

Eric Liebau

Untersuchung zu rechnergestützten
Lernmethoden und Aufbau eines
E-Learning-Systems für die Fachgebiete der
Automatisierungstechnik

Diplomarbeit

BEI GRIN MACHT SICH IHR WISSEN BEZAHLT



- Wir veröffentlichen Ihre Hausarbeit, Bachelor- und Masterarbeit
- Ihr eigenes eBook und Buch - weltweit in allen wichtigen Shops
- Verdienen Sie an jedem Verkauf

Jetzt bei www.GRIN.com hochladen
und kostenlos publizieren



Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de/> abrufbar.

Dieses Werk sowie alle darin enthaltenen einzelnen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsschutz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlanges. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen, Auswertungen durch Datenbanken und für die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronische Systeme. Alle Rechte, auch die des auszugsweisen Nachdrucks, der fotomechanischen Wiedergabe (einschließlich Mikrokopie) sowie der Auswertung durch Datenbanken oder ähnliche Einrichtungen, vorbehalten.

Impressum:

Copyright © 2010 GRIN Verlag
ISBN: 9783640871919

Dieses Buch bei GRIN:

<https://www.grin.com/document/166204>

Eric Liebau

**Untersuchung zu rechnergestützten Lernmethoden und
Aufbau eines E-Learning-Systems für die Fachgebiete
der Automatisierungstechnik**

GRIN - Your knowledge has value

Der GRIN Verlag publiziert seit 1998 wissenschaftliche Arbeiten von Studenten, Hochschullehrern und anderen Akademikern als eBook und gedrucktes Buch. Die Verlagswebsite www.grin.com ist die ideale Plattform zur Veröffentlichung von Hausarbeiten, Abschlussarbeiten, wissenschaftlichen Aufsätzen, Dissertationen und Fachbüchern.

Besuchen Sie uns im Internet:

<http://www.grin.com/>

<http://www.facebook.com/grincom>

http://www.twitter.com/grin_com

Diplomarbeit

zur Erlangung des akademischen Grades

Diplom-Ingenieur (FH)

Untersuchung zu rechnergestützten Lernmethoden und Aufbau
eines E-Learning-Systems für die Fachgebiete der
Automatisierungstechnik

Eingereicht von: Eric Liebau

Seminargruppe: 042 ET/TI

Datum der Themenausgabe: 16.10.2009

Datum der Abgabe: 16.04.2010

INHALTSVERZEICHNIS

Abbildungsverzeichnis.....	III
Tabellenverzeichnis.....	IV
Abkürzungsverzeichnis.....	V
Abstract.....	VIII
1 Einleitung.....	1
1.1 Motivation.....	1
1.2 Ziel der Arbeit.....	1
1.3 Aufbau der Arbeit.....	2
1.4 Typografische Konvention.....	3
2 Grundlagen.....	4
2.1 Internetprogrammierung.....	4
2.1.1 Institution W3C.....	4
2.1.2 Begriff Barrierefreiheit.....	5
2.2 E-Learning.....	6
2.2.1 Begriff E-Learning.....	6
2.2.2 Entwicklung.....	7
2.2.3 Erwartungen.....	8
2.2.4 Modelle.....	9
2.2.5 Vorteile und Nachteile.....	10
2.2.6 Beispiellösungen.....	11
2.2.7 Organisationen.....	13
2.3 Standards.....	15
2.3.1 XHTML.....	15
2.3.2 XML.....	15
2.3.3 ADL SCORM.....	17
2.3.4 IMS QTI.....	18
3 Recherchen.....	20
3.1 Content-Management-Systeme.....	20
3.1.1 Anforderungsdefinition.....	21
3.1.2 Joomla.....	22
3.1.3 Drupal.....	23
3.1.4 TYPO3.....	24
3.1.5 Zusammenfassung und Fazit.....	24
3.2 Learning-Management-Systeme.....	25
3.2.1 Anforderungsdefinition.....	26
3.2.2 ILIAS.....	27
3.2.3 Moodle.....	27
3.2.4 metacoon.....	28

3.2.5 Zusammenfassung und Fazit.....	29
3.3 Schlussfolgerung.....	29
4 Entwicklungsprozess.....	32
4.1 Prozessmodell.....	32
4.2 Anforderungsdefinition.....	34
4.2.1 Anforderungen.....	34
4.2.2 Anwendungsszenarien.....	35
4.3 Grobentwurf.....	36
4.3.1 Funktionsübersicht.....	37
4.3.2 Entity-Relationship-Modell.....	40
4.4 Aufwandsabschätzung.....	42
4.5 Feinentwurf.....	43
4.5.1 Strukturierte Analyse.....	43
4.5.2 Strukturierter Entwurf.....	45
5 Implementierung.....	50
5.1 Layout.....	50
5.1.1 Logo.....	51
5.1.2 Design.....	51
5.2 Programmierung.....	51
5.2.1 Modul cs_exercise.....	53
5.2.2 Modul cs_math.....	56
5.2.3 Modul cs_dora.....	59
5.2.4 Modul cs_matlab.....	63
5.2.5 Modul cs_exchange.....	66
5.2.6 Zusammenfassung und Fazit.....	67
6 Testläufe und Qualitätssicherung.....	69
6.1 Verifikation.....	69
6.2 Validierung.....	71
7 Zusammenfassung und Ausblick.....	72
Literaturverzeichnis.....	IX
Glossar.....	XIV
Thesen zur Diplomarbeit.....	XIX

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 2.2.1: Übersicht Realisierungsvielfalt von Blended Learning.....	12
Abbildung 2.3.1: QTI-XML Aufbau eines Lernobjektes.....	19
Abbildung 3.1.1: Schema eines Content-Management-Systems.....	20
Abbildung 3.2.1: Schema eines Learning-Management-Systems.....	26
Abbildung 3.3.1: Schema eines Learning-Content-Management-Systems.....	31
Abbildung 4.1.1: Das V-Modell®.....	33
Abbildung 4.2.1: UML-Diagramm des Anwendungsszenariums E-Learning.....	36
Abbildung 4.3.1: Funktionsdiagramm für Cybernetics Studio.....	40
Abbildung 4.3.2: Enhanced Entity-Relationship-Modell für Cybernetics Studio.....	43
Abbildung 4.5.1: Datenflussdiagramm für Cybernetics Studio.....	47
Abbildung 4.5.2: Konstruktor der Klasse cs_exercise.....	49
Abbildung 4.5.3: Methode zum Ausgeben eines Objektes der Klasse cs_exercise.....	50
Abbildung 4.5.4: Funktion zum Validieren und Speichern einer Übung.....	51
Abbildung 4.5.5: Funktion zum Anzeigen einer Übung oder einer Übungsserie.....	52
Abbildung 5.2.1: Korrekte Port-Belegung eines DORA-Subtrahierers.....	65
Abbildung 5.2.2: Korrekte Port-Belegung eines MATLAB-Subtrahierers.....	68

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 2.2.1: Begriffsbildungsmöglichkeiten des E-Learnings.....	7
Tabelle 2.2.2: Übersicht von E-Learning-Organisationen.....	14
Tabelle 2.3.1: Vergleich des Dokumentenaufbaus von HTML und XML.....	16
Tabelle 3.3.1: Bewertung des Content-Management-Systems Drupal und des Learning-Management-Systems Moodle.....	30
Tabelle 5.2.1: Vergleich von Ubercart mit Cybernetics Studio.....	52
Tabelle 6.1.1: Dokumentenliste der Integrations- und Modultests.....	70

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

AD(H)S	A ufmerksamkeits d efizit(- H yperaktivitäts)- S törung
ADL	A dvanced D istributed L earning Initiative
AICC	A viation I ndustry C BT C ommittee
AJAX	A synchronous J avascript and X ML
ANSI	A merican N ational S tandards I nstitute
API	A pplication P rogramming I nterface
ARIADNE	A lliance of R emote I nstructional and D istribution N etwork for E urope
ASI	A ssessment, S ection, I tem
AT	A utomatisierungstechnik
CASE	C omputer A ided S oftware E ngineering
CBT	C omputer-based T raining
CD-ROM	C ompact D isc R ead- O nly M emory
CERN	C onseil E uropéen pour la R echerche N ucléair
CMS	C ontent- M anagement- S ystem
CS	C ybernetics S tudio
CSS	C ascading S tyle S heets
DFD	D atenfluss d iagramm
DOM	D ocument O bject M odel
DORA	D ortmunder r egelungstechnische A nwenderprogramme
DoS	D enial of S ervice
DTD	D okumenttyp- D efinitionen
DVD	D igital V ersatile D isc
E-Learning	E lectronic L earning
E-Mail	E lectronic M ail
ECMA	E uropean C omputer M anufacturers A ssociation
EERM	E nhanced E ntity- R elationship- M odell
ERM	E ntity- R ealtionship- M odell
GAN	G lobal A rea N etwork
GNU	G NU is n ot U nix
GPL	G eneral P ublic L icense
HTML	H ypertext M arkup L anguage
HTTP	H ypertext T ransfer P rotocol
IEEE	I nstitute of E lectrical and E lectronics E ngineers
IM	I ntant M essaging

IMS	IMS Global Learning Consortium
ISO	International Organization for Standardization
kB	Kilobyte
KI	K ünstliche I ntelligenz
LAN	Local Area Network
LCMS	L earning- C ontent- M anagement- S ystem
LDAP	L ightweight D irectory A ccess P rotocol
LFI	Local F ile I nclusion
LMS	L earning- M anagement- S ystem
LOC	L ines of C ode
MathML	M athematical M arkup L anguage
MIME	M ultipurpose I nternet M ail E xtensions
MIT	M assachusetts I nstitute of T echnology
MM	M itarbeiter m onate
PC	P ersonal C omputer
PHP	P ersonal (Home Page Tools) H ypertext P reprocessor
PM	P ersonen m onate
QTI	Q uestion & T est I nteroperability
SCORM	S harable C ontent O bject R eference M odel
SGML	S tandard G eneralized M arkup L anguage
SMIL	S ynchronized M ultimedia I ntegration L anguage
SMS	S hort M essage S ervice
SQL	S tructured Q uery L anguage
SVG	S calable V ector G raphics
SVN	S ubversion
TCP	T ransmission C ontrol P rotocol
UDP	U ser D atagram P rotocol
UML	U nified M odelling L anguage
URL	U niform R esource L ocator
U.S.	U nited S tates
USA	U nited S tates of A merika
UTF-8	U nicode T ransformation F ormat 8 -bit
VoiceXML	V oice E xtensible M arkup L anguage
VS	V irtunetics S tudio
W3C	W orld W ide W eb C onsortium
WAI	W eb A ccessibility I nitiative

WAN	Wide Area Network
WBT	Web-based Training
WCMS	Web-based Content-Management-System
WWW	World Wide Web
WYSIWYG	What You See Is Waht You Get
XHTML	Extensible Hypertext Markup Language
XML	Extensible Markup Language
XML-RPC	Extensible Markup Language Remote Procedure Call
XSS	Cross Site Scripting

A B S T R A C T

Kaum irgendwo anders schreitet die Entwicklung so schnell voran wie im Internet. Täglich entstehen tausende neue Webseiten mit immer fortschrittlicherer Funktionalität. Täglich suchen Millionen von Menschen bei Suchmaschinen nach Informationen und Hilfe. Täglich werden Unmengen von Nachrichten mit Hilfe des Internets verschickt, wobei nahezu jede einzelne ihren Bestimmungsort sicher erreicht. Im modernen Leben sowie im Sinne der Dezentralisierung und Globalisierung ist eine Kommunikationsform auf Basis von Netzwerken unverzichtbar, sei es durch Local Area Networks (LAN; *deutsch*: lokale Netzwerke) in Firmen und Institutionen, Wide Area Networks (WAN; *deutsch*: Weitverkehrsnetze) von Internetanbietern, bis hin zu Global Area Networks (GAN; *deutsch*: globale Rechnernetze).

Auch im Rahmen hochschulspezifischer Tätigkeiten werden bereits die modernen Kommunikationswege voll ausgenutzt. Sie unterliegen einem fortwährenden Ausbau und einer kontinuierlichen Erweiterung. Studierenden wird es ermöglicht, Vorlesungen und Seminare über das Internet zu verfolgen, ohne sich dabei physisch im Seminarraum, in der Hochschule oder im Land zu befinden. Stundenpläne werden ständig aktualisiert, Einschreibungen zu Seminaren finden online statt und Laborpraktika können vollständig von zu Hause aus absolviert werden.

Aufgrund des enorm hohen Stellenwertes des World Wide Webs (WWW; *deutsch*: weltweites Netz) für den schulischen und hochschultypischen Betrieb, setzt sich diese Arbeit mit bestehenden Verwaltungssystemen, sogenannten Management-Systemen auseinander. Es werden aktuelle Realisierungen analysiert und für deren Einsatz im Gebiet Automatisierungstechnik (AT) bewertet. Bestehende Standards zum Lernen über das Internet und Aufbau barrierefreier Webseiten werden recherchiert. Es erfolgt unter Berücksichtigung der Investigationsergebnisse die Umsetzung einer Lernplattform mit spezieller Ausrichtung auf die Fachgebiete der AT. Dazu wird entweder ein bestehendes Lernportal erweitert und angepasst oder, sollte dies nicht den geforderten Ansprüchen genügen, eine eigenständige Umsetzung angestrebt. Testläufe mit ausgewählten Beispielen demonstrieren die Funktionsfähigkeit der Implementierungen oder verdeutlichen auftretende Problematiken. Dabei wird auf deren Lösungsmöglichkeiten eingegangen. Eine Zusammenfassung der Ergebnisse und insbesondere eine Reihe von Vorschlägen zur Verbesserung der Entwicklungen bilden den Abschluss dieser Arbeit.

1 Einleitung

1.1 Motivation

Die Modernisierung führt in sehr vielen technischen Bereichen zu Vereinfachungen im Alltag. Dabei spielt das Internet und der damit verbundene Datenaustausch eine große Rolle. Sei es beim bargeldlosen Bezahlen oder bei der schnellen, einfachen Kommunikation mit Arbeitskollegen und Geschäftspartnern. Auch die Organisation einer Hochschule wäre ohne diese Kommunikationsform nur schwer vorstellbar. Zu Prüfungsleistungen kann sich online angemeldet werden, Übungsaufgaben und zugehörige Lösungsvarianten sind im WWW verfügbar und Hochschulangestellte können problemlos per Electronic-Mail (E-Mail; *deutsch*: elektronische Post) kontaktiert werden. Um den Studierenden zukünftig noch bessere Lernmethoden und Hilfestellungen für das Selbststudium präsentieren zu können, möchte der Fachbereich Elektrotechnik und Informationstechnik der Fachhochschule Jena eine Plattform zur Verfügung stellen, mit deren Hilfe spezielle Aufgabenstellungen bearbeitet werden können. Hierbei soll Dozenten erleichtert werden, den Wissenstand der Studierenden zu überprüfen und Hochschülern ermöglicht werden, Übungsseries, sofern nötig mit einigen Hilfestellungen, zu absolvieren. Die Lernplattform konzentriert sich dabei hauptsächlich auf die Fachgebiete der Automatisierungstechnik. Ebenfalls wäre ein Einsatz in den Fachrichtungen der Technischen Informatik und der Kommunikations- und Medientechnik möglich.

Diese Diplomarbeit und die daraus resultierende Entwicklung soll als Grundlage für eine Lernplattform dienen, welche in ihren Einsatzgebieten sowohl schulische als auch hochschultechnische oder auch geschäftliche Anwendung finden kann.

1.2 Ziel der Arbeit

Diese Arbeit beschäftigt sich mit der Untersuchung zu konkreten Electrical-Learning (*englisch*: E-Learning; *deutsch*: elektronisch unterstütztes Lernen)-Lösungen. Dabei erfolgt die Ausarbeitung der Thematiken zum Anfertigen von mathematischen Gleichungen und Validieren von Blockschaltbildern im Rahmen der Automatisierungstechnik, unter Zuhilfenahme des World Wide Webs. Es werden bestehende Standards zum barrierefreien Webdesign gemäß dem World Wide Web

Consortium (W3C) aufgeführt und geltende Richtlinien zum Lernen über das Internet recherchiert. Anschließend erfolgt die Auswahl eines geeigneten Management-Systems, wobei der Entscheidung eine entsprechende Anforderungsdefinition zugrunde liegt. Betrachtet werden dabei Learning-Management-Systeme (LMS; *deutsch*: Lernplattformen) und Content-Management-Systeme (CMS; *deutsch*: Inhaltsverwaltungssysteme). Nach Auswahl eines qualifizierten Systems wird eine zur Themenstellung entsprechende Erweiterung geschaffen, um das Bewältigen konkreter Aufgabenstellungen der Automatisierungstechnik zu ermöglichen. Die Dortmunder regelungstechnischen Anwenderprogramme (*DORA*) und die Softwarelösung *MATLAB/Simulink* werden bei dieser Konzeption unterstützend herangezogen und in den Arbeitsablauf des E-Learning-Projekts eingegliedert. Gegenstand dieser Arbeit wird es ebenfalls sein, Funktionstests des aufgebauten Systems durchzuführen, auf Problematiken und deren Lösungen hinzuweisen, wie auch Einstiegspunkte für eine Fortführung zu bieten.

