

**Lehrstuhl für Kommunikationsnetze
Technische Universität München**

Service-Architektur für Multimediale Lehre und Netzbasiertes Lernen

Andrea Bör

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät für
Elektrotechnik und Informationstechnik der Technischen Universität München
zur Erlangung des akademischen Grades eines
Doktor-Ingenieurs
genehmigten Dissertation.

Vorsitzende: Univ.-Prof. Dr.rer.nat. Doris Schmitt-Landsiedel
Prüfer der Dissertation: 1. Univ.-Prof. Dr.-Ing. Jörg Eberspächer
2. Univ.-Prof. Dr.-Ing. Klaus Diepold

Die Dissertation wurde am 26. Oktober 2004 bei der Technischen Universität München
eingereicht und durch die Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik
am 13. Juni 2005 angenommen.

Vorwort

Ich widme diese Arbeit meinem Mann Thomas, der mich immer unterstützt und motiviert hat, und meinen Kindern Sebastian, Kristina, Kiara und Jonathan, die mir die Kraft gaben, auch in schwierigen Phasen am eingeschlagenen Weg festzuhalten.

Von ganzem Herzen danke ich meinen Eltern Gisela (in memoria) und Rudolf Hundhammer, die mir ein festes Fundament für mein privates und berufliches Leben gelegt haben.

Diese Arbeit ist während meiner Tätigkeit als wissenschaftliche Assistentin am Lehrstuhl für Kommunikationsnetze der Technischen Universität München entstanden.

Mein besonderer Dank gilt meinem Doktorvater Herrn Prof. Dr.-Ing. Jörg Eberspächer, der die vorliegende Arbeit ermöglicht und durch Diskussionen und konstruktive Anregungen zum Gelingen beigetragen hat.

Herrn Prof. Dr.-Ing. Klaus Diepold danke ich für sein durch die Übernahme des Koreferats bekundetes Interesse.

Weiterhin möchte ich meinen KollegInnen am Lehrstuhl für die angenehme und kreative Atmosphäre und ihre Unterstützung während des Fortgangs der Arbeit meinen recht herzlichen Dank aussprechen.

Meine Gedanken gelten auch den ehemaligen Kollegen, die mich ein weites Stück der Arbeit begleitet haben. Insbesondere meinem ersten Zimmerkollegen, Stefan Butenweg, der so manche Laune ertragen musste, Anton Riedl, der stets ein treuer Kritiker war und Josef Glasmann, der nie den Glauben an mich verloren hat und mir nicht nur fachlich ein guter Gesprächspartner war, möchte ich an dieser Stelle in besonderer Weise danken.

Für die engagierte Mitarbeit danke ich allen Studierenden und Diplomanden, die einen Beitrag zur vorliegenden Arbeit geleistet haben. Besonders Thomas Letsch, Jürgen Jost und Thomas Merz, die durch ihre interdisziplinären Projekte und Diplomarbeiten, an der prototypischen Implementierung des Systems mitgeholfen haben.

Mein Dank gilt auch den Vorreitern, die mir in vielen Gesprächen mit fachlichem und freundschaftlichem Rat hilfreiche Diskussionspartner waren, wie Matthias Senn, Peter Hastreiter und Sabine Rathmayer.

Ganz herzlich möchte ich mich noch bei allen bedanken, die mich auf diesem Weg begleitet haben.

München, im Sommer 2004

Zusammenfassung

Durch große Veränderungen der Lehr- und Lerngewohnheiten im Zusammenhang mit den schnellen Technologiewechseln und sich wandelnden Marktbedingungen, ist das Bildungssystem herausgefordert, verbesserte und erweiterte Lehr- und Lernmöglichkeiten anzubieten. Viele Bildungsinstitutionen bedienen sich der neuen Informationstechnologien, um den zukünftigen Anforderungen gerecht zu werden. Einen entscheidenden Beitrag dazu liefert die gesamte, technische Infrastruktur, die neben den Netzen, z.B. dem Internet, eine Vielzahl von Systemen umfasst.

In der vorliegenden Arbeit wird eine neue flexible, skalierbare Service-Architektur zur Unterstützung von multimedialer Lehre und netzbasiertem Lernen beschrieben. Zu Beginn werden dafür grundlegenden Szenarien im Rahmen von eLearning dargestellt und motiviert. Anschließend werden aus der Integration der neuen Medien in die Lehr- und Lernpraxis an Hochschulen die dafür notwendigen infrastrukturellen Voraussetzungen abgeleitet. Darauf aufbauend werden das technische Konzept einer eLearning-Infrastruktur im Hochschulbereich skizziert und die Anforderungen an eine integrierte Service-Architektur aufgestellt.

Das Ziel ist es eine Service-Architektur zu entwerfen, die sowohl im universitären Umfeld als auch in anderen Bildungseinrichtungen, den Einsatz von multimedialer Lehre und netzbasiertem Lernen ermöglicht. Um neben den allgemeinen Diensten (Services) gleichzeitig auch komplexe eLearning-Dienste vorzuhalten, wird ein integrativer Ansatz verfolgt.

Die in dieser Arbeit realisierte Service-Architektur zeichnet sich insbesondere durch Flexibilität und Erweiterbarkeit aus. Dabei wird mit dem modularen Systemansatz sowohl serverseitig wie auch clientseitig eine hohe Wiederverwendbarkeit der Komponenten garantiert. Außerdem unterstützt die Service-Architektur unterschiedlichste Lehr- / Lernszenarien und deckt auf diese Weise den gesamten Lernprozess, speziell auch in den ingenieur- und naturwissenschaftlichen Disziplinen, ab. Bei der prototypischen Implementierung wurde darauf Wert gelegt, dass das System vielseitig einsetzbar ist, was durch die Verwendung der objektorientierten, plattformunabhängigen Programmiersprache Java umgesetzt wurde.

Ein Schwerpunkt dieser Arbeit ist die Anbindung von komplexen Anwendungen über die Service-Architektur. So entstand eine prototypische Realisierung der eLearning-Service-Architektur (eLSA), die verschiedene Module eines Application-Service-Providing-Systems zur Bereitstellung von Simulationsprogrammen für Lehre und Forschung beinhaltet.

Die Architektur eLSA baut auf einem Client-Server-System auf, bei dem der Client-Rechner die Nutzbarkeit eines Browsers voraussetzt, was unter Mobilitätsaspekten eine Reihe von Endgeräten zulässt. Serverseitig verbirgt sich ein intelligentes Management System, das die Teilnehmerverwaltung und Ressourcensteuerung übernimmt, und auf ausreichende Rechnerkapazität zugreifen kann. Die Skalierbarkeit wird durch entsprechende Lastverteilungsverfahren garantiert. Neben der Ressourcenverwaltung kümmert sich das Management-System auch um geeignete Interaktivitätsunterstützung der Nutzer, speziell auch für Multi-User-Szenarien.

Gliederung

1. Einleitung	1
1.1. Ausgangssituation und Motivation	1
1.1.1. Charakteristika multimedialer Lehre und netzbasierten Lernens	2
1.1.2. Herausforderungen und Voraussetzungen	4
1.1.3. Bereitstellung von Diensten	5
1.2. Zielsetzung, Lösungsansatz und Merkmale der Service-Architektur	7
1.3. Technisches Umfeld und Einordnung dieser Arbeit	8
1.3.1. Softwaretechnische Systeme	8
1.3.2. Hardwareorientierte Systeme	8
1.3.3. Systeme aus dem eBusiness- und eLearning-Umfeld	9
1.4. Arbeit im Überblick	9
2. Multimediale Lehre und Netzbasiertes Lernen	11
2.1. Grundlagen	11
2.1.1. Begriffe	11
2.1.2. Wandel von der klassischen Lehre zum netzbasierten Lernen	13
2.1.3. Klassifizierung von eLearning nach Ort und Zeit	14
2.1.4. Vorteile und Nachteile von eLearning	15
2.2. Szenarien	17
2.2.1. Methodische Grundformen des netzbasierten Lernens	17
2.2.2. Virtuelle Hochschulen	19
2.3. Integration Neuer Medien in die Lehr- und Lernpraxis an Hochschulen	21
2.3.1. Aufbereitung lernbereiten Wissens	21
2.3.2. Infrastrukturelle Voraussetzungen	26
2.4. Pädagogische Aspekte im Rahmen von eLearning	28
2.4.1. Theoretischer Hintergrund	28
2.4.2. Didaktisches Design von Lehr- und Lernmedien	30
2.5. Fazit	32

3. Grundlegende Konzepte von eLearning-Infrastrukturen	33
3.1. Rahmenbedingungen an Hochschulen	33
3.1.1. Beispielszenario: Ingenieurwissenschaften	34
3.1.2. Anforderungen an Lernsysteme im Hochschulbereich	35
3.2. Standardisierung im Bereich eLearning	37
3.2.1. Standardisierungsgremien	37
3.2.2. Standardisierungsprozess	39
3.2.3. Metadaten-Standards für multimediale Lerninhalte	39
3.2.4. XML-Technologie	40
3.3. Lehr- und Lerntechnologien	41
3.3.1. Werkzeuge	42
3.3.2. eLearning-Systeme	44
3.3.3. Diskussion	48
3.4. Merkmale einer effizienten eLearning-Infrastruktur	50
3.4.1. Modulares Design und globale Erreichbarkeit	50
3.4.2. Effiziente, leistungsfähige Inhaltsverteilung	51
3.5. Anforderungen an eine integrierte eLearning-Service-Architektur	52
3.5.1. Allgemeine Kriterien	53
3.5.2. Lösungsansatz	54
4. eLearning-Service-Architektur eLSA	55
4.1. Dienste einer eLearning-Service-Architektur	55
4.2. Gängige Architektur-Modelle	56
4.2.1. Begriffsdefinition Architektur	56
4.2.2. Managementarchitekturen	57
4.2.3. Dienstarchitekturen	58
4.2.4. Service orientierte Systemkonzepte im eLearning-Umfeld	60

4.3. Modellierung des Gesamtsystems	64
4.3.1. Anforderungen	64
4.3.2. Drei-Schichten-Modell für verteilte Anwendungen	66
4.3.3. Verwendung offener Standards	67
4.3.4. Software Architektur	68
4.4. Schichten des eLearning-Architektur-Modells	68
4.4.1. Präsentationsschicht	69
4.4.2. Allgemeine Serviceschicht	70
4.4.3. eLearning-Serviceschicht	71
4.4.4. Ressourcenschicht	74
4.5. Spezifikation der Architektur	74
4.5.1. Funktionen einer integrierten eLearning Service-Architektur	74
4.5.2. Integration von Diensten und Anwendungen	76
4.5.3. Mehrbenutzer-Konzept	76
4.5.4. Skalierung durch Clusterrechner	77
4.6. Beschreibung der Dienste	78
4.6.1. Basisdienste	78
4.6.2. Kommunikationsdienste	82
4.6.3. Kollaborationsdienste	83
4.6.4. Abrufdienste	84
4.6.5. Autorendienste	84
4.6.6. Applikationsdienste	85
4.6.7. Zusatz- / Managementdienste	85
4.7. Zusammenfassung	85
5. Prototypische Realisierung	87
5.1. Remote Simulation	87
5.2. Überblick Managementsystem	89

5.3. Client	90
5.3.1. Daten- und Benutzermanagement/Authentifizierung	91
5.3.2. Dateigriff und Anwendungsausführung	91
5.3.3. Lizenzsystem	91
5.3.4. Nachrichtensystem	92
5.3.5. Datenbank-Administration	92
5.4. Service Architektur	93
5.4.1. Datenverwaltung und Administration	93
5.4.2. Benutzermanagement	94
5.4.3. Zugriffsrechtssystem auf Verzeichnisfreigabebasis	95
5.4.4. Simulationsmanagement	95
5.4.5. Lizenzmanagement	96
5.4.6. Nachrichtensystem	96
5.4.7. Treiber-System	97
5.4.8. Clustermanagement	98
5.5. Clusterrechner	98
5.6. Javaspezifisches Design	99
5.6.1. Java-Server	100
5.6.2. Java-Cluster	112
5.6.3. Java-Client	113
5.7. Fazit	117
6. Zusammenfassung	119
6.1. Beitrag der Arbeit	119
6.2. Ausblick	120
Literaturverzeichnis	123

Abbildungsverzeichnis

<i>Abbildung 1.1: Lernumgebung für eLearning</i>	4
<i>Abbildung 1.2: Zugangspunkt zur Bereitstellung vielfältiger Dienste</i>	6
<i>Abbildung 1.3: Beispiele von Dienstzugangspunkten</i>	6
<i>Abbildung 2.1: Übersicht der Begriffe im eLearning-Umfeld</i>	12
<i>Abbildung 2.2: Kommunikationsbeziehungen in der Lehre (klassisch)</i>	13
<i>Abbildung 2.3: Kommunikationsbeziehung in der Lehre des 21. Jahrhunderts</i>	14
<i>Abbildung 2.4: eLearning - Klassifikation nach Ort und Zeit</i>	14
<i>Abbildung 2.5: Klassifikation nach Art des Lernens</i>	17
<i>Abbildung 2.6: Multimediale Basiselemente, Anwendungen und Lernlösungen</i>	24
<i>Abbildung 2.7: Beispiel „Remote Simulation“</i>	25
<i>Abbildung 2.8: Lehrprozess-Modelle</i>	28
<i>Abbildung 3.1: Akteure beim eLearning</i>	35
<i>Abbildung 3.2: Zusammenspiel der Standardisierungsgremien im eLearning</i>	38
<i>Abbildung 3.3: Standardisierungsprozess im eLearning</i>	39
<i>Abbildung 3.4: Idealtypischer Aufbau einer Lernplattform</i>	46
<i>Abbildung 3.5: Ausgewählte, multimediale Lernszenarien</i>	49
<i>Abbildung 3.6: Merkmale einer integrierten eLearning-Service-Architektur</i>	52
<i>Abbildung 3.7: Einordnung der eLearning-Service-Architektur</i>	54
<i>Abbildung 4.1: Übersicht Dienste</i>	56
<i>Abbildung 4.2: LTSA Systemkomponenten</i>	60
<i>Abbildung 4.3: OKI Architektur</i>	62
<i>Abbildung 4.4: eLearning-Service-Architektur</i>	64
<i>Abbildung 4.5: Benutzersicht auf eLSA</i>	65
<i>Abbildung 4.6: Software-Architektur</i>	68
<i>Abbildung 4.7: Modell der eLearning-Service-Architektur</i>	69
<i>Abbildung 4.8: Lerninhalts-Management Service</i>	71
<i>Abbildung 4.9: Lern-Management Service</i>	72
<i>Abbildung 4.10: eLearning-Administrations Service</i>	72
<i>Abbildung 4.11: Prüfungs-/Bewertungs-Service</i>	73
<i>Abbildung 4.12: Funktionaler Überblick</i>	75
<i>Abbildung 4.13: Mehrbenutzer-Konzept von eLSA mittels VNC</i>	77
<i>Abbildung 4.14: Load-Balancing mit Clusterrechnern</i>	78
<i>Abbildung 4.15: Benutzerverwaltung von Teilnehmern</i>	80
<i>Abbildung 4.16: Modulare Kursverwaltung</i>	81
<i>Abbildung 4.17: Email – Kommunikation</i>	82
<i>Abbildung 4.18: Diskussionsforum</i>	83

<i>Abbildung 5.1: Service-Architektur im Projekt RESI</i>	88
<i>Abbildung 5.2: Managementsystem der Service-Architektur</i>	89
<i>Abbildung 5.3: Funktionsübersicht - Client</i>	90
<i>Abbildung 5.4: Funktionsübersicht – Service-Architektur</i>	93
<i>Abbildung 5.5: Treiber-Konzept</i>	97
<i>Abbildung 5.6: Klassenstruktur des Benutzermanagements</i>	101
<i>Abbildung 5.7: Simulationsmanagement</i>	103
<i>Abbildung 5.8: Klassenstruktur des Nachrichtensystems</i>	107
<i>Abbildung 5.9: Klassenstruktur des Treibermanagements</i>	109
<i>Abbildung 5.10: Klassenstruktur des Clusterrechners</i>	112
<i>Abbildung 5.11: Übersicht Java-Client</i>	113

Tabellenverzeichnis

<i>Tabelle 1.1: Gründe für eLearning</i>	3
<i>Tabelle 2.1: Kategorisierung der Begriffe nach Rollen</i>	12
<i>Tabelle 2.2 Kategorisierung der Inhaltsbausteine</i>	21
<i>Tabelle 3.1: Überblick über den Funktionsumfang einzelner eLearning-Systeme</i>	48
<i>Tabelle 5.1: Simulatorunabhängige und -abhängige Parameter</i>	95
<i>Tabelle 5.2: Datenbanktabelle „group“</i>	100
<i>Tabelle 5.3: Datenbanktabelle „user“</i>	101
<i>Tabelle 5.4: Datenbanktabelle „directories“</i>	102
<i>Tabelle 5.5: Datenbanktabelle „simulations“</i>	104
<i>Tabelle 5.6: Datenbanktabelle „license“</i>	106
<i>Tabelle 5.7: Datenbanktabelle „message“</i>	108
<i>Tabelle 5.8: Datenbanktabelle „simulator“</i>	109
<i>Tabelle 5.9: Datenbanktabelle „balancing“</i>	110

1. Einleitung

1.1. Ausgangssituation und Motivation

Die Informationstechnologie (IT) zählt heute zu den tragenden Säulen des modernen Industriezeitalters und wird in Zukunft weiter in den beruflichen und privaten Bereich des Menschen vordringen. Der Übergang von der Industriegesellschaft zur Wissensgesellschaft verändert Wirtschaftsstrukturen und Arbeitswelten. Unternehmen verändern ihre Strukturen und Arbeitsabläufe parallel zu den Anforderungen der Märkte, in denen sie sich bewegen. So ist heute kaum noch einen Arbeitsplatz ohne modernste Informations- und Kommunikationstechnologien vorstellbar.

Auch die Aus- und Weiterbildung bedient sich der neuen Technologien. Arbeiten und Lernen verschmelzen zunehmend. Die Vernetzung der Arbeitsplätze und die Integration von multimedialen Lernsystemen, Medien und Wissensbeständen ermöglichen neue, flexible Formen des Lernens. Letztendlich wird das Wissen durch Lernen erzeugt und erweitert, und generiert dadurch in Unternehmen sowie der Gesellschaft Innovationen.

Angesichts dieser Entwicklung ist es kein Wunder, dass das Schlagwort vom "lebenslangen Lernen" immer häufiger verwendet wird. Eine solide Ausbildung und die traditionellen Weiterbildungsformen allein vermögen den Qualifizierungsbedarf nicht zu decken. Schülern, Studenten und Mitarbeitern muss eine enorme Wissensmenge in immer kürzerer Zeit zur Verfügung gestellt werden. Bei der Verwirklichung neuer Lernmethoden kommt den neuen Informations- und Kommunikationstechnologien eine wachsende Bedeutung zu. Dabei stellt die Technologie nicht nur ein grundlegendes Hilfsmittel dar, sondern ist unmittelbar mit dem Lernprozess verbunden. Das Internet als Symbol der Informationsgesellschaft spielt hierbei eine entscheidende Rolle.

Viele Institutionen und Unternehmen begegnen den enormen Herausforderungen im Bildungswesen mit der Entwicklung und dem Einsatz von **multimedialer Lehre** und einem erweiterten Angebot zum **netzbasierten Lernen**. Unter dem Begriff *eEducation* (auch: *TeleEducation*) wird in verstärktem Maße das Ziel verfolgt, Lehren und Lernen hinsichtlich Zeit und Raum zu flexibilisieren. *TeleTeaching* (Fernlehre) ist eine Weiterentwicklung des klassischen Fernunterrichtes, wie er z.B. seit Jahren in Deutschland über das TeleKolleg des Bayerischen Fernsehens oder die Fernuniversität Hagen angeboten wird, basiert aber auf modernster Computer- und Netztechnologie.

Spätestens durch die zunehmende Anzahl geeigneter Lernplattformen und Managementsysteme für die Bereitstellung der Datenmengen und die steigende Verbreitung breitbandiger und sicherer Kommunikationsnetze für den schnellen Transport von digitalen Kommunikations- und Informationsdaten bekommt das *TeleTeaching* eine neue Qualität. Mit Hilfe dieser neuen Medien können aktuelle Lerninhalte rasch zur Verfügung gestellt werden. Die Kommunikation und Kooperation zwischen Lehrenden und Lernenden sowie innerhalb von Lerngruppen wird unterstützt und neue Interaktionsmöglichkeiten entstehen.

So entwickelte sich das computergestützte Lernen, bei dem als Werkzeug zur Wissensvermittlung ein Computer verwendet wird, hin zum netzbasierten Lernen. Dies eröffnet der neuen Generation von Lernenden in Schulen, Hochschulen, Aus- und Weiterbildungseinrichtungen beim *eLearning* („*electronic*“ *Learning*, elektronisches Lernen) vielfältige, grenzenübergreifende Möglichkeiten des Wissens- und Erfahrungsaustausches.

1.1.1. Charakteristika multimedialer Lehre und netzbasierten Lernens

Chancen

Neben der zeitlichen und räumlichen Flexibilität für den Lernenden bietet das Unterrichten mit neuen Technologien besondere Möglichkeiten der Präsentation von Lerninhalten (Content) und fördert deren Anschaulichkeit. Die Inhalte werden durch die Kombination von Text, Grafik, Bildern, Videos und Ton, wie z.B. geeignete Computer-Animationen und Simulationsprogramme, interessant aufbereitet. Dabei können komplexe Zusammenhänge häufig in kürzerer Zeit verdeutlicht werden. In Verbindung mit der aktiven Beteiligung des Lerners am Prozess ergibt sich eine nachweislich höhere Lerneffektivität, da im Gegensatz zum klassischen Frontalunterricht mehrere Wahrnehmungskanäle angesprochen werden.

Vielfältige Interaktionsmöglichkeiten, wie Manipulation, lineares und hierarchisches Navigieren, interaktive Hilfe, Rückmeldung, Konstruktion, Reflexion und Simulation, motivieren den Teilnehmer beim eLearning ([Eul95], [RS96]) in besonderer Weise. Exploratives Lernen, interaktive Übungen und der Austausch mit Kommilitonen zeichnet die hohe Aktivität des Lerners aus. Selbstgesteuertes, vorwissensabhängiges, selektives Lernen berücksichtigt den persönlichen Lerntyp und gibt dem Lernenden die Chance sein individuelles Tempo mit beliebigen Wiederholungsmöglichkeiten zu finden. Lernkontrollen unterstützen die Selbstorganisation des Lernens und tragen so zur Individualisierung des Lernprozesses bei. Zusätzlich wird das Lernen aus Interesse gefördert und so in den meisten Fällen die Effektivität des Wissenserwerbs erhöht und die Lerndauer durch die individuelle Selektion der Inhalte verringert. Voraussetzung hierfür ist jedoch, dass die Medien gut aufeinander abgestimmt sind [Hel92].

Durch den Einsatz multimedialer Lehre und netzbasierten Lernens ergeben sich erhebliche Chancen in der primären Ausbildung an Schulen und Universitäten sowie in der Fort- und Weiterbildung von Mitarbeitern in Unternehmen. Für den Einsatz von eLearning-Anwendungen in Unternehmen spricht zudem die gleich bleibende Qualität, weil das Wissen ursprünglich von Fachexperten konsolidiert wurde, wodurch auch umfangreiche Qualifizierungsmaßnahmen in kurzer Zeit realisierbar sind. Außerdem können die Schulungen mehrsprachig und zeitgleich an verschiedenen Niederlassungen eines Unternehmens durchgeführt werden. Verbunden mit der Reduktion von Ausfallzeiten, der Reiseaufwendungen und verringerter allgemeiner Schulungskosten zieht dies ein enormes Kosteneinsparungspotential nach sich. Nicht zuletzt schlägt sich die Flexibilität des Wissenserwerbs auch in der Verkürzung der Schulungszeit und somit auf die Reaktionszeit am Markt nieder. Dafür hat sich in einigen Bereichen der Begriff Just-in-Time-Lernen etabliert, d.h. ein an den Erfordernissen der aktuellen Lebens- und Arbeitssituation ausgerichtetes Lernen.

eLearning öffnet verschiedenen Bevölkerungsschichten (Kindern, Schülern, Studenten, Mitarbeitern und Rentnern) den Zugang zu unterschiedlichsten Bildungsmöglichkeiten unabhängig von Ort und Zeit und auch unabhängig von Land und Herkunft. Dabei stellt sich heutzutage nicht mehr die Frage, ob eLearning sinnvoll ist oder in Zukunft als Erweiterung der klassischen Ausbildung gesehen werden sollte. Zumindest in den

Industriestaaten leben wir längst schon in einer e-Society. Das Arbeiten und Lernen am Computer gehört zum Arbeitsalltag. eLearning ist keine Alternative sondern eine Ergänzung und eine Erweiterung zu bisherigen Lehrmethoden (siehe Tabelle 1.1).

Für Unternehmen ist eLearning zudem ein wichtiges Mittel zur Erhaltung und Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit und hat damit eine enorme strategische Bedeutung. Im Bereich der Lehrangebote an Universitäten und anderen Bildungseinrichtungen werden der Einsatz neuer Technologien und die Umsetzung von eLearning-Konzepten zukünftig essentiell sein, um sich auf dem weltweiten Wissensmarkt zu positionieren und zu behaupten.

Ökonomische Komponente	<ul style="list-style-type: none"> • Reduzierung der Bildungsnebenkosten • Reduzierung der Entwicklungskosten
Distributive Komponente	<ul style="list-style-type: none"> • Verfügbarkeit des Wissens (Zugriff) • Aktualität des Wissens (Update)
Soziale Komponente	<ul style="list-style-type: none"> • Regionale Zugriffsbeschränkung auf Wissen • Soziale Zugriffsbeschränkung auf Wissen (Behinderte, Erziehende, Arbeitslose)
Methodisch-Didaktische Komponente	<ul style="list-style-type: none"> • Offenes Lernen • Anforderungsorientiertes Lernen (Just-In-Time Learning) • Post-Education-Support

Tabelle 1.1: Gründe für eLearning

Risiken

Wie jede neue Entwicklung, birgt auch eLearning einige Risiken in sich. Aussprüche wie „Technik besiegt den Menschen“ oder „Das Lernen wird unpersönlicher!“ spiegeln einige Ängste wieder. Sicher ist mit der Anonymität im Netz auch die mögliche Gefahr einer Reduktion der Sozialkontakte verbunden. Dies wird auch durch etliche Untersuchungen bestätigt, in denen festgestellt wurde, dass über 50% der Unternehmen den Wegfall von sozialer Interaktion bei eLearning als größtes Problem bei der Umsetzung von eLearning-Strategien erachten. Fast ebenso stark ins Gewicht fallen der Aufwand, der für die Lernsysteme betrieben werden muss und die mangelnde Akzeptanz seitens der Benutzer. Hiermit verbunden ist die Anstrengung auf der Suche nach wirklicher Benutzerfreundlichkeit bei eLearning-Systemen.

Besonders an Schulen und Universitäten könnten die Verbreitungsmöglichkeiten von eLearning zu leeren Klassenräumen und Hörsälen führen und die Bildungsträger folglich zu Einsparung redundanter Unterrichtsstunden/Vorlesungen veranlassen, was vom Lehrkörper sicher nicht erstrebenswert scheint. Zudem besteht die Gefahr, dass im Hochschulbereich einige erstklassige Bildungseinrichtungen durch umfangreiche eLearning Angebote kleinere bzw. nicht entsprechend ausgestattete Hochschulen aus dem Markt verdrängen, und so im Laufe der Zeit die Gefahr von Wissensmonopolstellungen für bestimmte Fachgebiete entstehen könnten. Eine große Herausforderung hierbei ist sicher auch die Akkreditierung von Studien- und Ausbildungsgängen und die damit einhergehende Qualitätssicherung.

Vielerorts fehlen bislang noch vernünftige Ideen und Konzepte wie die neuen Medien effizient eingesetzt und in einen neu definierten Lernprozess sinnvoll eingebunden werden können. Viele Vorteile und Versprechungen müssen erst in der konkreten Umsetzung verifiziert werden. So sollen zum Beispiel Online-Kurse für möglichst viele Lerner ansprechend sein und gleichzeitig auch auf die individuellen Bedürfnisse des Einzelnen eingehen. Dabei gibt es getrennte Meinungen, ob diese Ziele miteinander vereinbar sind.

Bei staatlichen Einrichtungen, wie z.B. an deutschen Universitäten, verursacht die Einführung der neuen Medien in den Lehrbetrieb enorme zusätzliche Ausgaben, um die entsprechenden infrastrukturellen Voraussetzungen zu schaffen. Zudem gibt es Befürchtungen, dass durch die nicht geringen Kosten, die jeder einzelne für die individuelle Ausstattung, wie z. B. eines Computers und eines Netzanschlusses, benötigt, die Bildungschancengleichheit gefährdet ist. Weltpolitisch gesehen ist eine steigende Diskrepanz auf dem Bildungssektor zwischen Entwicklungs- und Industrieländern zu erwarten, wenn nicht geeignete Fördermaßnahmen ergriffen werden.

1.1.2. Herausforderungen und Voraussetzungen

Wie zuvor erwähnt, stellt die ständig zunehmende Menge an Informationen und Innovationen bei gleichzeitiger Abnahme der Halbwertszeit von Wissen unsere Bildungseinrichtungen und auch die Unternehmen und ihre Mitarbeiter permanent vor neue Herausforderungen. Lernen und fortlaufendes Training werden zu lebenslangen Aufgaben. eLearning kann erheblich zur Erfüllung der neuen Lernanforderungen beitragen. Dabei spielt das Internet als Informationsbasis, Kommunikationsmedium und Träger von maßgeschneiderten Lern- und Trainingsangeboten eine zentrale Rolle.

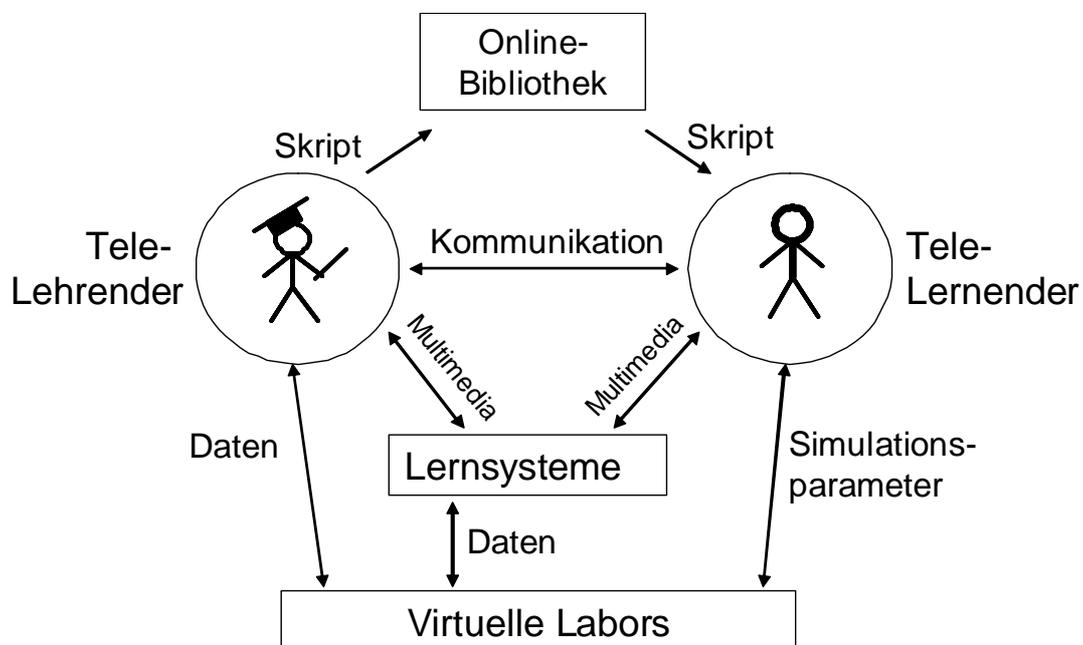


Abbildung 1.1: Lernumgebung für eLearning

Selbstverständlich müssen zur erfolgreichen Umsetzung netzbasierten Lernens und multimedialer Lehre verschiedene persönliche und soziale Grundlagen vorhanden sein.

Wichtige Schlüsselqualifikationen und Kernkompetenzen bei Lernenden und Lehrenden sind erforderlich, wie z.B. Technikkompetenz, Selbststeuerungskompetenz, Kooperationskompetenz und Medienkompetenz. Außerdem wird sich neben dem Aufbau von Beziehungen und Vertrauen eine neue Werte-Ordnung entwickeln müssen. Auch die Lehr- und Lernmethoden werden sich dabei entscheidend verändern [Man02].

Oberstes Ziel ist es eine geeignete **Lernumgebung für eLearning** (Abbildung 1.1) zu schaffen. Im weitesten Sinne versteht man darunter einen „virtuellen Raum“, in dem sich die Lehrenden und Lernenden während des Lernprozesses bewegen. Diese Umgebung umfasst: TeleLernende, TeleLehrende, häufig auch als TeleTutoren bezeichnet, Online-Bibliotheken und Lernsysteme zur Bereitstellung multimedialer Inhalte. Auch virtuelle Labors stellen in den ingenieur- und naturwissenschaftlichen Disziplinen eine wichtige Komponente dar, um den gesamten Lehr- / Lernprozess multimedial und netzbasiert abbilden zu können, und werden im Rahmen dieser Arbeit explizit betrachtet. Im Folgenden werden die Anforderungen an die oben genannte Lernumgebung zusammengefasst.

1.1.3. Bereitstellung von Diensten

Die Basis für eine erfolgreiche Umsetzung von eLearning-Szenarien ist eine technische Infrastruktur, die verschiedenste Lernformen ganzheitlich unterstützt. An einem **Bildungsinstitut** (Hochschule) gehören die Räume (Hörsäle) zur infrastrukturellen Grundausrüstung. Für die Durchführung multimedialer Lehrveranstaltungen müssen diese jedoch um einige spezielle Komponenten, wie Beamer, Audio- / Videokonferenz-Systeme, elektronisches Whiteboard, etc. ergänzt werden [Boe00]. Breitbandige Netze sind ein essentieller Bestandteil der technischen Grundausrüstung zur schnellen Übertragung der Daten.

Neben den infrastrukturellen Voraussetzungen an der Bildungseinrichtung ist für das erfolgreiche Ausgestalten des computer- und netzbasierten Lern-Szenarios auch beim Teilnehmer (Lernender, Lehrender) eine technische Basisausstattung notwendig. Auf der **Teilnehmer**-Seite setzen die meisten eLearning-Szenarien für den Lernenden einen Computer oder ein vergleichbares Endgerät voraus. Der Rechner sollte multimedia- und kommunikationsfähig sein

Auch die Rechen- und Medienzentren der Bildungseinrichtungen tragen bei der Durchführung von eLearning-Veranstaltungen entscheidend zum dauerhaften und nachhaltigen Erfolg bei. Mit ihrem fachlichen und technischen Support unterstützen diese Einrichtungen die Lehrenden bei der systematischen, multimedialen Aufbereitung lernbereiten Wissens (Abschnitt 2.3.1).

Aus den Anforderungen resultierend wollen die TeleLernenden ebenso wie die TeleLehrenden im virtuellen Raum verschiedene **Dienste (Services)** in Anspruch nehmen. Eine Bildungseinrichtung muss daher entsprechende technische Systeme zur Verfügung stellen, die alle für einen effizienten Lehrbetrieb erforderlichen Dienste (Abschnitt 4.3.), beinhalten. Im Idealfall bietet die Bildungseinrichtung einen **Dienst-Zugangspunkt** an.

Via Internet (Abbildung 1.2) kann sich der Lernende mit der Lernumgebung verbinden und dort auf diverse Informations-, Kommunikations- (z.B. Videokonferenzen) und Kooperations- / Kollaborationsdienste zugreifen.

Allgemein dienen als Grundlage zentrale Basisdienste, wie z.B. die Nutzerverwaltung. Bei komplexeren eLearning-Szenarien wird der Teilnehmer zusätzlich spezielle eLearning-Dienste nutzen.

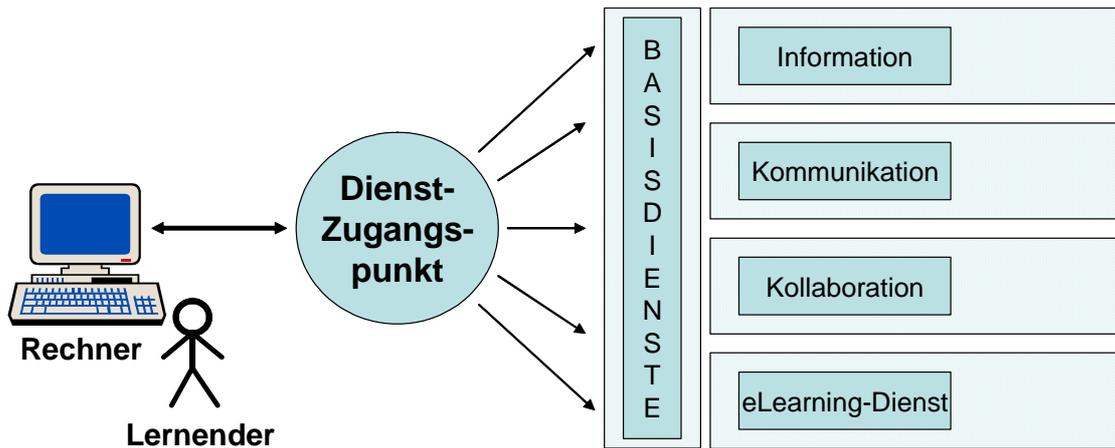


Abbildung 1.2: Zugangspunkt zur Bereitstellung vielfältiger Dienste

Im Laufe der Zeit haben sich unterschiedliche Ausprägungen als Dienst-Zugangspunkte herausgebildet. Neben den weithin bekannten Portallösungen, über die der Lernende auf ausgewählte Informationen im Netz zugreifen kann (Informationsdienst), entwickelten sich eine Vielzahl von Systemen zur Verwaltung und Bereitstellung von (Lern-) Inhalten, wie z.B. (Lern-) Plattformen und (Learning) Content Management Systemen. Da die Begriffe in der Literatur nicht einheitlich verwendet werden, gehen wir in Abschnitt 3.2.3 noch detailliert auf die Merkmale der einzelnen Systeme ein.

Die weiteren Zugangspunkte weisen über den reinen Informationsdienst hinaus zusätzliche Funktionalitäten auf (Abbildung 1.3). Eine Lernplattform bietet in der Regel auch Möglichkeiten zur Kommunikation der Lernenden mit den Dozenten bzw. der Teilnehmer untereinander, wohingegen ein Content Management System Kollaborationsszenarien unterstützt. Jedoch werden bislang nicht alle für das eLearning notwendige Dienste durch die vorhandenen Systeme abgedeckt. Für einige Services gibt es spezielle Werkzeuge und Software-Programme, wieder andere sind bis heute nur schwer über das Internet zugänglich. So können Simulationen, wie sie zur Veranschaulichung und zum besseren Verständnis komplexer Zusammenhänge z.B. auf dem Lehrgebiet der Kommunikationsnetze verwendet werden, selten adäquat in ein Lernszenario eingebunden werden. Aus diesem Grund soll in der vorliegenden Arbeit eine Service-Architektur konzipiert werden, die den gesamten Lernprozess – insbesondere bei den ingenieur- und naturwissenschaftlichen Fächern – umfassend unterstützt, und daher neben den allgemeinen Diensten auch komplexe eLearning-Anwendungen, wie Simulationsprogramme, bereitstellen kann.

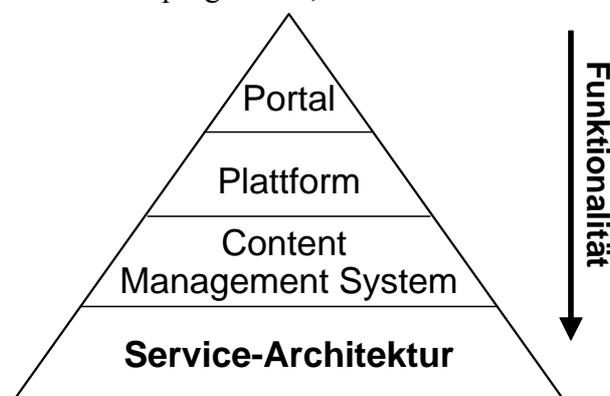


Abbildung 1.3: Beispiele von Dienstzugangspunkten

1.2. Zielsetzung, Lösungsansatz und Merkmale der Service-Architektur

Ziel der vorliegenden Arbeiten ist es eine vielseitig einsetzbare Service-Architektur zu entwerfen, die sowohl im universitären Umfeld als auch in anderen Bildungseinrichtungen, den Einsatz von multimedialer Lehre und netzbasiertem Lernen ermöglicht. Dabei wird ein integrativer Ansatz verfolgt, um verschiedene eLearning-Dienste mit einzubeziehen.

Die in dieser Arbeit realisierte Service-Architektur zeichnet sich insbesondere durch Flexibilität und Erweiterbarkeit aus. Dabei wird mit dem modularen Systemansatz eine hohe Wiederverwendbarkeit der Komponenten garantiert. Außerdem unterstützt die Service-Architektur unterschiedlichste Lehr- / Lernszenarien und deckt auf diese Weise den gesamten Lernprozess, speziell auch in den ingenieur- und naturwissenschaftlichen Disziplinen, ab.

Einen Schwerpunkt dieser Arbeit bildet daher die Anbindung von komplexen Anwendungen über die Service-Architektur. So entstand eine prototypische Realisierung der eLearning-Service-Architektur (eLSA), die verschiedene Module eines Application-Service-Providing-Systems zur Bereitstellung von Simulationsprogrammen für Lehre und Forschung beinhaltet.

Als **Lösungsansatz** wurde der Aufbau eines Client-Server-Systems gewählt, bei dem der Client-Rechner die Nutzbarkeit eines Browsers voraussetzt, was unter Mobilitätsgesichtspunkten eine Reihe von Endgeräten heutzutage zulässt. Serverseitig verbirgt sich ein intelligentes Management System, das die Teilnehmerverwaltung und Ressourcensteuerung übernimmt, und auf ausreichende Rechnerkapazität zugreifen kann. Die Skalierbarkeit wird durch entsprechende Lastverteilungsverfahren garantiert. Neben der Ressourcenverwaltung kümmert sich das Management-System auch um geeignete Interaktivitätsunterstützung der Nutzer, speziell auch für Multi-User-Szenarien. Die in dieser Arbeit konzipierte und realisierte eLearning Service-Architektur zeichnet sich insbesondere durch folgende **Merkmale** aus:

- Anpassbarkeit an verschiedene Lehr-/Lernszenarien und Unterstützung komplexer Anwendungen
- Flexibilität und Erweiterbarkeit durch den modularen Systemansatz, der sowohl serverseitig wie auch clientseitig eine hohe Wiederverwendbarkeit der Komponenten garantiert;
- Globale Erreichbarkeit der Dienste und hohe Systemverfügbarkeit
- Skalierbare und leistungsfähige Infrastruktur

Des Weiteren wurde bei der prototypischen Implementierung darauf geachtet, dass das System durch die Verwendung der objektorientierten Programmiersprache Java plattformunabhängig einsetzbar ist.

1.3. Technisches Umfeld und Einordnung dieser Arbeit

An dieser Stelle wird kurz auf Konzepte und Systeme eingegangen, die in engem Zusammenhang mit der in dieser Arbeit vorgestellten Service-Architektur stehen. Weitere Details und eingehende Analyse des Stands der Technik im Bereich der Lehr- und Lerntechnologien finden sich in Kapitel 3. Zudem wird in Kapitel 4 im Zusammenhang mit dem Verwalten von Diensten gesondert auf das Umfeld der Management- und Dienst-Architekturen eingegangen.

In diesem dynamischen Bereich entsteht derzeit eine Vielzahl von neuen Systemen, die verschiedenste eLearning Dienste unterstützen. Dabei werden sowohl von klassischen IT-Firmen als auch aus dem universitären Umfeld unterschiedliche Produkte und neue Konzepte vorgestellt. Obwohl oder gerade weil es sich hierbei um ein neues Feld handelt, gibt es auch in der Literatur keine einheitlichen Definitionen und Kategorisierung der einzelnen Technologien. Zum einen hat sich der Einsatz neuer Medien in Lehr- / Lernszenarien nicht nur an den deutschen Hochschulen in den letzten Jahren erhöht, sondern auch die Einsatzszenarien haben sich erheblich erweitert. In einer Studie der HIS-GmbH aus dem Jahr 1996 [LHK96] wurde aufgeführt, dass die meisten Projekte im Hochschulbereich die neuen Medien und die Möglichkeiten des WWW nur zur Informationsbeschaffung bzw. zur Bereitstellung von Informationen verfolgten, wie z. B. das Angebot von Vorlesungsskripten, Literaturhinweisen, Terminen etc. In der Mehrzahl wurden also textbasierte Materialien im Internet verfügbar gemacht.

Inzwischen kommen auch neue und innovative Lehr- / Lernformen zum Einsatz. In einer Erhebung zum Stand der virtuellen Universität in Deutschland [ZBM02] konnte festgestellt werden, dass ein Großteil der durch das BMBF im Rahmen der Maßnahme „Neue Medien in der Bildung“ geförderten Projekte die neuen Medien nicht einfach nur als Ergänzung zur traditionellen Lehre einsetzen, sondern auch anspruchsvollere methodische Konzeptionen beschreiben. Entsprechend dieser neuen Konzepte haben sich auch die Systeme für das Management der Anwendungen und Dienste stark verändert.

1.3.1. Softwaretechnische Systeme

Wie bereits erwähnt, werden softwaretechnisch verschiedene Systeme (Portale, Plattformen, Content Managementsysteme) zur Verwaltung, Bereitstellung und Verteilung von Inhalten und Services entwickelt. Inzwischen gibt es eine Reihe von Studien, die sich mit der Kategorisierung von Lernplattformen auseinandersetzen [Sch03; BHM02] und eine unüberschaubare Anzahl von Kriterienkatalogen zur Bewertung von Lernplattformen [PB01]. Beobachter des eLearning-Markts halten dabei folgende Unternehmen für besonders wichtige Repräsentanten: Blackboard, Centra, Click2Learn, Clix, Digital Think, Docent, Ecollege.com, Eloquent, Hyperwave, Interwise, Learn2, Saba und SmartForce. Davon werden in heutiger Perspektive Docent und Saba langfristig als Marktführer eingeschätzt.

1.3.2. Hardwareorientierte Systeme

Darüber hinaus sind aber auch hardwaretechnische Aspekte bei der Konzeptionierung einer leistungsfähigen Service-Architektur von großer Bedeutung. In diesem Umfeld beschäftigen sich große IT-Unternehmen wie z.B. IBM, Citrix Systems GmbH und SUN Microsystems mit der Entwicklung neuer Server-Lösungen. Speziell der Bereich

des Web Switching scheint für die Anforderungen eines Service-Verteilensystems interessante Skalierungs-Möglichkeiten zu bieten. So hat Cisco Systems im Mai 2000 die Firma ArrowPoint Communications, einen Hersteller von Content-Switches zur optimierten Übertragung von Webinhalten übernommen, um ihr Produkt-Portfolio sinnvoll zu ergänzen und die Marktführerschaft auf dem Netzbereich weiter auszubauen. Ähnlich gelang es Nortel Networks durch den Zukauf der Alteon Produktpalette sein Angebot zu vervollständigen.

1.3.3. Systeme aus dem eBusiness- und eLearning-Umfeld

Auch derzeit im eBusiness-Bereich eingesetzte Web-Portal-Lösungen, wie z.B. von den Firmen Siebel Systems oder abaXX Technology, weisen einige Funktionen auf, die für das Application Service Providing (ASP) vergleichbare Dienste anbieten [Rog01], wie wir sie zukünftig im eLearning Bereich finden werden [BJ01b, Boe02a]. Da es sich hierbei aber um verschiedene Marktsegmente und Kundenfokussierungen handelt, hat ein Austausch, insbesondere was das technische Realisierungspotential betrifft, bislang nicht stattgefunden.

Aus diesem Grund wollen wir uns im Weiteren schwerpunktmäßig auf vergleichbare Realisierungen und Konzepte aus dem eLearning Bereich bzw. dem universitären Umfeld beschränken.

Hierbei sei insbesondere das Sakai-Projekt [SAKAI04] erwähnt, bei dem die University of Michigan, die Indiana University, das MIT und die Stanford University eng mit dem uPortal Consortium [uPortal] und der Open Knowledge Initiative [OKI] zusammenarbeiten. Ziel dieser Partnerschaft ist die gemeinsame Entwicklung eines eLearning-Frameworks, das als Open-Source-Software vertrieben werden soll. Für weitergehende Informationen sei an dieser Stelle auf Abschnitt 0 verwiesen, in dem die OKI-Architektur näher vorgestellt wird.

1.4. Arbeit im Überblick

In der vorliegenden Arbeit wird eine neue skalierbare Service-Architektur zur Unterstützung multimedialer Lehre und netzbasierten Lernens beschrieben.

Kapitel 2 befasst sich mit den Begriffsdefinitionen und grundlegenden Szenarien im Rahmen von eLearning und geht auf die Integration der neuen Medien in die Lehr- und Lernpraxis an Hochschulen ein. Dabei spielt neben den infrastrukturellen Voraussetzungen die Aufbereitung von (eLearning-)Inhalten eine wichtige Rolle. Außerdem wird auf die pädagogischen Grundlagen eingegangen und der theoretischer Hintergrund bezüglich der Lehr- und Lerntheorien beleuchtet.

Kapitel 3 geht auf das technische Konzept einer eLearning-Infrastruktur im Hochschulbereich ein und stellt die Rahmenbedingungen vor. Anschließend werden die Standardisierungsgremien mit den aktuellen Themen und der Standardisierungsprozess innerhalb der eLearning Community aufgezeigt. Nachdem der momentane Stand der Technik im Bereich Lehr- und Lerntechnologien diskutiert wurde, folgt dann eine Auflistung der Merkmale für eine effiziente eLearning-Infrastruktur und die Anforderungen an eine integrierte Service-Architektur.

Kapitel 4 beschreibt und spezifiziert schließlich die im Rahmen dieser Arbeit entwickelte eLearning-Service-Architektur (eLSA). In diesem Zusammenhang wird ein Überblick über die Vielfalt der Dienste (Services) gegeben und detailliert auf die Beschreibung derselben eingegangen.

Im Weiteren werden gängige Architektur-Modelle im Bereich von Management- und Dienstarchitekturen vorgestellt, bevor auf die Service orientieren Systemkonzepte im eLearning-Umfeld eingegangen wird.

Schließlich wird das Gesamtsystem der eLearning-Service-Architektur modelliert. Ausgehend von den Anforderungen aus Sicht der Akteure und der Komponenten werden die Merkmale einer Service-Architektur für multimediale Lehre und netzbasiertes Lernen abgeleitet. Daran anschließend wird eLSA anhand des Systemkonzepts und der Software Architektur skizziert und die Schichten des eLearning-Architektur-Modells detailliert beschrieben. Darauf aufbauend wird letztendlich die eLearning-Service-Architektur technisch spezifiziert.

Kapitel 5 stellt den Aufbau und die prototypische Realisierung des Managementsystems der eLearning-Service-Architektur eLSA vor. Ein spezieller Schwerpunkt dieser Arbeit war, die Anbindung von Simulationsprogrammen über die Architektur zu unterstützen. So wird zunächst das RESI-Projekts (REmote SIMulations-Projekt) vorgestellt, in dessen Rahmen verschiedene Module eines Application-Service-Providing-Systems zur Bereitstellung von Simulationen für Lehre und Forschung entwickelt und implementiert wurden. Im Anschluss wird dann das Managementsystem detailliert skizziert, welches ein Kernstück für komplexe eLearning-Anwendungen, wie Simulationsprogramme, bildet.

Kapitel 6 fasst schließlich die wesentlichen Neuerungen und Ergebnisse dieser Arbeit zusammen.

2. Multimediale Lehre und Netzbasiertes Lernen

Am Übergang von der Informationsgesellschaft zur Wissensgemeinschaft sind die Lehr- und Lerngewohnheiten großen Veränderungen unterworfen. Im Zusammenhang mit den schnellen Technologiewechseln und sich verändernden Marktbedingungen, ist das Bildungssystem herausgefordert, verbesserte und erweiterte Lehr- und Lernmöglichkeiten anzubieten [BGH02].

Wie bereits in Kapitel 1 beschrieben, bedienen sich viele Bildungsinstitutionen - staatliche wie betriebliche Einrichtungen - der neuen Informationstechnologien, um den zukünftigen Anforderungen gerecht zu werden. Der folgende Abschnitt wird nun die Motivation dahinter beleuchten, die Voraussetzungen spezifizieren und verschiedene Szenarien für multimediale Lehre und netzbasiertes Lernen aufzeigen.

So werden am Anfang dieses Kapitel die Begriffe und Fachausdrücke im Bereich eLearning, wie sie in vorliegender Arbeit interpretiert werden, aufgeführt und definiert. Zudem werden grundlegende pädagogischen Aspekte beschreiben und entsprechende infrastrukturelle Voraussetzungen für die Aufbreitung von lernbereitem Wissen dargelegt. Viele der vorgestellten Szenarien finden Verwendung im gesamten Bildungsbereich und sollen anhand von konkreten Beispielen aus dem Hochschulbereich veranschaulicht werden.

2.1. Grundlagen

An dieser Stelle sollen die im Rahmen der Arbeit verwendeten Begriffsbestimmungen kurz vorgestellt und eingeordnet werden, da eindeutige Definitionen im Multimedia-Bereich bislang fehlen.

2.1.1. Begriffe

Die Begriffe, die im hier betrachten Umfeld existieren, sind anhand verschiedener Rollenverteilungen nachvollziehbar (Tabelle 2.1).

So werden vom Standpunkt der Bildungseinrichtung bzw. des Lehrenden aus Bezeichnungen wie **Multimediale Lehre**, Distance / TeleTeaching (Fernlehre, Fernunterricht, Fernschulung) oder TeleTutoring häufig verwendet.

Aus der Sicht des Lernenden, z.B. eines Studierenden an einer Hochschule oder einer Mitarbeiterin in einem Unternehmen, wird von **Netzbasiertem Lernen**, Distance / TeleLearning (Telelernen) oder auch e-Training gesprochen. Ein weiterer Aspekt ist die so genannte Tele / Virtual Collaboration.

Lernender	Lehrender
Netzbasiertes Lernen	Multimediale Lehre
Distance / TeleLearning	Distance / TeleTeaching
Telelernen	Fernlehre, Fernunterricht, Fernschulung
e-Training	TeleTutoring, TeleCoaching

Tabelle 2.1: Kategorisierung der Begriffe nach Rollen

Dabei etabliert sich im wissenschaftlichen Bereich derzeit der Ausdruck **eLearning** als Überbegriff (siehe Abbildung 2.1). Wie das Wort „Email“ gehört „eLearning“ der Familie der e-Begriffe (in Englisch: „e-terms“) an. Die Abkürzung „e“ steht dabei allgemein für „electronic“ (elektronisch).

Zu Beginn seines Auftretens konzentrierte sich die Bedeutung des Begriffs eLearning stärker auf das elektronisch unterstützte Lernen, z.B. per Videobänder, CD-ROM oder interaktiven TV. Seit Ende der 90er Jahre entwickelte sich das eLearning hin zum Online Learning / Lernen und wurde in der Folge hauptsächlich für das netzbasierte Lernen und dann auch für das Webunterstütztes Lernen (browserbasiert) verwendet. Die bis dahin weit verbreitete Anwendung des CBT (Computer Based Training) entwickelte sich zum netzbasierten CBT, auch als Network Based Training (NBT) bekannt, und schließlich zum WBT (Web Based Training). Während das CBT eine inhaltlich abgeschlossene Lösung darstellt, sind beim WBT Verweise auf weiterführende Informationsquellen aus dem Internet bereits konzeptionell angelegt.

Abbildung 2.1 zeigt den großen Bedeutungsspielraum des Begriffs eLearning (nach [BBS01]).

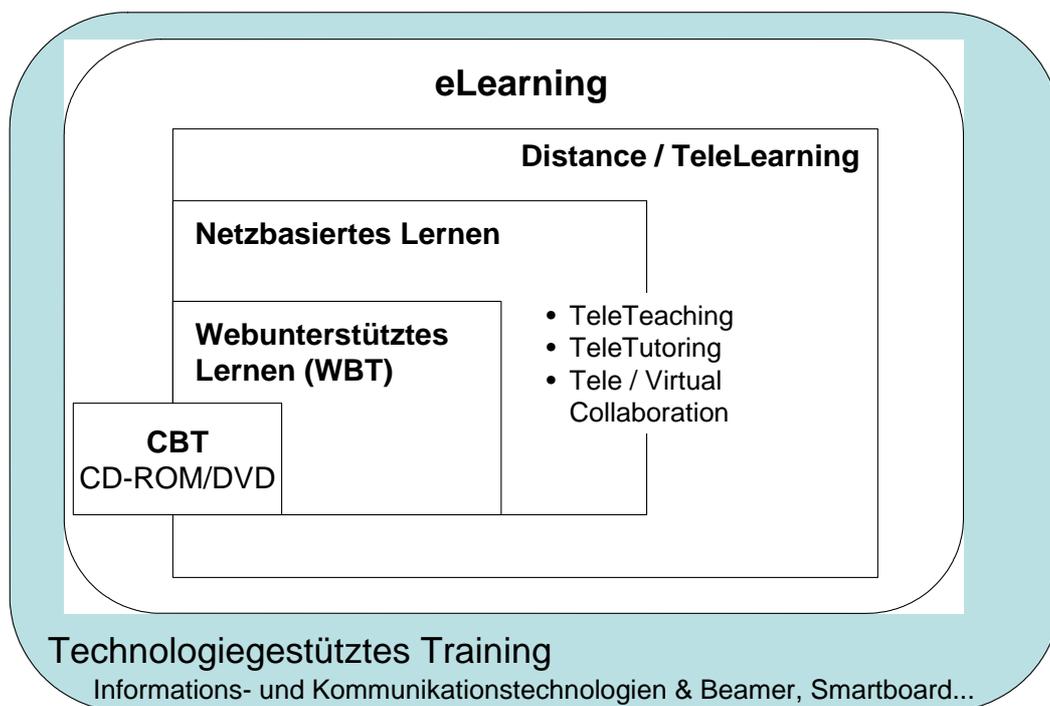


Abbildung 2.1: Übersicht der Begriffe im eLearning-Umfeld

Heute behauptet sich der Begriff eLearning als wissenschaftlicher Terminus für eine Vielzahl von Ausprägungen des medienunterstützten Lernens. eLearning schließt also heute sowohl Lernen mit lokal installierter Software (Lernanwendungen auf Festplatte, Diskette, CD-ROM und DVD) als auch Lernen über das Internet ein. Der häufig verwendete Begriff des Technologieunterstützten Trainings bzw. des Technologiegestützten Lernens umfasst noch weitere Informations- und Kommunikationstechnologien wie Beamer, Smartboard, etc.

