

September 2003

# Workflow-gestütztes Lernobjekt-Management

Markus Grüne

*Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main*

Kirsten Keferstein

*Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main*

Kirsten Lenz

*Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main*

Andreas Oberweis

*Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main, oberweis@wiwi.uni-frankfurt.de*

Marco von Mevius

*Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main*

*See next page for additional authors*

Follow this and additional works at: <http://aisel.aisnet.org/wi2003>

---

## Recommended Citation

Grüne, Markus; Keferstein, Kirsten; Lenz, Kirsten; Oberweis, Andreas; von Mevius, Marco; and Vossen, Gottfried, "Workflow-gestütztes Lernobjekt-Management" (2003). *Wirtschaftsinformatik Proceedings 2003*. 42.

<http://aisel.aisnet.org/wi2003/42>

This material is brought to you by the Wirtschaftsinformatik at AIS Electronic Library (AISeL). It has been accepted for inclusion in Wirtschaftsinformatik Proceedings 2003 by an authorized administrator of AIS Electronic Library (AISeL). For more information, please contact [elibrary@aisnet.org](mailto:elibrary@aisnet.org).

---

**Authors**

Markus Grüne, Kirsten Keferstein, Kirsten Lenz, Andreas Oberweis, Marco von Mevius, and Gottfried Vossen

In: Uhr, Wolfgang, Esswein, Werner & Schoop, Eric (Hg.) 2003. *Wirtschaftsinformatik 2003: Medien - Märkte - Mobilität*, 2 Bde. Heidelberg: Physica-Verlag

ISBN: 3-7908-0111-9 (Band 1)

ISBN: 3-7908-0116-X (Band 2)

© Physica-Verlag Heidelberg 2003

# Workflow-gestütztes Lernobjekt-Management

**Markus Grüne, Kirsten Keferstein, Kirsten Lenz,  
Andreas Oberweis, Marco von Mevius**

Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main

**Gottfried Vossen**

Westfälische Wilhelms-Universität Münster

*Zusammenfassung: Ein Problem bestehender Lernobjekt-Managementsysteme ist die fehlende oder unzureichende Unterstützung der im E-Learning auftretenden Prozesse, d.h. Lehr-, Lern- und Administrationsprozesse. Die inhaltsorientierte Sichtweise von E-Learning wird daher um eine prozessorientierte Sichtweise des Lernobjekt-Managements ergänzt. Durch die Verwendung von XML-Netzen, einer neuen Variante höherer Petri-Netze, welche die integrierte Darstellung der Prozesse des Lernobjekt-Managements und komplexer Lernobjekte erlaubt, wird die Erweiterung einer E-Learning-Plattform um ein Workflow-Managementsystem möglich. Nutzen aus der prozessorientierten Sichtweise kann insbesondere bei der Ablaufunterstützung und der Erfolgskontrolle gezogen werden. Durch die Modellierung von Prozessschemata können die Prozesse des Lernobjekt-Managements auch zwischen den Prozessbeteiligten, z.B. Lehrenden, Lernenden oder Administratoren, kommuniziert werden.*

*Schlüsselworte: Virtual Global University, Lernobjekt-Management, Prozessmodellierung, XML, Petri-Netze, E-Learning-Plattform*

## 1 Einleitung

Workflow-gestütztes Lernobjekt-Management erweitert bisherige Ansätze und Produkte im E-Learning um die Betrachtung von Prozessen [Vos<sup>+</sup>02]. Lernobjekt-Managementsysteme bieten im Wesentlichen aufgabenorientierte Werkzeuge zur Erstellung und Verwaltung von Lernobjekten, z.B. Kursinhalten, und zur technischen und organisatorischen Administration der Lernplattform [Lin<sup>+</sup>01]. Ablaufdefinitionen, die z.B. Tutoren Unterstützung bei der Durchführung eines Kurses bieten oder Lernenden bei der Erreichung des Kursziels helfen können, fehlen weitgehend.

Zur aktiven Unterstützung der Prozesse im Lernobjekt-Management werden unterschiedliche Software-Systeme benötigt. Dabei übernimmt das Workflow-Management

mentssystem die Rolle einer Integrationsschnittstelle zwischen den einzelnen Werkzeugen der E-Learning-Plattform und des Lernobjekt-Managementsystems mit externen Anwendungen. Durch die Modellierung der Prozesse des Lernobjekt-Managements können die unterschiedlichen Abläufe für Prozessbeteiligte (Lehrende und Lernende) und Außenstehende transparent gemacht werden. Dies ermöglicht einerseits bei Bedarf eine systematische Umgestaltung und Verbesserung der Prozesse und andererseits die Unterstützung der Prozesse durch ein Workflow-Managementsystem.

Für die Modellierung der Prozesse des Lernobjekt-Managements können Petri-Netze [ReRo98], eine graphische Beschreibungssprache für Abläufe, verwendet werden. Aufgrund ihrer formalen Semantik können Petri-Netze simuliert (d.h. Prozesse des Lernobjekt-Managements mit vorgegebenen Ressourcen „durchgespielt“) und methodisch analysiert werden (d.h. beispielsweise kann getestet werden, ob ein Lernprozess nach Bearbeitung aller Lerneinheiten endet oder bereits vorher abbricht). Darüber hinaus können die Prozessschemata interpretiert und somit zur Ablaufunterstützung eingesetzt werden [DeOb96]. Durch die Verwendung von so genannten Fakttransitionen [GeLa78] in den Prozessschemata wird eine Überprüfung von Kennzahlen [Sieg90] zur Erfolgskontrolle in den jeweiligen Prozessen möglich.

Der Beitrag ist wie folgt gegliedert: In Abschnitt 2 werden Lernobjekt-Managementsysteme aus einer prozessorientierten Sichtweise betrachtet und der Begriff des Lernobjekts vorgestellt. Der dritte Abschnitt schildert die Erfahrungen und Ergebnisse, die bei der Erstellung eines Online-Kurses im Rahmen einer Lehrveranstaltungen an der Virtual Global University ([www.vg-u.de](http://www.vg-u.de)) mit der E-Learning-Plattform WebCT gewonnen werden konnten. Anschließend werden XML-Netze, eine neue Variante höherer Petri-Netze, für die Modellierung von Prozessen des Lernobjekt-Managements vorgeschlagen. Im vierten Abschnitt wird die Architektur für ein Workflow-gestütztes Lernobjekt-Managementsystem skizziert. Abschnitt 5 geht auf die Nutzenpotenziale von Kennzahlen zur Erfolgskontrolle im E-Learning ein. Der Beitrag schließt mit einer Zusammenfassung und einem kurzen Ausblick auf offene Fragestellungen und zukünftige Entwicklungen.

## 2 Lernobjekt-Managementsysteme

Ein Problem aktueller E-Learning-Plattformen wie beispielsweise WebCT ([www.webct.com](http://www.webct.com)), Blackboard ([www.blackboard.com](http://www.blackboard.com)) oder Lotus Learning Space ([www.lotus.com/home.nsf/welcome/learnspace](http://www.lotus.com/home.nsf/welcome/learnspace)) besteht in der unzureichenden Unterstützung von Prozessen des Lernobjekt-Managements. Die E-Learning-Plattformen umfassen im Allgemeinen folgende Funktionsbereiche:

**Autorensysteme:** Mit Autorensystemen können multimediale und interaktive Komponenten wie Texte, Grafiken, Animationen, Audio- und Videofiles erstellt werden. Autorensysteme sind beispielsweise HTML-Editoren, Textverarbeitungssysteme oder Software für die Erstellung von Präsentationen.

