbeiten am entwickelten Prototyp wäre ein komplettes Re-Design von Stud.IP auf feingranulare Services von Vorteil, die auch durch externe Umgebungen modular rekombiniert werden können. Dies ist sinnvoll, da es sich um eine Software von zentraler Bedeutung im Universitätsbetrieb und mit zahlreichen Verbindungen zu anderen Systemen handelt. Diese umfangreiche Aufgabe ist jedoch eher an den Anbieter der Software gerichtet. In diesem Zusammenhang könnten allerdings die in diesem Beitrag skizzierten SOA-Mechanismen integriert werden, um einer systematischen Kopplung der Präsenzlehre (als eigentlichem Einsatzbereich von Stud.IP) mit webgestützten Lernarrangements Rechnung zu tragen. Solche Lösungen werden im Zuge der Internationalisierung und der wachsenden Mobilität von Lehrenden und Studierenden künftig stark an Bedeutung gewinnen [LT07].

5. Evaluation des entwickelten Prototypen

Nach erfolgreichen Systemtests zu ausgewählten Veranstaltungen wird die dienstbasierte Infrastruktur zur Distribution von Vorlesungsaufzeichnungen derzeit einer ersten Evaluation unterzogen. Daran nehmen 25 Studenten aus den drei Lehrveranstaltungen „Service-Orientierte Architekturen“, „Lehr- und Lernsysteme“ und „Künstliche Intelligenz in Computerspielen“ im Sommersemester 2009 statt. Es handelt sich um Veranstaltungen aus wahlobligatorischen Vertiefungsrichtungen. Die Studenten stammen aus Master-, Diplom- und Promotionsstudiengängen der Bereiche Informatik und Pädagogik.

Die Evaluation hat einen dreigliedrigen Aufbau. Im ersten Schritt wurden die Aufzeichnungen in verschiedenen Formaten im Dateibereich des konventionellen Stud.IP verlinkt. In der zweiten Ausbaustufe werden z. Zt. die Aufzeichnungen der letzten Wochen als Service über die in diesem Beitrag vorgestellte Erweiterung von Stud.IP angeboten, was mit mehr Komfort bei der Auswahl des Datenformats und mit einem direkt in Stud.IP integrieren Player einhergeht. In der dritten Ausbaustufe sollen auch Live-Veranstaltungen übertragen werden; dies wird sowohl in Stud.IP als auch in Second Life möglich sein. In jedem Schritt werden die Studenten zu der jeweils neu angebotenen Lösung befragt; parallel werden die Nutzungshäufigkeiten im System erfasst. Zu Beginn der Evaluation wurden die Studenten über ihre Einstellungen zu verschiedenen Arten von Lehr-/Lernmaterial befragt. Die gleichen Fragen sollen zum Abschluss der Untersuchung wiederholt werden. Alle Umfragen sind anonym; einige Studenten sendeten außerdem ergänzende Kommentare, Bug-Listen usw. per Email.

Die *anfängliche Einstellung* zu Vorlesungsaufzeichnungen und Online-Veranstaltungen war gemischt und reichte von aufgeschlossen über vorsichtig bis skeptisch. Konventionelle Skripte und Folien wurden dagegen generell als gut bewertet. – Bereits in der *ersten Ausbaustufe* gab es positiveres Feedback zum Angebot der eLectures, obwohl die Integration in Stud.IP nur als mäßig bewertet wurde und oft technische Probleme auftraten. Besonders das Streaming wurde als sehr gut bewertet, während der Download in verschiedenen Formaten nur als mäßig bis gut bewertet wurde. In Kommentaren wurde hierfür v. a. ein Mehrwert bei der Prüfungsvorbereitung (mehrfaches Ansehen sowie Vor- und Zurückspringen ohne erneuten Server-Kontakt) attestiert, während Streaming für das regelmäßige Nacharbeiten von Vorlesungen als geeigneter angesehen wurde. – In der *zweiten Ausbaustufe* ergibt sich derzeit eine ausschließlich positive Bewertung des Systems. Die Nutzungshäufigkeiten steigen im Vergleich zur ersten Variante deutlich an. Die Studenten sendeten Kommentare wie: „Ich finde die Integration der Vorlesungsmitschnitte gelungen.“ „Ist echt eine prima Sache, obwohl ich immernoch der Meinung bin, dass das Videobild nicht notwendig ist, da man eh die Folien mitverfolgt. Aber ist vielleicht von Person zu Person anders.“ „Toll, dass sie überhaupt so etwas machen und über studip anbieten! So brauch man kein schlechtes Gewissen mehr haben, was verpasst zu haben, wenn man eine Vorlesung mal gefehlt hat. Weiter so!“ – Die *dritte Ausbaustufe* ist derzeit noch nicht aktiviert. Das vollständige Ergebnis der Evaluation sowie ausführliche Auswertungen werden zur Präsentation des Beitrags auf dem Workshop verfügbar sein. Im kommenden Wintersemester ist eine deutlich erweiterte Evaluation mit größeren Lehrveranstaltungen (einschließlich Grundstudium, Juniorstudium und industrieller Weiterbildung) vorgesehen.