In diesem Zusammenhang ergibt sich für uns folgende **Definition**:

eLearning bezeichnet jegliche Art von Lernen, bei dem elektronische Medien ein integraler Bestandteil sind. Die Ausdrücke **multimediale Lehre** und **netzbasierendes Lernen** bezeichnen diesen Prozess von seinen zwei Seiten.

Darüber hinaus gibt es eine ganze Anzahl von Begriffen, die je nach Disziplin und Umfeld Verwendung finden. So wird in der Industrie häufig von e-Training oder Fernschulung gesprochen. Im universitären Bereich werden Ausdrücke wie TeleEducation, Distance Education und Fernstudium vorrangig verwendet.

2.1.2. Wandel von der klassischen Lehre zum netzbasierten Lernen

Wie bereits erwähnt, befinden sich die Lehr- und Lernmethoden in einem Wandel. Während sich Jahrzehnte lang die Rolle des Lehrenden als zentrale Figur im Lehr-Lernprozess manifestiert hat, ist derzeit eine Verlagerung der Kommunikationsbeziehungen zu beobachten. Dabei konzentriert sich die Interaktion des Lernenden nicht mehr nur auf die Beziehung zum Lehrenden. Beim netzbasierten Lernen des 21. Jahrhunderts nehmen moderne Informations- und Lernsysteme als zusätzliche Komponente einen immer wichtigeren Stellenwert ein.

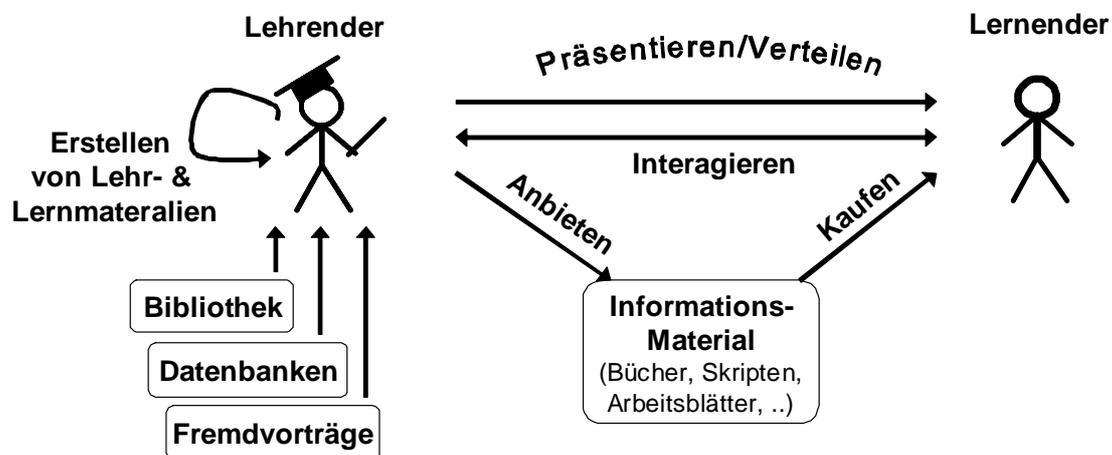


Abbildung 2.2: Kommunikationsbeziehungen in der Lehre (klassisch)

Abbildung 2.2 zeigt die Kommunikationsbeziehungen beim klassischen Lehr-/Lernprozess. Im traditionellen Lehrszenario erstellt der Lehrende das Lernmaterial und verteilt dieses an den Lernenden. Zusätzlich kann der Studierende weitere Informationsmaterialien, wie z.B. Bücher, Skripten und Arbeitsblätter in Papierform käuflich erwerben. Die Kommunikation zwischen Lehrendem und Lernendem beschränkt sich dabei in der Hauptsache auf die Interaktionen in der Vorlesung und der gegebenenfalls angebotenen Sprechstunden des Professors.

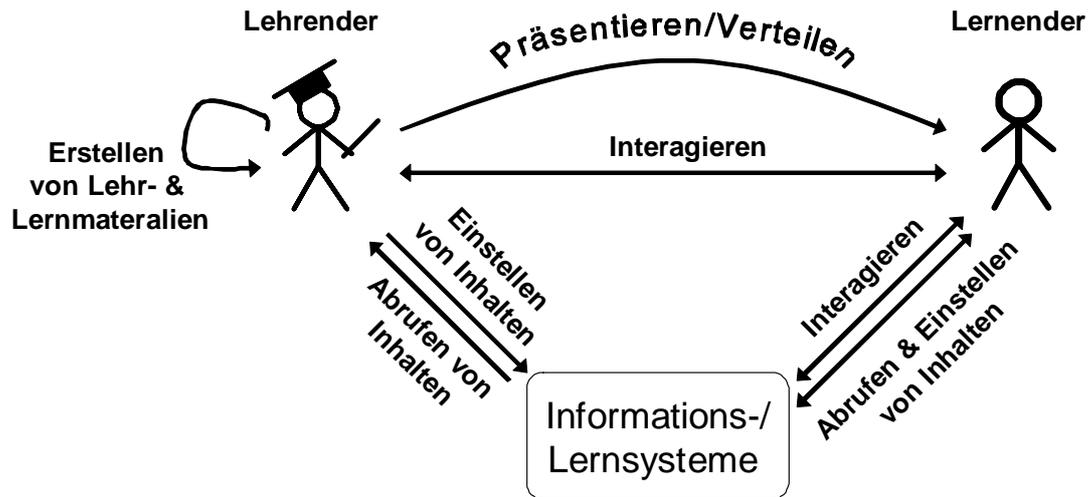


Abbildung 2.3: Kommunikationsbeziehung in der Lehre des 21. Jahrhunderts

Abbildung 2.3 zeigt die Kommunikationsbeziehungen im modernen Informations- und Kommunikationszeitalter auf. Dabei fungiert der Lehrende zwar weiter als Hersteller und Präsentator von Lernmaterialien, als weitere wichtige Komponenten treten allerdings die Informations- und Lernsysteme hinzu. Der Lernende ist mit seinen Kommunikationsmöglichkeiten nicht ausschließlich auf den Vortragenden fokussiert, sondern steht auch im interaktiven Kontakt mit modernen Lernsystemen, die er ebenso wie der Lehrende zum Abruf und Einstellen von Inhalten nutzt.

2.1.3. Klassifizierung von eLearning nach Ort und Zeit

Die traditionelle Lehrform an den Präsenzhochschulen ist bislang der Frontalunterricht (Face-to-Face), wobei Tafel und Overheadprojektor in der Zwischenzeit immer stärker durch den Beamer als Präsentationsmedium abgelöst werden. Zukünftig wird sich das Lehr- und Lernverhalten unter Einsatz neuer Technologien und steigender Verwendung von Computern räumlich und zeitlich weiter entscheidend verändern.

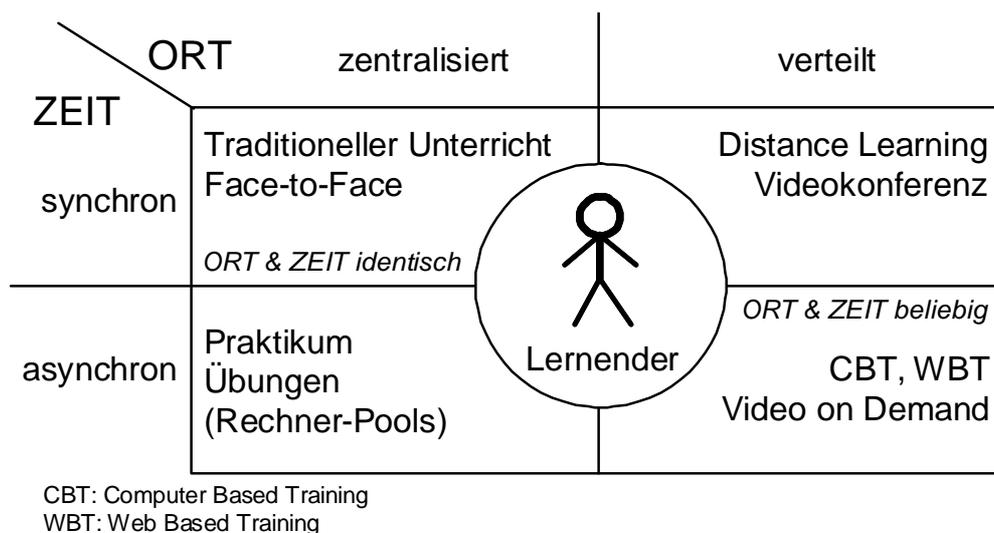


Abbildung 2.4: eLearning - Klassifikation nach Ort und Zeit

Wie in Abbildung 2.4 anhand einiger Lernformen exemplarisch dargestellt, wird das Lernen in Zukunft nicht nur an den traditionellen Orten (zentralisiert) und zu bestimmten Zeiten (gleichzeitig/synchron) erfolgen, sondern überall und jederzeit (verteilt, asynchron) [Boe01].

Ein grundlegendes Prinzip von eLearning ist das Distance Learning. Dieses findet statt, wenn Lehrender und Lernende physikalisch voneinander getrennt sind, und die Technologie dazu verwendet wird, das „instructional gap“ zu überwinden, wie zum Beispiel durch den Einsatz von Videokonferenz-Systemen. Ein weiterer Aspekt ist die zeitliche Trennung. Hier wird dem Lernenden die Verantwortung für das selbst organisierte „Lernen aus Interesse“ überlassen. Dies hat sich seit Jahren in vielen universitären Praktika und Übungen bewährt hat, wo die Studierenden zeitunabhängig Zugang zu Labors und Rechner-Pools haben.

Die am weitesten entwickelte Kategorie des eLearning beschreibt das orts- und zeitunabhängige Lernen, z.B. in Form von Computer Based Trainings (**CBTs**), in dem der Teilnehmer multimediale Lernprogramme und Lernmaterialien im Selbststudium durcharbeitet. In der Regel werden diese Materialien auf CD-ROM geliefert und beinhalten neben dem Lernstoff Funktionen zu Lernkontrolle und Lernfortschritt. Beim Web Based Training (**WBT**) greift der Lernende browserbasiert auf Lernprogramme im Netz zu. Ein Video on Demand, z.B. einer aufgezeichneten Lehrveranstaltung oder eines Fachvortrages, kann den Lernerfolg hierbei verstärken oder vervollständigen.

Auf diese Weise werden sich neue Szenarien für die Aus- und Weiterbildung herauskristallisieren [Fes03]. Diese können Erwachsenen einen zweiten Bildungsweg oder Chancen zur Weiterbildung eröffnen. Zeitliche und räumliche Einschränkungen können so aufgehoben werden, z.B. bei Beanspruchung eines Erziehungsurlaubs oder beruflich bedingten Abwesenheiten (Fernfahrer, Piloten, Marine-Personal), aber auch Menschen mit körperlichen Behinderungen werden neue Lernmöglichkeiten aufgezeigt. Dies wird auch deutlich beim Betrachten der Vor- und Nachteile des Einsatzes neuer Medien beim Lernen.

2.1.4. Vorteile und Nachteile von eLearning

eLearning bietet im Vergleich zu den klassischen Unterrichtsformen viele **Vorteile** [BBS01]:

- **Flexibilität:** Die Entscheidung, wann und wo man lernen möchte, trifft der Lernende. Das kann direkt am Arbeitsplatz sein, das kann aber auch zu Hause oder auf Geschäftsreise sein. Auch die Uhrzeit spielt keine Rolle, da eLearning-Kurse rund um die Uhr zur Verfügung stehen. Durch die Aufteilung der Kurse in kleinere Module kann man sich das Wissen auch in kleineren Mengen erarbeiten.
- **Leichter Zugang:** Die einzige Voraussetzung ist ein Computer mit Internetzugang. Online-Kurse sollten so konstruiert sein, dass sie selbst bei schlechteren technischen Voraussetzungen (wie zum Beispiel niedrige Daten-Übertragungsrate über das Internet) zugänglich und so gut wie gar nicht beeinträchtigt sind.
- **Bereitstellung der Information:** Da Online-Kurse jederzeit eingesehen werden können, sind auch die in ihnen enthaltenen Informationen jederzeit zugänglich. Online-Kurse können also auch die Funktion einer Informationsquelle haben. Immer dann, wenn man das Wissen benötigt, kann man auf den Kurs zugreifen und es sich dort aneignen.

- **Vielfältigkeit:** Die Information kann je nach technischen Möglichkeiten auf viele verschiedene Weisen dargestellt werden. Die Präsentation von Text kann mit Hörbeispielen und Animationen unterstützt werden. Durch die Weiterentwicklung der Technik wird es auch für Online-Kurse immer wieder neue Präsentations- und Interaktionsmöglichkeiten geben.
- **Verschiedene Perspektiven:** Kursinhalte können nicht nur auf verschiedene Art und Weise präsentiert werden, sondern auch von unterschiedlichen Perspektiven. Der Lernende erhält die Wahl zwischen verschiedenen Möglichkeiten der Präsentation.
- **Individualität und Personalisierung:** Bedürfnisse und Fragen von einzelnen können besser berücksichtigt werden. Online-Kurse sollen für möglichst viele Lernende ansprechend sein und gleichzeitig auch auf die individuellen Bedürfnisse des Einzelnen eingehen. Dies gelingt durch eine entsprechende Personalisierung der eLearning-Angebote [Til04].
- **Interaktivität:** Multimediale Lernumgebungen bieten dem Lernenden die Möglichkeit der Interaktion. Je nach Programmierung kann man Rückmeldungen auf seine Lernfortschritte bekommen und beim Lernen unterstützt werden.
- **Wirtschaftlichkeit:** Mit einem Online-Kurs können mehr Lernende erreicht werden, als das in einem bisher üblichen Seminar möglich war.
- Erneuerung und Überarbeitung **jederzeit** möglich: Müssen Kursinhalte dem neuesten Stand angepasst werden, ist dies relativ einfach realisierbar. Das ist auch ein Vorteil von WBTs gegenüber CBTs, bei dem die Materialien jedes Mal neu produziert werden müssen.
- **Gleichbleibende Qualität:** Ist ein Online-Kurs fertig gestellt und auf seine Qualität überprüft, ist der Kurs beliebig oft auf dem gleichen Niveau durchführbar. Dies kann für Basisfächer und deren Inhalte sehr vorteilig sein, da die Veranstaltung bzw. Wissensbausteine nicht durch die Qualität des Lehrers unterschiedlich beeinflusst wird.

Allerdings ergeben sich auch einige **Nachteile:**

- **Ausstattung:** Nicht jede Privatperson, Schule, Universität oder Unternehmen, hat die ideale Ausrüstung (zum Beispiel die schnellstmögliche Internetverbindung) zur Verfügung.
- **Technik:** Die auf Technik basierenden Online-Kurse werden von deren Möglichkeiten und Grenzen natürlich auch eingeschränkt. Damit die Kurse online immer zugänglich sind und auch funktionieren, ist eine regelmäßige technische Wartung, die Beaufsichtigung und die regelmäßige Erneuerung der Technik eine wichtige Voraussetzung. Außerdem kann die Qualität durch geringe Übertragungsraten beeinträchtigt sein.
- **Zeit:** Die Entwicklung von Online-Kursen ist mit großem Zeitaufwand verbunden. Dieser variiert nach Inhalt und Technik, aber auch nach den Ansprüchen an den Kurs. Es kann etwa zwei bis drei Monate dauern, um einen einstündigen Online-Kurs zu entwickeln. Für gute Online-Kurse und gute Anbieter ist es mittlerweile die Regel, dass Anfragen bezüglich Problemen oder Unklarheiten innerhalb von 24 Stunden beantwortet sein müssen. Doch selbst dieser Zeitrahmen kann schon die Motivation des Lernenden negativ beeinflussen. Zudem können lange Download-Zeiten eher verärgern als das Lernen unterstützen.

- **Qualität:** Es muss auch bei Online-Kursen auf die Qualität geachtet werden. Durch die vereinfachte Möglichkeit, Informationen und Weiterbildungskurse im World Wide Web anzubieten und damit noch mehr Menschen und potentielle Lernende zu erreichen, gibt es viele unseriöse und unqualifizierte Angebote. Umgekehrt birgt es auch die Gefahr, vermeintlich redundante Vorlesungen einzusparen und so könnten einige Institutionen ihre Vormachtstellung zur Monopolstellung auf manchen Wissensgebieten ausbauen.
- **Anonymität:** Es wird vor dem Computer gelernt, der menschliche Kontakt geht verloren. Eine Reduktion der Sozialkontakte wird häufig als unvermeidlich angesehen.

2.2. Szenarien

2.2.1. Methodische Grundformen des netzbasierten Lernens

Als methodische Grundformen haben sich beim eLearning verschiedene Kategorien herauskristallisiert. In der Regel wird im Hochschulbereich zwischen drei Unterrichtsszenarien unterschieden (Abbildung 2.5):

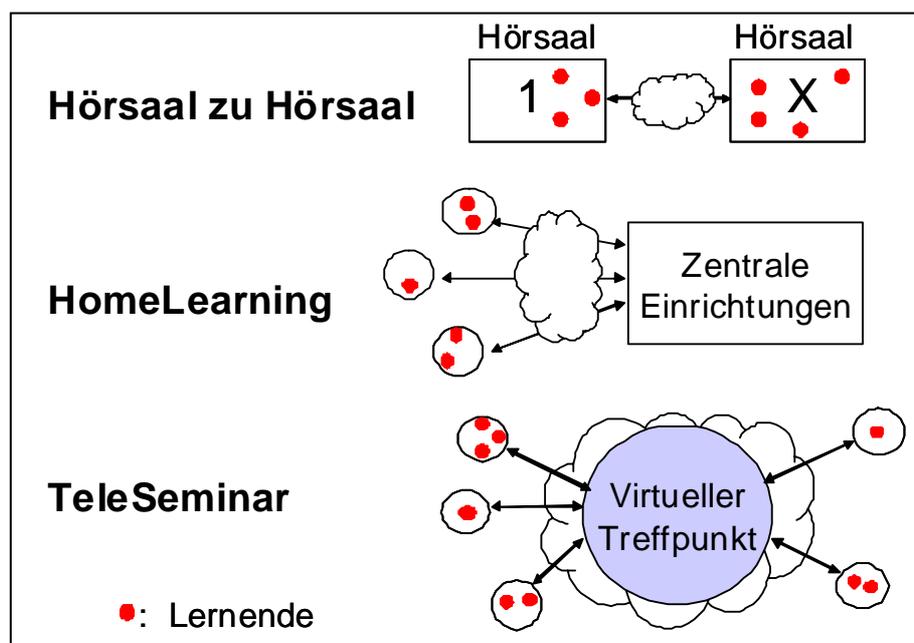


Abbildung 2.5: Klassifikation nach Art des Lernens

2.2.1.1. Hörsaal zu Hörsaal

Im ersten Fall, dem **Hörsaal-zu-Hörsaal**-Szenario, werden zwei oder mehrere Hörsäle mittels Videoübertragung über ein Hochgeschwindigkeitsnetz verbunden, und auf diese Weise eine verteilte, synchrone Teilnahme der Lernenden an einer Veranstaltung ermöglicht. Der Lehrende bleibt in seiner klassischen Rolle als Frontalredner. Es schiebt sich dabei nur das Internet als Übertragungsmedium zwischen den Vortragenden und seine Zuhörer. Im allgemeinen Sprachgebrauch wird daher auch vom **Teleteaching**-Szenario gesprochen. Im industriellen Umfeld handelt es sich meist um Fachvorträge oder auch Ansprachen.

Das Hörsaal-zu-Hörsaal-Szenario stellt hohe Anforderungen an die technische Ausstattung und ist nicht selten mit erheblichem, personellem Aufwand verbunden. Dennoch können oft deutliche Kosteneinsparungen, z.B. an Reisekosten, erzielt werden. Zusätzlich lässt sich das Lehrangebot erweitern. Allerdings sind dabei die Kommunikationsmöglichkeiten stark eingeschränkt, da meist nur eine Datenleitung zwischen den Bildungseinrichtungen aufgebaut wird und sich die Kommunikation meist auf das Fragenstellen über Chat oder per Email beschränkt.

2.2.1.2. HomeLearning

Das zweite Szenario ist die offenste Form des individuellen, selbstgesteuerten Lernens. Während es sich im universitären Sprachgebrauch als **HomeLearning** Szenario etabliert hat, wird es allgemein auch als **Open Distance Learning** (ODL) bezeichnet. In diesem Beispiel sitzt der Studierende an einem Multimedia-PC und greift netzbasiert über einen Zugangspunkt auf verschiedene Dienste zu (Zentrale Einrichtungen). Dabei werden Lerninhalte vom Kursleiter vorgegeben, der Lernende legt sein Lernziel eigenständig fest und wählt aus den zur Verfügung stehenden multimedialen Lernmaterialien selbst aus. Die Kommunikation zwischen dem Lerninhaltsanbieter und dem Lernenden ist dabei meist auf ein Minimum reduziert.

Tutoren können zur Unterstützung eingesetzt werden, um gegen die kognitive Überlastung vorzugehen. Beim **TeleTutoring** übernimmt der Lehrende verstärkt die Rolle des Betreuers und Beraters (Trainers), der während der Bearbeitung einer Problemlösung oder während der Onlinelernphase zur Verfügung steht. Die Kommunikationsformen reichen dabei vom konventionellen Telefon über asynchrone Kommunikationsformen wie etwa Email oder Newsforen bis hin zu synchronen Formen wie einem Chat oder Audio- / Videokonferenzen.

2.2.1.3. TeleSeminar

Im dritten Szenario, dem **TeleSeminar**, wird eine virtuelle Lerngemeinschaft im Netz gebildet. Mit Unterstützung von Videokonferenzsystemen und TeleCollaborations-Werkzeugen, wie z.B. „Shared Whiteboards“, bearbeiten die Kursteilnehmer ein gemeinsames Projekt. Zum Informationsaustausch treffen sich die Teilnehmer an einem „Virtuellen Treffpunkt“ (im Netz), wo auch gemeinsame Ergebnisse abgelegt werden können. Gestützt durch aktuelle, pädagogische Erkenntnisse wird in vielen universitären Fachbereichen zunehmend in teamorientierte Lerngruppen gearbeitet, was den Einsatz netzbasierter Zusammenarbeit (eCollaboration) verstärkt.

2.2.1.4. Blended Learning

In der Praxis werden meist Mischformen der einzelnen Szenarien angewendet. Für die Aus- und Weiterbildung wird somit häufig eine Kombination aus traditionellen Lernformen und innovativen eLearning-Methoden wie z.B. Web Based Training, Virtual Classroom und e-Lab angeboten. Unter dem Begriff **Blended Learning** werden die jeweils effektivsten Lehr-Methoden zu einem Curriculum kombiniert.

So kann beispielsweise ein Teil eines Vorlesungsstoffs durch exploratives Lernen eigenständig erforscht werden, und parallel dazu die Umsetzung des Gelernten bei einer teamorientierten Gruppenarbeit erprobt werden. In einer anderen Lehrveranstaltung könnte als Eingangsvoraussetzung ein Propädeutikum in Form eines multimedialen Lernprogramms oder einer „Guided Tour“ im Internet vorgegeben werden, auf das in der nachfolgenden Vorlesung aufgebaut wird.

In den meisten Szenarien wird zudem eine gute Betreuung der Lernenden mit Tutoren als fester Bestandteil und als ein entscheidender Erfolgsfaktor gesehen, um die negativen Effekte wie „Lost in Hyperspace“ zu verhindern. Außerdem existieren nicht nur unterschiedliche Unterrichtsformen. Speziell im Hochschulbereich wird eLearning in unterschiedlichem Maße eingesetzt. Dabei lassen sich prinzipiell drei Kategorien erkennen [Str04]:

- **Enrichment Konzept:** Eine Lehrveranstaltung wird durch multimediale Lehr- und Lernmaterialien angereichert.
- **Integratives Konzept:** eLearning wird Bestandteil einer Lehrveranstaltung (Blended Learning).
- **Virtuelles Konzept:** Die Veranstaltung wird vollständig netzbasiert durchgeführt.

Wird nun das virtuelle Konzept auf alle Veranstaltungen einer Hochschule übertragen, entsteht als visionäres Zukunftsszenario letztendlich die Virtuelle Hochschule mit dem Ziel, höchstmögliche räumliche und zeitliche Unabhängigkeit für die Lernenden zu bieten.

2.2.2. Virtuelle Hochschulen

Der Begriff der virtuellen Universität wird nicht einheitlich verwendet. Schulmeister [Sch01] unterscheidet zwischen Fernuniversitäten, klassischen Präsenzuniversitäten mit additiven Komponenten, Neugründungen virtueller Universitäten und Corporate Universities. Im Folgenden werden diese vier Einsatzgebiete vorgestellt. Hier zeigt sich, wie unterschiedlich virtuelles Studium verstanden und betrieben wird.

2.2.2.1. Fernuniversitäten

Bekannte Fernuniversitäten, wie die Open University Britain [OUB] und die Fernuniversität Hagen [FHag] haben sich in den letzten Jahren einen virtuellen Campus zugelegt. Dabei wird das virtuelle Studium in unterschiedlichem Ausmaß angeboten. Einige Fernuniversitäten bieten nur einzelne Kurse an, andere warten mit ganzen virtuellen Studiengängen auf. Die Vorteile der Fernuniversitäten gegenüber den klassischen Universitäten, die ihr Angebot durch virtuelle Angebote erweitern, liegen auf der Hand: sie besitzen ein etabliertes Inkasso-System für Lehrmaterialien sowie Infrastruktur und Logistik für die Distribution ihrer Bildungsangebote, wie z. B. verteilte Studienzentren in Präsenzuniversitäten, und sind gewohnt, ihr Angebot weltweit zu vermarkten.

2.2.2.2. Additive Komponenten von Präsenzuniversitäten

Klassische Präsenzuniversitäten, die sich mit virtuellen Studiengängen und Online-Kursen ihr Portfolio und damit ihr Profil ausbauen, werden „dual-mode“-Universitäten genannt. Häufig wird dabei die Traditionelle Universität durch die Virtuelle ergänzt. Beispielhaft kann hier das Projekt VIRTUS [VIRTUS] angeführt werden. Die Hauptaufgabe von VIRTUS liegt in der Entwicklung eines Organisationsmodells und dessen institutioneller Umsetzung. Durch den Einsatz neuer Medien soll so eine verbesserte Lernsituation geschaffen werden, deren Möglichkeiten sich zeit- und ortsabhängig nutzen lassen. Damit sollen insbesondere an Massenuniversitäten neue Freiräume für eine direkte und persönliche Kommunikation zwischen Lehrenden und Lernenden entstehen.

Die viel versprechenden Angebote der Universitäten verbergen sehr unterschiedliche Ergebnisse: Teilweise sind Projekte noch in der Planungsphase, andere virtuelle Institutionen bieten lediglich einen Online-Zugang zu Aufnahmeformalitäten, Bibliotheken und allgemeinen Informationen zum Studium. Es gibt aber auch sehr innovative Projekte, die eine Reform von Studium und Lehre anstreben. Beispielsweise werden virtuelle Labore angeboten sowie neue Lehr- und Lernmethoden erprobt und angewandt. Ein wichtiger Faktor für den Erfolg der virtuellen Angebote von klassischen Universitäten ist eine effektive tutorielle Online-Betreuung.

2.2.2.3. Neugründung virtueller Universitäten

Neben den virtuellen Angeboten der Fernuniversitäten und klassischen Universitäten bilden sich auch rein virtuelle Institutionen und Organisationen, deren Aufgabe die Vermarktung, Verwaltung und Organisation virtueller Bildungsangebote ist. So schließen sich Präsenzuniversitäten zusammen und bilden gemeinsam eine zusätzliche virtuelle Universität. In diesem Zusammenhang entstanden z.B. die Virtuelle Hochschule Bayern [VHB], die als Verbundinstitut der bayerischen Universitäten und Fachhochschulen die Entwicklung multimedialer, über das Internet zu verbreitender Lehr- und Lernangebote fördert und bündelt, und das Projekt WINFO-Line [WINFO]. Mit WINFO-Line entwickeln die Universitäten Saarbrücken, Göttingen, Leipzig und Kassel ein internetgestütztes Lernangebot für das Studienfach Wirtschaftsinformatik.

2.2.2.4. Corporate Universities

In einem vierten Szenario findet die privatwirtschaftliche Ergänzung von Hochschulen statt. Im Zusammenspiel mit privaten, firmeneigenen und öffentlichen Bildungseinrichtungen bieten große Firmen virtuelles business-to-business Lernen in so genannten Corporate Universities an, so z.B. AT&T Learning Network, IBM Global Campus, SunU, Dell University oder die Ford Academy.

In Deutschland sind für die Gründung firmeneigener Lehreinrichtungen in den letzten Jahren vor allem DaimlerChrysler, Volkswagen AG, Lufthansa AG, Schering Corporate, und die Deutsche Bank bekannt geworden. Große Verlage, wie Bertelsmann und Brockhaus, die Bildung bisher in Form von Büchern vertreiben, sind ebenfalls im virtuellen Bildungsmarkt vertreten.

Für die Umsetzung exzellenter multimedialer Lehre und dem effizienten netzbasierten Lernen sind neben geeigneten Szenarien, selbstverständlich auch die Lehr- und Lerninhalte von entscheidender Bedeutung. Im Folgenden werden wir daher die Aufbereitung lernbereiten Wissens in den verschiedenen Formen genauer betrachten und die dafür notwendigen, infrastrukturellen Voraussetzungen an den Hochschulen aufzeigen.

2.3. Integration Neuer Medien in die Lehr- und Lernpraxis an Hochschulen

Seit dem ersten Einsatz von eLearning wird immer wieder die Frage nach der Effektivität gegenüber traditionellen Lehr- und Lernformen gestellt [MT90, VC91]. Neben didaktisch-pädagogisch Methoden ist dies entscheidend von den verwendeten Medien und multimedialen Anwendungen abhängig. Prinzipiell gilt, dass die Nutzung von Multimediatechniken eine bessere Präsentation des Lerninhaltes und somit eine verbesserte Veranschaulichung von Prozessen und Zusammenhängen ermöglicht. Hinreichend bekannt ist, dass durch den Einsatz von Multimedia und Interaktivität der Lernende aktiv in den Lernprozess eingebunden werden kann.

Zudem werden durch die Verwendung vielfältiger Medien unterschiedliche Wahrnehmungskanäle des Menschen angesprochen und aktiviert. Empirische Untersuchungen haben dabei ergeben, dass die Nachhaltigkeit des rezeptiven Lernens beim Lesen ca. 10%, beim Hören ca. 20% und beim Sehen ca. 30% beträgt. Über eine Kombination beider Sinne ist eine Steigerung auf 50% möglich. Durch das Miteinbeziehen von eigenem Handeln (Learning-by-doing) ist schließlich eine Informationsaufnahme von bis zu 90% erreichbar [Eic03]. Daher sollte angestrebt werden, möglichst viele Sinneskanäle in den Lernprozess mit einzubeziehen. Denn je unterschiedlicher der Lernstoff angeeignet wird, desto vielfältiger sind die Möglichkeiten des dauerhaften Erinnerens. Folglich ist es von entscheidender Bedeutung, den Einsatz der Medien gut zu überdenken und entsprechend einzuplanen, um die Lehrqualität zu verbessern und somit den Lernprozess zu unterstützen.

2.3.1. Aufbereitung lernbereiten Wissens

Je nach Art der Inhalte, der didaktischen Konzeption und der zur Verfügung stehenden Ressourcen können Lerninhalte in Form unterschiedlicher Medien aufbereitet und kombiniert werden. Dazu müssen vorhandene Inhalte für den Einsatz in eLearning-Szenarien oftmals in einem ersten Schritt in ein digitales Format überführt werden.

2.3.1.1. Multimediale Basiselemente

Aus technischer Sicht lassen sich die Inhaltsbausteine in folgende kontextfreie Basiselemente (Tabelle 2.2) aufteilen:

Kategorie	Beispiele aus der Hochschullehre
Text	Textbausteine, Artikel, Bücher, Skripte
Bild	Standbild (still images), vorproduzierte Bewegtbilder, Graphik, Folie
Audio	Sprache, Ton, Hörbeispiele, Musik
Video	realzeitige Bewegtbilder (moving images), Filme, Videobänder
Experiment	reelle Versuchsdurchführung, Praktika
Simulation	virtuelle Versuchsabbildung

Tabelle 2.2 Kategorisierung der Inhaltsbausteine

Text

Die Verwendung von Texten für die Hochschul-Ausbildung in Form von Büchern und Skripten ist weit verbreitet. Bei Verwendung im eLearning sind die textuellen Informationen in entsprechenden Formaten (z.B. in Word, HTML oder PDF) zur Verfügung zu stellen.

Bild

Der Einsatz von Bildern, Grafiken, Fotos und Schaubildern kann helfen, komplexe Zusammenhänge darzustellen und individuelle Lernprozesse zu unterstützen. Bilder werden in Lehrsituationen verwendet, um Inhalte von Texten verständlicher zu machen, die Aufmerksamkeit des Lesers zu erregen, Textaussagen zu ordnen, zu erklären, leichter merkbar zu machen oder dienen einfach nur als Zusatzelement um einen Text attraktiver zu machen. Die Erstellung, Modifikation und die Einbindung bildhafter Darstellungen wird durch die Verwendung von Computern erheblich erleichtert. Dabei wird im Zusammenhang mit der elektronischen Datenverarbeitung grundsätzlich zwischen Vektorgrafiken und Rastergrafiken unterschieden.

Audio

In traditionellen Lehrsituationen werden Musik oder andere Tonaufzeichnungen je nach technischer Ausstattung mit ganz unterschiedlichen Tonträgern und Geräten abgespielt. Der Einsatz von Computern ermöglicht das Speichern und Abspielen ganz verschiedener Medientypen und erleichtert so deren Handhabung. Allerdings muss für den Einsatz von Computern das Tonmaterial digitalisiert vorliegen. Außerdem ist zu beachten, dass bei größeren Gruppen bzw. je nach akustischen Gegebenheiten der Räumlichkeiten externe Lautsprecher verwendet werden müssen.

Video

Filme werden schon seit langem in Unterrichtssituationen eingesetzt. Bereits die Einführung von Videorecordern erleichterte die Handhabung bewegter Bilder für die Lehrenden erheblich; insbesondere bei geringen Gruppengrößen reicht ein normales Fernsehgerät aus, um den Präsenzunterricht mit Filmmaterial anzureichern. Durch den Einsatz von Computern wird die Verwendung von Filmen zu Lehr- und Lernzwecken weiter vereinfacht. Mit Hilfe eines Beamers und externen Lautsprechern ist ein begleitender Einsatz in einer Präsenzveranstaltung bereits für ein größeres Auditorium möglich. Die Verwendung von CD-ROMs, DVDs und Streaming-Versionen im Internet flexibilisiert die Einbindung von Filmen zusätzlich. So wird zur Übertragung von Audio- und Video-Dateien heutzutage im Internet vorwiegend Streaming-Technologie eingesetzt [Kue01].

Experiment und Simulation

Experimente und Simulationen sind interaktive Visualisierungen und modellhafte Abbildung realer Objekte oder Prozesse. Sie veranschaulichen Ursache- und Wirkungszusammenhänge. Der Studierende hat die Möglichkeit sinnvolle Parameter als Bedingungen einzustellen, woraufhin veranschaulicht wird, wie sich das repräsentierte System unter entsprechenden Bedingungen verhalten würde.

Simulationsprogramme beruhen prinzipiell auf einem mathematischen Modell des entsprechenden Sachverhalts. Unter zu Hilfenahme von Simulationen bietet sich die Möglichkeit, das Verständnis von Modellen und ihren abstrakten Zusammenhängen aufzuzeigen. Insbesondere dynamische Modelle, wie das Betriebsverhalten von Netzen oder Protokollen, lassen sich so ganzheitlicher präsentieren als dies textuell oder

graphisch möglich ist. Der Einsatz von Simulationen ist vor allem dort sinnvoll, wo ein wirkliches Experiment wegen Gefahren, aus Kostengründen oder ethischen Motiven nicht durchgeführt kann, wenn Fähigkeiten trainiert werden oder prozessuale Zusammenhänge erfahrbar gemacht werden sollen. Indem die Lernenden Faktoren variieren und die Auswirkungen Ihrer Veränderungen ablesen wird die Eigenaktivität der Lernenden gefördert.

2.3.1.2. Multimediale Anwendungen

Die Integration verschiedener Medien wird bei Lehr- und Lernszenarien auch als multimediale Anwendung bezeichnet. Fluckiger [Flu95] definiert den Begriff **multimediale Anwendung** (multimedia application) wie folgt:

„A *multimedia application* is the specific use, by a user or a group of users, of a given multimedia system which offers a particular function or set of functions.”

Bei Netzbetreibern und im Speziellen im Sprachgebrauch der International Telecommunication Union (ITU) wird für Anwendungen auch der Begriff Dienste (Services) verwendet. Da wir den Dienstbegriff in dieser Arbeit anders verwenden, wollen wir hier nur kurz darauf hinweisen und im Folgenden weiter von multimedialen Anwendungen sprechen. Prinzipielle werden bei den multimedialen Anwendungen zwei Kategorien differenziert:

Die erste bezieht sich auf die Anwendungen von Mensch zu Mensch, bei denen es darum geht die Kommunikation zwischen Personen zu ermöglichen. Beim eLearning werden in steigendem Maße interaktive Technologien wie Audio-, Video-, und Realzeitcomputer-Konferenzen und alle Arten von Kollaborationssystemen verwendet. Die zweite Kategorie betrachtet die Anwendungen zwischen Mensch und System bzw. Mensch und Informationssystem, auf die wir uns im Weiteren konzentrieren werden. Hierbei kommunizieren einzelne Personen oder Gruppen von Menschen mit einem entfernten System (remote), um Zugang zu multimedialen Informationsdaten zu erhalten, diese zu empfangen oder mit diesen zu interagieren.

Ein Beispiel einer solchen Anwendung ist z.B. die computerunterstützte Animation, eine schnell ablaufende Folge von Bildern auf dem Computerbildschirm, die dem Betrachter die Vorstellung einer Bewegung vermittelt. Im Zusammenhang mit Lehr- und Lernsituationen können mit Hilfe von Animationen, ähnlich wie bei Simulationsanwendungen, komplexe Abläufe und Prozesse veranschaulicht werden. Eine andere multimediale Anwendung könnte eine multimedial aufbereitete Präsentation (z.B. in Flash) darstellen. Auch der Einsatz computerunterstützter Animationen ist im Rahmen einer Präsenzveranstaltung als Anreicherung denkbar, Animationen können aber auch in computerunterstützte Selbstlernmaterialien eingebunden werden.

Im Ingenieursbereich werden aufgrund der hohen Komplexität vieler Lehrinhalte seit Jahrzehnten rechnergestützte Praktika ergänzend zur klassischen Vorlesung angeboten. Zur besseren Veranschaulichung des Lehrstoffes entwickelten sich daraus interaktive multimediale Simulationsanwendungen, auf die wir auch im Rahmen von multimedialen Lernlösungen im Folgenden noch präziser eingehen werden.

2.3.1.3. Multimediale Lernlösungen

Als Kombination der in den Abschnitten 2.3.1.1 und 2.3.1.2 vorgestellten Basiselemente und Anwendungen entstehen schließlich multimediale Lernlösungen (Abbildung 2.6).

Auch am Lehrstuhl für Kommunikationsnetze wurden in den letzten Jahren Lerninhalte für die Studierenden des Diplomstudiengangs „Elektrotechnik und Informationstechnik“, sowie für den internationalen Masterstudiengang „Communication Engineering“ multimedial umgesetzt. Detaillierte Beschreibungen der multimedialen Lernprogramme und ihrer Entwicklung finden sich in [Gra02, Ott00, Arm99, Hel99].

Wie bereits in Kapitel 1 erwähnt, entwickelte sich das computerunterstützte Lernen zum netzbasierten Lernen. Für den Bereich der multimedialen Lernsoftware ist diese Evolution anhand der beiden Begriffe CBT (Computer Based Training) und WBT (Web Based Training) sehr gut zu beobachten (Abschnitt 2.1.1). Ein weiterer Vorteil der webbasierten Lösung sind die zentralen Änderungsmöglichkeiten und die Nutzung von Internetdiensten zu weiterführenden Recherchen. Nachteilig können sich bei einer schmalbandigen Internetverbindung die langen Ladezeiten bei der Einbindung datenintensiver Visualisierungen und Animationen auswirken.

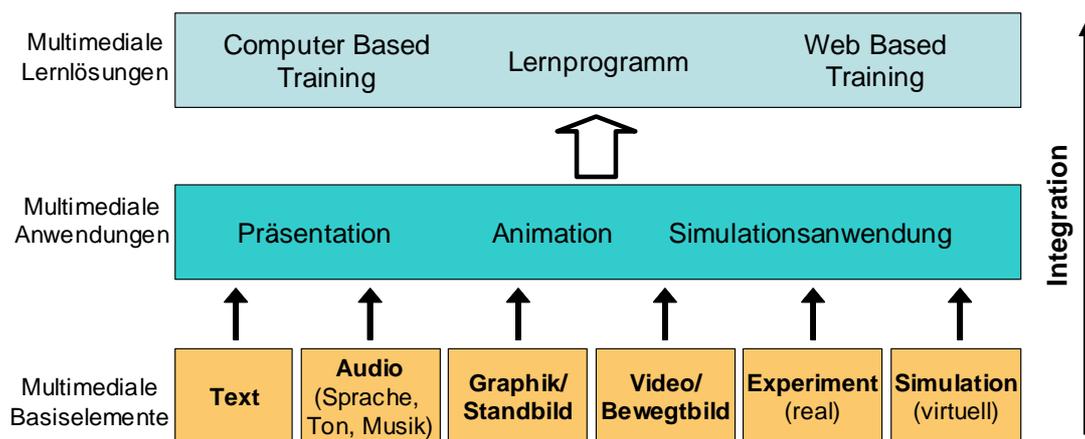


Abbildung 2.6: Multimediale Basiselemente, Anwendungen und Lernlösungen

2.3.1.4. Beispiel „Remote Simulation“

Wie bereits erwähnt, können im Zusammenhang mit pädagogischen Anliegen des Lehrens und Lernens komplexe Sachverhalte und Situationen durch Simulationen nachgebildet werden. Der Lernende kann durch Veränderung der Parameter Einfluss auf das Geschehen nehmen. Auf diese Weise können Simulationen genau dort realitätsnahe Erfahrungen vermitteln, wo das praktische Ausprobieren nicht möglich ist, oder diese schwere Folgen bzw. irreparable Schäden in Form von z.B. Datenverlusten nach sich ziehen würden.

Des Weiteren bringt die Verwendung von Simulationen für die Lehre wesentliche lernmotivatorische, kognitive, integrative und lernorganisatorische Mehrwerte [Die94]. Ein gewichtiger Nachteil liegt dagegen in der aufwendigen Entwicklung, Produktion und auch Betreuung von Simulationen. Aus diesem Grund wird zunehmend versucht, durch die Integration bereits bestehender Produkte bzw. Simulatoren den Aufwand zu minimieren. In diesem Zusammenhang wurde das Projekt „Remote Simulations“ am Lehrstuhl für Kommunikationsnetze mit dem Ziel initiiert und durchgeführt, eine prototypische Entwicklung eines Application Service Providing Systems für die Steuerung von Simulatoren über das Internet zur Verfügung zu stellen.

In Abbildung 2.7 ist die Beispielanwendung „Remote Simulation“ skizziert.

Der Nutzer, z.B. ein Lernender, verbindet sich über das Internet mit einem Server, der als Dienst-Zugangspunkt fungiert. Zu diesem Zweck ist auf der Clientseite die Existenz eines einfachen PCs mit Internet-Browser ausreichend. Über die graphische Benutzeroberfläche (Graphical User Interface: GUI) gibt der Teilnehmer ausgewählte Simulationsdaten ein. Diese werden serverseitig von der Service-Architektur empfangen und mit Hilfe eines Management System an einen oder mehrere, ausgewählte Simulationsrechner zur Ausführung verteilt.

Weitere Details bezüglich der prototypischen Realisierung und Implementierung des Systems sind im Kapitel 5 und in [Let99, Wan99, Mer00, Jos00a, Jos00b] beschrieben.

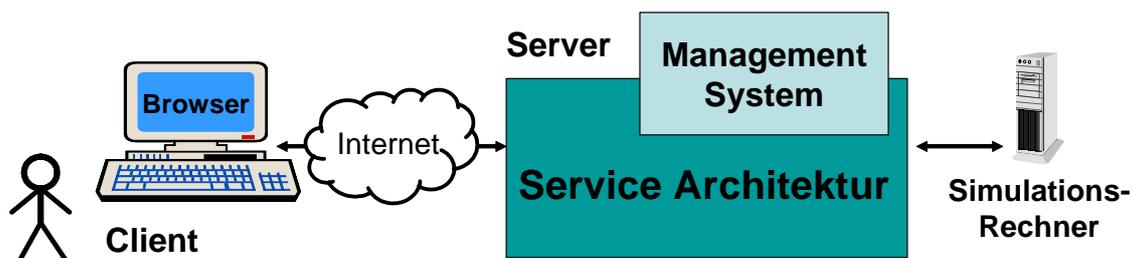


Abbildung 2.7: Beispiel „Remote Simulation“

2.3.2. Infrastrukturelle Voraussetzungen

Die Integration neuer Medien in die Hochschulausbildung setzt eine geeignete Lernumgebung mit entsprechenden infrastrukturellen Möglichkeiten voraus.

Dazu zählen das Vorhandensein hochschulweiter Kompetenzzentren, wie Medien- und Rechenzentren, die die systematische Aufbereitung lernbereiter Wissensbausteine und deren Bereitstellung in multimedialen Lernumgebungen gewährleisten, aber auch die Ausstattung mit modernsten Informations- und Kommunikationstechnologien, angefangen vom Multimedia-Hörsaal, zur Abwicklung, Übertragung und Aufzeichnung der Lehrveranstaltungen [Boe01], bis hin zu einer leistungsfähigen Netz-Infrastruktur. Dabei ist unbestritten, dass die Kommunikationsnetze eine wichtige Voraussetzung der Virtualisierung sind, da sie den schnellen Transport von digitalen Informationsdaten gewährleisten sollen [BD99].

Auf der Teilnehmerseite wird in Zukunft der Personal Computer (PC) oder ein anderes Endgerät, wie z.B. ein PDA (Personal Digital Assistant), als Transfermedium von Lehrmaterial, Experimentierumgebung, Bibliothek und Auskunftsterminal, sowie als Kommunikationszentrum fungieren.

Zur Informationsbeschaffung nutzen die Studierenden bereits heute vorwiegend das Internet. Um für weitere eLearning-Szenarien zukünftig nicht nur Skripte oder Übungsblätter zur Verfügung zu stellen, werden weitere Lehr- und Lerntechnologien Verwendung finden (siehe Abschnitt 3.3).

2.3.2.1. Distribution, Kommunikation und Kooperation im virtuellen Raum

Soll das Lehrmaterial über das Internet zur Verfügung gestellt werden, stehen sehr unterschiedliche (Lern-)Systeme zur Auswahl. Dies reicht vom einfachen Webserver, zur Bereitstellung von Dokumenten und Webseiten, über einen Dokumentenserver, Shared Workspace, Content Management System (CMS), Learning Management System (LMS) bis hin zum Streaming Server, um z.B. ein Video / Lecture on Demand abzurufen, das während einer Präsenzveranstaltungen in einem Multimedia-Hörsaal aufgezeichnet wurde. Auf die einzelnen Definitionen und die unterschiedlichen Funktionalitäten der Lehr-/Lerntechnologien gehen wir in Abschnitt 3.3.2 näher ein.

Neben der Bereitstellung und Verteilung (Distribution) von Inhalten sind insbesondere die Kommunikation und Kooperation aus der universitären Lehre nicht wegzudenken. Gerade beim Lehren und Lernen mit digitalen Medien spielt die soziale Interaktion eine große Rolle für den Lernerfolg. Für die computervermittelte Kommunikation ist es bedeutsam, ob der Austausch einseitig (unidirektional) oder wechselseitig (bidirektional) erfolgt. Unidirektionale Kommunikation kann für bestimmte Zwecke, z.B. eine Ankündigung, sehr effizient sein, wohingegen Abstimmungsprozesse wechselseitige Kommunikation erfordern. Des Weiteren lassen sich Kommunikationssituationen danach differenzieren, ob es sich um ein Vier-Augen-Gespräch handelt (One-to-one), eine klassische Lehrsituation (One-to-many) oder um eine Gesprächsrunde (Many-to-many). In Abhängigkeit dieser Kriterien eignen sich unterschiedliche Technologien für die verschiedenen Einsatzzwecke. Eine weitere wichtige Unterscheidung ist die zwischen synchroner (in Echtzeit) und asynchroner (zeitversetzter) Kommunikation (Abschnitt 2.1.3).

2.3.2.2. Zugangstechnologien

Ein Hauptaspekt bei der Durchführung von eLearning ist die räumliche Entfernung, die beim netzbasierten Lernen durch eine geeignete Netz-Infrastruktur überwunden wird. Daher wollen wir hier kurz auf die Netz-Zugangstechnologien eingehen, die bei den in Abschnitt 2.2.1 vorgestellten Szenarien verwendet werden. Einige Aspekte wurden schon im Zusammenhang mit den einzelnen Szenarien angesprochen. Die zur Verfügung stehende Bandbreite ist bei der Netzverbindung zwischen den eLearning-Teilnehmern (Studierender, Hörsaal, Zentrale Einrichtungen, ...) grundsätzlich entscheidend. Bei echtzeitkritischen Verkehr, wie z.B. einer Audio- / Video-Übertragung, ist jedoch auch die Übertragungstechnik von großer Bedeutung.

In der Regel wird zwischen einem paketvermittelnden IP-Netz (z.B. dem Internet) oder der leitungsvermittelnden ISDN-Verbindung unterschieden. Ausschlaggebend für die Wahl einer ISDN-Verbindung ist die Quality of Service (QoS), die durch die Parameter Verzögerung, Jitter, Verlustrate, etc. beeinflusst wird. Zusammen mit entsprechend dimensionierter Übertragungskapazität kann so eine hohe Qualität der Audio / Video-Übertragung gewährleistet werden, insbesondere wenn der Kursteilnehmer von einem entfernten Ort außerhalb des Intranets zugeschaltet ist. Im universitären Bereich wird aus Kostengründen meist das kostenlos zur Verfügung stehende LAN (Local Area Network) bevorzugt.

Grundsätzlich existieren zwei unterschiedliche Zugangsmodi:

Beim **Online Modus** ruft der Teilnehmer den Vortrag live ab. Für Echtzeitübertragung ist somit am besten eine dedizierte Leitung zu verwenden, da die Verzögerung nicht mehr als einige Millisekunden betragen sollte. Nur in diesem Fall können die Studierenden mit der Lehrperson während des Unterrichts interagieren. Bei hohen QoS-Anforderungen ist die Anbindung über ein Hochgeschwindigkeitsnetz zu bevorzugen. Besonders wenn die Veranstaltung zu einem anderen Ort übertragen wird (Abschnitt 2.2.1.1) ist die Anschlussqualität entscheidend, um einer Gruppe die Teilnahme zu ermöglichen. In der heutigen Praxis wird in diesem Fall meist eine ISDN-Verbindung (z.B. 6-ISDN-Kanäle) aufgebaut, sofern kein breitbandiger IP-Anschluß (≥ 100 Mbit/s) zur Verfügung steht.

Im **Offline Modus** wählt sich der Kursteilnehmer über einen Dienstzugangspunkt ein, nachdem die Veranstaltung abgeschlossen ist (asynchron). Aufgrund der zeitlichen Verschiebung könnten die gespeicherten Daten in der Zwischenzeit entsprechend aufbereitet worden sein. In diesem Fall ist die Daten- / Videoübertragung nicht so zeitkritisch (verstärkte Puffermöglichkeit).

Wie beim Einschalten in eine Live-Veranstaltung können natürlich auch andere Informationen und Lernmaterial von einem Service-Verteilpunkt entweder über eine dedizierte Leitung (ISDN) oder IP-basiert (über das Internet) abgerufen werden.

Für eine Videokonferenzschaltung wird häufig eine Punkt-zu-Punkt-Verbindung (One-to-one) zur Kommunikation und Kooperation aufgebaut. Bei eLearning-Szenarien werden allerdings oftmals Mehrpunkt-Verbindungen (One-to-many, Many-to-many) geschaltet. Um diese Möglichkeit im Zusammenhang mit der ISDN-Technologie zu nutzen, muss eine MCU (Multipoint Control Unit) eingesetzt werden. Weitere Grundlagen der Datenübertragung sind in [Flu95] erläutert.

Eine andere wichtige Voraussetzung für die erfolgreiche Abwicklung von eLearning-Projekten sind neben der integrierten Infrastruktur auch konzeptionelle Überlegungen zu den Gesetzmäßigkeiten von Lehr- und Lernprozessen.

2.4. Pädagogische Aspekte im Rahmen von eLearning

Im Folgenden werden die theoretischen, pädagogischen Grundlagen dargestellt, die bei der Gestaltung von eLearning-Szenarien herangezogen werden. Für die Konzeption von Lehr- und Lernmedien werden ausgewählte, didaktische Aspekte, die für das Verständnis der weiteren Arbeit notwendig sind, herausgegriffen. Zur weiteren Vertiefung dieser Thematik wird auf [Bla00] verwiesen.

2.4.1. Theoretischer Hintergrund

2.4.1.1. Lehr- und Lernprozess

Wie in Abschnitt 2.2 aufgezeigt, gibt es speziell im universitären Umfeld verschiedenste Lehr- und Lernszenarien, deren pädagogisch-didaktische Anforderungen an die Lehr- und Lernsysteme nun näher betrachtet werden. Generell wird der Lernprozess aus pädagogischer Sicht in drei Stufen unterteilt. Am Anfang steht die theoretische Wissensgewinnung, bei der sich ein Informationstransfer z.B. unterstützt durch Frontal-Unterricht und Vorlesungen, aber auch im Selbststudium beim Lernen aus Büchern, vollzieht. In einem zweiten Schritt wird das theoretische Wissen in Übungen und eigenständigem Arbeiten, z.B. in Form von Hausaufgaben, ausprobiert und eingesetzt (Wissenstransfer). Die dritte Stufe des Lernprozesses ist schließlich die praktische Tätigkeit in Labors (Praktika), wo das angeeignete Wissen zur eigenständigen Problemlösung herangezogen wird (Wissensanwendung).

Auch im eLearning müssen diese Stufen, angereichert oder umgesetzt durch neue Medien und modernste Informations- und Kommunikationstechnologien, realisiert werden. Aus technischer Sicht wird der Lernprozess hierbei durch folgende Technologien unterstützt:

- Informationsgewinnung durch Distributive Technologien
- Interaktionsmöglichkeiten durch Interaktive Technologien
- Kommunikation und Kooperationen durch Kollaborative Technologien

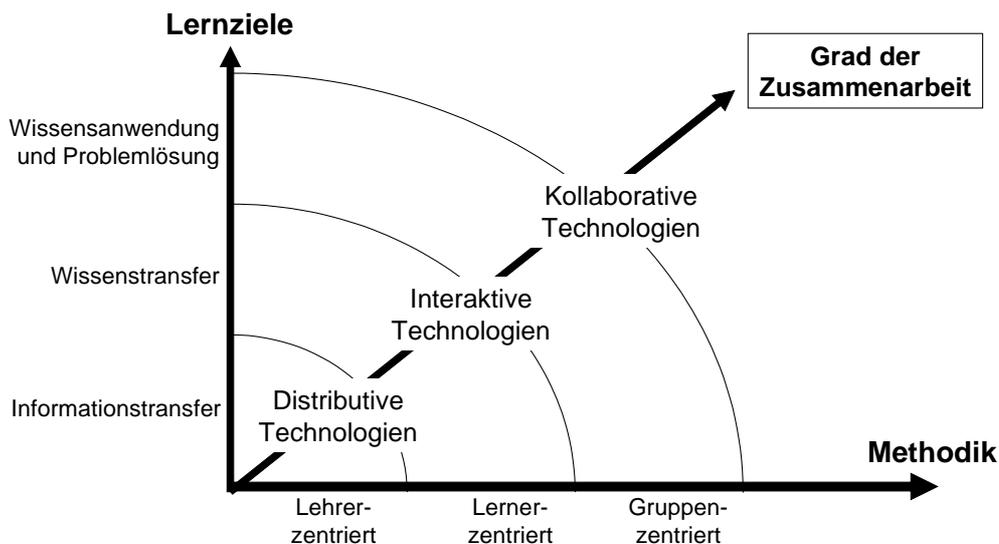


Abbildung 2.8: Lehrprozess-Modelle

Nach Mandl [Man02] lässt sich die Herausforderung an die Pädagogik beim Lernen mit neuen Medien auch durch folgende Methodik beschreiben (Abbildung 2.8):

Während für die reine Informationsvermittlung in der klassischen Hochschullehre der lehrerzentrierte Ansatz verfolgt wurde, steht beim Ziel des Wissens- und Fertigkeitserwerbs der Lernende im Mittelpunkt. Der Einsatz kollaborativer Technologien schließlich ermöglicht gruppenzentriert das Ziel der Wissensanwendung und Problemlösung, wie es in aktuellen Lehransätzen gefordert wird, die im Weiteren näher erläutert werden.

2.4.1.2. Lerntheorien

Lerntheorien untersuchen Veränderungen des menschlichen Verhaltens und Denkens, die nicht auf angeborene Reaktionen (z.B. Reflexe) oder Reifung zurückzuführen sind. Sie können einen allgemeinen Rahmen für die didaktische Konzeption von Lehrveranstaltungen darstellen.