**Lernmanagementsysteme:** Lernmanagementsysteme umfassen Werkzeuge zur Bildung komplexer Lernobjekte (beispielsweise der Zusammenfassung „elementarer“ Lerneinheiten zu Kursen), zur Unterstützung administrativer Aufgaben wie z.B. der Verwaltung von Informationen über Lernende und so genannte Tutorenwerkzeuge zur Betreuung von Lernenden. Außerdem können die Lernprozesse im Hinblick auf den Lernfortschritt der Lernenden überwacht werden.

**Kommunikations- und Kollaborationsdienste:** Die E-Learning-Plattform stellt zeitlich asynchrone Kommunikationswerkzeuge wie E-Mail, Diskussionsforen und Schwarze Bretter zur Verfügung. Daneben werden auch zeitlich synchrone Werkzeuge wie Chat, Audio-/Videokonferenz oder Application-Sharing angeboten. Kooperative Lernformen werden durch Mechanismen für den Austausch und die Verwaltung von Dokumenten in Arbeitsgruppen unterstützt.

**Lernsysteme:** Lernsysteme unterstützen die individuellen Lernprozesse der Lernenden. Lernende können unter anderem personalisierte Lernobjekte zusammenstellen, Annotationen an Lernobjekten anbringen oder To Do-Listen erstellen.

Lernobjekte bilden das zentrale Element im Lernobjekt-Management und stellen Input oder Output von Aktivitäten in E-Learning-Prozessen dar. Die Entwicklung von Lernobjekten und die Auswahl der dazu benötigten Werkzeuge kann durch die Verwendung von Vorgehensmodellen unterstützt werden [K1St01]. Elementare Lernobjekte, z.B. eine Übungsaufgabe, repräsentieren kleine semantische Einheiten im Lernobjekt-Management. Sie können zu komplexen Lernobjekten, z.B. Übungsblättern oder ganzen Kursen, zusammengesetzt werden. Zur Unterstützung der Wiederverwendung können Lernobjekte durch Metadaten beschrieben werden. Die einheitliche Formulierung von Lernobjekt-Metadaten wird durch internationale Standardisierungsinitiativen, beispielsweise die Dublin Core Metadata Initiative ([dublincore.org](http://dublincore.org)), vorangetrieben.

Im Lernobjekt-Management können drei Klassen von Prozessen unterschieden werden: Lehr-, Lern- und Administrationsprozesse. Zu den Lehrprozessen zählen sowohl Lernobjektentwurf und -erstellung (Autorenprozess) als auch die Anleitung der Lernenden. Lernprozesse beinhalten neben dem eigentlichen Lernen auch den Informationsaustausch mit Lehrenden und anderen Lernenden. Administrationsprozesse gliedern sich in technische und organisatorische Prozesse: Technische Prozesse betreffen die Administration des Softwaresystems (z.B. Installations- und Wartungsarbeiten), organisatorische die Verwaltung von Lernobjekten, Lernenden oder die Zeitplanung. Autorenprozesse und Administrationsprozesse sind oftmals vordefiniert, d.h. die Aktivitäten und ihre Reihenfolge werden im Voraus festgelegt. Eine Abweichung vom vorgegebenen Ablauf kann in Ausnahmesituationen durch ein Exception Handling vorgenommen werden. Lehr- und Lernprozesse

sind selten fest vorgegeben, sondern hängen von den Präferenzen der Lehrenden und Lernenden ab.

### **3 E-Learning am Beispiel der Virtual Global University**

Der Lehrstuhl für Entwicklung betrieblicher Informationssysteme der J. W. Goethe-Universität Frankfurt/Main ([lwi2.wiwi.uni-frankfurt.de](http://lwi2.wiwi.uni-frankfurt.de)) bietet einen Kurs im Software Engineering Management im Rahmen eines (englischsprachigen) Studiengangs zum Master of Business Informatics an der Virtual Global University – School of Business Informatics (VGU, [www.vg-u.de](http://www.vg-u.de)) an. Die VGU ist eine virtuelle Universität, bei der sämtliche Kurse online stattfinden. Die Inhalte der Kurse werden durch Hochschullehrer, die an europäischen Universitäten unterrichten, bereitgestellt. Die Abwicklung des im Wintersemester 2002/2003 seitens des Lehrstuhls an der VGU angebotenen Kurses im Software Engineering Management wurde durch die E-Learning-Plattform WebCT unterstützt. Im Folgenden sollen die identifizierten Defizite und Potenziale der Verwendung einer kommerziell verfügbaren E-Learning-Plattformen am Beispiel von WebCT aufgezeigt werden. Der im Wintersemester 2002/2003 gehaltene Kurs im Software Engineering Management soll hierzu als konkretes Beispiel dienen.

#### **3.1 WebCT als E-Learning-Plattform**

WebCT ist eine E-Learning-Plattform zur Erstellung und Abwicklung von Online-Kursen. Die Software besteht aus aufgabenbezogenen Modulen und bildet im Wesentlichen die Funktionalität der in Abschnitt 2 skizzierten Lernmanagementsysteme ab. WebCT umfasst Module, die die Kommunikation zwischen Lernenden und Lehrenden unterstützen (Email, Discussion Board und Chat) sowie Möglichkeiten zur Durchführung von Online-Tests. Die Inhalte virtueller Kurse können in WebCT selbst oder mit externen Anwendungen, z.B. HTML-Editoren, generiert werden. Da die Funktionalität der WebCT-eigenen Autorenwerkzeuge beschränkt ist (z.B. keine Unterstützung multimedialer und interaktiver Komponenten), wurden die Kursinhalte mit externen Anwendungen erstellt. Die E-Learning-Plattform WebCT wurde genutzt, um die erstellten Inhalte zu einem Kurs zusammenzufügen und organisatorische Rahmendaten zum Kurs bekannt zu geben (z.B. Ankündigung der Vorlesungstermine und Ziele des Kurses). Auch die Kommunikation mit den Lernenden erfolgte über das WebCT-eigene Mail-Modul und Discussion Board. Über die Hauptseite des Kurses gelangen Lehrende und Lernende zu den Kursinhalten. Der Hyperlink „Schedule/Modules“ ermöglicht den Studierenden den Zugang zu Lektionen (Lessons) des Kurses.