6. Zusammenfassung und Ausblick

Der Beitrag zeigt, wie die Aktivitäten von Lernenden und Lehrenden im Rahmen der rechnergestützten Präsenzlehre und des Online-Lernens systematisch miteinander verzahnt werden können. Der Entwurf des Systems basiert auf einem Prozessmodell, das die Beteiligten und ihre Aktivitäten widerspiegelt und so die Identifikation von grundlegenden Diensten erlaubt. Durch die Aufzeichnung und Bereitstellung von sog.

eLectures als Dienst können Studierende über prinzipiell beliebige Nutzungsumgebungen (z. B. die Lernplattform Stud.IP oder die virtuelle 3D-Welt Second Life) per Internet an Lehrveranstaltungen teilnehmen. Die vorgestellte Realisierung des Prototypen schließt einen Dienst zur Nachrichtenübertragung über heterogene Plattformen hinweg (z. B. Mobiltelefone in der Präsenzveranstaltung einerseits und Second Life andererseits) mit ein, der für Diskussionen der Teilnehmer genutzt werden kann. Eine Erweiterung dieses dienstorientierten Ansatzes um Kontextdienste ermöglicht zudem den Einsatz von mobilen Geräten und eine pro-aktive, kontextsensitive Anpassung des Systemverhaltens und der Nutzungsschnittstelle an die aktuellen Bedingungen. Auf diese Weise schildert der Beitrag sowohl einen Prototyp als auch einen grundsätzlichen, methodischen Ansatz zur Realisierung einer Pervasive University auf Basis einer Service-Oriented University.

Aktuelle Arbeiten umfassen eine Erweiterung des Systems um verschiedene Mechanismen zur Gewinnung von Kontext sowie zu dessen Interpretation in den Anwendungsdiensten. Darüber hinaus ist eine Ausdehnung auf andere Räumlichkeiten vorgesehen, u. a. auch mittels einer mobilen Dozentenausstattung zur Vorlesungsaufzeichnung und -übertragung. Zudem sollen weitere Nutzungsumgebungen gestaltet werden. Hier ordnet sich auch die geplante Fortsetzung der Evaluation in einem umfangreicheren Szenario ein. In diesen Zusammenhang sollen neben Aussagen zur Akzeptanz beim Nutzer und zum erzielbaren Mehrwert für verschiedene Zielgruppen auch Daten zur technischen Bewertung des Systems erfasst werden, etwa hinsichtlich der Fehleranfälligkeit und Skalierbarkeit (bzgl. Zahl der abstrakten Diensttypen, Zahl der konkreten Dienste, Zahl der Endgeräte).

Auf Basis des Prozessmodells soll das System sukzessive um weitere Dienste aus dem universitären Alltag (SOA-Anpassungen vorhandener Systeme sowie eigene/fremde SOA-Entwicklungen) ergänzt werden. So kann die IT-Infrastruktur einer Hochschule schrittweise auf Service-Orientierung umgestellt und damit auf die anstehenden Herausforderungen vorbereitet werden. Das zugrunde gelegte Prozessmodell ist dabei eine wertvolle Basis für die Interoperabilität bzw. Kooperation verschiedener Bereiche innerhalb der Hochschule oder auch darüber hinaus. Die gezielte Ergänzung um mobile und den Nutzer unterstützende Angebote kann zudem helfen, sich auf dem Bildungsmarkt günstiger zu positionieren.

Für einen breiten Einsatz in der Praxis sind ferner einige kritische Aspekte der Pervasive University zu hinterfragen. So ist z. B. die ungewollte Preisgabe sensibler Daten durch Kontextdienste zu verhindern. Hier sind weitere Forschungsarbeiten nötig, auch unter Einbezug der Sozial- und Rechtswissenschaften.

Literatur

[AKR09] M. Amelung, K. Krieger, D. Rösner: „Eine Service-orientierte Architektur für flexibles E-Assessment“, erscheint in Proc. Die 7. e-Learning Fachtagung Informatik (DeLFI 2009), Bonn : Köllen Verlag, September 2009.

