

# Diplomarbeit

zur Erlangung des akademischen Grades  
Diplom-Medieninformatiker

## IMS LTI – E-Learning as a Service

Markus Müller  
(Geboren am 08.07.1986 in Pirna)

## Technische Universität Dresden

Fakultät Informatik  
Institut für Software- und Multimediatechnik  
AG Didaktik der Informatik/Lehrerbildung  
Prof. Dr. paed. habil. Steffen Friedrich



Betreuer:

Dr. rer. nat. Holger Rohland (TU Dresden)

Dipl.-Medieninf. Yvonne Winkelmann (Bildungsportal Sachsen GmbH)

---

# Aufgabenstellung

Name, Vorname: Müller, Markus

Matrikelnummer: 3256889

Thema: "IMS LTI – E-Learning as a Service"

Mit Hilfe des Learning Tools Interoperability Standards (LTI), welcher vom IMS Global Learning Consortium entwickelt wurde, können externe Applikationen mittels einer einheitlichen Schnittstelle an ein Learning Management System (LMS) angebunden und verwendet werden. Dabei können diese Anwendungen, im Allgemeinen „Tools“ genannt, sehr unterschiedlich ausfallen und vom einfachen Kurs, über Kommunikationsmöglichkeiten, wie Chats oder Foren, bis hin zu komplexen, sehr spezifischen Lernumgebungen, wie einer Test- und Prüfungssoftware, reichen. Der Vorteil von LTI besteht dabei darin, dass eine solche Anwendung mit Hilfe einer fest definierten Schnittstelle, von verschiedenen LMS eingebunden und verwendet werden kann – ähnlich einem externen Web-Service.

Im ersten Teil der Arbeit soll der LTI-Standard wissenschaftlich untersucht werden. Es sollen Herkunft, Historie und Funktionsweise dargestellt werden. Dabei ist ein Vergleich zum Konzept Software as a Service-Konzept (SaaS) zu erbringen.

In einem zweiten Teil der Arbeit sind Einsatzfähigkeit und Mehrwert von LTI für verschiedene didaktische Szenarien zu analysieren. Im Mittelpunkt soll dabei die Beschreibung konkreter Anwendungsszenarien stehen. Aufbauend auf einem dieser Szenarien, ist die Funktionsweise des Standards zu verdeutlichen und ein Konzept für die LTI-Umsetzung zu entwickeln.

Abschließend soll die Funktionstüchtigkeit des Konzepts in einem dritten Teil der Arbeit nachgewiesen werden. Dazu ist eine beispielhafte LTI-Schnittstelle zu implementieren. Sowohl aufrufendes System (Tool Consumer), als auch die externe Anwendung (Tool Provider) sollen dabei einfache prototypische Anwendungen sein, die über die LTI-Schnittstelle kommunizieren. Die reale Einsatzfähigkeit der LTI-Spezifikation soll dabei durch den Austausch der prototypisch erstellten Komponenten in verschiedenen LTI-fähigen Systemen überprüft werden.

Betreuer: Dr. rer. nat. Holger Rohland, Dipl.-Medieninf. Yvonne Winkelmann

Betreuender Hochschullehrer: Prof. Dr. paed. habil. Steffen Friedrich

Institut: Software- und Multimediatechnik

---

## **Kurzfassung**

Die Vernetzung und der Austausch von Wissen stellen wichtige Grundpfeiler für den Bereich des E-Learnings dar. Mit dem Schnittstellenstandard IMS LTI soll dabei ein universelles Werkzeug zur Verfügung gestellt werden, um webbasierte Lernanwendungen effektiv in Lernprozesse einbinden zu können. Die vorliegende Arbeit widmet sich der Untersuchung des Status Quo sowie der Analyse des Mehrwertes der LTI-Spezifikation. Es werden didaktische Lernszenarien diskutiert, bei denen die Verwendung von LTI sinnvoll ist. Weiterhin wird ein Konzept zur Migration eines solchen Szenarios auf LTI entwickelt und praktisch umgesetzt. Abschließend werden die Ergebnisse dieser Umsetzung mit Hilfe bereits am Markt bestehender, LTI-kompatibler Software evaluiert.

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Der LTI Standard</b>	<b>7</b>
2.1	Das IMS Global Learning Consortium . . . . .	7
2.1.1	Geschichte und Struktur von IMS . . . . .	8
2.1.2	Content Packaging (IMS-CP) . . . . .	9
2.1.3	Question & Test Interoperability (IMS-QTI) . . . . .	10
2.1.4	Common Cartridge (IMS-CC) . . . . .	12
2.1.5	Learning Information Services (IMS-LIS) . . . . .	13
2.2	Notwendigkeit und Geschichte von LTI . . . . .	14
2.3	Grundlegende Funktionsweise von LTI . . . . .	16
2.4	Aufbau und Struktur von LTI . . . . .	19
2.4.1	Aufbau eines LTI-Startrequests . . . . .	19
2.4.2	Abbildung der Startinformationen in XML . . . . .	24
2.4.3	Das Sicherheitsmodell von LTI . . . . .	25
2.4.4	Bereitstellen eines Rückkanals mit Hilfe von LIS . . . . .	28
2.5	Ausführliche Analyse eines LTI Anwendungsbeispiels . . . . .	32
2.6	LTI im Vergleich mit SOA und Web-Services . . . . .	37
2.6.1	Definition von SOA . . . . .	38
2.6.2	Aufbau und Funktionsweise eines Web-Services . . . . .	40
2.6.3	Vergleich von Web-Services mit IMS LTI . . . . .	41
<b>3</b>	<b>Didaktische Einsatzszenarien</b>	<b>43</b>
3.1	Szenario 1 - Einbinden einer Test-Software . . . . .	45
3.1.1	Integration von ONYX ohne LTI . . . . .	47
3.1.2	Konzept zur Integration des ONYX-Players mit LTI . . . . .	50
3.2	Szenario 2 - Einbinden eines Forums . . . . .	58
3.2.1	Integration eines Forums ohne LTI . . . . .	58
3.2.2	Integration eines Forums mit LTI . . . . .	59
3.3	Zusammenfassung – Der didaktische Mehrwert von LTI . . . . .	60
<b>4</b>	<b>Entwicklung eines prototypischen Praxisbeispiels</b>	<b>63</b>
4.1	Entwicklung eines Tool Consumers . . . . .	63
4.1.1	Analyse und Entwurf . . . . .	64
4.1.2	Implementierung . . . . .	65
4.2	Entwicklung eines Tool Providers . . . . .	70
4.2.1	Analyse und Entwurf . . . . .	70
4.2.2	Implementierung . . . . .	71
4.3	Evaluation der entwickelten Prototypen . . . . .	76
4.3.1	Gemeinsame Nutzung der entwickelten Prototypen . . . . .	77