1.3 Aufbau der Arbeit

Der Aufbau dieser Arbeit lässt sich nach den einführenden Worten aus Abschnitt 1 in sechs wichtige Punkte einteilen. Zunächst werden in Kapitel 2 die Grundlagen zur Internetprogrammierung behandelt. Ebenso erfolgt die Erläuterung von verschiedenen Standards zur Gestaltung von Webseiten und Konstruktion von E-Learning-Anwendungen, welche zum Verständnis dieser Arbeit notwendig sind. Fernerhin wird auf die Geschichte, Methoden und Erwartungen des E-Learnings eingegangen. Anschließend sind in Kapitel 3 die Rechercheergebnisse aufgeschlüsselt. Mit Hilfe der dort gewonnenen Informationen kann der Entwicklungsprozess der zu entwerfenden Software in Punkt 4 detailliert betrachtet werden. Dabei wird ein passendes Modell für die Softwareentwicklung ausgewählt. Außerdem werden die Anforderungen an die zu erstellende Anwendung ausführlich definiert. Daraufhin stellt Kapitel 5 die Implementierung der kompletten Software vor und erläutert verschiedene Lösungsalgorithmen näher. Die Validierung des Projektes erfolgt in Punkt 6. Kapitel 7 beinhaltet eine Zusammenfassung aller Ergebnisse und endet mit einem Ausblick für einen zukünftigen Ausbau der Software.

1.4 Typografische Konvention

In dieser Arbeit werden verschiedene Darstellungsformate und Schriften verwendet, um die Lesbarkeit des Textes zu erhöhen und unterschiedliche Informationen leichter differenzieren zu können:

- Codefragmente wie Funktionsaufrufe und Variablennamen werden, ebenso wie Datei- und Ordernamen, innerhalb des Textes und in Abbildungen in Schreibmaschinenschrift aufgeführt. Methoden und Attribute von Klassen in der objektorientierten Programmierung werden durch einen Pfeil in der Form Klasse->Methode/Attribut gekennzeichnet, sofern dies nicht bereits aus dem Kontext hervorgeht. Reicht ein Codeausschnitt über zwei Zeilen hinaus, so wird dieser eingerückt mit einfachen Zeilenabstand in verkleinerter Schrift dargestellt.
- Uniform Resource Locators (URL; *deutsch*: einheitlicher Quellenanzeiger) kommen in Fußnoten und in den Literaturverzeichnissen vor. Im Literaturverzeichnis befindet sich hinter einer URL das Datum und die Zeit des letzten Zugriffs auf die Webseite.
- *Kursiv* dargestellte Begriffe und Bezeichnungen ohne Anführungszeichen werden im Anhang befindlichen Glossar genauer erklärt.
- Um Benutzergruppen persönlich anzusprechen, wird die dritte Person Singular in ihrer männlichen Form formuliert. Damit ist sowohl das weibliche als auch das männliche Geschlecht gemeint, auch wenn es nicht im Schriftbild erscheint.

2 Grundlagen

Für das Verständnis dieser Arbeit ist es notwendig, einige Begriffe und Standards der Internetprogrammierung und des E-Learnings umfassender zu erläutern. Im Folgenden wird auf das Gremium W3C eingegangen, welches sich mit der Standardisierung von Techniken im World Wide Web beschäftigt. Danach erfolgt eine Darstellung des E-Learnings, wobei die Grundprinzipien, verschiedene Modelle und Erwartungen besonders hervorgehoben werden. Ebenso findet eine Beschreibung der Vor- und Nachteile des computerunterstützten Lernens und eine Vorstellung ausgewählter Beispielanwendungen statt. Abschließend werden bestehende und zu berücksichtigende Standards für den Aufbau von Webseiten und speziell für die Entwicklung von Lernplattformen angesprochen.

2.1 Internetprogrammierung

2.1.1 Institution W3C

Mit seiner Arbeit bildet das W3 Consortium die Grundlage für jeden Fortschritt im Internet. Es ist mit seinen Normen und Standards der Ausgangspunkt für Webseitengestaltung und bildet gleichwohl die Basis für E-Learning-Portale. Aufgrund seiner Bedeutung für diese Arbeit wird in diesem Abschnitt die Institution und ihr Wirken näher vorgestellt.

Das World Wide Web Consortium ist eine nicht staatliche und nicht kommerzielle Organisation, welche 1994 von Tim Berners-Lee und dem Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire (CERN; *deutsch*: Europäische Organisation für Kernforschung) gegründet wurde. Mittlerweile gehören dem W3C über 500, vorwiegend institutionelle, Mitglieder an, wie beispielsweise das Massachusetts Institute of Technology (MIT), die Fraunhofer-Gesellschaft und DaimlerChrysler. Zu den Aufgaben des W3C zählen unter anderem die Entwicklung und Validierung von Standards im Internet, die Definition von Zeichensätzen, welche von allen *Browsern* weltweit verstanden werden, ebenso wie die Konzeption von Zugangstechnologien für Behinderte. Generell hat sich das W3C zur Aufgabe gesetzt, offene Standards für den allgemeinen Informationsaustausch über das Internet zu entwickeln und zu publizieren. Dabei ist zum Beispiel die Seitenbeschreibungssprache Hypertext Markup Language (*HTML*; *deutsch*: Hypertext-Auszeichnungssprache) und das ereignisorientierte Document Object Model (DOM)

entstanden. Des Weiteren gingen aus dem W3C weiterführende semantische Konzepte, wie die Beschreibungssprache Extensible Markup Language (XML; *deutsch*: erweiterbare Beschreibungssprache) hervor. (vgl. [BROCKHAUS]¹)

Die Standards Extensible Hypertext Markup Language (XHTML; *deutsch*: erweiterte Hypertext-Auszeichnungssprache) und XML werden separat in den Kapiteln 2.3.1 und 2.3.2 näher erläutert.

2.1.2 Begriff Barrierefreiheit

Im Folgenden werden grundlegende Regelungen zur Gestaltung von barrierefreien Internetauftritten kurz erläutert, was jedoch keine vollständige Auflistung aller Bestimmungen bedeutet.

Gemäß den Zugangsrichtlinien für Web-Inhalte des W3C soll bei der Gestaltung von Internetauftritten ausdrücklich auf die Zugänglichkeit durch Menschen mit Behinderungen geachtet werden. Zudem werden unter Berücksichtigung dieser Richtlinien Webseiten für alle Benutzergruppen besser zugänglich, unabhängig von deren *Benutzeragenten* (Desktop-Browser, Sprach-Browser, Blindenschrift-Display, Mobiltelefon, Computer in einem Automobil und weitere). Dadurch verringern sich auch die Einschränkungen bei der Benutzung in einem lauten Umfeld, schlecht oder zu hell beleuchteten Räumen oder in Umgebungen, in denen die Hände nicht benutzt werden können. Zugleich ermöglicht es Besuchern, Informationen schneller aufzufinden. Die Anforderungen implizieren das Bereitstellen von geeignetem äquivalentem Inhalt für jeden Audio- oder visuellen Beitrag. Dabei muss der gleiche Zweck oder die gleiche Funktion wie der originäre Inhalt gewährleistet sein. Desgleichen müssen Texte und Grafiken auch dann noch verständlich sein, wenn diese ohne Farben betrachtet werden. Dito wird das Verwenden von *Markup-Sprachen* entsprechend ihrer Definition und Spezifikation vorgeschrieben. Im konkreten Fall bedeutet das eine strikte Trennung von Inhalt und Darstellung durch den Einsatz von *HTML* und *Stylesheets*. Zugleich sollen Tabellen nur für die Anzeige von tabellarischem Inhalt benutzt werden. Weiterführend beschreibt die Richtlinie ein genaues Kennzeichnen von sprachlichen Besonderheiten, wie zum Beispiel dem Wechsel der Sprache. (vgl. [WCAG]²)

Ergänzend ist noch zu erwähnen, dass sogenannte *Frames*, welche zum Einteilen des Anzeigebereiches in mehrere unabhängige Bereiche dienen, grundlegend vom W3C

1 F.A. Brockhaus AG: *World Wide Web Consortium*. In: *Der Brockhaus multimedial 2007 premium*.

2 World Wide Web Consortium; Web Accessibility Initiative: *Web Content Accessibility Guidelines 1.0*.

gebilligt werden, dennoch prinzipiell von einer Benutzung abgeraten wird, da sie entscheidend im Konflikt mit den beschriebenen Barrierefreiheiten stehen. So können verschiedene *Benutzeragenten* keine *Frames* darstellen, womit unterschiedliche Benutzergruppen mit Behinderungen ausgeschlossen werden. *Frames* stehen auch in Divergenz zu einigen Grundsätzen des World Wide Web. Anhand der URL kann der in den einzelnen *Frames* angezeigte Inhalt nicht direkt rekonstruiert werden. Das wirkt sich sowohl auf die Erstellung von Lesezeichen zu Webseiteninhalten als auch auf die Unterstützung vieler Internetsuchmaschinen negativ aus. Nicht zuletzt kann das Drucken einer Website mit der Einteilung in *Frames* zu Schwierigkeiten führen. (vgl. [SUBOTNIK]¹ und [NETZWELT]²)

Zur Umsetzung der empfohlenen Richtlinien dient die Veröffentlichung *Techniques for Web Content Accessibility Guidelines 1.0* (vgl. [WCAG-TECH]³) des World Wide Web Consortiums, auf das sich bei der Realisierung des Webseitendesigns an der Stelle 5.1 teilweise bezogen wird. Die „Barrierefreie Informationstechnik-Verordnung“ der Bundesrepublik Deutschland (BRD), nachzulesen in [BITV]⁴, basieren ausdrücklich auf den Zugangsrichtlinien des W3 Consortium und besagen eine explizite Ausführung aller Bestimmungen für Internetauftritte von Behörden der BRD. Dadurch wird deren Wichtigkeit für aktuelle Web-Anwendungen gut verdeutlicht und sollte daher stets angestrebt werden.

2.2 E-Learning

2.2.1 Begriff E-Learning

Der Begriff des E-Learnings ist nur schwer zu definieren, da er den aktuellen Techniken und Modeerscheinungen stark unterworfen ist. Weiterhin findet er in der Literatur und in Erklärungen von Unternehmen und Institutionen keine einschlägige Abgrenzung. Wörtlich übersetzt bedeutet der Begriff „elektronisches Lernen“. (vgl. [PETERS]⁵)

Nach [JKUWIKI]⁶ ergibt sich für das E-Learning folgende weit gefasste Definition:

E-Learning ist die Übertragung von Lerninhalten durch elektronische Medien. Dies

1 Subotnik: *Probleme mit FRAMES*. URL <http://www.subotnik.net/html/frames.html>

2 Netzwelt: *Plädoyer gegen Frames*. URL <http://netzwelt.gaming-hut.de/sections.php?op=viewarticle&artid=26>

3 World Wide Web Consortium; Web Accessibility Initiative: *Techniques for Web Content Accessibility Guidelines 1.0*.

4 BGBl. I S. 2654 (idF v. 17.07.2002): *Barrierefreie Informationstechnik-Verordnung*.

5 Peters, Meikel: *Was ist E-Learning?* In: *Begriffsauffassungen und Entwicklung des E-Learnings*. S. 3

6 Johannes Kepler Universität Linz: *E-Learning*. URL <http://elearn.jku.at/wiki/index.php/E-Learning>

beinhaltet das Internet, Intranets, Extranets, Satellitenübertragungen, Video, interaktives Fernsehen und CD-Rom. (vgl. [JKUWIKI]¹)

Der Einsatz von rechnergestütztem Lernen findet in verschiedenen Themenkreisen, wie Wirtschaft, Forschung oder Bildung, unterschiedliche Anwendung. Demzufolge existieren verschiedene Begriffe, welche zum Teil identische Bedeutungen oder Überlappungen bilden, beziehungsweise dem E-Learning über- oder untergeordnet werden können. Tabelle 2.2.1 zeigt eine Auswahl von Basisbegriffen, mithilfe derer eine Vielzahl von Begriffsbildungsmöglichkeiten hervorgehen. (vgl. [PETERS]²)

Medium	Beschreibung	Aktion
Computer	Assisted	Instuction
	Aided	Learning
	Based	Education
Web	Enhanced	Training
	Mediated	Teaching
	Interactive	Development

Tabelle 2.2.1: Begriffsbildungsmöglichkeiten des E-Learnings (vgl. [PETERS]³)

2.2.2 Entwicklung

Ansätze des elektronischen Lernens sind bereits im 19. Jahrhundert mit der Entwicklung der Lehrmaschine von Halycon Skinner zu finden. Ursprünge für maschinenunterstütztes Lernen existierten mit dem Leserad bereits im 16. Jahrhundert. (vgl. [BEER]⁴).

Folgende Betrachtung der Entwicklung des E-Learnings wird sich jedoch mit der Definition als rechnergestütztes Lernen und dem Einsatz von Computertechnologien beschäftigen. Die Entwicklung von Transistoren führte in den 1960er Jahren, mit der Entstehung der Rechenmaschinen, zur ersten technischen Umsetzung des elektronischen Lernens. Beispiele für computerunterstütztes Lernen sind unter anderem der Geromat, der Robbimat und der Bakkalaureus. Diese Umsetzungen waren in lerntheoretischer Sicht sehr von dem *Behaviorismus* geprägt, jedoch noch nicht in der Lage komplexe Lernprogramme wiederzugeben. Mit Beginn der 1970er Jahre trat der *Kognitivismus* an die Stelle der behavioristischen Theorie. Der Aufschwung der Mikroprozessoren und die Einführung der Personal- und Heimcomputer unterstützte dabei den Ausbau von Lerntechnologien und intensivierte deren Nutzung im Bildungsbereich.

1 Johannes Kepler Universität Linz: *E-Learning*. URL <http://elearn.jku.at/wiki/index.php/E-Learning>

2 Peters, Meikel: *Was ist E-Learning?* In: *Begriffsauffassungen und Entwicklung des E-Learnings*. S. 3

3 Peters, Meikel: *Tabelle 2.1*. In: *Begriffsauffassungen und Entwicklung des E-Learnings*. S. 3

4 Beer, Virginia: *Entwicklung E-Learning – Die Vorläufer*. In: *Grundlagen Lerntechnologien*. S. 3

Lernumsetzungen konzentrierten sich weniger auf die instruktive Wissensvermittlung, sondern zunehmend auf selbstständiges Erkennen von Zusammenhängen. Mit zunehmender Erweiterung der künstlichen Intelligenz (KI) und der Ausbreitung des Internets in den 1990er Jahren eröffneten sich eine Vielzahl neuer Möglichkeiten für das rechnergestützte Lernen. Zusätzlich zu den kognitiven Ansätzen trat der *Konstruktivismus* in Erscheinung. Bei diesem lag die Grundlage des Wissenserwerbs vorwiegend im individuellen Konstruktionsprozess, aufbauend auf dem Vorwissen des Lernenden in Verbindung mit sozialem Austausch. Lernsysteme wurden mit einer zunehmend komplexeren Umgebung aufgebaut und enthielten ein größeres und flexibleres Angebot an multimedialen Inhalten und Simulationen. Heutzutage besitzt das E-Learning sowohl im Bildungsbereich als auch in industriellen und geschäftlichen Gebieten einen hohen Verbreitungsgrad. (vgl. [PETERS]¹)

2.2.3 Erwartungen

Besonders an den Einsatz des E-Learnings an Hochschulen werden hohe Erwartungen gestellt. Der *Wissenschaftsrat* formulierte im Jahr 1998 grundlegende Erwartungen an die Qualitätsverbesserungen durch rechnergestütztes Lernen. Einige von diesen sind das Selbststudium, Zeit- und Ortsungebundenheit, bessere Betreuung der Studierenden, Vielfalt individueller Lebensmuster, Brücke zu lebenslangem Lernen, Verknüpfung von Forschung und Lehre, Einnahmemöglichkeiten durch internationalen Vertrieb von Lehrangeboten sowie verbesserte Arbeitsmarktchancen der Absolventen. Zusätzlich zu dem Qualitätsanstieg soll der Einsatz von Technik kurzfristig räumliche, personelle oder sächliche Defizite mildern. Diese Erwartung der Effizienzsteigerung soll zugleich die Qualität und Attraktivität des Studienangebotes intensivieren und den Absolventen internationale Konkurrenzfähigkeit bieten. Zwar werden diese Bestrebungen mittlerweile mit Skepsis betrachtet, verlieren dadurch aber keineswegs ihre Nachhaltigkeit, sofern die erheblichen Kosten bedacht werden. (vgl. [SCHWARZ]²)

Viele dieser Erwartungen sind mittlerweile auch auf Unternehmenslösungen des elektronischen Lernens übertragbar. Mitarbeiter können sich gezielt und ohne den wiederkehrenden Einsatz von Ausbildern weiterbilden, wobei eine zeitliche und örtliche Unabhängigkeit ermöglicht wird. Durch aktive Beteiligung des Personals bleibt der multimediale Lerninhalt nachhaltiger im Gedächtnis. Nicht zuletzt ist, durch

1 Peters, Meikel: *Entwicklungsgeschichte des E-Learnings*. In: *Begriffsauffassungen und Entwicklung des E-Learnings*. S. 11

2 Schwarz, Christina: *Erwartungen an das elearning an der Hochschule*. In: *elearning und Bildungspolitik: Von der Nachhaltigkeit hoher Erwartungen*. S. 2

unterschiedliche Vorkenntnisse und Einsatzgebiete der Mitarbeiter, eine individuelle Anpassung des Lernsystems auf jede einzelne Person möglich.