Obwohl es keine einheitliche psychologische Lerntheorie gibt, finden sich in der Pädagogik verschiedene Varianten, die unterschiedlichen theoretischen Ansätze in übergeordneten Kategorien zusammenzufassen. Eine gängige Unterteilung, die auch im Kontext des Lernens mit neuen Medien häufig anzutreffen ist, ist die Kategorisierung in behavioristische, kognitivistische und konstruktivistische Lerntheorien.

Im Behaviorismus wird Lernen als Reaktion des Individuums auf Umweltreize erklärt; Lernprozesse können gemäß dieser Modellvorstellung von außen gesteuert werden. Bewusstseinsvorgänge bleiben dabei unberücksichtigt.

Der Kognitivismus rückt die inneren, bewussten Vorgänge des Lernprozesses in den Vordergrund. Untersucht werden Organisationsprozesse, Informationsverarbeitung und Entscheidungsvorgänge, bei denen durch aktive Beteiligung des Individuums kognitive Strukturen zu Begriffsbildung und Wissenserwerb gebildet werden.

Demgegenüber steht eine neue Lernkultur, die auf einer konstruktivistischen Auffassung von Lernen basiert [MW03]. Dabei wird Wissen nicht als Produkt gesehen, das von einer Person zur nächsten weitergereicht wird. Es muss, je nach Vorwissen, Motivation, und Einstellung vom Individuum aktiv erworben werden. Gemäß einer konstruktivistisch geprägten Auffassung von Lehren und Lernen stehen folgende Kriterien für den Lernprozess im Vordergrund:

- Lernen ist ein aktiver Prozess, d.h. nur über eine aktive Beteiligung des Lernenden wird Lernen möglich
- Lernen ist ein konstruktivistischer Prozess, d.h. ohne den individuellen Erfahrung- und Wissenshintergrund und eigene Interpretation findet kein Lernen statt.
- Lernen ist ein selbstgesteuerter Prozess, d.h. beim Lernen übernimmt der Lernende Steuerungs- und Kontrollprozesse.
- Lernen ist ein sozialer Prozess, d.h. Lernen ist ein interaktives Geschehen und schließt immer auch soziale Komponenten ein.
- Lernen ist ein emotionaler Prozess, d.h. leistungsbezogene als auch soziale Emotionen haben einen starken Einfluss auf das Lernen. Insbesondere im Hinblick auf die Motivation für das Lernen ist die emotionale Komponente wesentlich.
- Lernen ist ein situativer Prozess, d.h. Lernen erfolgt stets in einem spezifischen Kontext.

Ziel dieser neuen Lernkultur ist die Vermittlung anwendbaren Wissens, um die Kluft zwischen Wissen und Handeln zu überbrücken. In den ingenieurwissenschaftlichen Disziplinen findet zu diesem Zwecke das Mittel der Simulationsanwendung sehr häufig Verwendung.

Zudem wird in der Literatur zwischen individuellen, kompetitiven und kooperativen Lernen unterschieden. Weitere Erläuterungen dazu können in [Boe02c] nachgelesen werden.

2.4.1.3. Lehrverfahren

Hinsichtlich der methodischen Konzeption werden in der Literatur [Ein81] drei Lehrverfahren unterschieden, die sich durch verschiedene Grade der Strukturierung und Aktivierung der Lernenden auszeichnen:

Darbietende Lehrverfahren haben einen hohen Strukturierungsgrad, die Aufbereitung der Inhalte und die Gestaltung der Lehr- und Lernprozesse werden weitgehend vom Lehrer bestimmt (z. B. Vortrag, Vorlesung, Demonstration, etc.). Diese Verfahren sind besonders geeignet, wenn man in ein Themengebiet einführen oder Ergebnisse zusammenfassen will.

Erarbeitende Lehrverfahren haben einen mittleren Strukturierungsgrad. Der Lehrende steht nicht mehr im Mittelpunkt, der Unterrichtsablauf ist teils festgelegt, teils offen gestaltet zur Stärkung der Eigenaktivität der Lernenden, wie beispielsweise beim Problembasierten Lernen, einem angeleiteten Praktikum bzw. einer Übung oder auch einem Dialog zwischen dem Dozent und den Studierenden.

Explorative Lehrverfahren unterscheiden sich von erarbeitenden Verfahren durch den höheren Grad an Eigenaktivität der Lernenden. Die Methoden weisen einen geringen Strukturierungsgrad auf, die Lernenden müssen weitgehend selbständig Sachstrukturen herausarbeiten und in ihre kognitive Struktur transformieren und integrieren (z. B. Projektarbeit, Fallstudie, Planspiel).

Beim Einsatz neuer Lehr- und Lerntechnologien zeichnet sich ein Paradigmen-Wechsel bei den Lehr- und Lernmodellen ab (Abschnitt 2.1.2). Während beim klassischen instruktiven Lernmodell der Lernprozess zentral organisiert und durch den Lehrenden gesteuert wird, gestaltet im konstruktiven Lernmodell der Lernende seinen Lernprozess aktiv mit (selbstgesteuert), wie es durch das entdeckende Lernen im explorativen Lehrverfahren unterstützt wird.

Die traditionellen Aufgaben des Lehrenden von Informationspräsentation und Wissenstransfer wandeln sich hin zum Tutoring und Coaching. So wird der Lehrende zukünftig mehr als Berater dem Lernenden bei selbstgesteuerten und kooperativen Lernen unterstützen und bei der Gestaltung entsprechender Lernumgebungen einwirken.

2.4.2. Didaktisches Design von Lehr- und Lernmedien

2.4.2.1. Konzeption

Wer Lehrmedien gestaltet und produziert, verbindet damit bestimmte Absichten, z.B. die Studierenden effizienter zu informieren oder stärker zu motivieren, die Kommunikation zu verbessern, Gruppenprozesse zu beeinflussen oder einen höheren Lernerfolg zu erzielen. Wie bei der Planung klassischer Lehrveranstaltungen sollen auch beim Einsatz von eLearning die Fragen nach Zielgruppe, Inhalten, Lehr- / Lernzielen und Lehrmethode bei der Konzeption berücksichtigt werden.

Um bedarfsgerechte multimediale Lehrinhalte zu erstellen, müssen daher genaue Kenntnisse über Wissensstand, Interessen, Motivation, Fähigkeiten und Fertigkeiten der anvisierten Benutzer (Zielgruppe) bekannt sein. Auch die Präsentation und die Struktur der Inhalte sollten fachlich und didaktisch gut überlegt sein. So stehen zur Strukturierung multimedialer Inhalte unterschiedliche Methoden zur Verfügung, z.B. hypertextuelle Strukturen. Eine Bedingung für erfolgreiches Lernen ist, dass die Lernziele der Studierenden mit den Lehrzielen der Dozierenden im Kern übereinstimmen bzw. in Deckung gebracht werden. Bei diesem Prozess kann die Angabe von Lehrzielen helfen und als Orientierungshilfe für die Lernenden fungieren.

Außerdem ist, insbesondere bei der Neueinführung von eLearning, der Erfolg maßgeblich von einigen Rahmenbedingungen abhängig. Hierzu gehören die curriculare Verankerung, der zur Verfügung stehende Kostenrahmen oder die Beratungs- und Supportkapazitäten und schließlich auch die Verfügbarkeit einer entsprechenden eLearning-Infrastruktur.

2.4.2.2. Mediengestaltung

Als Leitlinien der mediengerechten und didaktisch motivierten Inhaltsaufbereitung können die Grundprinzipien der Gestaltung nach [Bal97] dienen. Grundsätzlich sollten sich die Lehrmedien durch Funktionalität, Einfachheit und Konsistenz auszeichnen. Sie sind in Abhängigkeit der einzelnen eLearning-Szenarien auszuwählen. Neben textueller, bildlicher, auditiver und visueller Elemente (Abschnitt 2.3.1.1) sind insbesondere die Interaktivität, Kommunikations-, Kooperations- und Kollaborationselemente, sowie die Navigation bei der gestalterischen Umsetzung von Medienprodukten und der Entwicklung von Gestaltungskonzeptionen zu berücksichtigen.

Die Rolle der Kommunikation und Kooperation in der Lehre wurde in Abschnitt 2.3.2.1 bereits angesprochen und wird im eLearning unter anderem durch Email, Mailinglisten, Newsgroups, Foren, Chat, Audio- / Videokonferenz oder Shared Workspaces / Whiteboards unterstützt.

Ein weiterer Aspekt beim Lernen mit digitalen Medien ist die Interaktivität. Denn es ist hinreichend bekannt, dass im Rahmen einer Lernumgebung die Interaktionen zwischen Nutzer und System einen wichtigen Grundbaustein bilden.

In [Sch97] werden sechs Stufen der Interaktivität genannt, die nach dem Grad der Aktionsmöglichkeiten des Nutzers aufsteigend sortiert sind. Zunächst geht es darum Objekte zu betrachten und zu rezipieren. An zweiter Stelle treten multiple Darstellungen, die in der nächsten Ebene durch variierende Repräsentationsformen ergänzt werden. In der vierten Stufe kann der Inhalt der Repräsentation manipuliert werden, die fünfte beinhaltet sogar, das Objekt der Repräsentation neu zu konstruieren. Die höchste Stufe schließlich lässt eine Konstruktion mit intelligentem Feedback zu.

Speziell die Simulationsanwendungen, gezeigt am Beispiel in Abschnitt 2.3.1.4, weisen ein sehr hohes Interaktionspotential auf. Sie spielen aus diesem Grund im Lehr- / Lernprozess, insbesondere in anwendungsbezogenen Fächerkulturen, wie den Ingenieur-Wissenschaften und der Angewandten Naturwissenschaften eine wichtige Rolle.

2.5. Fazit

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die modernen Informations- und Kommunikationstechnologien heutzutage bereits neben dem alltäglichen Bestandteil in der Lebens- und Arbeitswelt einen entscheidenden Beitrag zur Optimierung und Flexibilisierung der Lehr- und Lernvorgänge liefern. Im Besonderen wird eLearning zur Steigerung der Lernmotivation und damit des Lernerfolgs eingesetzt. Durch die Reduktion der durchschnittlichen Lerndauer trägt eLearning zu einer erhöhten Effizienz bei, was an einigen Beispielanwendungen aus dem Hochschulbereich veranschaulicht wurde.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass sich eLearning nach [BBS01] durch verschiedene Polarisierungen charakterisieren lässt:

- eLearning ist personen- oder organisationsbezogen, kann sich also sowohl auf das elektronisch unterstützte Lernen von Personen und Gruppen als auch von Organisationen beziehen.
- eLearning ist lokal oder verteilt, d.h. es kann auf lokal vorhandene Ressourcen, z.B. eine CD-ROM, oder auf entfernte Ressourcen zugegriffen werden.
- eLearning ist synchron oder asynchron; als Kommunikationsmedien zur zeitgleichen Interaktion können beispielsweise Chat und Videokonferenz genutzt werden, als asynchrone Medien Diskussionsforen.
- eLearning ist individuell oder kollaborativ, wird also von einzelnen Personen oder Organisationen wahrgenommen oder von mehreren Personen oder Organisationen in einem gemeinschaftlichen Prozess ausgeübt.
- eLearning ist statisch oder interaktiv; Lerneinheiten können entweder wie in einem Buch rezipiert oder aber über Interaktionen vermittelt werden.

Der didaktische Mehrwert ist jedoch – wie bei allen Lehr- und Lernprozessen – entscheidend von den angewandten Methoden abhängig. In diesem Kapitel wurden deshalb einige grundlegenden pädagogischen Aspekte in diesem Zusammenhang erläutert, was z.B. die Bereitstellung von Lehr- und Lernmaterialien oder die Kommunikation und Kooperation über das Internet betrifft.

Schließlich ist es von entscheidender Bedeutung die Anforderungen, die sich aus den verschiedenen Stufen des Lehr- und Lernprozesses (Abschnitt 2.4.1.1) ergeben, auf technische Lernsysteme abzubilden.

3. Grundlegende Konzepte von eLearning-Infrastrukturen

Im folgenden Kapitel werden grundlegende Infrastruktur-Konzepte diskutiert und der Aufbau einer eLearning-Infrastruktur für medienbasierte Hochschullehre skizziert. Schließlich stehen viele Hochschulen und Universitäten derzeit vor der Entscheidung, sich mit der Gestaltung einer geeigneten eLearning-Infrastruktur für die zukünftigen Herausforderungen auf einem globalen Bildungsmarkt zu rüsten. Dabei geht es selten um die Gründung einer virtuellen Hochschule, sondern meistens um die Ergänzung der Präsenzlehre durch virtuelle Komponenten mit Hilfe moderner Lern- und Lehrtechnologien [Sch01].

Zunächst werden die Rahmenbedingungen an Hochschulen umrissen und anhand eines Beispielszenarios wird das Potential einer geeigneten eLearning-Infrastruktur im Hochschulbereich veranschaulicht. Daran anschließend wird auf einige Standardisierungsbemühungen im eLearning-Umfeld hingewiesen und der Stand der Technik bei Lehr- und Lerntechnologien aufgezeigt. Dieser wird in der Literatur allgemein unterschiedlich definiert und klassifiziert, somit soll in diesem Kapitel auf die verschiedenen Ausprägungen von eLearning-Systemen eingegangen werden und diese durch einige Produkt-Beispiele aus der Industrie und dem Hochschulbereich verdeutlicht werden.

Darauf aufbauend gehen wir auf die Merkmale einer effizienten eLearning-Infrastruktur näher ein und leiten daraus die Anforderungen an eine integrierte eLearning-Service-Architektur ab.

3.1. Rahmenbedingungen an Hochschulen

Der Qualität von Lehre und Studium kommt im zunehmenden globalen Wettbewerb eine entscheidende Rolle zu. Hingegen bestimmen sinkende staatliche Budgets sowie zunehmender nationaler und internationaler Wettbewerb um Fördermittel und Studierende den Handlungsspielraum der Hochschulen und Forschungseinrichtungen.

Wie andere gesellschaftliche und wirtschaftliche Bereiche müssen sich auch die Hochschulen tief greifenden Veränderungen stellen. Davon bleiben die Leitungs- und Managementstrukturen nicht unberührt. Die Forderungen nach modernen betriebswirtschaftlichen Steuerungs- und Kontrollmethoden sowie ergebnisorientierter Effizienz rücken dabei nicht nur angesichts staatlicher Mittelverknappung in den Blickpunkt. Sie sind auch hinsichtlich der Größenordnungen der Hochschuletats von entscheidender Relevanz: Die Budgets vieler großer Hochschulen übersteigen die Haushalte mittlerer Großstädte. Der Weg der Hochschulen im 21. Jahrhundert verlangt deshalb nach einer neuen Form der informationstechnischen Unterstützung. Diese muss sowohl der Bedeutung der Hochschulen für die Industrie- und Wissenschaftsnationen als auch den Anforderungen moderner Dienstleistungsbetriebe entsprechen.

Neben dem Ausbau entsprechender Kompetenzzentren (Medienzentren) zur Unterstützung des Lehrpersonals bei der Umsetzung des Lehrstoffs, der Pflege und Aktualisierung der Inhalte sowie der Durchführung und Betreuung multimedialer Angebote, ist die Bereitstellung der technischen Infrastruktur eine wichtige Voraussetzung für die Umsetzung neuer Lehr- und Lernmethoden. Dabei spielt die multimediale Ausstattung von Hörsälen mit Beamern, breitbandigen Internetanschlüssen und Audio- / Videokonferenzsystemen eine wichtige Rolle. Aber auch das Vorhandensein entsprechender Lernsysteme ist von entscheidender Bedeutung, was nachfolgend anhand eines Beispielszenarios verdeutlicht werden soll.

3.1.1. Beispielszenario: Ingenieurwissenschaften

Prinzipiell fokussiert sich der Lernprozess (Abschnitt 2.4.1.1) im universitären Umfeld auf die Lehrszenarien Vorlesung, Seminar, Übung und Praktikum.

Im virtuellen Raum werden diese Lehrveranstaltungsformen auf unterschiedliche Weise unterstützt. Die Lehr- und Lernmaterialien für die **Vorlesung** werden über das Internet zur Verfügung gestellt. Der Einsatz von Videos und Animationen kann dabei zum besseren Verständnis des Vorlesungsstoffes herangezogen werden. Besonders bei den großen Studentenzahlen in den Ingenieurwissenschaften können durch Live-Übertragungen per Videokonferenz außerdem überfüllte Vorlesungs-Hörsäle vermieden werden. Bei **Seminaren** kann der Austausch von Materialien im Netz ermöglicht oder die Kommunikation zwischen Lehrenden, Tutoren und Studierenden auch online gefördert werden. In Diskussionsforen werden zu diesem Zweck häufig Fragestellungen diskutiert. **Übungen**, Hausaufgaben und Klausuren werden im eLearning online mit sofortigem Feedback bearbeitet.

Wie bereits erwähnt spielen bei den Ingenieurwissenschaften zur Veranschaulichung komplexer Prozessabläufe insbesondere **Praktika** eine wichtige Rolle im Lernprozess. Das Lösen von Problemen wird dabei immer häufiger an einem Modell gelernt, weil das ausgeführte Handeln in der Realität mit risikoreichen Konsequenzen verbunden wäre. In einer Simulation läuft die Zeit zudem meist „schneller“ ab, und der Lernende erhält so die Möglichkeit, Fehlerauswirkungen von simulierten Handlungen mit Fernwirkungen zu erkennen. Hierfür orientieren sich die interaktiven Programme oder Simulationen häufig an den aktuellen konstruktivistischen Ansätzen (Abschnitt 2.4.1.2) und räumen dem Lernenden viel Gestaltungsspielraum ein. Bislang handelt es sich jedoch meist um allein stehende Programme, die nicht oder nur schwer in eine Lernumgebung integriert werden können. Für ein durchgängiges eLearning-Szenario müssen auch netzbasiert Animations- und Simulationsprogramme bereitgestellt werden (vgl. Beispiel „Remote Simulation“ Abschnitt 2.3.1.4). Somit wird auch der explorative Lehransatz, der dem Lernenden speziell auch beim eLearning eine höhere Eigenaktivität einräumt, gestärkt (Abschnitt 2.4.1.3).

Die Simulationsprogramme finden neben dem Einsatz als Lernanwendung auch als Werkzeuge zu Forschungszwecken starke Verwendung, so dass bei der Bereitstellung der Simulationen über das Internet ein doppelter Gewinn für die Lehre und Forschung in den Ingenieurwissenschaften erreicht wird.

3.1.2. Anforderungen an Lernsysteme im Hochschulbereich

Die Veränderungen beim Einsatz von modernen Lehr- / Lernformen und deren hohe Komplexität haben gezeigt, dass nur auf HTML-Seiten basierende Internet-Angebote nicht mehr ausreichen. Vielmehr sind verschiedene Technologien nötig, um den neuen Anforderungen und Bedingungen gerecht zu werden. Diese sollen vor allem dazu dienen, die Lehrenden bei der Vorbereitung, Durchführung und Evaluation ihrer computergestützten Lehre zu entlasten. Die Lernenden sollen durch die zeit- und ortsunabhängige Bereitstellung von Kommunikationsmöglichkeiten oder Selbststudienmaterialien im Netz motiviert und unterstützt werden. Aber auch rein virtuelle Formen, wie das selbstgesteuerte Lernen im Netz oder kooperative virtuelle Seminare, können auf diese Weise realisiert werden.

Um Lehr- und Lernmaterialien im Netz abrufbar zu machen, einen Erfahrungsaustausch über die Materialien im Netz zu ermöglichen oder direkte Kommunikation zwischen Lehrenden, Tutoren und Studierenden auch im Netz zu fördern, müssen entsprechende Lernsysteme bereitgestellt werden (Abbildung 3.1). Auch Lernende außerhalb des Intranets (Hochschulnetzes) sollten in der Lage sein, über gesicherte Netze auf das Lernsystem zuzugreifen.

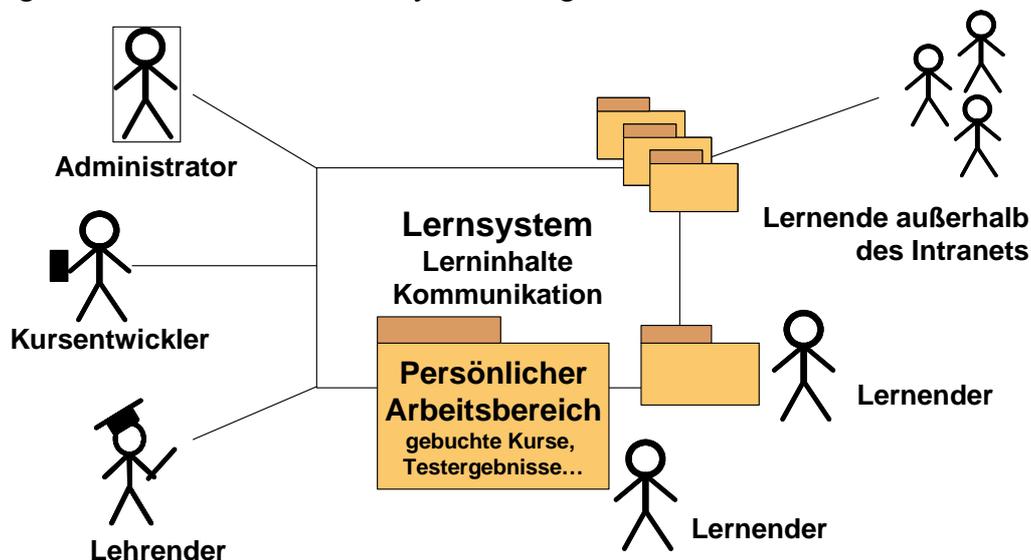


Abbildung 3.1: Akteure beim eLearning

Die wichtigsten Akteure dabei sind die Systemadministratoren, Kursentwickler (Autoren), die Lehrenden und Lernenden, die sich durch unterschiedliche Aufgaben und Kompetenzen auszeichnen.

3.1.2.1. Aufgaben und Kompetenzen der Akteure

Während der **Administrator** vor allem den technischen Support, die Bereitstellung und Wartung des Lernsystems übernimmt, erstellen die **Kursentwickler** bzw. **Autoren** neue multimediale Programme. An Hochschulen werden diese Aufgaben häufig von entsprechenden Zentren, wie z.B. Rechenzentren oder Medienzentren mitgetragen. Die Kursentwickler brauchen bei der Umsetzung der Lern- und Lehrinhalte in erster Linie inhaltliche Kompetenz. Sie werden häufig von Multimedia-Produzenten unterstützt, die über das notwendige, mediendidaktisches Fachwissen verfügen, und sich um die Gestaltung und die multimediale Aufbereitung der Inhalte kümmern (Medienkompetenz).

Der **Lehrende** erfüllt je nach Lernszenario verschiedene Rollen: TeleDozenten halten z.B. Vorlesungen, die auch mit elektronischen Medien live übertragen werden; TeleCoaches betreuen sowohl online, als auch im direkten Kontakt; TeleTutoren leiten Online-Seminare, beantworten Fragen der Teilnehmer, bieten Hilfestellung bei technischen Problemen, stellen Aufgaben und überwachen den Lernprozess.

Der **Lernende** bzw. Studierende greift schließlich über einen persönlichen Arbeitsbereich auf das Lernsystem zu, um sich Informationen und Daten zu beschaffen, oder mit anderen Akteuren zu kommunizieren oder zusammenzuarbeiten. Dazu ist ein entsprechendes technisches Wissen im Umgang mit neuen Medien unbedingt erforderlich. Zusätzliche Kompetenzen für ein erfolgreiches Lernen im Netz sind neben der Selbstorganisation auch die Selbstdisziplin und Selbstmotivation. Zudem sind Grundkenntnisse der englischen Sprache sehr nützlich. Neben der eigenen Lernkompetenz ist auch ein gewisses Maß an Beurteilungsfähigkeit für die Qualität von Lernmöglichkeiten vorteilhaft.

3.1.2.2. Sichten der Akteure auf die Lernumgebung

Aus den verschiedenen Rollen ergeben sich differenzierte Sichten der Akteure auf die Lernumgebung und damit unterschiedliche Anforderungen an das entsprechende Lernsystem, die wir im Folgenden näher betrachten werden.

Die Aktionen des **Administrators** sind mit denen eines Administrators in einem beliebigen System vergleichbar. Zunächst ist er für die Verwaltung der Nutzer des Systems zuständig. Er ist darüber hinaus verantwortlich für die Bereitstellung der Lerninhalte des Kursleiters und deren Abrufbarkeit, die Registrierung der Kursteilnehmer und die Grundkonfigurationen des Systems. Ebenfalls in seinem Zuständigkeitsbereich liegt der Import / Export standardisierter Materialien in oder aus der eigenen Lernumgebung. Er legt außerdem die Zugriffsrechte der weiteren Benutzergruppen des Systems fest. All diese Aufgaben müssen durch entsprechende Funktionen des Lernsystems durchführbar sein.

Der **Lehrende** bzw. **Kursleiter** sollte bei der Erstellung oder Nachbearbeitung von Lernmaterialien unterstützt werden. Es müssen Werkzeuge für Prüfungen und Umfragen bereitgehalten werden. Die Verwaltung der Kursteilnehmer, beispielsweise die Modifikation von Daten, wie etwa Noten, Anwesenheitsdauer und ähnliche organisatorische Aufgaben, sollte durch das System darstellbar sein. Darüber hinaus können verschiedene Dienstangebote den Lehrenden bei der Abstimmung und dem Erfahrungsaustausch mit anderen Kursleitern bzw. zur Kommunikation mit den Lernenden zur Seite gestellt werden. Außerdem ist der Kursleiter für die Betreuung des asynchronen / synchronen Lernens zuständig. Daraus leiten sich besondere Anforderungen an die Lernumgebung, wie z.B. die Bereitstellung virtueller Lernräume, ab.

Aus der Sicht des **Lernenden** auf die Lernumgebung sollte das Lernsystem individuell auf seine Bedürfnisse einzurichten sein. So kann er den Zugriff durch ein Passwort schützen und sich eine Startseite einrichten, die zu Beginn mit allen für ihn relevanten Kursen und Informationen angezeigt wird. Weiterhin kann sich der Nutzer die angebotenen Kurse anschauen und für gewünschte Kurse einschreiben und am Lehrbetrieb teilnehmen.

3.2. Standardisierung im Bereich eLearning

Bevor im Folgenden verschiedene Lehr- und Lernsysteme vorgestellt werden, wollen wir zunächst die wichtigsten Standardisierungsgremien und deren Zusammenspiel im eLearning-Umfeld aufzeigen.

Die Standardisierungsbemühungen in diesem jungen Forschungsgebiet haben sich erst in den letzten Jahren entwickelt. Daher sind sowohl die Standardisierungsgremien als auch die Standards großen Veränderungen unterworfen. Trotz dieser Dynamik hat die Standardisierung im eLearning-Umfeld stark an Bedeutung gewonnen, um – speziell in der Hochschullandschaft – eLearning dauerhaft und nachhaltig zu etablieren.

Hierbei sind insbesondere bei der Inhaltserstellung voneinander meist unabhängige Module in verschiedensten Formaten entstanden, so dass speziell in diesem Zusammenhang die Forderung nach allgemeingültigen Standards lauter wird (Abschnitt 3.2.3). Ebenso sind im Bereich der Werkzeuge und Systeme zueinander inkompatible Insellösungen entwickelt worden, deren nachhaltiger Einsatz nicht gesichert ist.

3.2.1. Standardisierungsgremien

In den letzten Jahren entstanden verschiedenste Systeme und Werkzeuge im Bereich eLearning. Das Zusammenwirken der Technologien ist für den Anwender von besonderer Bedeutung, denn so kann er aus einer Vielzahl von kompatiblen Produkten unterschiedlicher Anbieter auswählen und seine Investitionskosten vor einem zu schnellen Wertverlust absichern.

Dabei konzentrieren sich eLearning-Standards hauptsächlich auf folgende Bereiche:

- Wiederverwendbarkeit in verschiedenen Lernszenarien und Kontexten
- Portabilität der Daten / Inhalte
- Interoperabilität, Flexibilität und Anpassbarkeit der Systeme
- Handhabbarkeit, Erreichbarkeit (aus der Sicht der Akteure) und Dauerhaftigkeit.

Nach anfänglich getrennten Standardisierungsbestrebungen haben sich die nachfolgend aufgeführten Konsortien darauf geeinigt, ihre Arbeitsergebnisse auszutauschen und zu konsolidieren. Das relativ komplizierte Kooperationsnetzwerk der Gremien ist in Abbildung 3.2 illustriert (nach [LTSA01]).

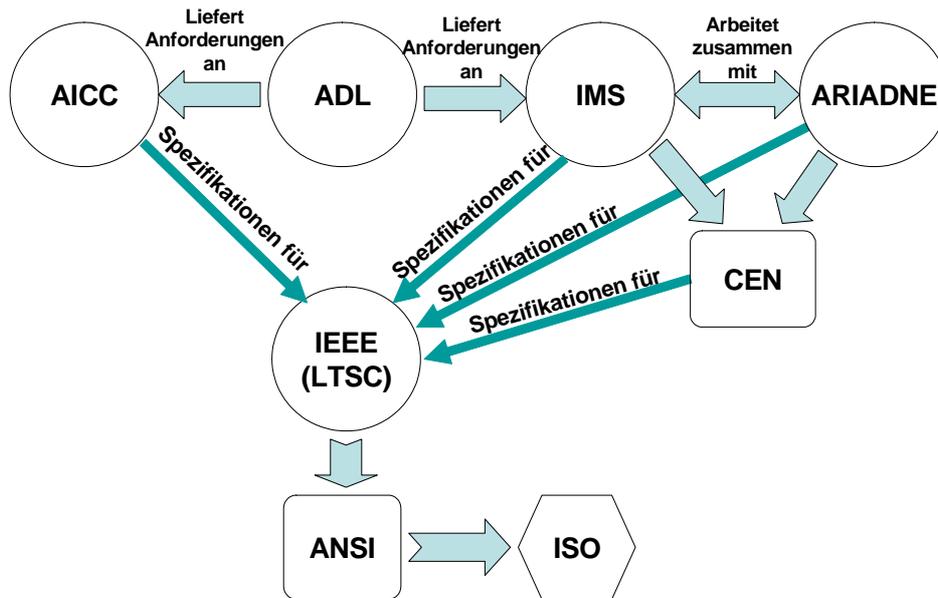


Abbildung 3.2: Zusammenspiel der Standardisierungsgremien im eLearning

Das Advanced Distributed Learning Net [ADL], eine Initiative der US-Regierung für die vereinfachte Entwicklung und Bereitstellung von Lehrinhalten, liefert Anforderungen sowohl an AICC und IMS. Das Aviation Industry CBT Committee [AICC] ist ein Konsortium der US amerikanischen Luftfahrtindustrie und entwickelt Spezifikationen speziell für diesen Bereich. Diese reicht AICC an das Learning Technology Standards Committee [LTSC] einer Untergruppe im Institute of Electrical and Electronic Engineers [IEEE] zur formalen Standardisierung ein.

Educom's Instructional Management Systems [IMS] ist dagegen ein Zusammenschluss von Universitäten, Institutionen, Wirtschaftsunternehmen und staatlichen Einrichtungen, die gemeinsam die Technologieentwicklung vorantreiben und diese dann beispielhaft implementieren. Die Arbeit im IMS [IMS01] konzentriert sich unter anderem auf die Entwicklung von Spezifikationen in den vier Entwicklungsgebieten der Benutzerprofilierung, der Integration von Lernsystemen in Unternehmen und Bildungseinrichtungen, ihrer Laufzeitsysteme und im Bereich der Metadaten. Letztere sind im Kontext der Austauschbarkeit von multimedialen Inhalten und daher für die nachhaltige Integration von eLearning im Hochschulbereich mitentscheidend. Auch diese Ergebnisse werden als Spezifikationen an den IEEE übermittelt.

Des Weiteren ist das durch die Europäische Union geförderte Projekt **ARIADNE** zu erwähnen [ARIAD], dessen Teilnehmer ebenso schwerpunktmäßig die Spezifizierung von Metadaten für Lerninhalte entwickeln. Auf diesem Gebiet arbeitet ARIADNE sehr eng mit dem IMS zusammen. Diese Bemühungen werden auf Europäischer Ebene durch das Comité Européen de Normalisation / Information Society Standardization System [CEN / ISSS] gebündelt und schließlich über den IEEE (LTSC) eingereicht, der als akkreditierter Standardisierungsausschuss die Spezifikationen der anderen Gremien aufnimmt, und daraus technische Standards im Bereich der Lehr- und Lerntechnologien entwickelt.

Nach Prüfung der IEEE Standards werden diese dem American National Standards Institute [ANSI] und der International Standards Organization [ISO] zur Weiterbearbeitung übergeben.

3.2.2. Standardisierungsprozess

Der Standardisierungsprozess (Abbildung 3.3) beginnt von unterschiedlichen Benutzeranforderungen und Interessengruppen aus (nach [Sun02]).

Technische Trends und aktuelle Forschungs- und Entwicklungsergebnisse liefern am Anfang vielfach neue Erkenntnisse. Die daraus abgeleiteten Möglichkeiten werden mit den Benutzeranforderungen abgeglichen und in den Spezifizierungskonsortien als Spezifikationen und Best Practice Anwendungen umgesetzt. Daraus entstehende Erfahrungen fließen in Pilotprogramme, Testbeds und neue Produkte ein. Schließlich werden sie konsolidiert und die wichtigsten Aspekte in den Standardisierungsgremien auf Konsens und Konformität gebracht. So entstehen letztendlich akkreditierte Standards.

Der Nachteil des Standardisierungsprozesses liegt in seiner Langwierigkeit. Besonders im sich schnell wandelnden IT-Bereich kann sich dies als problematisch erweisen.

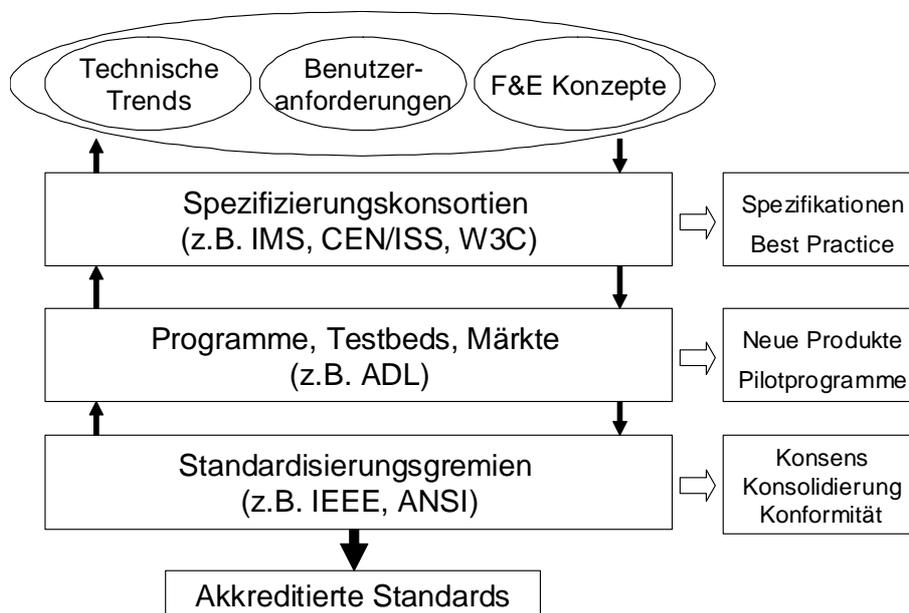


Abbildung 3.3: Standardisierungsprozess im eLearning

3.2.3. Metadaten-Standards für multimediale Lerninhalte

Von besonderer Bedeutung sind die Fortschritte in der Standardisierung von Metadaten-Standards für multimediale Wissensbausteine, da besonderes im universitären Umfeld traditionell ein reger Austausch von Lehr- und Lernmaterialien stattfindet. Die Verwendung von multimedialen Inhalten in unterschiedlichen Kontexten setzt eine einheitliche und adäquate Beschreibung der Materialien voraus. Diese erfolgt durch so genannte Metadaten („Daten über Daten“), die insbesondere technische und pädagogische Informationen über das Material beinhalten.

In enger Zusammenarbeit mit dem Metadata Standard Project (IMS) konzentriert sich insbesondere ADL auf die Entwicklung und Bereitstellung von Lerninhalten unter Verwendung neuester Technologien. Ziel dabei ist es, einen orts- und zeitunabhängigen Zugriff auf qualitativ hochwertige Lehr- und Lernmaterialien zu sichern, die auf die jeweiligen Bedürfnisse des Lernenden angepasst werden können.

Die vom AICC erstellten Spezifikationen sind in den letzten fünf Jahren zu einem De-facto-Standard geworden und werden weltweit genutzt. AICC hat diese Spezifikationen bereits dem IEEE (LTSC) zur Standardisierung vorgelegt.

Darüber hinaus verfolgt die Computer Education Management Association [CEdMA] die Entwicklung von Lernmaterialien in Form von unabhängigen Lernobjekten, die in jeder gewünschten Art kombinierbar sind und so individuell angepasst werden können. Die CEdMA selbst ist keine akkreditierte Standardisierungsorganisation. Sie versucht in Zusammenarbeit mit Institutionen wie dem IEEE, die Spezifikationen zu einem De-Facto-Standard zu erheben.

Unter der Projektbezeichnung P1484 unterstützt das IEEE LTSC eine Reihe von Standards im Bereich der computergestützten Lernsysteme. Das Ziel ist die Entwicklung von Richtlinien, die es ermöglichen sollen, Werkzeuge, Lernmaterialien und Dienste auf Komponentenbasis bereitzustellen. Für die Standardisierung von Metadaten ist die IEEE-Gruppe P1484.12 (Learning Objects Metadata Working Group, LOM) von Interesse.

Des Weiteren gibt es ein Metadatenmodell der Dublin Core Initiative [DublinC]. Dieses ist bewusst einfach gehalten, um eine universelle Verwendbarkeit gewährleisten zu können. So besteht der Kernsatz von Attributen aus lediglich fünfzehn Elementen, welche sich semantisch auch in der Spezifikation des IMS wieder finden.

3.2.4. XML-Technologie

XML (eXtended Markup Language) ist eine vom W3C (World Wide Web Consortium) veröffentlichte Markup-Sprache. Anders als bei HTML (Hyper Text Markup Language), wo mit so genannten HTML-Tags das Layout beziehungsweise die Formatierung in einem Dokument beschrieben werden, trennt XML den Inhalt eines Dokuments von der Darstellung und ermöglicht damit eine Weiterbearbeitung des Inhalts. Zu diesem Zweck werden in der XML-Spezifikation nicht die Tags selbst festgelegt, sondern stattdessen Standardmethoden zur Definition von Tags und Beziehungen sowie für das Hinzufügen von Dokumentcodes angeboten.

XML ist eine äußerst flexible Metasprache, mit der praktisch jede Art von Dokument bearbeitet werden kann, weil es keine vordefinierten Tags gibt. Diese Flexibilität ist zudem mit einem skalierbaren Modell verbunden, das sowohl auf einfache, textbasierende Dokumente als auch auf komplexe hierarchische Informationen angewendet werden kann. Tags, Attribute und Elementstrukturen liefern Kontextinformation, die die Interpretation des Inhalts eines Dokuments ermöglicht. Hier ergeben sich völlig neue Einsatzmöglichkeiten für unterschiedlichste Anwendungen, z.B. hocheffiziente Suchmaschinen und intelligentes Recherchieren. Aus diesem Grund wird XML zunehmend zum standardisierten Datenaustausch verwendet.

Die Tags für einen bestimmten Dokument- oder Informationstyp sind in XML-Schemas enthalten, die die Gruppen von Tags und die Regeln für deren Anwendung festlegen. Schemas definieren die Struktur und den Typ der Daten, die jedes Datenelement in einem Dokument enthalten. Jeder kann XML-Schemas erstellen, um Inhalte für praktisch jede Anwendung zu definieren und zu beschreiben.

Eine weitere Eigenschaft von XML ist die textbasierende Sprache. Sie ist für den Benutzer verständlich, da XML-Dateien ausschließlich aus Text bestehen. Das vereinfacht die Entwicklung von plattformunabhängigen Tools und den Austausch von Dateien zwischen Anwendungen.

Darüber hinaus gibt es nur wenige Einschränkungen in Bezug auf die Tools, Plattformen oder Geräte, die XML-Dokumente generieren oder bearbeiten können. Der Austausch von Daten zwischen Anwendungen und Systemen erfolgt somit unabhängig von den verwendeten Plattformen.

Außerdem können XML-Objekte diverse Datentypen - von multimedialen Basiselementen (Text, Bild, Audio, Video) bis hin zu aktiven Komponenten (Java-Applets, ActiveX) enthalten, wodurch auch die Einbindung bereits vorhandener Daten gewährleistet ist. Das Abbilden bestehender Datenstrukturen wie Dateisysteme oder relationale Datenbanken auf XML ist leicht realisierbar. XML deckt alle bestehenden Datenstrukturen ab und unterstützt verschiedene Datenformate.

Zudem können XML-Objekte aus verschachtelten Elementen bestehen, die über mehrere entfernte Server verteilt sind. Auf diese Weise kann z.B. das Web zu einem riesigen, nutzbaren Wissensspeicher werden, da XML derzeit das am häufigsten genutzte Format für verteilte Daten und Anwendungen ist. Dies begründet auch warum XML-Technologie in den verschiedensten Bereichen vermehrt eingesetzt wird.

3.3. Lehr- und Lerntechnologien

Der zunehmende und veränderte Einsatz von virtuellen Lehr- / Lernformen und deren hohe Komplexität haben gezeigt, dass nur auf HTML-Seiten basierende Internet-Angebote nicht mehr ausreichen. Um den neuen Anforderungen und Bedingungen gerecht zu werden, entstanden unterschiedliche Lehr- und Lerntechnologien, die die Lehrenden bei der Vorbereitung, Durchführung und Evaluation ihrer multimedialen, computergestützten Lehre entlasten sollen.

Zunächst wurden für die verschiedenen Szenarien und Dienste einzelne Werkzeuge entwickelt. Zukünftig wird es jedoch besonders wichtig sein, verschiedene Veranstaltungstypen auf einem System zu integrieren, so dass einerseits die Präsenzlehre durch die zeit- und ortsunabhängige Bereitstellung von Kommunikationsmöglichkeiten oder Selbststudienmaterialien im Netz unterstützt wird. Andererseits sollen auch rein virtuelle Formen, wie das selbstgesteuerte Lernen im Netz oder kooperative virtuelle Seminare, auf dem gleichen System abgebildet werden können.

Hinzu kommt, dass in größeren Bildungseinrichtungen, wie an Hochschulen und an Weiterbildungsinstituten, das Kurs- bzw. Campusmanagement eine immer wichtigere Rolle spielt. Moderne Technologien können hier in geeigneter Weise zum effizienten Informations- und Kommunikationsaustausch beitragen.

Im Allgemeinen werden bei den Lehr- und Lerntechnologien fünf Funktionsbereiche dediziert, die aufbauend auf die vorhandene Hardware-Infrastruktur durch geeignete Werkzeuge (Tools) und eLearning-Systeme abgedeckt werden:

- Werkzeuge zur Erstellung von multimedialen Lernmaterialien
- Präsentation und Organisation von Inhalten
- Kommunikations-, Kooperations- und Kollaborationswerkzeuge
- Evaluations- und Bewertungshilfen
- Administration (von Lernenden, Inhalten, Kursen, Lernfortschritten, Terminen)

3.3.1. Werkzeuge

Es gibt eine Vielzahl von Werkzeugen neben den komplexen eLearning-Systemen. Diese Tools dienen der Erstellung von Inhalten (Autorensysteme), der Kommunikations- und Kollaborationsunterstützung (z.B. Werkzeuge zum Einbinden von Diskussionsforen, systeminternen Mailprogrammen, Chat, Whiteboard) oder der Evaluation (z.B. Tools zum Erstellen von Tests, Umfragen und zur Aufgabenverwaltung). Aber auch Werkzeuge zum Einrichten der individuellen Lernumgebung, dem Abrufen der Leistungsstatistiken und zur Navigation oder Werkzeuge zur Benutzerverwaltung und des Dateimanagements werden häufig parallel zum vorhanden Lernsystem angeboten. Eine besondere Rolle haben dabei die Autorensysteme.

3.3.1.1. Autorensysteme

Das Ziel der Autorenwerkzeuge ist es, die Erstellung webbasierter Inhalte so zu unterstützen, dass die komplexen Details der dafür notwendigen Auszeichnungssprache HTML bzw. XML (Abschnitt 3.2.4) verborgen werden und von den Autoren nicht beherrscht werden müssen. Prinzipiell können Autorensysteme für eLearning Content in verschiedene Gruppen eingeteilt werden [Fes03, HM03, Sch00].

Im Folgenden werden die fünf Kategorien HTML-Editoren, Professionelle Autorensysteme, Rapid Content Development Tools, Live Recording System und Content Converter genauer betrachtet.

HTML-Editoren

HTML-Editoren unterstützen das komfortable Gestalten von Web-Seiten und können ebenso zum Erstellen von Lerneinheiten genutzt werden. Dies geschieht bei den meisten HTML-Editoren WYSIWYG (What You See Is What You Get), weshalb sie auch häufig als WYSIWYG-Editoren bezeichnet werden. Einige Vertreter beherrschen auch die Content-Standards, wie SCORM oder AICC (Abschnitt 3.2.1) und erfüllen darüber hinaus noch weitere eLearning Funktionalitäten. Die bekanntesten unter ihnen sind: Macromedia Dreamweaver [Macromedia], Adobe GoLive [Adobe], Netobjects Fusion [Netobjects] und Microsoft Frontpage [Microsoft].

Professionelle Autorensysteme

Professionelle Autorensysteme mit integrierter Programmiersprache ermöglichen mit ihrer umfangreichen Funktionalität die anspruchsvolle Gestaltung von hochgradig interaktiven Lerninhalten, jedoch ist der Einarbeitungsaufwand aufgrund der Komplexität dieser Systeme sehr hoch.

In der Regel unterscheidet man zwischen Werkzeugen, die Anwendungen erzeugen, die auf (D)HTML (Dynamisches HTML) oder Java Applets beruhen, und jenen, die zur Darstellung die Installation eines bestimmten Plugins auf Anwenderseite erfordern. Eine weitere Unterscheidung findet man in der Arbeitsweise der Autorensysteme:

- Seitenorientierte Werkzeuge ermöglichen den Aufbau einer Seitenstruktur (z.B. ToolBook Instructor und ToolBook Assistant von [SumTotal]).
- Mit zeitleistenorientierten Programmen bildet man den Ablauf in zeitlicher Reihenfolge ab (z.B. Macromedia Director, Macromedia Flash [Macromedia]).
- In eventorientierten Programmen wird ein Flussdiagramm verwendet, um den Ablauf der Anwendung darzustellen (z.B. Macromedia Authorware [Macromedia]).

Rapid Content Development Tools

Rapid Content Development Tools ermöglichen Autoren ohne jegliche Programmierkenntnisse die Entwicklung von Lerneinheiten mit Interaktionen, wie Quizzes und Tests. Diese Werkzeuge arbeiten meist seitenorientiert. Bekannte Tools sind EasyGenerator von NIAM-TMS, EasyProf von ITACA, Lectora Publisher von Trivantis, Content Creator von Bit Media e-Learning Solution [bitmedia] und PowerTrainer von Dynamic Media [dynamicm].

Live Recording Systeme

Live Recording Systeme unterstützen die Aufzeichnung von Vorlesungen, Vorträgen und Präsentationen, die Nachbearbeitung der aufgezeichneten Audio- und Videodaten und das Abspeichern in einem streaming-fähigen Internet-Format. Multimediale Inhalte können somit kostengünstig und schnell produziert und distribuiert werden. Kommerzielle Live Recording Systeme sind Tegrity's WebLearner und die Lecturnity Suite der imc AG [IMC].

Content Converter

Content Converter wandeln Dokumente, die mit Hilfe von Textverarbeitungssoftware erstellt wurden, in HTML-Dateien um. Der Clix Content Converter [IMC] analysiert beispielsweise ein Dokument im Rich Text Format (.rtf) bezüglich seiner Struktur und Inhalte, interpretiert es entsprechend einer zuvor festgelegten Lernlogik und setzt es in eine XML-Datei um. Aus dieser Datei wird ein HTML-Dokument mit entsprechender Lerner-Navigation erzeugt. Es ist zu beachten, dass die Struktur im Textdokument mit Hilfe von Überschriftformaten exakt definiert sein muss, damit eine sinnvolle Navigationsleiste generiert werden kann. Einige Textverarbeitungsprogramme, wie beispielsweise Microsoft Word [Microsoft], bieten die Möglichkeit, Dokumente direkt als Webseite zu speichern. Die Konvertierung geschieht hier direkt, ohne zuvor eine XML-Datei zu generieren.

3.3.1.2. Kursmanagement- und Campusmanagement-Systeme

Neben dem Erstellen von eLearning-Content ist natürlich die gesamte Lernverwaltung ein wichtiger Beitrag zur erfolgreichen Umsetzung von eLearning-Angeboten im Hochschulereich.

Im betrieblichen Weiterbildungsbereich werden eLearning-Angebote und Lernprozesse bereits seit Jahren durch geeignete Kurs- und Seminarmanagementsysteme mit entsprechenden Funktionen unterstützt. Dabei haben sich verschieden Systeme, z.B. TCManager [SoftDeCC], TCAcademy oder TCRESY, auf dem Markt etabliert.

Das elektronische Campusmanagement (z.B. SAP CM Modul [SAP], HISPOS [HIS]) unterstützt die Automatisierung von Verwaltung und Rechnungswesen an einer Hochschule durch eine Komplettlösung mit integrierten Software-Funktionen. Die Funktionen der Campusmanagement-Lösung verknüpfen universitäre Abläufe mit betriebswirtschaftlichen Systemprozessen. Es wird da dadurch die Einrichtung von Online-Diensten für Studenten, Absolventen, wissenschaftliche Mitarbeiter und Verwaltungspersonal ermöglicht. Die Anwendungsmöglichkeiten reichen von der automatisierten Bearbeitung der Studienbewerbungen über die Planung der Lehrveranstaltungen bis zu Online-Studienangeboten.

Um Inhalte und Anwendungen über das Internet anzubieten, haben sich unterschiedliche Lernsysteme herauskristallisiert.

3.3.2. eLearning-Systeme

Für die Distribution von Informationen im Internet haben sich vom einfachen **Webserver**, über den **Dokumentenserver**, mit dem neben Texten in der Regel auch Multimediadokumente inklusive Ton, Bild, Videos und Animationen angeboten werden können, bis hin zum **Streaming Server** bereits verschiedene Technologien im Einsatz bewährt.

Speziell für die Verteilung von Lehr- und Lernmaterialien existieren zudem technisch komplexe Zugangspunkte wie Portale, Plattformen und Content Management Systeme, die verschiedene Dienste zur Verfügung stellen. In der Literatur wird übergreifend häufig der Begriff „Lernplattform“ verwendet ([BHM02b], [Bra04], [Sch03]). Im Folgenden wollen wir einzelne eLearning-Systeme differenziert betrachten.

3.3.2.1. Lernportal

Das Portal ist ein „Eintrittspunkt zu einem Informationssystem“. Prinzipiell können Portale als eine Art Implementierung von verteilten Systemen auf Web-Technologie-Basis angesehen werden [Fox00a,b]. Dabei haben alle Portale bestimmte allgemeine Grundfunktionen, wie z.B. eine Benutzerverwaltung (mit automatisierter Online-Registrierung der Kursteilnehmer, Abrechnungs-Funktion, etc.) und eine Kursverwaltung (Kurse, Verwaltung der Inhalte, Dateiverwaltung). Für einen entsprechenden Bereich (z.B. eine Community, eine Hochschule, etc.) gibt es eine Anzahl an Daten und Diensten. Diese sind über das Portal, in der Regel eine einfache Web-Seite, zu erreichen. Dabei bietet das Portal meist auch eine Möglichkeit, den Zugang entsprechend zu personalisieren [Cas00].

Beispiele für Lernportale finden sich an einzelnen Lehrstühlen oder anderen Lehreinrichtungen. Häufig werden diese auch bei Kooperationen zwischen Hochschulen wie dem Virtus-Projekt der Universität Köln [VIRTUS] oder als Dienst-Zugangspunkt bei virtuellen Verbunduniversitäten wie z.B. der Virtuellen Hochschule Bayern [VHB], der Virtuellen Hochschule Oberrhein [VIROR] bzw. dem Virtuellen Campus Schweiz [VCS] eingesetzt. Auch im kommerziellen Bereich gibt es Portale in unterschiedlichen Ausprägungen, die in folgende Kategorien einzuteilen sind:

- firmeninterne Lernportale (D.A.S., Ford, Motorola, Oracle, DaimlerChrysler ...)
- Lernportal von Weiterbildungseinrichtungen (Academy4Me, Akademie.de)
- Lernportal von Inhaltsanbietern (NetG mit Xtremelearning, Smartforce)

Dabei sind einige interessante Ansätze bezüglich kommerzieller Portal-Implementierungen zu beobachten, wie z.B. iPlanet von SUN, Portallösungen von Oracle, WebSphere von IBM und e-Speak von Hewlett Packard. Viele web-basierte Datenbanksysteme bauen dabei XML-Technologie (Abschnitt 3.2.4) ein.

Aber auch im universitären Bereich sind verschiedene Lernportale entwickelt worden, wie z.B. im Ninja-Projekt der UC Berkeley [Ninja04].

3.3.2.2. Shared Workspace

Ein Shared Workspace ist eine Software, die über einen Server einen gemeinschaftlich nutzbaren Arbeitsplatz im Internet bereitstellt. Dadurch können räumlich verteilte Arbeitsgruppen via Internetbrowser auf gemeinsame Dokumente zugreifen und Aufgabenstellungen kooperativ bearbeiten.

Ein Shared Workspace verfügt zu diesem Zweck über eine Benutzerverwaltung, die Rechte und Rollen an die verschiedenen Nutzer vergibt. Neben Einzelrechten

ermöglicht ein Shared Workspace, Gruppen zu verwalten, die rollenspezifische Zugriffsrechte erhalten. Innerhalb eines passwortgeschützten Bereichs können so elektronische Dokumente (Texte, Grafiken, Tabellen, Videos, Tondokumente, Übungen) bereitgestellt werden, die die zugelassenen Teilnehmer nachfolgend abrufen, kommentieren oder selbst einstellen können. Überarbeitungen werden durch Vergabe einer neuen Versionsnummer sichtbar gemacht.

In der Regel sind die Shared Workspaces mit asynchronen Kommunikationswerkzeugen (Email, Newsgroups, Foren, ...) ausgestattet. Manche Shared Workspaces verfügen zudem über einen Ereignisbericht. Dieser wird in Form einer Email an die Nutzer versandt und enthält Informationen über aktuelle Ereignisse. Ein im Hochschulbereich weit verbreitetes Shared Workspace System ist z.B. der BSCW-Server [BSCW].

3.3.2.3. Lernplattform und Learning Management System (LMS)

Unter einer Lernplattform wird allgemein eine Software für die Organisation und Betreuung webunterstützten Lernens verstanden. Häufig werden Lernplattformen auch als Virtual Learning Environments (VLE), Integrated Distributed Learning Environments (IDLE) oder als Learning Management Systems (LMS) bezeichnet.

Die wichtigsten Funktionsbereiche sind die Präsentation von Inhalten (Text, Grafik, Bild, Ton, Film) und die Bereitstellung von Werkzeugen zur Kommunikation und Kooperation (asynchrone wie Email und Webforen sowie synchrone wie z.B. Chat und Whiteboard), sowie zur Erstellung von multimedialen Inhalten und zur Administration von Lernenden, Inhalten, Kursen, Lernfortschritten, Terminen, etc. Die Lernplattform wird zu diesem Zweck auf einem zentralen Server installiert und in den meisten Fällen über einen Client browserbasiert angesprochen.

Dabei wird in der Literatur [BHM02a] bei den meisten Definitionen von Lernplattform die Organisation des Lernprozesses, der sowohl eine pädagogisch-didaktische als auch eine administrative Seite hat, besonders betont.

Darüber hinaus finden sich in der Literatur eine Vielzahl von verschiedenen Definitionsversuchen. Je nach Untersuchungszeitraum werden die unterschiedlichsten Studien und Beispielaufstellungen besprochen, z.B. die Studie von Brandon Hall [Bra02] mit 72 eLearning-Plattformen, oder die Untersuchung von Baumgartner und Häfele [BHM02b], die Stichproben von 133 eLearning-Plattformen betrachtet. Schulmeister vergleicht im Rahmen des EVA:LERN-Projekts 171 Software-Produkte von Lernplattformen [Sch03].

Abbildung 3.4 illustriert die Schichten und Säulen einer Lernplattform nach Schulmeister [Sch03]. Dabei besteht das Learning Management System (LMS) aus drei Schichten: einer Datenbankschicht (Repository), in der alle Lernobjekte, Benutzerdaten, etc. gespeichert sind, einer Schicht mit Schnittstellendefinitionen zu anderen Systemen und einer Präsentationsschicht, die die Inhalte für den Administrator, den Dozenten oder die Studierenden bereitstellt.

Die oberste Schicht teilt sich auf in die Bereiche Administration (Benutzer, Kurse, Institutionen, Evaluation), die Lernumgebung mit den Kursen und Kommunikationswerkzeugen, und dem Authoring auf. Die APIs (Application Programming Interfaces) beschreiben die Schnittstellen zu anderen Systemen wie Enterprise Resource Planning (ERP), Studentenverwaltung, Raumverwaltung, Abrechnungssysteme, Bibliotheken, etc. Die unterste Ebene besteht häufig aus verschiedenen Datenbanken, in denen neben den administrativen Aspekten, vor allem die Verwaltung der Inhalte angesiedelt ist.