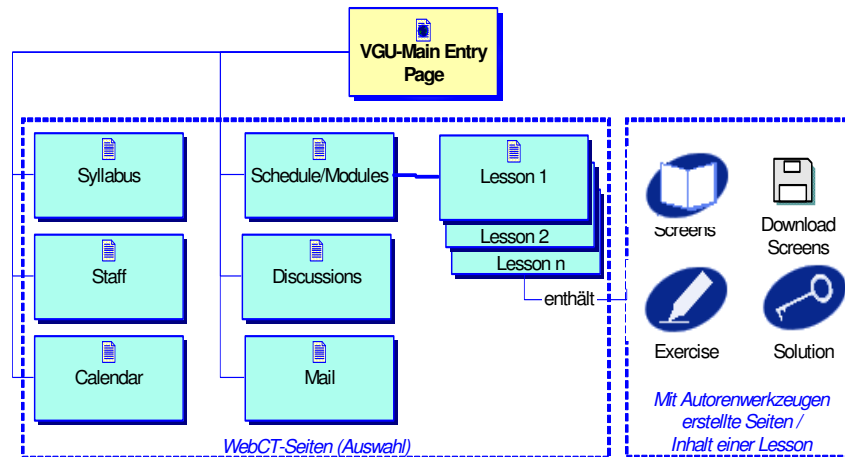


Abbildung 1: Aufbau des Kurses Software Engineering Management an der VGU

Abbildung 1 gibt einen Überblick über die Seitenstruktur und zeigt, welche Module von WebCT genutzt wurden. Neben Informationsseiten, die sich während des Kursverlaufs nicht mehr ändern (z.B. Syllabus und Staff), wurden in den Lessons des Kurses Seiten erstellt, die die Foliensätze (Screens), Übungen (Exercises) und Lösungen zu den Übungen (Solutions) umfassen. Diese Seiten enthalten eine Vielzahl von Grafiken und sind regelmäßigen Änderungen unterworfen, so dass die Erstellung mit externen Applikationen erfolgte.

### 3.2 Beurteilung der Verwendung von WebCT

Die Verwendung einer E-Learning-Plattform wie WebCT bietet bei der Erstellung von Kursen im Rahmen der VGU sowohl Vor- als auch Nachteile. Durch das in der E-Learning-Plattform vorgegebene Design wird gewährleistet, dass das Layout aller Kurse der VGU –zumindest auf den Einstiegsseiten– einheitlich ist. Eine Anpassung des Layouts der Kursinhalte (Folien, Filme etc.), sofern diese mit externen Anwendungen erstellt werden, muss durch die Lehrenden selbstständig erfolgen. Durch den Einsatz einer E-Learning-Plattform kann der Erstellungsaufwand eines Kurses durch Wiederverwendung bestehender Lernobjekte reduziert werden. Zur Wiederverwendung vergangener Kurse wäre eine Unterstützung von Administrationsprozessen in WebCT, mit deren Hilfe Änderungen an Lernobjekten durchgeführt werden können, wünschenswert. Bei Festlegung eines neuen Termins für eine Lesson könnte so beispielsweise die Terminänderung auch in der Terminliste eines Kurses (Schedule) und in den Kalendern der Studierenden durchgeführt werden. Die Archivierung von Kursen durch Erstellung von Sicherungskopien ist in WebCT möglich. Kopien vergangener Kurse können neuen Lehrkräften der VGU zur Verfügung gestellt werden, um diesen den Einstieg bei



der Erstellung von Kursinhalten zu erleichtern und Kursstrukturen vorzugeben. Die mit dem Kurs verbundenen Metadaten, die die Kursstruktur beschreiben, sind jedoch nicht für die Ersteller eines Kurses einsehbar, so dass die Struktur eines Kurses nur intuitiv erschlossen werden kann. Die Verwaltung von Mails in einem WebCT-eigenen Werkzeug erleichtert die Kontrolle von Eingangsterminen, z.B. für Lösungen zu Übungsaufgaben. Außerdem können in WebCT Nutzerdaten verwaltet und ausgehend von diesen spezifische Zugangsberechtigungen zu den Inhalten eines Kurses eingerichtet und überwacht werden. Sämtliche Funktionen von WebCT sind über einen Browser zugänglich. Die dezentrale Erstellung von Kursinhalten und die Verwaltung von Kursen sowie der Studierenden kann an jedem Arbeitsplatz mit Internetzugang durchgeführt werden. Die Beschreibung von Lernobjekten mittels Metadaten und das Zusammenfügen von elementaren Lernobjekten zu komplexen Lernobjekten (z.B. mehrere Aufgaben zu einem Übungsblatt), wird durch WebCT nur auf höherer Aggregationsstufe bei der Zusammensetzung eines Kurses aus einzelnen Lessons unterstützt. Ein Lernobjekt-Management ist daher mit WebCT nur bedingt möglich.

Ein wesentliches Defizit von WebCT liegt in der fehlenden Unterstützung von Workflows für Lernende, Lehrende und Administratoren. Eine Anbindung des Lernmanagementsystem über Schnittstellen an Workflowmanagement-Systeme ist zwar prinzipiell möglich, aber mit einem erheblichem Mehraufwand verbunden. Eine Unterstützung durch ein Workflowmanagement-System würde z.B. den in Abschnitt 4 dargestellten Arbeitsablauf zur Korrektur und Benotung von Übungsaufgaben im Rahmen der VGU-Kurse erleichtern.

#### **4 Integrierte Modellierung von Lernobjekten und Prozessen des Lernobjekt-Managements**

Die Ergänzung einer inhaltsorientierten Sichtweise von E-Learning um eine prozessorientierte Sichtweise ermöglicht den Einsatz von Workflow-Managementsystemen zur Unterstützung von E-Learning-Prozessen: insbesondere Lehrprozesse, aber auch Administrations- und Lernprozesse, die sich für den Lernenden durch die Anpassung des Systems und dessen Nutzung nach seinen eigenen Bedürfnissen ergeben, können als Workflows interpretiert und durch ein Workflow-Managementsystem ausgeführt werden [Vos<sup>+</sup>02]. So ist es beispielsweise möglich, Aktivitäten sofort bei Vorliegen aller Voraussetzungen automatisiert ausführen zu lassen oder durchzuführende Aufgaben anzustoßen und deren Erfüllung durch das Workflow-Managementsystem zu überwachen. Ebenso wichtig wie eine Ausführungsunterstützung der Prozesse (und dafür unerlässlich) ist zunächst eine Modellierung der Prozesse. Ziel der Modellierung ist die formale Darstellung der realen Prozesse in einer für den Anwender verständlichen, aber –im Gegensatz zur natürlichsprachlichen Beschreibung– unmissverständlichen und präzisen Notation.

Die formalen Prozessbeschreibungen bilden auch die Basis für eine systematische Analyse und Simulation der Prozesse. Fragen wie „Ist es für einen Studierenden einer virtuellen Hochschule möglich, innerhalb der vorgegebenen Zeit alle geforderten Lehreinheiten zu absolvieren?“ oder „Gibt es zu der vorgegebenen Reihenfolge der Kurse bzw. Kursmodule alternative Reihenfolgen, welche die Abprüfung der Kursinhalte erleichtern?“ können dadurch beantwortet werden.

#### 4.1 Petri-Netze

Petri-Netze [ReRo98] sind eine Beschreibungssprache für Abläufe, welche die Vorteile einer graphischen Darstellung und einer formalen Semantik vereint. Für eine Menge konkreter Abläufe können Ablaufschemata durch Petri-Netze in einer für den Anwender verständlichen Form dargestellt werden [DeOb96]. Petri-Netze setzen sich aus statischen Komponenten, den Stellen, dargestellt durch Kreise, und dynamischen Komponenten, den Transitionen, dargestellt durch Rechtecke, zusammen. Statische und dynamische Komponenten können durch gerichtete Kanten miteinander verbunden werden. Abbildung 2 zeigt ein einfaches Petri-Netz in einer informalen Darstellungsweise für einen Ausschnitt aus einem Prozess des Lernobjekt-Managements, der sowohl Teile des Lehr- als auch des Lernprozesses enthält. Die Aktivitäten werden durch entsprechende Symbole dargestellt, der Input und Output der Aktivitäten als Dokumente. Zusammen mit einem Übungsblatt erstellt ein Autor eine zu dem Übungsblatt gehörige Musterlösung. Das Übungsblatt wird vom Lernenden bearbeitet. Der Lösungsvorschlag wird daraufhin von einem Tutor mit Hilfe der Musterlösung korrigiert. Das korrigierte Übungsblatt kann, falls die Lösung unzureichend oder fehlerhaft ist, an den Lernenden zur erneuten Bearbeitung zurückgegeben werden.