---

4.3.2	Evaluation des Tool-Consumers . . . . .	77
4.3.3	Evaluation des Tool-Providers . . . . .	81
<b>5</b>	<b>Fazit und Ausblick</b>	<b>85</b>
	<b>Anhang</b>	<b>I</b>
	<b>Abkürzungsverzeichnis</b>	<b>XVII</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>XIX</b>
	<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>XXV</b>
	<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>XXVII</b>
	<b>Codebeispiele</b>	<b>XXIX</b>

# 1 Einleitung

Gäbe es keine Norm für die Größe eines A4-Blattes, so könnte diese Arbeit auch auf einem  $1\text{ m}^2$  großen Papierbogen gedruckt sein. Da eine solch unpassende Papiergröße den Austausch wissenschaftlicher Arbeiten behindern würde, ist es von Vorteil, dass es dafür ein Standardmaß gibt. Standards spielen seit sehr langer Zeit eine bedeutende Rolle für die Menschheit. Die Normierung von Gewichten, Einheiten, Längen und Formaten soll die Austauschbarkeit und Vergleichbarkeit von Gegenständen und Produkten fördern. So benötigten bereits Händler im alten Ägypten ein einheitliches Gewichtsmaß zur homogenen Preisauszeichnung ihrer Waren.

Prinzipiell wird zwischen Standards und Normen unterschieden. Eine Norm bezeichnet eine, durch ein formales Normungsinstitut verabschiedete, rechtlich anerkannte und allgemein gültige Beschreibung [itw09]. So bezieht sich das einführende Beispiel der einheitlichen Papierformate auf eine offizielle Norm, verabschiedet durch das Deutsche Institut für Normung (DIN). Dem gegenüber stehen Standards, welche einem bestimmten formalisierten Regelwerk entsprechen, dessen Nutzung sich entweder in der Praxis durchgesetzt hat oder von einem Konsortium beziehungsweise Expertenkreis empfohlen wird [itw09]. Im Gegensatz zu Normen ist bei Standards kein offizielles Normungsverfahren nötig.

Übertragen auf die Informationstechnik wird hier mit Hilfe von Standards die Kompatibilität zwischen Produkten sichergestellt. Ein Beispiel für diese Interoperabilität ist der Datenaustausch zwischen Webbrowser und Server, welcher über das standardisierte Hypertext Transfer Protocol (HTTP) erfolgt. Auch im E-Learning Umfeld sollen Standards unter anderem die Austauschbarkeit von Lerninhalten zwischen verschiedenen Lernplattformen oder Autorenwerkzeugen sicherstellen [Nie08]. Darüber hinaus werden dabei noch weitere Ziele verfolgt, was durch Jan Pawlowskis Definition von E-Learning Standards verdeutlicht wird.

„E-Learning Standards sind im Konsens verabschiedete Beschreibungen wie etwa Daten-, Informations- oder Prozessmodelle, die die Interoperabilität, Portabilität oder Qualität von Lehr- und Lernprozessen unterstützen.“[Paw11]

Demnach existieren bestimmte Spezifikationen für einzelne Prozesse beziehungsweise Komponenten von digitalen Lerninhalten. So können Standards zur Beschreibung der Inhalte, zum Beispiel der Auffindbarkeit von Lernobjekten in einer Datenbank, dienen.

Die konsequente Verwendung von E-Learning Standards bei der Erstellung von Lerninhalten bringt drei essentielle Vorteile mit sich: Nachhaltigkeit, Anpassbarkeit und Wirtschaftlichkeit [FM11]. So können einmal erstellte Lernobjekte in verschiedenen LMS genutzt werden. Dem Nutzer steht demnach frei,

welches konkrete LMS er für seinen Kurs nutzen beziehungsweise welche Kurse er in seine Lernplattform importieren möchte. Auf Grund dieser Austauschbarkeit können mit Hilfe von E-Learning Standards sowohl Zeit als auch Kosten bei der Erstellung von digitalen Lerninhalten gespart werden [FM11, Hä02].

Eine der tragenden Organisationen bei der Spezifikation von E-Learning Standards stellt das IMS Global Learning Consortium (IMS) dar. Viele der von IMS verabschiedeten Spezifikationen gehören zu den meist genutzten Standards im Bereich des digitalen Lehrens und Lernens [ims12a]. So bietet IMS Standards an, um beispielsweise Inhalte (IMS-CP, IMS-MD) oder Tests (IMS-QTI) zu organisieren und zu speichern. Um die Austauschbarkeit und die konsistente Speicherung zu maximieren sowie die Einarbeitung für Entwickler zu vereinfachen, entwickelte IMS auch Kombinationen von Standards, zum Beispiel IMS-Common Cartridge, mit dem sich ganze Lernkurse austauschbar beschreiben lassen [ims11b].