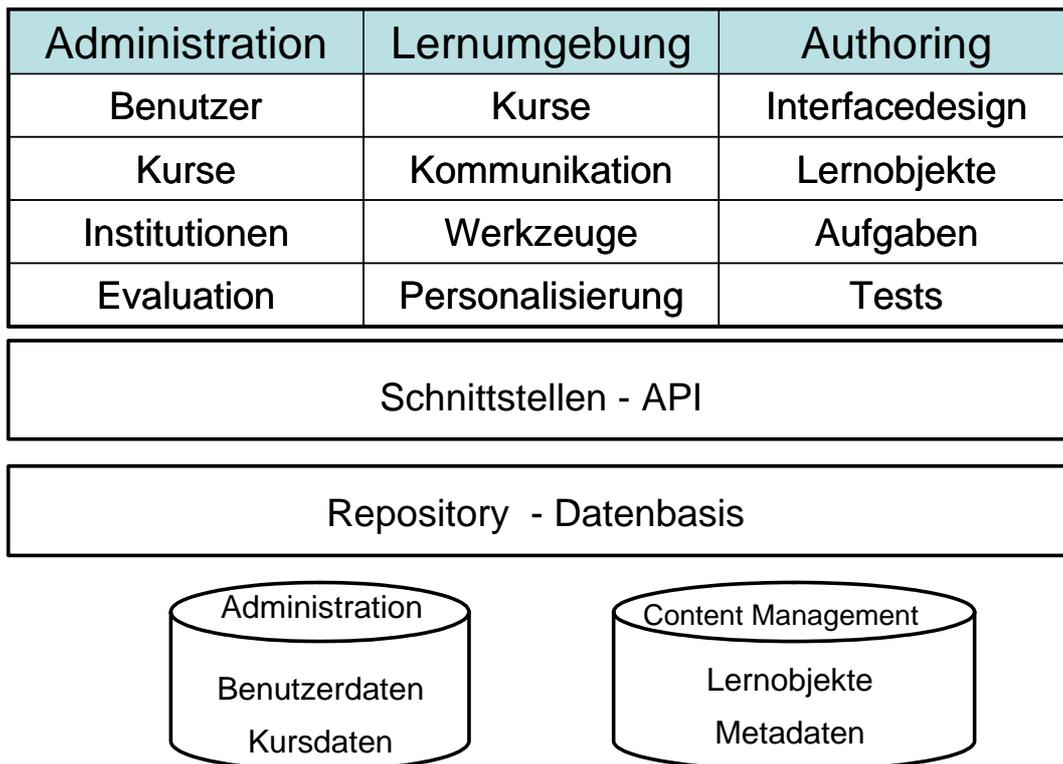


Abbildung 3.4: Idealtypischer Aufbau einer Lernplattform

Insbesondere das Management der eLearning-Inhalte gewinnt an Bedeutung und so werden heute vermehrt auch Content Management Systeme zu diesem Zweck im Hochschulbereich eingesetzt.

3.3.2.4. Content Management System (CMS)

Eine andere Gruppe von Produkten sind die Content Management Systeme (CMS). Ursprünglich für die Organisation und das Management von Inhalten konzipiert, haben sich die CMS [Mil02] zu komplexen Redaktionssystemen entwickelt, die sowohl die Abläufe eines kooperativen webbasierten Arbeitsprozesses koordinieren, als auch die Online-Erstellung der Inhalte unterstützen. Dabei zeichnen sich Content Management Systeme durch die strikte Trennung von Inhalt und Layout aus. Im Gegensatz zu statischen Websites werden die Inhalte (Texte, Bilder, Videoclips, ...) sowie die Formatvorlagen (Templates) in einem CMS separat gespeichert und die Website entsprechend dynamisch generiert.

CMS vereinfachen das Erstellen und Administrieren von Online-Inhalten und werden zumeist für WWW-Seiten mit hohem Informations- und Aktualitätsgrad wie Online-Zeitungen oder Informations-Portale eingesetzt. Somit dienen Content Management Systeme der Beschaffung und Erstellung, Präsentation und Publikation, Aufbereitung und Aktualisierung, Management und Organisation, Verteilung und Integration, Verarbeitung von Inhalten (Workflow) und der Wiederverwendbarkeit von Inhalten.

Darüber hinaus verfügen CMS über zahlreiche weitere Funktionen, wie der Personalisierung von Online-Inhalten anhand eines Interessensprofils, der Qualitätssicherung und der Content-Syndication. Zu diesem Zweck wird wiederum verstärkt auf XML-Technologie (Abschnitt 3.2.4) gesetzt, da diese die Kernfunktionen eines CMS hervorragend unterstützt.

Die Wiederverwendbarkeit von Inhalten bei Content Management Systemen ist auf der Ebene der multimedialen Basiselementen (Text, Bild, Video, ...) möglich. Wenn diese Content-Komponenten in einer entsprechenden Lernumgebung genutzt werden, dann spricht man von Lern-Objekten (Learning Objects: LOs) bzw. von Reusable Learning Objects (RLOs). Dabei finden CMS im Bildungsbereich immer stärkere Beachtung und so werden vermehrt Content Managementfunktionen in Learning Management Systeme integriert.

3.3.2.5. Learning Content Management System (LCMS)

Die Kombination von typischen Funktionen eines Learning Management Systems (LMS) mit den Funktionen zur Content-Erstellung und zur Content-Personalisierung eines Content Management Systems (CMS) führt schließlich zum Begriff des Learning Content Management Systems (LCMS). Dies ist eine Software, die die Erstellung, Speicherung und Verwaltung von wieder verwendbaren Lernobjekten (RLOs) sowie die Organisation und Betreuung webunterstützten Lernens ermöglicht.

Mit dieser Entwicklung wird ein Paradigmenwechsel bei der Erstellung von Lernmaterial notwendig. Die Entwickler von Lernmaterial müssen die Weiter- und Wiederverwendung von Beginn an berücksichtigen. Mit dieser Vision wird Lerninhalt in Form von kleinen, wieder verwendbaren Lernobjekten erstellt. Besonders wichtig in diesem Zusammenhang ist auch die Standardisierung von Metadaten für RLOs.

Dazu unterstützen Learning Content Management Systeme die Autoren durch integrierte Autorentools bzw. durch mitgelieferte, an das jeweilige System angepasste externe Werkzeuge beim Erstellen von Learning Objects (LO). Außerdem können auch Lernobjekte von professionellen Learning-Content-Providern zugekauft werden, die entsprechende Bibliotheken von eLearning Objekten zu allen möglichen Themenbereichen (z.B. IT, Business und sogar Soft-Skills) pflegen. Dabei muss allerdings darauf geachtet werden, dass sowohl die zugekauften Lernobjekte als auch das verwendete LCMS dieselben Standards (Abschnitt 3.2.3) unterstützen, damit die Lernobjekte ohne Funktionseinschränkung benutzt werden können.

Im Gegensatz zum Learning Management System (LMS), wo die kleinste Lerneinheit der Online-Kurs selbst ist, und daher die Wiederverwendbarkeit (Reusability) von Content nur auf der Kurs-Ebene ermöglicht wird, ist die Wiederverwendbarkeit von Inhalten bei Learning Content Management Systemen (LCMS) auf der Ebene der Reusable Learning Objects (RLOs) problemlos möglich. RLOs können beliebig zu Online-Kursen kombiniert werden. So lässt dieses modulare, objektorientierte Schema im Vergleich zur Verwaltung monolithischer Kursgebilde ein effizienteres und kostengünstigeres Arbeiten zu [BH02].

3.3.2.6. Weitere Ansätze

Neben den vorgestellten eLearning-Systemen gibt es noch eine Reihe anderer Konzepte, z.B. das Intelligent Tutoring System (ITS). Ein Hauptmerkmal dieser Systeme ist der Versuch, die Rolle des Computers als Tutor bzw. Lehrer zu verbessern. Das ITS soll mittels neuer softwaretechnischer Möglichkeiten, wie Wissensdatenbanken und künstlicher Intelligenz, intelligenter gemacht werden, um das instruktionsorientierte Lernen flexibler, reaktiver und weniger restriktiv zu gestalten. Kennzeichen dieser Systeme ist die hohe Komplexität der Systemarchitektur. Durch verschiedene Komponenten wird versucht, den Computer als Tutor menschlicher zu machen, und die Akzeptanz zu erhöhen. Aufgrund der Komplexität der Problemstellung ist es aber bis heute nicht gelungen, entsprechende Systeme sinnvoll umzusetzen, und weitere Entwicklungen sind derzeit nicht abzusehen.

3.3.3. Diskussion

Die Entwicklung von elektronisch gestützten Lösungen für das Lehren und Lernen hat an Dynamik hinzugewonnen. An den Hochschulen werden die bestehenden Informationsinfrastrukturen (z.B. Computer und Internet) für das Lernen und die Verteilung von Information vermehrt eingesetzt. Dabei sind viele Systeme bislang nur Insellösungen und funktional nur begrenzt einsetzbar. Zunehmend entstehen jedoch Systeme, die eine Integration von Funktionen mehrerer wichtiger Bereiche umsetzen. Zum Beispiel werden sowohl Funktionen zur Produktion von Lehr- bzw. Informationsmaterial, Funktionen zur Organisation der Lehre, zur Distribution und Archivierung von Lernmaterial, als auch Kommunikations- und Kooperationsfunktionen in Systemlösungen integriert. Die folgende Tabelle (Tabelle 3.1) bietet einen Vergleich über den Funktionsumfang der einzelnen eLearning-Systeme.

	Einfacher Webserver	Lernportal	Shared Workspace	LMS	CMS	LCMS	Streaming Server
Distribution	X	X	X	X	X	X	X
Archivierung		X	X	X	X	X	
Zugriffs-Management		X	X	X	X	X	
Kommunikation				X		X	
Kollaboration & Kooperation			X				
Trennung von Inhalt u. Layout					X	X	
Erstellen von Inhalten/Kursen				X		X	
Audio-/Video-Übertragung							X

Tabelle 3.1: Überblick über den Funktionsumfang einzelner eLearning-Systeme

Aus der Vielzahl von Lehr- und Lerntechnologien und deren unterschiedlicher Ausgangslage in der Begrifflichkeit resultieren daher auch die stark variierenden Zahlenangaben über die am weltweiten Markt angebotenen Systeme. Die Schätzungen reichen von einigen Dutzend (30-60) bis zu mehreren Hundert (600-800) Produkten [BHM02b].

Eine Analyse oder gar ein Vergleich der auf dem Weiterbildungsmarkt angebotenen einzelnen Systemlösungen hinsichtlich technologischer und ökonomischer Gestaltungsmerkmale ist angesichts der Vielfalt sehr schwierig.

Letztendlich ist jedoch entscheidend, auf welche Weise der Lehr- und Lernprozess durch die neuen Technologien abgebildet wird.

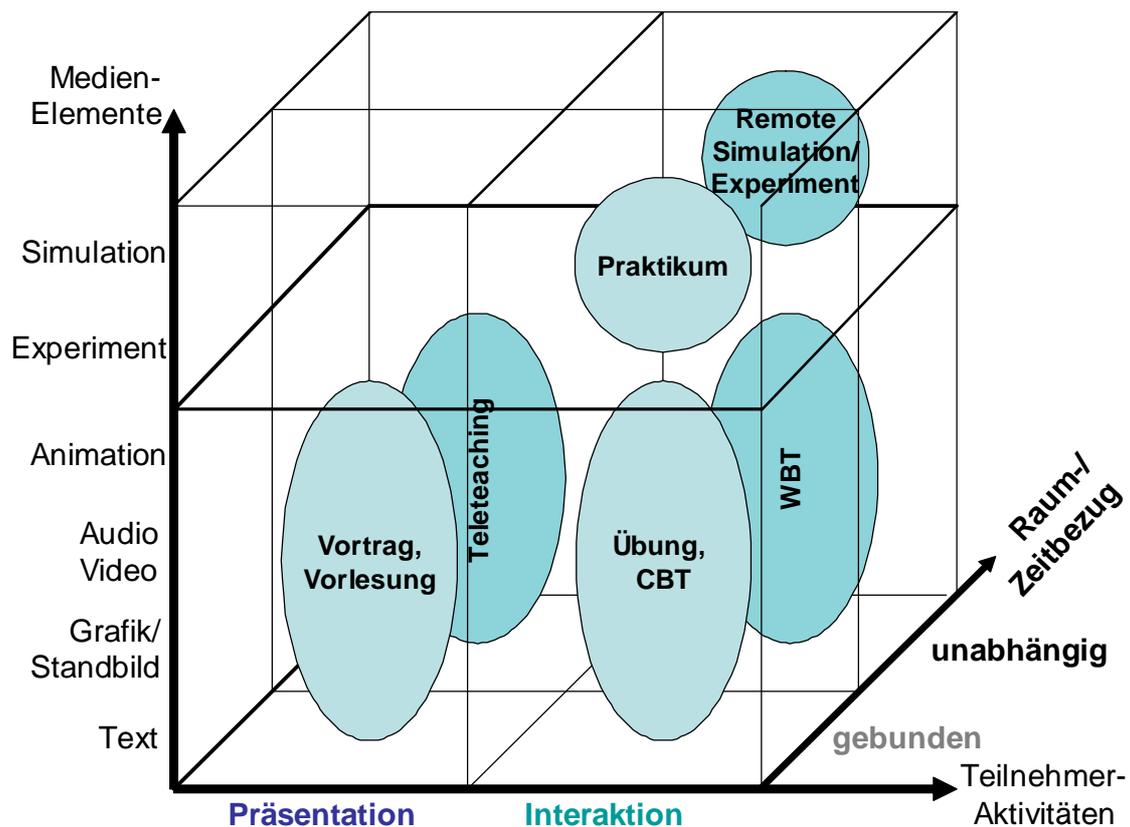


Abbildung 3.5: Ausgewählte, multimediale Lernszenarien

In Abbildung 3.5 ist nun ein Spektrum der wichtigsten Lernszenarien abgebildet, wobei die x-Ebene die Teilnehmeraktivitäten (Präsentation oder Interaktion), die y-Ebene die zugehörigen multimedialen Basiselemente (Text, Grafik / Standbild, Audio und Video, Animation, Experiment, Simulation) und die z-Ebene den Raum- / Zeitbezug (gebunden oder unabhängig) darstellt. In der vorderen Hälfte des Würfels erscheinen (heller gefärbt) die räumlich und zeitlich überwiegend gebundenen klassischen Methoden, z.B. Vortrag / Vorlesung, die Übung bzw. das bewährte (Labor-)Praktikum. Betrachten wir nun weitere eLearning-Szenarien, so werden heutzutage an vielen universitären Einrichtungen z.B. Vorlesungen übertragen bzw. aufgezeichnet, und damit räumlich und eventuell auch zeitlich unabhängig verteilt (TeleTeaching). Auch die Lernlösung des WBT (Web Based Training) wird heutzutage bereits häufig eingesetzt. Nur dem netzbasierten Experiment (Remote Simulation) als Erweiterung des natur- / ingenieurwissenschaftlichen Praktikums wird im eLearning bislang zu wenig Beachtung geschenkt. Das liegt zum einen daran, dass die Fragestellungen komplex und daher sehr betreuungsintensiv sein mögen, zum anderen wird die 3. Stufe des Lernprozesses (siehe Abschnitt 2.4.1.1) von den vorhandenen Lehr- und Lerntechnologien derzeit unzureichend unterstützt.

Da dies aber besonders in der Hochschullehre, z.B. auf dem Gebiet der Kommunikationsnetze, einen essentiellen Bestandteil ausmacht, wird in dieser Arbeit eine Service-Architektur entworfen, die insbesondere auch interaktive Applikationen und Simulationen ermöglicht.

3.4. Merkmale einer effizienten eLearning-Infrastruktur

Wie in den vorausgegangenen Kapiteln erläutert, kann moderne Technik dazu eingesetzt werden, neue Lehrformen zu ermöglichen, den Aufwand für das Lehren durch die nachhaltige Verwaltung unterschiedlicher Materialien effizient zu unterstützen und somit das Lernen im Hochschulbereich zu verbessern. Dabei ist es notwendig, den gesamten Lehr- / Lernprozess abzubilden. Darüber hinaus ist aus Sicht der Lehrenden und Lernenden anzustreben, alle Bereiche der Hochschule von der Erkenntnisgewinnung (Forschen) über das Lehren und Lernen bis hin zur Verwaltung zu integrieren [elecTUM]. Im Sinne einer optimierten Prozessgestaltung werden in einer alltagstauglichen Dienste-Infrastruktur die zentralen Einrichtungen verbunden und alle Beteiligten gleichermaßen unterstützt. Doberkat und Engels haben in diesem Sinne die Arbeitsprozesse an der Hochschule genauer analysiert [DE02].

Eine geeignete eLearning-Infrastruktur trägt als sinnvolle Ergänzung zur bestehenden Informations- und Kommunikations-Infrastruktur bei [IntegraTUM] und kann eine Effizienzsteigerung und Innovationen in der Lehre vorantreiben. Neue eLearning-Anwendungen erfordern häufig die schnelle Verfügbarkeit von Informationen. Neben dem Angebot unterschiedlicher eLearning Dienste, sollte sich die eLearning-Infrastruktur insbesondere durch folgende Merkmale auszeichnen:

- Flexibilität und Anpassbarkeit
- Sicherheit und Zuverlässigkeit
- Skalierbarkeit und Erweiterbarkeit
- Leistungsfähigkeit und Interoperabilität

3.4.1. Modulares Design und globale Erreichbarkeit

Mit der Vielfalt der Zugangsgeräte und neuen Diensten steigen die Zahl der Teilnehmer sowie der Datenverkehr im Internet stetig an. Eine effiziente eLearning-Infrastruktur sollte daher flexibel auf neue Anforderungen ausgelegt sein und einfach um neue Dienste erweitert werden können. Neben einer Komponentenorientierten Anwendungsentwicklung, modular konzipierten Tools und Anwendungen, wird daher eine Universelle Konnektivität aufgrund offener Standards vorausgesetzt. Hierzu gehören Internet-Standards wie das Protokoll TCP/IP (Transmission Control Protocol / Internet Protocol) sowie das SSL-Konzept (Secure Socket Layer) für die Datenübertragung und HTML / Java-fähige Clients. Um eine nahtlose Integration in die bestehende Informations- und Kommunikationsinfrastruktur zu gewährleisten, muss die Kompatibilität und Interoperabilität, z.B. bei der Authentifizierung in den verschiedenen Systemen, berücksichtigt werden.

Außerdem werden die Akzeptanz und damit der Erfolg von eLearning als Lehr- und Lernoption gefährdet, wenn die Infrastruktur wegen Geschwindigkeitseinbußen oder Sicherheitslücken unzuverlässig oder nicht verfügbar ist. Deshalb müssen die Dienste und Anwendungen sicher sein sowie unterbrechungsfrei laufen. Die ständige Verfügbarkeit für den Benutzer lässt sich durch eine angemessene Flexibilität und Skalierbarkeit erreichen. Auf diese Weise können Schwankungen in der Nachfrage und der Benutzerfrequenz abgefangen werden. Des Weiteren ermöglichen integrierte Mechanismen der Lastverteilung, mehrere Server als ein einziges logisches System zu behandeln. So muss nicht die gesamte Umgebung umstrukturiert werden, wenn ein Rechner ausfällt, hinzugefügt oder entfernt wird. Dabei sollte eine leistungsfähige und skalierbare Infrastruktur aus einfach konfigurierbaren Komponenten bestehen.

3.4.2. Effiziente, leistungsfähige Inhaltsverteilung

Es kommen verschiedenste Konzepte der effizienten und leistungsfähigen Inhaltsverteilung (Content Distribution) zum Tragen, um den hohen Anforderungen an die Qualität, Schnelligkeit und Bandbreite der Übertragung von Video-Streams und Multimedia-Applikationen nachzukommen. Interaktive Lerninhalte können auf diese Weise auch in Echtzeit angeboten werden, sofern die Netz-Infrastruktur hierarchisch aufgebaut ist (Network Core, Distribution Layer, Access Layer).

Aus der Idee die Inhaltsverteilung über Technologie-Elemente näher zum Endanwender zu verlagern, entwickelten sich die so genannten "Content Delivery Networks" (CDNs). CDNs sind optimierte Netzwerke, um anspruchsvolle Inhalte schnell und in Echtzeit zu übertragen. Sie setzen auf die vorhandene Infrastruktur auf. Inhalte wie Videos werden repliziert und auf intelligente Caches verlagert, die sich topologisch näher am Endteilnehmer befinden.

Je nach Verfügbarkeit der Inhalte und Applikationen sowie der Server-Last kann durch hoch entwickelte Content Switches die Verkehrslast verteilt werden. Das Content-Switching personalisiert und priorisiert wichtige Anfragen und Teilnehmer.

Zusätzlich können Server-Load-Balancing-Mechanismen [CCY99] eingesetzt werden, um die Dienstanfragen auf mehrere physikalische Server zu verteilen und die Verfügbarkeit, Redundanz und Performance von Web-Servern zu unterstützen [Elo01]. Nur die Aufteilung der Anwendungen auf unterschiedliche Server erfüllt die Anforderungen von Redundanz und Performance. Von der Applikation aus wird das Server-Load-Balancing-System angesprochen, das die Anfragen auf die einzelnen physikalischen Server verteilt. Dadurch erhalten die Nutzer einen schnelleren Zugang zu Informationen, eine bessere Verfügbarkeit der Inhalte und ein flexibleres Management zur Verteilung der Inhalte.

Außerdem kommt, wie bereits erwähnt, zur Übertragung von Video, Audio, Animationen oder umfangreiche Grafiken immer häufiger Streaming-Technologie zum Einsatz [Kue01].

3.5. Anforderungen an eine integrierte eLearning-Service-Architektur

Die Merkmale für eine effiziente eLearning-Infrastruktur ergeben die funktionalen Anforderungen an eine flexible, skalierbare Architektur zur Bereitstellung und Verwaltung von Diensten für die multimediale Lehre und das netzbasierte Lernen.

Dabei spielt die Skalierbarkeit eine zukunftsweisende Rolle, da die eLearning-Service-Architektur nicht nur den heutigen Anforderungen gewachsen sein muss, sondern insbesondere auch zukünftig den steigenden Benutzerzahlen und der zunehmenden Vielfalt an Diensten gerecht werden soll.

Die Architektur (Abbildung 3.6) ist modular aufzubauen, um die Integration verschiedener Anwendungen (Applikationen) zuzulassen, und für unterschiedliche Lern- / Lehrszenarien anpassbar zu sein. Des Weiteren müssen die angebotenen Dienste, z.B. Informationsaustausch, gemeinsames Arbeiten an Dokumenten, Nutzung von Simulationsprogramme, global erreichbar sein. Dabei sollte die Datensicherheit und Integrität gewährleistet werden können. Das System muss hoch verfügbar und so leistungsfähig sein, dass es eine große Zahl an Nutzern gleichzeitig bedienen kann. Für die Ausfallsicherheit sollten entsprechende redundante Systeme vorgehalten werden.

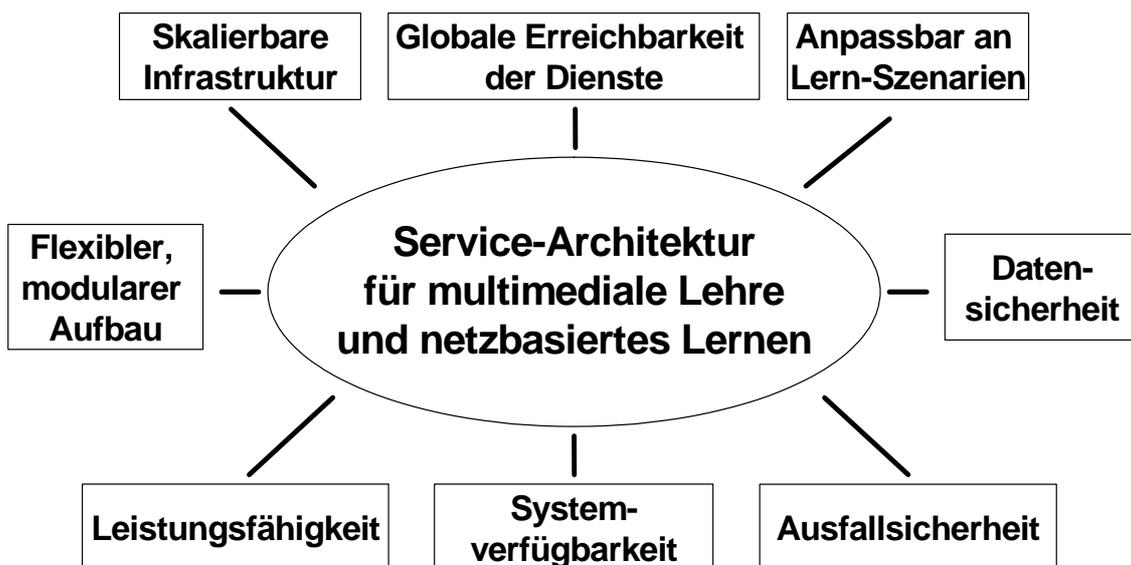


Abbildung 3.6: Merkmale einer integrierten eLearning-Service-Architektur

Zusätzlich muss sich eine eLearning-Service-Architektur durch eine Reihe von nicht-funktionalen Anforderungen auszeichnen.

3.5.1. Allgemeine Kriterien

Die Plattformunabhängigkeit ist besonders auf Anwenderseite sehr wichtig. Bei den Studierenden und Lehrenden soll der Zugriff auf die eLearning-Service-Architektur plattformunabhängig über das Internet möglich sein. Hierbei bietet sich die Verwendung von Web-Browsern, als Interface für den Zugriff auf den Server, der den Dienst bereitstellt, an.

Außerdem ist es wünschenswert, bestimmte Dienste auch unabhängig von einer aktiven Online-Verbindung nutzen zu können. So sollte es z.B. möglich sein, dass die Studierenden vollständige Lerneinheiten auf ihren eigenen Rechner herunterladen können, um diese dann offline bearbeiten zu können. So wird auch der Einsatz von mobilen Geräten (Laptops, PDAs), bei denen eine Online-Verbindung nicht immer sichergestellt ist, unterstützt. Dazu ist es notwendig, einige Daten zentral auf der eLearning-Service-Architektur zu speichern und andere bei Wiederaufnahme der Verbindung mit der eLearning-Service-Architektur abzugleichen.

Die Skalierbarkeit muss in zwei Richtungen gewährleistet sein. Zum einen kann bei entsprechendem Nutzeraufkommen, die Anzahl der Zugriffe stark zunehmen, zum anderen können die zu verwaltenden Dienst- und Datenmengen sehr groß werden, was durch entsprechende Konzepte, wie z.B. der Modularität, berücksichtigt werden muss. Davon abhängig ist auch die Zukunftsfähigkeit und Erweiterbarkeit der eLearning-Service-Architektur, um einen nachhaltigen Einsatz zu sichern.

Eine Integration mit bestehenden Systemen ist insbesondere bei der Einführung von entscheidender Bedeutung. Entsprechende Integrationspunkte an Hochschulen sind die Zusammenarbeit mit Informations- und Verwaltungssystemen, sowie die Anbindung an externe Werkzeuge, z.B. Anbindung an weitere Autorensysteme. Auch die Integration an bestehende Kommunikations- und Kooperationssysteme kann sinnvoll genutzt werden, speziell die Integration von vorhandenen Ablagesystemen und Mediatheken. Zur Steigerung der Interoperabilität zwischen verschiedenen Systemen sollten einheitliche Standards (Abschnitt 3.2) verwendet werden.

Die Handhabung der eLearning-Service-Architektur sollte für die Studierenden sowie die Lehrenden und Administratoren benutzerfreundlich und intuitiv gestaltet sein. Unter anderem ist eine durchgehende Authentifizierung und Rechteverwaltung ein wichtiges Kriterium, um eine hohe Akzeptanz bei Studierenden und Lehrenden zu erreichen. Auch die Personalisierung von Diensten spielt eine wichtige Rolle [Til04].

Darüber hinaus sind datenschutzrechtliche Belange von großer Bedeutung. Diese können jedoch nicht allgemeingültig gelöst werden, da sie in der Regel geographisch und organisatorisch sehr unterschiedlich behandelt werden.

3.5.2. Lösungsansatz

Im Rahmen dieser Arbeit wurde aufbauend auf einem Client-Server-System eine eLearning-Service-Architektur entworfen, die den zuvor beschriebenen Anforderungen gerecht werden soll.

Die Service-Architektur erscheint dem Benutzer wie ein Portal mit entsprechenden Verknüpfungs- und Suchfunktionalitäten. Während auf der Client-Seite so wenig Voraussetzungen wie nötig vorgehalten werden sollten (Browser), wird serverseitig die Teilnehmerverwaltung und Ressourcensteuerung durch ein intelligentes Management System übernommen. Darüber hinaus kann in der dritten Ebene auf zusätzliche Rechenleistung zugegriffen werden, wobei intelligente Lastverteilungsverfahren die Skalierbarkeit unterstützen.

Der modulare und integrative Systemansatz unterstützt die Erweiterbarkeit der Architektur um weitere Dienste und ermöglicht eine flexible Anpassung auf neue Szenarien. So sollen über die Basisanforderungen hinaus, nicht nur Bereitstellungsdienste (Information) und Kommunikationsdienste, sondern auch stark interaktive und rechenleistungsintensive Dienste, wie das bereits vorgestellte Remote Simulation (Abschnitt 2.3.1.4), angeboten werden.

In Abbildung 3.7 ist die Einordnung der eLearning-Service-Architektur als Dienstzugangspunkt aufbauend auf die vorhandene Hardware-Infrastruktur dargestellt.

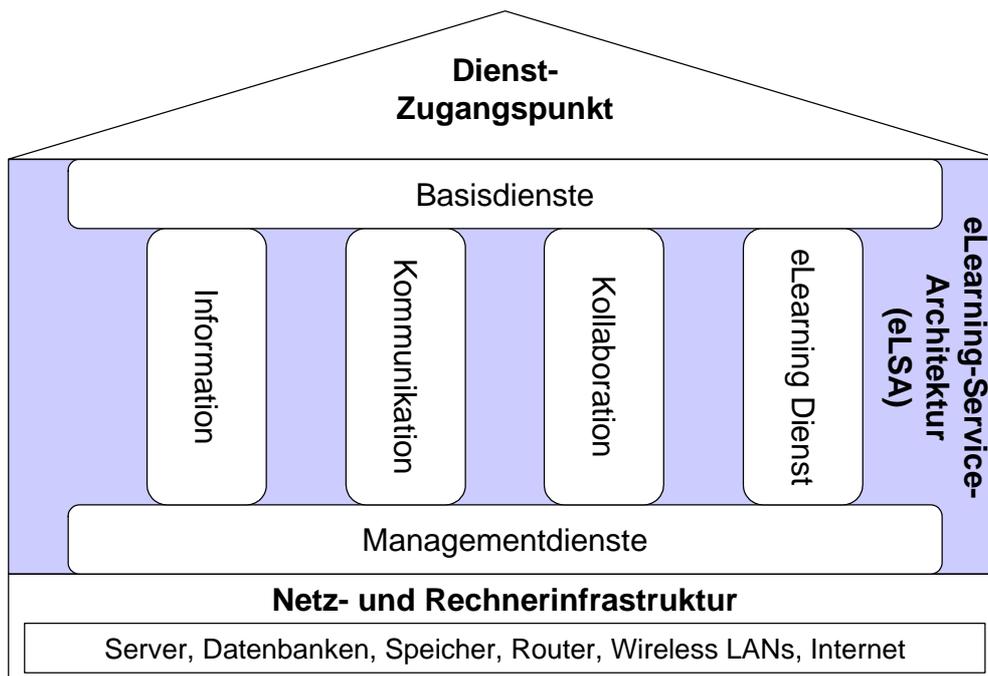


Abbildung 3.7: Einordnung der eLearning-Service-Architektur

Dabei wird deutlich, dass keines der vorgestellten Lehr- / Lerntechnologien aus Kapitel 3 bislang alle Dienste integriert. Um dies auszugleichen, wird nachfolgend die eLearning-Service-Architektur eLSA vorgestellt, die über die Basisanforderungen hinaus auch komplexe Dienste erfüllt.

4. eLearning-Service-Architektur

eLSA

Die vorausgegangenen Ausführungen haben gezeigt, dass die zahlreichen Anforderungen, die insbesondere im Hochschulbereich an die Bereitstellung von Diensten gerichtet sind, nur zum Teil von den vorhandenen Lehr- und Lerntechnologien abgedeckt werden.

Das folgende Kapitel beschreibt und spezifiziert die im Rahmen dieser Arbeit entwickelte eLearning-Service-Architektur eLSA. In diesem Zusammenhang wird ein Überblick über die Vielfalt der Dienste gegeben. Im Weiteren werden gängige Architektur-Modelle im Bereich von Management- und Dienstarchitekturen vorgestellt, bevor auf die Service orientieren Systemkonzepte im eLearning-Umfeld eingegangen wird. Daran anschließend wird das Gesamtsystem von eLSA anhand des Systemkonzepts und der Software Architektur modelliert und die dafür notwendigen Merkmale einer Service-Architektur für multimediale Lehre und netzbasiertes Lernen aus Sicht der Akteure und der System-Komponenten hergeleitet. Darauf aufbauend werden die Schichten des eLearning-Architektur-Modells detailliert beschrieben und die eLearning-Service-Architektur technisch spezifiziert. Abschließend werden die Dienste der eLearning-Service-Architektur im Einzelnen vorgestellt und erläutert.

Die prototypische Implementierung der wichtigsten Module der Architektur wird in Kapitel 5 beschrieben.

4.1. Dienste einer eLearning-Service-Architektur

Wie zuvor erwähnt wird das Angebot von netzbasierten Diensten immer wichtiger. Die Bereitstellung und Verteilung sowohl von Inhalten als auch von Applikationen über das Internet ist eine große Herausforderung.

Abbildung 4.1 fasst die wichtigsten Dienstklassen einer eLearning-Service-Architektur zusammen. Das Grundmodul, auf welches die weiteren Dienste zugreifen, bilden die Basisdienste mit der Benutzerverwaltung (Berechtigungsverwaltung, Zugangs- und Benutzerkontrolle), der Medienverwaltung (Mediathek und Kursverwaltung) und der Ressourcenverwaltung. Andere wichtige Module sind die Kommunikationsdienste (Konferenzdienste: Audio / Video, Chat, Email, News, Forum) und die Kollaborationsdienste (Kooperation & Kollaboration, Gruppenmanagement, Multi-User-Support). Zusätzlich sollten verschiedene Abrufdienste (Datenbankabfragen, Bibliothek, Lexikon) möglich sein und die Kurserstellung und Speicherung zusammen mit einer Metadatenverwaltung durch elementare Autorendienste (Editor mit Import / Export-Funktion) unterstützt werden. Für die Administration der Gesamtarchitektur sind zudem verschiedene Managementdienste zur Erstellung von Statistiken / Reports, zur Qualitätssicherung und Evaluierung vorgesehen. Im kommerziellen Einsatz sind auch zuverlässige Abrechnungs- und Billing-Funktionen unerlässlich.

In zunehmendem Maße wird auch die Bereitstellung von Applikationsdiensten im eLearning verlangt (Abschnitt 3.1.1). Diese umfassen von einfachen Anwendungen bis hin zur komplexen Remote-Simulation-Steuerung alle Aspekte eines Application Service Providing Systems [Rog01]. In Abschnitt 4.6 werden die Dienste im Einzelnen vorgestellt und anhand von einigen Anwendungsfällen erläutert [Sta01].

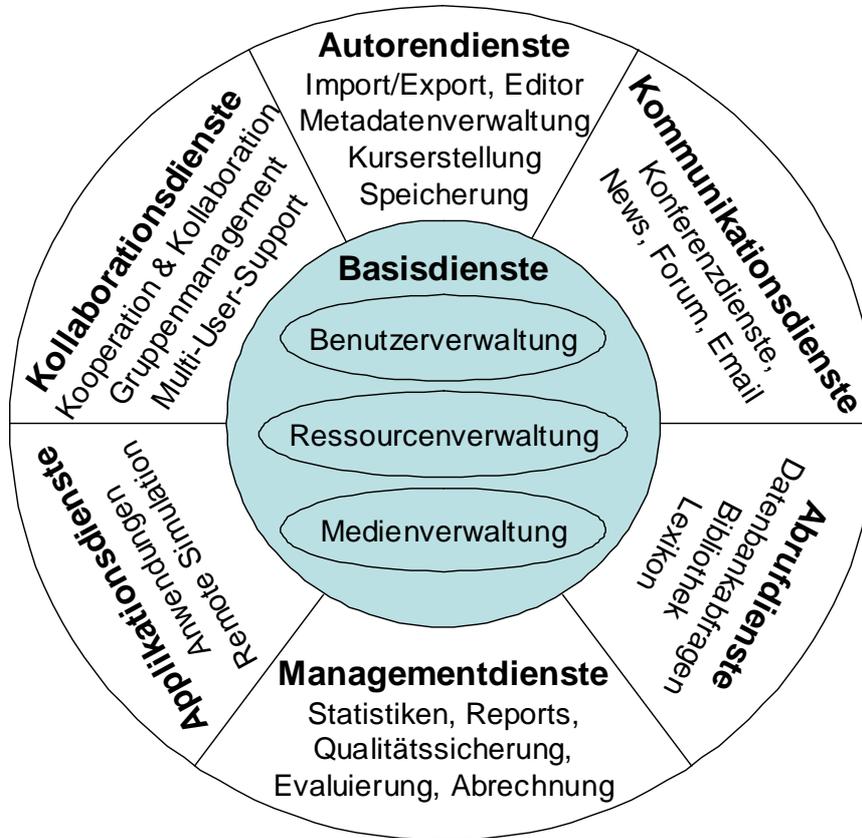


Abbildung 4.1: Übersicht Dienste

4.2. Gängige Architektur-Modelle

Das technologische Umfeld von eLearning muss sehr differenziert und vielschichtig betrachtet werden. Nachdem in Kapitel 3 Einzelsysteme, wie z.B. Portale, Plattformen und Content Management Systeme, beschrieben werden, wird an dieser Stelle zunächst der Architektur-Begriff allgemein definiert. Anschließend werden aktuelle Entwicklungen im Bereich von Management- und Dienstarchitekturen vorgestellt, bevor auf die Service orientieren Systemkonzepte im eLearning-Umfeld eingegangen wird.

4.2.1. Begriffsdefinition Architektur

Der Begriff **Architektur** wird oft unterschiedlich definiert, obwohl die Architektur besonders in der Softwareentwicklung eine große Bedeutung besitzt [FB01].

So werden unter einer Architektur die Merkmale zusammengefasst, die die Struktur eines Systems definieren. Dabei werden neben den statischen Aspekten eines Systems, wie z.B. Komponenten, ihre Schnittstellen und Beziehungen untereinander auch dynamische Funktionalitäten wie etwa die Kommunikation zwischen den Komponenten miteinbezogen.

Die allgemeine Definition von **Architektur** in der Encyclopaedia Britannica [EB78] kann dabei als Grundlage herangezogen. Demnach ist es das Ziel einer Architektur sicherzustellen, dass das spätere System die Anforderungen erfüllt (utilitas), robust gegenüber Änderungen ist (firmitas) und eine gewisse „Schönheit“ besitzt (venustas).

Im Folgenden werden wir den Begriff Architektur auf technische Systemarchitekturen beziehen, die verschiedenen Dienste verwalten und zur Verfügung stellen.

Da sich einige Aspekte der Service-Architektur mit der effizienten Verwaltung von Diensten beschäftigen, ist es nahe liegend, an dieser Stelle die existierenden und in Entwicklung befindlichen Managementarchitekturen zu erwähnen.

4.2.2. Managementarchitekturen

Als charakteristische Vertreter der existierenden Managementarchitekturen gelten die Internet-Managementarchitektur, die OSI-Managementarchitektur und CORBA. Als Repräsentanten der in Entwicklung befindlichen Architekturen sind das Reference Model of Open Distributed Processing, TINA und die Open Distributed Management Architecture zu nennen.

Die **Internet-Managementarchitektur** des Internet Activity Board (IAB) und der Internet Engineering Task Force (IETF) hat sich im Bereich des Managements von lokalen Rechnernetzen durchgesetzt [HAN 99]. Heute wird immer noch weitgehend die erste Version dieser Managementarchitektur eingesetzt (Internet-SMIV1 [RFC 1155], SNMPv1 [RFC 1157]). Wegen verschiedener Schwächen, insbesondere bei der Authentifizierung, der sicheren Übertragung und beim Übertragen großer Datenmengen, wurde eine Nachfolgeversion vorgestellt. Diese zweite Version konnte sich trotz weiterentwickelter Varianten nicht in vollem Umfang durchsetzen (Internet-SMIV2 [RFC 1902]). Die Version 3 befindet sich im fortgeschrittenen Standardisierungsprozess [RFC 2571].

Von der ISO und der ITU wurde für das Management von offenen Systemen, das heißt von Systemen, die konform zu dem OSI-Schichtenmodell sind, eine Architektur festgelegt. Die hauptsächliche Verbreitung dieser **OSI-Managementarchitektur** befindet sich wegen ihrer großen Komplexität und der damit schwierigen und kostspieligen Implementierungen nicht in lokalen Rechnernetzen, sondern in Telekommunikationsnetzen. Das OSI-Management Framework [ISO 7498-4] ist als Addendum 4 zum ISO-OSI-Referenzmodell beschrieben und dient als Rahmenwerk, das in einer Reihe von weiteren Dokumenten verfeinert wird. Die OSI-Managementarchitektur, die als allgemeine Referenzarchitektur in Bezug auf Managementarchitekturen angesehen wird, konzentriert sich auf das Netz- und Systemmanagement. Aspekte des Anwendungsmanagements und insbesondere des Dienstmanagements werden kaum bzw. gar nicht berücksichtigt.

Die Object Management Group [OMG] stellt mit ihrer **Object Management Architecture** (OMA) ein Rahmenwerk für die verteilte objektorientierte Programmierung bereit, die eine ortstransparente Kooperation von Objekten in offener, heterogener Umgebung unterstützt. Den Kern von mehreren Teilarchitekturen und Spezifikationen bildet dabei die so genannte Common Object Request Broker Architecture CORBA [OMG]. Obwohl **CORBA** als allgemeines Rahmenwerk für die Programmierung von verteilten Anwendungen konzipiert ist, wird mit einer verstärkten Verbreitung und Anwendung von CORBA als Managementarchitektur gerechnet. Nach [HAN 99] ist dies nicht nur durch die Existenz renommierter CORBA-basierter Werkzeuge und Plattformen begründet, sondern wird auch durch die Plattformunabhängigkeit entscheidend begünstigt.

In Analogie zum OSI-Referenzmodell, das die Kommunikation von vernetzten Rechnern beschreibt, legt die ISO zusammen mit der ITU-T im **Reference Model Of Open Distributed Processing (RM-ODP)** einen Standard fest, der die Entwicklung von Anwendungskomponenten erlaubt, die in offener, heterogener und verteilter Systemumgebung interagieren können [ISO 10746-1 bis ISO 10746-4].

Managementanwendungen sind spezielle verteilte Anwendungen zur Steuerung und Überwachung der gesamten Infrastruktur, d.h. Netzkomponenten, Endsystemen und Anwendungen. Beim RM-ODP handelt es sich um einen Meta-Standard, der ein Rahmenwerk für den Entwurf von verteilten Anwendungen darstellt, mit dem Ziel, den Einsatz spezifischer objektorientierter Technologien zu ermöglichen.

Die **Telecommunication Information Networking Architecture (TINA)** ist eine Entwicklung des TINA-Consortiums, einem Zusammenschluss zahlreicher Telekommunikationsunternehmen. Sie stellt ein offenes Rahmenwerk für die Entwicklung von künftigen Telekommunikationsnetzen und -Diensten dar. TINA verfolgt die Zielsetzung, mittels wiederverwendbarer und interoperabler Software-Komponenten eine einfache und schnelle Integration von neuen Diensten zu gewährleisten. Zusätzlich soll von der Transportinfrastruktur abstrahiert werden, um unabhängig gegenüber Übertragungsprotokollen und Netzkomponenten zu sein. Schließlich soll die transparente Interaktion von Software-Komponenten gewährleistet werden, d.h. die komplexen Details der Verteilung dieser Komponenten innerhalb der Infrastruktur sollen verschattet werden. Zudem wurde TINA dazu entworfen, existierende Architekturen aus dem Bereich der Telekommunikation wie Intelligente Netze (IN) [ITU Q.1202] zu integrieren. Die TINA-Gesamtarchitektur [TINA OVV 97] besteht aus den vier Teilarchitekturen Computing Architecture, Service Architecture, Network Architecture und Management Architecture.

Die ITU Empfehlung X.703 [ITU X.703] beschreibt die **Open Distributed Management Architecture (ODMA)** für die Entwicklung von verteilten Managementanwendungen für das System- und Anwendungsmanagement. ODMA verfolgt das Ziel, von existierenden Managementarchitekturen zu abstrahieren, um allgemeine Begriffe und deren Semantik festzulegen und Werkzeuge zur Beschreibung von offenen, verteilten Managementanwendungen zu identifizieren. ODMA wird mit Hilfe der fünf ODP Viewpoints beschrieben und kann einerseits als eine Anwendung des RM-ODP für das Management von verteilten Anwendungen angesehen werden und andererseits als ein Modell existierender Managementarchitekturen betrachtet werden. Die Modellbeziehung wird bisher für die OSI-Managementarchitektur und für CORBA als Managementarchitektur verwendet.

4.2.3. Dienstarchitekturen

Des Weiteren werden in der Literatur unter dem Begriff der Dienstarchitekturen verschiedenste Konzepte zusammengefasst. Dabei werden in [Kel98, KQ98] bei der Beschreibung von Dienstarchitekturen grundlegende Evolutionslinien aufgezeigt.

Eine Gruppe von Dienstarchitekturen kommt aus dem Anwendungsbereich der Telekommunikation. Hier liegt der Schwerpunkt auf den Netzen und den darin enthaltenen Einheiten (Server) zur Steuerung von Diensten (Intelligenz in den Netzen). Die Evolution geht von rein dienstspezifischen Systemen (z.B. analoges Telefonnetz) über Dienste-integrierende Systeme (**ISDN, B-ISDN** [Boc97]) hin zu Ansätzen, die eine Trennung von Diensten und Netzen, wie bei den **Intelligenten Netzen (IN)** [FGK97], beinhalten.

Dagegen erlauben Konzepte für verteilte Dienststeuerungen wie z.B. TINA (Abschnitt 4.2.2) eine größere Dienstvielfalt, die durch die Einführung einer Middleware [Lim01] begünstigt wird.

Andere Ansätze aus dem Internet-Bereich betrachten das Netz als bloßen Transportkanal für beliebige Daten. Diese Internet-basierten Dienstarchitekturen sind durch ihren stark dezentralen Charakter gekennzeichnet, da die Dienste in den Endgeräten gesteuert werden (z.B. **SIP, H.323** [GKM01]).

Durch die Verschmelzung der Bereiche Telekommunikation und Internet entsteht darüber hinaus eine dritte Gruppe von Dienstarchitekturen, die eine Entkopplung von Diensten und Netzen umfassender verwirklichen. Diese Architekturen weisen dedizierte Programmierschnittstellen (Application Programming Interfaces, APIs) auf (**Parlay** [Par04], **JAIN**), die einen Zugriff externer Dienstanbieter auf unterschiedliche Netze unterstützen. Das JAIN-Konzept [BBD00, JAIN] wurde erstmals 1998 von SUN Microsystems als Java Advanced Intelligent Network vorgestellt und kurz darauf in Java APIs for Integrated Networks umbenannt, um den Schwerpunkt klarzustellen. Im Prinzip ist JAIN eine Java-Spezifikation des Parlay-APIs. JAIN legt somit die Programmier- und Kommunikationstechnik zwischen der Client Application und den Parlay-Interfaces fest. Die Vorteile der Java-Realisierung liegen in der Portabilität der Dienste durch die einheitliche Java-Programmier- und Ablaufumgebung. Aufgrund des JAVA-Komponenten-Konzepts (Java-Beans) können Schnittstellen vergleichbar mit Bausteinen einfach und sogar zur Laufzeit in Applikationen integriert werden, was eine erhebliche Erleichterung der Dienstentwicklung mit sich bringt. Im Vergleich zum IN erfolgt die Dienstentwicklung mit Java in einer weit verbreiteten Programmiersprache und nicht mit Proprietären Service Creation Environments.

Aus vielen der bisher aufgezählten Architekturen sind weiterführende Ansätze entstanden, die netzunabhängige und netzübergreifende Dienstarchitekturen beschreiben, wie Agenten-orientierte Konzepte oder programmierbare Netze.

So wird in [Kel02] eine Dienstarchitektur SAMSON (Server Architecture for Network Independent Multimedia Service Control in Heterogeneous Communication Networks), als ein Satz von Modellierungskonzepten, Prinzipien und Bedingungen für den Entwurf von Systemen definiert, die Telekommunikationsdienste realisieren. Ziel auch dieser Dienstarchitektur ist die flexible Einrichtung und Handhabbarkeit von Telekommunikationsdiensten während des gesamten Dienstlebenszyklus.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass die angeführten Managementarchitekturen, die Bereitstellung unterschiedlicher Dienste nur unzureichend berücksichtigen, während sich der Dienstbegriff bei den vorgestellten Dienstarchitekturen schwerpunktmäßig auf Telekommunikationsdienste bezieht. Daher ist keiner der vorgestellten Ansätze geeignet, als Lösung für die dieser Arbeit zugrunde liegende Fragestellung herangezogen zu werden.

Im Zuge der gesamten Anforderungsanalyse wird deutlich, dass es sich dabei um eine neue Forschungsfragestellung handelt. Um den speziellen Anforderungen für das eLearning gerecht zu werden, werden im Weiteren aktuelle Ansätze von Service-orientierten Systemkonzepten betrachtet.

4.2.4. Service orientierte Systemkonzepte im eLearning-Umfeld

Die umfangreichen und speziellen Anforderungen an ein Lernsystem haben zu der Entwicklung von konzeptionellen Standards in Form von Modellentwürfen geführt. Eine Initiative zur Standardisierung eines gesamten Lernsystems ist das Standardisierungsprojekt IEEE 1484.

4.2.4.1. IEEE - Learning Technology Systems Architecture (LTSA)

Der Standard IEEE 1484.1 (siehe Abschnitt 3.2, [LTSA01]) behandelt den Entwurf einer Learning Technology Systems Architecture (LTSA).

Unter der Federführung des IEEE / LTSC (Learning Technology Standardization Committee) wird darin gemeinsam mit mehreren Arbeitsgruppen aus Wissenschaft (z.B. Carnegie Mellon University) und Wirtschaft (z.B. AICC) ein Standard für Lerntechnologien entwickelt. Insgesamt arbeiten rund 15 verschiedene Organisationen an der Weiterentwicklung des Standards IEEE 1484, der in zwanzig Teilprojektgruppen erarbeitet wird. Die Teilprojekte betrachten die Fragen der Standardisierung für die Datenebene bis hin zu abstrakten Ebenen der Teilkomponenten eines Systems, von denen das Teilprojekt 1484.1 einen Schwerpunkt der Entwicklung darstellt.

Die unterschiedlichen Perspektiven in dem gesamten Entwicklungsprozess sind in fünf so genannten Abstraktions-Implementations-Ebenen (abstraction-implementation layers) zusammengefasst. Während die oberste Ebene sich mit den Interaktionen zwischen Lernendem und seiner Umgebung befasst, werden auf der untersten Ebene (Layer 5) die operationalen Elemente, wie Codizes, APIs und Protokolle angesiedelt. Diese Ebenen werden im Standard aber nicht näher betrachtet.

Die maßgebliche Ebene für fachliche Fragen der hier verfolgten Standardisierung ist die dritte Ebene, der „LTSA system components“. Anhand der Spezifikation dieser Ebene wird eine Zertifizierung eines implementierten Systems vorgenommen.

In Abbildung 4.2 wird das maßgebliche Modell der LTSA System-Komponenten vorgestellt (nach [LTSA01]).

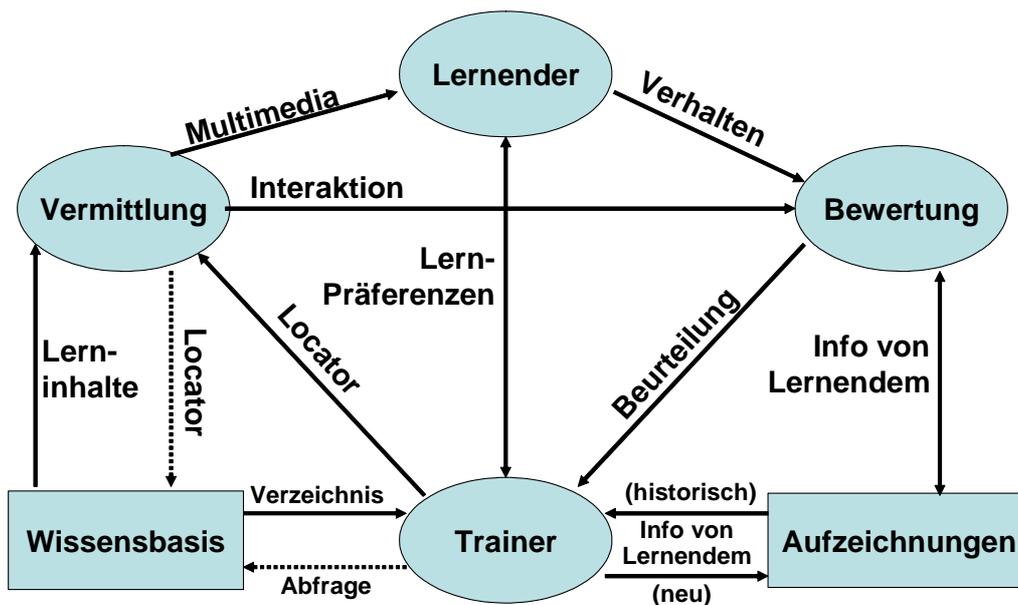


Abbildung 4.2: LTSA Systemkomponenten

Die Systemkomponenten der LTSA sind als typische Software-Architektur konzipiert. Die menschliche Komponente ist der Lernende. Er wird vom System über sein Verhalten erfasst, das in Datenbanken festgehalten wird. Andererseits wird der Lernende mit Daten, Informationen und Wissen aus Datenbanken gespeist.

Die LTSA System gliedert sich in die Komponenten Prozesse, Flüsse (Informationen, Daten und Kontrollfunktionen) und Speicher, die nachfolgend aufgelistet sind:

Prozesse:

- Lernender (Learner)
- Bewertung (Evaluation)
- Trainer (System Coach)
- Vermittlung (Delivery process)

Flüsse:

- Verhalten (Behavior)
- Beurteilung (Assessment)
- Info von Lernendem (Performance)
- Abfrage (Query Index)
- Verzeichnis (Content Index)
- Locator
- Lerninhalte (Learning Content)
- Multimedia
- Lern-Präferenzen (Learning Style)

Speicher:

- Aufzeichnungen (Records Database)
- Lernquellen (Knowledge Library)

Zwischen dem Lernenden und dem Inhalt befindet sich ein Prozess, der als Vermittlung („Delivery“) bezeichnet wird. Nach Schulmeister [Sch01] besteht darin der Verdacht, dass die technische Spezifikation zum pädagogischen Modell wird. Dabei wird der Lernende jedoch in eine passive Rolle gedrängt, und andere didaktische Modelle, die den Lernenden als aktives Element beschreiben, können so nur schwer abgebildet werden. Denn die Anforderungen seitens des Lernenden an die Wissensbasis erfolgen lediglich über den Umweg von Beurteilung (Assessment) und Bewertung (Evaluation).

Zudem bezieht sich das System nur auf einen einzelnen Lernenden. In der Architektur ist unklar, wie man z.B. kollaborierende Gruppen einordnen sollte.

4.2.4.2. OKI-Architektur im Sakai-Projekt

Das Sakai-Projekt [SAKAI04], bei dem verschiedene führende amerikanische Universitäten, darunter die University of Michigan, die Indiana University, das MIT und die Stanford University beteiligt sind, bemüht sich derzeit, eine gemeinsame Entwicklung eines eLearning-Frameworks als open-source Software voranzutreiben. Dabei wird eng mit dem uPortal Consortium [uPortal] und der Open Knowledge Initiative [OKI] zusammengearbeitet.

Konkret wird im Sakai-Projekt in Abstimmung mit dem Advanced Distributed Learning Network [ADL] und der Java in Administration Special Interest Group [JA-SIG] die Entwicklung einer allgemeinen Architektur verfolgt und verschiedene Grundlagen für technische Spezifikationen im Open-Source-Software-Bereich erarbeitet. Derzeit stehen die Definition einer Architektur und die Spezifikation von Schnittstellen für Learning Management Systeme im Vordergrund. Für Entwickler von Open-Source-Systemen hätte die Verbreitung der Spezifikationen den Vorteil, dass die Module von Lernplattformen kompatibel austauschbar wären und so auch andere Produkte integriert werden könnten. Dabei baut das Sakai-Konzept insbesondere auf die Arbeiten der Open Knowledge Initiative (OKI) auf, die eine offene, erweiterbare Architektur für Lerntechnologien in der Hochschulausbildung konzeptioniert. Diese soll als standardisierte und modularisierte Basis mit in Java programmierten

Anwendungsschnittstellen für die Entwicklung von Lernplattformen dienen. Die wichtigen Bereiche sind dabei die Kurs-Administration, die Inhalts-Aufbewahrung, die Bewertungs-Module sowie die Kommunikationsdienste. So definiert die Basisschicht der OKI-Architektur eine Reihe von Application Programming Interfaces (APIs) für gemeinsame Dienste (Common Services). Die höheren Ebenen der OKI-Architektur und deren API-Spezifikationen legen höherwertige Dienste (Educational Services) für den pädagogischen Einsatz von Lernplattformen fest.

Abbildung 4.3 zeigt eine einfache Visualisierung der OKI Architektur (nach [OKI02]), die sich in vier Ebenen gliedert: die Educational Applications, Educational Services, Common Services und Institutional Infrastructure.