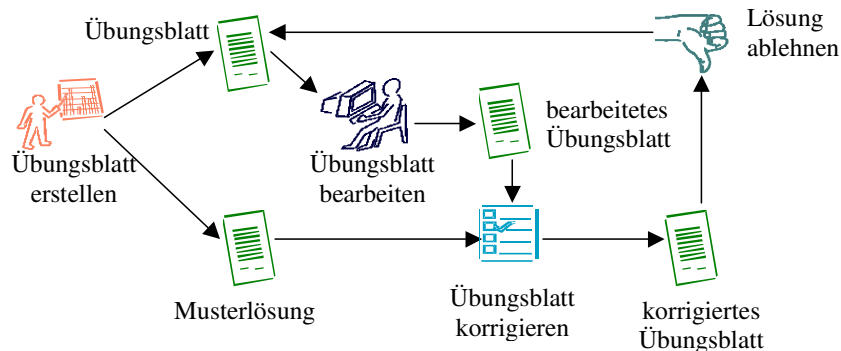


Abbildung 2: Petri-Netz zur Beschreibung des Bearbeitungsprozesses für Übungsblätter

Durch die unterschiedliche Interpretation der statischen und dynamischen Komponenten sind verschiedene Petri-Netz-Typen entstanden. Höhere Petri-Netz-

Typen [JeRo91] basieren auf der Interpretation der Stellen als Behälter für Mengen unterscheidbarer Objekte, beispielsweise ablaufrelevanter Daten. Prädikate/Transitionen-Netze [Genr86], bei denen die ablaufrelevanten Daten als Relationen einer Datenbank interpretiert werden können, haben sich bereits bei dem Entwurf von Informationssystemen bewährt. Sie sind jedoch für die Beschreibung von Prozessen des Lernobjekt-Managements nur bedingt geeignet.

## 4.2 XML-Netze

Lehr- und Lernprozesse, aber auch Administrationsprozesse sind dadurch gekennzeichnet, dass sie neben ablaufrelevanten Daten (z.B. Benutzerpasswörtern, Testergebnissen oder Kursanmeldungen) vornehmlich auf der Bereitstellung und dem Austausch komplexer Objekte, den Lernobjekten, wie beispielsweise Kursunterlagen oder Lösungen von Übungsaufgaben und Tests, basieren. Diese Objekte können mit Hilfe der Extensible Markup Language (XML) [W3C00] einheitlich dargestellt und somit auf elektronischem Wege plattformübergreifend ausgetauscht werden. Auch Metadaten zur Beschreibung der Lernobjekte, Autoren etc. können als XML-Dokumente dargestellt und verwaltet werden. Darüber hinaus existieren Vorschläge, Beziehungen und Interaktionen zwischen den Prozessbeteiligten und Lernobjekten mit Hilfe der Educational Markup Language (EML, eml.ou.nl) ebenfalls als XML-Dokumente darzustellen [Luc<sup>+</sup>02]. Mit Hilfe so genannter Auszeichnungsmarken können die Inhalte der XML-Dokumente so strukturiert werden, dass eine Verarbeitung der Dokumente auf elektronischem Wege erleichtert wird. Beispielsweise ermöglicht die Darstellung von Lernobjekten als XML-Dokumente die Definition unterschiedlicher Sichten für Lehrende und Lernende auf die Lernobjekte, aber auch die personalisierte Darstellung der Dokumente je nach Bedürfnis, Wissensstand oder Lernfortschritt des Lernenden.

Zur integrierten Modellierung von Prozessen des Lernobjekt-Managements und den prozessrelevanten Dokumenten wird eine neue Variante höherer Petri-Netze, die so genannten XML-Netze [Lenz02, LeOb03], eingesetzt. Diese Netzvariante ist aus den so genannten SGML-Netzen [Weit98] hervorgegangen. In XML-Netzen können Schemata für die Struktur der prozessrelevanten Dokumente und Wertebereiche für deren Inhalt durch eine formale graphische Beschreibungssprache vorgegeben werden. Die Stellen des XML-Netzes können somit als Behälter für eine Menge von zum entsprechenden Schema gehörenden XML-Dokumenten aufgefasst werden. Die Aktivitäten werden durch Transitionen repräsentiert, die über Kanten mit den entsprechenden Stellen verbunden sind. Die Kantenrichtung bestimmt dabei, ob es sich bei den für die Aktivität relevanten Dokumenten um Input- oder Outputdokumente der Aktivität handelt.

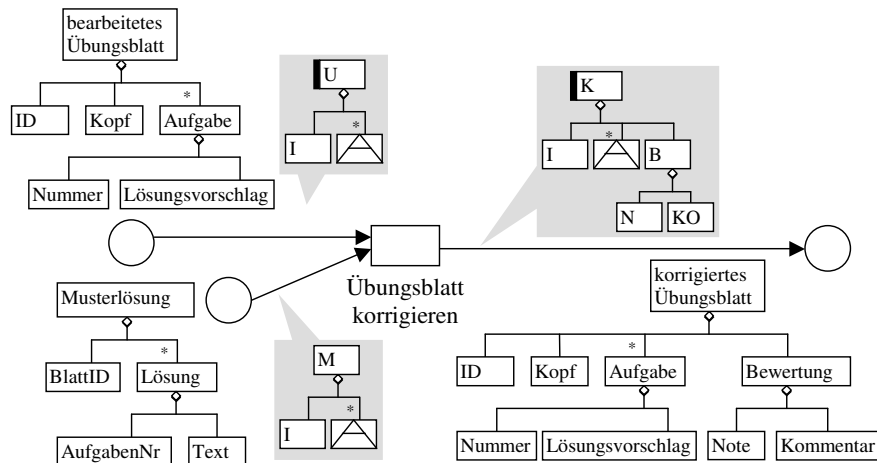


Abbildung 3: Ausschnitt aus einem XML-Netz für die Aktivität „Übungsblatt korrigieren“

Abbildung 3 zeigt einen Ausschnitt aus dem Prozess aus Abbildung 2 als XML-Netz. Die Aktivität „Übungsblatt korrigieren“ beschreibt (vereinfacht) die Korrektur eines bearbeiteten Übungsblattes. Die für die Korrektur relevanten Dokumente werden durch XML-Schemata beschrieben: beispielsweise besteht ein bearbeitetes Übungsblatt aus einem Identifier, einem Kopf (z.B. mit der Überschrift) und einer beliebig großen Anzahl von Aufgaben, die sich aus der Aufgabennummer und der vorgeschlagenen Lösung zusammensetzen. Die Beschriftung der Kanten durch sogenannte Filterschemata (in Abbildung 3 grau hinterlegt) erlaubt, genau die für die Aktivität in Frage kommenden Dokumente aus dem jeweiligen „Dokumentenpool“ herauszufiltern und zu bestimmen, ob und in welcher Weise die Dokumente bei der Durchführung der Aktivität manipuliert werden. Durch Manipulationsfilter (graphisch dargestellt durch einen schwarzen Balken) wird beispielsweise festgelegt, dass das Dokument nach der Korrektur nicht mehr zu der Menge der bearbeiteten Übungsblätter, sondern (erweitert um eine Bewertung) zur Menge der korrigierten Übungsblätter gehört. Die Musterlösung hingegen wird bei der Korrektur nur gelesen, aber nicht verändert. Darüber hinaus wird durch eine geeignete Verwendung der Variablen sichergestellt, dass zur Korrektur auch die zum Übungsblatt gehörige Musterlösung (und keine andere) verwendet wird.