2.2.4 Modelle

E-Learning wird grundsätzlich nach den verwendeten Technologien klassifiziert (siehe Tabelle 2.2.1). Dabei handelt es sich einerseits um Einzelplatz orientiertes Computer-based Training (CBT; *deutsch*: computerbasiertes Training), welches auf der Grundlage von Lernprogrammen auf abspielbaren Medien, wie Compact Disc Read-Only Memory (CD-ROM) oder Digital Versatile Disc (DVD) beruht, aber keine Verbindung zum Intra- oder Internet erfordert. Andererseits bezieht sich Web-based Training (WBT; *deutsch*: netzbasiertes Training), auch Onlinelearning genannt, ausschließlich auf netzwerk- und kommunikationsorientierte Wissensdatenbanken und Lernportale. Weiterhin werden die Formen Telelearning beziehungsweise M(obil)learning und Blended Learning (*deutsch*: integriertes Lernen) unterschieden. Ersteres erfolgt durch Rückgriff auf mobile Technologien der Telekommunikation. Als Blended Learning wird ein Lernmodell bezeichnet, in dem Online- und Präsenzphasen variationsreich verzahnt sind. (vgl. [BROCKHAUS]¹)

Alle Varianten zum rechnergestützten Lernen können vom Lernenden zeitlich und räumlich vorwiegend flexibel genutzt werden. In Realisierungen zu diesem Thema besteht oftmals kein direkter Kontakt mit den Lehrenden oder Mitlernenden, woraus eine asynchrone Kommunikation resultiert. Jedoch existieren auch synchrone Ausführungen des elektronischen Lernens. Hierbei können Lernende untereinander oder gemeinsam mit einem Tutor einen Termin vereinbaren und in virtuellen Klassenzimmern, Chat-Räumen oder über Audio- und Videokonferenzen kommunizieren. (vgl. [NORDMEDIA]²)

Das Computer-based Training wird, je nach Grad der Interaktivität, in drei Varianten gegliedert. Die erste und einfachste Form bilden Präsentations- und Browsingsysteme, oft auch als elektronische Bücher bezeichnet, in denen Informationen semantisch miteinander verbunden und multimedial präsentiert werden. Eine zweite Variation des CBT sind tutorielle Systeme. Diese reagieren helfend und beurteilend auf Aktionen des Lernenden und sind in ihrer Unterrichtsform dem Lernfortschritt angepasst. Simulationssysteme sind als dritte Möglichkeit dem computerbasierten Training

1 F.A. Brockhaus AG: *E-Learning*. In: *Der Brockhaus multimedial 2007 premium*

2 Nordmedia: *Arten von eLearning*. URL

http://www.nordmedia.de/content/digitale_medien/elearning_niedersachsen/fachinformationen/modelle/subcontent/arten_von_elearning/index.9677.html

zuzuordnen. Sie simulieren typische Situationen, an welchen Lernende Lösungsmöglichkeiten entwickeln und einprägen können. (vgl. [BROCKHAUS]¹)

Obwohl das Computer-based Training eine weit verbreitete Form des E-Learnings ist, hat sich mittlerweile mit dem Web-based Training eine zusätzliche Technik durchgesetzt. Diese integriert das CBT vollständig, überwindet die Beschränkungen auf Einzelarbeit und ermöglicht Lernenden die Kommunikation untereinander sowie mit lehrenden und betreuenden Personen. Es bestehen die Möglichkeiten, Fragen zu stellen, Hinweise anzufordern und selbst Hilfe zu geben. (vgl. [BROCKHAUS]²)

Zunehmend finden sogenannte Self-authoring-Systeme Anwendung, die inzwischen ohne größeren technischen Aufwand erstellt werden können. Damit können Dozenten ihre Veranstaltungen eigenständig aufzeichnen und innerhalb eines Netzwerkes oder im Internet zur Verfügung stellen. Oft werden in diesen Aufzeichnungen auch Kommentare, Übersichten und Bildmaterial zusätzlich verwendet. Live-E-Learning-Systeme beruhen auf dem selben Prinzip. Sie unterscheiden sich jedoch in dem wesentlichen Faktum, dass Lernende unvermittelt Fragen stellen oder die Vortragsgeschwindigkeit bewerten können. (vgl. [NORDMEDIA]³)

2.2.5 Vorteile und Nachteile

E-Learning-Systeme bieten gegenüber konventionellen Lernmitteln den Vorteil, dass eine weitestgehende zeitliche Flexibilität und örtliche Unabhängigkeit besteht. Es kann individuell gelernt und Lerninhalte können mit Text, Bild, Ton, Video und Animation kombiniert werden, um so zu besonderer Anschaulichkeit und Vertiefung beizutragen. Bei einem entsprechenden Aufbau des Kontextes kann sich jeder Teilnehmer individuell und interaktiv integrieren. Dabei kann der Lehrgehalt nach einem persönlichen Rhythmus gelernt und individuell wiederholt werden. Die Lernenden bestimmen vorwiegend selbst Reihenfolge und Tempo. Zugleich wird ein gemeinsames Lernen ermöglicht, auch wenn eine räumliche Trennung der Personen besteht. Ein Lernsystem kann ebenfalls auf unterschiedliche Wissensstände verschiedenartig reagieren. Der Vorteil für Lehrkörper ist ebenfalls nicht zu vernachlässigen. Unterrichtsmaterialien müssen nur einmalig zur Verfügung gestellt und Veranstaltungen unikal in dem E-Learning-System veröffentlicht werden. Bestehende Lernobjekte können wiederverwendet oder unterschiedlich zu einem

1 F.A. Brockhaus AG: *Computer-based Training*. In: *Der Brockhaus multimedial 2007 premium*

2 F.A. Brockhaus AG: *WBT*. In: *Der Brockhaus multimedial 2007 premium*

3 Nordmedia: *Arten von eLearning*. URL

http://www.nordmedia.de/content/digitale_medien/elearning_niedersachsen/fachinformationen/modelle/subcontent/arten_von_elearning/index.9677.html

neuen Inhalt kombiniert werden. Jedoch erfordert effizientes Fortbilden mit elektronischen Medien vom Lernenden anhaltende Motivation und Durchhaltevermögen. Zudem kann es vorkommen, dass Benutzer erst den Umgang mit den ungewohnten Techniken erlernen müssen. Bei mangelnder Disziplin oder Unerfahrenheit im Selbststudium können unter anderem Fehleinteilungen der Lernzeiten oder missverständliche Koordinierungen mit Lernpartnern entstehen. Nicht zuletzt sollten die hohen Produktionskosten einer geeigneten Lernumgebung und für die Bereitstellung von Lernangeboten berücksichtigt werden. Investitionen in eine moderne Datenverarbeitungsinfrastruktur können zusätzlich hinzukommen. (vgl. [NORDMEDIA]¹)

Der größte Lernerfolg wird laut [BROCKHAUS]² erzielt, wenn rechnergestütztes Lernen mit konventionellen Lernmethoden kombiniert wird, beispielsweise bei einem Einsatz von E-Learning im Rahmen eines herkömmlichen Seminars. Didaktische Aspekte und pädagogische Nutzen sollten bei dem Aufbau einer multimedialen Lernumgebung stets beachtet werden, um einen sogenannten *Multimedia-Overkill* zu vermeiden. Diese Ansätze spiegeln sich im Blended Learning wider. Abbildung 2.2.1 demonstriert die Vielfalt der Methoden, Medien und Lerntheorien, die im Blended Learning realisiert werden können.

2.2.6 Beispiellösungen

Ein Beispiel für ein Web-based Training stellt die Internetrealisierung von [LILI]³ dar. Zur Umsetzung wurde das Learning-Management-System „ILIAS“ herangezogen, was in Kapitel 3.2.2 näher betrachtet wird. Mit Hilfe dieser Webseite werden den Benutzern Lehrmaterialien angeboten. Durch die übersichtliche Auflistung aller Lehrangebote und die inhaltliche Strukturierung der einzelnen Materialien, sind diese sofort nutzbar und auch zum Nachschlagen einzelner Fakten geeignet. Zu jedem Angebot werden zusätzlich auch Glossare zur Verfügung gestellt, um ein schnelles Nachlesen unbekannter Begriffe zu gewährleisten. Abschließend findet der Benutzer noch Möglichkeiten zur selbstständigen Wissensüberprüfung. Die Übungsaufgaben sind dabei ausgeführt als Multiple-Choice-Fragen, Lückentexte, numerische Fragen, Zuordnungs- und

1 Nordmedia: *Welchen Nutzen bietet eLearning?* URL

http://www.nordmedia.de/content/digitale_medien/elearning_niedersachsen/fachinformationen/nutzen/index.html

2 F.A. Brockhaus AG: *Computer-based Training*. In: *Der Brockhaus multimedial 2007 premium*

3 Universität Bielefeld: *ILIAS an der LiLi-Fakultät der Universität Bielefeld*. URL <http://ilias.lili.uni-bielefeld.de>

Anordnungsfragen oder Freitextfragen.

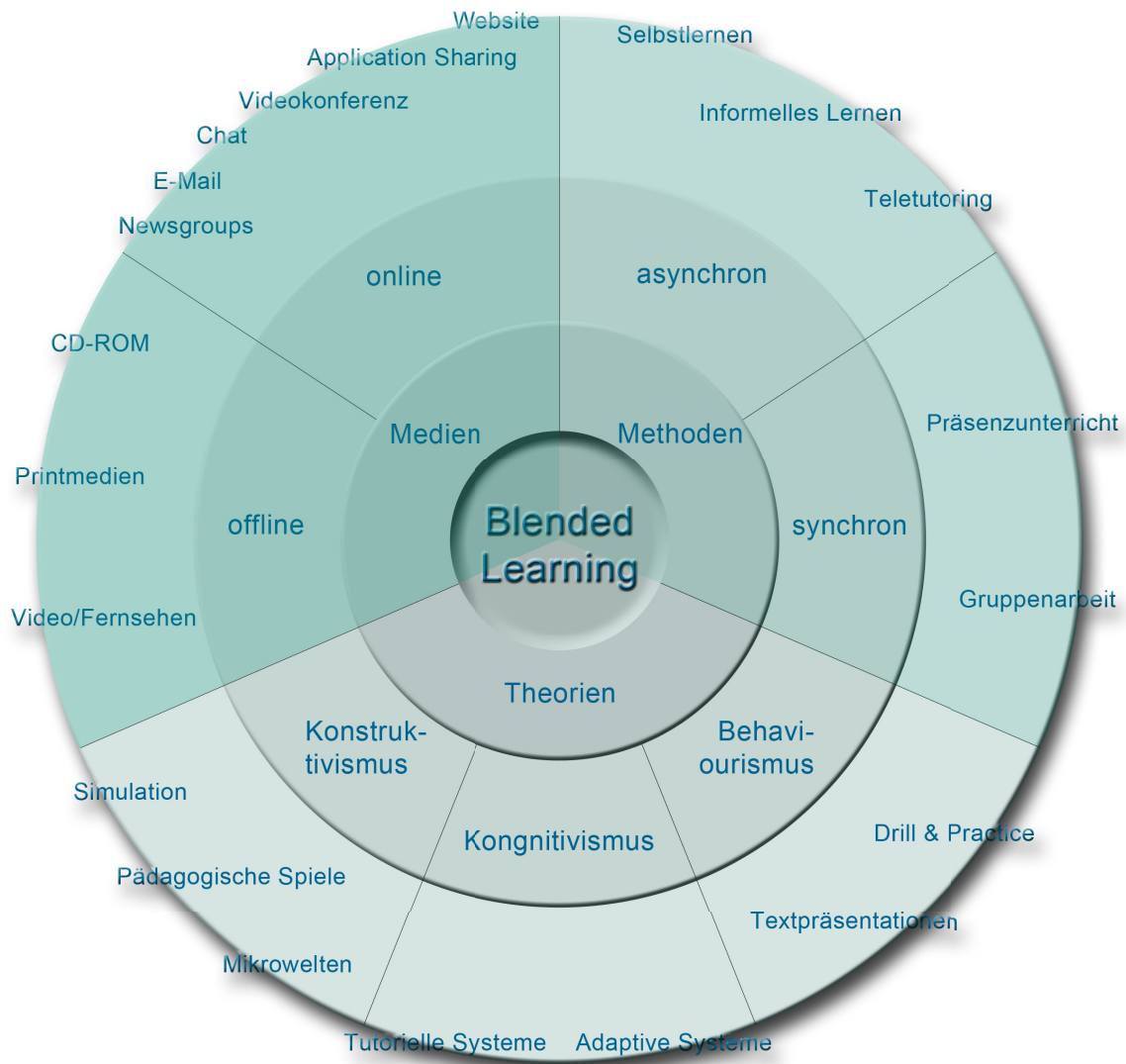


Abbildung 2.2.1: Übersicht Realisierungsvielfalt von Blended Learning (vgl. [WIDAWIKI]¹)

Als ein weiteres Beispiel beschreibt die E-Learning-Lösung der Ruhr-Universität Bochum, FernUniversität Hagen, Universität Dortmund und DEMAG Cranes & Components GmbH eine Umsetzung für das Lernen und Experimentieren im virtuellen Labor. Dabei handelt es sich um eine besondere Internetumsetzung, mit deren Hilfe autorisierte Benutzer verschiedene Laborexperimente der Regelungstechnik zeitlich und räumlich nahezu uneingeschränkt durchführen können, ohne dabei auf wertvolle Erfahrungen und Eindrücke von Laborpraktika zu verzichten. Alle Realisierungen können über einen javafähigen *Browser* durchgeführt werden und bieten dem Benutzer eine audiovisuelle Rückmeldung zu den Ausführungen. Der Betreuung der Studierenden kommt dabei ein hoher Stellenwert zu und erfolgt synchron zum Experiment mittels

¹ Universität Dortmund: *Blended Learning*. URL http://widawiki.wiso.uni-dortmund.de/index.php/Blended_Learning

Telefon, E-Mail, *Voice over IP*, oder Chat. (vgl. [VIRTLABOR]¹)

Entwickler und Autoren von multimedialen Lernangeboten sind besonders daran interessiert, ihre Programme durch Layout, Sprachwahl, Bebilderung, Musik und Effekte von traditionellen Lernmitteln abzuheben, um die besondere Motivation der neuen Medien hervorzuheben. Dabei wird versucht, Elemente der Unterhaltungsindustrie in den Lerninhalt zu integrieren oder komplett damit zu umgeben. Um sich einen Marktvorsprung besonders bei jüngeren Nutzern zu sichern, sind manche Lernprogramme kaum noch von Computerspielen zu unterscheiden. Der Begriff *Edutainment* hat sich für diese Versuche, Lernen mit Unterhaltung zu stilisieren, herausgebildet. (vgl. [WEIDENMANN]²)

Eine besonders ansprechende Realisierung bietet die Genius-Reihe des Cornelson-Verlags mit den Lernspielen „Genius - Unternehmen Physik“, „Genius - Task Force Biologie“ und „Genius - Im Zentrum der Macht“. Mit diesen, vorwiegend auf Spielspaß ausgerichteten Umsetzungen, wird den Benutzern Fachwissen durch Erfolge im Spiel vermittelt oder ihnen das erlernte Wissen für ein weiteres Voranschreiten im Spiel abverlangt. Ein Nichtanwenden oder falsches Anwenden wird größtenteils mit Spielnachteilen sanktioniert. (vgl. [CORNELSEN]³)

2009 wurde auf der GamesCom Köln, Europas größter Messe für interaktive Spiele und Unterhaltung, das Lernspiel „2weistein“ vorgestellt. Diese E-Learning-Umsetzung berücksichtigt die neuesten wissenschaftlichen Erkenntnisse aus der *Dyskalkulie-* und *AD(H)S* (Aufmerksamkeitsdefizit-(Hyperaktivitäts)störung)-Forschung, bietet Konzentrationstrainings, Rechenaufgaben aus der Grundschule und passt den Schwierigkeitsgrad entsprechend an den Wissenstand des Spielers an. (vgl. [2WEISTEIN]⁴)

2.2.7 Organisationen

Weltweit existieren die unterschiedlichsten Organisationen zur Standardisierung von E-Learning-Inhalten verschiedenster Art, wie in der Auswahl in Tabelle 2.2.2 zu sehen ist. (vgl. [SCHNEIDER]⁵)