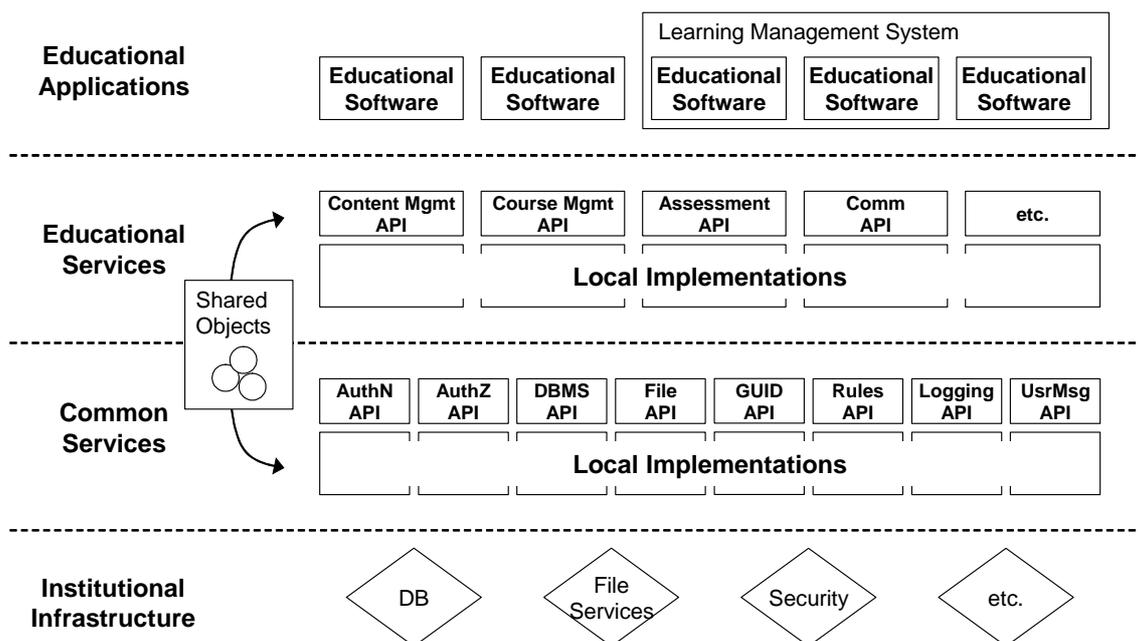


Abbildung 4.3: OKI Architektur

Die „Institutional Infrastructure“ beinhaltet die existierende Informations- und Kommunikationsinfrastruktur, die durch die OKI Spezifikationen nur insoweit betrachtet wird, dass diese sinnvoll genutzt werden kann. Beispiele hierfür sind die Anbindung von vorhandenen Datenbanken (DB), Directory Services wie LDAP (Lightweight directory access protocol) und Authentifizierungsdienste, z.B. Kerberos [OKI02].

Die „Common Services“ umfassen eine Gruppe von Diensten, die von einer Vielzahl von Anwendungen genutzt werden. Services auf dieser Ebene sind z.B. Dienste für die plattformunabhängige Speicherung von Daten oder Logging Dienste, um Zugriffsdaten für eventuelle Debugging und Wartungsbehandlungen zu erfassen. Andere Services dieser Schicht sind für die Integration der darunter liegenden Infrastruktur verantwortlich, was z.B. die Authentifizierung für den Datenbank-Service, etc. betrifft.

Die „Educational Services“ sind vergleichbar mit den Diensten der „Common Services“-Ebene. So beinhaltet diese Schicht auch wieder Dienste die von mehreren Anwendungen benötigt werden. Der Unterschied liegt darin, dass die „Educational Services“ spezieller auf die Bedürfnisse der pädagogischen Anwendungen (Educational Applications) eingehen. Beispiele hierfür sind der Content Management Dienst oder

der Kommunikations-Service. Zudem greifen diese Dienste lediglich auf die Common Services oder die Educational Services zu und sind damit von infrastrukturellen Belangen unabhängig zu implementieren.

Die oberste Schicht ist die „Educational Applications“-Ebene. Die Anwendungen greifen auf die Dienste der beiden darunter liegenden Ebenen, der Common Services und der Educational Services, zu. Darüber hinaus gibt es keine weiteren Abhängigkeiten. Dies bedeutet, dass alle Anwendungen, die auf einer OKI Installation ablaufen, auf jeder beliebigen anderen OKI Installation zur Verfügung gestellt werden können. Dabei ist die Entwicklung solcher Anwendungen aber nicht Gegenstand der OKI Architektur. Zur Überprüfung des OKI-Konzepts werden jedoch innerhalb der OKI Projekts von verschiedenen Partnern, wie dem MIT und Standford, entsprechende Applikationen realisiert.

Die Services in der „Common und Educational Services“-Ebene sind durch Java APIs spezifiziert, was eine Implementierung der Schnittstellen in Java voraussetzt. Gleiches gilt für die Realisierung der Anwendungen (Educational Software), sofern diese nicht über andere Methoden verknüpft werden sollen.

Gesamt betrachtet, bietet die OKI Architektur als verbindendes Element für eLearning Anwendungen einen interessanten Ansatz zur Einbindung bestehender Ressourcen. Da sich die OKI Architektur bei der Entstehung dieser Arbeit jedoch noch im Anfangsstadium der Entwicklung befand, konnte sie auch nicht als Basis für die eLearning-Service-Architektur eLSA herangezogen werden. Bei genauerer Betrachtung vergibt sie bislang ihre Chancen, über grundlegende eLearning Services hinaus auch komplexerer Dienste zu ermöglichen. Derzeit existieren zudem lediglich Spezifikationen für die Authentifizierung und die Autorisierung.

4.2.4.3. Weitere Ansätze

In der aktuellen Literatur finden sich immer wieder Hinweise auf neuartige Konzepte für eLearning Architekturen. So wird in [FMR03] eine dienstorientierte Architektur für den Internetbasierten Wissenstransfer auf Basis eines Web-Service-Rahmenwerks beschrieben. Diese entstand in Verbindung mit dem CANDLE-Projekt (Collaborative And Network Distributed Learning Environment, [Can04]).

Im CampusSource-Projekt [SVS02], eine vom Land Nordrhein-Westfalen geförderte Open Source-Initiative, wird ein Architektur-Schema vorgestellt. Dieses ist nicht wie die OKI-Architektur eine konkrete Architektur-Beschreibung, sondern vielmehr eine Richtlinie, für die Entwicklung neuer Lehr- / Lern-Software, die mit vorhandenen Anwendungen kombiniert werden kann. Individuelle Anwendungen werden dabei nicht im Architektur-Schema betrachtet. Vielmehr sollen verschiedene unabhängige Hochschulprojekte zu einem komplexen Software-System zusammengeführt werden, darunter die an der FernUniversität in Hagen entwickelten Systeme WebAssign [WebAss] und die Open Uni Platform [OUP04] oder auch das Open University Support System [OpenUSS] der Universität Münster.

Aber nicht nur im universitären Umfeld werden Ansätze vorgestellt. Von Seiten der Standardisierungsgruppen, wie dem „Centre for educational technology interoperability standards“ [CETIS] werden weitergehende Konzepte erarbeitet. So ist in [WOJ04] ein technisches Framework zur Unterstützung von eLearning beschrieben, das sich vergleichbar mit der OKI Architektur in vier verschiedene Ebenen, einer Infrastruktur-Ebene, den Common Services, den Application Services und der User-Agent-Ebene, modellieren lässt.

Auch einige kommerzielle Firmen beschreiben Konzepte und entwickeln Infrastrukturen für eLearning, wie z.B. Cisco Systems oder SUN Microsystems.

4.2.4.4. Fazit

Aus diesen Ausführungen lässt sich ableiten, dass es bislang keine zufrieden stellende Lösung für eine umfassende eLearning-Service-Architektur gibt. Jedoch werden in manchen Forschungsansätzen bereits interessante Ideen angesprochen.

Für die vorliegende Arbeit wird ein Serviceorientierter Ansatz gewählt und auch in der Schicht-Modellierung ist der neue Ansatz mit den hier vorgestellten Konzepten vergleichbar. Über die bisher beschriebenen Architekturen hinaus, wird bei der eLearning-Service-Architektur eLSA ein besonderer Wert auf die Anbindung und Integration von Applikationen, wie z.B. mächtigen Simulationsprogrammen und Tools, gelegt.

4.3. Modellierung des Gesamtsystems

Im Folgenden wird das Gesamtsystem der eLearning-Service-Architektur modelliert. Ergänzend zu den in Abschnitt 3.5 beschriebenen Anforderungen an eine integrierte eLearning Service-Architektur werden zunächst noch weitere Anforderungen aus Sicht der Akteure aufgezeigt. Anschließend werden die Grundkonzepte von eLSA aufgeführt und darauf aufbauend eine Software-Architektur erstellt.

4.3.1. Anforderungen

Die grundsätzlichen Aufgaben der eLearning-Service-Architektur sind in Abbildung 4.4 visualisiert. Demnach greift der Nutzer, in diesem Fall der Lernende, über den Browser seines Rechners via Internet auf eLSA zu, um je nach Lernszenario einen oder mehrere Dienste, z.B. einen Informations-, Kommunikations-, Kollaborations- oder eLearning-Dienst, in Anspruch zu nehmen. Für die Erfüllung des Dienstwunsches besitzt die Service-Architektur verschiedene Bausteine (Module) und nimmt gegebenenfalls noch zusätzliche Ressourcen, wie z.B. Datenbanken oder weitere Rechenleistung von entfernt liegenden Clusterrechnern hinzu.

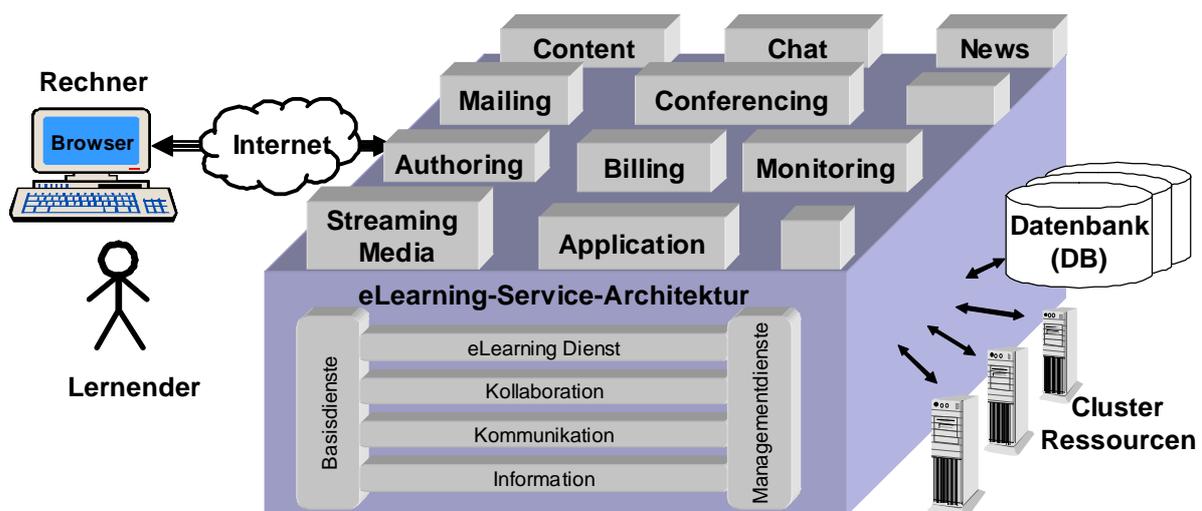


Abbildung 4.4: eLearning-Service-Architektur

Dabei ist es nicht Ziel der eLearning-Service-Architektur alle Dienste eigenständig zu übernehmen. Vielmehr fungiert eLSA als ein Broker von eLearning Diensten, so dass bereits vorhandene Dienste integriert werden können. Dazu wird in den meisten Fällen auf die Basisdienste zurückgegriffen. Durch die Kombination von Basisdiensten mit anderen Diensten wird ein erheblicher Mehrwert geschaffen. So können beispielsweise Abrufdienste personalisiert werden, indem zuvor gespeicherte Teilnehmer-Präferenzen bei der Dienst-Verteilung beachtet werden (z.B. Sprachauswahl, ...).

Durch die Verwendung gemeinsamer Basisdienste, z.B. der Benutzerverwaltung, für Anwendungen und Services auf verschiedenen Subsystemen wird redundante Datenhaltung vermieden. Der integrative Ansatz bietet zudem erhebliche Einsparungspotentiale und ist schneller und flexibler erweiterbar.

So können verteilte Anwendungen über den gleichen Dienstzugangspunkt erreicht werden, ohne dass sich der Nutzer Gedanken machen muss, von wem der entsprechende Dienst erfüllt wird. Dabei sind die Anforderungen an die eLearning-Service-Architektur eLSA abhängig von den verschiedenen Sichten auf das System.

4.3.1.1. Anforderungen aus Sicht der Akteure

Aus Benutzersicht (Abbildung 4.5) haben die verschiedenen Akteure (Student, Dozent, Kursentwickler, Administrator) grundsätzlich den Blick auf das Gesamtsystem wie auf ein Portal, das ihnen als Dienstzugangspunkt dient. In den meisten Fällen aktivieren sie aber unterschiedliche Dienste und Funktionen in eLSA, die dies mit entsprechendem Profiling und geeigneter Personalisierungsmethoden unterstützt.

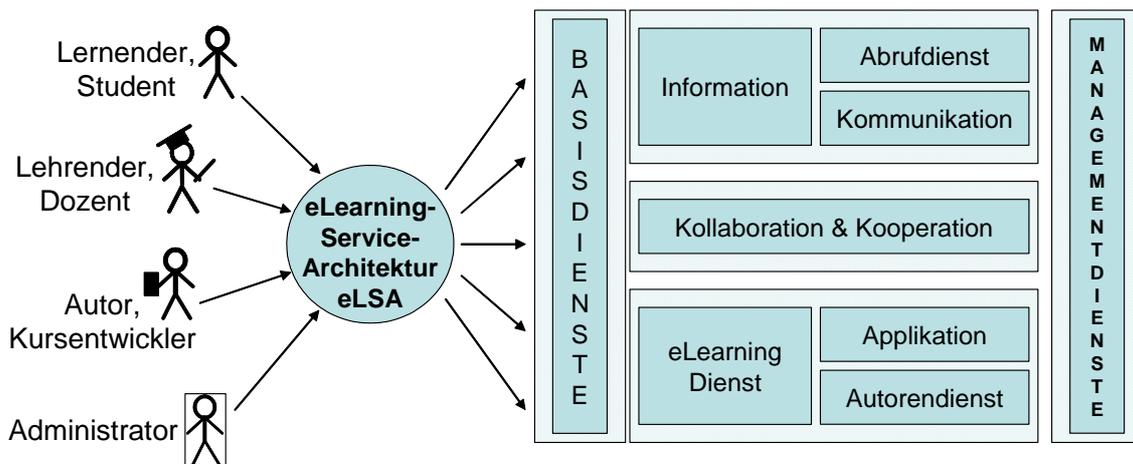


Abbildung 4.5: Benutzersicht auf eLSA

Der Administrator richtet das System ein und ist für die Organisation und Administration der Dienste und ihrer Nutzer zuständig. Dazu beansprucht er insbesondere die Managementdienste.

Der Autor bzw. Kursentwickler wird neben den Basisdiensten vor allem die Autordienste nutzen. Während der Lehrende zur Durchführung des Lehrszenarios auf eine Vielzahl von Diensten zugreift. Für den Lernenden soll die eLearning-Service-Architektur seine gesamte Lernumgebung abbilden.

4.3.1.2. Anforderungen an die Komponenten

Auf der Seite der Benutzer werden nur geringe Anforderungen an das System gestellt. In den meisten Szenarien ist ein Browser mit den gängigen Plugins (Java, Flash...) und die Vorhaltung eines Streaming Media Players ausreichend. Außerdem muss für Online-Szenarien, speziell bei der synchroner Kommunikation bzw. Kollaboration, ein Internetanschluss mit ausreichender Bandbreite zur Verfügung stehen.

Zudem sollte die Netzinfrastruktur zwischen Teilnehmer und Service-Architektur so beschaffen sein, dass diese durch intelligente Ressourcenmanagementfunktionalitäten skalierbar auf diverse Nutzungsszenarien und ihre Anforderungen reagieren kann. Insbesondere bei Szenarien mit Echtzeitverkehrsanforderungen (Gla03) kann auf diese Weise genügend Bandbreite bereitgehalten werden.

Das Serversystem muss neben den gewohnten Merkmalen von Portalen und Lernplattformen auch anspruchsvolle, interaktive Anwendungen integrieren können. Zu diesem Zweck verwaltet die Architektur über das Management von Teilnehmern (Authentifizierung, Zugang, Profile) und Applikationen hinaus auch spezielle Ressourcen (Rechenleistung, Speicherkapazität, Lizenzen...).

Aus Programm- und Anwendungs-Sicht ist es sinnvoll, die Integration der unterschiedlichen Dienste modular und Betriebssystem-unabhängig zu gestalten. Eine browserfähige Benutzeroberfläche ermöglicht die Verteilung der Services auf verschiedene Endgeräte (PDA, Notebook, Mobiltelefon...). Für den kommerziellen Einsatz sind Komponenten für Billing- und Accounting-Funktionalitäten vorzusehen.

Neben http- und ftp-Schnittstellen ist für den Content-Transfer ein SCORM-Interface (Content Aggregation und Runtime Environment) zwingend notwendig. Darüber hinaus müssen Schnittstellen zu verschiedenen Campusmanagement-Systemen, wie z.B. der Prüfungsverwaltung und den Abrechnungssystemen, existieren. Außerdem ist der Zugriff auf ein campusweites LDAP-Verzeichnis (Lightweight Directory Access Protocol) wünschenswert.

4.3.2. Drei-Schichten-Modell für verteilte Anwendungen

Das Konzept verteilter Anwendungen ist zurückzuführen auf die Evolution im Bereich der IT-Systeme weg von zentralisierten, Mainframe-orientierten Systemen hin zu immer stärker verteilten, lose gekoppelten Systemen auf der Basis vernetzter Rechner (Personalcomputer, Workstations,...). Parallel zu dieser Entwicklung veränderte sich auch die Architektur der auf diesen Systemen laufenden Anwendungen [BJ01b].

Monolithische Anwendungen wurden durch verteilte, miteinander kommunizierende Anwendungskomponenten ersetzt, die auf der Basis des Client-Server-Prinzips und des Remote Procedure Call (RPC) in einer Auftraggeber / Auftragnehmer-Beziehung miteinander kooperieren [FMR03]. Aufbauend auf dieser grundlegenden Beziehung wurden in der vergangenen Zeit durch funktionspezifische Aufgliederung von Anwendungskomponenten verschiedene Architekturen definiert, die je nach Grad der Verteilung als Zwei-, Drei- oder Mehr-Schichten-Architekturen bezeichnet werden. Im Bezug auf Web-Anwendungen hat sich die Drei-Schichten-Architektur etabliert, welche sich durch folgende Ebenen auszeichnet:

- Präsentationsschicht (User Interface) : Client-System, Web- Browser
- Geschäftslogikschicht (Business Logic): Web- oder Applikations-Server mit entsprechenden Erweiterungen als Laufzeitumgebung für die Geschäftslogik
- Datenhaltungsschicht (Database): Datenbank, Clusterrechner

Die Anwendungskomponenten im Rahmen einer verteilten Anwendung stellen allerdings entsprechende Anforderung an die zugrunde liegende (Kommunikations-) Infrastruktur und werden meist über eine Software-Zwischenschicht, so genannte Middleware [LVV00], gekoppelt. Diese trägt dazu bei, die Heterogenität, die einerseits auf der Betriebssystemebene und andererseits auf der Kommunikationsebene besteht, zu überwinden. Ein weiterer wesentlicher Aspekt, der bei der Realisierung verteilter Anwendungen zum Tragen kommt, ist die zunehmende Komponentensicht im Bereich der Softwareentwicklung, die in den letzten Jahren nicht zuletzt durch die Einführung der objektorientierten Programmierung verstärkt Einzug gehalten hat.

Neben der Wiederverwendung von Codeelementen steht gerade im Kontext komplexer Anwendungen das Konzept der Schnittstellenprogrammierung im Vordergrund. Funktionalität wird dabei in Komponenten mit fest definierten Schnittstellen gekapselt, gegen die dann von anderer Seite programmiert werden kann, ohne Details über die innere Struktur und den Programmcode der Komponente kennen zu müssen. Die Verteilung der Komponenten über Systemgrenzen hinweg und deren entfernte Nutzung hat zur Ausbildung verteilter Komponenten- bzw. Objektmodelle geführt. Die drei wichtigsten stellen das DCOM (Distributed Component Object Model) von Microsoft, CORBA (Common Object Request Broker Architecture) der OMG und EJB (Enterprise Java Beans) mit RMI (Remote Method Invocation) von SUN dar.

4.3.3. Verwendung offener Standards

Ein Schlüsselkonzept für das Service-orientierte Architekturkonzept, um die Ermittlung, Anbindung und Interaktion der einzelnen Services zu gewährleisten, und die Service Architektur auch erweiterbar und anpassbar zu gestalten, ist die Verwendung von offenen Standards, wie der eXtended Markup Language (XML) und des Simple Object Access Protocol (SOAP), die für die Kommunikation zwischen den einzelnen Services verwendet werden. Aber auch HTML, WML, VoiceXML, Extensible Stylesheet Language Transformation (XSLT), HTTP, Secure Socket Library (SSL), das Web Services Description Protocol (WSDL), das Universal Description, Discovery and Identification (UDDI) und die Security Assertion Markup Language (SAML) spielen speziell bei der Verteilung der Dienste eine wichtige Rolle. Bei der Integration verschiedener Dienste wird auf die Standards Structured Query Language (SQL), und die Protokolle JDBC, Remote Method Invocation (RMI) und die J2EE (Java 2 Enterprise Edition) Connectors von Sun gesetzt.

In Zukunft wird selbstverständlich auch die Einhaltung der in Kapitel 3.2. erläuterten Standards aus dem eLearning Bereich von entscheidender Bedeutung sein. So gewinnen die Reusable Learning Objects (RLOs) als Bausteine einer personalisierten Lernerfahrung für die Wiederverwendbarkeit von eLearning Inhalten enorm an Bedeutung.

4.3.4. Software Architektur

Nachdem eLSA überwiegend als Software-Programm realisierbar ist, lassen sich die beschriebenen Merkmale in der Spezifikation einer Software-Architektur [Sun01] ausdrücken.

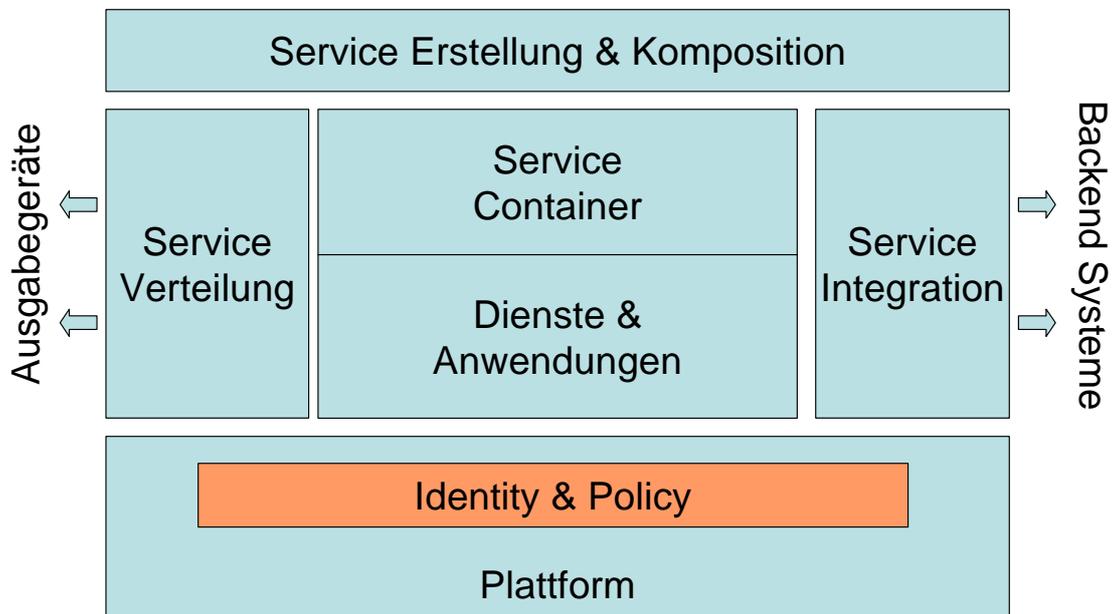


Abbildung 4.6: Software-Architektur

Abbildung 4.6 zeigt die Hauptkomponenten der Service-Architektur. Die oberste Schicht (Service Erstellung & Komposition) repräsentiert die Werkzeuge, die zur Entwicklung von Diensten und Anwendungen verwendet werden, wie z.B. Autorenwerkzeugen, XML-Editoren und Code Generatoren. Sobald die Elemente entwickelt sind, werden sie dem Service Container auf der Plattform zur Verfügung gestellt und in die entsprechenden Verzeichnisse (Identity & Policy) aufgenommen. Mittels der Service-Integration wird die Architektur durch über Backend Systeme angebundene, zusätzliche Dienste erweitert. Schließlich werden die Anwendungen und die Dienste über die Service Verteilung dem Nutzer zur Verfügung gestellt.

4.4. Schichten des eLearning-Architektur-Modells

Die eLearning-Service-Architektur eLSA lässt sich in vier Schichten aufteilen, von denen jede einige modulare Komponenten beinhaltet (siehe Abbildung 4.7). Aus Sicht des Benutzers sind dies:

- die Präsentationsschicht
- die allgemeine Serviceschicht
- die eLearning-Serviceschicht
- und die Ressourcenschicht

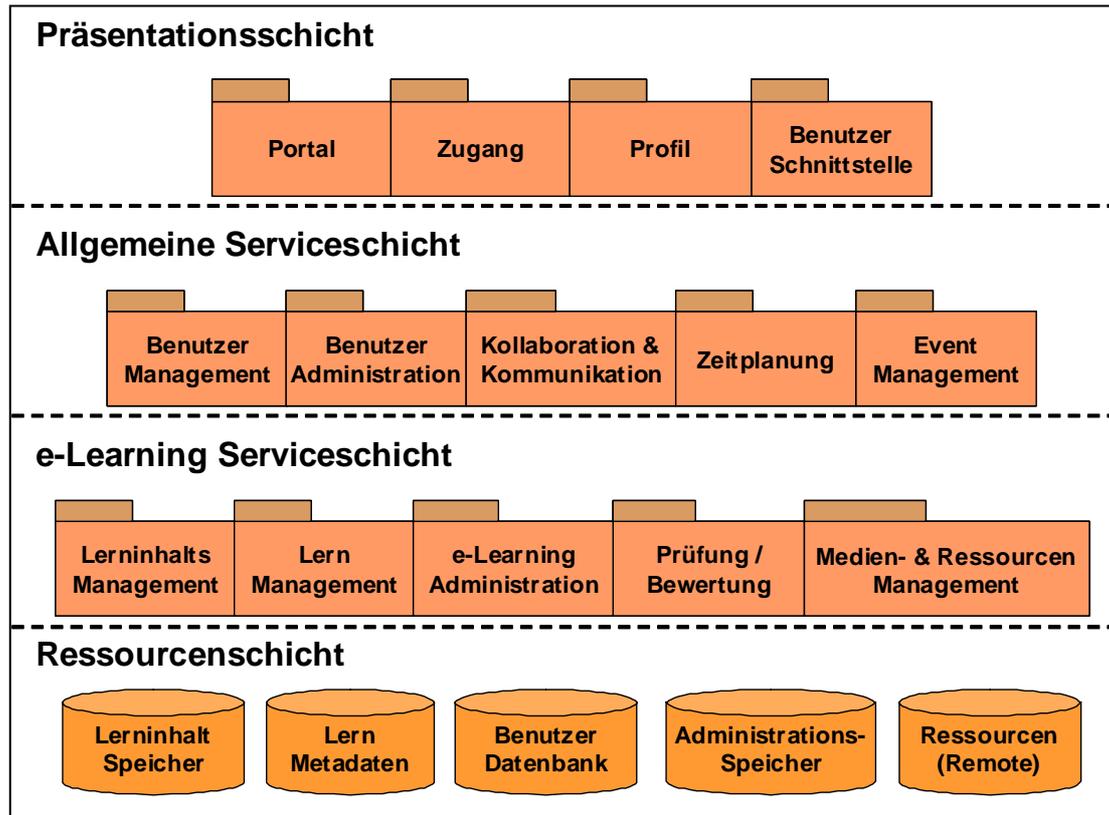


Abbildung 4.7: Modell der eLearning-Service-Architektur

4.4.1. Präsentationsschicht

Die Präsentationsschicht erlaubt dem Endnutzer mit den Diensten und Anwendungen zu interagieren und umfasst daher die Navigations- und Präsentations-Logik.

4.4.1.1. Portal

Das Portal dient zwei verschiedenen Aspekten. Zum einen ist es der Dienstzugangspunkt für alle Nutzer zur Service-Architektur. Es kanalisiert verschiedene Dienste, auf die benutzerorientiert und personalisiert zugegriffen werden kann. Zum anderen bietet es die Möglichkeit eines Corporate Identity für die Bildungseinrichtung, indem das Portal nach den CI-Richtlinien gestaltet wird und kann somit auch einfach in die Bestehende Portallösung integriert werden.

4.4.1.2. Zugang

Der Zugangsservice ist ein Teil der Benutzerverwaltung (Abschnitt 4.6.1.1) und authentifiziert die Teilnehmer, wenn sie auf die Architektur zugreifen wollen. Durch das Single-Sign-on gibt es dem Akteur das Gefühl der Vertrautheit, unabhängig davon wie viele Dienste oder andere Systeme er nutzt, während er die Architektur anspricht.

4.4.1.3. Profil-Management

Dieses Modul speichert die detaillierten Parameter und Präferenzen des Nutzers. Mit diesen Profilen werden dann entsprechende Dienste freigegeben bzw. auf die

besonderen Teilnehmervorlieben angepasst, z.B. könnte ein Lernender prinzipiell angeben, ob er die Lerneinheiten mit oder ohne Audio-Komponente bevorzugt.

4.4.1.4. Benutzerschnittstelle

Manche Services besitzen Präsentations-Schichten, die mit dem Nutzer interagieren müssen. Der Benutzerschnittstellen-Service hält einige allgemein gültige Schnittstellen-Komponenten mit deren zugehöriger Geschäftslogik bereit.

4.4.2. Allgemeine Serviceschicht

Diese Schicht repräsentiert allgemeine Dienste, auf die während eines eLearning-Szenarios zugegriffen wird. Diese besitzen keine eLearning-spezifischen Aufgaben und sind insbesondere unabhängig von pädagogischen Funktionen.

4.4.2.1. Benutzer-Management

Einer der Basisdienste ist die Benutzerverwaltung (Abschnitt 4.6.1.1). Diese setzt sich zusammen aus dem Benutzer-Management und der Benutzer-Administration (Abschnitt 4.4.2.2). Der Benutzer-Management-Dienst bildet die Grundlage zur Authentifizierung, Autorisierung und die Berechtigung der Teilnehmer zu den Diensten von eLSA.

4.4.2.2. Benutzer-Administration

Die Benutzeradministration kümmert sich darüber hinaus um das Tracking aller registrierten Benutzer und deren Kontendaten. Dieser Service managt die IDs (identifizier) der Benutzer innerhalb der Service-Architektur.

4.4.2.3. Kollaboration & Kommunikation

Für die Teilnehmer stehen in eLSA zentrale Kollaborations- und Kommunikationsdienste zur Verfügung (Abschnitt 4.6.3 und 4.6.2). Diese Services sind so angelegt, dass sie aus anderen Diensten heraus nutzbar sind. So können die Nutzer z.B. in einem eLearning-Szenario miteinander kooperieren und direkt Kommentare an den Dienst-Anbieter schicken (Feedback-Mechanismen).

Der Kollaborationsdienst unterstützt dabei unterschiedlichste Interaktionsformen, darunter Emails, moderierte Diskussionen, Whiteboards, Chats, Desktop Sharing und Simulationen. Beim Simulationsdienst können die Teilnehmer kooperieren, indem sie sich in ein Multi-User-Szenario eingliedern (Abschnitt 4.5.3).

4.4.2.4. Zeitplanung

Alle Dienste haben Zugriff auf ein einziges Zeitplanungssystem (Scheduling), das die synchronen und asynchronen Nachrichten zwischen den Diensten und Teilnehmern koordiniert. Beispielhaft sind die Erinnerungsmeldungen für den Status eines bestimmten Dienstes zu nennen. Außerdem wird durch diesen Service eine Kalender-Funktion angeboten.

4.4.2.5. Event-Management

Alle Aktionen zwischen den Teilnehmern und den Services werden von dem Event-Management erfasst und können unter anderem zu statistischen Auswertungen herangezogen werden. Durch diese Informationen kann z.B. sehr gut der Lernfortschritt nachvollzogen werden.

4.4.3. eLearning-Serviceschicht

Die zuvor beschriebenen Module enthalten Services, wie sie allgemein im Application Service Providing, so z.B. auch im eBusiness-Bereich, Verwendung finden. Die Dienste dieser Schicht fokussieren speziell auf den Einsatz im eLearning Umfeld.

4.4.3.1. Lerninhalts-Management Service

Der Lerninhalts-Management Service beinhaltet neben der Erstellung von Lernmaterialien (Abschnitt 4.6.5) mit Hilfe verschiedener Werkzeuge, wie z.B. Autorentools, auch die Komposition von Content für die Durchführung einzelner Lehr- / Lernszenarien. Zu diesem Zweck können zum einen Inhalte produziert werden, zum anderen werden Inhalts-Pakete importiert. In diesem Zusammenhang ermöglicht die Verwendung von Lernobjekten mit standardisierten Metadatensätzen (Abschnitt 3.2.3) die flexible Entwicklung von Kursen.

Ein Workflow Model erleichtert die Spezifikation und Kontrolle bei der Erstellung von Lernprogrammen. Außerdem können zusätzliche Lerninhalte von anderen Content Systemen über Interoperabilität-Standards importiert werden. Auf ähnliche Weise werden die Lerninhalte zum Lern-Management Service für die Verteilung exportiert (Abbildung 4.8.).

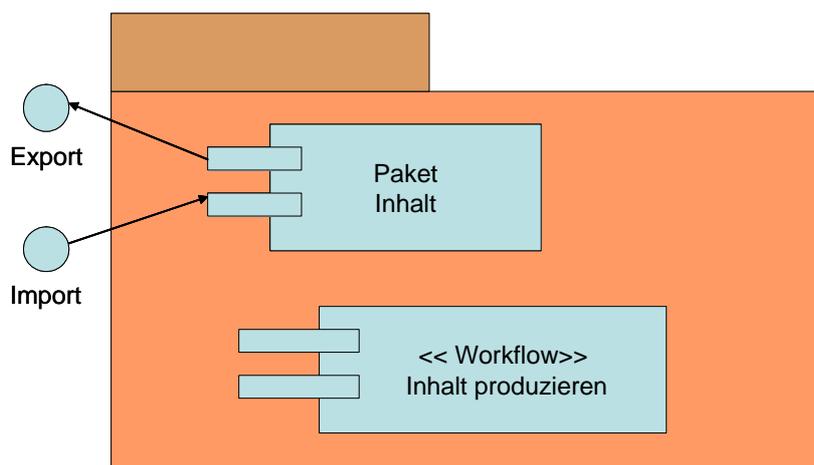


Abbildung 4.8: Lerninhalts-Management Service

4.4.3.2. Lern-Management Service

Der Lern-Management Service ist verantwortlich für die Verteilung und Administration des gesamten Lernangebots bis hin zu den Applikationsdiensten (Abschnitt 4.6.6). Dazu verwaltet dieser Dienst alle Interaktionen zwischen den Lernmaterialien und seinen Teilnehmern inklusive des Trackings und der Überwachung. Die daraus gewonnenen Informationen werden dazu genutzt, die Qualität zu erhöhen und Probleme frühzeitig zu erkennen.

Dabei unterscheidet sich der Lern-Management Service von einer typischen Lernplattform (Abschnitt 3.3.2.3) in seinem flexiblen Support verschiedenster pädagogischer Modelle (Abschnitt 2.4).

Abbildung 4.9 zeigt die Module des Lern-Management Service, wobei die Hauptaufgabe, die Verteilung der Inhalte und Applikationen, flankiert wird durch das Angebots- und Begleit-Management. Zusätzlich gibt es ein Bibliotheksmodul (Abschnitt 4.6.4).

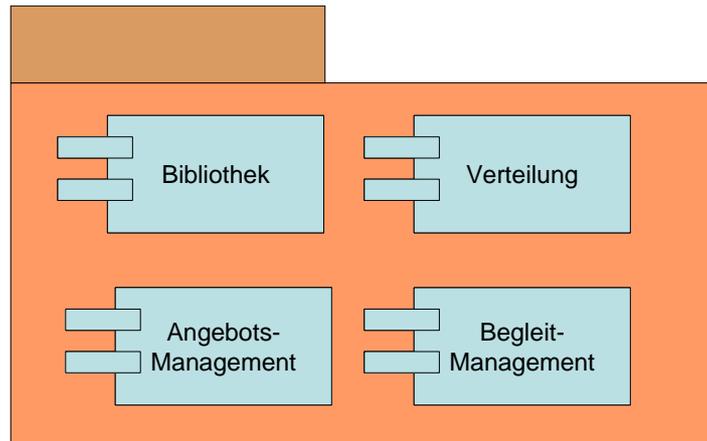


Abbildung 4.9: Lern-Management Service

4.4.3.3. eLearning-Administrations Service

Der eLearning-Administrations Service verwaltet alle Referenzdaten zur Unterstützung der eLearning Services. Grundsätzlich beinhaltet dieser Service alle Komponenten, die sich auf die administrative Abwicklung der Serviceverteilung beziehen, nicht auf den eigentlichen Lernprozess.

Im weitesten Sinne umfasst dies auch das Campusmanagement (Abschnitt 3.3.1.2), das je nach Bildungseinrichtung sehr unterschiedlich implementiert sein kann. Insbesondere die Studentendaten mit den Registrierungsinformationen und den Tutor-Daten müssen zwischen den bestehenden informationstechnischen Systemen und der eLearning-Service-Architektur ausgetauscht und abgeglichen werden (Abbildung 4.10). Somit fungiert der eLearning-Administrations Service als Mittler zwischen der eLearning-Service-Architektur und den an der Hochschule existierenden Informationssystemen, die in administrative Prozesse im Lehrbereich hineinreichen. In diesem Sinne kann eLSA z.B. dazu verwendet werden, Zulassungsvorgänge, wie Studentenauswahlverfahren, zu unterstützen oder eine leistungs- und aufwandsbasierte Verrechnung von Dienstleistungen (Lehre) zu ermöglichen.

Die Anbindung weiterer Systeme wird durch den Workflow Applikation beschrieben und ermöglicht die Integration zusätzlicher Services.

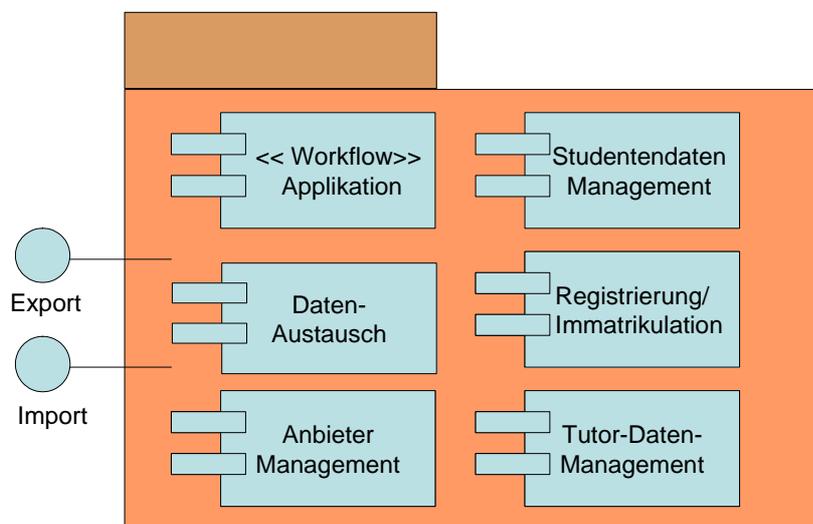


Abbildung 4.10: eLearning-Administrations Service

4.4.3.4. Prüfungs-/Bewertungs-Service

Ein internes Prüfungssystem gleicht die Leistungen der Lernenden mit den spezifischen Lernzielen ab. Dazu stehen verschiedene Werkzeuge zur Verfügung (Abbildung 4.11), die im Folgenden kategorisiert nach den drei Bewertungsformen exemplarisch vorgestellt werden:

- Automatisierte Bewertung: Multiple Choice Fragen, Multiple Right Antworten, Kurzantworten, Richtig/Falsch Fragen
- Umfangreiche Bewertung: Aufsätze oder strukturierte Dokumente
- Bewertung von gemeinsamer Arbeit (Kollaboration): Projekt- und Gruppenarbeit

Die Verwendung der Werkzeuge als Bestandteil des Prüfungsprozesses erleichtert die Arbeit des Prüfenden erheblich und bezieht den Lernenden interaktiv mit ein.

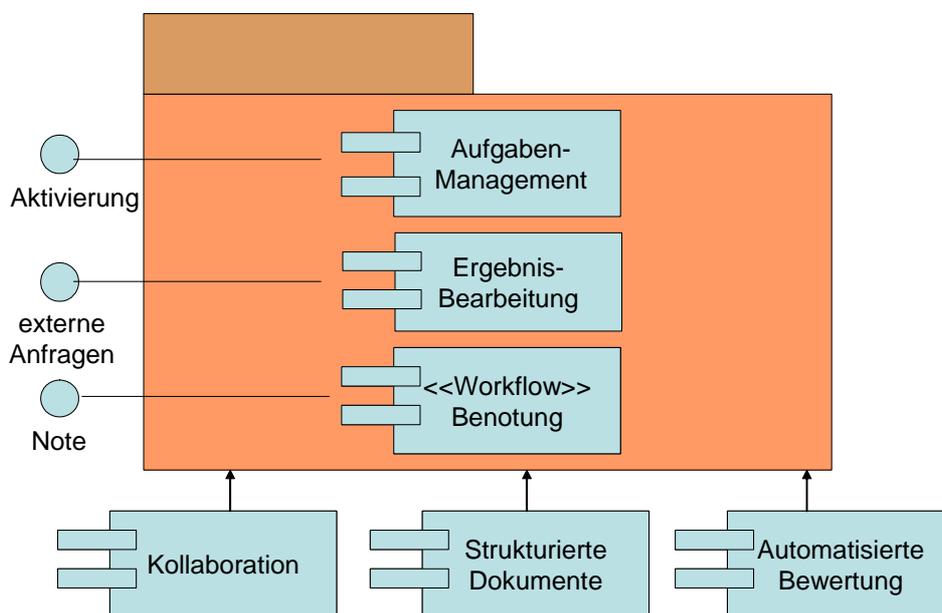


Abbildung 4.11: Prüfungs-/Bewertungs-Service

4.4.3.5. Medien - und Ressourcen -Management Service

Der Medien-Management Service ist für die Speicherung und Verwaltung der digitalen Daten verantwortlich (vgl. Mediathek in Abschnitt 4.6.1.3), die bei der Erstellung von Lernmaterial verwendet werden. Die Medien werden durch eine offene Abfrageschnittstelle lokalisiert und sowohl dem Lerninhalts-Management Service zur Zusammenstellung eines Kurses als auch dem Lern-Management Service zur Verteilung zur Verfügung gestellt. Hierbei ist die Verwendung von RLOs (Abschnitt 3.3.2.5) mit entsprechenden Beschreibungen, Spezifikationen und Benutzerrichtlinien zur Kennzeichnung der digitalen Daten sinnvoll und vorgesehen.

Für den Applikationsdienst (Abschnitt 4.6.6) werden darüber hinaus weitere Ressourcen (Rechen-Cluster) benötigt (Abschnitt 4.6.1.2), die durch einen speziellen Ressourcen-Management Service, wie z.B. ein Cluster Management, lokalisiert und verwaltet werden. Ein Bestandteil dieses Dienstes ist das in Abschnitt 5.6.1.8 beschriebene Cluster Management, das eine wichtige Komponente des Simulationsdienstes darstellt.

4.4.4. Ressourcenschicht

4.4.4.1. Lerninhaltsspeicher

Der Lerninhaltsspeicher setzt Metadaten zur Speicherung und Verwaltung individueller Lernobjekte ein. So können verschiedene Entwickler und Fachexperten Inhalte und Inhaltskomponenten über das Netz austauschen.

4.4.4.2. Lern-Metadaten

Eine Metadaten-Spezifikation macht den Findungs- und Verwendungsprozess effizienter, indem die einzelnen Elemente strukturiert nach festgelegten Kriterien zur Verfügung gestellt werden. In Abschnitt 3.2.3 sind die gängigsten Standards, darunter der von IEEE P1484.12 mitgetragene Standard LOM (Learning Objects Metadata) und das Metadatenmodell der Dublin Core Initiative, beschrieben.

4.4.4.3. Benutzer-Datenbank

Die Benutzer-Datenbank ist ein System, wie es generell für administrative Zwecke, nicht nur speziell im eLearning-Bereich, eingesetzt wird.

4.4.4.4. Allgemeine Administration

Alle Benutzerdaten, wie z.B. das Benutzerprofil, Bewertungen, Informationsprotokolle, etc. werden hier abgelegt.

4.4.4.5. Ressourcen

Für komplexe Dienste wird häufig auf externe Ressourcen (Remote) zugegriffen. Beim Applikationsdienst (Abschnitt 4.6.6) werden die Anwendungen z.B. auf entfernten Clusterrechnern ausgeführt (Abschnitt 4.6.1.2), die durch den Ressourcen-Management Service verwaltet werden (Abschnitt 4.4.3.5).

4.5. Spezifikation der Architektur

Die Architektur eLSA verfolgt in Analogie zu Dienstarchitekturen die Zielsetzung, grundlegende Voraussetzungen und Festlegungen in Bezug auf eLearning-Service-Architekturen zu spezifizieren. Wie die Szenarien in Kapitel 2 gezeigt haben, liegt die Hauptproblematik darin, dass sämtliche eLearning Dienstanforderungen unterstützt werden sollen. Hierzu ist anzumerken, dass die unterschiedlichen Anforderungen heute entweder noch unzureichend (Simulation Service) oder durch unterschiedlichste Werkzeuge und Plattformen erfüllt werden. Mitunter sind dabei z.B. die Zugriffsmöglichkeiten auf die Daten vielfältig ausgeprägt. Die Lösung dieser Heterogenität stellt eine Hauptanforderung an die Service-Architektur eLSA dar.

Ein weiterer Schwerpunkt dieser Architektur liegt neben der Unterstützung vielfältiger Szenarien und Anwendungen im synchronen Einsatz der Applikation für gleichzeitig mehrere Teilnehmer (Multi-User-Szenarien).

4.5.1. Funktionen einer integrierten eLearning Service-Architektur

In der eLearning-Service-Architektur wird ein System aufgesetzt, welches aus Benutzersicht die Funktionen eines Portals erfüllt (siehe Abbildung 4.4), um den Anforderungen aus den Abschnitten 3.5 und 4.3.1 zu begegnen. In Kombination mit dem Server-Management-System bietet es die Grundlage für erweitertes Application Service Providing.

Die Integration verschiedener Systeme und Medien (Content, Streaming Media, Datenbankabfragen, ...) ermöglicht es, den gesamten Lernprozess (Wissensgewinnung, -transfer und -anwendung) durch das Angebot unterschiedlicher Dienste (Information, Kommunikation, Kollaboration, ...) zu unterstützen. Außerdem wird mit adäquaten Protokollen und dem offenen Systemansatz die Chance realisiert, dass mehrere Teilnehmer gleichzeitig auf die Dienste, darunter auch Applikationen und Simulationen, zugreifen können (Multi-User-Szenario).

Ein weiterer Aspekt ist die Skalierbarkeit des Servicebasierten Ansatzes. Indem einzelne Inhalte, darüber hinaus aber auch weitere Funktionen, wie z.B. Rechenleistung oder Speicherplatz verteilt werden, kann der Nutzer, z.B. ein Lernender, von den Vorteilen, wie kürzeren Laufzeiten, profitieren. Im Zusammenhang mit den Merkmalen einer effizienten eLearning-Infrastruktur (Abschnitt 3.4) wurde zusätzlich die Nutzung von Content Delivery Networks (CDNs) erwähnt, die eine weitere Skalierung des Systems unterstützen können.

Abbildung 4.12 zeigt einen funktionalen Überblick über die Hauptkomponenten der Service-Architektur.

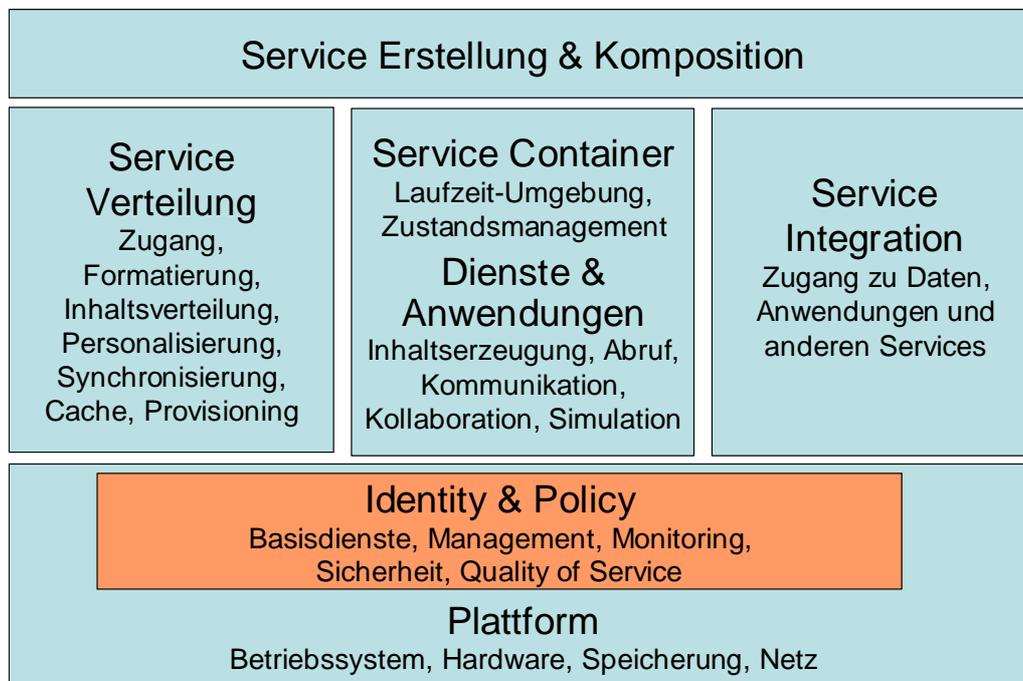


Abbildung 4.12: Funktionaler Überblick

Die Basis bildet die Hardware-Plattform, bestehend aus Hardwarekomponenten mit Betriebssystem, Speicherungs- und Netzelementen, sowie den Identity- und Policy-Funktionen (Basisdienste, Management, Monitoring, Sicherheit, Quality of Service).

Darauf aufbauend gibt es als zentrales Modul den Service Container. Dieser verfügt neben der Laufzeit-Umgebung über das Zustandsmanagement und beinhaltet die Dienste und Anwendungen, wie Inhaltserzeugung, Abruf (Information), Kommunikation, Kollaboration und komplexe Simulationsanwendungen.

Die Service Integration umfasst den Zugang zu anderen Daten (Datenbankschnittstelle SQL), sowie weiteren Anwendungen und Services. Ferner macht die Anbindung von Backend Systemen die Architektur extrem erweiterungsfähig.

Die Service Verteilung ist die eigentliche Provisioning-Funktion, und bietet den Dienstzugangspunkt für den Nutzer. Hier werden die Services zusammengefasst, entsprechend der Client-Endgeräte formatiert, für den einzelnen Benutzer personalisiert und schließlich verteilt. Besonders bei Echtzeit-Anwendungen kann eine Synchronisierung von Datenströmen unabdingbar sein. Auch das Caching und die Zwischenspeicherung von Daten muss unterstützt werden. Für einen persönlichen Arbeitsbereich (Abschnitt 3.1.2) sollte ausreichend Speicherplatz vorgehalten werden.

Die drei Bereiche Service Integration, Service Container und Service Verteilung werden unterstützt durch die Service Erstellung und Komposition.

Für die Benutzerverwaltung, aber auch bei der Anbindung weiterer Systeme werden Standards wie LDAP, Kerberos, PKI und OASIS Security aus Gründen der Daten- und Netzsicherheit miteinbezogen.

4.5.2. Integration von Diensten und Anwendungen

Die Integration und Verwaltung multipler Anwendungen und Dienste setzt eine komplexe Serviceorientierte Systemstruktur voraus. Die multimedialen Anwendungen umfassen dabei sehr unterschiedliche Medien, von multimedialen Basiselementen über anspruchsvollen Anwendungen bis hin zu kompletten Lernlösungen (Abschnitt 2.3.1). Diese stellen verschiedenen Bedingungen an die zugrunde liegende Hardware-Infrastruktur, z.B. einen hohen Bandbreitenbedarf im Falle von Video-Streams.

Ferner verlangt insbesondere das Angebot der vielfältigen Services, von Informations- und Kommunikationsdiensten bis hin zu interaktiven und rechenleistungsintensiven Diensten mit hohen Echtzeitanforderungen, nach ausreichenden Ressourcen.

Der modulare Systemansatz ermöglicht die Integration und Anbindung verschiedener Werkzeuge bzw. Systeme und unterstützt somit die Erweiterbarkeit der Architektur um zusätzliche Dienste und Anwendungen. So kann eine flexible Anpassung auf zukünftige Szenarien erreicht werden.

4.5.3. Mehrbenutzer-Konzept

Ein weiterer, wichtiger Aspekt ist das Mehrbenutzer-Konzept zur Unterstützung von Multi-User-Szenarien. Wie in 4.6.3 angeführt, kann die Multi-User-Unterstützung in komplexen Lehr- / Lernszenarien als eine spezielle Form des Kollaborationsdienstes angesehen werden. Insbesondere bei anwendungsorientierten Fächern, z.B. in der Ingenieursausbildung, ist es unumgänglich, auch Praktika und Experimente für eLearning-Sitzungen online abzubilden, um so eine bessere Wissensanwendung im Lernprozess zu erreichen. Die tutorielle Betreuung sollte durch ein Mehrbenutzer-Konzept begleitet werden, da sonst die Interaktivität stark eingeschränkt und das synchrone, gemeinsame Arbeiten an einem experimentellen Versuch nicht möglich ist.

In Fall der eLearning-Service-Architektur soll das VNC-Protokoll [VNC] für diesen Zweck verwendet werden [Boe02c]. Beim Virtual Network Computing (VNC) werden nicht nur Applikationen und Daten unterstützt, sondern gesamte Desktop-Umgebungen können mit Hilfe des Protokolls umgelenkt werden. So kann auf eLSA nicht nur von einem einzelnen Rechner aus zugegriffen werden, sondern von verschiedenen Orten aus (VNC Viewer) kann simultan derselbe Dienst in Anspruch genommen werden, wie z.B. beim Application Sharing im Stil von Computer-Supported Cooperative Work (CSCW).

Dabei dient der VNC Server dazu, die Präsentationslogik zu vervielfachen. So kann die Anzeige (GUI) auf verschiedene VNC Viewer bei den Client-Rechnern umgelenkt und ausgegeben werden (Abbildung 4.13).

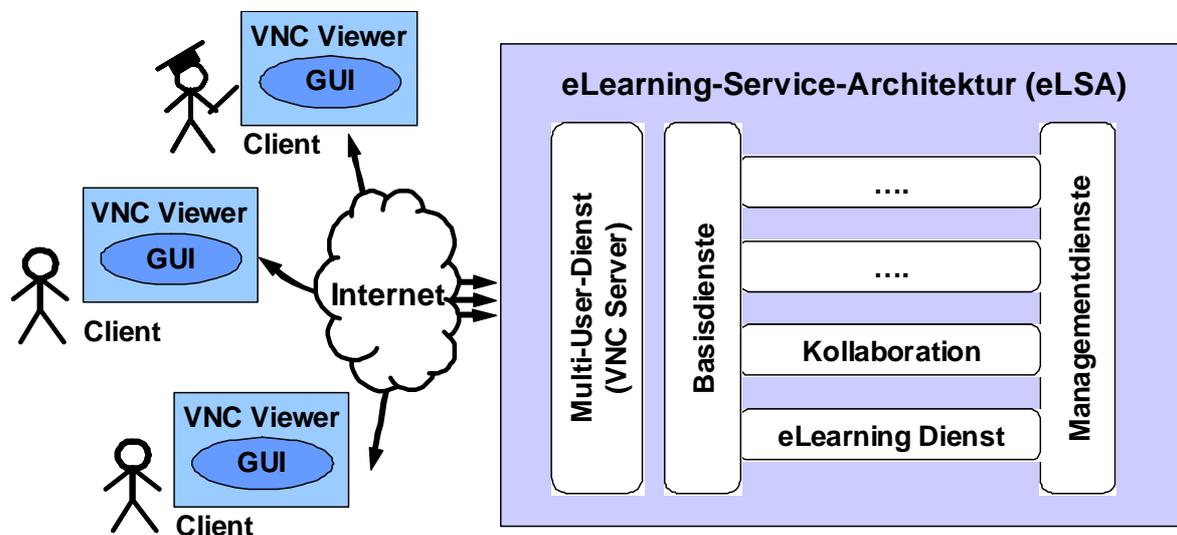


Abbildung 4.13: Mehrbenutzer-Konzept von eLSA mittels VNC

Zusammen mit der eLearning-Service-Architektur ermöglicht das Virtual Network Computing nicht nur Daten-Sharing, sondern auch Multi-User-Zugriffe auf den Applikationsdienst.

Darüber hinaus können in zukünftigen Netzen auch Multicast-Optionen mitgenutzt werden. Da diese heutzutage allerdings meist nur unidirektional eingesetzt werden, kommen sie für ein Mehrbenutzer-Szenario im Sinne einer tutoriellen Begleitung des Lernprozesses derzeit nicht in Frage.

4.5.4. Skalierung durch Clusterrechner

Im Internet-Bereich ist die Verwendung von Clustern heute weit verbreitet. Darunter versteht man im einfachsten Sinne, eine Gruppe von Rechnern oder Applikationsservern, die auf verschiedenen physikalischen Servern gehostet werden und dabei jedoch für den Nutzer als eine einzige Instanz erscheinen.

Ein vergleichbares Load-Balancing-Konzept soll auch innerhalb von eLSA insbesondere für die Ressourcenintensiven Dienste verwendet werden, um auf diese Weise eine hohe Skalierung wie auch eine größere Verfügbarkeit der Dienste zu erreichen.

Die Clusterrechner (Abbildung 4.14) sind dabei für die tatsächliche Ausführung der komplexen Dienste zuständig. Dazu empfängt ein nach einer bestimmten Load-Balancing-Methode ausgewählte Rechner eine Anforderung von eLSA, z.B. zur Ausführung einer Simulation. Diese wird abgearbeitet und nach Beendigung derselben die Ergebnisse an eLSA übermittelt.