Die Aktivität „Übungsblatt korrigieren“ wird in Abbildung 3 sehr abstrakt modelliert. Hinter dieser Aktivität steht jedoch wieder ein Prozess, der auf einer detaillierteren Ebene als Verfeinerung der Aktivität dargestellt werden kann. Aufgrund der Darstellung der Lernobjekte als XML-Dokumente können mit XML-Netzen auch nebenläufige, d.h. zeitlich voneinander unabhängige Aktivitäten auf denselben Dokumenten beschrieben werden: Zwei Aktivitäten, die dasselbe Dokument als Input benötigen, können auch dann gleichzeitig durchgeführt werden, wenn sie

auf disjunkte Teile des Dokuments zugreifen. Zusätzlich können Regeln wie „Alle Lernenden dürfen sich für höchstens acht Kurse anmelden.“ durch deklarative Sprachkonstrukte wie Fakttransitionen [GeLa78] formuliert und auf ihre Einhaltung überprüft werden. Für eine ausführlichen Beschreibung von Struktur und Dynamik der XML-Netze sei auf [Lenz02] verwiesen.

### **4.3 Simulation von Prozessen des Lernobjekt-Managements**

Die Simulation der modellierten XML-Netze ermöglicht ein „Durchspielen“ von Prozessen des Lernobjekt-Managements. Wird beispielsweise eine Prüfungsordnung (mit den relevanten Lernobjekten, Dokumenten und Prozessen) durch ein XML-Netz dargestellt, dann können für Studierende oder Studieninteressenten unterschiedliche Verläufe des auf ihre Bedürfnisse angepassten Lernprozesses visualisiert werden. Die unterschiedlichen Prozesse der einzelnen Simulationsläufe können daraufhin überprüft werden, ob eine Erreichung ihrer Ziele (z.B. der Abschluss des Examens innerhalb einer vorgegebenen Studiendauer) möglich ist.

Durch die Integration von Zeit (z.B. Dauern für die Durchführung von Aktivitäten, Fristen etc.) und Kosten [Erwi02] können wichtige Aussagen über die Prozesse durch Simulation getroffen werden. Lernende in der Weiterbildung können beispielsweise überprüfen, ob die parallele Bearbeitung ausgewählter Lerneinheiten möglich ist und in den für die Weiterbildung reservierten Personenstunden absolviert werden kann. Aus Sicht der Lehrenden können Simulationen Aufschluss über benötigte Ressourcen, beispielsweise Tutoren zur Übungsblattkorrektur oder Kosten für die Erstellung von Lernobjekten, geben.

## **5 Workflow-Unterstützung im E-Learning**

Die Visualisierung bestehender Lehr-, Lern- und Administrationsprozesse im E-Learning bietet die Möglichkeit, Schwachstellen und Probleme in Prozessen aufzudecken und zu lösen. E-Learning-Prozesse, die als XML-Netze vorliegen, sind unmittelbar als Workflow interpretierbar. Eine Anforderung an eine Beschreibungssprache für Prozesse des Lernobjekt-Managements ist die leichte Erlernbarkeit: Lernende und Lehrende sollten nach kurzer Zeit in der Lage sein, eigenständig Lernprozesse zu modellieren. Nach der Modellierung der Prozessschemata mit XML-Netzen kann der Anwender in einer prozessorientierten Vorgehensweise über ein Workflow-Managementsystem mit der E-Learning-Plattform kommunizieren und die integrierten Werkzeuge über eine einheitliche Benutzerschnittstelle des Workflow-Managementsystems aufrufen.

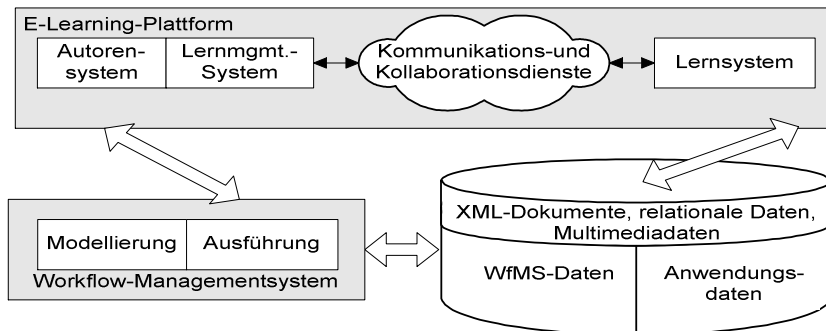


Abbildung 4: Architektur einer Workflow-gesteuerten E-Learning-Plattform

In der in Abbildung 4 skizzierten Architektur für zu entwickelnde Lernobjekt-Managementsysteme wird die Lernplattform vom Workflow-Managementsystem getrennt dargestellt. Ein eigenständiges Workflow-Managementsystem bietet den Vorteil, dass neben der E-Learning-Plattform eine Vielzahl vorhandener Applikationen in der IT-Landschaft des E-Learning-Anbieters integriert werden können. So können z.B. vor Beginn eines Lernprozesses „Klausur“ durch ein externes Billing-System Prüfungsgebühren für die Klausur erhoben werden. Auch im Rahmen der Personalentwicklung können die Prüfungsergebnisse aus E-Learning-Prozessen von Interesse sein. Die Personalabteilung kann einem Mitarbeiter je nach Qualifikation, die er durch das Beenden einer vorher definierten Kombination von Lernprozessen nachgewiesen hat, attraktive Stellen im Unternehmen anbieten und so langfristig Investitionen in das Humankapital sichern. Das Workflow-Managementsystem ermöglicht in beiden dargestellten Anwendungsszenarien die Integration von bisher im Unternehmen isoliert ablaufenden Geschäftsprozessen. Zur Umsetzung eines Workflow-Managementsystems im E-Learning kann auf bestehende Ansätze z.B. der Workflow Management Facility (WMF) der Object Management Group (OMG, [www.omg.org](http://www.omg.org)) zurückgegriffen werden [VaPe01].

Durch Workflow-Managementsysteme kann im E-Learning eine weitgehende Automatisierung der Administrationsprozesse erreicht werden [Vos<sup>+</sup>02], da diese durch organisatorische Vorgaben, z.B. einzuhaltende Fristen, fest vorgegeben sind. Aber auch Lern- und Lehrprozesse können durch Workflow-Unterstützung (teil-)automatisiert werden. Zur Veranschaulichung soll ein Lernprozess der University of Southern Queensland betrachtet werden [Tayl02]: Ein Studierender stellt fest, dass er Probleme bei der Bearbeitung des Lehrstoffes hat und formuliert eine Frage, die er per E-Mail an das Lernobjekt-Managementsystem schickt. Bei Eingang der E-Mail wird überprüft, ob die Frage in der Vergangenheit bereits beantwortet wurde. Falls ja, wird die Antwort automatisch aus einem Pool bereits beantworteter Fragen generiert und an den Studierenden geschickt. Anderenfalls wird die Frage an einen Tutor weitergeleitet. Auch der Lernfortschritt eines Stu-

dierenden kann durch das Workflow-Managementsystem ermittelt und zur Personalisierung der Lernumgebung herangezogen werden.