1 Schmidt, C.; Hoyer, H.; Jochheim, A.; Kiendl, H.; Krause, P.; Praczyk, J.; Röhrig, C.: *Fernlabortechnik der Universität Dortmund*. IN: *Experimentieren und Lernen im virtuellen Labor*

2 Weidenmann, Prof. Dr. Bernd; Krapp, Prof. Dr. Andreas: *Lernen mit Medien*. In: *Pädagogische Psychologie Lehrbuch*. S. 465

3 Cornelsen Verlag: *Genius*. URL <http://www.cornelsen.de/genius/>

4 Brainmonster Studios GmbH: *2weistein*. URL <http://www.2weistein.de/html/features.html>

5 Schneider, Dipl.-Kfm. Arne: *Standardisierungs-Organisationen*. In: *IMS Learning Design als Grundlage für die Gestaltung von e-Learning-Systemen*. S. 8

Abkürzung	Name
ADL	Advanced Distributed Learning Initiative
ALIC	Advanced Learning Infrastructure Consortium
ARIADNE	Alliance of Remote Instructional and Distribution Network for Europe
ASTD	American Society for Training and Development
ANSI	American National Standards Institute
AICC	Aviation Industry CBT Committee
LTWS	CEN/ISSS Learning Technology Workshop
CETIS	Centre for Educational Technology Interoperability Standards
DCMI	Dublin Core Meta-data Initiative
EdNA	Education Network Australia
IMS	IMS Global Learning Consortium
SC36	ISO/IEC JTC1 SC36
IEEE LTSC	Learning Technology Standards Committee
SIF	School Interoperability Framework

Tabelle 2.2.2: Übersicht von E-Learning-Organisationen (vgl. [SCHNEIDER]¹)

Die Veröffentlichungen dieser Gremien werden jedoch nicht sofort zu offiziellen Standards anerkannt. Vielmehr handelt es sich um Spezifikationen, die nach einer Prüfung von einer dafür vorgesehenen Organisation, wie beispielsweise dem Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE; *deutsch*: Institut für Ingenieure der Elektrik und Elektronik) zu den Standardisierungsgremium International Organization for Standardization (ISO; *deutsch*: Internationale Organisation für Normung) oder American National Standards Institute (ANSI; *deutsch*: Institut für US-amerikanische Normung), um nur einige zu nennen, weitergeleitet werden. (vgl. [SCHNEIDER]²)

Bei Advanced Distributed Learning Initiative (ADL) handelt es sich um eine von dem Verteidigungsministerium der United States of America (USA; *deutsch*: Vereinigten Staaten von Amerika) unterstützte Einrichtung, die im Zuge des Fortschritts des E-Learnings Spezifikationen untersucht und entwickelt. Die bekannteste Entwicklung von ADL ist das in Abschnitt 2.3.3 genauer beschriebene Shareable Content Object Reference Model (SCORM). Im Gegensatz dazu handelt es sich bei dem IMS Global Learning Consortium (IMS) um ein Konsortium, welches aus Bildungsinstituten und Firmen des E-Learning-Wirtschaftszweiges besteht und sich auf Spezifikationen auf XML-Basis

1 Schneider, Dipl.-Kfm. Arne: *Standardisierungs-Organisationen*. In: *IMS Learning Design als Grundlage für die Gestaltung von e-Learning-Systemen*. S. 8

2 Schneider, Dipl.-Kfm. Arne: *Standardisierungs-Organisationen*. In: *IMS Learning Design als Grundlage für die Gestaltung von e-Learning-Systemen*. S. 9

spezialisiert hat. (vgl. [SCHNEIDER]¹)

Auf die Publikation Question & Test Interoperability (QTI) des IMS wird in Abschnitt 2.3.4 ausführlicher eingegangen.

2.3 Standards

Um die resultierende Entwicklung dieser Diplomarbeit zu standardisieren und zu anderen Realisierungen zum Thema E-Learning, speziell zu WBT-Lösungen, kompatibel zu gestalten, ist die Beachtung einiger Standards notwendig. Eine Einführung zu den Richtlinien und Normen zur Erstellung von Internetanwendungen, als auch speziell von E-Learning-Programmen soll dieser Abschnitt bieten.

2.3.1 XHTML

XHTML ist eine Definition von *HTML* auf der Grundlage der Beschreibungssprache XML (siehe Kapitel 2.3.2). Es ist gelungen, das bisherige *HTML* auf Basis der Standard Generalized Markup Language (SGML; *deutsch*: standardisierte verallgemeinerte Auszeichnungssprache) komplett mithilfe von XML nachzubilden. Um Verwirrungen zu vermeiden, wurde eine neue Bezeichnung mit einer separaten Versionsverwaltung eingeführt. Seit 2000 liegt XHTML in der Version 1.0 vor und besitzt damit den gleichen verbindlichen Stellenwert wie die letzte *HTML*-Version im SGML-Format, ergo *HTML* 4.01. Tatsächlich ist ein XHTML-Dokument genauso ein echtes XML-Dokument, wodurch es möglich wird, verschiedene Programmiersprachen auf dieser Basis miteinander zu kombinieren und zu vereinen. (vgl. [SELFHTML]²)

In den moderneren XHTML-Varianten, wie etwa XHTML Strict 1.0, XHTML Basic 1.0 oder XHTML 2.0, sind typografische Elemente zur Gestaltung des Inhaltes nahezu komplett aus der Syntax verschwunden. Künftig soll für die visuelle Gestaltung von XHTML-Dokumenten ausschließlich auf Stylesheet-Regeln verwiesen werden. Das hat den großen Vorteil, dass sowohl Inhalt als auch Darstellung unabhängig voneinander editiert werden können.

2.3.2 XML

Nachdem 1996 die Entwicklung von XML begonnen war, wurde es 1998 vom W3C als neuer Standard vorgestellt und bezeichnet eine Metasprache zur Strukturbeschreibung

1 Schneider, Dipl.-Kfm. Arne: *Standardisierungs-Organisationen*. In: *IMS Learning Design als Grundlage für die Gestaltung von e-Learning-Systemen*. S. 10

2 SELFHTML e.V.: *Unterschiede zwischen XHTML und HTML*. URL <http://de.selfhtml.org/html/xhtml/unterschiede.htm>

von Dokumenten. Sie gilt als vollständig medien- und plattformunabhängig und kann somit auf allen Betriebssystemen bearbeitet, als auch auf einen Drucker, in elektronischer Form oder im Internet ausgegeben oder veröffentlicht werden. Damit ist der große Vorteil von XML-Dokumenten, nämlich die neutrale Form der Dateien, schnell ersichtlich. In XML wird lediglich eine Quelle als Ausgangspunkt für zahlreiche Weiterverarbeitungen des Dokuments benötigt. (vgl. [BROCKHAUS]¹)

Ogleich in *HTML* eine direkte Kennzeichnung von individuellen Elementen kaum möglich ist und die Sprache mit ihren über 400 *Tags* (*deutsch*: Markierung) einen recht hohen Lernaufwand erfordert, macht gerade der äußerst geringe Sprachaufwand XML zu einem leistungsstarken Werkzeug. Während bei *HTML* das Vokabular ausschließlich der Formatierung dient, definiert XML keinen einzigen *Tag* in seinem Sprachstandard, sondern überlässt es vielmehr dem Ermessen des Autors, passende Markierungen zu finden. Es kann für jede Aufgabe eine individuelle Lösung mit einem, für den Zweck angemessenen, Vokabular zusammengestellt werden. Damit legt XML den Schwerpunkt auf die semantische Strukturierung der Daten. Ein Beispiel dafür bietet die Gegenüberstellung von *HTML* und XML in Tabelle 2.3.1 bei der Erstellung eines Briefes. (vgl. [BALZERT2]²)

HTML	XML
<pre><html> <body> <p> Max Mustermann
 Musterstr. 1
 12345 Musterstadt </p> <p>Muster-Betreff</p> <p>Herr Mustermann,</p> <p>Muster-Text</p> </body> </html></pre>	<pre><?xml version="1.0" encoding="UTF-8" ?> <Brief> <Adresse> <Name>Max Mustermann</Name> <Strasse>Musterstr. 1</Strasse> <PLZ>12345</PLZ> <Ort>Musterstadt</Ort> </Adresse> <Betreff>Muster-Betreff</Betreff> <Anrede>Herr Mustermann,</Anrede> <Text>Muster-Text</Text> </Brief></pre>

Tabelle 2.3.1: Vergleich des Dokumentenaufbaus von HTML und XML (vgl. [BALZERT2]³)

Während in *HTML* weder ersichtlich wird, dass es sich um einen Brief und nicht um eine Notiz oder ähnliches handelt, kann in XML eine direkte und individuelle Kennzeichnung aller Bestandteile des Wurzel-Elementes `<Brief>` vorgenommen werden. Dadurch wird eine einheitliche Formatierung gleichartiger XML-Dokumente ermöglicht, was große

1 F.A. Brockhaus AG: *XML*. In: *Der Brockhaus multimedial 2007 premium*
 2 Balzert, Prof. Dr.-Ing. habil. Helmut: *Von HTML zu XML*. In: *Lehrbuch der Software-Technik - Software-Entwicklung*. S. 969ff
 3 Balzert, Prof. Dr.-Ing. habil. Helmut: *Von HTML zu XML*. In: *Lehrbuch der Software-Technik - Software-Entwicklung*. S. 970f

Vorteile beim automatischen Verarbeiten bietet, beispielsweise bei der Suche von Dokumentenarten oder Elementen in Dokumenten. Um sicherzustellen, dass gleiche Dokumententypen identische Formatierungen aufweisen, können Dokumenttyp-Definitionen (DTD) direkt in dem XML-Dokument oder indirekt über eine URL integriert werden und bieten damit eine gute Methode zur Standardisierung von Austauschformaten. DTD werden jedoch in Zukunft von den sogenannten XML-Schemata abgelöst, welche erheblich erweiterte Möglichkeiten, besonders bei der Beschreibung von spezifischen Datentypen, erlauben. (vgl. [BALZERT2]¹)

Mit der Sprache XML wurden bereits zahlreiche Anwendungen realisiert, welche zum Teil zu eigenen Standards herangewachsen sind und von verschiedenen Organisationen, unter anderem auch dem W3C, gepflegt werden. Die Bekanntesten sind Synchronized Multimedia Integration Language (SMIL), Scalable Vector Graphics (SVG), Mathematical Markup Language (MathML), Voice Extensible Markup Language (VoiceXML), XHTML und DocBook. (vgl. [KÄNZLER]²)

In Kapitel 2.3.4 wird die XML-Lösung des E-Learning-Standards Question & Test Interoperability näher betrachtet.

2.3.3 ADL SCORM

Das Standard Shareable Content Object Reference Model (SCORM) der Institution ADL beinhaltet im Wesentlichen ein Modell, welches andere E-Learning-Standards und Spezifikationen in sich vereint, dadurch miteinander in Verbindung setzt und auf diese referenziert. Insofern kann SCORM als Vermittlung zwischen anderen, in diesem Gebiet tätigen Organisationen, wie der Alliance of Remote Instructional and Distribution Network for Europe (ARIADNE), dem IEEE, dem IMS und dem Aviation Industry CBT Committee (AICC) gesehen werden. Zudem setzt sich das SCORM-Modell aus den folgenden drei großen Komponenten zusammen:

- Content Aggregation Modell (*deutsch*: Inhaltsaggregationsmodell) beschreibt die Beziehungen einzelner Lernobjekte untereinander.
- Run-Time Environment (*deutsch*: Laufzeitumgebung) beschreibt die zur Laufzeit der E-Learning-Anwendung benötigten Datenmodelle und Protokolle.
- Sequencing and Navigation (*deutsch*: Sequenzierungs- und Navigationsverfahren)

1 Balzert, Prof. Dr.-Ing. habil. Helmut: *Dokumenttyp-Definitionen*. In: *Lehrbuch der Software-Technik - Software-Entwicklung*. S. 971ff

2 Känzler, Christine: *Die XML-Syntax*. In: *XML / XLS für Buch und Web*. S. 9

beschreibt, in welcher Abfolge das Lernangebot dem Lernenden präsentiert werden soll.

(vgl. [SOMMER]¹)

Diese Komponenten sind jeweils in separaten Dokumentationen beschrieben, auf welche an dieser Stelle jedoch nicht genauer eingegangen wird. Vielmehr wird das in Abschnitt 2.3.4 beschriebene IMS QTI ausführlicher betrachtet.

2.3.4 IMS QTI

Question & Test Interoperability beschreibt eine Spezifikation zum Austausch von computerbasierten Lernobjekten, wie beispielsweise Übungen, Prüfungsszenarien und Lehrmaterialien. Sie ist eine von mehreren Veröffentlichungen des IMS, um den internationalen, standardisierten Austausch von Tests und Kursprüfungsobjekten zu organisieren. Dieser Standard ist weltweit sehr verbreitet und findet ebenso an vielen deutschen Hochschulen und Fachhochschulen eine Anwendung. QTI beschreibt den Basisaufbau von Fragen und den jeweils zugehörigen Lernobjekten wie Bilder, Lösungen, Hilfestellungen und Benotungen bei Erfüllung beziehungsweise Nichterfüllung der Aufgabenstellung. Dabei bedient es sich am XML-Standard und ist wie in Abbildung 2.3.1 aufgebaut. Es erfolgt zunächst die Definition eines „Items“ (*deutsch*: Element), welches alle benötigten Informationen bezüglich einer Aufgabenstellung und deren Beantwortung enthält. Hierbei handelt es sich, neben der Fragestellung selbst, um die bereits erwähnten Lösungsmöglichkeiten, Benotungen und Rückmeldungen für den Benutzer. Eine „Section“ (*deutsch*: Sektion) wiederum kann mehrere Elemente beinhalten, wobei mehrere Sektionen in sogenannten „Assessments“ (*deutsch*: Einschätzung) integriert sind. Zusammenfassend wird diese Unterteilung als ASI (Assessment, Section, Item)-Struktur bezeichnet. Für ein besseres Verständnis des ASI-Informationsmodells verdeutlichen die Abschnitte „Beispiel-Fragestellung“ und „Beispiel-Quelltext“ (siehe II QTI-XML Beispiel, In: Anhang zur Diplomarbeit) ein einfaches Beispiel einer Aufgabenstellung mit dem zugehörigen QTI-XML-Schemata. Hat der Teilnehmer diese Beispielaufgabe richtig beantwortet, so erhält er eine „Score“ (*deutsch*: Punktzahl) von Eins (siehe ebd. Zeile 37) und eine Mitteilung über die Richtigkeit der Lösung (siehe ebd. Zeile 48). Eine Analogie für eine falsche Beantwortung der Frage ist in Zeile 30 (siehe ebd.) mit einer Punktzahl von Null und in

¹ Sommer, Daniel: *Qualitätssysteme in SCORM-kompatiblen Umgebungen*. In: *Qualitätssysteme für E-Learning-Anwendungen*. S. 163

Zeile 43 (siehe ebd.) mit dem Hinweis auf die unkorrekte Lösung der Aufgabe gegeben. (vgl. [SCHNEIDER]¹)

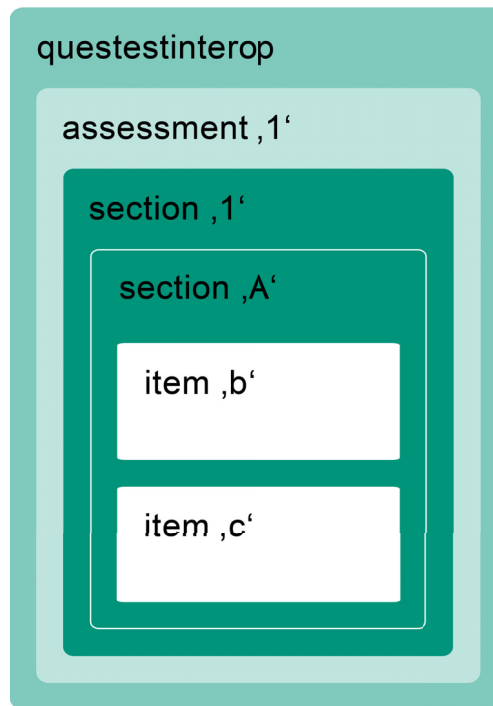


Abbildung 2.3.1: QTI-XML Aufbau eines Lernobjektes (vgl. [SCHNEIDER]²)

Die ASI-Struktur soll im weiteren Verlauf dieser Arbeit als Spezifikation für den Austausch von Übungsaufgaben berücksichtigt werden. Insofern ist darauf zu achten, dass ein Export in den IMS QTI-Standard, entweder mit Hilfe des benutzten Management-Systems oder mit einer entsprechenden Implementierung in der aus dieser Arbeit resultierenden Software ermöglicht wird. Dadurch können die erstellten Übungsaufgaben für das Gebiet der Automatisierungstechnik auch in weiteren E-Learning-Lösungen an anderen Hochschulen eingesetzt werden, sofern dieser Übungstyp entsprechend unterstützt wird.