Viele heutige Learning Management Systeme bieten für diese Kurse bereits eine Vielzahl von Kursbausteinen an, um verschiedene didaktische Szenarien abzubilden [BHH02]. Diese reichen von einfachen HTML-Seiten zur Darstellung von Inhalten über Wikis und Foren zur Kommunikation und zum Wissensaustausch bis hin zu komplexen Testumgebungen. Es existieren allerdings immer mehr Lernszenarien, bei denen die zur Verfügung gestellten Bausteine nicht ausreichen, wenn beispielsweise sehr spezielle Anwendungen zur Veranschaulichung naturwissenschaftlicher Prozesse notwendig sind oder ein externes Diskussionsforum über die Grenzen des LMS heraus benutzt werden soll.

Möchte ein Kursbetreuer allerdings eine solche externe Anwendung innerhalb seiner Lernplattform anbieten, so sind die Entwickler der Software darauf angewiesen, für jedes LMS eine Schnittstelle zu dieser Anwendung zu implementieren. Viele LMS besitzen bereits eigene Techniken zur Einbindung von Plug-Ins oder bringen vordefinierte Schnittstellen mit [Sev10a]. Diese vordefinierten Mengen von Schnittstellen schränken den Endanwender allerdings auch ein, so dass er bei Benutzung eines bestimmten LMS auch an dessen unterstützte externe Anwendungen gebunden ist. Diese Missstände soll der Schnittstellenstandard IMS Learning Tools Interoperability (LTI) lösen. Durch die Verwendung von LTI können externe Anwendungen mittels einer standardisierten Schnittstelle in ein oder mehrere LMS integriert werden. Dies hat den Vorteil, dass mehrere Lernplattformen über diese Schnittstelle auf die Anwendung zugreifen und mit ihr kommunizieren können. Da für diese multiple Anbindung lediglich eine Schnittstelle benötigt wird, können bei der Entwicklung Zeit und Geld gespart werden. Doch bringt eine solche universelle Schnittstelle neben den wirtschaftlichen Aspekten auch didaktische Vorteile mit sich?

Um diese Frage zu beantworten, wird in Kapitel 2 zunächst der Standard wissenschaftlich untersucht. Dabei wird das Unternehmen hinter dem Standard vorgestellt und die Notwendigkeit für eine solche Schnittstelle erörtert. Weiterhin wird untersucht, inwieweit sich LTI in die Standard-Landschaft von IMS einordnen lässt und wie es mit anderen Standards verzahnt ist. Daraufhin werden struktureller Aufbau und Funktionsweise von LTI analysiert und dokumentiert. Da die Integration einer externen Anwendung über eine standardisierte Schnittstelle an den Aufruf eines Web-Services erinnert, kann angenommen werden, dass Parallelen zum Konzept einer Service Oriented Architecture (SOA) bestehen. Dieser Frage wird

sich in Kapitel 2 abschließend gewidmet.

Aufbauend auf den Ergebnissen von Kapitel 2 werden in Kapitel 3 didaktische Szenarien für die Verwendung von LTI untersucht und kritisch analysiert. Es wird erörtert, ob sich für die vorgestellten Szenarien ein Mehrwert ergibt und welche Konsequenzen dieser für die praktische Anwendung hat. Daraufhin wird ein konkretes Szenario, das der externen Test- und Prüfungssoftware ONYX ausgewählt, für welches ein Schnittstellenkonzept entwickelt wird. Hierbei wird zunächst untersucht, wie die gegenwärtige Integration von ONYX in ein LMS funktioniert, um diese schließlich auf LTI abzubilden.

Das entwickelte Konzept wird in Kapitel 4 prototypisch implementiert und evaluiert. Dazu werden zwei Anwendungen, die jeweils einen Endpunkt der Schnittstelle repräsentieren, entwickelt. Hierbei soll eines der Programme das Tool widerspiegeln, welches durch die zweite Anwendung, die stellvertretend für ein LMS steht, aufgerufen wird. Das aufgerufene Tool soll Funktionalitäten einer Testsoftware aufweisen, mit der sich einfache Tests ausführen und auswerten lassen. Nach einer ausführlichen Entwicklungsdokumentation werden beide Anwendungen im praktischen Umfeld getestet. Das bedeutet, dass die Endpunkte der Schnittstelle kreuzweise durch real existierende, LTI zertifizierte Software ausgetauscht werden. Dazu wird auf der einen Seite die entwickelte aufrufende Anwendung mit einem LTI-Tool und auf der anderen Seite das entwickelte Test-Tool mit einem LTI-zertifizierten LMS evaluiert.

In einem abschließenden Fazit werden nochmals alle Ergebnisse der didaktischen und praktischen Analysen zusammengefasst. Des Weiteren wird ein Ausblick auf die Zukunft von Learning Tools Interoperability sowie kommende Versionen gegeben.



## 5 Fazit und Ausblick

Ziel des ersten Teiles der Arbeit war es, den Aufbau und die Struktur des Standards der Learning Tools Interoperability zu untersuchen. Dabei konnte der LTI-Mechanismus der vorliegenden Version 1.1.1 in zwei Teile gegliedert werden – dem Aufruf einer externen Anwendungen und der Rückgabe eines Ergebniswertes. Der analysierte LTI-Start setzt dabei auf einen HTTP-POST Aufruf, bei welchem die spezifischen Informationen als POST-Parameter übergeben werden. Damit setzt IMS auf ein etabliertes und gut nutzbares Verfahren zur Nachrichtenübermittlung im Internet. Dies ist wichtig, um eine möglichst hohe Verbreitung des LTI-Standards gewährleisten zu können. Mit dem OAuth-Protokoll 1.0a steht weiterhin ein zuverlässiger und als sicher geltender Grundschutz der übertragenen Informationen gegen unerlaubte Nutzung und Manipulation zur Verfügung. Auch auf Grund dieser weit verbreiteten Mechanismen wird der grundlegende Aufruf eines LTI-Tools bereits von vielen Lernplattformen unterstützt.