Durch die Verwendung von Web Services ([www.w3.org/2002/ws/](http://www.w3.org/2002/ws/)) können die Werkzeuge der E-Learning-Plattform (Autorensystem etc.) über das Netzwerk des E-Learning-Anbieters und der Content-Provider, die z.B. Lernobjekte liefern, verteilt werden [VoWe03]. Zusätzlich unterstützen Web Services die Replizierung dieser Werkzeuge. Durch industrielle Anbieter wird die Integration von Web Services, die Voraussetzung für die kollaborative Erstellung von Lerninhalten sind, in Geschäftsprozessen vorangetrieben (z.B. Business Process Execution Language for Web Services, [www-106.ibm.com/developerworks/library/ws-bpel/](http://www-106.ibm.com/developerworks/library/ws-bpel/)). Zum automatisierten Auffinden von Web Services und zur Abrechnung der durch die Services bereit gestellten Leistungen bieten sich unter anderem Agenten-basierte Systeme an [Ston03]. Weitere Anforderungen an E-Learning-Plattformen werden beispielsweise in [Dob<sup>+</sup>02] formuliert.

Auf der Datenhaltungsebene werden unter anderem die Lernobjekte der E-Learning-Plattform und die Prozessschemata und -instanzen des Workflow-Managementsystems verwaltet. Neben der Datenhaltung in relationalen Datenbanken bieten sich für die Speicherung von Lernobjekten und Lernobjekt-Metadaten XML-Datenbanken an. Im E-Learning fallen allerdings neben strukturierten Daten, auch Data Streams, z.B. Audio- und Video-Streams, an, die durch XML-Datenbanken nicht sinnvoll zu verwalten sind. Für die Verwaltung dieser Daten eignen sich Multimedia-Datenbanken, daher wird hier eine Verwaltung dieser Daten in Multimedia-Datenbanken vorgeschlagen.

Die Einführung eines Workflow-Managementsystems ist für E-Learning-Anbieter mit einem hohem Aufwand verbunden. Neben der Schulung des Lehrpersonals fallen Kosten für Anschaffung, Installation und Anpassung des Systems an. Anpassungskosten des Lernobjekt-Managementsystems entstehen z.B. bei der Anbindung der E-Learning-Plattform an das Workflow-Managementsystem. Die E-Learning-Plattform muss eine solche Anpassung über Schnittstellen (z.B. in Form von http-Post und http-Get bei WebCt) erlauben.

## 6 Erfolgskontrolle im Lernobjekt-Management

Effizienz (Ressourcenorientierung) und Effektivität (Zielorientierung) des Managements von Lernobjekten sind entscheidend für den erfolgreichen Einsatz einer flexiblen und integrativen Lernumgebung. Ein derartiges Informationssystem sollte, neben der Erstellung und Präsentation von Lehrmaterialien und der Interaktionsunterstützung der Prozessbeteiligten, ebenfalls Funktionen zur Koordination und Kontrolle der relevanten Prozesse umfassen. Der Aufbau eines Monitoring-Moduls durch regelmäßige Leistungsmessung stellt in diesem Zusammenhang ei-

ne wichtige Voraussetzung für eine kontinuierliche Verbesserung der Prozesse des Lernobjekt-Managements dar. Monitoring ist nicht nur eine punktuelle Betrachtung der Prozesse, sondern muss als kontinuierliche Leistungserhebung und -verbesserung verstanden werden. Als verknüpfendes Element zwischen der formalen Beschreibung und der strategischen und operativen Kontrolle können Kennzahlen eingesetzt werden. Kennzahlen sind das Ergebnis einer zeitkritischen Erfassung von Prozessdaten (Systemzustand, Zeitwert, Kosten, etc.) und unmittelbar abhängig von Aktivitäten. Die Wechselwirkungen zwischen Aktivität, Kennzahlen und Kennzahlensystem werden in Abbildung 5 veranschaulicht.

Kennzahlen liefern Informationen zur Überwachung und Steuerung des Lernobjekt-Managements im Hinblick auf das Erreichen von ex ante definierten Zielen und werden in Kennzahlensystemen in einen sachlogischen Zusammenhang zueinander gesetzt [Sieg90]. Sie können für die Erfolgskontrolle von Lehrprozessen (z.B. Quote der bestandenen Prüfungen), Lernprozessen (z.B. Lernfortschritt) oder Administrationsprozessen (z.B. durchschnittliche Ausfallzeit des Systems) eingesetzt werden. Die automatisierte Überwachung dieser Messpunkte kann einer systematischen Ursachenanalyse dienen. So können Abweichungen der Ist-Werte von Plan-Werten einer übergeordneten Kennzahl in einem sachlogisch verknüpften Kennzahlensystem durch die detaillierte Analyse der hierarchisch angeordneten Kennzahlen erklärt werden. Daraus ergibt sich, dass z.B. die Zufriedenheit der Lernenden mit dem System (Erhebung durch kontinuierliche Fragebogenaktionen) unmittelbar durch nachgelagerte Kennzahlen wie Verfügbarkeit des Systems, Aktualität der Lernobjekte oder durchschnittliche Korrekturzeiten bestimmt wird. Durch diese Detaillierung der Einflussgrößen können entsprechende Korrekturmaßnahmen zielgerichtet durchgeführt werden. Kennzahleninformationen können aber auch als Indikatoren dienen. So lässt beispielsweise die hohe Anzahl von Feedback-Prozessen innerhalb eines Kurszyklusses eine hohe Quote bestandener Prüfungen erwarten.

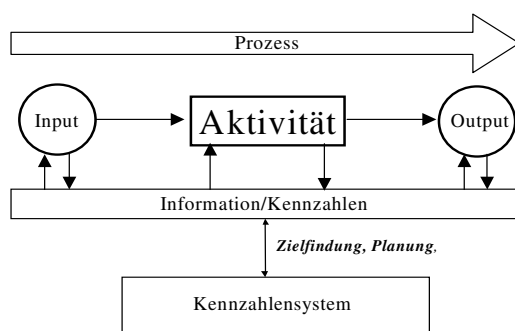


Abbildung 5: Wechselwirkungen zwischen Aktivität, Kennzahlen und Kennzahlensystem

Die Modellierung und Analyse der Prozesse des Lernobjektmanagements, in Verbindung mit einer adäquaten Integration von Controlling-Instrumenten, kann als eine Methode zur langfristigen Realisierung von definierten Zielen in Bezug auf



Kosten, Qualität und Zeit eingesetzt werden [Amsh93]. Die Mächtigkeit der verwendeten Modellierungssprache muss dabei die Beschreibung der Kennzahleninformationen und der sich daraus ergebenden dynamischen Konsequenzen ermöglichen. XML-Netze besitzen eine solche Ausdrucksmächtigkeit. Aufgrund der Struktur und des Verhaltens der XML-Netze können spezifische Kennzahleninformationen in einer formalen Beschreibungssprache dargestellt werden.