1 Schneider, Dipl.-Kfm. Arne: *IMS Question and Test Interoperability*. In: *IMS Learning Design als Grundlage für die Gestaltung von e-Learning-Systemen*. S. 30f

2 Schneider, Dipl.-Kfm. Arne: *IMS Question and Test Interoperability*. In: *IMS Learning Design als Grundlage für die Gestaltung von e-Learning-Systemen*. S. 31

3 Recherchen

In diesem Kapitel werden verschiedene Management-Systeme untersucht. Dabei wird grundlegend zwischen Content-Management-System und Learning-Management-System unterschieden. Für jedes System werden aus der Vielzahl an Umsetzungen drei Vertreter ausgewählt und miteinander auf Vorteile und Nachteile verglichen. Die Ergebnisse aus der Gegenüberstellung bilden die Grundlage für den Entwicklungsprozess und die Implementierung der E-Learning-Software für die Gebiete der Automatisierungstechnik. In Anbetracht der differenzierten Einsatzgebiete beider Systemarten, wird jeweils zu Beginn der Vergleiche eine Anforderungsdefinition abgegrenzt, mit deren Hilfe die Bewertungen der einzelnen Vertreter vorgenommen werden.

3.1 Content-Management-Systeme

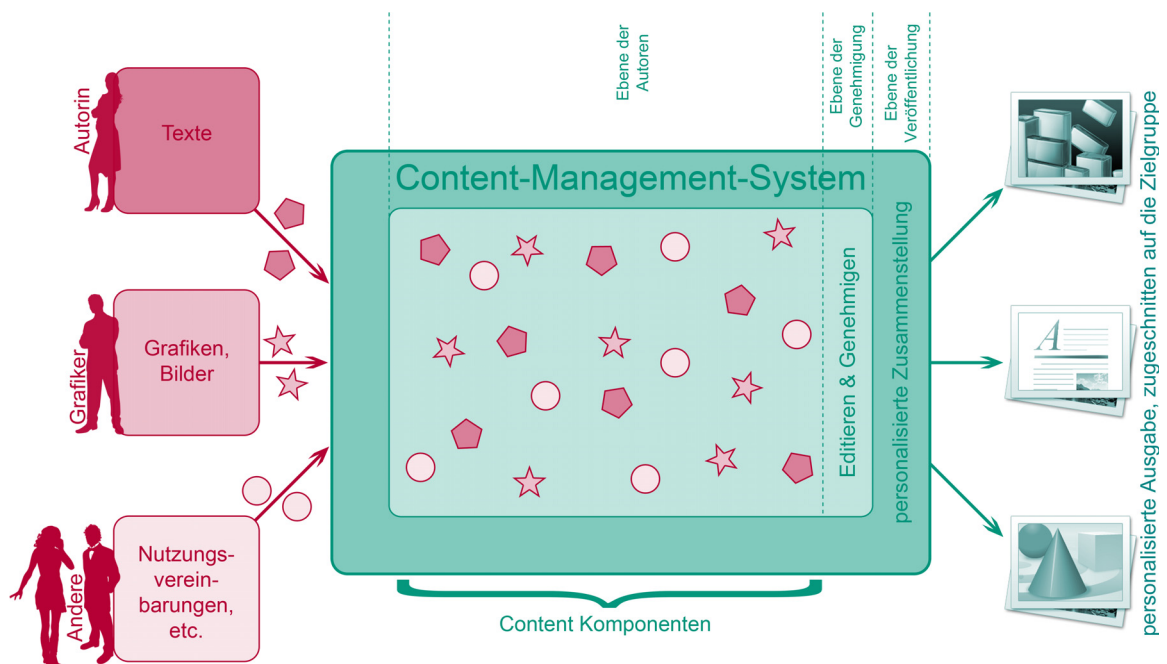


Abbildung 3.1.1: Schema eines Content-Management-Systems (vgl. [HAEFELE]¹)

Ein Content-Management-System ist eine Softwarelösung zur Verwaltung und Darstellung von Inhalt beliebiger Art. Dieser wird detachiert von anderen Funktionalitäten oder Darstellungen des Systems gehalten und kann beliebig miteinander verknüpft werden. Autoren bietet es die Möglichkeit einer gemeinschaftlichen Erstellung und Bearbeitung von Inhalten. Aufgrund der modularen Arbeitsweise und der medienneutralen Datenhaltung dieser Systeme können Inhalte an beliebiger Stelle

¹ Kornelia Maier-Haeefe; Hartmut Haeefe: *Webbasierte Lehr- und Lernplattformen*. In: *Learning-, Content-, und Learning-Content-Management-Systeme: Gemeinsamkeiten und Unterschiede*. S. 11

wiederverwendet und auf unterschiedlichen Medien präsentiert werden. Je nach Anwendung ist es zudem möglich, differenzierte Rechte für das Betrachten und Bearbeiten der einzelnen Inhalte zu vergeben (siehe Abbildung 3.1.1). Unterteilt werden CMS in druckorientierte Systeme, sogenannte Redaktionssysteme, und weborientierte, beziehungsweise webbasierte Content-Management-Systeme (WCMS). WCMS werden auf *Webservern* installiert und eingerichtet. Die Systemvoraussetzungen für einen solchen *Webserver* ist je nach Produkt unterschiedlich. Der Zugriff erfolgt üblicherweise über einen clientseitigen *Benutzeragenten*, wie beispielsweise einen *Internet-Browser*. (vgl. [BROCKHAUS]¹)

Die folgende Analyse bezieht sich ausschließlich auf die webbasierten Umsetzungen. Dazu werden aus der Angebotsfülle an CMS drei wichtige Vertreter selektiert und auf Basis der Anforderungsdefinition gegenübergestellt. Vorteile und Nachteile, bevorzugte Anwendungsszenarien sowie Eignung für die angestrebte Softwarelösung dieser Diplomarbeit werden dabei leicht ersichtlich.

3.1.1 Anforderungsdefinition

Eine genaue Spezifikation der gewünschten Anforderungen ist die Grundlage für die Auswahl eines Management-Systems und somit ebenfalls die Voraussetzung für das Vorschreiten im E-Learning-Projekt. CMS können sowohl für Firmenpräsenzen, für sogenannte *Community* (*deutsch*: Gemeinschaft)-Webseiten und nicht zuletzt für Informationsportale und Lernumgebungen herangezogen werden. Aufgrund der universalen Einsetzbarkeit ist die entsprechende Definition der Anforderungen an die gewünschte Verwendbarkeit als Lernportal an einer Hochschule anzupassen. Dabei muss das Ziel, nämlich die Erstellung einer Plattform zum Absolvieren von Übungsaufgaben der Automatisierungstechnik, ständig berücksichtigt werden. Ebenfalls ist der hochschulische Einsatz der Software zu beachten, wodurch der Sicherheit und Anfälligkeit des CMS zusätzliche Aufmerksamkeit zukommen muss. Auf Basis dieser Vorüberlegungen erfolgt die Einteilung der Anforderungen in fünf Hauptkategorien, welche wiederum in Unterpunkte gegliedert sind. Somit bleibt die Überschaubarkeit der Bewertung gewahrt und ist jederzeit nachvollziehbar. Zusätzlich werden alle Kategorien je nach Wichtigkeit für das Projekt dieser Arbeit unterschiedlich bemessen, wodurch einige dieser nachhaltiger in die Bewertung einfließen als andere.

- Die **Installation** beschreibt die Ersteinrichtung und Neueinrichtung des CMS und alle

1 F.A. Brockhaus AG: *Content-Management-System*. In: *Der Brockhaus multimedial 2007 premium*

damit verbundenen Systemvoraussetzungen. Ist das Management-System auf einem passenden *Server* eingerichtet, hat dieser Punkt nahezu keine weitere Bedeutung für die weiteren Funktionalitäten und ist dementsprechend niedrig bewertet.

- Die **Funktionalität** charakterisiert den grundlegenden Funktionsumfang, den Seitenaufbau und die Datenverwaltung des CMS, ohne dabei auf zusätzliche Module zurückgreifen zu müssen. Hinsichtlich der Sicherheit kommt der Benutzer- und Rechteverwaltung in diesem Punkt zusätzliche Aufmerksamkeit zugute.
- In der Kategorie **Zuverlässigkeit** werden fundamentale Standards, wie die in Abschnitt 2.1 erwähnte W3C-Konformität und die Barrierefreiheit der Web Accessibility Initiative (WAI) nach [WCAG]¹ sowie grundlegende Sicherheitsaspekte bewertet.
- Die **Benutzbarkeit**, als das wesentlichste Bewertungskriterium, spiegelt die Übersichtlichkeit, die Einarbeitungszeit, die geforderten Grundkenntnisse zur Benutzung wie auch eine persönliche Impression auf Basis von Referenzseiten und eines ersten Eindrucks wider. Die Wichtigkeit dieser Kategorie resultiert aus einem ständig wechselnden Benutzerstamm, sowohl der Endbenutzer als eventuell auch der Administratoren. Ein System mit hervorragenden Funktionalitäten, aber einer unzulänglichen Benutzbarkeit ist daher kaum zu vertreten.
- Die Eigenschaft der **Änderbarkeit** beschreibt inwieweit Änderungen am laufenden System durch Administratoren vorgenommen werden können. Außerdem wird die Möglichkeit zur Systemerweiterung durch zusätzliche Module berücksichtigt. Zudem werden die Dokumentation des Content-Management-Systems und das Vorhandensein einer Application Programming Interface (API; *deutsch*: Programmierschnittstelle) für Entwickler bewertet.

Aus der Fülle an bestehenden kostenpflichtigen und kostenlosen Content-Management-Systemen wurden die drei unentgeltlichen Vertreter Joomla, Drupal und TYPO3 ausgewählt. (siehe III Vergleich von Content-Management-Systemen, In: Anhang zur Diplomarbeit)

3.1.2 Joomla

Joomla ist eines der drei Content-Management-Systeme und unter der GNU is not Unix/General Public License (*GNU/GPL*; *deutsch*: GNU ist nicht Unix/allgemeine

¹ World Wide Web Consortium; Web Accessibility Initiative: *Web Content Accessibility Guidelines 1.0*.

öffentliche Lizenz) veröffentlicht. Es ist aus dem *Open-Source*-Projekt Mambo hervorgegangen. (vgl. [Joomla]¹)

Mit Joomla wurde zwar ein CMS geschaffen, das sich schnell einrichten und an einfache Ansprüche anpassen lässt, aber in der Funktionalität sehr eingeschränkt ist. Die Menüführung ist auf Kosten der Leistungsfähigkeit sehr übersichtlich gehalten. Außerdem bringt Joomla standardmäßig eine fertig eingerichtete Benutzeroberfläche (Frontend) mit, welche lediglich mit Inhalt gefüllt werden muss. Somit ist das System nach der Installation sofort einsatzfähig. Mit Joomla soll letztendlich auch nicht so versierten Benutzern die Erstellung einer Internetpräsenz ermöglicht werden, was sich ebenfalls an den eingeschränkten Verwaltungsmöglichkeiten widerspiegelt. Die überaus aktive Community stellt darüber hinaus eine Vielzahl an zusätzlichen Modulen frei zur Verfügung, womit das Kernsystem erheblich erweitert werden kann. Sicherheitstechnisch ist allerdings zu erwähnen, dass eine unsichere Konfiguration des *Servers* gefordert wird. Dadurch könnten gefährliche Quelltexte auf den *Server* gelangen und kritische Aktionen durchführen. Diese Systemvoraussetzung kann nur durch entsprechendes Fachwissen umgangen werden.

3.1.3 Drupal

Drupal ist ein, unter der *GNU/GPL*-Lizenz veröffentlichtes, *Open-Source*-Content-Management-System. Die Intention von diesem System liegt, neben seiner Eigenschaft als Inhaltsverwaltungssystem, bei den unterschiedlichen Formen der Zusammenarbeit und bietet räumlich getrennten Personen die Möglichkeit, gemeinsam zu arbeiten, zu diskutieren sowie eigene Ideen zu entwickeln. (vgl. [CONTENTMANAGER]²)

Mit Drupal wurde eine Verbindung zwischen ausgezeichneter Funktionalität und Bedienbeziehungswise Benutzerfreundlichkeit geschaffen, ohne hierbei eine der beiden Dispositionen zu vernachlässigen. Die Benutzung erfolgt, sowohl für Endbenutzer als auch für Administratoren, nahezu intuitiv und das nicht zuletzt durch das integrierte Hilfesystem. Aufgrund der gut strukturierten Dokumentation, der strikten modularen Funktionsweise und der verwendeten Programmiersprache *PHP: Hypertext Preprocessor* (*PHP*; *deutsch*: Hypertext Präprozessor für Werkzeuge für persönliche Webseiten) lässt sich das System sehr leicht erweitern. Neben der fein definierbaren Rechteverwaltung

1 Joomla! Deutschland e.V.: *Was ist Joomla?* URL <http://hilfe.joomla.de/hilfe/die-entwicklung-von-joomla/35-grundinformation/93-was-ist-joomla.html>

2 Oliver Zschau (V.i.S.d.P.), Hagen Graf: *Drupal im Überblick*. In: *Content Management Systeme im Überblick*. S. 4

kommen auch die ausführliche Statistik und die *Tracking* (*deutsch*: Verfolgung)-Funktion der Sicherheit des Systems und den darin befindlichen sensiblen Daten zugute.

3.1.4 TYPO3

TYPO3 ist ein sehr häufig vorkommendes und überaus mächtiges Content-Management-Systeme auf dem Markt. Auch dieses Produkt ist unter der Lizenz *GNU/GPL* veröffentlicht. (vgl. [CONTENTMANAGER]¹)

TYPO3 steht völlig im Gegensatz zu dem bereits beschriebenen Joomla-System. Es stellt ein überdurchschnittlich leistungsfähiges Content-Management-System mit einer Vielzahl an Funktionalitäten dar. Diese Fülle an Möglichkeiten reduziert jedoch merklich die Benutzbarkeit des Systems. Der Endbenutzer hat ohne fachliche Kenntnisse und einer langen Einarbeitungsphase nicht die Möglichkeit, eine benutzbare Internetpräsenz zu erstellen oder zu verwalten. Auch die Ersteinrichtung des Systems bedarf einer genauen Vorbereitung und stellt zusätzliche Anforderungen an den *Server*. Darüber hinaus erschwert die produkteigene Programmiersprache die eigenständige Anpassung und Weiterentwicklung des Systems sowie die Integration von Anwendungen, für welche es originär nicht konzipiert wurde.

3.1.5 Zusammenfassung und Fazit

Aus der Bewertungstabelle der drei Content-Management-Systeme (siehe III Vergleich von Content-Management-Systemen, In: Anhang zur Diplomarbeit) ist mühelos zu erkennen, wie schwierig es für Entwickler und Hersteller ist, ein leistungsstarkes, aber gleichzeitig auch gut überschaubares und einfach zu bedienendes System zu erschaffen. Wie bereits in der Beschreibung der Benutzbarkeit in Abschnitt 3.1.1 angedeutet, kann ein System nur so leistungsfähig sein, wie es durch den Benutzer ersichtlich und bedienbar ist. Dies bedeutet konkret, dass Funktionalitäten, die durch ungenügende Überschaubarkeit und mangelnde Orientierung nicht zum Einsatz kommen können, für den Benutzer eine nicht zur Verfügung stehende Funktionalität darstellen. Besonders auffällig ist dabei die Realisierung von TYPO3 als eines der leistungsfähigsten Management-Systeme, mit einer unübersichtlichen, anfänglich sogar verwirrenden Menüführung. Die Verwaltungsebene kann zwar auf eine leichter erfassbare Umgebung angepasst werden, benötigt dazu aber einen in diesem System kundigen Administrator oder Entwickler. Zugleich sind alle tiefgreifenden Systemänderungen und

¹ Oliver Zschau (V.i.S.d.P.), Andreas Gaul: *TYPO3 im Überblick*. In: *Content Management Systeme im Überblick*. S. 13

Wartungsarbeiten nur durch einen solchen ausführbar.

Genau gegensätzlich zu TYPO3 steht das Content-Management-System Joomla. Es zeichnet sich durch seine leicht verständliche Administrationsebene und mühelose Handhabung aus. Auf komplexere Strukturen wird dabei bewusst verzichtet, um möglichst viele Verbraucher, besonders für kleine bis mittlere Projekte, anzusprechen. Die aktive Community unterstützt die Joomla-Entwicklungen zusätzlich mit individuellen und größtenteils frei zur Verfügung stehenden Erweiterungen.