Die ab der Version 1.1 unterstützte Möglichkeit zum Aufbau eines Rückkanals von der LTI-Anwendung zum aufrufenden System wird dagegen von wenigen Learning Management Systemen unterstützt. Auf Grund der vorgeschriebenen drei Methoden sowie der Möglichkeit, lediglich einen numerischen Wert übertragen zu können, kann dieser Mechanismus als statisch und weniger flexibel angesehen werden. An mehreren Stellen der Arbeit wurde dabei festgestellt, dass es häufig nicht ausreicht, lediglich ein Ergebnis zu übertragen. Auch bei der späteren Implementierung stellten die sehr speziellen POX-Nachrichten des Rückkanals größere Hürden dar, als der simple Tool-Start. Auf Grund der Tatsache, dass im gegenwärtigen öffentlichen Entwurf der Version 2.0 von LTI ein neues Konzept für den Rückkanal eingeführt wird, kann angenommen werden, dass das untersuchte Verfahren lediglich als Übergangslösung anzusehen ist. Im Ausblick soll dabei näher auf die neuen Konzepte von LTI 2.0 eingegangen werden.

Auch im Vergleich mit dem Konzept der Service Oriented Architecture (SOA) wurden einige Unterschiede festgestellt. Beiden Mechanismen als Gemeinsamkeit zu Grunde liegt die Idee, entfernte Anwendungen als Teil der eigenen Geschäftsprozesse zu integrieren. Dabei unterscheiden sie sich sowohl in technischen als auch in strukturellen Einzelheiten. So ist LTI zugeschnitten auf Lernprozesse und Lernszenarien, so dass es durch deren vordefinierten Parameter und Funktionen eine Schablone zur speziellen Einbindung von "Lern-Services" bietet, während das Konzept der Web-Services eine freie Definition von Aufrufen und Funktionen zulässt. Anhand dieser Tatsache kann LTI also als ein Werkzeug für serviceorientiertes Lernen gesehen werden.

Ein Vorteil von Web-Services ist die Mehrmandatenfähigkeit, also die Möglichkeit, in mehrere verschiedene Prozesse gleichzeitig eingebunden werden zu können. Dies ist auch als großer Vorteil von LTI anzusehen, wie im zweiten Teil der Arbeit, der Analyse des Mehrwertes, festgestellt wurde. Dabei ist

unter anderem hervorzuheben, dass mit Hilfe des Mechanismus der Learning Tools Interoperability einmal erstellte wissensfördernde Anwendungen effektiv und standardisiert in Lernprozesse eingebunden und damit einer großen Bandbreite von Endanwendern zur Verfügung gestellt werden können. Dies eröffnet Inhaltserstellern und Kursautoren neue Möglichkeiten, ihre didaktischen Werkzeuge auszuschöpfen, um Wissen zu übermitteln. Sie müssen sich mit LTI nicht an die technischen Bedingungen der verwendeten Learning Management Systeme anpassen, sondern können die Inhalte einbinden, welche sie für den maximalen Lernerfolg für nötig halten. Diese Inhalte können sie zum Beispiel in einer offenen und freien Datenbank für LTI-Tools recherchiert haben.

Bei der Entwicklung eines technischen Konzepts zur Migration eines bestehenden Lernszenarios für eine Testanwendung auf LTI wurde festgestellt, dass für eine funktionierende Abbildung noch mehrere Anpassungen an den verwendeten LMS getätigt werden müssten. Da solche manuelle Anpassungen gegen den austauschbaren und universellen Charakter einer einheitlichen Schnittstelle sprechen, wäre es wünschenswert, wenn diese offenen Probleme durch den Standard selbst gelöst werden können. Dies betrifft vor allem eine flexible Rückgabe komplexerer Daten von frei definierbaren Ergebniswerten bis hin zu ganzen Ergebnisdateien sowie die individuelle Übertragung von Inhalten beim Aufruf der Anwendung. So könnte beispielsweise ein Plug-In-Mechanismus realisiert werden, bei dem das eingebundene LTI-Tool die übertragenen Inhalte abspielen und verarbeiten kann. Um diese Inhalte beim Aufruf einer LTI-Anwendung dynamisch einbinden zu können, könnte der Standard dahingehend erweitert werden, dass Dateiinhalte als Datenformat für Parameter unterstützt werden. Weiterhin wurde gezeigt, dass es von Vorteil wäre, wenn LTI-Aufrufe auch außerhalb der Kursbausteine in LMS integriert wären. So könnten LTI-Tools direkt aus Inhaltsseiten heraus aufgerufen werden. Allerdings wäre dadurch auch eine Integration auf Systemebene möglich, so dass LTI-Anwendungen ganze LMS-Komponenten, wie beispielsweise Bewertungswerkzeuge, ersetzen könnten.

Im Anschluss an die Erarbeitung des Konzeptes wurde dieses durch Entwicklung eines prototypischen Tool Providers sowie eines Tool Consumers umgesetzt. Bei der anschließenden Evaluation mit LTI-zertifizierten Anwendungen wurde festgestellt, dass der Standard von den Systemen gut unterstützt wird. Sowohl der Aufruf eines externen Mathematik-Tools als auch die Einbindung des entwickelten Test-Tools in ein zertifiziertes LMS funktionierten reibungslos. Aus dieser guten Unterstützung lässt sich die Annahme ableiten, dass LTI im E-Learning durchaus als Zukunftstechnologie angesehen wird. Diese These wird ebenfalls durch die Tatsache unterstützt, dass LTI sehr aktiv weiterentwickelt wird. Allein im Jahr 2012 erschienen drei verschiedene neue Versionen des Standards. Die aktuellste Veröffentlichung ist dabei ein öffentlicher Entwurf der Version 2.0.