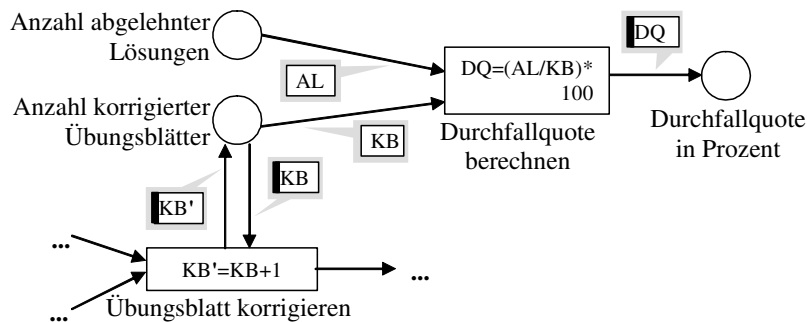


Abbildung 6: XML-Netz zur Beschreibung der Kennzahl „Durchfallquote in Prozent“

Abbildung 6 zeigt die Berechnung der Kennzahl „Durchfallquote in Prozent“ als XML-Netz. Der Zähler (Anzahl der abgelehnten Lösungen, AL) und der Nenner (Anzahl der korrigierten Übungsblätter, KB) der Kennzahl können durch Stellen beschreiben werden, die das XML-Netz aus Abbildung 3 erweitern. Beide Stellen beinhalten zu jeder Zeit aktuelle Werte (zyklische Aktualisierung), die als weitere absolute Kennzahlen interpretiert werden. Die Berechnung erfolgt durch die in der Transitionsinschrift hinterlegte Formel und ergibt stets den aktuellen Kennzahlenwert der Durchfallquote in Prozent.

Neben der Darstellung und Berechnung von Kennzahlenwerten lassen sich auch Bedingungen an diese formulieren. Üblicherweise ergeben sich Bedingungen an Kennzahlenwerte aus so genannten Zielkorridoren. Zielkorridore repräsentieren Zielgrößen für Kennzahlenwerte. Sie grenzen den Wertebereich ein, in dem sich der aktuelle Kennzahlenwert bewegen sollte. Solche Korridore werden durch deklarative Sprachkonstrukte (Fakttransitionen) dargestellt. Abbildung 7 zeigt ein XML-Netz für die Kennzahl „Durchfallquote in Prozent“ mit der Modellierung eines Zielkorridors durch eine Fakttransition (Transition mit einem stilisierten F für Fakt). Die aktuellen Kennzahlenwerte werden gelesen und mit einem durch die Transitionsinschrift bestimmten Zielkorridor, hier einer Durchfallquote zwischen zehn und fünfzig Prozent, verglichen.

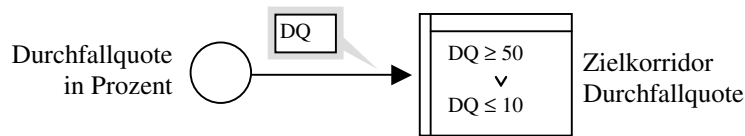


Abbildung 7: XML-Netz zur Darstellung eines Zielkorridors durch eine Faktransition

Durch die Modellierung von Kennzahleninformationen und den sich darauf beziehenden Integritätsbedingungen (z.B. Zielkorridore) mit XML-Netzen kann auch die Erfolgskontrolle für das Management von Lernobjekten aktiv durch das Workflow-Managementsystem unterstützt werden. Da XML-Netze aufgrund ihrer formalen Notation unmittelbar als Workflow-Schemata interpretierbar sind, können auf unzulässigen Kennzahlenwerten aufbauende Eskalationsmechanismen angestoßen werden. Würde der aktuelle Kennzahlenwert im beschriebenen Beispiel aus Abbildung 7 sechzig Prozent betragen, könnte eine automatisierte Benachrichtigung (z.B. E-Mail, SMS etc.) der dafür bestimmten Personen gemäß ihrer Rolle (z.B. Studiendekan) erfolgen.

Durch die Modellierung von Prozessen und Kennzahlenwerten des Lernobjekt-Managements mit XML-Netzen lassen sich unter anderem ineffiziente Aktivitäten identifizieren, risikobehaftete Schnitt- und Schwachstellen im Prozessablauf lokalisieren sowie Zeit- und Zielvorgaben darstellen. Mit XML-Netzen modellierte Prozesse können durch die Integration von Kennzahlenwerten und Zielkorridoren Workflow-basiert überwacht und ausgeführt werden. Ein auf XML-Netzen basierendes Monitoring-Modul und die damit verbundene Leistungserhebung und -messung führt zu einer kontinuierlichen Verbesserung der zugrunde liegenden Prozesse und damit zur Erhöhung der Effektivität und Effizienz des gesamten Systems.

## 7 Zusammenfassung und Ausblick

Nachteile bestehender Lernobjekt-Managementsysteme ergeben sich aus der weitgehend inhaltsorientierten Betrachtung des E-Learnings und fehlenden Anpassungsmöglichkeiten an die benutzerspezifischen Bedürfnisse. Ein weiteres Defizit ist in der integrierten Unterstützung der E-Learning-Prozesse zu sehen. Deshalb wurde im Rahmen dieses Beitrages ein Konzept für ein Workflow-gestütztes Lernobjekt-Managementsystem präsentiert. Es basiert auf der Modellierung von Lern-, Lehr- und Administrationsprozessen. Lernobjekte stellen in diesem Zusammenhang den Input oder Output von Aktivitäten dar. Zu einer integrierten Darstellung von Abläufen und ablaufrelevanten Dokumenten werden XML-Netze, eine Variante höherer Petri-Netze, verwendet. Lernobjekte werden als XML-

Dokumente dargestellt und können daher plattformunabhängig auf elektronischem Wege ausgetauscht werden. Durch die Modellierung der Prozessschemata wird es möglich, die einzelnen Prozesse mit ihren Aktivitäten und die Schnittstellen zwischen den verschiedenen Prozessteilen für die unterschiedlichen Prozessbeteiligten (Lehrende, Lernende etc.) transparent zu machen und zu kommunizieren. Darüber hinaus können die Prozessschemata im Hinblick auf eine kontinuierliche Verbesserung der Prozesse analysiert und simuliert werden und tragen somit bereits zu einer Verbesserung des Lernobjekt-Managements bei, ohne dass ein Workflow-Managementssystem eingesetzt werden muss. Zur Unterstützung der Prozesse des Lernobjekt-Managements wurde eine Erweiterung der E-Learning-Plattform um ein Workflow-Managementssystem vorgeschlagen, bei der das Workflow-Managementssystem als eigenständiges System mit den anderen Systemen der E-Learning-Plattform kommuniziert und somit eine Kopplung von E-Learning-Prozessen und weiteren (z. B. betrieblichen) Prozessen, die durch das Workflow-Managementssystem gesteuert werden, ermöglicht. Die Prozessschemata können durch das Workflow-Managementssystem interpretiert und zur Unterstützung der Ablaufausführung verwendet werden. Die Modellierung und Analyse der E-Learning-Prozesse und die Integration von Kennzahlen zur Erfolgskontrolle dienen der kontinuierlichen Leistungsmessung und -verbesserung zur langfristigen Realisierung definierter Ziele.