Innerhalb des Systems kann es beliebig viele Clusterrechner für die Lastverteilung der Aufgaben geben. Für die Kommunikation mit eLSA wird auf jedem Clusterrechner ein Überwachungsprogramm gestartet, das die Anweisungen entgegennimmt. Dieses

Programm ist außerdem dafür zuständig, in regelmäßigen Intervallen die Verbindung zum System zu testen, um einen Ausfall einzelner Funktionen zu detektieren.

Bei entsprechender Auslegung können auf einem Clusterrechner mehrere Anwendungen gleichzeitig ausgeführt werden. Dabei wird die Art der parallelen Ausführung vom verwendeten Betriebssystem bzw. Rechner bestimmt.

Auf diese Weise wird die eLearning-Service-Architektur entlastet und steht weiteren Anforderungen zur Verfügung (Abschnitt 5.4.8).

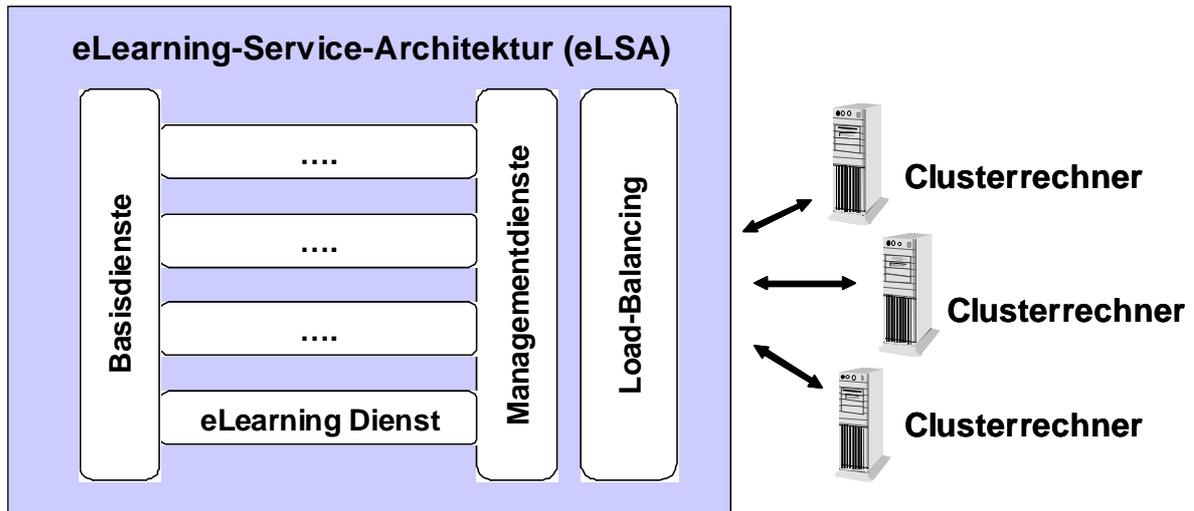


Abbildung 4.14: Load-Balancing mit Clusterrechnern

4.6. Beschreibung der Dienste

In Abbildung 4.1 ist eine Übersicht über die Dienste der eLearning-Service-Architektur eLSA skizziert. Dabei ist die Vielfalt der Dienste in folgende sieben Hauptkategorien unterteilt:

- Basisdienste mit Benutzer-, Ressourcen- und Medienverwaltung
- Kommunikationsdienste (Konferenzdienste, Informationsdienste)
- Kollaborationsdienste
- Abrufdienste (Lexikon, Bibliothek und Datenbankabfragen)
- Autordienste (Erstellung, Verwaltung, Speicherung, Import / Export)
- Applikationsdienste
- Zusatz- und Managementdienste

Nachfolgend werden die einzelnen Dienste detailliert vorgestellt und mit konkreten Anwendungsbeispielen illustriert.

4.6.1. Basisdienste

Als Basisdienste gelten jene Services, die zur Nutzung der übrigen Dienste von essentieller Bedeutung sind, und daher zentral bereitgehalten werden müssen.

4.6.1.1. Benutzerverwaltung

Berechtigungen

Die Zuordnung von Rechten zu Benutzern sollte in Hierarchie-Ebenen erfolgen.

Zusätzlich muss immer das Recht der übergeordneten Ebene vorhanden sein, um auf das einzelne Element zugreifen zu dürfen. Ergänzend zu den Rechten auf Benutzerebene können Benutzer einer oder mehreren Gruppen angehören, deren Rechte sich dann auf den einzelnen Benutzer übertragen. Dabei werden hauptsächlich vier Benutzergruppen unterschieden, der Lernende, der Dozent / Tutor, der Autor und der Administrator.

Wird ein neuer Benutzer angelegt, werden Standardrechte anhand der zugehörigen Gruppe gesetzt. Administratoren, Autoren und Tutoren können diese Rechte zusätzlich erweitern oder einschränken. So ist es möglich, z.B. Lerneinheiten oder andere Services zur Verfügung zu stellen oder zu sperren. Werden Rechte für die ganze Gruppe geändert, „erbt“ der Benutzer diese Rechte. Die Hierarchie ist hierbei absteigend, d.h. explizit gesperrte Bereiche und Inhalte der Gruppen sind für alle Benutzer gesperrt. Darüber hinaus können für Benutzer einzelne Sperrungen gelten. Auf diese Weise ist es möglich, jedem Benutzer individuelle Rechte zu setzen.

Zugangs- und Benutzerkontrolle

Jeder Administrator sowie weitere befugte Benutzer wie Autoren, Tutoren, etc. können Benutzer anlegen. Es besteht die Möglichkeit, ein temporäres Einmal-Login zu erzeugen. Der Benutzer loggt sich darüber ein, wird einer vordefinierten Gruppe zugewiesen und setzt seinen Account mit erfolgreicher Anmeldung neu. Bei der Registrierung muss das Benutzerformular korrekt ausgefüllt werden. Danach schlägt das System einen Login-Namen vor. Der Benutzer kann diesen Namen unter Verwendung einiger definierbarer Regeln (z.B. Mindestanzahl Zeichen) selbst wählen und sich mit Passwort und Passwort-Wiederholung anmelden. Die zugehörige Gruppe wird anhand des Einmal-Logins festgelegt. Die für die Registrierung gesammelten Daten werden in die Datenbank eingetragen und stehen den Administratoren, Autoren und Tutoren zur Verfügung. Alle Benutzerdaten lassen sich später wieder ändern. Jeder Administrator, Autor und Tutor sowie der registrierte Benutzer selbst ist also berechtigt, diese Benutzerdaten auszulesen, zu ändern oder zu entfernen.

In Abbildung 4.15 wird beispielhaft die Administration eines Benutzers dargestellt. An diesem Anwendungsfall sind die Akteure Administrator und ein weiterer Teilnehmer beteiligt. Beim erstmaligen Zugriff auf die Architektur muss sich die Person zunächst dem System bekannt machen. Dies kann durch den Administrator geschehen, oder durch eine eigenständige Registrierung der Person. Ist ein Zugang zu dem System gewünscht, müssen von der Person die allgemein üblichen Personaldaten eingegeben werden. Diese Daten werden vom Administrator einer Prüfung unterzogen. Erst wenn die Prüfung erfolgreich war und die Daten vom Administrator akzeptiert werden, wird die Person als Mitglied behandelt. Der Administrator kann zur Organisation der Mitglieder verschiedene Benutzergruppen einrichten und Personen diesen Gruppen hinzufügen. Einer Gruppe können, genauso wie einer Person, vom Administrator bestimmte Zugriffsrechte zugewiesen werden, die Zugriff auf Funktionen und Informationen des Systems gewähren.

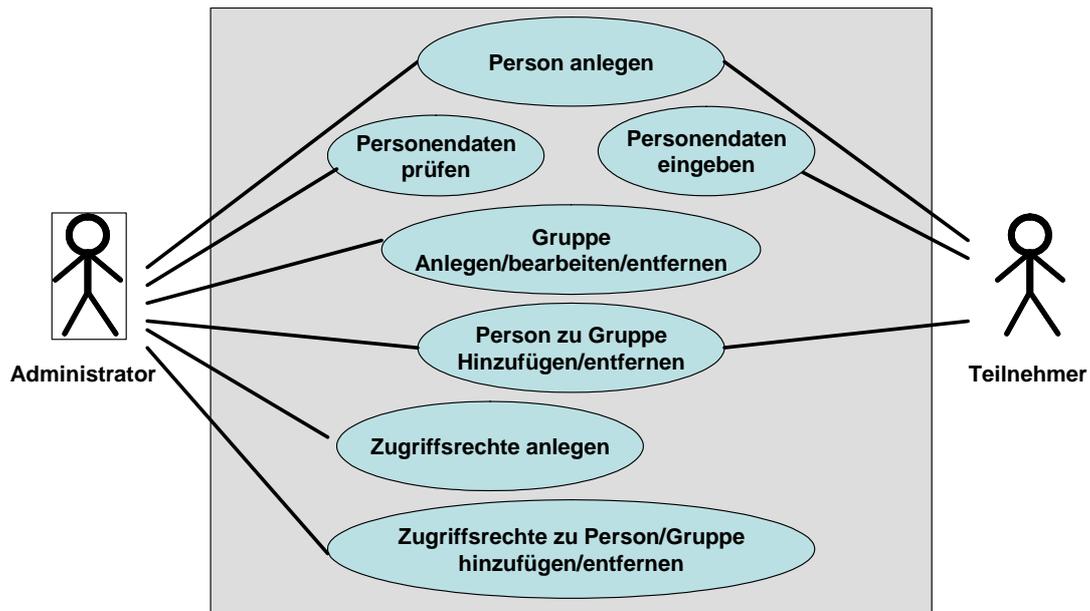


Abbildung 4.15: Benutzerverwaltung von Teilnehmern

Session-Verwaltung

Nach jeder erfolgreichen Authentifizierung mit Benutzername und Passwort wird eine eindeutige Session-ID erzeugt und dem Besucher zugewiesen. Dies geschieht abhängig von der Konfiguration durch Anhängen dieser Session-ID an alle Links und einer optionalen Speicherung in einem Cookie. Ein zusätzliches Speichern in einem Cookie erhöht die Sicherheit, da die Session dem Browser auf einem Rechner zugewiesen wird. Die SSL-Verschlüsselung sollte verwendet werden, um maximale Kommunikationssicherheit garantieren zu können. Dies gilt zumindest für das Übertragen der Daten beim Einloggen.

Um eine effiziente Erzeugung und Verwaltung von Sessions auf allen gewünschten Server-Konfigurationen zu gewährleisten, werden unterschiedliche Module verwendet. Die Auswahl der Module geschieht wahlweise automatisch, oder wird fest in einer Konfigurationsdatei hinterlegt. Die Session-ID wird erzeugt aus einer Kombination der Beschreibung der Anwendung, einem Zeitstempel und der Prozessnummer. Sie wird nach einem Logout bzw. nach einer festlegbaren Zeit ungültig.

4.6.1.2. Ressourcenverwaltung

Die Ressourcenverwaltung kümmert sich um die Versorgung der Dienste mit ausreichenden Zusatzressourcen, wie z.B. Rechenleistung für die Applikationsdienste. Aber auch Speicherkapazität zur Auslagerung speicherintensiver multimedialer Basiselemente und Anwendungen, wie z.B. Videos, ist für viele Lehr- / Lernszenarien unablässig (Lecture on Demand). Diese zusätzlichen Ressourcen, auf die die anderen Dienste zurückgreifen, werden entweder intern gespeichert oder in Datenbanken bzw. bei anderen Servern ausgelagert.

Wichtig für die Einbindung der Ressourcen ist das Vorhandensein offener, standardisierter Schnittstellen. Dies ist nicht nur beim Verwalten von digitalen Daten notwendig, sondern insbesondere auch beim Verteilen der Dienste.

4.6.1.3. Medienverwaltung

Die Medienverwaltung für die Architektur umfasst neben dem Management von multimedialen Inhalten und Anwendungen auch den Aspekt der Kursverwaltung.

Mediathek

In der Mediathek werden sämtliche Medien, von multimedialen Basiselementen über anspruchsvollen Anwendungen bis hin zu kompletten Lernlösungen, im System verwaltet. Diese können dann von allen anderen Bereichen (z.B. News, Lexikon, etc.) aus benutzt werden. Dabei werden verschiedenste Dateitypen unterstützt. Zur besseren Handhabbarkeit existiert für jeden Typ ein passendes Symbol, eine Beschreibung und Hinweise bezüglich des Anzeigeprogramms. Im Browser darstellbare Elemente werden direkt angezeigt, andere Dateien werden zum Download angeboten. Eine Versionskontrolle bei der Ablage von Medienelementen sollte vorhanden sein.

Kursverwaltung

Die Kursverwaltung sollte die Kurseinstellung mit Hilfe einer Upload-Möglichkeit, z.B. mittels FTP, ermöglichen. Dabei sind die heute üblichen Standards zu berücksichtigen. Zum Kurs-Import ist ein SCORM Content Aggregation Interface mit einem SCORM Runtime Environment für die Kommunikation und die Pflege des Metadatensatzes, z.B. nach LOM, zu berücksichtigen [Rei02].

Auch administrative Belange, wie die Einschreibung und Belegungslisten der Studierenden sind Bestandteil der Kursverwaltung. Erweiterte Anforderungen betreffen die Semesterverwaltung.

Nach [AICC] werden verschiedene Stufen bei Lernlösungen, z.B. für CBTs, unterschieden (Abbildung 4.16). Demnach steht an oberster Stelle das Curriculum. Dieses umfasst mehrere Lehrveranstaltungen (Courses), die wiederum in Kapiteln (Chapter) und Unterkapitel (Subchapter) aufgebaut sind. Diese bestehen aus Modulen und einzelnen Stunden (Lesson), welche sich jeweils in mehrere Themen (Topic), Sequenzen, Absätzen und Objekten aufspalten. Wichtig ist, dass sich die Modularität in der Kursverwaltung der Service-Architektur abbilden lässt.

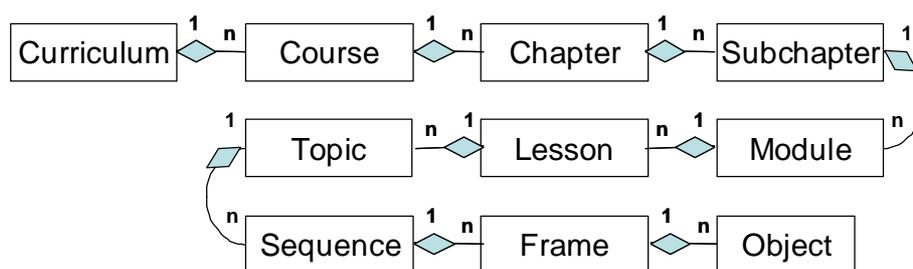


Abbildung 4.16: Modulare Kursverwaltung

4.6.2. Kommunikationsdienste

Prinzipiell beinhaltet der Begriff Kommunikation drei verschiedene Dienstformen:

- Kommunikation zwischen zwei Teilnehmern (User ↔ User)
- Kommunikation zwischen Teilnehmer und Service-Architektur (User ↔ Server)
- Kommunikation zwischen Service-Architektur und Backend-Systemen, wie Datenbanken, Clusterrechnern (Server ↔ Ressourcen)

Der hier bezeichnete Kommunikationsdienst bezieht sich auf die zwei Erstgenannten. Die dritte Kommunikationsform betrifft die interne Kommunikation der Service-Architektur mit ihren Subsystemen und wird daher an anderer Stelle diskutiert. Wie in Abschnitt 2.3.2.1 beschrieben, ist es für die Kommunikation (mit Teilnehmerbeteiligung) entscheidend, ob der Austausch uni- oder bidirektional erfolgt. Des Weiteren lassen sich Kommunikationssituationen danach differenzieren, ob es sich um ein Vier-Augen-Gespräch handelt (One-to-one), eine klassische Lehrsituation (One-to-many) oder um eine Gesprächsrunde (Many-to-many). Im ersten Fall der Kommunikation zwischen zwei Teilnehmern fungiert das System als Mittlerfunktion.

4.6.2.1. Konferenzdienste (synchron / asynchron)

Ein wichtiges Merkmal bei Konferenzdiensten ist die Unterscheidung zwischen synchroner und asynchroner Kommunikation. Wichtige Vertreter der Echtzeit-Konferenzdienste sind Telephonie und Audi- / Video-Konferenz. Für die zeitversetzte Kommunikation steht z.B. Chat und Email.

Ein zentraler Anwendungsfall im Bereich der Kommunikation ist die integrierte Email-Funktionalität bzw. der Prozess eine Electronic Mail zu erstellen und zu versenden (Abbildung 4.17).

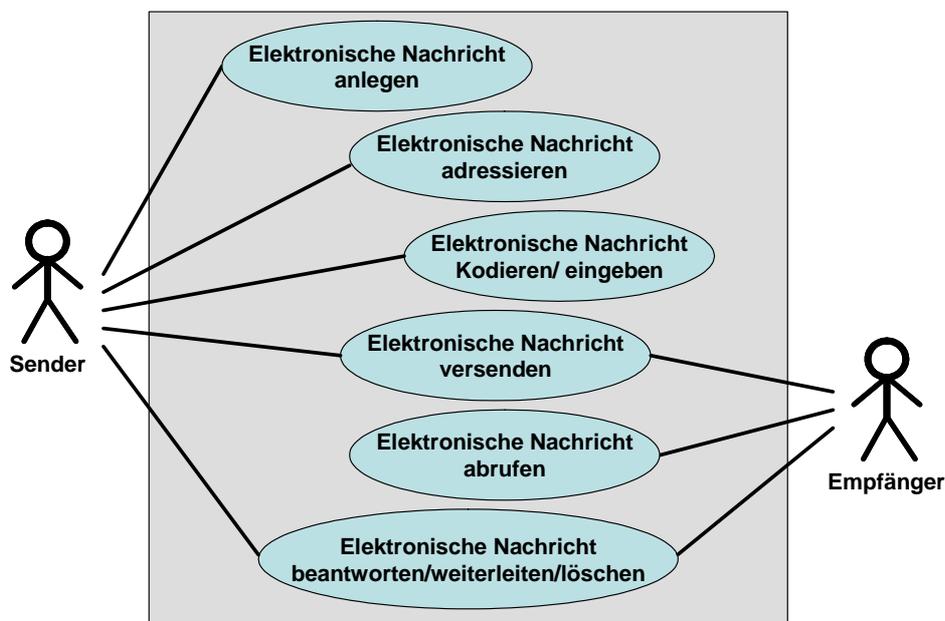


Abbildung 4.17: Email – Kommunikation

Ein beliebiger Akteur legt zunächst eine neue Nachricht an. Diese Nachricht ist an einzelne Personen, oder an Personengruppen zu adressieren, die als Empfänger der Nachricht gelten sollen. Anschließend ist eine Gestaltung der Nachricht notwendig bzw. das Kodieren der zu übermittelnden Informationen. Die Kodierung kann in Form von reinem Text oder verschiedener Medien geschehen. Die Nachricht wird dann versendet. Der Versendevorgang findet zunächst begrenzt auf die Lernumgebung statt. Der oder die Empfänger können die Nachricht abrufen, beantworten, weiterleiten oder löschen.

4.6.2.2. Informationsdienste

Um aktuelle Meldungen und Informationen aktiv zu verteilen, gib es die Kommunikationsformen: News, Forum, und Newsletter.

Die News-Funktion dient dazu, aktuelle Nachrichten in bestimmten Einheiten gegliedert zur Verfügung zu stellen. Wichtig bei diesem Modul ist die übersichtliche Darstellung (Usability) und Gliederung der einzelnen Datensätze.

Der Anwendungsfall Diskussionsforum (Abbildung 4.18) findet in vielen Lernszenarien Anwendung. Das Diskussionsforum dient vorwiegend der Kommunikation zwischen den Akteuren Autor, Tutor und Lernender. In der Regel können alle Teilnehmer eine Diskussion anlegen, sich Diskussionsbeiträge anzeigen lassen und gezielt einzelne Beiträge beantworten.

Der Newsletter wird verwendet, um Teilnehmer bestimmter Gruppen oder alle Benutzer per Email über Neuigkeiten zu informieren. Dies könnte z.B. das Einstellen eines neueren Dienstes oder eines Kurses sein. Es bedarf einer festlegbaren Berechtigungsstufe, wer an welche Teilnehmer Newsletter verschicken darf.

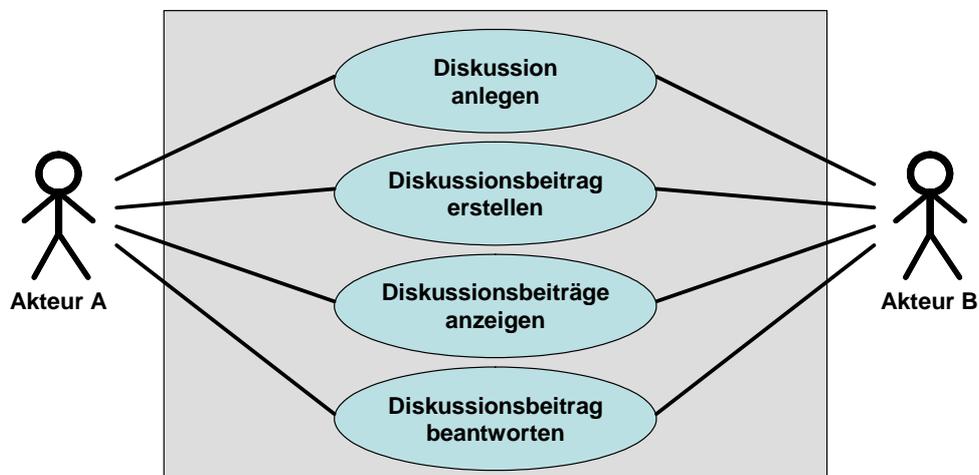


Abbildung 4.18: Diskussionsforum

4.6.3. Kollaborationsdienste

Bei der Kollaboration bzw. Kooperation wird zwischen synchronen und asynchronen Services unterschieden. Synchrone Kollaborationsdienste werden meist zusammen mit synchronen Kommunikationsdiensten eingesetzt, z.B. ein Shared Whiteboard bzw. Shared Workspaces. Asynchrone Kollaborationsdienste spielen bei Lerngruppen, wie im TeleSeminar-Szenario (Abschnitt 2.2.1.3) eine wichtige Rolle. Bekannte Vertreter dieser Dienstgruppe sind die CSCW-Systeme (Computer-Supported Cooperative Work), wie BSCW (Basic-Support for Corporative Work [BSCW]).

Auch das Gruppenmanagement ist beim Einstellen von Dokumenten ein relevanter Aspekt. Bei der Eintragung unterscheidet man die Selbstaufnahme und die administrative Aufnahme. So kann die Einrichtung von Arbeitsgruppen prinzipiell vom Lehrenden, dem Administrator oder direkt durch einen Lernenden vollzogen werden. Das Gruppenmanagement wird häufig durch eine Kalenderfunktion unterstützt. Die Dokumentenablage sollte durch eine Versionisierung begleitet werden.

In diesem Zusammenhang ist auch die Multi-User-Unterstützung in komplexeren Anwendungsszenarien zu nennen [Boe02c], da sie eine spezielle Form des Kollaborationsdienstes darstellt (Abschnitt 4.5.3).

4.6.4. Abrufdienste

Im Unterschied zu den in Abschnitt 0 beschriebenen Diensten, bei denen die Daten verschickt werden (Push), beschreiben diese einen Informationsabruf (Pull).

4.6.4.1. Lexikon und Bibliothek

Während im Lexikon Begriffe erklärt werden, sind in der Bibliothek noch weiterführende Informationen zugreifbar. Diese können von allen anderen Modulen aus verlinkt werden. Es besteht die Möglichkeit, die Informationen im Volltext zu durchsuchen oder sich über ein Inhaltsverzeichnis bzw. den Anfangsbuchstaben des Begriffs beim Lexikon durchzublättern.

4.6.4.2. Datenbankabfragen und Suchfunktion

Verschiedene Module, wie z.B. Lexikon, News und Mediathek, können im Volltext durchsucht werden. Es existieren eine Schnellsuche ohne Konfigurationsmöglichkeiten, die eine sinnvolle Beschreibung der Anwendung sowie der Voreinstellungen vornimmt und eine Suche nur über einzelne Module. Besonderen Wert wird bei der Suche auf eine übersichtliche Darstellung der Treffer gelegt.

4.6.5. Autorendienste

4.6.5.1. Erstellung, Verwaltung und Speicherung von Inhalten

Um Datensätze im Backend-Bereich anzulegen, zu löschen und zu editieren, werden geeignete Editoren eingesetzt. Zum Erstellen von Lerninhalten wird, wie in Abschnitt 3.3.1.1 beschrieben, auf unterschiedliche Autorensysteme zurückgegriffen. Um reine Texte zu formatieren, sind bei einer Vielzahl von Werkzeugen keine speziellen Programmierkenntnisse notwendig. Idealerweise wird die Zuordnung von einzelnen Datensätzen zu Einheiten mit „Drag & Drop“ erfolgen.

Wie bereits erwähnt wird beim Austausch von Daten heute vermehrt auf XML-Technologie gesetzt. Ein Parser konvertiert dazu die Daten aus anderen Formaten.

4.6.5.2. Standardisierter Import / Export

Alle im System bestehenden Inhaltsbausteine sollten standardisiert exportiert werden können. Nach dem SCORM-Standard [SCORM] werden alle zugehörigen Komponenten gepackt und zum Download angeboten. Beim Import wird der gepackte Kurs zum Server übertragen, ausgepackt und bestimmte Informationen in die Datenbank übertragen. Alle benötigten Informationen befinden sich in der Manifest-Datei, die geparkt und ausgewertet werden muss.

4.6.6. Applikationsdienste

Der Applikationsdienst stellt die Anbindung und Ausführung von Applikationen, wie z.B. Simulationsprogrammen, sicher. Das besondere hierbei ist die hohe Komplexität dieser Dienstanforderung, die meist nicht durch ein einzelnes System abgedeckt werden kann. Somit wird die Dienstanfrage serverseitig von einem Management System abgefangen, das mittels des Ressourcendienstes verschiedene Ressourcen im Backend-Bereich, wie Datenbanken und Rechenleistung auf Clusterrechnern, anfragt. Dieser Service ist speziell in den Ingenieurwissenschaften ein wichtiger Bestandteil der Ausbildung, und wird als Schwerpunkt dieser Arbeit am Beispiel der „Remote Simulation“ in Abschnitt 5.1 weiter ausgeführt.

4.6.7. Zusatz- / Managementdienste

Eine Querschnittsfunktion nehmen die verschiedenen Zusatz- und Managementdienste ein. Die wichtigsten darunter dienen der Erstellung von Statistiken und Reports, der Qualitätssicherung und der Evaluierung. Für den kommerziellen Einsatz sind auch zuverlässige Abrechnungs- und Billing-Funktionen unerlässlich.

Die Schwerpunkte bei den Managementdiensten liegen auf der Überwachung der (Betriebs-)System Ressourcen und der diversen Applikationen. Die reine Fehlerüberwachung erzeugt durch Auswertung von Log-Dateien unter Berücksichtigung von Schwellwerten sog. "Events". Dabei konzentriert sie sich auf Fehlerzustände und die Verfügbarkeit der Systeme.

Ein weiterer Aspekt der Überwachung ist das Performance-Management bei den von der Architektur angebotenen Diensten. Dazu werden die Antwortzeiten einzelner Anwendungen gemessen, die dann in die Qualitätssicherung mit eingehen.

Eine wirkungsvolle Überwachung verlangt die zeitnahe Erkennung und Auswertung der Events. Daher ist ein zentraler Aspekt des Managementdienstes die Anbindung verschiedenster Überwachungssysteme an zentrale Ereigniskonsolen und Helpdesk-Systeme.

4.7. Zusammenfassung

Die Anforderungen an eine flexible, skalierbare Architektur zur Bereitstellung und Verwaltung von Diensten für die multimediale Lehre und das netzbasierte Lernen aus Abschnitt 3.5 werden durch die eben beschriebene eLearning-Service-Architektur eLSA erfüllt.

Die Verwaltung vielfältiger Medien (Text, Graphik, Audio, Video, ...) und multimedialer Anwendungen (Lernprogramme, ...) wie auch die Integration verschiedener Systeme und Dienste (Abschnitt 4.6) werden durch den modularen Ansatz begünstigt. Dies schließt auch realzeitige Zusatzdienste (Conferencing) und Software-Programme (Tools) ein.

Mit dem Einsatz des VNC-Protokolls [VNC] können edukativ wertvolle Mehrbenutzer-Szenarien aufgebaut werden. Auf diese Weise wird die Interaktivität der Teilnehmer beim kooperativen Arbeiten in experimentellen Lernszenarien gestärkt. Zudem ermöglicht das Multi-User-Konzept die Betreuung der Lernenden während der Übungsphase.

Aus technischer Anforderungssicht werden verschiedene Methoden und Alternativen aufgezeigt, um die Erweiterbarkeit des Systems zu gewährleisten und dieses hoch verfügbar und ausfallsicher zu gestalten. Dabei ist es von der verwendeten Hardware mit abhängig, wie viele Nutzer und Szenarien das System gleichzeitig unterstützen kann.

Bei großen Anforderungszahlen können für eine effiziente Inhaltverteilung ergänzend die bekannten Methoden des Prefetching und des dynamisches Replizieren in Caches bzw. auf Mirror Sites eingesetzt werden. Die Verwendung von Content Delivery Networks kann in globalen Anwendungsszenarien hilfreich sein (Abschnitt 3.4.2).

Im Bereich der Ressourcenverwaltung bei speicher- oder rechenleistungsintensiven Diensten kommen Lastverteilungsverfahren zum Einsatz. Dies kann hardwaretechnisch durch Intelligente Speicher und Request-Dispatching an mehrere Applikations-Server unterstützt werden.

Des Weiteren müssen die angebotenen Dienste, z.B. Informationsaustausch, gemeinsames Arbeiten an Dokumenten, Nutzung von Simulationsprogrammen, global erreichbar sein. Dabei sollte die Datensicherheit und Integrität gewährleistet sein. Je stärker die Dienste verteilt sind, umso intensiver müssen die Anwendungen und Ressourcen überwacht und kontrolliert werden.

Für einen kommerziellen Einsatz als Application-Service-Providing-System sollte die eLearning-Service-Architektur eLSA zudem verschiedene Billing- und Abrechnungsanforderungen erfüllen.

Bei der eigentlichen Implementierung wurde dazu auf die Verwendung von JAVA RMI (Remote Method Invocation [RMI]) gesetzt.

Tatsächlich gibt es im prinzipiellen Architekturansatz von JAVA RMI und CORBA (Abschnitt 4.2.2) sehr viele Ähnlichkeiten. Beide setzen auf Mechanismen, wie Garbage Collection, Interface-Beschreibungen und den Naming Service. Dabei erweist sich JAVA RMI als eine Art Untergruppe von CORBA, welches speziell auf JAVA zugeschnitten wurde. Ein Vorteil dabei ist, dass RMI die Möglichkeiten von JAVA besser ausnützt. So können sämtliche JAVA-Objekte ohne größere Anpassung übertragen werden. Dies setzt jedoch voraus, dass sowohl clientseitig wie auch serverseitig ausschließlich JAVA-Applikationen miteinander kommunizieren, was in der in Abschnitt 5.6 beschriebenen Umsetzung der eLearning-Service-Architektur der Fall ist. Weitere Spezifizierungsdetails werden bei der prototypischen Realisierung erläutert.

5. Prototypische Realisierung

Dieses Kapitel gibt einen Einblick in den Aufbau der im Rahmen dieser Arbeit entwickelten prototypischen Realisierung des Managementsystems der eLearning-Service-Architektur eLSA. Wie bereits in den vorausgegangenen Kapiteln erläutert, war ein Schwerpunkt der Arbeit neben allgemeinen Service-Angeboten im Speziellen die Anbindung von Simulationsprogrammen über die Architektur zu unterstützen. So entstanden im Rahmen des RESI-Projekts (REmote SIMulations) verschiedene Module eines Application-Service-Providing-Systems zur Bereitstellung von Simulationen für Lehre und Forschung. Nachdem wir zunächst eine kurze Projektbeschreibung geben, wird im Folgenden das Kernstück des Applikationsdienstes (Abschnitt 4.6.6), das Managementsystem, detaillierter skizziert.

5.1. Remote Simulation

Dem Einsatz von Simulationsprogrammen wird aus pädagogischer Sicht hohe Beachtung zuteil (Abschnitt 2.3.1.4). Für die weiteren Ausführungen müssen wir den Simulationsbegriff jedoch zunächst leicht einschränken. Der Simulations-Service umfasst nicht die hochkomplexen Simulationen wie diese z.B. in Flugsimulatoren oder in Bereichen der Luft- und Raumfahrt eingesetzt werden.

Im Folgenden wollen wir uns auf Anwendungen und Programme fokussieren, durch die Lehr- / Lernszenarien sinnvoll ergänzt werden können und die daher ein verbessertes eLearning ermöglichen. Die Hauptkategorien dieser Simulationen sind:

- Software-Simulationen, z.B. IT- oder Anwendungstraining
- Geschäfts-Simulationen: Business Management Skills, Führen von Scheinfirmen
- Technische Simulationen: physik. Systeme (z.B. Bauteile), Prozesssimulation
- Verfahrenstechnische Simulationen: schrittweises Trainieren von Prozessabläufen
- Virtuelle Welten: Trainieren in virtuellen Umgebungen, Virtueller Arbeitsplatz

Den Simulationen, meist in Form von Simulationen physikalischer Systeme oder allgemein von Software-Simulationen, kommt bei der Ausbildung in den natur- und ingenieurwissenschaftlichen Disziplinen ein besonderer Stellenwert zu. Am Lehrstuhl für Kommunikationsnetze entstanden in der Vergangenheit nicht nur zu Lehr- / Lernzwecken, sondern insbesondere auch in der Forschung, verschiedene Simulationsprogramme.

Um deren Nutzung auch über größere Distanzen zu ermöglichen, wurde die Anbindung der Programme über das Internet forciert. Vor diesem Hintergrund wurde das Projekt RESI (REmote SIMulations) initiiert, das die Basis für die Bereitstellung eines Simulationsdienstes, einer Form des Applikationsdienstes, schafft.

In Abschnitt 2.3.1.4 wurde exemplarisch die Struktur eines Remote Simulation Systems vorgestellt.

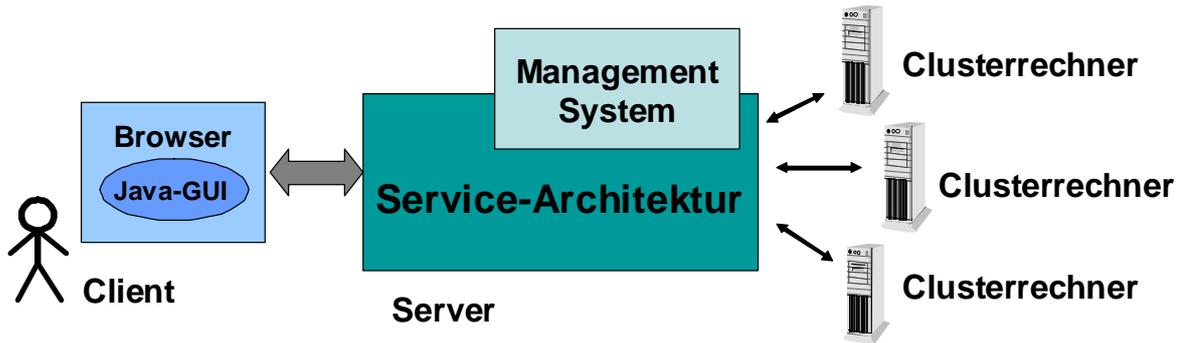


Abbildung 5.1: Service-Architektur im Projekt RESI

Abbildung 5.1 zeigt vereinfacht das Drei-Schichten-Modell (Abschnitt 4.3.2) der Service-Architektur.

Der Simulations-Teilnehmer verbindet sich browserbasiert am Client mittels einer graphischen Benutzeroberfläche (Java-GUI) mit der Service-Architektur. Diese umfasst im Kern ein komplexes Management System. Als Back-End-Systeme sind in der Abbildung drei Clusterrechner angedeutet, auf denen die speicher- und rechenintensiven Simulationsprogramme ausgeführt werden können.

Die nachfolgend beschriebene Service-Architektur entstand im Rahmen des Projekts Remote Simulation [Mer00, Jos00b], das am Lehrstuhl für Kommunikationsnetze an der Technischen Universität München in den letzten Jahren durchgeführt worden ist.

Darin wurde zunächst ein Strukturkonzept für graphische Benutzeroberflächen entwickelt [Let99, Jos00a]. Darauf aufbauend wurde eine GUI (Graphical User Interface) exemplarisch an einen SDMA-Mobilfunksimulator angepasst [Sen00]. Gleichzeitig wurde eine erste Anbindung der Simulationsprogramme in [Wan99] realisiert, bei der die Kommunikation zwischen Client und Server auf Socket-Basis mit Hilfe eines proprietären Protokolls lief. Schließlich wurde die Entwicklung eines vollständigen Managementsystems umgesetzt [Jos00b].

Alle Arbeiten wurden in der Programmiersprache Java entwickelt, da sie plattformunabhängig und aus diesem Grunde geradezu prädestiniert für ein Application Service Providing ist.

Im Folgenden wird zunächst das Gesamtkonzept des Managementsystems vorgestellt und dieses im Einzelnen in den weiteren Abschnitten detailliert beschrieben.

Einige Aspekte der prototypischen Realisierung sind in Abschnitt 5.6 am Ende dieses Kapitels aufgeführt. Darüber hinaus sind weitere, insbesondere programmiersprachenspezifische, Details in [Mer00, Boe02a, Boe02b] erläutert.

5.2. Überblick Managementsystem

Wie in Abbildung 5.2 dargestellt unterteilt sich das Managementsystem der Service-Architektur in die drei Bereiche Client, Server und Subsysteme (Clusterrechner).

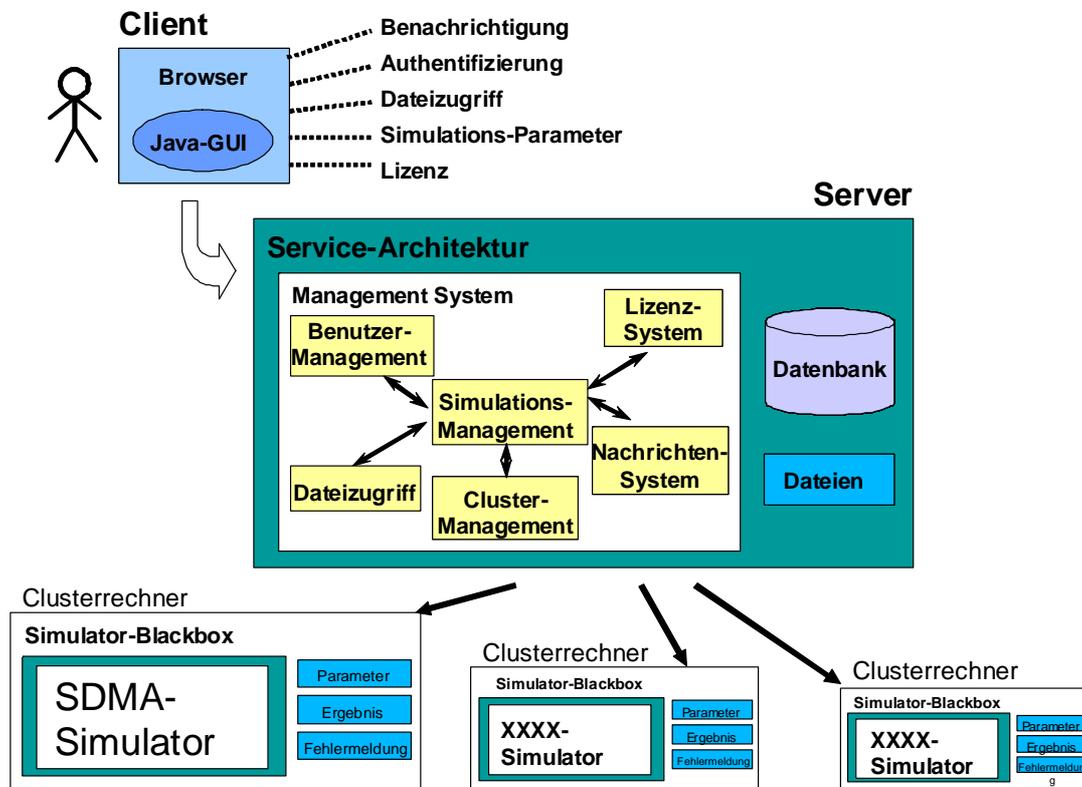


Abbildung 5.2: Managementsystem der Service-Architektur

Der Client bietet dem Nutzer die Möglichkeit, nachdem er sich über das Benutzermanagement authentifiziert hat, entsprechende Eingaben zu machen, z.B. auf Dateien zuzugreifen, Parameter für eine ausgewählte Anwendung zu konfigurieren, den Ausführungszeitpunkt einer Simulation zu bestimmen und anschließend weitere Anforderungen an den Server, den Kernbereich der Service-Architektur, zu übermitteln. Im Abschnitt 5.3 werden diese Vorgänge und deren Konzept genauer erläutert.

Die Service-Architektur stellt serverseitig ein Benutzermanagement zur Verfügung, empfängt die Anforderungen und wertet diese aus. Zunächst überprüft sie, ob entsprechende Zugriffsrechte und Lizenzen vorhanden sind. Die verschiedenen Ressourcen werden über entsprechende APIs (Application Programming Interfaces) angesprochen. Im Falle des im vorausgegangenen Abschnitt vorgestellten Remote Simulation Service werden die unterschiedlichen Simulatoren mit Hilfe eines Treiberkonzepts, das die Schnittstellen zu den einzelnen Simulationsprogrammen standardisiert, eingebunden. Des Weiteren können die Simulationen durch ein Scheduling-System zeitbasiert gesteuert werden. Bei der Ausführung der einzelnen Simulationsaufrufe werden diese zur besseren Rechenauslastung mit Hilfe eines Load-Balancing-Systems auf verschiedene Clusterrechner verteilt. Abschnitt 5.4 beschreibt den Aufbau des Serversystems der Service Architektur. Die Vorgänge auf einem Clusterrechner werden im Unterkapitel 5.5 erläutert. Weitere Details über die verwendete Hardware und Basissoftware des Systems sind in [MB00] beschrieben.

5.3. Client

Der Client des Managementsystems übermittelt die Anforderungen des Benutzers an den Server (Abbildung 5.3). Zu diesen Anforderungen gehören eine Benutzerauthentifizierung und ein darauf aufbauendes Dateimanagementsystem, das innerhalb der vorhandenen graphischen Konfigurationsoberflächen der verschiedenen Simulatoren, wie des SDMA-Mobilfunksimulators [Sen00] oder des ATM-Simulators [Let99, Wan99] für den Zugriff auf Konfigurationsdateien benötigt wird.

Außerdem ist es Aufgabe des Clients, simulatorabhängige und simulatorunabhängige Parameter für die Simulationsanforderungen vom Benutzer zu filtern und für den Transport zum Server vorzubereiten, um diese anschließend zu transferieren. Zudem wird der Benutzer nach Ausführung der Simulation durch die Service-Architektur über die Ergebnisse mit Hilfe eines Nachrichtensystems unterrichtet.

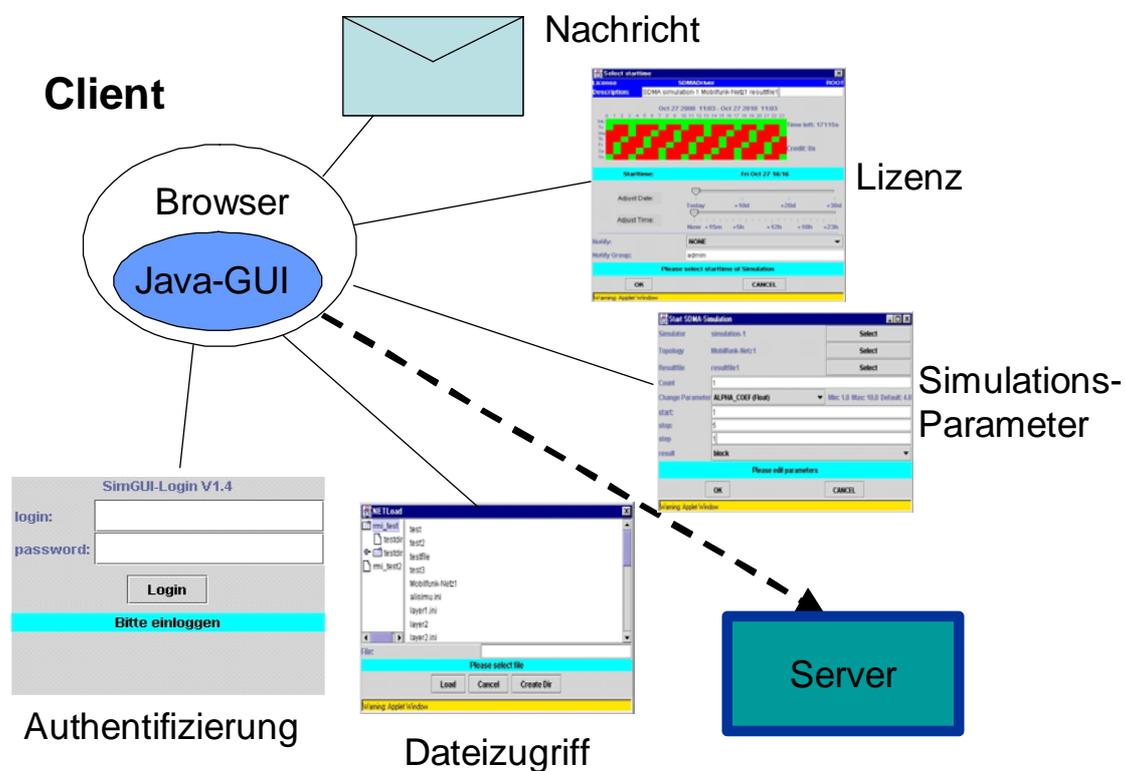


Abbildung 5.3: Funktionsübersicht - Client

Bei der prototypischen Realisierung wurde darauf geachtet, dass für die Ausführung des Clientsystems im Sinne des Application Service Providing nur eine einfache Zugangssoftware nötig ist. Demzufolge muss der Rechner des Benutzers für die Ausführung der Applikation lediglich einen Internetbrowser mit Java-Unterstützung zur Verfügung stellen. Außerdem ist es erforderlich, dass der Client-Rechner direkten Zugriff auf die serverseitige Service-Architektur hat, ohne z.B. durch eine Firewall zu stark eingeschränkt zu sein.

5.3.1. Daten- und Benutzermanagement/Authentifizierung

Die Authentifizierung eines Benutzers erfolgt durch die Eingabe der Benutzerkennung und des dazugehörigen Passworts in einem Login-Dialog und durch die anschließende Übermittlung dieser Daten an das Benutzermanagementsystem der Service-Architektur.

Nachdem die Service-Architektur die Daten auf ihre Korrektheit hin überprüft hat, schickt sie eine Benutzerkarte mit einer beschränkten Gültigkeit an den Client zurück. Die Benutzerkarte wird für jede weitere Aktion, beispielsweise für einen Dateizugriff oder eine Simulationsanforderung, benötigt. Sollte die sitzungsbezogene Gültigkeitsdauer der Benutzerkarte ablaufen, wird der Benutzer zu einem erneuten Einloggen aufgefordert. Nach erfolgreichem Wiedereinloggen kann der Benutzer an der Stelle weiterarbeiten, an der er durch die Aufforderung zum wiederholten Login unterbrochen wurde.

Nach dem Einloggen, erhält der Teilnehmer ein zusätzliches Auswahlménü, von dem aus er zu den verschiedenen Programmbereichen Simulatoren (z.B. SDMA), Simulationsübersicht und Administrationssystem gelangt, die in den nächsten Abschnitten erläutert werden.

5.3.2. Dateigriff und Anwendungsausführung

Innerhalb der einzelnen graphischen Konfigurationsoberflächen der Simulatoren ist es nötig, auf Dateien im ASCII-Format zugreifen zu können. Da dies von jedem beliebigen Client-Rechner aus möglich sein soll, werden die Dateien zentral in der Service-Architektur verwaltet. Um zu verhindern, dass Unberechtigte auf diese Daten Zugriff erlangen, werden die Dateien über ein Directorymanagement verwaltet, das auf dem Rechteprinzip auf Verzeichnisebene (Freigabe) beruht. Die genauen Einzelheiten des Directorymanagements werden in Abschnitt 5.6.1.3 erläutert.

Nachdem der Benutzer die Konfigurationsdateien für den Simulatorablauf erzeugt hat, kann er die simulatorabhängigen Parameter für die eigentliche Simulation einstellen. Je nach Simulator sind dies z.B. die zu verwendenden Konfigurationsdateien, der Name der Ergebnisdatei, die Dauer oder Häufigkeit des Simulatorablaufs. Eine Simulationsübersicht liefert den Überblick über die geplanten, laufenden oder schon abgeschlossenen Simulationen. Je nach Vorauswahl, die im oberen Drittel des Dialogs vorgenommen wird, werden nur bestimmte Simulationen angezeigt. Mit Hilfe des Übersichtsdialogs ist es auch möglich, geplante oder laufende Simulationen abzurechnen.

Nach Einstellung der simulatorabhängigen Parameter erfolgt im nächsten Schritt die zeitliche Planung des Simulationsablaufs. Diese ist lizenzabhängig und wird im nächsten Abschnitt beschrieben.

5.3.3. Lizenzsystem

Im Anschluss an die Konfiguration der simulatorabhängigen Parameter erfolgt die Einstellung der simulatorunabhängigen Parameter Ausführungszeitpunkt und Benachrichtigungsart. Um den Rechenzeitverbrauch der Simulationsanforderungen der Benutzer beeinflussen zu können, werden diese durch ein Lizenzsystem kontrolliert. Dabei gibt es zum einen eine Einschränkung der zur Verfügung stehenden Rechenzeit und zum anderen eine Beschränkung der Ausführungstermine. Insgesamt gibt es drei verschiedene Lizenzarten:

- Root-Lizenz: Der Besitzer dieser Lizenz kann Simulationen zu jedem Zeitpunkt und mit beliebigem Rechenzeitverbrauch ausführen.
- Prepaid-Lizenz: Der Besitzer dieser Lizenz kann Simulationen nur zu bestimmten Zeiten und auch nur mit einem begrenzten Rechenzeitverbrauch ausführen.
- Credit-Lizenz: Diese Lizenzart hat die gleichen Beschränkungen wie die Prepaid-Lizenz. Sie bietet aber zusätzlich die Möglichkeit, einen bestimmten Anteil an Rechenzeit zu „überziehen“.

Bei allen drei Lizenzarten kann zusätzlich die Gültigkeitsdauer festgelegt werden. Für die tatsächliche Ausführung einer Simulationsanforderung benötigt der Benutzer für jeden Simulator eine eigene Lizenz. Die Abrechnung der Lizenzen wird in Abschnitt 5.6.1.5 erläutert.

5.3.4. Nachrichtensystem

Da es Simulationen gibt, die über mehrere Stunden oder Tage hinweg laufen, ist es erforderlich, den Benutzer über die Fortschritte seiner Simulationsanforderungen zu informieren. Dies kann zum einen durch eine Benachrichtigung per Email geschehen oder zum anderen mit Hilfe eines eigenen Nachrichtensystems. Dieses Nachrichtensystem ist dann nötig, wenn es dem Benutzer nicht möglich ist, vom Client-Rechner aus auf seinen Email-Account zuzugreifen, wie es z.B. bei Lehrräumen der Fall sein könnte.

Daher bietet das vorliegende Managementsystem die Möglichkeit, Benutzerbenachrichtigungen sowohl per Email zu verschicken als auch durch ein eigenes Nachrichtensystem bereitzustellen. Dabei hat der Benutzer zusätzlich die Möglichkeit, weitere Gruppen bzw. deren Mitglieder z.B. für Kooperations-Zwecke über einen Simulationsausgang informieren zu lassen.

Die Nachricht setzt sich aus verschiedenen simulatorabhängigen, z.B. Ausgang der Simulation, Fehlermeldungen des Simulators, und simulatorunabhängigen Komponenten, z.B. Endzeit der Simulation, Status der Simulation, zusammen. Spezielle Möglichkeiten zur Verwaltung der Nachrichten des integrierten Nachrichtensystems sind nicht vorgesehen, da dieses nur als einfachere Alternative zu einem wesentlich komfortabler ausgestatteten Email-Client gedacht ist.

5.3.5. Datenbank-Administration

Die Administration des Managementsystems erfolgt über eine graphische Oberfläche. Hierbei gibt es die folgenden fünf Bereiche:

- Benutzer: Verwaltung der Benutzer-Accounts (Gruppenzugehörigkeit, Gültigkeitsdauer einer Kennung etc.)
- Gruppen: Administration einzelner Gruppen
- Simulatoren: Bereich zum Eintrag zur Verfügung stehender Simulatoren bzw. deren Treiber (Abschnitt 5.4.7)
- Verzeichnisfreigaben: Verwaltung einzelner Verzeichnisfreigaben
- Lizenzen: Erzeugung und Management der Lizenzen für die Benutzer

Im Managementsystem gibt es zwei verschiedene Administrationsebenen. Zum einen den Root-Administrator, der alle Tabellen bearbeiten kann, und zum anderen den normalen Administrator-Account, der nur die Mitglieder der eigenen Gruppe verwaltet.

5.4. Service Architektur

Die Service-Architektur empfängt serverseitig die Anforderungen des Benutzers über den Client, wie sie im vorausgegangenen Abschnitt vorgestellt wurden, und muss diese entsprechend weiterbearbeiten. Abbildung 5.4 liefert eine Übersicht über die Funktionen der Service-Architektur und ihres Management Systems.

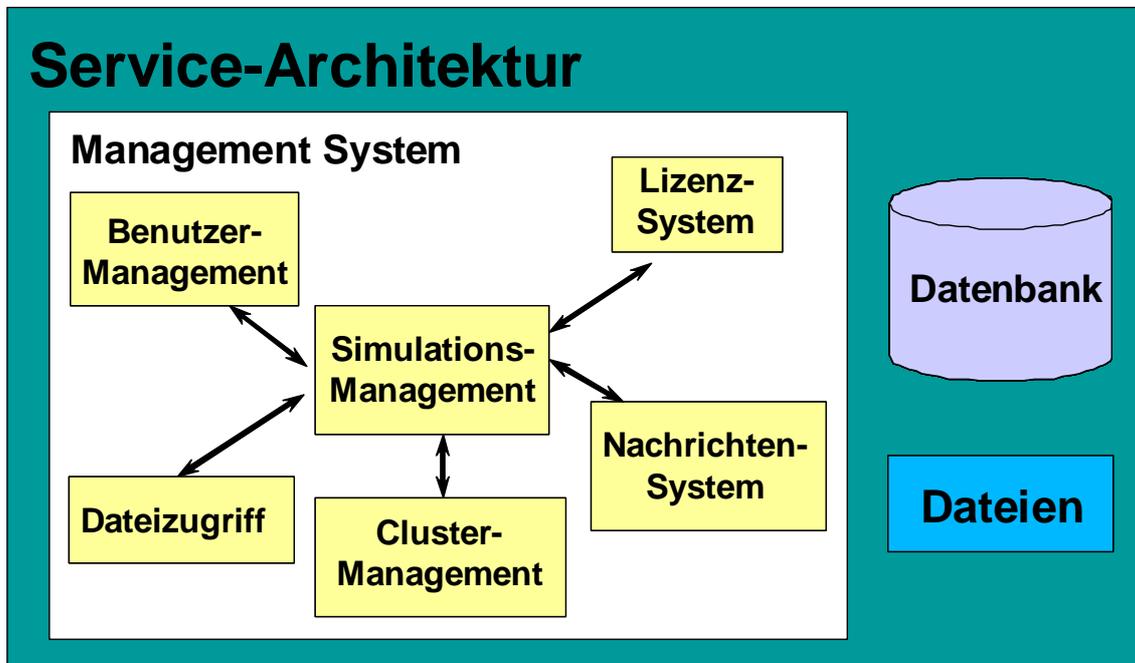


Abbildung 5.4: Funktionsübersicht - Service Architektur

Zusätzlich hat die Service-Architektur die Aufgabe, eine einfache Anbindung der Simulatorprogramme in das Managementsystem zu ermöglichen und die Kommunikation mit den innerhalb des Load-Balancing-Systems eingebundenen Clusterrechnern zu gewährleisten. Zusätzlich ist die Service-Architektur für das ordnungsgemäße Beenden und Herunterfahren des Managementsystems verantwortlich.

5.4.1. Datenverwaltung und Administration

Alle längerfristigen Daten, die innerhalb des Managementsystems anfallen, werden in einer Datenbank verwaltet, die mit Hilfe von SQL-Abfragen bedient werden kann.

Die Administration der Datenbank erfolgt mit Hilfe einer graphischen Oberfläche auf der Client-Seite. Die Service-Architektur stellt hierfür einen gesicherten Zugang zur Datenbank zur Verfügung. Dabei hat der Client aus Sicherheitsgründen keinen direkten Zugriff auf die Datenbank, sondern muss die Administration der Datenbank über Methoden vornehmen, die von der Service-Architektur bereitgestellt werden.

5.4.2. Benutzermanagement

Das Benutzermanagement ist für die Verwaltung der Benutzerdaten und für die Authentifizierung eines Benutzers zuständig. Dabei gliedern sich die Benutzerdaten wie folgt auf:

- **Benutzerkennung:** Die Benutzerkennung ist ein eindeutiges Identifizierungsmerkmal eines Benutzers und darf daher nicht mehrmals vergeben werden.
- **Passwort:** Das Passwort dient zusammen mit der Kennung zur Authentifizierung des Benutzers.
- **Name des Benutzers:** Dieser Eintrag enthält den vollständigen Namen des Benutzers.
- **Primäre Gruppe:** Zur besseren Verwaltung und Rechteunterteilung wird jeder Benutzer einer bestimmten Gruppe zugeordnet.
- **Sekundäre Gruppen:** Zusätzlich zu seiner primären Gruppenzugehörigkeit kann der Benutzer noch Mitglied anderer Gruppen sein, um z.B. auf deren Daten oder Dateien zugreifen zu können.
- **Email des Benutzers:** Dieser Eintrag enthält die Email-Adresse des Benutzers, die z.B. für Benachrichtigungen über Simulationsergebnisse benutzt werden kann.
- **Home-Verzeichnis** des Benutzers und zusätzliche **Datenverzeichnisse:** Im Dateidialog werden alle zusätzlichen Datenverzeichnisse als Einstiegspunkte zur Verzeichnisauswahl dargestellt, dabei wird das Home-Verzeichnis als standardmäßig ausgewähltes Verzeichnis angezeigt.
- **Gültigkeitsbeginn und Gültigkeitsende der Benutzerkennung:** Mit Hilfe dieser Werte kann die Benutzerkennung zeitlich beschränkt werden.
- **Art des Accounts:** Je nach Art der Kennung (Root, Administrator oder User) hat der Benutzer unterschiedliche Rechte in den Bereichen Dateizugriff und Administration.