Eine Kombination aus den Vorteilen beider Content-Management-Systeme schafft das Drupal-Projekt und reduziert überdies die Nachteile auf ein Minimum. Benutzern werden zugunsten der Übersichtlichkeit im Verwaltungsbereich differenzierte Möglichkeiten zur Navigationsanzeige geboten. Nach einer kurzen Orientierungsphase kann der Benutzer vom kompletten Leistungsumfang des Systems profitieren. Alle Funktionalitäten sind gut erkennbar aufgelistet und bei der Erstinstallation bereits vorkonfiguriert. Der Drupal-Kern selbst liefert alle notwendigen Eigenschaften einer funktionsfähigen Internet-, Intranet- oder Community-Anwendung und verfolgt einen konsequenten modularen Aufbau. Darüber hinaus bietet die kreative Gemeinschaft zusätzliche hochwertige Module, um die Einsatzmöglichkeiten von Drupal stetig auszubauen. Anhand der gestellten Anforderungen an ein Content-Management-System und der soeben beschriebenen hervorragend umgesetzten Verknüpfung von Funktionalität und Benutzbarkeit, stellt sich Drupal als das angemessenste CMS für die Realisierung des E-Learning-Projektes heraus. Demgemäß wird es für weitere Betrachtungen und einen direkten Vergleich mit einem Learning-Management-System in Abschnitt 3.3 ausgewählt.

3.2 Learning-Management-Systeme

Dieser Abschnitt der Recherchen widmet sich einer weiteren Form der webbasierten Inhaltsverwaltung, nämlich den Learning-Management-Systemen. Eine solche Realisierung besitzt die grundlegenden Fähigkeiten der Datenspeicherung eines CMS, ist hierbei aber auf den Umgang mit Lehrmitteln und Übungsaufgaben spezialisiert und bietet zudem eine Kommunikationsschnittstelle zwischen Lernenden und Lehrenden (siehe Abbildung 3.2.1). Infolgedessen werden Möglichkeiten zur Validierung von Leistungsüberprüfungen verschiedener Art angeboten. (vgl. [ZRNKA]¹)

1 Zrnka, Dipl.-Ing. Susanne: *Bezeichnungen und Definitionen*. In: *e-Le@rning im Studium: Funktionalität und Nutzung von Lernplattformen am Beispiel der WU Wien*. S. 19

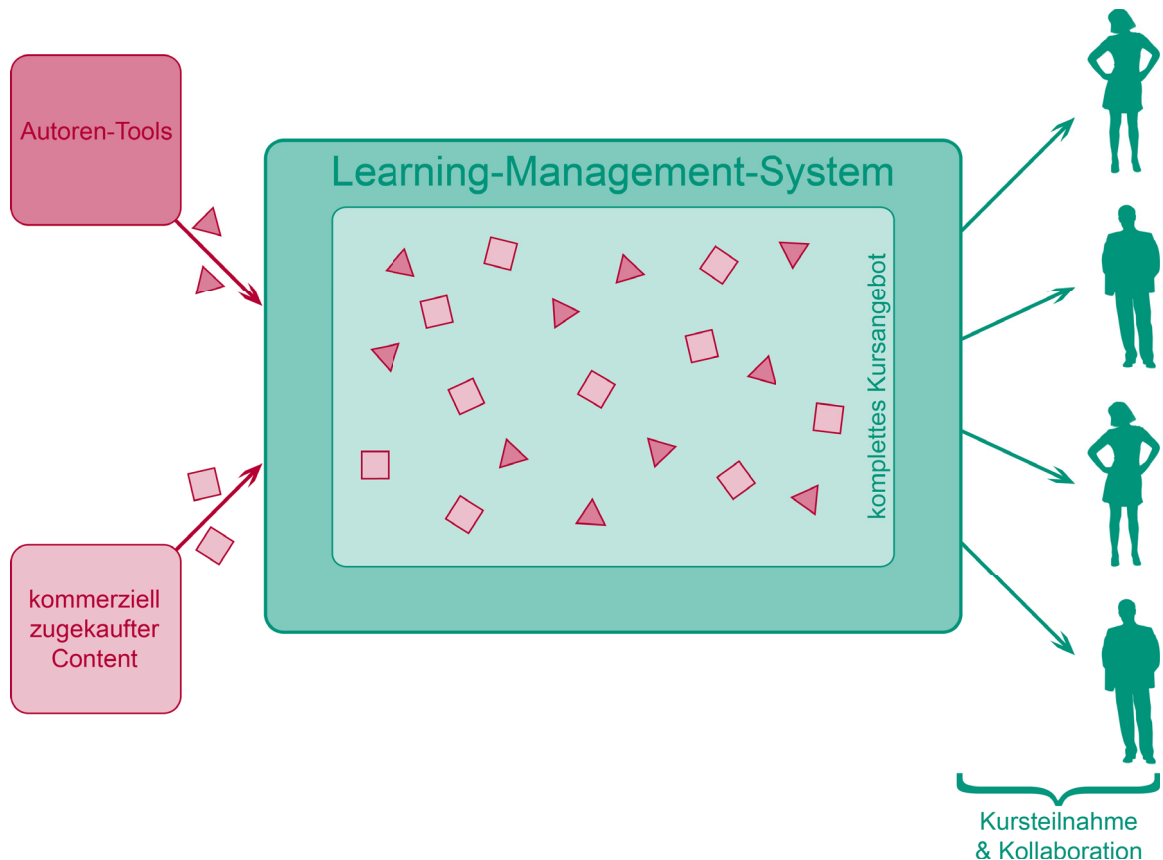


Abbildung 3.2.1: Schema eines Learning-Management-Systems (vgl. [HAEFELE]¹)

3.2.1 Anforderungsdefinition

Aus der Vielzahl an Realisierungen der Learning-Management-Systeme werden ebenso drei Vertreter ausgewählt und angesichts definierter Anforderungen bewertet. Um einen Vergleich zu den CMS zu ermöglichen, werden die fünf Hauptkategorien aus deren Anforderungen auch in diese Definition übernommen. In den Unterpunkten werden zusätzliche LMS-spezifische Ansprüche determiniert oder verschiedene Funktionalitäten aus den CMS-Anforderungen nicht mehr beachtet. Jeder Bereich kann in seiner Bedeutung für das zu realisierende Projekt variieren und wird daher mit einer entsprechenden Wichtigkeit bewertet. Einige dieser Bewertungskriterien wurden aus der Studie von EVA:LEARN, einer Arbeitsgruppe von Hochschullehrern der Technischen Universität Hamburg, und der Kriterienliste für die Ausschreibung des Bildungsportals Sachsen entnommen. Gleichwohl ist auch bei diesen Verwaltungssystemen der Sicherheitsaspekt ein wichtiger Bestandteil der Beurteilung. (vgl. [SCHULMEISTER])

Eine ausführliche Beschreibung der einzelnen Kategorien wurde bereits in Abschnitt 3.1.1 gegeben und wird an dieser Stelle nicht wiederholt.

¹ Kornelia Maier-Haeefe; Hartmut Haeefe: *Webbasierte Lehr- und Lernplattformen*. In: *Learning-, Content-, und Learning-Content-Management-Systeme: Gemeinsamkeiten und Unterschiede*. S. 5

3.2.2 ILIAS

ILIAS ist eine an der Universität zu Köln entwickelte Lernplattform und wird seit 2000 unter der *GNU/GPL* Lizenz als *Open-Source* Software vertrieben. Als reines Learning-Management-System bietet es Lehrenden und Lernenden alle notwendigen Grundlagen zur Organisation von Lerninhalten, Durchführung von Übungsserien und Selbsttests und Kommunikation mit anderen Nutzern und Tutoren. (vgl. [ILIAS]¹)

Die beträchtlichen Anforderungen an die Konfiguration des *Servers* machen einen unabhängigen und universellen Einsatz nahezu unmöglich. Ein eigener *Server* oder zumindest der administrative Zugang zu einem Fremdserver und dessen elementare Konfigurationsmöglichkeit ist zwingende Voraussetzung für den Betrieb von ILIAS. Defizite in der Mehrsprachigkeit haben sich besonders in dem schwer zugänglichen Sprachumschalter und den teilweise anderssprachigen Textausgaben geäußert. Hinzukommend liefern die kleine Community, der *Support* über partiell kostenpflichtige Drittanbieter und die diffizile API eine denkbar ungünstige Ausgangsposition für weitere Entwicklungen basierend auf diesem LMS.

Daneben sind beträchtliche Mängel in der W3C-Validität zu erkennen, wodurch sich gleichwohl die Zugänglichkeit durch Menschen mit Behinderungen einschränkt. (vgl. [WOB]²)

3.2.3 Moodle

Das *Open-Source*- und unter der Lizenz *GNU/GPL* veröffentlichte Learning-Management-System Moodle bezeichnet sich selbst als Online-Kursraumsystem. Lerninhalte können online hinterlegt und von den Teilnehmern ortsunabhängig und zeitversetzt abgerufen werden, was auch dem Konzept von ILIAS sehr nahe kommt. Laut Informationen von Moodle besitzt die Lernplattform mit weltweit über 50.000 Installationen einen Verbreitungsgrad wie kein anderes LMS zuvor. Unter den Installationen von Moodle, angefangen von kleineren Systemen für einzelne Trainer, sind auch zahlreiche Hochschulen vertreten und besitzen insgesamt ein Angebot von 20.000 Kursen. (vgl. [MOODLE]³)

Moodle besitzt neben den Eigenschaften eines LMS ebenfalls Grundzüge der

1 Universität Köln: *ILIAS Features*. URL http://www.ilias.de/docu/goto_docu_lm_392.html

2 Projektsekretariat Forschungsinstitut Technologie und Behinderung: *Barrierefreiheit des Lernmanagementsystems Ilias 3.9.1 - Darstellung der Testergebnisse*. URL <http://www.wob11.de/iliasseite3.html>

3 Moodle Pty Ltd: *Moodle Features*. URL <http://moodle.de/mod/resource/view.php?id=2122>

Inhaltserstellung eines CMS. Dadurch kann zusätzlich zu den Lerninhalten auch Seiteninhalt generiert werden, der zur Strukturierung des Internetportals dient und den Teilnehmern eine bessere Orientierung mit zusätzlichen Informationen liefert. Der fehlende *Workflow* (*deutsch*: Arbeitsablauf) und die absente Versionsverwaltung wirken sich dagegen einschränkend auf den administrativen Umgang mit Seiteninhalten aus. Eine überaus große Community mit ihren zahlreichen frei zur Verfügung stehenden Erweiterungen kann diese Nachteile hingegen teilweise kompensieren. Durch die agile Foren-Kommunikation in mehreren Sprachen und die adäquate Dokumentation wird ein guter Ausgangspunkt für weitere Entwicklungen des Moodle-Systems bereitgestellt. Der Hersteller selbst bietet aber nur einen kostenpflichtigen *Support* über Drittanbieter an.

3.2.4 metacoön

Die Lernplattform metacoön wurde 2001 von der Bauhaus Universität Weimar entwickelt und wird mittlerweile als *Open-Source*-Software von dem Unternehmen metaVentis GmbH unter der *GNU/GPL*-Lizenz vertrieben. Inzwischen kooperieren alle Thüringer Hochschulen und einige Behörden, Weiterbildungseinrichtungen und Firmen mit diesem System. (vgl. [METACOON]¹)

Dieses Learning-Management-System konnte aufgrund massiver Defizite in der Aktualität und veralteter *Server*-Konfigurationsanforderungen bezüglich *PHP* und Structured Query Language (*SQL*; *deutsch*: strukturierte Abfragesprache) nicht eingerichtet und ausführlicher getestet werden.

Metacoön unterstützt laut eigenen Angaben *PHP5* erst ab der Version 1.9.8, welche im Juli 2009 veröffentlicht werden sollte (siehe XXVII Webseite <http://www.metacoön.net>, In: Anhang zur Diplomarbeit). Im April 2010 steht dennoch nur die zuletzt am 23.04.2007 aktualisierte Publikation 1.9.5 zur Verfügung (siehe ebd.). Diese Version benutzt eine mittlerweile nicht mehr unterstützte Ausgabe von *PHP4*. (vgl. [METACOON]²)

Die Entwicklung wurde mit *PHP4.4.9* am 07.08.2008 eingestellt. (vgl. [PHP]³)
Bereits ab 13.07.2004 steht die *PHP*-Version 5.0.0 zur Verfügung. (vgl. [PHP]⁴)

1 metaVentis GmbH; Bauhaus-Universität Weimar: *Aktuelles*. URL http://www.metacoön-services.com/mcnet/extern/index_de.php

2 metaVentis GmbH; Bauhaus-Universität Weimar: *Aktuelles*. URL http://www.metacoön-services.com/mcnet/extern/system_de.php

3 The PHP Group: *PHP 4 ChangeLog*. URL <http://de.php.net/ChangeLog-4.php>

4 The PHP Group: *PHP 5 ChangeLog*. URL <http://de.php.net/ChangeLog-5.php>

3.2.5 Zusammenfassung und Fazit

Vermittels der Bewertungstabelle der drei Learning-Management-Systeme (siehe IV Vergleich von Learning-Management-Systemen, In: Anhang zur Diplomarbeit) lässt sich deutlich herauslesen, wie differenziert die unterschiedlichen Learning-Management-Systeme realisiert wurden. Jedes Entwicklerteam priorisiert andere Kundenkreise. So konzentriert sich ILIAS, als das älteste LMS in dieser Liste, durch die hohen Systemanforderungen auf Anwendungsbereiche an Hochschulen, Organisationen, Behörden und Unternehmen mit der Zugänglichkeit zu einem eigenen oder gemieteten *Server*. Die Einrichtung ist entsprechend anspruchsvoll und sollte vorzugsweise von einem versierten Administrator vorgenommen werden.

Die stagnierende Entwicklung von metacoon kann momentan keine direkten Rückschlüsse auf das angestrebte Einsatzgebiet dieses Systems erbringen. Angesichts der präsentierten Referenzen ist jedoch eher ein lokaler Trend im Bundesland Thüringen zu erkennen.

Moodle versucht, ganz im Gegensatz zu ILIAS, durch seine unkomplizierte Installation und Handhabung einen möglichst großen Kundenkreis anzusprechen. Das Lernportal lässt sich einfach einrichten und administrieren, wodurch bereits Einzelunternehmer oder kleinere Firmen Interesse an dieser Softwarelösung entgegenbrachten. Infolge der geringen Systemanforderungen des Lernportals muss kein eigener *Server* bereitgestellt oder angemietet werden. Vielmehr erlaubt dieses CMS den Betrieb über *Webhosting*-Angebote von Drittanbietern. Diese und all die anderen bereits beschriebenen Eigenschaften lassen Moodle für weitere Betrachtungen bezüglich des E-Learning-Projektes als angemessen erscheinen. Daher wird dieses LMS für den direkten Vergleich mit dem Content-Management-System Drupal herangezogen.

3.3 Schlussfolgerung

Als Resultat dieses Abschnittes steht ein Management-System, welches im weiteren Verlauf für das Projekt E-Learning eingesetzt wird und auf dem alle weiteren Entwicklungen dieser Arbeit gründen. Der Vergleich des Content-Management-Systems Drupal mit dem Learning-Management-System Moodle ist insofern nicht trivial, als dass es sich hierbei um zwei Systeme mit unterschiedlichem Einsatzgebiet und abweichenden Zielgruppen handelt. Mit dem Versuch eines gleichartigen Aufbaus der Bewertungskriterien (siehe III Vergleich von Content-Management-Systemen, IV

Vergleich von Learning-Management-Systemen, In: Anhang zur Diplomarbeit) konnte hingegen eine Kommensurabilität zwischen beiden Systemen erreicht werden. Die Gegenüberstellung beider Systeme in Tabelle 3.3.1 stellt prägnant die Ergebnisse aller Anforderungen gegenüber.

Funktionalität	Drupal	Moodle
Installation	1,4	2,6
Funktionalität	1,0	2,5
Zuverlässigkeit	1,3	1,6
Benutzbarkeit	1,5	1,7
Änderbarkeit	1,0	2,0
Gesamt	1,23	1,99

Tabelle 3.3.1: Bewertung des Content-Management-Systems Drupal und des Learning-Management-Systems Moodle

Die Dominanz von Drupal gegenüber Moodle ist in jeder Kategorie deutlich zu erkennen. Dies lässt sich mit den primär auf allgemeine Funktionen eines Internetauftritts ausgerichteten Bewertungstabellen erklären. Systemspezifische Anforderungen kamen lediglich in den Unterkategorien zum Ausdruck. Diese Strategie wurde gewählt, um den Nutzern vorrangig ein leistungsstarkes und ansprechendes Internetportal anzubieten, bevor die Eigenschaften eines Lernsystems zur Geltung kommen. Die Fähigkeit beider Management-Systeme zur Absolvierung von Übungsaufgaben im Bereich der Automatisierungstechnik müsste sowohl für das CMS, als auch für das LMS grundlegend neu aufgebaut werden. Keines der inspizierten Systeme konnte Aufgabestellungen unter Zuhilfenahme der Anwendungen *DORA* respektive *MATLAB/Simulink* durchführen oder äquivalente Übungstypen bereitstellen. Aus diesem Grund und vermöge der umfassenden Analyse in diesem Kapitel sowie dem damit verbundenen Ergebnis wird sich für das Content Management Drupal als Plattform für das E-Learning-Projekt entschieden. Aufbauend auf dem Drupal-Kern und den optionalen Kern-Modulen wird eine Software zum Bearbeiten von Übungsaufgaben und Übungsserien der Automatisierungstechnik in das System inkludiert. Die Programme *DORA* und *MATLAB/Simulink* werden subsidiär verwendet. Module der Drupal-Community und von Drittanbietern finden eine Berücksichtigung und können wahlweise integriert werden, um den Funktionsumfang zu erhöhen, sind aber für den reibungslosen Betrieb des Programms nicht notwendig. Die so entstehende neue Plattform kann in den Bereich der Learning-Content-Management-Systeme (LCMS; *deutsch*: Lern-Inhaltsverwaltungssysteme), einer Kombination aus

CMS und LMS, eingeordnet werden (siehe Abbildung 3.3.1).