Zur Zeit wird ein Lernobjekt-Managementsystem mit der vorgestellten Architektur prototypisch implementiert. Dafür sollen weitgehend am Markt verfügbare Produkte eingesetzt werden. Um die Mobilität von Lernenden und Lehrenden zu erhöhen, sollen E-Learning-Prozesse und Lernobjekte durch Web Services angeboten werden. Dabei können Lehrende und Lernende über eine Web Service-Plattform miteinander kommunizieren und kollaborieren [VoWe03]. Modellierte Prozessschemata sollen zum Aufbau einer Referenzmodellbibliothek verwendet werden, aus der ganze Prozesse oder Prozessbausteine wiederverwendet werden können. Methoden der Versionskontrolle sind dazu ebenso notwendig wie das Management von Varianten. Für die Auswahl der Prozessschemata werden Methoden zur Ermittlung des Unterschieds („Delta“) zwischen in Frage kommenden Referenzschemata einerseits und dem Referenzschema und dem zu beschreibenden Prozess andererseits benötigt. Zusätzlich sollen Methoden zur systematischen Anpassung von Prozessen (Customizing) und Analysemethoden, die der Komplexität von Lernobjekten Rechnung tragen, entwickelt werden. Weiterhin soll ein spezifisches Kennzahlensystem aufgestellt werden, um eine sinnvolle Ursachenanalyse mit Kennzahlen für das Management von Lernobjekten zu unterstützen. Dabei wird eine Gliederung von Kennzahlen, die in einem sachlich sinnvollen Zusammenhang zueinander stehen, vorgenommen. Ziel ist der Aufbau einer in sich geschlossenen Ursache-Wirkungskette zwischen den einzelnen Kennzahlen im System.

## Literatur

- [Amsh93] Amshoff, B.: Controlling in deutschen Unternehmen. 2. Aufl., Gabler Verlag: Wiesbaden, 1993.
- [DeOb96] Desel, J.; Oberweis, A.: Petri-Netze in der Angewandten Informatik: Einführung, Grundlagen und Perspektiven. *Wirtschaftsinformatik*, 38(4), 1996, S. 359-367
- [Dob<sup>+</sup>02] Doberkat, E.-E.; Veltmann, C.; Engels, G.; Hausmann, J.H.; Lohmann, M.: Anforderungen an eine eLearning-Plattform – Innovation und Integration. Studie im Auftrag des Ministeriums für Schule, Wissenschaft und Forschung des Landes Nordrhein-Westfalen, April 2002.
- [Erwi02] Erwin, Th.: Entwurf von Geschäftsprozessen mit Petrinetzen. Dissertation, Fakultät für Wirtschaftswissenschaften, Universität Karlsruhe (TH), 2002.
- [GeLa78] Genrich, H.J.; Lautenbach, K.: Facts in Place/Transition Nets. In: *Mathematical Foundations of Computer Science*, Springer-Verlag: Berlin et al., 1978.
- [Genr86] Genrich, H.J.: Predicate/Transition Nets. In: Brauer, W.; Reisig, W.; Rozenberg, G. (Hrsg.): *Petri Nets : Central Models and Their Properties, Advances in Petri Nets, Part I. Lecture Notes in Computer Science Vol. 254*, Springer-Verlag: Berlin – Heidelberg, 1986, S. 207-247.
- [JeRo91] Jensen, K.; Rozenberg, G. (Hrsg.): *High-Level Petri Nets, Theory and Applications*. Springer-Verlag: Berlin, 1991.
- [KlSt01] Klein, M.; Stucky, W.: Ein Vorgehensmodell zur Erstellung virtueller Bildungsinhalte. *Wirtschaftsinformatik* 43(1), 2001, S. 35-45.
- [Lenz02] Lenz, K.: Modellierung und Ausführung von E-Business-Prozessen mit XML-Netzen. Dissertation, Institut für Wirtschaftsinformatik, J.W. Goethe-Universität Frankfurt/M., Dezember 2002.
- [LeOb03] Lenz, K.; Oberweis, A.: Interorganizational Business Process Management with XML Nets. Erscheint in: Ehrig, H.; Reisig, W.; Rozenberg, G.; Weber, H. (Hrsg.): *Advances in Petri Nets. Lecture Notes in Computer Science, Vol. 2472*, Springer-Verlag: Berlin – Heidelberg, 2003.
- [Lin<sup>+</sup>01] Lin, J.; Ho, C.; Sadiq, W.; Orłowska, M.E.: On Workflow Enabled e-Learning Services. In: *Proc. IEEE Intl. Conf. on Advanced Learning Technologies (ICALT'01)*, Madison (WI), 2001, S. 349-352.
- [Luc<sup>+</sup>02] Lucke, U.; Wiesner, A.; Schmeck, H.: XML: Nur ein Schlagwort? – Zum Nutzen von XML in Lehr- und Lernsystemen. *Informationstechnik und Technische Informatik*, 44(4), 2002, S. 211-216.
- [ReRo98] Reisig, W.; Rozenberg, G. (Hrsg.): *Lectures on Petri Nets I: Basic Models. Lecture Notes in Computer Science Vol. 1491*, Springer-Verlag: Berlin – Heidelberg, 1998.
- [Sieg90] Siegart, H.: *Kennzahlen für die Unternehmensführung*. 3. Aufl., Verlag Paul Haupt: Bern, 1990.

- [Ston03] Stone, A.: Getting on the Third Wave, in: IEEE Internet Computing, 7(1), 2003, S. 13 -15.
- [Tayl02] Taylor, J.C.: Automating e-Learning: The Higher Education Revolution. In: Informatik bewegt, Lecture Notes in Informatics (LNI) – Proceedings, Series of the German Informatics Society (GI), Vol. P-19, Bonn, 2002, S. 64-82.
- [VaPe01] Vantroys, T.; Peter, Y.: A WMF-based workflow for e-learning. In: Proc. Europ. Res. Seminar on Advances in Distributed Systems (ERSADS'01), Bologna, [noce.univ-lille1.fr/~tvantroys/publication/ERSADS2001\\_vantroys\\_peter.pdf](http://noce.univ-lille1.fr/~tvantroys/publication/ERSADS2001_vantroys_peter.pdf), 2001, Abruf am 2003-01-29.
- [Vos<sup>+</sup>02] Vossen, G.; Jaeschke, P.; Oberweis, A.: Flexible Workflow Management as a Central E-Learning Support Paradigm. In: Proc. of the European Conference on e-Learning, Uxbridge (UK), November 2002, S. 253-267.
- [VoWe03] Vossen, G.; Westerkamp, P.: E-Learning as a Web Service (Extended Abstract). Wird erscheinen in Proc. 7th International Conference on Database Engineering and Applications (IDEAS), Juli 2003, Hong Kong, China, IEEE Computer Society Press.
- [W3C00] World Wide Web Consortium: Extensible Markup Language (XML) 1.0 (Second Edition). W3C Recommendation, [www.w3.org/TR/REC-xml](http://www.w3.org/TR/REC-xml), 6. Oktober 2000, Abruf am 2003-01.17.
- [Weit98] Weitz, W.: Combining Structured Documents with High-level Petri-Nets for Workflow Modeling in Internet-based Commerce. Intl. Journal of Cooperative Information Systems (IJCIS), 7(4), Dezember 1998, S. 275-296.