Bei der Authentifizierung eines Benutzers übermittelt der Client die Kennung und das dazugehörige Passwort an die Service-Architektur. Anhand dieser Daten wird ein passender Benutzereintrag gesucht, indem überprüft wird, ob ein Eintrag mit dieser Kennung, diesem Passwort und einer Gültigkeit bzgl. des aktuellen Datums und der Uhrzeit vorhanden ist. Bei erfolgreicher Suche wird eine Benutzerkarte, die die obigen Daten enthält, an den Client übermittelt. Durch die Verwendung der Benutzerkarte wird die Notwendigkeit eines ständigen Neueinloggens effizient umgangen. Um dennoch eine nicht erlaubte dauernde Benutzung einer eventuell bereits abgeänderten Benutzerkennung zu verhindern, wird die Benutzerkarte mit einer zusätzlichen Sitzungs-Gültigkeitsdauer versehen, die nach deren Ablauf den Benutzer zu einem wiederholten Login zwingt und ihn so mit einer aktualisierten Benutzerkarte versieht. Die Benutzerkarte wird bei jeder serverbezogenen Aktion zur Authentifizierung benötigt. Um einer Manipulation der Benutzerkarte auf der Clientseite vorzubeugen, wird diese serverseitig mit Hilfe des DSA-Verschlüsselungssystems digital signiert. Diese Signatur wird dann bei jeder Aktion neu erzeugt und mit der ursprünglichen verglichen.

5.4.3. Zugriffsrechtssystem auf Verzeichnisfreigabebasis

Die Service-Architektur stellt ein Dateisystem zur Verfügung, das mit Hilfe des Clients angesprochen werden kann. Dabei können Verzeichnisse und Dateien gelesen, erzeugt oder gelöscht werden. Um den Zugriff auf diese Funktionen zu reglementieren, wird vor der Ausführung der Anforderung überprüft, ob der Benutzer zu dieser Aktion berechtigt ist. Die Verwaltung dieser Rechte geschieht mit Hilfe eines Rechtssystems.

Das Rechteprinzip auf Freigabeebene ermöglicht die Festlegung von Dateirechten für ganze Verzeichnisbäume. Dabei gelten die eingestellten Rechte (Datei lesen, Datei schreiben, Datei löschen, Verzeichnis erzeugen, Verzeichnis löschen) für alle Verzeichnisse und Dateien unterhalb des Freigabeverzeichnis. Diese Rechte können für den Besitzer der Freigabe und für eine zusätzliche Gruppe, die Zugriff auf diese Freigabe haben soll, getrennt eingestellt werden.

5.4.4. Simulationsmanagement

Die Service-Architektur erhält vom Client Simulationsanforderungen. Eine Simulationsanforderung lässt sich aufteilen in einen simulatorunabhängigen und in einen simulatorabhängigen Bereich (Tabelle 5.1).

Simulationsparameter	
simulatorunabhängige	simulatorabhängige
Benutzer	aktueller Simulator
Startzeit	Parameter d. Simulators
Benachrichtigungsart	

Tabelle 5.1: Simulatorunabhängige und -abhängige Parameter

Der simulatorunabhängige Bereich enthält Informationen über den Benutzer, der die Anforderung stellt, die gewünschte Startzeit der Simulation und die Art der Benachrichtigung.

Der simulatorabhängige Bereich beinhaltet die Zuordnung zum verwendeten Simulator und die dazugehörigen Parameter wie z.B. die Namen der Konfigurationsdateien. Die simulatorabhängigen Parameter werden erst bei der tatsächlichen Ausführung der Simulation auf einem Clusterrechner verwendet und sind im Abschnitt 5.4.7 erläutert.

Die Simulationsanforderung wird anhand der gewünschten Startzeit in ein Scheduling-System eingefügt. Dieses überprüft in regelmäßigen Abständen, ob auszuführende Anforderungen vorhanden sind. Vor der Ausführung dieser fälligen Anforderungen wird mit Hilfe des Lizenzsystems, das im nächsten Abschnitt vorgestellt wird, sichergestellt, dass der Initiator der Anforderung eine ausreichende Lizenz für diesen Simulatortyp und diese Ausführungszeit besitzt. Bei vorhandener Lizenz wird die Simulationsanforderung an den am wenigsten ausgelasteten Clusterrechner zur Ausführung weitergeleitet. Dieser wird durch ein Load-Balancing-System ermittelt [Mer00]. Sobald die Simulation auf dem Clusterrechner gestartet worden ist, wird mit der Lizenzabrechnung (Abschnitt 5.4.5) begonnen und der Benutzer über den erfolgreichen Start seiner Simulation mit Hilfe des Nachrichtensystems (Abschnitt 5.4.6) informiert. Sollte der Start der Simulation nicht erfolgreich gewesen sein oder keine ausreichende Lizenz vorhanden sein, bekommt der Benutzer darüber eine Nachricht.

Alle Daten der Simulationsanforderungen werden in einer Datenbanktabelle gespeichert und dem Benutzer für eine Simulationsübersicht zur Verfügung gestellt. Mit Hilfe dieser Übersicht kann der Benutzer den Status der Simulationen verfolgen und diese gegebenenfalls auch abbrechen. Bei einem Simulationsabbruch wird der verwendete Clusterrechner ermittelt und angewiesen, die betreffende Simulation abzubrechen. Gleichzeitig wird die zugehörige Lizenzabrechnung je nach Ursache des Stoppens der Simulation abgebrochen bzw. beendet. Beim Herunterfahren des Servers werden alle laufenden Simulationen abgebrochen und für eine erneute Ausführung beim erneuten Start des Servers markiert.

5.4.5. Lizenzmanagement

Die Reglementierung der Ausführungszeit und die Abrechnung der verbrauchten Rechenzeit wird mit Hilfe eines Lizenzsystems realisiert. Es gibt, wie bereits im Abschnitt 5.3.3 erläutert, die drei verschiedenen Lizenzarten Root-Lizenz, Prepaid-Lizenz und Credit-Lizenz. Wenn ein Benutzer eine Root-Lizenz besitzt, wird keine weitere Überprüfung der Ausführungszeit und der verbrauchten Rechenzeit vorgenommen. Bei den anderen beiden Lizenzarten wird vor der tatsächlichen Ausführung der Simulation die Startzeit auf ihre Zulässigkeit hin überprüft. Das Kriterium für die Zulässigkeit wurde hierfür wochentag- und stundenbezogen realisiert. Für jeden Wochentag können die zulässigen Stunden für Simulationsausführungen festgelegt werden, so dass es insgesamt 7 mal 24 gleich 168 verschiedene Zeitschlitze gibt. Des Weiteren können der erste und der letzte Gültigkeitstag der Lizenz festgelegt werden.

Nach dem erfolgreichen Start einer Simulation wird die verwendete Lizenz in das Zeitabrechnungssystem eingebunden. Das Zeitabrechnungssystem ist so konzipiert, dass es auch mehrere Simulationen, die unter derselben Lizenz laufen, gleichzeitig abrechnen kann und im Falle des Ablaufs des Guthabens bzw. des Überziehens des zeitlichen Kreditrahmens alle noch unter dieser Lizenz laufenden Simulationen abbrechen kann. Bei einem nicht durch den Benutzer bedingten Abbruch einer Simulation, z.B. einem Systemausfall, wird die verbrauchte und bereits abgerechnete Rechenzeit wieder gutgeschrieben.

5.4.6. Nachrichtensystem

Bei jedem Ereignis, das eine Simulationsanforderung betrifft, benachrichtigt die Service-Architektur den zugehörigen Benutzer. Die Benachrichtigungsart wird hierbei zusammen mit den Simulationsdaten in einer Datenbanktabelle abgespeichert.

Bei einer anstehenden Benachrichtigung werden die Art und die Empfänger aus diesem Eintrag ausgelesen und entsprechende Nachrichten erzeugt. Wird die Meldungen per Email versandt, werden diese sofort mit einem Email-Kopf versehen und über einen SMTP-Server an die Empfänger verschickt. Bei der Verwendung des lokalen Nachrichtensystems werden die Nachrichten mit einem Datumsstempel versehen und in einer Datenbanktabelle abgelegt. Von dort aus können sie vom Benutzer mit Hilfe der Clientoberfläche abgeholt werden.

5.4.7. Treiber-System

Um ein möglichst universell nutzbares Managementsystem für Simulationen zu erhalten, werden die Parameter einer Simulation in simulatorabhängige und simulatorunabhängige Parameter unterteilt. Die simulatorunabhängigen Parameter wurden bereits im Abschnitt 5.4.4 erläutert.

Die simulatorabhängigen Parameter betreffen diejenigen Parameter, die für die Ausführung eines bestimmten Simulators wichtig sind. Dies können z.B. Kommandozeilen-Optionen innerhalb eines kommandozeilenorientierten Simulators oder eine unterschiedliche Anzahl von Konfigurationsdateien sein.

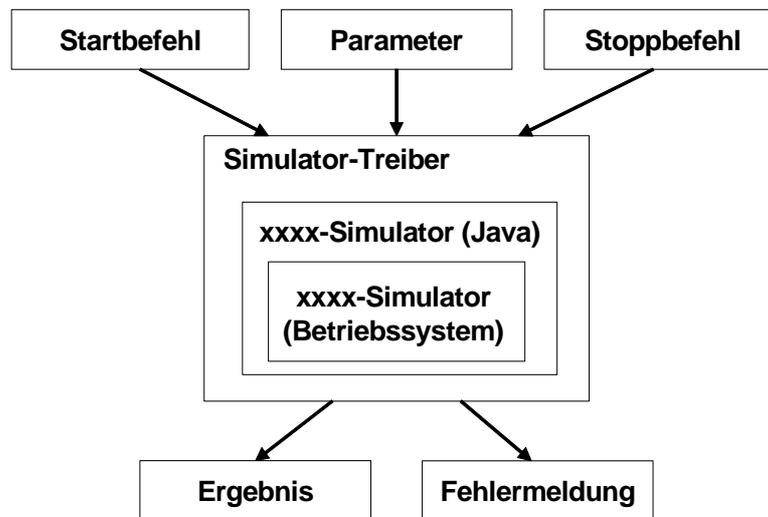


Abbildung 5.5: Treiber-Konzept

Das Simulatorenmanagement standardisiert die Schnittstellen der Simulatoren mit Hilfe eines Treibersystems. Dieses stellt für jeden Simulator einen eigenen Treiber zur Verfügung, der die Parameter der Simulation, die in der simulatorspezifischen graphischen Benutzeroberfläche über den Client eingegeben worden sind, in einem einheitlichen Übertragungsformat entgegennimmt und für den Simulator aufbereitet (Abbildung 5.5). Des Weiteren können über den Treiber die benötigten Dateizugriffsrechte abgefragt und an eine Benachrichtigungsschnittstelle übergeben werden. Zudem bietet der Treiber die Möglichkeit, die tatsächliche Ausführung der Simulation auf Betriebssystemebene zu starten und bei Bedarf auch wieder zu stoppen. Dabei können anhand der zuvor übergebenen Benachrichtigungsschnittstelle simulatorspezifische Ereignis- und Fehlermeldungen entgegengenommen und weitergeleitet werden. Durch Auslagerung der Treiberklassen in ein Treibersystem ist es möglich, zusätzliche Simulatoren in das Managementsystem einzubinden, ohne das Managementsystem neu zu starten oder neu zu kompilieren.

5.4.8. Clustermanagement

Das Clustermanagement ist für die Kommunikation zwischen der Service-Architektur und den einzelnen Clusterrechnern verantwortlich. Mit Hilfe eines Load-Balancing-Systems [Elo01] wird der günstigste, in diesem Fall der am wenigsten ausgelastete Clusterrechner für eine Simulation ausgewählt und kontaktiert. Dabei wird auf dem Clusterrechner bei Bedarf der Start eines zusätzlichen Programms von der Service-Architektur aus initiiert, das die Anforderungen entgegennimmt und ausführt (Abschnitt 5.5). Das Load-Balancing-System wurde so realisiert, dass die Clusterauswahl auf die Rechner beschränkt werden kann, die das gewünschte Simulatorprogramm ausführen können.

Beim Herunterfahren des Servers kontaktiert das Clustermanagement alle Clusterrechner, mit denen es eine Kommunikationsschnittstelle aufgebaut hat, und veranlasst diese, sämtliche laufenden Simulationen abzubrechen. Sollte die Verbindung zu einem Clusterrechner unterbrochen werden, so werden alle auf diesem Clusterrechner laufenden Simulationen auf einem anderen Clusterrechner neu ausgeführt.

5.5. Clusterrechner

Der Clusterrechner ist für die tatsächliche Ausführung der Simulationen auf Betriebssystemebene zuständig. Dazu empfängt er Simulationsanforderungen von der Service-Architektur in der im vorherigen Abschnitt beschriebenen Treiberform. Die Simulation wird mit Hilfe der Schnittstellen des Treibers abgearbeitet und dabei überwacht. Nach Beendigung der Simulation wird die Service-Architektur über den Ausgang der Simulation benachrichtigt.

Innerhalb des Managementsystems kann es beliebig viele Clusterrechner für die Lastverteilung der Rechenaufgaben geben. Für die Kommunikation mit der Service-Architektur wird auf jedem Clusterrechner ein Überwachungsprogramm gestartet, das die Anweisungen des Management Systems entgegennimmt. Dieses Programm ist außerdem dafür zuständig, in regelmäßigen Intervallen die Verbindung zur Service-Architektur zu testen, um einen Ausfall des Servers erkennen zu können. Bei einem Serverausfall werden alle laufenden Simulationen abgebrochen, da die Ergebnisse nicht mehr weitergereicht werden können.

Auf einem Clusterrechner können mehrere Simulationen gleichzeitig ausgeführt werden. Dabei wird die Art der parallelen Ausführung vom verwendeten Betriebssystem bzw. Rechner bestimmt.

5.6. Javaspezifisches Design

Für die Realisierung des Managementsystems wurde die Programmiersprache Java2 [SUN] in der Version 1.2.2 verwendet und dabei vor allem auf Java-Database-Connectivity-Kits [JDBC] und Remote Method Invocation [RMI] aufgesetzt, weil sie alle Ansprüche an das zu entwickelnde System erfüllen und in der Komplexität ausreichende Funktionalitäten zur Verfügung stellen [Jos00].

Der Zugriff auf die verwendete MySQL-Datenbank erfolgt mit Hilfe des JDBC -Kits. Dieses stellt dem Programmierer einen universellen Zugriff auf Datenbanken unter Verwendung der Abfragesprache SQL (Structured Query Language) zur Verfügung. Der universelle Zugriff auf Datenbanken wird durch den Einsatz von speziellen Treibern gewährleistet, die für die meisten Datenbanken separat erhältlich sind. Dabei werden vom Client Anfragen durch den Server entgegengenommen. Dieser bereitet die Anfragen auf und übermittelt sie mit Hilfe des JDBC-Kits an die Datenbank. Das JDBC-Kit übersetzt intern die universelle SQL-Anfrage in die datenbankspezifische Form und sorgt dafür, dass die Ergebnisse der Anfrage in ein standardisiertes Format konvertiert werden.

Mit Hilfe von RMI wird die Kommunikation zwischen den einzelnen Rechnern realisiert. Dabei werden bestimmte Methoden eines Server-Objekts mit Hilfe einer RMI-Schnittstelle einem Client für die Benutzung zugänglich gemacht. Die Ausführung der Methoden geschieht weiterhin auf der Serverseite. Um auf ein RMI-Objekt zugreifen zu können, gibt es zwei verschiedene Möglichkeiten. Die erste Möglichkeit ist, das Objekt mit Hilfe der RMI-Registry zur Verfügung zu stellen. Dabei können beliebige Rechner auf diese Registrierungsstelle zugreifen und Informationen über freigegebene RMI-Objekte einholen. Nachdem die Benutzung eines RMI-Objekts durch den Client bei der RMI-Registrierung angemeldet wurde, wird zwischen den beiden Rechnern ein so genannter Stub, das Grundgerüst des RMI-Objekts, ausgetauscht. Danach kann das RMI-Objekt wie ein normales Objekt auf der Client-Seite bearbeitet werden.

Die zweite Zugriffsmöglichkeit beruht auf dem Callback-Prinzip. Dabei wird zuerst eine RMI-Verbindung vom Client zum Server mit Hilfe der RMI-Registrierung hergestellt. Sobald diese Verbindung steht, überträgt der Client an den Server ein eigenes RMI-Objekt. Mit diesem clientseitigen RMI-Objekt ist es dem Server möglich, den Client „zurückzurufen“. Das Besondere bei dieser Verbindungsart ist, dass auf dem Client keine RMI-Registrierung laufen muss, um diese Rück-Verbindung aufzubauen. Dadurch ist der Client vor Angriffen von anderen Rechnern geschützt, da die Verbindung ausschließlich durch ihn initiiert wird. Die Kommunikation zwischen den einzelnen Bereichen findet mit Hilfe von RMI-Verbindungen statt.

Die folgenden Abschnitte geben einen Überblick über die einzelnen Klassen innerhalb des Managementsystems und deren Zusammenhänge. Innerhalb der vorliegenden Dokumentation wird nur auf einzelne ausgewählte Klassen und Methoden eingegangen.

5.6.1. Java-Server

Der Java-Server, die eigentliche Realisierung der Service-Architektur, gliedert sich in die nachfolgend beschriebenen Bereiche Datenbankzugriff, Administration der Datenbank, Benutzermanagement, Directorymanagement, Simulationsmanagement, Lizenzmanagement, Nachrichtensystem, Simulatorenmanagement und Clustermanagement. Der Start des Servers geschieht mit Hilfe der Klasse NetFileChooserServer, die die einzelnen Teilbereiche des Managementsystems mit Hilfe der Daten der Konfigurationsdateien initialisiert, miteinander verbindet und über die RMI-Registry dem Client zur Verfügung stellt.

5.6.1.1. Datenbankzugriff und Administration der Datenbank

Der Zugriff auf den Datenbankserver erfolgt mit Hilfe der Klasse SQLAccess, die für den Verbindungsaufbau und die Übermittlung der Abfragen zum Datenbank-Server zuständig ist. Dabei verwendet diese Klasse den Treiber MM.MySQL, um die Kommunikation mit dem verwendeten MySQL-Datenbank-Server zu realisieren. Die Einstellung der Zugangsparameter erfolgt in den Konfigurationsdateien.

Die Administration des gesamten Managementsystems geschieht mit Hilfe der Klasse NetDatabaseImpl. Diese stellt über die RMI-Schnittstelle NetDatabase mit Hilfe der jeweiligen Datenbankklassen der verschiedenen Bereiche, z.B. User für das Benutzermanagement, einen gesicherten Zugriff auf die Datenbanktabellen zur Verfügung.

Wie bereits erläutert, gibt es die beiden Administrationsebenen Root und Admin, deren Einhaltung ebenfalls von der Klasse NetDatabaseImpl überwacht wird. Bei einer Rechteverletzung wird die Ausnahme UserRightException erzeugt und an den Client geschickt.

Bei der Übernahme der Daten erfolgt keine Konsistenzprüfung. Dies geschieht bereits auf dem Client und kann durch die Sicherstellung der Identität des Administrators auch nicht unterwandert werden, da davon ausgegangen werden kann, dass der Administrator nur Originalprogramme verwendet.

5.6.1.2. Benutzermanagement

Wie schon in Abschnitt 5.4.2 beschrieben, ist das Benutzermanagement für die Verwaltung der Benutzerdaten und für die Authentifizierung eines Benutzers zuständig. Die Benutzerdaten werden dabei in drei Datenbanktabellen aufbewahrt. In der ersten Datenbanktabelle werden die Daten der Gruppen abgespeichert (Tabelle 5.2), in der zweiten werden die benutzerspezifischen Daten abgelegt (Tabelle 5.3).

Spaltenname	Typ	Bedeutung
ID	int(11)	Identifikationsnummer der Gruppe
name	varchar(255), unique	Name des Benutzers
comment	blob	Bemerkung zur Gruppe

Tabelle 5.2: Datenbanktabelle „group“

Spaltenname	Typ	Bedeutung
ID	int(11)	Identifikationsnummer der Benutzerkennung
login	varchar(10), unique	Benutzerkennung
passwd	varchar(10)	Passwort
name	varchar(255)	Name des Benutzers
email	blob	Email des Benutzers
home	varchar(255)	Homeverzeichnis
pgroup	int(11)	Identifikationsnummer der primären Gruppe
mount	blob	Zusätzliche Freigabeverzeichnis
createtime	timestamp(14)	Erzeugungszeit
validfrom	timestamp(14)	Gültigkeitsbeginn
validtill	timestamp(15)	Gültigkeitsende
typ	char(1)	Art der Kennung
status	int(2)	Status der Kennung

Tabelle 5.3: Datenbanktabelle „user“

Abbildung 5.6 zeigt einen Überblick über die innerhalb des Benutzermanagements verwendeten Klassen. Der Zugriff auf die Datenbankeinträge erfolgt mit Hilfe der Klassen User und Group. Diese Klassen stellen über die Methoden add, update und delete die Datenbankeinträge in Form von Objekten der Klassen UserRow bzw. GroupRow als identisches Abbild des Eintrags zur Verfügung. Dabei enthält das UserRow-Objekt mehrere GroupRow-Objekte im Rahmen der Gruppenbeschreibungen.

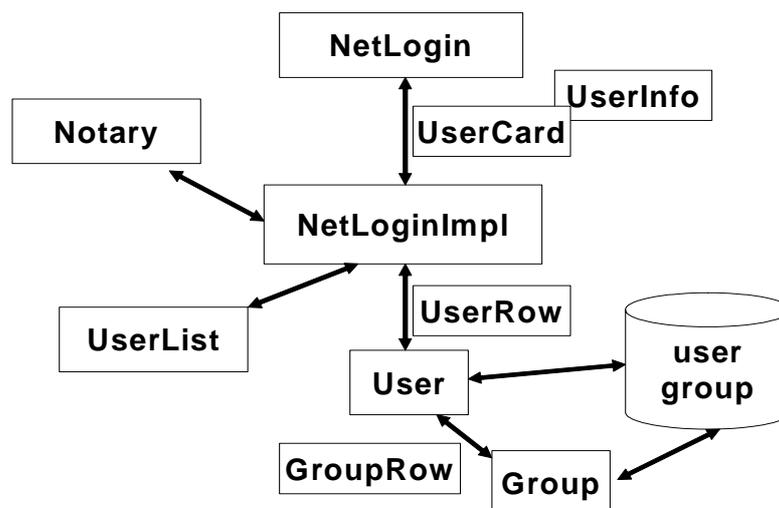


Abbildung 5.6: Klassenstruktur des Benutzermanagements

Aus diesen Datenbankeinträgen werden die Objekte `UserCard` und `UserInfo` erzeugt. Die Klasse `UserCard` ist für die Authentifizierung bei Benutzeraktionen notwendig und enthält alle dafür notwendigen Informationen, wie z.B. die Gruppenzugehörigkeit. Die Klasse `UserInfo` beinhaltet den nicht sicherheitsrelevanten Teil einer Benutzerkarte und wird für statistische Zwecke verwendet.

Die tatsächliche Authentifizierung eines Benutzers erfolgt mit Hilfe der Klasse `NetLoginImpl` mit der dazugehörigen RMI-Schnittstelle `NetLogin`. Die Klasse `NetLoginImpl` bietet u.a. die Methoden Benutzer einloggen (`loginUser`) und Benutzer ausloggen (`logoutUser`). Beim Einloggen eines Benutzers wird anhand des Datenbankeintrags ein Objekt der Klasse `UserCard` erzeugt bzw. bei einem fehlerhaften Login eine Ausnahme (`LoginException`) an den Client geschickt. Aus dem Inhalt des `UserCard`-Objekts wird eine Signatur gebildet und mit Hilfe der Klasse `Notary` mit dem DSA-Algorithmus verschlüsselt. Über die Methode `checkUser` kann serverintern die Signatur eines solchen `UserCard`-Objekts auf ihre Authentizität überprüft und so sichergestellt werden, dass die vom Client übermittelte Autorisierung nicht manipuliert ist. Zu statistischen Zwecken werden alle gültigen Benutzerkarten in einer Hashtabelle mit ihrer Sitzungs-Identifikationsnummer als Schlüssel eingetragen.

5.6.1.3. Directorymanagement

Das Directorymanagement lässt sich in die zwei Bereiche Rechtevergabe und Zugriff auf Betriebssystemebene unterteilen. Wie schon beschrieben, basiert das Zugriffsrechtssystem dieses Managementsystems auf einer Verzeichnisfreigabebasis, so dass für jedes freigegebene Verzeichnis die in Tabelle 5.4 aufgeführten Daten gespeichert werden müssen. Jedes Freigabeverzeichnis hat einen Besitzer und eine dazugehörige Gruppe, für die jeweils getrennte Rechte eingetragen werden können.

Spaltenname	Typ	Bedeutung
ID	int(11)	Identifikationsnummer der Verzeichnisfreigabe
path	varchar(255), unique	Pfad der Freigabe
userid	int(11)	Identifikationsnummer des Besitzers der Freigabe
userright	char(5)	Rechte des Besitzers
groupid	int(11)	Identifikationsnummer der Gruppe der Freigabe
groupright	char(5)	Rechte der Gruppe

Tabelle 5.4: Datenbanktabelle „directories“

Der Datenbankzugriff des Rechtensystems erfolgt über die Klasse `Directory`. Diese stellt mit Hilfe der Methoden `add`, `update` und `delete` einen Administrationszugriff zur Tabelle „directories“ zur Verfügung. Die Einträge werden dabei als Objekte der Klasse `DirectoryRow` dargestellt. Bei der Erzeugung bzw. Löschung von Freigabeverzeichnissen werden diese automatisch auf Betriebssystemebene generiert bzw. entfernt. Des Weiteren ermöglicht die Klasse `Directory` die Abfrage von Rechten eines Freigabeverzeichnisses in Abhängigkeit vom anfordernden Benutzer bzw. dessen Gruppenzugehörigkeiten.

Die Klasse NetFileChooserImpl stellt zusammen mit der Schnittstelle NetFileChooser eine RMI-Verbindung zum Client zur Verfügung. Im Rahmen dieser RMI-Verbindung kann der Benutzer unter Angabe des verwendeten Freigabeverzeichnis, des gewünschten Datei- bzw. Verzeichnisnamens und seiner Benutzerkarte als Legitimationsgrundlage einen Zugriffswunsch übermitteln. Bei einer Benutzeranfrage wird zuerst die Gültigkeit der mitgeschickten Benutzerkarte validiert. Bei einer gültigen Benutzerkarte werden die erforderlichen Datei- bzw. Verzeichnisrechte überprüft und anschließend der Zugriff ausgeführt. Die Rechteüberprüfung erfolgt durch die Methoden canRead, canWrite, canDelete, canCreateDirectory und canDeleteDirectory der Klasse Directory. Der Zugriff auf die Dateien bzw. Verzeichnisse geschieht durch die Java-eigenen Standardmethoden der Klasse File.

5.6.1.4. Simulationsmanagement

Das Simulationsmanagement lässt sich in drei Bereiche unterteilen (Abbildung 5.7):

„NetSimulation“ ist für die Kommunikation mit dem Client zuständig, „SimulationSchedule“ regelt die zeitliche Planung der Simulationsanforderungen. Die Schaltzentrale bildet „SimulationEvent“, das die verschiedenen Teilbereiche des gesamten Managementsystems miteinander verknüpft und damit alle simulationsbezogenen Ereignisse bearbeitet.

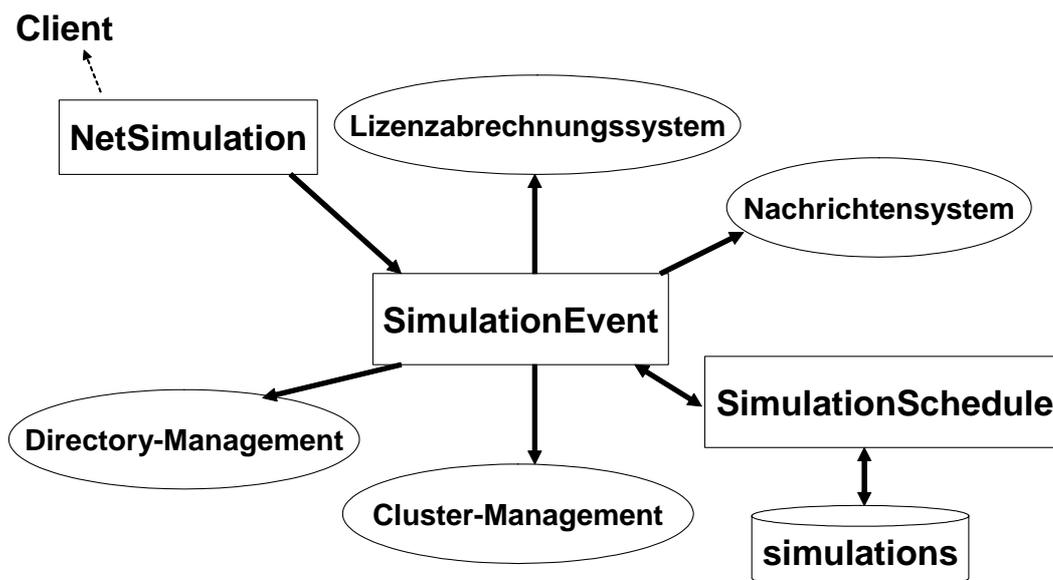


Abbildung 5.7: Simulationsmanagement

Kommunikationsschnittstelle zum Client

Die Kommunikationsschnittstelle zum Client wird über die Klasse NetSimulationImpl zusammen mit der RMI-Schnittstelle NetSimulation realisiert. Mit Hilfe der Methode startSimulation dieser Klasse kann der Client Simulationsanforderungen übermitteln, mit der Methode stopSimulation Simulationen abrechnen und über weitere Methoden auf Lizenz- und Statistikdaten zugreifen. Die hierbei entstehenden Anforderungen werden an die Schaltzentrale des Simulationsmanagements weitergeleitet.

Zeitplanungssystem und Simulationsdatenverwaltung

Das Zeitplanungssystem besteht aus der Datenbanktabelle „simulations“ (Tabelle 5.5), in der alle Informationen einer Simulation hinterlegt werden, und den im Folgenden beschriebenen Klassen. Der Zugriff auf diese Tabelle erfolgt über die Klasse SimulationSchedule mit Objekten der Klasse SimulationRecord zur Aufbewahrung der Datenbankeinträge. Um ständig wiederkehrende Datenbankzugriffe zu vermeiden, werden die geplanten Simulationen zusätzlich in einer gesonderten Klasse SimList im Arbeitsspeicher abgelegt. Aus dieser Klasse werden durch den im Hintergrund laufenden Unterprozess der Klasse SchedulingThread in einstellbaren Intervallen die aktuell auszuführenden Simulationen abgerufen und an die Schaltzentrale SimulationEvent weitergeleitet. Alle Änderungen, die geplante Simulationen betreffen, werden daher sowohl in der Datenbank als auch im SimList-Objekt aktualisiert.

Spaltenname	Typ	Bedeutung
ID	int(11)	Identifikationsnummer der Simulation
host	char(255)	Cluster-IP-Adresse
hostid	int(11)	Prozess-Identifikationsnummer auf Clusterrechner
userid	int(11)	Identifikationsnummer des Initiators
groupid	int(11)	Identifikationsnummer der primären Gruppe des Initiators
createtime	timestamp(14)	Erzeugungszeit der Simulationsanforderung
starttime	timestamp(14)	Startzeit der Simulation
endtime	timestamp(14)	Endzeit der Simulation
simulator	int(11)	Simulator
parameter	blob	Parameter des Simulators
notify	blob	Benachrichtigungsart
status	int(2)	Status der Simulation

Tabelle 5.5: Datenbanktabelle „simulations“

Die Schaltzentrale

Die Schaltzentrale wird durch die Klasse SimulationEvent repräsentiert und verwaltet alle Ereignisse, die bei einer Simulationsanforderung oder während einer Simulationsausführung auftreten. Dazu gehören die folgenden Anforderungen bzw. Ereignisse (in Klammern die zugehörige Methode der Klasse SimulationEvent):

- Neue Simulationsanforderung (add)

Die neue Simulationsanforderung wird über die Klasse NetSimulationImpl an die Schaltzentrale übergeben und von dieser in das Planungssystem eingegliedert. Als Bestätigung wird die Identifikationsnummer der Simulation zurückgegeben.

- **Starten einer Simulation (startSimulation)**

Bei der durch das Zeitplanungssystem initiierten Startaufforderung einer Simulation, wird zuerst überprüft, ob eine gültige Lizenz für diese Simulation vorliegt. Die Lizenzüberprüfung kann erst an dieser Stelle vorgenommen werden, da sich z.B. die Guthabenzeit bei einer Überprüfung im Zeitpunkt der Annahme der Simulationsanforderung noch im Positiven befunden haben kann, aber zum tatsächlichen Ausführungszeitpunkt der Simulation schon aufgebraucht sein kann. Nach der Lizenzkontrolle werden die erforderlichen Dateizugriffsrechte der Simulation überprüft. Dies kann ebenso erst jetzt geschehen, da sich die Rechte seit Annahme der Simulationsanforderung geändert haben könnten. Nach erfolgreicher Überprüfung wird die Simulationsanforderung an das Clustermanagement weitergegeben (Abschnitt 5.6.1.8). Sollte der Start über das Clustermanagement nicht möglich sein, verbleibt die Simulationsanforderung solange in der Liste der zu startenden Simulationen, bis ein Start gelingt. Nach einem erfolgreichen Start wird die nachfolgende Methode `startedSimulation` aufgerufen, bei einem fehlgeschlagenen Versuch wegen Lizenz- oder Datei-Rechteverletzung wird die Methode `notstartedSimulation` ausgeführt.
- **Erfolgreich gestartete Simulation (startedSimulation)**

Nach dem erfolgreichen Start einer Simulation auf einem Clusterrechner wird der Datenbankeintrag der Simulation bzgl. der Startzeit, des verwendeten Clusterrechners, der internen Simulations-Identifikationsnummer auf dem Clusterrechner und des Status der Simulation aktualisiert (`SimulationSchedule`). Gleichzeitig wird die Lizenzabrechnung dieser Simulation angestoßen (Abschnitt 5.6.1.5), und es erfolgt eine Benachrichtigung des Benutzers über den erfolgreichen Start der Simulation (Abschnitt 5.6.1.6).
- **Fehlgeschlagener Startversuch einer Simulation (notstartedSimulation)**

Sollte der Startversuch einer Simulation wegen fehlender Lizenz- oder Datei-Rechteverletzung fehlgeschlagen sein, wird auch hier der Datenbankeintrag der Simulation aktualisiert, und es erfolgt eine Benachrichtigung des Benutzers über den Fehlschlag.
- **Ende einer Simulation (finishedSimulation)**

Nach Beendigung einer Simulation auf einem Clusterrechner wird der entsprechende Datenbankeintrag aktualisiert, die Lizenzabrechnung dieser Simulation beendet und das Ergebnis der Simulation dem Benutzer mitgeteilt. Dabei ist es für das Managementsystem unerheblich, ob der Simulator mit diesen Simulationsdaten fehlerfrei gelaufen ist. Eventuelle Fehlermeldungen des Simulators werden über das frei konfigurierbare Nachrichtensystem an den Benutzer weitergeleitet.
- **Abbrechen einer Simulationsanforderung bzw. -ausführung (cancelSimulation)**

Bei einem Abbruchwunsch wird die Simulation je nach Status aus dem Planungssystem entfernt oder deren Ausführung über das Clustermanagement abgebrochen. Gleichzeitig wird die verbrauchte Rechenzeit wie bei einer normalen Beendigung der Simulation abgerechnet und der Benutzer über den Abbruch benachrichtigt.

- Herunterfahren des Servers (shutDownServer)
Beim Herunterfahren des Managementsystems wird das Lizenzabrechnungssystem gestoppt. Dabei werden alle noch laufenden Simulationen beendet und deren verbrauchte Rechenzeit den Lizenzbesitzern wieder gutgeschrieben. Anschließend werden alle Clusterrechner über das Clustermanagement angewiesen, ihre Verbindung zum Server und das Programm der Kommunikationsüberwachung zu beenden. Danach wird die nachfolgende Methode resetSimulations für alle laufenden Clusterrechner aufgerufen.
- Simulationen (eines Clusterrechners) für einen Neustart vormerken (resetSimulations)
Mit Hilfe dieser Methoden können die Simulationen eines oder aller Clusterrechner für einen Neustart vorgemerkt werden. Dabei werden eventuell immer noch vorhandene Lizenzabrechnungen storniert und gutgeschrieben.

5.6.1.5. Lizenzmanagement

Das Lizenzmanagement verwaltet die Lizenzen in einer Datenbanktabelle und stellt ein System für die Lizenzabrechnung zur Verfügung. Alle Daten einer Lizenz werden in der Datenbanktabelle „license“, deren Aufbau in Tabelle 5.6 erläutert wird, gespeichert.

Spaltenname	Typ	Bedeutung
ID	int(11)	Identifikationsnummer der Lizenz
typ	int(1)	Lizenzart
ownerid	int(11)	Besitzer der Lizenz
simulator	int(11)	Identifikationsnummer des Simulators
time	int(10)	Zeitguthaben
credit	int(10)	Kreditlimit
timeslot	char(168)	Zeitschlitze
createtime	timestamp(14)	Erzeugungszeit
validfrom	timestamp(14)	Gültigkeitsbeginn
validtill	timestamp(15)	Gültigkeitsende
status	int(2)	Status der Lizenz

Tabelle 5.6: Datenbanktabelle „license“

Über die Klasse „License“ können die Einträge dieser Datenbanktabelle unter Zuhilfenahme der Methoden add, update, delete, get usw. abgefragt und aktualisiert werden. Bei Aktualisierungen werden sowohl die Einstellungen des Datenbankeintrags als auch die der Kopie der innerhalb des Abrechnungssystems verwendeten Lizenz synchronisiert.

Das Abrechnungssystem verwaltet die verwendeten Lizenzen und die dazugehörigen Simulationen in zwei verschiedenen Hashtabellen. In der Hashtabelle `licenselist` werden die verwendeten Lizenzen mit Hilfe der Klasse `LicenseList` gespeichert, die Informationen über die Anzahl der darunter laufenden Simulationen, das aktuelle Guthaben, das Kreditlimit und den Typ der Lizenz enthält. In einer weiteren Hashtabelle `sessionlist` werden die laufenden Simulationen mit dem Querverweis zu der verwendeten Lizenz und der Startzeit der Simulation eingetragen. Bei einem Simulationsstart werden dem Abrechnungssystem die Identifikationsnummer der Simulation und die zugehörige Lizenz-Identifikationsnummer übergeben. Anhand dieser wird entschieden, ob die Lizenz bereits bei anderen Simulationen für die Abrechnung genutzt wird. Falls dies der Fall ist, wird lediglich die Anzahl der unter dieser Lizenz laufenden Simulationen um eins erhöht; falls nicht, erfolgt ein Neueintrag in die Liste der verwendeten Lizenzen.

Anschließend wird die Simulation in die Sessionliste eingetragen. Diese Liste wird in einstellbaren Intervallen durchlaufen und die inzwischen verbrauchte Rechenzeit der laufenden Simulationen vom Lizenzguthaben abgezogen. Dabei wird vereinfachend angenommen, dass dem Simulator die gesamte Rechenkapazität des Clusterrechners zur Verfügung steht. Sollte eine Simulation noch kein ganzes Intervall lang gelaufen sein, wird nur die tatsächlich verbrauchte Zeit abgerechnet. Nach der Beendigung einer Simulation wird auch die Lizenzabrechnung dieser Simulation gestoppt, indem die Simulation aus der Sessionliste entfernt, eine Endabrechnung vorgenommen und die Lizenz aktualisiert und gegebenenfalls ganz aus dem Abrechnungssystem entfernt wird. Des Weiteren gibt es die Möglichkeit, eine Abrechnung einer Simulation zu stornieren und die bisher verbrauchte Rechenzeit wieder gutzuschreiben. Beim vollständigen Beenden des Lizenzabrechnungssystems werden alle laufenden Simulationen abgebrochen und die Lizenzen wieder in den ursprünglichen Zustand zurückversetzt, den sie vor dem Start dieser laufenden Simulationen hatten.

5.6.1.6. Nachrichtensystem

Das Nachrichtensystem des Managementsystems benachrichtigt den Benutzer über Ereignisse, die den Ablauf seiner Simulationsanforderungen betreffen. Dabei kann der Benutzer zwischen zwei verschiedenen Benachrichtigungsarten wählen und sich entweder per Email (`SendMail`) oder über das interne Nachrichtensystem (`NetMessage`) über Ereignisse informieren lassen (Abbildung 5.8).

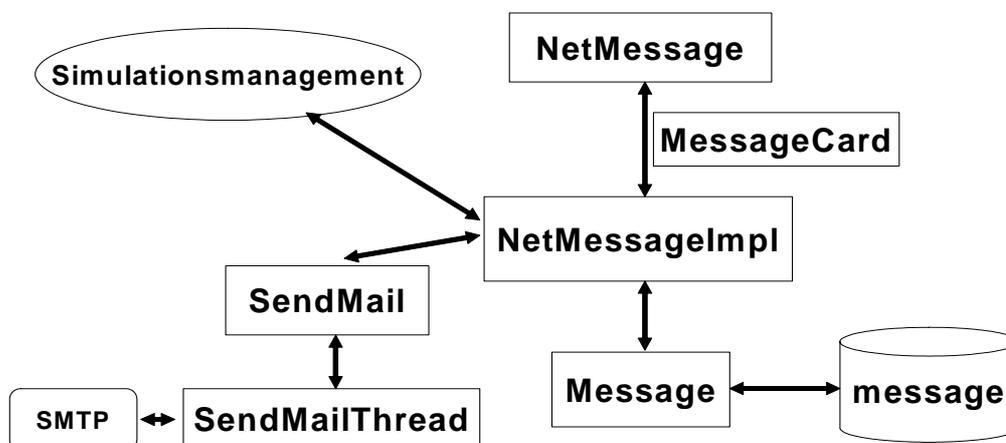


Abbildung 5.8: Klassenstruktur des Nachrichtensystems

Internes Nachrichtensystem

Erzeugt werden Nachrichten im Simulationsmanagement. Von dort werden an die Klasse „Message“ Nachrichtendaten in Form der Benutzer-Identifikationsnummer, der Benachrichtigungsart (Klasse Notify) und des Nachrichtentextes geliefert (Methode sendMessage). Anhand der übergebenen Daten entscheidet das Nachrichtensystem über das weitere Vorgehen. Bei der Benachrichtigungsart „Internes Nachrichtensystem“ werden für jeden Empfänger Datensätze in der Datenbanktabelle „message“ (Tabelle 5.7) angelegt. Diese können mit Hilfe der RMI-Verbindung über die Klasse NetMessageImpl zusammen mit der Schnittstelle NetMessage abgefragt werden. Des Weiteren stellt diese Klasse eine Methode für das Löschen von einzelnen Nachrichten zur Verfügung. Der komplette Datenbankzugriff geschieht über die Klasse Message mit Hilfe der Methoden add, update, delete etc.

Spaltenname	Typ	Bedeutung
ID	int(11)	Identifikationsnummer der Nachricht
date	Timestamp(14)	Erzeugungsdatum
userid	int(11)	Empfänger der Nachricht
text	Blob	Nachrichtentext
status	int(2)	Status der Nachricht

Tabelle 5.7: Datenbanktabelle „message“

Die Benachrichtigungsart wird über die Klasse Notify festgelegt. Diese beinhaltet die grundlegende Art der Benachrichtigung und die Identifikationsnummern aller Empfänger.

Bei der Benachrichtigungsart „Email“ werden alle Nachrichten über das folgende Versandsystem an die Empfänger verschickt.

Emailversand

Der Versand der Email-Benachrichtigungen erfolgt mit Hilfe eines SMTP-Servers. Dieser wird über eine Socket-Schnittstelle kontaktiert und mit den Daten der Emails versorgt. Um das Managementsystem bei einem Nachrichtenversand nicht unnötig zu belasten, geschieht die Übertragung der Email-Daten an den SMTP-Server über einen im Hintergrund laufenden Prozeß (Klassen SendMail und SendMailThread). Die Klasse SendMail nimmt dabei die Daten der Emails von der Klasse Message entgegen und erzeugt für jede Email eine Instanz der Klasse SendMailThread für den Versand im Hintergrund.

5.6.1.7. Simulatorenmanagement

Das Simulatorenmanagement stellt ein Treibersystem für die Standardisierung der Schnittstellen zu einem Simulator zur Verfügung. Das Treibersystem gliedert sich in die beiden Bereiche Aufbau eines Treibers und Verwaltung der Treiber.

Abbildung 5.9 zeigt die Klassenstruktur des Treibersystems.

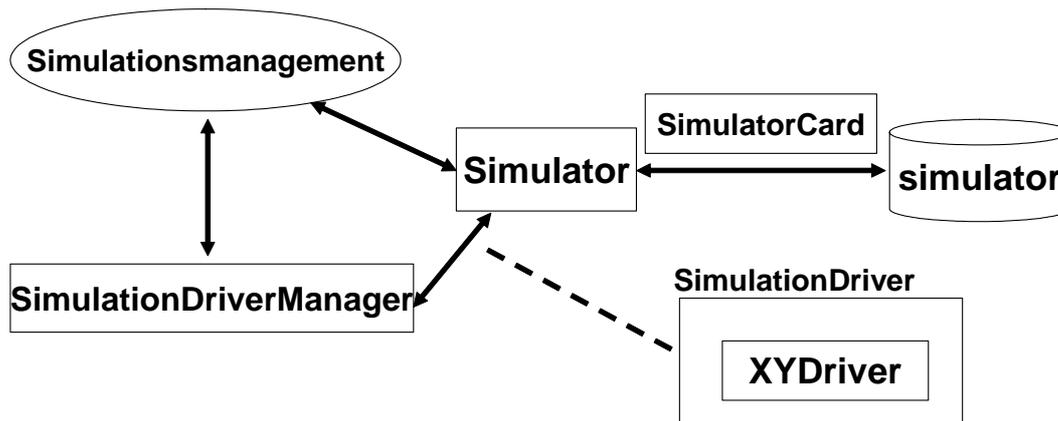


Abbildung 5.9: Klassenstruktur des Treibermanagements

Aufbau eines Treibers

Der Treiber eines Simulators implementiert die Schnittstellen `SimulationDriver` für die Standardisierung der Zugriffe, `java.lang.Runnable` für die Ausführung im Hintergrund und `java.lang.Serializable` für die RMI-Übertragung.

Über die Schnittstelle `SimulationDriver` werden der Treiberklasse Informationen über den Datenpfad, den Pfad für temporäre Dateien, ein Ergebnisobjekt in Form der Klasse `Result` und den Parameterstring zur Verfügung gestellt. Der Parameterstring enthält dabei alle simulatorspezifischen Parameter und wurde auf der Clientseite zusammengestellt (Abschnitt 5.6.3.3). Des Weiteren stellt der Treiber durch die Schnittstelle standardisierte Methoden für die Abfrage der nötigen Dateizugriffe, aufgegliedert nach Dateien, aus denen nur gelesen wird, und Dateien, die erzeugt oder überschrieben werden, und für das Starten und Stoppen der Simulation auf Betriebssystemebene zur Verfügung.

Verwaltung der Treiber

Die Verwaltung der Treiber-Daten erfolgt mit Hilfe der Klasse `Simulator`, die die Daten in der Datenbanktabelle „`simulator`“ (Tabelle 5.8) ablegt und die Methoden `get`, `add`, `update` und `delete` und die Behälterklasse `SimulatorCard` für die Administrierung zur Verfügung stellt.

Spaltenname	Typ	Bedeutung
ID	int(11)	Identifikationsnummer der Simulators
name	varchar(255), unique	Name des Simulators
javaclass	blob	Vollständiger Klassenname des Treibers
url	blob	URL der Simulatorinformationsseite
email	varchar(255)	Email des Betreuers des Simulators

Tabelle 5.8: Datenbanktabelle „`simulator`“

Das Simulationsmanagement übermittelt bei einer neuen Simulationsanforderung die Daten und Parameter des Simulators an die Klasse `SimulationDriverManagement`, die für die javaspezifische Verwaltung der Treiber zuständig ist. Bei einer Treiberanforderung wird überprüft, ob der Treiber vorhanden und bereits geladen worden ist. Das Laden eines Treibers geschieht durch die Erzeugung einer neuen Instanz der Klasse mit dem übergebenen Klassennamen. Diese meldet sich automatisch während ihrer Instanziierung über die statische Initialisierungsmethode bei der Treiberverwaltung an und wird bei einer Anforderung als Kopie zur Verfügung gestellt.

5.6.1.8. Clustermanagement

Das Clustermanagement ist für die effiziente Auswahl und Kommunikation mit den Clusterrechnern zuständig. Es lässt sich in die Bereiche Verwaltung, Verbindungsaufbau und Kommunikation mit dem Clusterrechner und Load-Balancing-System aufteilen.

Load-Balancing-System

Mit Hilfe des Load-Balancing-Systems wird der am wenigsten ausgelastete Rechner für eine Simulationsausführung ausgewählt. Dies geschieht mit Hilfe der Klasse `LoadBalance`, die die Einträge der Clusterrechner in der Datenbanktabelle „balancing“ (Tabelle 5.9) nach Auslastung und Rechnerfähigkeit der Simulatorenausführung sortiert und zur Verfügung stellt.

Spaltenname	Typ	Bedeutung
ID	int(11)	Identifikationsnummer des Clusterrechners
rechnername	blob	Hostname des Clusterrechners
system	blob	Betriebssystem
cpumodell	blob	Modell der Clusterrechner-CPU
cpupower	blob	Taktfrequenz
cpucache	blob	Cache-Größe des Clusterrechners
load1	blob	Auslastung innerhalb der letzten Minute
load5	blob	Auslastung innerhalb der letzten fünf Minuten
load15	blob	Auslastung innerhalb der letzten fünfzehn Minuten
memtotal	blob	Gesamter Speicher des Clusterrechners
memused	blob	Benutzter Speicher des Clusterrechners
memfree	blob	Freier Speicher des Clusterrechners
simulator	bigint	Ausführbare Simulatoren als Bitmuster kodiert

Tabelle 5.9: Datenbanktabelle „balancing“

Verwaltung der Clusterrechner

Die Verwaltung der Clusterrechner übernimmt die Klasse `ClusterList`. Sie stellt Methoden für die Anforderung (`getCluster`) und für das Stoppen (`removeRunningCluster`) von Clusterrechnern zur Verfügung. Bei der Anforderung einer Kommunikationsschnittstelle zu einem Clusterrechner wird überprüft, ob bereits eine Verbindung mit diesem Rechner aufgebaut ist. Sollte diese Verbindung bereits bestehen, wird die zugehörige Kommunikationsschnittstelle zurückgegeben. Sollte noch keine Verbindung mit diesem Clusterrechner existieren, wird diese wie folgt aufgebaut.

Verbindungsaufbau zum Clusterrechner

Der Verbindungsaufbau zu einem Clusterrechner erfolgt über einen `ssh`-Aufruf, der das Java-Programm auf Seiten des Clusterrechners startet (Abschnitt 5.6.2). Dieses meldet sich über die `NetCluster`-Schnittstelle mit einem vorher festgelegten Passwort temporär an und erhält im Gegenzug ein `NetNotify`-Objekt, über das es sich nun endgültig beim Server als empfangsbereit anmelden kann. Dadurch dass sich der Clusterrechner selbständig beim Server anmeldet und diesem eine eigene RMI-Schnittstelle übermittelt (Callback-Prinzip), entfällt die Notwendigkeit, auf dem Clusterrechner eine RMI-Registry laufen zu lassen. Für den reibungslosen Ablauf des Verbindungsaufbaus ist es erforderlich, dass die `ssh`-Verbindung mit Hilfe eines Schlüsselpaars authentifiziert wird, da eine Passwortübergabe seitens des Servers nicht möglich ist.

Auf der Serverseite überwacht eine eigens dafür entwickelte Ereignisbehandlung, die auf der Delegation nach Java-AWT 1.1 beruht, den Zustand der `ssh`-Verbindung. Dabei wird die `ssh`-Verbindung innerhalb eines gesonderten Prozesses im Hintergrund aufgebaut und bestehen gelassen. Bei einem Abbruch der Verbindung wird ein Objekt der Klasse `ClusterEvent` erzeugt und an die angemeldeten Klassen, die die `ClusterListener`-Schnittstelle implementieren, weitergeleitet. In der vorliegenden Version wird dieses Ereignis an die Klasse `ClusterExit` weitergegeben, die den nicht mehr laufenden Clusterrechner aus der Liste der laufenden Clusterrechner entfernt und alle Simulationen, die auf diesem Clusterrechner ausgeführt worden sind, als geplant in das Simulationsmanagement einträgt.

Um auch im Gegenzug die Aktivität des Servers überwachen zu können, wird den Clusterrechnern im Rahmen der RMI-Schnittstelle `NetNotify` eine Methode zur Verfügung gestellt, die eine eindeutige Identifikation des Servers zurückliefert, so dass die Clusterrechner sowohl einen Absturz als auch einen Neustart des Servers erkennen können.

Kommunikation zwischen Server und Clusterrechner

Die Übermittlung der Simulationsanforderungen an den Clusterrechner geschieht mit Hilfe der `NetExec`-Schnittstelle (Abschnitt 5.6.2). Diese ermöglicht auch das Stoppen von laufenden Simulationen auf einem Clusterrechner.

Für die Kommunikation vom Clusterrechner zum Server wird die RMI-Schnittstelle `NetNotify` zur Verfügung gestellt, über die sich der Clusterrechner anmelden kann. Des Weiteren werden über diese Schnittstelle simulatorbezogene Ereignisse wie z.B. das Ende einer Simulation an den Server mitgeteilt. Dieser ruft je nach Status der Simulation die entsprechende Methode innerhalb des Simulationsmanagements auf (Abschnitt 5.6.1.7).

5.6.2. Java-Cluster

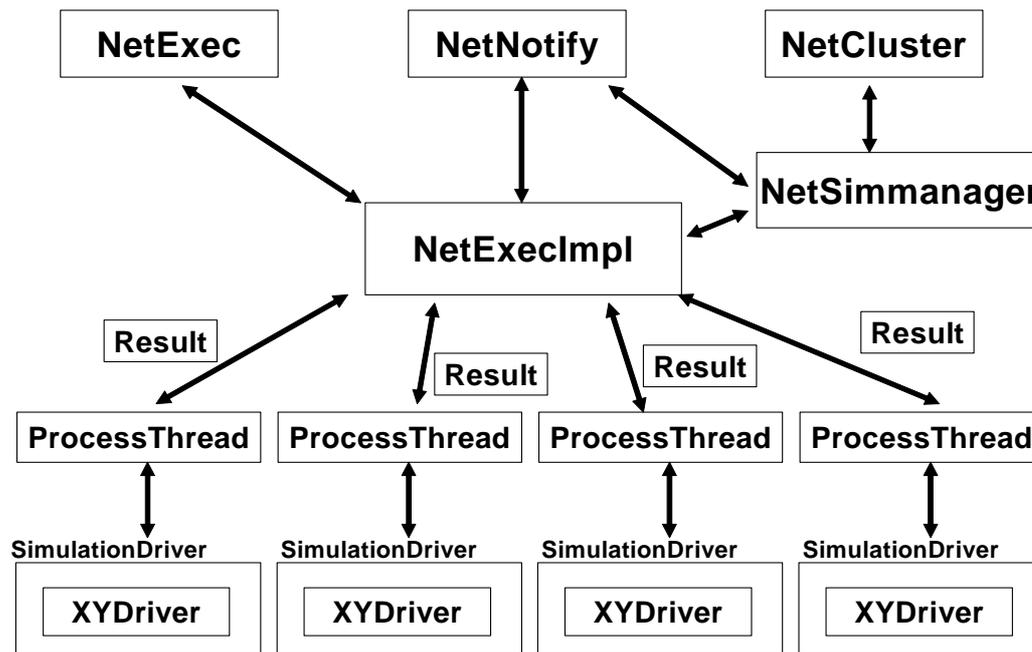


Abbildung 5.10: Klassenstruktur des Clusterrechners

Das auf dem Clusterrechner laufende Java-Package Simmanager ist für die Kommunikation mit dem Server und für die Ausführung der von diesem empfangenen Simulationsanforderungen auf Betriebssystemebene verantwortlich.

Der Start des Managementteils auf dem Clusterrechner (Abbildung 5.10) erfolgt durch den Aufruf der Klasse NetSimmanager. Dies geschieht normalerweise mittels eines ssh-Aufrufs durch den Server. Nach dem Start der Klasse wird der Clusterrechner, wie bereits in Abschnitt 5.6.1.8 beschrieben, in der main-Methode im Serversystem angemeldet. Dabei wird dem Server ein NetExec-Objekt übergeben, mit dessen Hilfe die Service-Architektur die Simulationsausführung auf diesem Clusterrechner beeinflussen kann. Des Weiteren erfolgt der Start eines Unterprozesses, der den Status des Servers mit Hilfe der NetNotify-Schnittstelle und deren isAlive-Methode überwacht. Bei einem längeren Serverausfall wird die Ausführung aller Simulationen gestoppt und das Clusterprogramm beendet, um den Clusterrechner nicht unnötig mit Prozessen zu belasten, deren Ergebnisse nicht mehr weiterverwendet werden können, da sie nicht auf dem Server abgespeichert werden.