In dieser Version werden sich einige essentielle Veränderungen finden lassen [ims12g]. So wird der Anwendungsfall der Tool-Integration zerteilt in mehrere Sektionen. Dabei soll eine Unterscheidung zwischen Nachrichten-basierter und Service-basierter Kommunikation zwischen Tool Consumer und Tool Provider stattfinden. Zunächst soll das Tool über die gewohnte HTTP-POST-Nachricht gestartet werden. Weiterhin soll für die beiden Systemen die Möglichkeit bestehen, interne Nachrichten über die

Service-basierte Kommunikation auszutauschen. So können beliebige weitere Informationen gesendet und empfangen werden. Auch ein erweiterter Rückkanal soll dazu zählen. Dabei soll die Kommunikation nicht mehr über POX-Nachrichten stattfinden. Vielmehr sollen die übertragenen Daten im JSON-Format verpackt werden. Als Schnittstellentechnik soll die REST-Architektur zum Einsatz kommen. Durch diese Verwendung etablierter Web-Service-Mechanismen kann davon ausgegangen werden, dass die Verwendung von LTI insgesamt service-ähnlicher werden wird. Durch die flexiblere Kommunikation zwischen TC und TP kann ebenfalls abgeleitet werden, dass komplexere Daten über den Rückkanal übertragen werden können. In diesem Fall wäre eines der in der Arbeit untersuchten Probleme gelöst.

Abschließend ist hervorzuheben, dass mit dem LTI-Standard ein mächtiges, zukunftsorientiertes Verfahren entwickelt wurde, mit dem wissensfördernde Ressourcen effektiv ausgetauscht und in Lernprozesse eingegliedert werden können. Damit eröffnen sich Kursautoren und Inhaltserstellern neue Möglichkeiten, didaktische Szenarien zu konstruieren und modular aufzubauen. Zusammen mit der Idee einer offenen LTI-Tool-Datenbank auf Basis der Open Educational Resources (OER) könnte der Standard einen Weg bieten, gute und bewährte E-Learning-Ressourcen nach Bedarf und didaktischem Nutzen auszutauschen und einzubinden, um deren positiven Einfluss auf den Lernerfolg nutzen zu können – ähnlich dem in Kapitel 2.6 vorgestellten Konzept der Software as a Service (SaaS). Da LTI speziell auf die Anwendung des digitalen Lernens zugeschnitten wurde, kann dabei durchaus von "E-Learning as a Service" gesprochen werden.

## Abkürzungsverzeichnis

<b>APIP</b>	Accessible Portable Item Protocol
<b>Basic LTI</b>	Basic Learning Tools Interoperability
<b>CC</b>	Common Cartridge
<b>CP</b>	Content Packaging
<b>CSS</b>	Cascading Style Sheets
<b>DNS</b>	Domain Name System
<b>HTML</b>	Hypertext Markup Language
<b>HTTP</b>	Hypertext Transfer Protocol
<b>HTTPS</b>	Hypertext Transfer Protocol Secure
<b>IEEE</b>	Institute of Electrical and Electronics Engineers
<b>IMS</b>	IMS Global Learning Consortium
<b>LIS</b>	Learning Information Services
<b>LMS</b>	Learning Management System
<b>LOM</b>	Learning Objects Metadata
<b>LTI</b>	Learning Tools Interoperability
<b>MD</b>	Metadata
<b>OER</b>	Open Educational Resources
<b>OLAT</b>	Online Learning and Training
<b>POX</b>	Plain Old XML
<b>QTI</b>	Question & Test Interoperability
<b>REST</b>	Representational State Transfer
<b>SaaS</b>	Software as a Service
<b>SOA</b>	Service Oriented Architecture
<b>SOAP</b>	Simple Object Access Protocol
<b>TC</b>	Tool Consumer
<b>TP</b>	Tool Provider
<b>URI</b>	Uniform Resource Identifier
<b>URL</b>	Uniform Resource Locators
<b>W3C</b>	World Wide Web Consortium
<b>WSDL</b>	Web Services Description Language
<b>XML</b>	Extensible Markup Language

## Literaturverzeichnis

- [BHL08] BUXMANN, Peter ; HESS, Thomas ; LEHMANN, Sonja: Software as a Service. In: *WIRTSCHAFTSINFORMATIK* 50 (2008), 500-503. <http://dx.doi.org/10.1007/s11576-008-0095-0>. – DOI 10.1007/s11576-008-0095-0. – ISSN 0937-6429
- [BHMH02] BAUMGARTNER, Peter ; HÄFELE, Hartmut ; MAIER-HÄFELE, Kornelia: *E-Learning Praxishandbuch / Auswahl von Lernplattformen ; Marktübersicht, Funktionen, Fachbegriffe*. Innsbruck ; Wien ; München ; Bozen : StudienVerl., 2002. – ISBN 370651771X
- [BIG12] BIBLIOGRAPHISCHES INSTITUT GMBH, Mannheim: *Schnittstelle*. Webseite - Dudenverlag. <http://www.duden.de/rechtschreibung/Schnittstelle#Bedeutung2>. Version: 06 2012
- [CCMW01] CHRISTENSEN, Erik ; CURBERA, Francisco ; MEREDITH, Greg ; WEERAWARANA, Sanjiva: *Web Services Description Language (WSDL) 1.1*. W3C Recommendation. <http://www.w3.org/TR/2001/NOTE-wsdl-20010315>. Version: 03 2001
- [Dev12a] DEVERIA, Alexis: *Can I use File API?* <http://caniuse.com/fileapi>. Version: 10 2012
- [Dev12b] DEVERIA, Alexis: *Can I use Form validation?* <http://caniuse.com/#feat=form-validation>. Version: 10 2012
- [EHL09] EATON, Brian ; HAMMER-LAHAV, Eran: *OAuth Request Body Hash*. [http://oauth.googlecode.com/svn/spec/ext/body\\_hash/1.0/oauth-bodyhash.html](http://oauth.googlecode.com/svn/spec/ext/body_hash/1.0/oauth-bodyhash.html). Version: 04 2009
- [Erl08] ERL, Thomas: *SOA / Entwurfsprinzipien für serviceorientierte Architektur*. München [u.a.] : Addison-Wesley, 2008. – ISBN 9783827326515
- [FM11] FOLLATH, T. ; MÖRTENBÄCK, S.: *E-learning standards*. [http://www.ce.jku.at/nuxeo/nxfile/default/43bc41e3-c427-4a5a-afac-ea3b1f9dddee/file:content/Musterarbeit\\_CESE.pdf](http://www.ce.jku.at/nuxeo/nxfile/default/43bc41e3-c427-4a5a-afac-ea3b1f9dddee/file:content/Musterarbeit_CESE.pdf). Version: 03 2011
- [Gar01] GARDNER, Tracy: An Introduction to Web Services. In: *Ariadne Issue 29* (2001). <http://www.ariadne.ac.uk/issue29/gardner/>