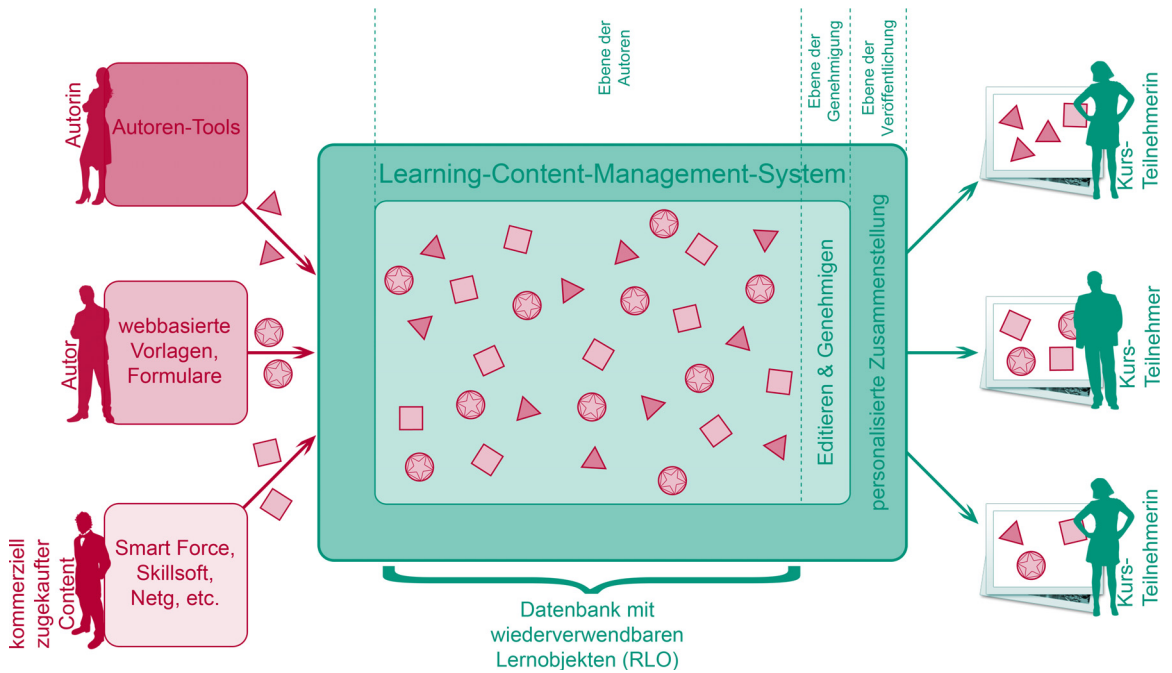


Abbildung 3.3.1: Schema eines Learning-Content-Management-Systems (vgl. [HAEFELE]¹)

Der Schwerpunkt liegt bei diesem Projekt jedoch im Content-Management-Bereich. Eine Schnittstelle zu anderen Lernsystemen wird mithilfe des in Passus 2.3.4 dargelegten IMS QTI-Standards realisiert.

1 Kornelia Maier-Haeefe; Hartmut Haeefe: *Webbasierte Lehr- und Lernplattformen*. In: *Learning-, Content-, und Learning-Content-Management-Systeme: Gemeinsamkeiten und Unterschiede*. S. 19

4 Entwicklungsprozess

Die Entwicklung von Software ist mit diversen Schwierigkeiten verbunden, wodurch es in diesem Zusammenhang einige Charakteristika zu beachten gibt. Durch die Immaterialität von Software ist es demnach nicht möglich, den Entwicklungsfortschritt objektiv bewerten zu können. Ebenso unterliegt Software keinem Verschleiß, aber durch ständig wechselnde Einsatzumgebungen dennoch einem Alterungsprozess. Nicht zuletzt besitzen physikalische Gesetze bei Software keine Gültigkeit und ermöglichen damit dem Schöpfer einen großen Gestaltungsspielraum. (vgl. [BALZERT2]¹)

Um Auswirkungen der sogenannten *Softwarekrise* präventiv entgegen zu wirken, wird sich in der Softwaretechnik unterschiedlicher Methoden bedient. Wichtige exemplarische Bestandteile der Softwareentwicklung sind die Qualität der eingesetzten Entwicklungsumgebung, die Wahl eines geeigneten Entwicklungsmodells, die genaue Abgrenzung der Anforderungen mit dem daraus resultierenden Grob- und Feinentwurf sowie die Aufwandsabschätzung. Diese Aufzählung stellt lediglich eine unvollständige Liste der Methoden und Techniken zur Entwicklung von Software dar. In dieser Arbeit wird unter anderem auf den Entwurf eines Lastenheftes verzichtet, da es eine grobe Ausführung des Pflichtenheftes darstellt.

4.1 Prozessmodell

Prozessmodelle sind Hilfsmittel in der Softwareentwicklung, um ein zu entwickelndes Produkt in einem definierten Rahmen zu organisieren. Mit diesen Modellen werden Aktivitäten, deren Ergebnisse, auch Artefakte genannt, die Reihenfolge der Aktivitäten und die beteiligten Personen mit zugehörigen Rollen akkurat festgelegt. Mehrere Aktivitäten zur Realisierung eines Produktes werden in Phasen zusammengefasst. In der Softwaretechnik stehen verschiedene Prozessmodelle zur Verfügung, welche je nach geforderten oder gewünschten Zielen, antreibenden Momenten und Benutzerbeteiligungen gewählt werden können. Es sollte jedoch bei jedem Modell versucht werden, so wenige Phasen, Artefakte und Rollen wie unbedingt nötig zu definieren. Qualitätsmodelle beschreiben zusätzlich die Vorgehensweise bei der Überprüfung der entstandenen Artefakte im Hinblick auf die Qualitätssicherung. (vgl. [BALZERT2]²)

1 Balzert, Prof. Dr.-Ing. habil. Helmut: *Warum ist Software so schwer zu entwickeln?* In: *Lehrbuch der Software-Technik - Software-Entwicklung*. S. 26f

2 Balzert, Prof. Dr.-Ing. habil. Helmut: *Was ist ein Prozess-Modell?* In: *Lehrbuch der Software-Technik - Software-Entwicklung*. S. 54f

Bezugnehmend auf die Softwareentwicklung dieser Arbeit wird sich für das V-Modell® (siehe Abbildung 4.1.1) als prozessbegleitende und qualitätssichernde Methode entschieden.

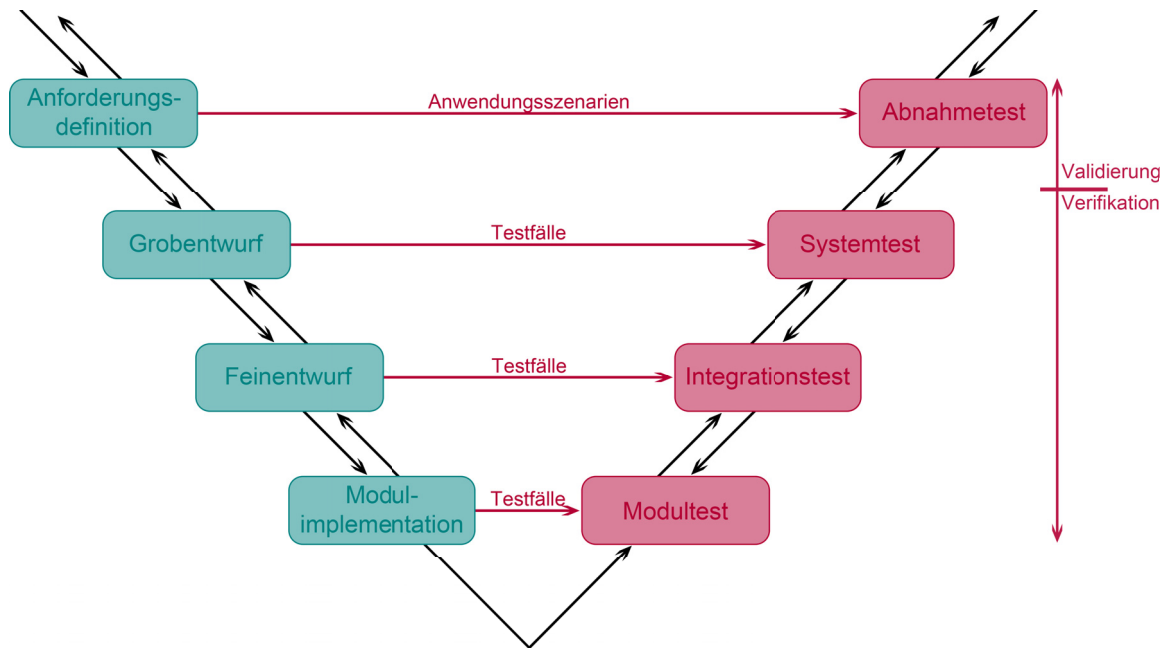


Abbildung 4.1.1: Das V-Modell® (vgl. [BALZERT1]¹⁾)

Der Name lässt sich trivial aus der V-förmigen Darstellung ableiten, steht jedoch gleichzeitig für Verifikation. Dieses Modell ist sequentiell aufgebaut und kann historisch gesehen als Erweiterung des Wasserfall-Modells betrachtet werden. Die Verifikation und Validierung der einzelnen Teilprodukte tragen besonders zur Qualitätssicherung der einzelnen Phasen und des gesamten Produkts bei. (vgl. [BALZERT1]²⁾)

Das erste V-Modell® wurde 1986 vom Bundesministerium für Verteidigung in Deutschland entwickelt und 1991 als Entwicklungsstandard für die Softwareerstellung bei der Bundeswehr festgeschrieben. Seit 2005 ist dieses Modell unter der Bezeichnung V-Modell® XT auch informationstechnischen Projekten und Systemen der Bundesregierung verbindlich vorgeschrieben. (vgl. [IABG]³ und [KBST]⁴⁾)

Allerdings sollten mindestens zwei Personen an einem Projekt beteiligt sein, um die Trennung der Projektleitung und der Qualitätssicherung einzuhalten und das Vier-Augen-

1 Balzert, Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Helmut: *Das V-Modell*. In: *Lehrbuch der Softwaretechnik - Softwaremanagement*. S. 554

2 Balzert, Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Helmut: *Das V-Modell*. In: *Lehrbuch der Softwaretechnik - Softwaremanagement*. S. 553ff

3 Industrieanlagen-Betriebsgesellschaft mbH: *Das V-Modell*. URL <http://www.v-modell.iabg.de>

4 Bundesministerium des Innern - Referat IT 2 (KBSt): *Einleitung*. In: *Hinweise zur Einführung des V-Modells XT in den Bundesbehörden*. S. 4

Prinzip zu wahren. (vgl. [BMI]¹)

Anhand der in [BALZERT1]² aufgezeigten Kombinationsmöglichkeiten von Prozessmodellen wird zusätzlich zu dem bereits gewählten V-Modell[®] das inkrementelle Modell und das komponentenbasierte Modell für den Softwareerstellungprozess in dieser Arbeit herangezogen. Mittels des inkrementellen Modells ist es möglich, das Produkt aus Teilprodukten mit einem gemeinsamen Kern aufzubauen und frühzeitig erste Versionen in Form von vollständig funktionsfähigen Teilprogrammen zu veröffentlichen. Das komponentenbasierte Modell trägt dazu bei, Halbfabrikate (Komponenten) von Drittanbietern beziehen zu können und entsprechend den Bedürfnissen im E-Learning-Projekt anzupassen.

4.2 Anforderungsdefinition

Im V-Modell[®] besteht der erste Schritt des Softwareentwicklungsprozesses aus der Definition der Anforderungen an das Projekt. Diese wird usuell in Form eines Lastenheftes, Pflichtenheftes und ausführlichen Glossars realisiert. Das Ziel der Erhebungen ist die genaue Abgrenzung der geforderten und wünschenswerten Produkteigenschaften wie auch die Präzisierung der Produktumgebung. Anschließend werden Anwendungsszenarien basierend auf dem Pflichtenheft generiert, welche im letzten Schritt des V-Modells[®], dem Abnahmetest, herangezogen werden und der Produktvalidierung dienen. Der Anforderungsdefinition als erste Konkretisierung des Projekts sollte besondere Aufmerksamkeit gewidmet werden, um spätere aufwendige Korrekturen zu vermeiden.

Im Folgenden wird eine Übersicht zu den signifikantesten Artefakten dieser Entwicklungsphase gegeben, um so das Verständnis weiterer Ausführungen zu gewährleisten.

4.2.1 Anforderungen

Für das Projekt E-Learning ist als primäre Anforderungserhebung der Aufbau als Internetanwendung und die Darstellung als Webseite zu vermerken, wodurch den Benutzern ein zeitunabhängiger und ortsungebundener Zugriff auf alle Objekte der

1 Bundesministerium des Innern: *Wie groß muss denn mein V-Modell-Projekt sein?* URL http://www.cio.bund.de/cln_093/DE/IT-Methoden/V-Modell_XT/V-Modell_XT_FAQ/v-modell_xt_faq_node.html#doc55104bodyText20

2 Balzert, Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Helmut: *Vergleich und Kombinationsmöglichkeiten*. In: *Lehrbuch der Softwaretechnik - Softwaremanagement*. S. 562

Lernumgebung ermöglicht wird. Daran anschließend ist die Internetanwendung in komplett validem *XHTML 1.0 Strict* entsprechend [W3C]¹ zu implementieren. Als weitere Anforderung können Praktika im System erstellt, verwaltet und optional mit einem Termin versehen werden. Zusätzlich ist es möglich, Übungsaufgaben zu generieren und als individuelle Übungsserien einem Praktikum hinzuzufügen. Dabei werden die Übungstypen *DORA*, *MATLAB/Simulink* und mathematische Gleichungen unterschieden. Nach Bedarf können auch textuelle Übungsaufgaben eingerichtet werden. Eine Übungsaufgabe vom Typ *DORA* ermöglicht unter Zuhilfenahme des Programms *DORA* der Technischen Universität Dortmund die Absolvierung automatisierungstechnischer Aufgabenstellungen in Form von Blockschaltbildern. Zur Validierung der Aufgaben wird der Speicherstand des *DORA*-Programms herangezogen, welcher als Lösung zu einer entsprechenden Übungsaufgabe auf der Webseite hinzugefügt werden kann. Eine ähnliche Strategie wird bei *MATLAB/Simulink*-Übungen verfolgt. Mathematische Aufgabenstellungen können hingegen direkt auf der Webseite gelöst werden. Unterstützend wird ein Formeleditor zur Verfügung gestellt, um die Eingabe zu vereinfachen und die korrekte mathematische Darstellung zu gewährleisten. Um die Interoperabilität mit anderen Lernplattformen zu fördern, können bestehende Aufgaben zusammen mit ihren Lösungen in den IMS QTI-Standard exportiert werden. Die komplette Lernumgebung mit dem Übungsangebot findet letztendlich eine Integration im Content-Management-System Drupal.

Das Ziel dieser Erhebung ist die verständliche, eindeutige, konsistente und validierbare Spezifikation der Anforderungen, nach denen das Projekt entwickelt wird. Die vollständige Dokumentation der Anforderungsdefinition und weiterführende Informationen sind im Anhang zur Diplomarbeit unter V Anforderungsdefinition: Pflichtenheft zu finden.

Hinzukommend werden die Benutzergruppen Besucher, authentifizierter Benutzer, Tutor, Webmaster, Administrator und Seitenbesitzer definiert und eingehend erläutert, welche ebenfalls in den folgenden Abschnitten eine Anwendung finden.

4.2.2 Anwendungsszenarien

Im Gegensatz zur Verifikation einer Entwicklung dienen die Use Cases (*deutsch*: Anwendungsszenarien) als Grundlage für die dokumentierte Beweisführung der Richtigkeit von Funktionalitäten in einem Projekt, ergo der Validierung. Die

1 World Wide Web Consortium: *Markup Validation Service*. URL <http://validator.w3.org>

Beschreibung der Anwendungsfälle in dieser Arbeit erfolgt als Unified Modelling Language (UML; *deutsch*: Vereinheitlichte Modellierungssprache)-Diagramm und bezieht sich auf ein gesamtes Szenario, um darauf aufbauend vereinzelt Aktionen instruktiv zu betrachten. Abbildung 4.2.1 charakterisiert exemplarisch den Anwendungsfall der Lernumgebung mit allen im Pflichtenheft geforderten Kriterien, vermittelt welcher weitere Handlungen abgeleitet werden können.