Simulationsausführung

Bei einer Simulationsanforderung mittels der NetExec-Methode startSimulation wird ein Objekt der Klasse SimulationRecord übermittelt, das neben statistischen Werten, wie der Endzeit und dem Status der Simulation, einen ausführbaren Simulationstreiber enthält. Daraus wird ein neuer Hintergrundprozeß der Klasse ProcessThread gestartet, der die Simulation über die Treiberfunktionen startet und dessen Ausführung überwacht. Zusätzlich werden in einer Hashtabelle alle Informationen bezüglich dieser Simulationsausführung in Form eines Objekts der inneren Klasse ProcessInfo mit der clusterinternen Nummer des Simulationsprozesses als Schlüssel abgelegt. Diese

Nummer wird als Bestätigung der Ausführung und zur späteren Identifikation bei Simulationsabbrüchen an den Server übermittelt. Vor der Ausführung der Simulation wird ein eigenes temporäres Verzeichnis für jede Simulation erzeugt, und dem Simulationstreiber werden dieser temporäre Pfad und ein eventueller Pfad, über den die Konfigurationsdaten erreicht werden können, mitgeteilt. Der Zugriff auf die Konfigurationsdaten erfolgt dabei mit Hilfe der vom Betriebssystem zur Verfügung gestellten Netzwerkverbindung auf Dateiebene, z.B. bei UNIX-Systemen mittels NFS. Die Programmdateien des Simulators müssen ebenfalls nicht lokal auf dem Clusterrechner installiert sein, sondern können über ein Netzwerk zur Verfügung gestellt werden. Nach dem Starten des Simulatortreibers, der die eigentliche Simulation auf Betriebssystemebene in einem weiteren Unterprozess ausführt, wartet der Überwachungsprozess auf das Ende des Simulatortreibers und übergibt die Ergebnisdaten mit Hilfe des vorher durch die Klasse NetExecImpl bereitgestellten Result-Objekts. Dieses enthält den Zustand und eine kurze Ergebnismitteilung des zuvor in der Hashtabelle gespeicherten Simulationseintrags. Die Ergebnisdateien werden durch den Simulator direkt in das jeweilig angegebene Zielverzeichnis geschrieben. Bei einer Abbruchsanforderung (cancelSimulation-Methode) wird über den Überwachungsprozess der gewünschten Simulation die Ausführung des Treiberprozesses abgebrochen. Nach Beendigung oder Abbruch einer Simulation wird das temporäre Verzeichnis wieder gelöscht und der aktualisierte Simulationseintrag mit Hilfe der NetNotify-Schnittstelle an den Server geschickt.

5.6.3. Java-Client

Der Java-Client des Managementsystems für Simulationen gliedert sich in zwei Teile (Abbildung 5.11).

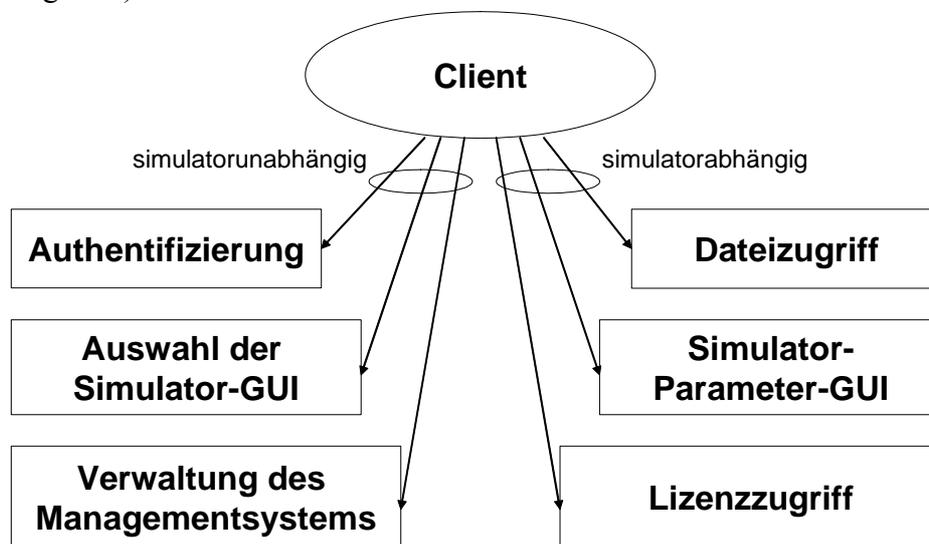


Abbildung 5.11: Übersicht Java-Client

Im simulatorunabhängigen Bereich wird ein System für die Authentifizierung gegenüber dem Server, für das Starten der verschiedenen graphischen Simulatorkonfigurationsoberflächen und für die Verwaltung des Managementsystems bereitgestellt. Der simulatorabhängige Teil stellt eine Klassenbibliothek für die Einbindung der graphischen Oberflächen in das Managementsystem zur Verfügung. Diese untergliedert sich in die Bereiche Dateizugriff, Übermittlung der Simulatorparameter und Zugriff auf das Lizenzsystem.

Kommunikation mit dem Server

Die Kommunikation zwischen dem Client und dem Server erfolgt über Zugriffe auf die RMI-Schnittstellen NetLogin, NetFileChooser, NetSimulation, NetMessage und NetDatabase. Um die Einbindung in eine graphische Simulatorkonfigurationsoberfläche zu vereinfachen, werden alle genannten Zugriffsschnittstellen innerhalb der Klasse NetClient zentral zur Verfügung gestellt. Diese Klasse übernimmt den Verbindungsaufbau zu den einzelnen RMI-Schnittstellen über die RMI-Registrierung des Servers, überwacht diese Verbindungen und stellt sie bei einem Verbindungsabbruch wieder her. Da bei nahezu jeder Anforderung an den Server eine Benutzerkarte zur Legitimation übermittelt werden muss, wird auch deren Verwaltung und zur Bereitstellung bzw. Revalidierung von der Klasse NetClient übernommen. Dazu wird nach der Instanziierung der Klasse, bei der die URL und der verwendete Port des Servers als Parameter übergeben werden, ein Einloggen eines Benutzers vollzogen. Hierfür wird die Benutzerkennung und das zugehörige Passwort mit Hilfe des Authentifizierungs-Dialogs an die Klasse durch die Methode loginUser übermittelt. Des Weiteren werden die Methoden der einzelnen RMI-Schnittstellen, um die Benutzerkennungsabfrage reduziert, zur Verfügung gestellt. Bei der Ausführung einer dieser Methoden wird zuerst die Gültigkeit der Benutzerkarte überprüft, anschließend die Anforderung an den Server übermittelt und das Ergebnis bzw. eine eventuelle Fehlermeldung zurückgegeben. Bei einem Verbindungsabbruch wird ein Neuaufbau der Verbindung versucht und die Anforderung wiederholt. Für den Fall, dass der Wiederaufbau nicht gelingt, wird eine Fehlermeldung eingeblendet.

5.6.3.1. Authentifizierung und Arbeitsbereichsmenü

Die Authentifizierung eines Benutzers erfolgt über die Eingabe der Benutzerkennung und des zugehörigen Passworts innerhalb des Login-Dialogs. Dieser wird über die Klasse LoginApplet zur Verfügung gestellt, die zusätzlich nach dem Einloggen ein Auswahlmenü für die weiteren Arbeitsbereiche bietet.

Nach Eingabe der Benutzerdaten und Drücken des Login-Button erzeugt die Klasse LoginApplet ein NetClient-Objekt und initialisiert es mit den eingegebenen Daten. Je nach Ausgang des Login wird anschließend das Bereichsmenü oder eine Fehlermeldung wegen fehlgeschlagenem Login-Versuch angezeigt. Innerhalb des Bereichsmenüs sind die zur Verfügung stehenden Bereiche in der vorhandenen Version des LoginApplets fest eingestellt und werden nur bzgl. der Art der Benutzerkennung in den Bereichen Root, Admin und normaler Benutzer unterschieden. Nach dem Einloggen wird zudem eine regelmäßige Nachrichtenabfrage mit Hilfe der Klasse NetMessage gestartet.

Wird die Service-Architektur über die Shutdown-Funktion heruntergefahren, werden auf der Clientseite alle Felder des Login-Dialogs gesperrt, die aktuelle Benutzerkarte gelöscht und die Nachrichtenabfrage gestoppt. Ein Einloggen ist nur durch einen Neustart des Servers und des Applets möglich.

5.6.3.2. Dateizugriff

Für die Dateiauswahl und den Zugriff auf Dateien, die auf dem Server gespeichert sind, wird die Klasse FileDialog zur Verfügung gestellt.

Insgesamt gibt es drei verschiedene Bearbeitungsarten:

- Laden: Datei laden und Inhalt zur Verfügung stellen.
- Speichern: Übergebenen Dateiinhalt in einer Datei speichern.
- Auswählen: Datei für spätere gesonderte Bearbeitung auswählen.

Bei jeder Bearbeitungsart werden alle Freigabeverzeichnisse, die in der Benutzerkarte des eingeloggtten Benutzers eingetragen sind, mit Hilfe einer Baumstruktur im Dateiauswahl-Dialogfenster angezeigt. Dabei werden zusätzliche alle Freigabeverzeichnisse rekursiv auf Unterverzeichnisse untersucht und diese komplett in einer Java-Baumstruktur (JTree) mit Hilfe von Objekten der eigens dafür entwickelten Klasse DirectoryNode abgelegt. Bei einer Änderung der aktuellen Verzeichnisauswahl werden die Anzeige des Verzeichnisbaums und die Dateiaufistung aktualisiert. Des Weiteren wird dem Benutzer die Möglichkeit gegeben, selbst einen Dateinamen einzutragen oder ein neues Unterverzeichnis in dem ausgewählten Verzeichnis anzulegen. Außerdem können ein Standardverzeichnis und ein eventuell zu speichernder Dateiinhalt übergeben werden.

Bei den Bearbeitungsarten Laden und Speichern erfolgt nach Auswahl der zu ladenden bzw. zu speichernden Datei eine Überprüfung, ob der Benutzer die erforderlichen Rechte für diese Aktion hat. Dies geschieht durch einen Aufruf der entsprechenden RMI-Methode über das bei der Instanziierung der Klasse FileDialog übergebene NetClient-Objekt. Je nach Ausgang der Rechteabfrage wird mit der serverseitigen Fortführung der Aktion oder mit einer Fehlermeldung reagiert.

Um nach Ausführung des Dateizugriffs anwendungsspezifische Aktionen folgen lassen zu können, werden diese mit Hilfe einer dafür entwickelten Java-Schnittstelle in den Datei-Dialog eingebunden. Die Übergabe des Objekts, das diese Schnittstelle implementiert und für die anwendungsspezifischen Aktionen verantwortlich ist, erfolgt bereits bei der Instanziierung des FileDialog-Objekts. Der Entwickler einer Simulatoroberfläche kann zusätzlich zur Verwendung des Datei-Dialogs auch direkt auf die Methoden der RMI-Schnittstelle NetFileChooser über die Klasse NetClient zugreifen.

5.6.3.3. Anbindung der Simulatoren und Lizenzüberprüfung

Grundvoraussetzung für die Anbindung der Simulatoren auf der Clientseite ist das Vorhandensein einer graphischen Benutzeroberfläche zur Erstellung und Anpassung der Konfigurationsdateien als Applet oder Applikation in der Programmiersprache Java. In dieser Oberfläche müssen alle Datei-Dialoge durch die entsprechenden Management-Datei-Dialoge aus Abschnitt 5.6.3.2 ersetzt werden, damit auf die zentral gelagerten Dateien auf dem Server zugegriffen werden kann. Des Weiteren müssen die Optionen für die Ausführung der Simulatoren, die häufig für die Ausführung des Simulators mittels einer Kommandozeile benötigt werden, in eine transportable Form konvertiert werden. Dabei ist es nicht möglich, ein vollständig ausführbares Klassenobjekt an den Simulator zu übermitteln, da dieses Objekt auch durch einen Benutzereingriff manipuliert sein könnte. Daher werden alle simulatorbezogenen Parameter in einem String an den Server übermittelt. Dieser String wird auf der Serverseite vom zugehörigen Treiber des verwendeten Simulators zurückübersetzt.

Im Anschluss an den simulatorspezifischen Dialog werden der erzeugte Parameter-String und die Simulatorkennung an den nachfolgenden LicenseDialog übergeben. Der Lizenzdialog stellt die Daten der Lizenz graphisch dar und gibt dem Benutzer die Möglichkeit, die simulatorunabhängigen Daten einzustellen.

Anhand der simulatorabhängigen Daten, die bei der Instanziierung übergeben werden, fordert die Service Architektur über das NetClient-Objekt eine passende Lizenz beim Lizenzmanagement an. Sollte keine passende Lizenz vorhanden sein, wird eine Fehlermeldung ausgegeben. Im Normalfall wird eine gültige Lizenz in Form eines Objekts der Klasse LicenseCard zurückgeliefert. Diese wird nun graphisch aufbereitet in das Dialogfenster eingebracht. Zusätzlich werden Eingabefelder für den Kommentar

zu dieser Simulation, für die Startzeit und für die Benachrichtigungsart eingefügt. Der Kommentar wird dabei durch die Simulatoroberfläche vorbelegt, kann jedoch vom Benutzer beliebig geändert werden. Die Einstellung der Startzeit erfolgt mit Hilfe zweier Leistschieber, eines für das Ausführungsdatum und eines für die Ausführungszeit. Durch diese Art der Werteeinstellung wird vermieden, dass der Benutzer ein nicht gültiges Datum oder eine nicht erlaubte Uhrzeit eingeben kann, wie es bei einem normalen Texteingabefeld der Fall sein könnte. Die Benachrichtigungsart wird mit Hilfe einer Listenauswahl getätigt. Nachdem der Benutzer den OK-Button gedrückt hat, wird die Startzeit auf ihre Zulässigkeit hin geprüft, gegebenenfalls diesbezüglich eine Fehlermeldung ausgegeben und bei einer korrekten Startzeit die Simulationsanforderung über das NetClient-Objekt an die NetSimulation-Schnittstelle des Servers geschickt. Dabei werden bei der Übermittlung an den Server die simulatorspezifischen Daten ohne neues Überprüfen weitergereicht. Die Service-Architektur liefert bei erfolgreichem Eintrag der Simulationsanforderung die Identifikationsnummer der Anforderung zurück, die dem Benutzer in einem neuen Dialogfenster angezeigt wird.

Simulationsübersicht

Wie in Abschnitt 5.3.2 beschrieben, wird dem Benutzer ein Dialog für die Anzeige einer Übersicht der verschiedenen Simulationen geboten. Die Realisierung dieser Funktion übernimmt die Klasse SimulationOverview. Dabei werden die Datenbankabfragen mit Hilfe der Klasse NetClient an die NetSimulation-Schnittstelle des Servers weitergeleitet, der die gewünschten Simulationsdaten in Form eines SimulationRecord-Arrays zurückliefert.

Die Inhalte dieses Arrays werden mit Hilfe des Tabellenmodells SimulationOverviewTable in einer JTable angezeigt. Bei der Auswahl eines Simulationseintrags wird überprüft, ob der eingeloggte Benutzer diese Simulation z.B. stoppen darf. Falls dies der Fall ist, wird der Abbruchwunsch hinsichtlich dieser Simulation über das NetClient-Objekt an die NetSimulation-Schnittstelle des Servers übermittelt; andernfalls wird in der Statuszeile eine Fehlermeldung angezeigt.

5.6.3.4. Nachrichtensystem

Ist beim Lizenzdialog die Benachrichtigungsart „Message“ ausgewählt worden, wird auf dem Server für jedes Simulationsereignis eine Nachricht hinterlegt. Mit Hilfe der Klasse MessageClient (Abbildung 5.8) kann über das NetClient-Objekt und die RMI-Schnittstelle NetMessage (Abschnitt 5.4.6) auf diese Nachrichten zugegriffen werden.

Dies kann entweder einmalig durch explizites Aufrufen der Methode getMessagesNow geschehen oder durch Einschalten eines Hintergrundprozesses, der die Nachrichten in regelmäßigen Abständen abfragt. Dieser Hintergrundprozess wird durch die Übergabe des Intervalls mit Hilfe der Methode setIntervall aktiviert und kann mit der Methode stop wieder gestoppt werden.

5.6.3.5. Datenbank-Administration

Die Datenbank-Administration erfolgt über die Klasse DBAdmin. Diese benötigt bei der Instanziierung die NetClient-Schnittstelle und eine Root- oder Admin-Benutzerkarte.

Die verschiedenen Bereiche (User, Directory, License, Simulator und Group) werden als Registerkarten angezeigt. Dabei wird jeder Bereich durch eine von der SelectPanel-Klasse abgeleitete Klasse dargestellt, die ähnlich wie die Simulationsübersicht eine Beschränkung der angezeigten Datensätze bietet, wobei die Vorauswahl abhängig vom

Benutzertyp ist. Die Daten der Vorauswahl werden über die NetDatabase-Schnittstelle, die über die NetClient-Klasse geholt wurde, zum Server übermittelt. Die vom Server kommenden Datensätze werden anschließend innerhalb des SelectPanels mit Hilfe des zugehörigen Tabellenmodells zur weiteren Auswahl dargestellt. Innerhalb des AdminDialogs werden je nach Benutzertyp nur bestimmte Auswahlmöglichkeiten bereitgestellt. Die Konsistenz der erzeugten bzw. geänderten Daten wird vor der Übermittlung überprüft und gegebenenfalls eine Fehlermeldung ausgegeben.

5.7. Fazit

Die Service-Architektur bietet mit Hilfe des Benutzer-, Dateizugriffs- und Lizenzmanagements eine überwachte, sichere Anbindungsmöglichkeit unterschiedlicher Clients. Mit Hilfe des Clustermanagements ist das System in jeder Hinsicht durch das Hinzufügen weiterer Clusterrechner skalierbar. Weiterhin garantiert das Clustermanagement ein sicheres Maß an verfügbarer Rechenleistung, da ausgefallene Simulationen auf anderen Clusterrechnern automatisch wiederholt werden.

Im Rahmen der prototypischen Realisierung wurde ein Managementsystem für die Anbindung und Steuerung von netzbasierten Simulatoren entwickelt.

Unter dem Gesichtspunkt der Mobilität ist bei der Anbindung der Clients darauf geachtet worden, dass diese von jedem Punkt im Netz eine Verbindung zum Managementsystem und dessen Simulatoren herstellen können.

Das vorliegende System ist durch die Programmiersprache Java weitgehend plattformunabhängig. Bei der gesamten Realisierung wurde darauf geachtet, dass sämtliche Bereiche leicht erweiterbar sind. Der Treiber-Bereich wurde hierbei, da er der Hauptpunkt für Simulator-Erweiterungen auf der Serverseite ist, durch das Treibermanagementsystem besonders erweiterungsfreundlich gestaltet. Auf der Clientseite lässt sich mit Hilfe der zu Verfügung gestellten Klassenbibliothek SimGManager.Client eine einfache Anbindung von graphischen Benutzeroberflächen realisieren.

Das Mehrbenutzer-Szenario wurde mittels des Virtual Network Computings aufgebaut und durchgeführt. Weitere Kollaborations- und Kommunikationsdienste wurden im Rahmen dieser Arbeit nicht implementiert, sind jedoch durch zusätzliche Tools leicht zu ergänzen.

Mit der vorgestellten prototypischen Realisierung konnte die erfolgreiche Funktionsweise der eLearning-Service-Architektur am Beispiel des komplexen Applikationsdienstes gezeigt werden.

Im Einzelnen wurden folgende Aspekte nachgewiesen:

- Integration verschiedener Dienste und Anwendungen durch flexiblen, modularen Aufbau
- Leistungsfähigkeit und Skalierbarkeit durch Load-Balancing-Methoden, speziell bei der Ausführung speicher- und rechenintensiver Anwendungen
- Mehrbenutzer-Konzept durch Verwendung des VNC-Protokolls
- Systemverfügbarkeit und globale Erreichbarkeit

Zusammenfassend ist ein System entwickelt worden, das eine Vielzahl von Funktionen für das weit verbreitete Application Service Providing anbietet. Die Service-Architektur stellt nur geringe Ansprüche an den Client. Die prototypische Realisierung beinhaltet ein Sicherheits- und ein Abrechnungssystem, ist durch den Einsatz der Clusterrechner skalierbar und durch die Clusterüberwachung kontrolliert verfügbar. Des Weiteren kann es vollständig über die Serverseite gewartet und erweitert werden.

Die erstellte Realisierung kann als Grundlage für weitere Arbeiten dienen und schrittweise zu einem kommerziellen Produkt ausgebaut werden. Dazu ist beispielsweise der Programmcode unter Performance-Aspekten zu optimieren. Darüber hinaus können weitere Dienste und Anwendungen integriert werden.

Ferner sind regelmäßige Aktualisierungen in Bezug auf die zugrunde liegenden Software-Versionen durchzuführen und geeignete Sicherheitsmechanismen einzubauen. Nur auf diese Weise können die Sicherheitsanforderungen an die eLearning-Service-Architektur trotz der schnellen Entwicklungen im Softwarebereich und den immer wieder auftretenden Sicherheitslücken gewährleistet werden.

6. Zusammenfassung

Multimediale Lehre und netzbasiertes Lernen spielen heute in der Aus- und Weiterbildung eine tragende Rolle und sind aus dem Hochschulbereich nicht mehr wegzudenken. Zudem erneuert sich unser Fachwissen mittlerweile alle sechs bis zehn Jahre, die Innovationszyklen werden immer kürzer und fordern eine immer höhere Spezialisierung. Das Leben wird daher von einem permanenten Lernprozess begleitet, der durch verschiedenste Methoden des eLearning ergänzt und unterstützt werden kann, um dieser rasanten Evolution standhalten zu können.

Aus diesem Grund ist die Forschung und Entwicklung in diesem Sektor für jetzige und auch zukünftige Generationen von elementarer Bedeutung. Neueste Erkenntnisse aus der Didaktik und Pädagogik müssen mit denen der Informationstechnik verknüpft werden, um bestmögliche Synergieeffekte und Resultate zu erzielen. Die heute bereits an verschiedenen Einrichtungen vorhandenen technischen Voraussetzungen müssen stetig verbessert und ausgebaut werden.

So wird das Lernen ohne die Unterstützung durch neueste Informations- und Kommunikationstechnologien in einigen Jahren nicht mehr vorstellbar sein. A priori bietet der Computer als Werkzeug zur Informationsgewinnung sowie für Kommunikations- und Kooperationszwecke sehr viele Möglichkeiten, die es sinnvoll zu nutzen gilt. Daneben wird das Angebot von Diensten (Services) über breitbandige Kommunikationsnetze immer wichtiger. Die Verteilung von Inhalten und Applikationen über das Internet ist eine große Herausforderung insbesondere auch im Bildungsbereich.

6.1. Beitrag der Arbeit

Diese Arbeit liefert einen Beitrag zur Verbesserung der infrastrukturellen Voraussetzungen, in dem sie eine Service-Architektur für multimediale Lehre und netzbasiertes Lernen vorstellt und eine prototypische Implementierung beschreibt.

Dazu wurde in den vorausgehenden Abschnitten zunächst ein Überblick über aktuelle Entwicklungen im eLearning Bereich gegeben. Nach einer gründlichen Analyse der existierenden Systeme und Technologien wurde festgestellt, dass diese bislang nicht alle Anforderungen der universitären Lehre und des netzbasierten Lernens erfüllen. Insbesondere kann mit den derzeit verfügbaren Systemen nicht der gesamte Lernprozess aller Fachdisziplinen elektronisch abgebildet werden. Auf der Grundlage des Stands der Technik wurde in der Folge die eLearning-Service-Architektur eLSA modelliert und spezifiziert.

Die serviceorientierte Architektur beinhaltet neben der Verwaltung vielfältiger Medien und multimedialer Anwendungen, auch die Integration komplexer Dienste und Systeme. Dies wird durch einen modularen Systemansatz begünstigt, welcher auch realzeitige Zusatzdienste (Conferencing) und Software-Programme umfasst.

Die Interaktionsmöglichkeiten der Teilnehmer, z.B. beim kooperativen Arbeiten in experimentellen Lernszenarien, werden durch den Aufbau von Multi-User-Szenarien mit Hilfe des VNC-Protokolls unterstützt.

Auf den technischen Anforderungen basierend wurden verschiedene Alternativen diskutiert, um die Erweiterbarkeit der eLearning-Service-Architektur zu gewährleisten und diese hoch verfügbar und ausfallsicher zu gestalten. Für erhöhte Anforderungen bei einer Vielzahl von gleichzeitigen Teilnehmern wurden ergänzende Methoden aufgezeigt, wie beispielsweise die Erweiterung des Systems in globalen Anwendungsszenarien durch die Verwendung von Content Delivery Networks. Der Einsatz von Lastverteilungsverfahren bewirkt eine effiziente Ressourcenverwaltung bei speicher- oder rechenleistungsintensiven Diensten, und wurde ausführlich in der Arbeit beschrieben.

Des Weiteren wurde eine Reihe von zusätzlichen Anforderungen an die Beschaffenheit der Architektur gestellt. So müssen die angebotenen Dienste, wie der Informationsaustausch, das gemeinsame Arbeiten an Dokumenten oder die Nutzung von Simulationsprogrammen, global erreichbar sein. Dabei sollte die Datensicherheit und Integrität gewährleistet werden können. Für einen kommerziellen Einsatz als Application Service Providing-System muss die eLearning-Service-Architektur eLSA zudem verschiedene Billing- und Abrechnungsanforderungen erfüllen.

In der prototypischen Implementierung wurde ein System aufgesetzt, welches aus Benutzersicht die Funktionen eines Portals erfüllt. Somit werden die Anforderungen an eine flexible, skalierbare Architektur zur Bereitstellung und Verwaltung von Diensten für die multimediale Lehre und das netzbasierte Lernen erreicht. In Kombination mit dem Server-Management-System bietet es die Grundlage für erweitertes Application Service Providing. Die Integration verschiedener Systeme und Medien ermöglicht es, den gesamten Lernprozess (Informationsgewinnung, Kommunikation, Kollaboration) durch das Angebot unterschiedlicher eLearning Dienste (Content, Streaming Media, Datenbankabfragen, Applikationen / Simulationen) zu unterstützen. Außerdem wurde durch entsprechende Protokolle und dem integrierten Lösungsansatz die Möglichkeit realisiert, dass mehrerer Teilnehmer gleichzeitig auf dieselben Applikationen und Simulationen zugreifen können (Multi-User-Szenario). Die Implementierung wurde unter Verwendung der plattformunabhängigen, objektorientierten Programmiersprache JAVA durchgeführt. Die Anbindung der Simulationsprogramme erfolgte über die Remote Method Invocation (RMI) von Java.

Die vorliegende Arbeit beschreibt die wesentlichen Merkmale der eLearning-Service-Architektur eLSA und liefert somit wichtige Beiträge im Bereich des Application Service Providing. Die Arbeit zeigt zudem, wie die Service-Architektur zukünftig im Hochschulbereich eingesetzt werden kann, um auch komplexe Dienste, wie z.B. interaktive Simulationen, über das Netz anzubieten.

6.2. Ausblick

eLearning wird auch zukünftig eine immer wichtigere Rolle im Lernprozess einnehmen. Die weite Verbreitung von Informations- und Kommunikationstechnologien und deren Einsatz in diesem Bereich führt bei Firmen häufig zu erheblichen Kosteneinsparungen.

Für die Umsetzung des Bologna-Prozesses kristallisiert sich an den Hochschulen als besonders wichtig der Begriff der virtuellen und physischen Mobilität der Studierenden und Lehrenden heraus. Projekte und Erfahrungen mit virtueller Mobilität erlauben die

Schlussfolgerung, dass virtuelle Mobilität nicht getrennt von der physischen Mobilität gesehen werden sollte. Im Besonderen wird versucht, eine Verknüpfung zwischen eLearning als Lehr- / Lernmethode und dem Bologna- Prozess zu erstellen.

Mittlerweile sind die verschiedenen Formen der multimedialen Lehre und des netzbasierten Lernens als integrierte Bestandteile des regulären Universitätsbetriebes anzusehen. eLearning wird dabei nicht nur als Instrument des Lehrbetriebes verstanden sondern auch als eine Voraussetzung zum lebenslangen Lernen. Es befähigt zu eigenständigen Lernwegen und unterstützt durch ein hohes Maß an Flexibilität die individuellen Bedürfnisse der Studierenden. Sowohl das konventionelle als auch das „distance learning networking“ zwischen den Institutionen soll dazu beitragen, die neuen Bedürfnisse von Lernenden schnell, effizient und effektiv sowie qualitativ hochwertig zu befriedigen.

Dies setzt die Integration von virtuellen Lehr- / Lernumgebungen in den europäischen Hochschulraum voraus. Darüber hinaus muss die curriculare Einbettung und die Ausdehnung von nationalen und Europaüberspannenden Qualitätssicherungs- und Akkreditierungsrahmenbedingungen im eLearning-Bereich forciert werden.

Zudem ist das Lehrangebot derzeit noch sehr eingeschränkt. Oftmals gibt es nur fakultätsinterne Kurse, auf die nur ausgewählte Personen Zugriff haben. Des Weiteren treten trotz der Bemühungen im Standardisierungsbereich häufig Inkompatibilitätsprobleme auf, was die Integration und nachhaltige Entwicklung von Lerninhalten erschwert. Darüber hinaus existieren noch weitere technische Herausforderungen, z.B. die Bereitstellung ausreichender Bandbreite, wenn alle Möglichkeiten des eLearnings in der Praxis angewendet werden sollen.

Derzeit wird eLearning in den meisten Fällen als Ergänzung des sozialen Lernens angesehen und keinesfalls als Ersatz. Eine Vielzahl von Beispielen bestätigt, dass durch die Möglichkeiten des eLearnings mehr Menschen eine angemessene Ausbildung erhalten oder sich neben dem Beruf weiterbilden können.

Dennoch lässt sich festhalten, dass das Zukunftsszenario der Virtuellen Universität schon bald Realität sein kann. Die resultierenden Vorteile aus dem orts- und zeitunabhängigen, selbstorganisierten Lernen und die damit potentiell erhöhte Effektivität tragen zum weiteren Ausbau von eLearning-Szenarien positiv bei.

Zudem bietet der Einsatz der neuen Technologien besondere Möglichkeiten der Präsentation von Lerninhalten und fördert deren Anschaulichkeit. Durch Animation und Simulation komplexer Lehrinhalte können die Lernenden in besonderer Weise motiviert werden. Bei den meisten Lernprogrammen, wie bei CBTs und WBTs, wird die Individualisierung des Lernens durch sinnvolle Interaktionen und Lernkontrollen unterstützt.

Dagegen steht allerdings das Argument, dass das Lernen durch die Verwendung neuer Technologien unpersönlicher wird und damit die Sozialkontakte reduziert würden. Auch ist die Problematik des Urheberrechtes auf diesem globalen Wissensmarkt noch lange nicht hinreichend gelöst. Zudem werden die Kosten für die infrastrukturelle Ausstattung und die Erstellung der multimedialen Lerninhalte oftmals unterschätzt.

Eine wesentliche Herausforderung kann zudem selbst mit den besten eLearning-Systemen nicht gelöst werden, da Lernen immer eine persönliche Eigenleistung erfordert. Die Akzeptanz der Lehr- und Lernangebote durch die Lehrenden und Lernenden ist von ausschlaggebender Bedeutung.

Abschließend lässt sich festhalten, dass der nachhaltige Aufbau entsprechender Infrastrukturen erforderlich ist, um auch den zukünftigen Anforderungen für multimediale Lehre und netzbasiertes Lernen gerecht werden zu können.

Derzeit wird in zwei Projekten an der Technischen Universität München (TUM) der Aufbau einer globalen IT-Infrastruktur und einer darin integrierten eLearning-Infrastruktur angestrebt.

Ein Vorhaben verfolgt die Schaffung einer benutzerfreundlichen und nahtlosen Infrastruktur für Information und Kommunikation an der TUM. Dies soll zu einer Verbesserung der Leistungen in Forschung und Lehre führen [IntegraTUM].

Als allgemein verfügbare Services wird ein Verzeichnisdienst über alle Mitglieder der Hochschule aufgebaut (zentrale Benutzerverwaltung), die Rezentralisierung der eMail Services vorangetrieben und ein zentraler Datenspeicher als Service bereitgestellt. In diesem Zusammenhang soll auch der Ausbau des TUM Portals und damit die Ausweitung elektronischer Angebote und Dienste der Bibliothek erfolgen. Verschiedene Campusmanagement-Funktionen werden durch die Integration der Verwaltungssysteme mit dem Verzeichnisdienst realisiert.

Des Weiteren soll in dem zweiten Projekt eine durchgängige eLearning-Infrastruktur an der Technischen Universität aufgebaut und in die Gesamt-IT-Infrastruktur integriert werden, um in allen Leistungsbereichen der Universität Präsenzstudium und technologiegestütztes Lehren und Lernen miteinander zu verzahnen [elecTUM].

In einem ersten Schritt wird aktuell ein kommerzielles Learning Management System eingeführt, das eine Vielzahl der in Abschnitt 4.6 beschriebenen Dienste anbietet. Wie in Abschnitt 2.4 erläutert, sind für die Abbildung des gesamten Lernprozesses auch Applikationen und Simulationen von großer Wichtigkeit. Diese Services werden jedoch durch das kommerzielle System nicht abgedeckt und müssen folglich ergänzt werden. Aus diesem Grund wird innerhalb des elecTUM-Projekts derzeit die Anbindung von Anwendungsprogrammen, wie z.B. MATLAB von [MathWorks], erprobt.

Die Notwendigkeit und das Fehlen dieser Dienste bei den mittlerweile an allen Hochschulen eingesetzten Plattformen verdeutlichen die Relevanz und den zukünftigen Nutzen der vorliegenden Arbeit.

Literaturverzeichnis

- [ADL] Advanced Distributed Learning Initiative (ADL), www.adlnet.org
- [Adobe] Adobe, www.adobe.com
- [AICC] Aviation Industry CBT Committee (AICC), www.aicc.org
- [ANSI] American National Standards Institute (ANSI), www.ansi.org
- [ARIAD] Projekt der Europäischen Union (ARIADNE), www.ariadne-eu.org
- [Arm99] A. Hernandez Armenteros. *Design of an Interactive TeleEducation Program* (Englisch). Diplomarbeit am Lehrstuhl für Kommunikationsnetze, TUM, 1999.
- [Bal97] S. P. Ballstaedt. *Wissensvermittlung. Die Gestaltung von Lernmaterial*. Weinheim: Beltz Psychologische Verlags Union. 1997.
- [BBD00] S. Beddus, G. Bruce, S. Davis. *Opening Up Networks with JAIN Parlay*. IEEE Communications Magazine, Vol. 38, No. 4, April 2000.
- [BBF00] J. Batlogg, R. Braek, C. Fowler, L. Gutierrez, I. Kermarreck, L. Sacks, J. Wetterling. *CANDLE: An European E-Education project to improve the teaching on the Internet*. Sixth EUNICE Open European Summer School: Innovative Internet Applications, Twente, Netherlands, Sept. 2000.
- [BBI93] W. J. Barr, T. Boyd, Y. Inoue: The TINA Initiative. IEEE Communications Magazine, März 1993.
- [BBS01] A. Back, O. Bendel, D. Stoller-Schai. *eLearning im Unternehmen*. Zürich: Orell Füssli, 2001.
- [BD99] A. Bör, N. Degele. *Teleteaching, Virtuelle Universitäten und die Zukunft des Wissens*. Tutzinger Materialien TM 84 "Science Visions", 1999.
- [BG00] B. Bruns, P. Gajewski: *Multimediales Lernen im Netz – Leitfaden für Entscheider und Planer*; Springer-Verlag, 2000.
- [BGH02] U. Bentlage, P. Glotz, I. Hamm, J. Hummel: *E-Learning, Märkte, Geschäftsmodelle, Perspektiven*; Verlag Bertelsmann Stiftung, 2002.
- [BH02] P. Baumgartner, H. Häfele. *E-Learning Standards aus der didaktischen Perspektive*. GMW-Tagungsband 2002.
- [BHM02a] P. Baumgartner, H. Häfele & K. Maier-Häfele. *Evaluierung von Lernmanagement-Systemen: Theorie – Durchführung – Ergebnisse*. Köln: Fachverlag Deutscher Wirtschaftsdienst. 2002.

- [BHM02b] P. Baumgartner, H. Häfele & K. Maier-Häfele. *Auswahl von Lernplattformen, Marktübersicht – Funktionen – Fachbegriffe*. Innsbruck-Wien.: Studien Verlag. 2002.
- [bitmedia] bit media e-Learning solution, www.bitmedia.cc
- [BJ01a] A. Bör and J. Jost. *Remote Simulation Service – Applying the ASP-Concept to TeleEducation*. 7th EUNICE Open European Summer School and IFIP Workshop: IP and ATM Traffic Management, Paris, France, Sept. 2001.
- [BJ01b] A. Bör, J. Jost. *A New Framework for Enhanced Multimedia Application Service Providing*. SoftCOM 2001, International Conference on Software, Telecommunications & Computer Networks, Split - Dubrovnik, Croatia; Ancona - Bari, Italy, October 2001.
- [Bla00] H. Blankertz. *Theorien und Modelle der Didaktik* (14. Aufl.). München: Juventa Verlag. 2000.
- [Boc97] P. Bocker. *ISDN - Digitale Netze für Sprach-, Text-, Daten-, Video- und Multimediakommunikation*. Springer-Verlag, Berlin, 1997.
- [Boe00] A. Bör. *Design of a Multimedia Lecture Hall for TeleEducation and Videoconferencing*. Sixth EUNICE Open European Summer School: Innovative Internet Applications, Twente, Netherlands, Sept. 2000.
- [Boe01] A. Bör. *Einsatz neuer Medien in der Lehre*. Weiterbildungsseminar für Lehrer an beruflichen Schulen, TU München, Oktober 2000 und November 2001.
- [Boe02a] A. Bör. *Enhanced ASP-Framework for Distance Learning Services*. 3. ITG Fachtagung Netze und Anwendungen Neue Kommunikationsanwendungen in modernen Netzen, Duisburg, März 2002.
- [Boe02b] A. Bör. *A Delivery Server Infrastructure for Multimedia Distance Learning Services*. Ed-Media 2002, World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia & Telecommunications, Denver, Colorado USA, Juni 2002.
- [Boe02c] A. Bör. *Cooperative Learning: Multi-user Support for Advanced Distance Learning Services*. SSGRR 2002s, International Conference on Advances in Infrastructure for e-Business, e-Education, e-Science, and e-Medicine on the Internet; L'Aquila, Italy, August 2002.
- [Bra04] Brandon Hall Studie, www.brandonhall.com, 2004.
- [BSCW] Basic Support for Corporate Work, <http://bscw.fit.fraunhofer.de/index.html>
- [Can04] Collaborative And Network Distributed Learning Environment (CANDLE), <http://www.candle.eu.org>, 2004.
- [Cas00] S. Castellani. *Web Page Design using Time intensive Information* Diplomarbeit am Lehrstuhl für Kommunikationsnetze, TUM, 2000.
- [CCY99] V. Cradellini, M. Colajanni, Philip S. Yu, *Dynamic Load Balancing on Web-server Systems*, IEEE Internet Computing, Vol. 3, No. 3. pp. 28-39, May-June 1999.

- [CEdMA] Computer Education Management Association (CEdMA), www.cedma.org
- [CEN/ISSS] Comité Européen de Normalisation / Information Society Standardization System (CEN / ISSS), www.cenorm.be/iss
- [CETIS] Centre for educational technology interoperability standards (CETIS), <http://www.cetis.ac.uk>, 2004
- [DE02] E.-E. Doberkat, G. Engels et al. *Anforderungen an eine eLearning-Plattform – Innovation und Integration*; Studie im Auftrag des MSWF des LRW, 2002.
- [Die94] R. Dieterich. *Simulation als Lernmethode*, in: J. Petersen, G.-B. Reinert, (Hrsg.), *Erziehungskonzeptionen und Praxis*, Band 24, P. Lang, Frankfurt 1994.
- [Doh99] F. Dohmes. *Integrated Multimedia Collaboration* (Englisch). Diplomarbeit am Lehrstuhl für Kommunikationsnetze, TUM, 1999.
- [DublinC] Dublin Core Initiative, www.dublincore.org
- [dynamicm] Dynamic Media, www.dynamicmedia.at
- [EB78] Encyclopaedia Britannica Inc.: *The New Encyclopaedia Britannica*, Macropaedia, Volume 1, Stichwort Architecture, Chicago 1978.
- [Eic03] G. Eichler. *eLearning & Knowledge Mgmt.* In Firma & Community. Präsentation im Rahmen der GI-Fachgruppe Rostock. 2003.
- [Ein81] W. Einsiedler. *Lehrmethoden. Probleme und Erkenntnisse der Lehrmethodenforschung*. München: Urban & Schwarzenberg. 1981.
- [electTUM] electTUM-Projekt an der Technischen Universität München, www.tum.de/electum, 2004.
- [Elo01] Amouh na Elom. *Load Balancing*. Studienarbeit am Lehrstuhl für Kommunikationsnetze, TUM, 2001.
- [Eul95] D. Euler. *(Multi)mediales Lernen - Theoretische Fundierungen und Forschungsstand*. In: *Unterrichtswissenschaft*, Nr. 4, 1995.
- [FB01] M. Foegen, J. Battenfeld. *Rolle der Architektur in der Anwendungsentwicklung*, Informatik Spektrum, Heft 5, Heidelberg, 2001.
- [Fes03] S. Fest *Technische Szenarien für den e-Learning Einsatz im Ergänzungslehrgang der Fachhochschul-Studiengänge Oberösterreich*, Hagenberg, Juni 2003.
- [FGKS97] I. Faynberg, L. Gabuzda, M. Kaplan, N. Shah. *The Intelligent Network Standards*. McGraw-Hill, 1997.
- [FHag] Fernuniversität Hagen, www.fernuni-hagen.de
- [Flu95] F. Fluckinger. *Understanding Networked Multimedia: Applications and Technology*. ISBN 0-13-190992-4, Prentice Hall 1995.

- [FMR03] D. Feuerhelm, O. Mehl, Th. Rudin, J. Steinwand, S. Abeck. *Eine dienstorientierte Architektur für den Internetbasierten Wissenstransfer*. 13. ITG / GI-Fachtagung Kommunikation in Verteilten Systemen (KIVS), Leipzig 2003.
- [Fox00a] G. C. Fox. *Portals for Web Based Education and Computational Science*. ERDC MSRC/PET TR/00-27, 30 May 2000.
- [Fox00b] G. C. Fox. *Portals and Frameworks for Web Based Education and Computational Science*, Proceedings of the Second International Conference on the Practical Application of Java, Manchester England, April 2000.
- [GBM97] C. Gräsel, J. Bruhn, H. Mandl & F. Fischer. *Lernen mit Computernetzwerken aus konstruktivistischer Perspektive*. In: Unterrichtswissenschaft. Zeitschrift für Lernforschung, Nr. 25, 1997.
- [GKM01] J. Glasmann, W. Kellerer, H. Müller. *Service Architectures in H.323 and SIP – A Comparison*. Submitted to IEEE Communications Surveys, 2001.
- [Gla03] J. Glasmann, *Ressourcenmanagement für Echtzeitverkehre in Intranets*, Dissertation, TUM, 2003.
- [GM97] M. Grauer, U. Merten. *Multimedia: Entwurf, Entwicklung und Einsatz in betrieblichen Informationssystemen* Springer Verlag, 1997.
- [Gra02] K. Gray, *Visualization of Internet Aspects – „JPEG2000“*. Master Thesis am Lehrstuhl für Kommunikationsnetze, TUM, 2002.
- [GS97] H. L. Grob, D. Schnoor. *Bessere Leistungen beim Lernen mit Multimedia – Ergebnisse eines Forschungsprojektes an der Universität Münster*
In: Tagungsband LearnTEC 1997, Hrsg.: U. Beck, W. Sommer. Berlin, 1997
- [HAN99] H.-G. Hegering, S. Abeck und B. Neumair. *Integrated Management of Networked Systems – Concepts, Architectures and their Operational Application*. Morgan Kaufmann Publishers, 1 Auflage, 1999.
- [HD96] D. Harris, A. DiPaolo. *Advancing Asynchronous Distance Education Using High-Speed Networks*. IEEE Transactions on Educations. Vol. 39, No. 3, August 1996.
- [Hel92] U. Helmert. *Multimedia-Vision und Wirklichkeit*,
In: Multimedia und Computeanwendungen in der Lehre. K. Dette, D. Haupt, C. Ploze, (Hrsg.), Berlin, Springer-Verlag, 1992.
- [Hel99] C. Heller. *Entwicklung einer interaktiven Multimedia Applikation „IP-Routing“*. Diplomarbeit am Lehrstuhl für Kommunikationsnetze, TUM, 1999.
- [Hen01] Wilfried Hendricks, *Plattformen für E-Learning werden von Unternehmen weltweit etabliert*, erschienen in Anytime, Anywhere - IT-gestütztes Lernen in den USA, BMBF Publik Mai 2001.
- [HIS] HIS Hochschul Informations System GmbH, www.his.de
- [HL04] Hauser, T., Löwer, U. M., *Web Services – Die Standards*, Bonn, 2004.
- [HM03] H. Häfele, K. Maier-Häfele. *Autorenwerkzeuge für Learning Content.*, 2003.

- [IEEE] Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE), www.ieee.org
- [ILM99] Y. Inoue, M. Lapierre, C. Mossotto. *The TINA Book -A Co-operative Solution for a Competitive World*, Prentice Hall Europe, London, 1999.
- [IMC] Information Multimedia Communication AG (imc AG), www.im-c.de
- [IMS] Educom's Instructional Management Systems (IMS), www.imsproject.org
- [IMS01] Instructional Management Standard - *Global Learning Consortium, Designing the Future of Global Distributed Learning*, 2001.
- [IntegrTUM] IntegrTUM-Projekt an der Technischen Universität München, www.tum.de/integratum, 2004.
- [ISO 7498-4] Information Processing Systems – Open Systems Interconnection – Basic Reference Model – Part 4: Management Framework. IS 7498-4, International Organization for Standardization and International Electrotechnical Committee, 1989.
- [ISO 10746-1] Open Distributed Processing – Reference Model – Part 1: Overview. DIS 10746-1, International Organization for Standardization and International Electrotechnical Committee, Juni 1995.
- [ISO 10746-2] Open Distributed Processing – Reference Model – Part 2: Foundations. IS 10746-2, International Organization for Standardization and International Electrotechnical Committee, 1995.
- [ISO 10746-3] Open Distributed Processing – Reference Model – Part 3: Architecture. IS 10746-3, International Organization for Standardization and International Electrotechnical Committee, 1995.
- [ISO 10746-4] Open Distributed Processing – Reference Model – Part 4: Architectural Semantics. DIS 10746-4, International Organization for Standardization and International Electrotechnical Committee, 1995.
- [ISO] ISO, International Standards Organization, www.iso.org
- [ITU Q.1202] Intelligent Network - service plane architecture. Recommendation Q.1202, International Telecommunication Union, Oktober 1992.
- [ITU X.703] Open Distributed Management Architecture (ODMA). Recommendation X.703, International Telecommunication Union, Oktober 1997.
- [JAIN] JAIN Initiative, <http://java.sun.com/products/jain>
- [JA-SIG] Java Architectures Special Interest Group (JA-SIG): <http://www.ja-sig.org>
- [JDBC] Sun Microsystems. Java-Database-Connectivity-Kits (JDBC), <http://java.sun.com/products/jdbc>
- [Jos00a] J. Jost. *Interaktive Auswertung und Darstellung von Simulationsergebnissen mit Hilfe eines Java-Clients*. Interdisziplinäres Projekt, Lehrstuhl für Kommunikationsnetze, TUM, 2000.

- [Jos00b] J. Jost. *Entwicklung eines Simulationsmanagers für die Anbindung und Steuerung von Simulatoren über das Netz - Simulation Application Service Providing*. Diplomarbeit am Lehrstuhl für Kommunikationsnetze, TUM, 2000.
- [Kel02] W. Kellerer. *Serverarchitektur zur netzunabhängigen Dienststeuerung in heterogenen Kommunikationsnetzen*, Dissertation, TUM, 2002.
- [Kel98] W. Kellerer. *Dienstarchitekturen in der Telekommunikation -Evolution, Methoden und Vergleich-*. Technical Report TUM-LKN-TR-9801, 1998.
- [KQ98] W. Kellerer, B. Quendt. *Multimedia Service Architectures - An Overview*. EUNICE'98, Open European Summer School on Network Management and Operation, München, Aug. /Sept. 1998.
- [Kue01] T. Künkel, *Streaming Media- Technologien, Standards, Anwendungen*, Addison-Wesley, München, 2001.
- [Lan01] M. Langer. *Konzeption und Anwendung einer Customer Service Management Architektur*. Dissertation, TUM, März 2001.
- [Let99] T. Letsch. *Graphische Benutzeroberfläche für einen Java-basierten ATM-Simulator*. IDP am Lehrstuhl für Kommunikationsnetze, TUM, 1999.
- [LHK96] K. Lewin; U. Heublein, M. Kindt, A. Föge. *Bestandsaufnahme zur Organisation medienunterstützter Lehre an Hochschulen; HIS Kurzinformation A7/96*. Hannover, 1996.
- [Lim01] A. Lim. *An Introduction to Distribution Middleware*. Studienarbeit am Lehrstuhl für Kommunikationsnetze, TUM, 2001.
- [LTSA01] Standard for Learning Technology - Learning Technology Systems Architecture (LTSA), Specification Draft 9, 30.11.2001.
- [LTSC] Learning Technology Standards Committee (LTSC), Untergruppe im IEEE <http://ltsc.ieee.org>
- [LVV00] M. Lerner, G. Vanecek, N. Vidovic, D. Vraslovic. *Middleware Networks: Concept, Design and Deployment of Internet Infrastructure*, Kluwer Academic Publishers Boston 2000.
- [Macromedia] Macromedia Inc.; www.macromedia.com
- [Man02] H. Mandl. Vortrag: *eLearning - Auf dem Weg zu einer neuen Lernkultur*. Münchner Kreis Kongress: eLearning in Unternehmen - Neue Wege für Training und Weiterbildung, München, 20. September 2002.
- [MathWorks] The MathWorks Inc., www.mathworks.com
- [MB00] T. Merz, A. Bör. *Server concept for a user driven management of networked multimedia applications*. Sixth EUNICE Open European Summer School: Innovative Internet Applications, Twente, Netherlands, Sept. 2000.
- [Mer00] T. Merz. *Konzept und Realisierung einer Serverstruktur zur Verwaltung von Multimediaanwendungen*. Diplomarbeit am Lehrstuhl für Kommunikationsnetze, TUM, 2000.

- [Microsoft] Microsoft, www.microsoft.com
- [Mil02] O. Miller. *Content Management*. Studienarbeit am Lehrstuhl für Kommunikationsnetze, TUM, 2002.
- [MT90] M. G. Moore, M. M. Thompson et al. *The effects of distance learning: A summary of the literature*. American Center for the Study of Distance Education (ED 330 321). 1990.
- [MW03] H. Mandl, K. Winkler. *Auf dem Weg zu einer neuen Weiterbildungskultur*. Münchener Kreis Tagung eLearning in Unternehmen - Neue Wege für Training und Weiterbildung, München, 2002.
- [Netobjects] Netobjects, www.netobjects.com
- [Ninja04] Ninja-Projekt der UC Berkeley, <http://ninja.cs.berkeley.edu>, 2004.
- [OKI]: The Open Knowledge Initiative (OKI), www.okiproject.org
- [OKI02] *OKI Architectural Overview* by Scott Thorne, O.K.I. Lead Architect, MIT, Chuck Shubert, O.K.I. Developer, MIT, and Jeff Merriman, O.K.I. Team Leader, MIT; March 22, 2002.
- [OMG] Object Management Group (OMG), <http://www.omg.org>
- [OpenUSS] Open University Support System , <http://openuss.sourceforge.net/openuss>, 2004
- [Ott00] A. Otte. *Entwicklung eines interaktiven Animationsprogramms zum Thema "Wellenlängenrouting in optischen Netzen"*. Diplomarbeit am Lehrstuhl für Kommunikationsnetze, TUM, 2000.
- [OUB] Open University Britain, www.open.ac.uk
- [OUP04] Open Uni Platform, <http://uni-open-platform.fernuni-hagen.de>, 2004.
- [Par04] The Parlay Group. <http://www.parlay.org>, 2004.
- [PB01] Th. Piendl, R. Brugger. *Zur Auswahl einer Web-basierten Lernplattform, Handbuch Hochschullehre: Informationen und Handreichungen aus der Praxis für die Hochschullehre*. Bonn: Raabe Verlag, B 1.19, April 2001.
- [Rei02] Chr. Reithmair, *Modulare Plattform für die Verwaltung von eLearning-Inhalten*. Diplomarbeit am Lehrstuhl für Kommunikationsnetze, TUM, 2002.
- [RFC 1155] M. T. Rose und K. McCloghrie. Structure and Identification of Management Information for TCP/IP based Internets (SMI). Request for Comments (Standard) RFC 1155, Internet Engineering Task Force (IETF), Mai 1990.
- [RFC 1157] J. D. Case C. Darwin, M. Fedor und M. L. Schoffstall. A Simple Network Management Protocol (SNMP). Request for Comments (Standard) RFC 1157, IETF, Mai 1990.
- [RFC 1902] J. Case, K. McCloghrie, M. Rose und S. Waldbusser. RFC 1902: Structure of Management Information for Version 2 of the Simple Network Management Protocol (SNMPv2). Request for Comments, IETF, Januar 1996.

- [RFC 2571] B. Wijnen, D. Harrington und R. Presuhn. RFC 2571: An Architecture for Describing SNMP Management Frameworks. Request for Comments, IETF, April 1999.
- [RMI] Sun Microsystems. Remote Method Invocation (RMI), <http://java.sun.com/j2se/1.4.2/docs/guide/rmi/spec/rmiTOC.html>
- [Rog01] N. Rogers. *Application Service Providing*. Studienarbeit am Lehrstuhl für Kommunikationsnetze, TUM, 2001.
- [RS96] P. Reimann, T. Schult. *Schneller schlauer. Bildung im Multimedia-Zeitalter*. In: c't, Nr. 9, 1996.
- [RSW98] T. Richardson, Q. Stafford-Fraser, K. R. Wood, A. Hopper, *Virtual Network Computing*, IEEE Internet Computing, Vol. 2, Nr. 1, 1998.
- [SAKAI04] SAKAI-Projekt, www.sakaiproject.org, 2004
MIT (<http://web.mit.edu/newsoffice/nr/2004/sakai.html>), 23.01.04
- [SAP] SAP AG, www.sap.com
- [Sch01] R. Schulmeister. *Virtuelle Universität Virtuelles Lernen*. München: Oldenbourg, 2001.
- [Sch03] R. Schulmeister. *Lernplattformen für das virtuelle Lernen, Evaluation und Didaktik*. München: Oldenbourg, 2003.
- [Sch95] J. Schneider, *Multimedia und Neue Lerntechnologien: Mode oder Revolution im „Klassenzimmer“?* In: Marketing und Kommunikation, Nr. 11, 1995.
- [Sch97] R. Schulmeister. *Grundlagen hypermedialer Lernsysteme. Theorie, Didaktik, Design (2. Aufl.)*. München: Oldenbourg, 1997.
- [SCORM] The SCORM Overview, v. 1.2. ADL: Advanced Distributed Learning, Department of Defense USA, 2001.
- [Sen00] A. Senhaji. *Realisierung einer graphischen Benutzeroberfläche für einen Mobilfunksimulator in Java und Anbindung über das Internet*. Diplomarbeit am Lehrstuhl für Kommunikationsnetze, TUM, 2000.
- [SK96] B. Schwarzer, H. Krcmar. *Einführung in die Wirtschaftsinformatik* Stuttgart, Publisher:Poeschel, 1996.
- [SoftDeCC] TCManger von SoftDeCC, www.softdecc.com
- [Sta01] H. Städter, *Fachliche Konzeption einer Plattform für web-basierte Lernwelten*, Universität Göttingen, 2001.
- [Str04] M. Stross, Leiter Medienzentrum TUM, Präsentation 25.05.04
- [SumTotal] SumTotal (ehemals Click2learn Inc.), www.sumtotalsystems.com
- [Sun01] Sun Microsystems Inc., *The Vvalue of Open Standards in Higher Education Infrastructure*, White Paper by John Fowler, 2001.

- [Sun02] Sun Microsystems Inc., *e-Learning Interoperability Standards*, Whitepaper, 2002.
- [Sun03] Sun Microsystems Inc., *e-Learning Framework*, White Paper, 2003.
- [SVS02] H.-W. Six, J. Voss, and W. Schäfer. *Architekturschema für VU-Systeme*, 2002. http://www.campussource.de/projekte/docs/vu_architektur.pdf.
- [Til04] F. Tillmann. *Personalisierung von eLearning-Anwendungen*. Bachelorarbeit am Lehrstuhl für Kommunikationsnetze, Fachgebiet Medientechnik, TUM, 2004.
- [TINA-C] TINA - Telecommunications Information Networking Architecture. TINA-Consortium. <http://www.tinac.com/>, 2004.
- [TS02] A. S. Tanenbaum and M. v. Steen, *Distributed systems: principles and paradigms*. Upper Saddle River, N.J.: Prentice Hall, 2002.
- [uPortal] uPortal Consortium: www.uportal.org , 2004.
- [VC91] J. R. Verduin, T. A. Clark. *Distance Education: The foundations of effective practice*. 1991.
- [VCS] Virtuellen Campus Schweiz (VCS), www.virtualcampus.ch
- [VHB] Virtuelle Hochschule Bayern (VHB), www.vhb.org
- [VIROR] Virtuelle Hochschule Oberrhein (VIROR), www.viror.de
- [VIRTUS] Projekt VIRTUS, www.virtus.uni-koeln.de
- [VNC] VNC (Virtual Network Computing), AT&T Laboratories Cambridge <http://www.uk.research.att.com/vnc>, 2004.
- [Wan99] D. Wang. *Anbindung von Simulatoren über das Internet*. Diplomarbeit am Lehrstuhl für Kommunikationsnetze, TUM, 1999.
- [WebAss] WebAssign, <http://www.campussource.de/software/webassign> , 2004.
- [WINFO] WINFO-Line, www.winfo.de
- [WOJ04] S Wilson, B. Olivier, S. Jeyes, A. Powell, T Franklin, *A Technical Framework to Support e-Learning*, 2004.
- [ZBM02] P. Zentel, K. Bett, D. M. Meister, U. Rinn, & J. Wedekind. Trends und Perspektiven virtueller Hochschule in Deutschland. Untersuchungen auf Grundlage des BMBF-Förderprogramms Neue Medien in der Bildung. *it+ti – Informationstechnik und Technische Informatik* 44, 4/2002.