- [GFRS09] GNÄGI, Florian ; FISLER, Joël ; ROTH, Sandra ; SEVCIKOVA, Renata: *OLAT 6 - Funktionsübersicht*. 2009
- [GHM<sup>+</sup>07] GUDGIN, Martin ; HADLEY, Marc ; MENDELSON, Noah ; MOREAU, Jean-Jacques ; NIELSEN, Henrik F. ; KARMARKAR, Anish ; LAFON, Yves: *SOAP Version 1.2 Part 1: Messaging Framework (Second Edition)*. W3C Recommendation. <http://www.w3.org/TR/2007/REC-soap12-part1-20070427/>. Version: 04 2007
- [Hä02] HÄFELE, Hartmut: *E-Learning Standards, betrachtet aus der didaktischen Perspektive*. 11 2002
- [Ham07] HAMMER, Eran: *Explaining OAuth*. <http://hueniverse.com/2007/09/explaining-oauth/>. Version: 09 2007
- [HK03] HETRICH, Alexander ; KOROLEVA, Natascha: *Marktstudie Learning Management Systeme (LMS) und Learning Content Management Systeme (LCMS) - Fokus deutscher Markt*. [http://www.fh-koeln.de/imperia/md/content/umeyer/lernplf\\_fraunhofer.pdf](http://www.fh-koeln.de/imperia/md/content/umeyer/lernplf_fraunhofer.pdf). Version: 06 2003
- [HL10] HAMMER-LAHAV, Eran: *The OAuth 1.0 Protocol*. Internet Engineering Task Force (IETF). <http://tools.ietf.org/html/rfc5849>. Version: 04 2010
- [HMM07] HAETSDAELE, Bruno V. ; MOFFATT, Chris ; MCKELL, Mark: *IMS LTI - Project Group Charter*. 02 2007
- [ims06a] IMS Global Learning Consortium: *IMS Question and Test Interoperability - Assessment Test, Section, and Item Information Model*. [http://imglobal.org/question/qtiv2p1pd2/imsqti\\_info2p1pd2.html](http://imglobal.org/question/qtiv2p1pd2/imsqti_info2p1pd2.html). Version: 06 2006
- [ims06b] IMS Global Learning Consortium: *IMS Question and Test Interoperability - Overview*. [http://imglobal.org/question/qtiv2p1pd2/imsqti\\_oview2p1pd2.html](http://imglobal.org/question/qtiv2p1pd2/imsqti_oview2p1pd2.html). Version: 06 2006
- [ims07] IMS Global Learning Consortium: *IMS Content Packaging Information Model*. [http://www.imglobal.org/content/packaging/cpv1p2pd2/imscp\\_info1p2pd2.html](http://www.imglobal.org/content/packaging/cpv1p2pd2/imscp_info1p2pd2.html). Version: 03 2007
- [ims10] IMS Global Learning Consortium: *IMS Basic Learning Tools Interoperability - Implementation Guide*. <http://www.imglobal.org/lti/blti/bltiv1p0/ltiBLTIimgv1p0.html>. Version: 05 2010
- [ims11a] IMS Global Learning Consortium: *IMS Common Cartridge - Implementation*. [http://www.imglobal.org/cc/ccv1p2/imsc\\_profilev1p2-Implementation.html](http://www.imglobal.org/cc/ccv1p2/imsc_profilev1p2-Implementation.html). Version: 10 2011

- [ims11b] IMS Global Learning Consortium: *IMS Common Cartridge - Overview*. [http://www.imsglobal.org/cc/ccv1p2/imscc\\_profilev1p2-Overview.html](http://www.imsglobal.org/cc/ccv1p2/imscc_profilev1p2-Overview.html). Version: 10 2011
- [ims11c] IMS Global Learning Consortium: *IMS GLC Learning Information Services Best Practice and Implementation Guide*. <http://www.imsglobal.org/lis/lisv2p0/LISv2p0BestPracticev1p0.html>. Version: 06 2011
- [ims11d] IMS Global Learning Consortium: *IMS GLC Learning Information Services Specification Primer*. <http://www.imsglobal.org/lis/lisv2p0/LISv2p0SpecPrimerv1p0.html>. Version: 06 2011
- [ims11e] IMS Global Learning Consortium: *IMS Outcomes Management Service Information Model*. <http://www.imsglobal.org/lis/lisv2p0/OMSv1p0InfoModelv2p0pd.html>. Version: 06 2011
- [ims12a] IMS Global Learning Consortium: *Background*. IMS GLC Website. <http://www.imsglobal.org/background.html>. Version: 04 2012
- [ims12b] IMS Global Learning Consortium: *Collaborations*. IMS GLC Website. <http://www.imsglobal.org/collaborations.html>. Version: 04 2012
- [ims12c] IMS Global Learning Consortium: *Contributing Members, Affiliates, and Alliance Participants*. IMS GLC Website. <http://www.imsglobal.org/membersandaffiliates.html>. Version: 04 2012
- [ims12d] IMS Global Learning Consortium: *IMS Global Developer - Catalog*. <http://developers.imsglobal.org/catalog.html>. Version: 10 2012
- [ims12e] IMS Global Learning Consortium: *IMS Global Developer - MyOpenMath*. <http://developers.imsglobal.org/course/myopenmath.html>. Version: 10 2012
- [ims12f] IMS Global Learning Consortium: *IMS Learning Tools Interoperability - Implementation Guide*. <http://imsglobal.org/LTI/v1p1p1/ltiIMGv1p1p1.html>. Version: 03 2012
- [ims12g] IMS Global Learning Consortium: *IMS Learning Tools Interoperability - Implementation Guide 2.0*. Öffentlicher Entwurf (Public Draft). <http://www.imsglobal.org/lti/v2p0pd/ltiIMGv2p0pd.html>. Version: 03 2012
- [ims12h] IMS Global Learning Consortium: *LTI Conformance Details - Canvas 2012-05-12*. <http://www.imsglobal.org/cc/detail.cfm?ID=106>. Version: 10 2012