- [Bie05] N. Bieberstein, S. Bose, M. Fiammante, K. Jones, R. Shah: „Service-Oriented Architecture (SOA) Compass: Business Value, Planning, and Enterprise Roadmap“, IBM Press, November 2005.
- [dat09] data-quest GmbH: “Stud.IP Portalseite”.
<http://www.studip.de/> (Stand Juli 2009)
- [Edu06] Eduventures: „Service-Oriented Architecture and Web Services: The Next Big Thing in University Enterprise Computing“, White Paper, Februar 2006.
<http://www.oracle.com/industries/education/eduventures-service-oriented-architecture-and-web-services.pdf>
- [Erl08] T. Erl: „SOA: Entwurfsprinzipien für service-orientierte Architektur“, München : Addison-Wesley, März 2008.
- [Fre07] P. Freudenstein, F. Majer, A. Maurer, D. Ried, W. Juling: „Wiederverwendungsorientierte Dienste für Universitäten“, in Proc. 2. Workshop Pervasive University im Rahmen der 37. GI Jahrestagung, LNI P-109, Bonn : Köllen Verlag: September 2007.
- [Geb09] M. Gebhart, P. Hoyer, S. Link, A. Maurer, W. Juling: „Verwaltung von Modulhandbüchern an Hochschulen“, erscheint in Proc. 3. Workshop Pervasive University im Rahmen der 39. GI Jahrestagung, Bonn : Köllen Verlag: September 2009.
- [Gra08] S. Graf, I. Gergintchev, S. Pätzold, S. Rathmayer: „eLearning als Teil einer serviceorientierten Hochschulinfrastruktur“, in Proc. Die 6. e-Learning Fachtagung Informatik (DeLFI), LNI P-132, Bonn : Köllen Verlag, September 2008.
- [HIS09a] HIS Hochschul-Informationen-System GmbH: „HISinOne“.
<http://www.hisinone.de/> (Stand Juli 2009)
- [HIS09b] HIS Hochschul-Informationen-System GmbH: „Hochschul-IT“
<http://www.his.de/abt1/> (Stand Juli 2009)
- [HJ09] C. Hermann, A. Janzen: „Electures-Wiki – Aktive Nutzung von Vorlesungsaufzeichnungen“, erscheint in Proc. Die 7. e-Learning Fachtagung Informatik (DeLFI 2009), Bonn : Köllen Verlag, September 2009.
- [imc09] imc information multimedia communication AG: „Rapid Authoring mit Lecturnity“.
<http://www.lecturnity.de/> (Stand Juli 2009)
- [JE07] D. Jordan, J. Evedmon (Hrsg.): “Web Services Business Process Execution Language Version 2.0”, OASIS Standard, April 2007.
<http://docs.oasis-open.org/wsbpel/2.0/wsbpel-v2.0.pdf>
- [JDT05] I. Jørstad, S. Dustdar, D. V. Thanh: „A Service Oriented Architecture Framework for Collaborative Services“, in Proc. 14th IEEE International Workshop on Enabling Technologies: Infrastructure for Collaborative Enterprise, Juni 2005.
- [KKS06] S. Kalasapur, M. Kumar, B. Shirazi: “Evaluating Service Oriented Architectures (SOA) in Pervasive Computing”, in Proc. 4th IEEE Int. Conference on Pervasive Computing and Communications (PerCom 2006), IEEE Press, März 2006.
- [Leh08] P. Lehsten, A. Thiele, R. Zilz, E. Dressler, R. Zender, U. Lucke, D. Tavangarian: „Dienste-basierte Kopplung von virtueller und Präsenzlehre“, in Proc. Die 6. e-Learning Fachtagung Informatik (DeLFI 2008), LNI P-132, Bonn : Köllen Verlag, September 2008.
- [Lin09] Linden Research, Inc.: „Virtual worlds, avatars, 3D chat, online meetings – Second Life Official Site“.
<http://www.secondlife.com/> (Stand Juli 2009)
- [LM06] S.Laske, C. Meister-Scheytt: „Gestalt und Gestaltung der zukunftsfähigen Universität – Potenziale der Universitätsentwicklung unter den Bedingungen gegenwärtiger Reformen“, Hochschulmanagement, 02/01, S. 34-41, 2006.
- [LT07] U. Lucke, D. Tavangarian: „Aktueller Stand und Perspektiven der eLearning-Infrastruktur an deutschen Hochschulen“, in Proc. Die 5. e-Learning Fachtagung Informatik (DeLFI 2007), LNI P-111, Bonn : Köllen Verlag, September 2007.