- [itw09] *STD - standard*. IT-Wissen - IT-Lexikon für Internet, Telekommunikation, Software und Elektronik. <http://www.itwissen.info/definition/lexikon/standard-Norm-STD.html>. Version: 06 2009
- [itw10] *WS (web service)*. IT-Wissen - IT-Lexikon für Internet, Telekommunikation, Software und Elektronik. <http://www.itwissen.info/definition/lexikon/Webservice-WS-web-services.html>. Version: 03 2010
- [Jos06] JOSEFSSON, S.: *The Base16, Base32, and Base64 Data Encodings*. Standards Track. <http://tools.ietf.org/html/rfc4648>. Version: 10 2006
- [jsr11] ; Oracle (Veranst.): *JSR-000315 Java™ Servlet 3.0 (Maintenance Release)*. Spezifikation. <http://jcp.org/aboutJava/communityprocess/mrel/jsr315/index.html>. Version: 03 2011
- [Lip12a] LIPPMAN, David: *IMathAS and Learning Tools Interoperability (LTI)*. <http://www.imathas.com/lti.html>. Version: 11 2012
- [Lip12b] LIPPMAN, David: *IMathAS: BasicLTI Producer Code*. PHP Quellcode. <http://code.google.com/p/imathas/source/browse/trunk/bltilaunch.php>. Version: 11 2012
- [Lip12c] LIPPMAN, David: *MyOpenMath in Canvas - Individual placements*. Youtube Video. [http://www.youtube.com/watch?v=VHEV3\\_ljZ\\_I](http://www.youtube.com/watch?v=VHEV3_ljZ_I). Version: 06 2012
- [Mat08] MATHAS, Christoph: *SOA intern / Praxiswissen zu Service-orientierten IT-Systemen*. München ; Wien : Hanser, 2008. – ISBN 3446411895
- [Mei10] MEISSNER, Klaus: *Service Oriented Programming*. Vorlesung - Web- and Multimedia-Engineering, 06 2010
- [Nie08] NIEGEMANN, Helmut M.: *Kompendium multimediales Lernen*. Berlin ; Heidelberg : Springer, 2008. – ISBN 9783540372257
- [oer12] Creative Commons: *Education*. Webseite. <http://creativecommons.org/education>. Version: 11 2012
- [ola] Universität Zürich: *OLAT 7.0 Release Notes*. Website. <http://www.olat.org/component/content/article/14-product/release-notes/28-olat-7-0>
- [ony10] Bildungsportal Sachsen GmbH: *Onyx-Plugin - Dokumentation zur Kopplung Onyx-Testsuite und OLAT*. <http://www.bps-system.de/cms/fileadmin/Onyx/ONYX-Installation.pdf>. Version: 2010



- [ony12a] Bildungsportal Sachsen GmbH: *Funktionsübersicht Onyx-Editor*. [http://www.bps-system.de/cms/fileadmin/Onyx/Onyx\\_Editor\\_Datenblatt.pdf](http://www.bps-system.de/cms/fileadmin/Onyx/Onyx_Editor_Datenblatt.pdf). Version: 01 2012
- [ony12b] Bildungsportal Sachsen GmbH: *ONYX Player*. Website. <http://www.bps-system.de/cms/index.php?id=63>. Version: 2012
- [ony12c] Bildungsportal Sachsen GmbH: *ONYX Reporter*. Website. <http://www.bps-system.de/cms/index.php?id=60>. Version: 2012
- [Ony12d] Bildungsportal Sachsen GmbH: *ONYX Testsuite*. Website. <http://www.bps-system.de/cms/index.php?id=43>. Version: 2012
- [ony12e] Bildungsportal Sachsen GmbH: *WSDL Schnittstellenbeschreibung des ONYX-Services*. WSDL-Datei. <http://demo.bps-system.de/onyx/onyxexamservices?wsdl>. Version: 2012
- [Paw11] PAWLOWSKI, Jan: *E-Learning-Standards*. Enzyklopaedie der Wirtschaftsinformatik. <http://www.enzyklopaedie-der-wirtschaftsinformatik.de/wi-enzyklopaedie/lexikon/uebergreifendes/E-Learning/E-Learning-Methodologie/E-Learning-Standards>. Version: 10 2011
- [PD09] PHILLIPS, A. ; DAVIS, M.: *Tags for Identifying Languages*. Network Working Group. <http://www.rfc-editor.org/rfc/bcp/bcp47.txt>. Version: 09 2009
- [Roh10a] ROHLAND, Holger: *Überblick und Versuch einer Klassifikation verfügbarer Werkzeuge unter didaktischem Aspekt*. Vorlesung, Sommersemester 2010
- [Roh10b] ROHLAND, Holger: *Standards im eLearning*. Vorlesung, Sommersemester 2010
- [RS12] RANGANATHAN, Arun ; SICKING, Jonas: *File API*. W3C Working Draft 12 July 2012. <http://www.w3.org/TR/2012/WD-FileAPI-20120712/>. Version: 07 2012
- [Sev10a] SEVERANCE, Charles: *IMS Basic Learning Tools Interoperability*. Webinar. <http://vimeo.com/14100773>. Version: 08 2010
- [Sev10b] SEVERANCE, Charles: *A Primer on the IMS Basic Learning Tool Interoperability Standard*. <http://www.imsglobal.org/developers/BLTI/materials/2010-06-06-Basic-LTI-Primer.pdf>. Version: 06 2010
- [Sev11] SEVERANCE, Charles: *IMS Learning Tools Interoperability Overview (1.1)*. Webinar. <http://vimeo.com/34168694>. Version: 12 2011