- [LT09] U. Lucke, D. Tavangarian: „Lecture as a Service: Dienstbasierte Distribution von Vorlesungsaufzeichnungen“, erscheint in Proc. Workshop eLectures 2009 – Anwendungen, Erfahrungen und Forschungsperspektiven im Rahmen Der 7. e-Learning Fachtagung Informatik (DeLFI 2009), Berlin : Logos Verlag, September 2009.
- [Mel08] I. Melzer: „Service-orientierte Architekturen mit Web Services: Konzepte - Standards - Praxis“, 3. Auflage, Spektrum Akademischer Verlag, Oktober 2008.
- [Mer05] R. Mertens, A. Knaden, T. Thelen, O. Vornberger: „Perspektiven der Kopplung von LMS und Vorlesungsaufzeichnungssystemen“, i-com, 3/4, Nr. 3, S. 52-55, München : Oldenbourg, 2005.
- [Oes04] B. Oestereich: „Objektorientierte Softwareentwicklung. Analyse und Design mit UML 2.0“, 7. aktualisierte. Auflage, München : Oldenbourg, Dezember 2004.
- [PS08] P. Pasatcha, K. Sunat: „The Educational System Support Services Based on the Service Oriented Architecture“, in Proc. International Symposium on Communications and Information Technology, Oktober 2008.
- [Sch04] M. Schmid; J. Stynes; R. Kröger: „A Distributed Architecture for Learning Management Systems Supporting Institutional Collaboration“,in Proc. Educational Multimedia, Hypermedia and Telecommunications (Ed-Media 2004), AACE, Juni 2004.
- [Sch07] I. Schönwald: „Change Management in Hochschulen“, Eul Verlag, April 2007.
- [Sch08] C. Schönfeldt, A. Thomanek, W. Schwelgengräber, M. Donick, U. Lucke, D. Tavangarian: „Mediengestütztes Juniorstudium“,in Workshop Proc. Mensch & Computer, DeLFI und Cognitive Design, Berlin : Logos Verlag, September 2008.
- [SHH09] F. Schell, T. Höllrigl, H. Hartenstein: „Federated Identity Management as a Basis for Integrated Information Management“, it - Information Technology, Vol. 51, No. 1, S. 14-23, München : Oldenbourg, Januar 2009.
- [TL09] D. Tavangarian, U. Lucke: „Pervasive University – a Technical Perspective“, it - Information Technology, Vol. 51, Nr. 1, S. 6-13, München : Oldenbourg, Januar 2009.
- [TM07] G. Turban, M. Mühlhäuser: „A framework for the development of educational presentation systems and its application“, in Proc. International Workshop on Educational Multimedia and Multimedia Education (EMME 2007), S. 115-118, New York : ACM, September 2007.
- [Urb06] S. Urbanski, M. Handte, G. Schiele, K. Rothermel: „Experience using Processes for Pervasive Applications“, in Proc. Workshop Pervasive University im Rahmen der 36. GI Jahrestagung, LNI P-93, Bonn : Köllen Verlag : September 2007.
- [Whi09] S. A. White: “Business Process Modeling Notation (BPMN), Version 1.2”, Object Management Group Spezifikation, Januar 2009.
<http://www.omg.org/spec/BPMN/1.2>
- [Zen09] R. Zender, E. Dressler, U. Lucke, D. Tavangarian: “Pervasive Media and Messaging Services for Immersive Learning Experiences”, in Proc. 7th IEEE Int. Conference on Pervasive Computing and Communication (PerCom 2009) Workshops, März 2009.
- [Zha08] C. Zhang, Y. Rui, J. Crawford, L. He: „An automated end-to-end lecture capture and broadcasting system“, ACM Transactions on Multimedia Computing, Communications, and Applications, Vol. 4, Iss. 1, New York : ACM, Januar 2008.
- [ZMN05] F. Zhu, M. W. Mutka, L. M. Ni: „Service Discovery in Pervasive Computing Environments“, IEEE Pervasive Computing 04/04, S. 81-90, Oktober 2005.

Danksagung

Für die Unterstützung bei der Realisierung der in diesem Beitrag beschriebenen Ideen und Mechanismen gebührt dem Promovenden Raphael Zender sowie den Diplomanden Martin Gläser und Philipp Lehsten unser aufrichtiger Dank. Die Arbeiten werden z. T. im Rahmen des von der DFG geförderten Graduiertenkollegs MuSAMA durchgeführt.