- [Sev12] SEVERANCE, Charles: *IMS Learning Tools Interoperability*. Vortrag. <http://www.slideshare.net/csev/ims-learning-impact-workshop-on-lti>.  
Version: 05 2012
- [SL02] SCLATER, Niall ; LOW, Boon: *IMS Question and Test Interoperability: An Idiot's Guide*. [http://www.education.ed.ac.uk/dice/scrolla/resources/s2/idiots\\_guide.pdf](http://www.education.ed.ac.uk/dice/scrolla/resources/s2/idiots_guide.pdf). Version: 03 2002
- [SM10] SCHWARZ, Niklas ; MÜLLER, Markus: *Dokumentation zum Kurs: Polymere Verbundwerkstoffe*. Virtuelle Lernumgebungen, Sommersemester 2010, 08 2010
- [Whi12] WHITMER, Brian: *Writing LTI Stuff*. <https://lti-examples.herokuapp.com/code.html>. Version: 2012

## Abbildungsverzeichnis

2.1	Mitgliederzusammensetzung von IMS GLC . . . . .	9
2.2	Grundlegender Aufbau eines Content-Packages . . . . .	10
2.3	Anbindung von vier Tools an vier verschiedene LMS ohne standardisierte Schnittstelle . . . . .	15
2.4	Anbindung von vier Tools an vier verschiedene LMS mittels LTI . . . . .	16
2.5	Überblick über den grundlegenden Aufruf einer LTI-Anwendung und dessen Rollenverteilung . . . . .	17
2.6	Schematische Darstellung eines Rückkanals mittels LIS . . . . .	19
2.7	Schema der Verarbeitung der zwei essentiellen Authentifizierungsinformationen . . . . .	27
2.8	Schematische Darstellung der bereitgestellten LIS-Parameter und -Methoden . . . . .	31
2.9	Beispiel eines Formulars zum Erstellen eines LTI-Links beim Tool Consumer . . . . .	33
2.10	Beispiel für Wiederverwendbarkeit von Diensten in einem Softwaresystem . . . . .	38
2.11	Übersicht der drei Rollen bei der Einbindung von Services . . . . .	39
3.1	Schematische Darstellung Beziehungen zwischen den ONYX-Komponenten und dem LMS . . . . .	46
3.2	Schematische Darstellung eines ONYX Test-Aufrufs . . . . .	49
3.3	Einbinden eines externen Forums ohne LTI . . . . .	59
3.4	Einbinden eines externen Forums mit Hilfe von LTI . . . . .	60
4.1	Schematische Darstellung der beteiligten Klassen im Tool Consumer . . . . .	66
4.2	Eingabeformular für LTI-XML-Informationen im Tool Consumer . . . . .	67
4.3	Schematische Darstellung der beteiligten Klassen im Tool Provider . . . . .	72
4.4	Screenshot des Test-Tools . . . . .	73
4.5	Screenshot des Test-Tools nach Beendigung des Tests . . . . .	75
4.6	Auswertungsseite nach Beantwortung einer IMathAS-Aufgabe . . . . .	79
4.7	Hinzufügen des Test-Tools als externe Ressource in Canvas . . . . .	81
4.8	Meldung von Canvas nach Beendigung des Tools . . . . .	83
4.9	Notenübersicht für Kursautor in Canvas . . . . .	84
6.1	Analyse-Sequenzdiagramm für den Hauptanwendungsfall des Tool Consumers . . . . .	V
6.2	Analyse-Sequenzdiagramm für Hauptanwendungsfall des Tool Providers . . . . .	VI
6.3	Formulardaten im Tool Consumer zum Aufruf des Test-Tools . . . . .	VII
6.4	Test-Tool aus dem prototypischen Tool Consumer heraus gestartet . . . . .	IX
6.5	LTI-Formular, das einen IMathAS-Test startet . . . . .	X
6.6	IMathAS-Aufgabe im entwickelten Tool Consumer . . . . .	XI
6.7	IMathAS-Kurs im entwickelten Tool Consumer . . . . .	XII
6.8	Erstellung eines Assignments in Canvas, welches das externe Test-Tool referenziert . . . . .	XIII
6.9	Abspielen des Test-Tools in Canvas . . . . .	XIV

## Tabellenverzeichnis

2.1	Übersicht wichtiger IMS Standards (Auswahl) . . . . .	8
2.2	Übersicht der LTI-XML-Elemente mit den zugehörigen Startparametern . . . . .	25
3.1	Mapping von ONYX-Startinformationen auf LTI . . . . .	57
6.1	Übertragene LTI-Parameter beim Start des Test-Tools aus Canvas . . . . .	XV

## Codebeispiele

2.1	QTI Assessment-Item mit einer Auswahlinteraktion . . . . .	11
2.2	Austauschbare XML Definition eines LTI-Links . . . . .	24
2.3	POX-Nachricht zur Kommunikation zwischen Tool Provider und LIS . . . . .	30
2.4	Unsichtbares HTML Formular, welches die Startparameter des LTI-Aufrufes enthält . . . . .	34
2.5	Aus dem automatisch erstellten Formular resultierende POST-Zeichenkette . . . . .	35
2.6	Anfrage der Testplattform an den LIS-Service, ein Ergebnis für eine Testdurchführung zu speichern . . . . .	36
2.7	Antwort des LIS-Services an die Testplattform nach erfolgreicher Speicherung des Ergebnisses . . . . .	37
3.1	POX-Request zur Speicherung einer ONYX-Ergebnisdatei . . . . .	56
4.1	Ergebnisdatei grades.xml zur Speicherung der übertragenen Ergebnisse . . . . .	68
4.2	XML-Format zur Speicherung von Testinhalten . . . . .	71
6.1	WSDL-Beschreibung des ONYX-Player-Web-Services . . . . .	I
6.2	XML-Datei mit Testinhalten für die Evaluation der Prototypen . . . . .	VIII