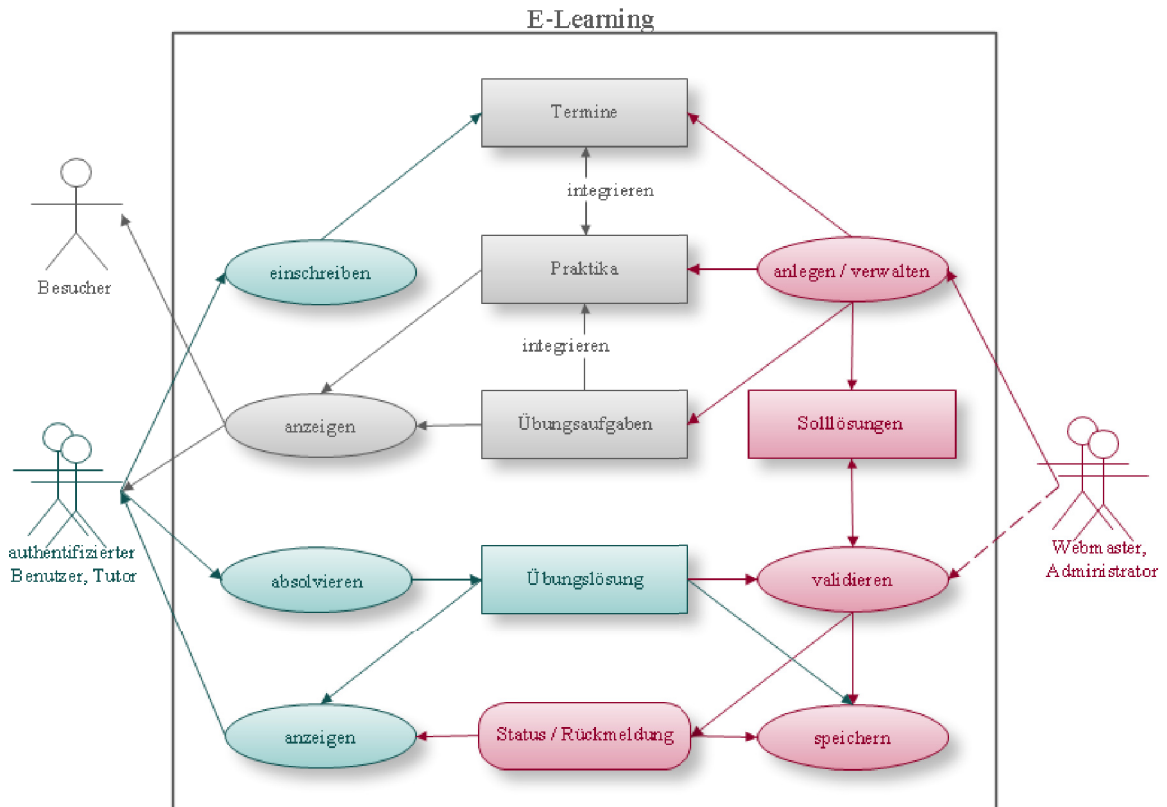


Abbildung 4.2.1: UML-Diagramm des Anwendungsszenariums E-Learning

Die Einrichtung und Verwaltung der E-Learning-Umgebung, das Anlegen und Administrieren von Übungen, Praktika und zugehörigen Terminen sowie die Absolvierung von Übungsaufgaben sind nur einige der möglichen Szenarien, die sich aus diesem UML-Diagramm ergeben. Eine umfassende Auflistung aller Anwendungsszenarien stellt das Dokument VI Anwendungsszenarien im Anhang zur Diplomarbeit dar. Dieses Dokument wird in der letzten Phase des V-Modells[®] herangezogen, um den Abnahmetest und damit auch die Validierung des Projektes durchzuführen.

4.3 Grobentwurf

In der zweiten Phase des V-Modells[®] entstehen Übersichten und Grafiken des zu

entwickelnden Projektes. In Anlehnung an die Anforderungsdefinition werden die erforderlichen Funktionalitäten und gewünschten Anforderungen in diesem Stadium der Softwareentwicklung mit entsprechenden Diagrammen und Tabellen modelliert. Vorweg wird dem Projekt jedoch der eindeutige Bezeichner „Cybernetics Studio“ (CS; *deutsch*: Regelungstechnik Studio) zugeordnet, um dieses zukünftig direkt anhand des Namens von anderen Entwicklungen des E-Learning-Projektes abgrenzen zu können.

4.3.1 Funktionsübersicht

Umfangreiche Recherchen bezüglich Drupal in Kapitel 3 ergaben eine zahlreiche Verfügbarkeit von zusätzlichen Modulen, mit deren Hilfe der Funktionsumfang des Grundsystems erheblich erweitert werden kann. Diese bestehenden Module wurden im Dokument VII Grobentwurf im Anhang zur Diplomarbeit eingehender betrachtet und auf die Einsetzbarkeit in diesem Projekt geprüft. Daraus ergibt sich eine effektive Abdeckung vieler im Pflichtenheft determinierter Produktfunktionen, sodass sich ausschließlich auf die Implementierung und Integration der Lernumgebung konzentriert werden braucht. In Abbildung 4.3.1 ist bereits eine figurative Aufteilung der Aufgaben des E-Learning-Programms dargestellt. Grundlegend wird eine Einteilung in Kern-Funktionen, den `cs_core` (CS-Kern), und erweiterte Funktionen, die `cs_modules` (CS-Module), vorgenommen. Der CS-Kern sollte für die Benutzung der Lernumgebung unbedingt vollständig installiert sein, wobei die CS-Module optionale Qualitätssteigerungen, Arbeitserleichterungen und vorteilhaftere Bedienungen des Projektes bieten. Der Kern gliedert sich wiederum in die Management-Ebene `cs_management` (CS-Management), die Praktikumsplattform `cs_intership` (CS-Praktikum) und die Umgebung zum Verwalten und Bearbeiten von Übungsaufgaben `cs_exercise` (CS-Übung), wobei die Abhängigkeiten der Module untereinander aus der Abbildung 4.3.1 entnommen werden können. CS-Management stellt grundlegende Darstellungshilfsmittel zur Verfügung und ermöglicht die allgemeine Konfiguration des Lernmoduls, wie beispielsweise der Kontakteinstellungen. Ein Dashboard (*deutsch*: Armaturenbrett) bietet ein übersichtliches Zugangportal zum E-Learning-Bereich der Internetanwendung und somit auch eine visuelle Schnittstelle zum Basissystem Drupal. Ein Hypertext Transfer Protocol (*HTTP*; *deutsch*: Hypertext-Übertragungsprotokoll)-Interface (*deutsch*: Schnittstelle) kommuniziert zudem mit einem entfernten *Server* des Erstellers der Lernumgebung, welcher zugleich Verfasser dieser Arbeit ist. Der Informationsaustausch dient der Anfertigung einer anonymen Statistik, welche für künftige Erweiterungen und

Verbesserungen von Cybernetics Studio herangezogen wird. Diese Kommunikation kann jederzeit deaktiviert werden.

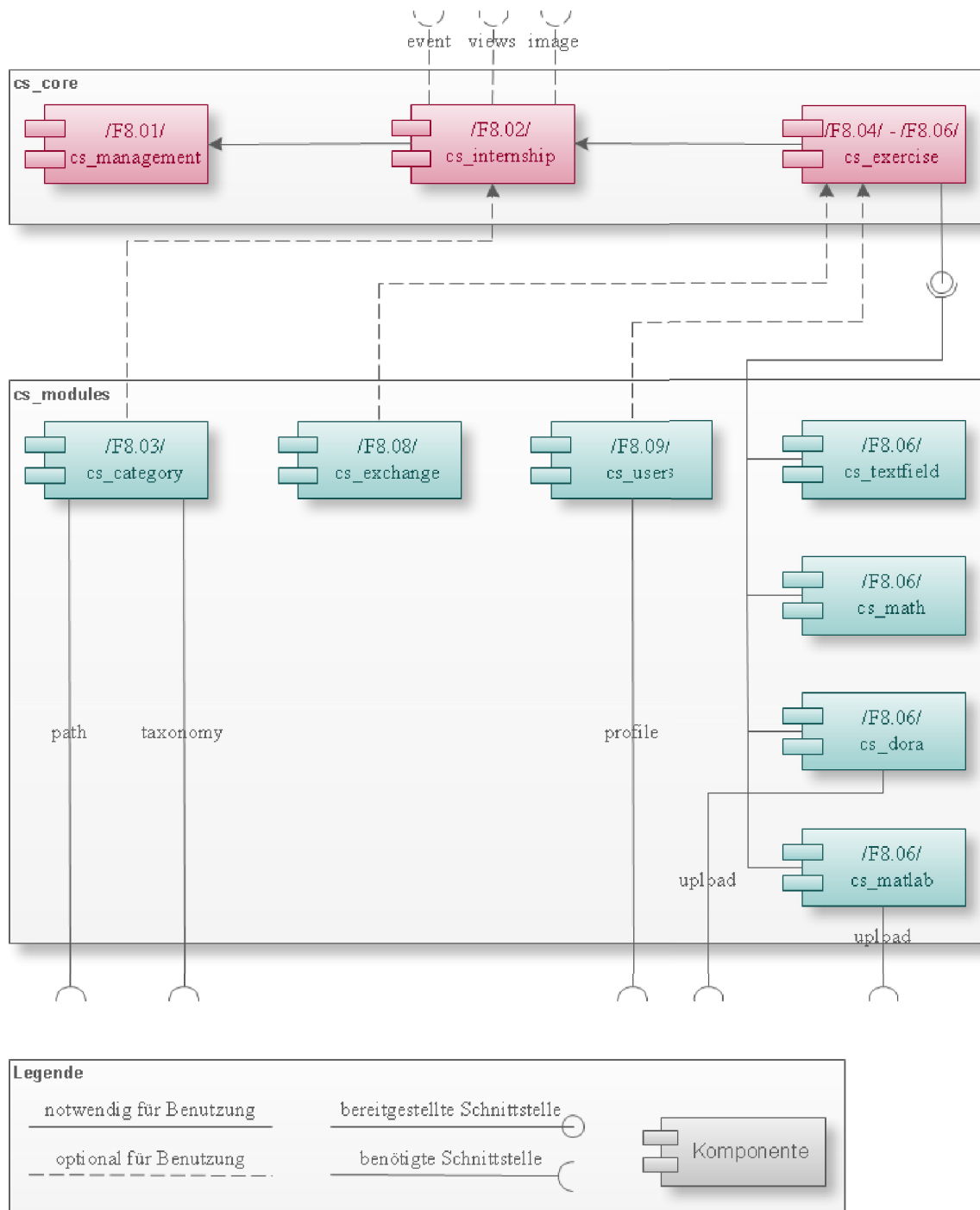


Abbildung 4.3.1: Funktionsdiagramm für Cybernetics Studio

CS-Praktikum als Erweiterung zum Kern hält umfassende Fähigkeiten zur Erstellung, Verwaltung und Darstellung von Praktika bereit. Außerdem können eigene Typen von Praktikumsinhalten definiert und mit verschiedenen Werten vorbelegt werden. Auf dieses Modul aufbauend, bietet CS-Übung universelle Möglichkeiten zum Erzeugen und Administrieren von Übungsaufgaben bis hin zu Übungsserien. Die erstellten

Übungsaufgaben können sowohl separat über die Menüführung von Drupal als auch durch direkte Assoziation mit einem Praktikum zugänglich gemacht werden. Bei Letzterem werden dem Betrachter ausschließlich für den Praktikumsinhalt relevante Übungen präsentiert.

Durch das Übungsmodul allein ist es jedoch noch nicht möglich, Lösungen zu einer Aufgabe zu definieren oder einzugeben. Diese Eigenschaft erfüllen die optionalen Erweiterungen `cs_textfield` (CS-Textfeld), `cs_math` (CS-Mathe), `cs_dora` (CS-DORA) und `cs_matlab` (CS-MATLAB), zusammen CS-Übungstypen genannt. Entsprechend ihrer Namen ist es mit jedem dieser Bausteine möglich, genau einen Lösungstyp für Übungsaufgaben zu realisieren und eine angepasste Antworten-Validierung vorzunehmen. So stellt CS-Textfeld ein einzeiliges Eingabefeld dar, in dem die Antwort auf eine Fragestellung als Freitext eingegeben werden kann. CS-Mathe bietet eine vergleichbare Funktionalität, wogegen bei der Lösungseingabe diverse Notationen berücksichtigt werden müssen. Dazu kann ein mathematischer Formeleditor geladen werden, um die Eingabe von Formeln zu vereinfachen. CS-DORA und CS-MATLAB verfolgen eine andere Strategie bei der Fragebeantwortung. Hierbei werden jeweils die externen Programme *DORA für Windows (DORA)* und *MATLAB/Simulink (MATLAB)* herangezogen. Die eigentliche Lösung der Aufgabenstellung wird in diesen Softwareanwendungen erstellt und auf dem lokalen Dateisystem des Benutzer-Personal-Computers (PC; *deutsch*: persönlicher Computer) abgespeichert. Die Module `cs_dora` und `cs_matlab` realisieren ein Formular zum Hochladen von lokalen Benutzerdateien und schaffen dadurch eine Verbindung zwischen dem Dateisystem des Anwender-PCs beziehungsweise den darauf befindlichen Anwendungen und der Lernumgebung. Mithilfe vom `cs_category` (CS-Kategorie) können existierende oder neu erstellte Praktika zu frei definierbaren Lehrgebieten zugeordnet und in diesen organisiert werden. Diese Erweiterung bewahrt stets die Übersicht über existierende Praktikumsinhalte und ordnet nicht kategorisierte Inhalte den sogenannten „verwaisten Praktika“ zu. Damit soll die Überschaubarkeit gewährleistet und der Verlust von Inhalten vermieden werden. Das Modul `cs_exchange` (CS-Austausch) realisiert eine Export-Schnittstelle zur in Abschnitt 2.3.4 erläuterten Spezifikation IMS QTI. Nach einer Auswahl der zu exportierenden Übungsaufgaben, werden alle zugehörigen Informationen, wie Grafiken, Lösungen und Hilfestellungen ermittelt und zu einem Archiv zusammengefasst. Das Archiv kann anschließend heruntergeladen werden, wird aber auch zusätzlich auf dem

Server hinterlegt. Hierdurch können die archivierten Übungsdaten zu einem späteren Zeitpunkt erneut bezogen werden, selbst wenn die Aufgaben mit allen zugehörigen Informationen bereits vom System entfernt wurden. Zuletzt wird mit dem Baustein `cs_users` (CS-Benutzer) das in Drupal befindliche Benutzerprofil um relevante Daten für einen hochschultechnischen Betrieb erweitert.

4.3.2 Entity-Relationship-Modell

Die in Abschnitt 4.3.1 erläuterten Funktionalitäten speichern permanent zahlreiche Daten im Sinne der Wiederverwendbarkeit, Flexibilität und Sicherheit in einem *SQL*-Datenbanksystem ab. Die Struktur des Speichersystems und die Kardinalitäten der Speicherelemente untereinander sind in einem Entity-Relationship-Modell überschaubar aufgeführt (siehe Abbildung 4.3.2). Der hohe Verknüpfungsgrad der Übungstabellen untereinander, aber auch modulübergreifend zum Praktikumsspeicher, lässt sich an dieser Darstellung besonders gut ableiten. Übungsaufgaben werden in der Datenbanktabelle `cs_exercises` gesichert. Dazugehörige Lösungen finden in der separaten Tabelle `cs_exercise_options` Platz. Die Übersicht `cs_exercise_statuses` liefert zudem verschiedene Status, welche den Übungsaufgaben zugeordnet und mit denen die abgegebenen Benutzerlösungen in der Tabelle `cs_user_exercises` rubriziert werden. Ähnliches trifft auf die Liste der Übungstypen und Anzeigeeoption `cs_exercis_display_types` zu, in der alle installierten Erweiterungen zu Übungsaufgaben, wie CS-Textfeld, CS-Mathe, CS-DORA oder CS-MATLAB, zusammen mit ihren Eigenschaften gespeichert werden. Die Datenbanktabelle `cs_exercise_options_unassigned` liefert alle eingegeben Benutzerlösungen, welche nicht bereits in der Lösungstabelle `cs_exercise_options` vorhanden sind. Daher können neue Lösungsvorschläge zügig und übersichtlich dargestellt durch berechnete Personen validiert werden. Schnittstellen zum Datenspeicher der Praktika bieten die Tabellen `cs_internship_exercises` und `cs_internship_options`. Erstere referenziert die Übungsaufgaben mit den Praktika und ermöglicht zusätzlich die individuelle Neubelegung übungsspezifischer Einstellungen. Mit `cs_internship_options` können die Lösungsoptionen einer Übungsaufgabe zu jedem Praktikumsinhalt spezifisch festgelegt werden und demzufolge von den Grundeinstellungen abweichen.

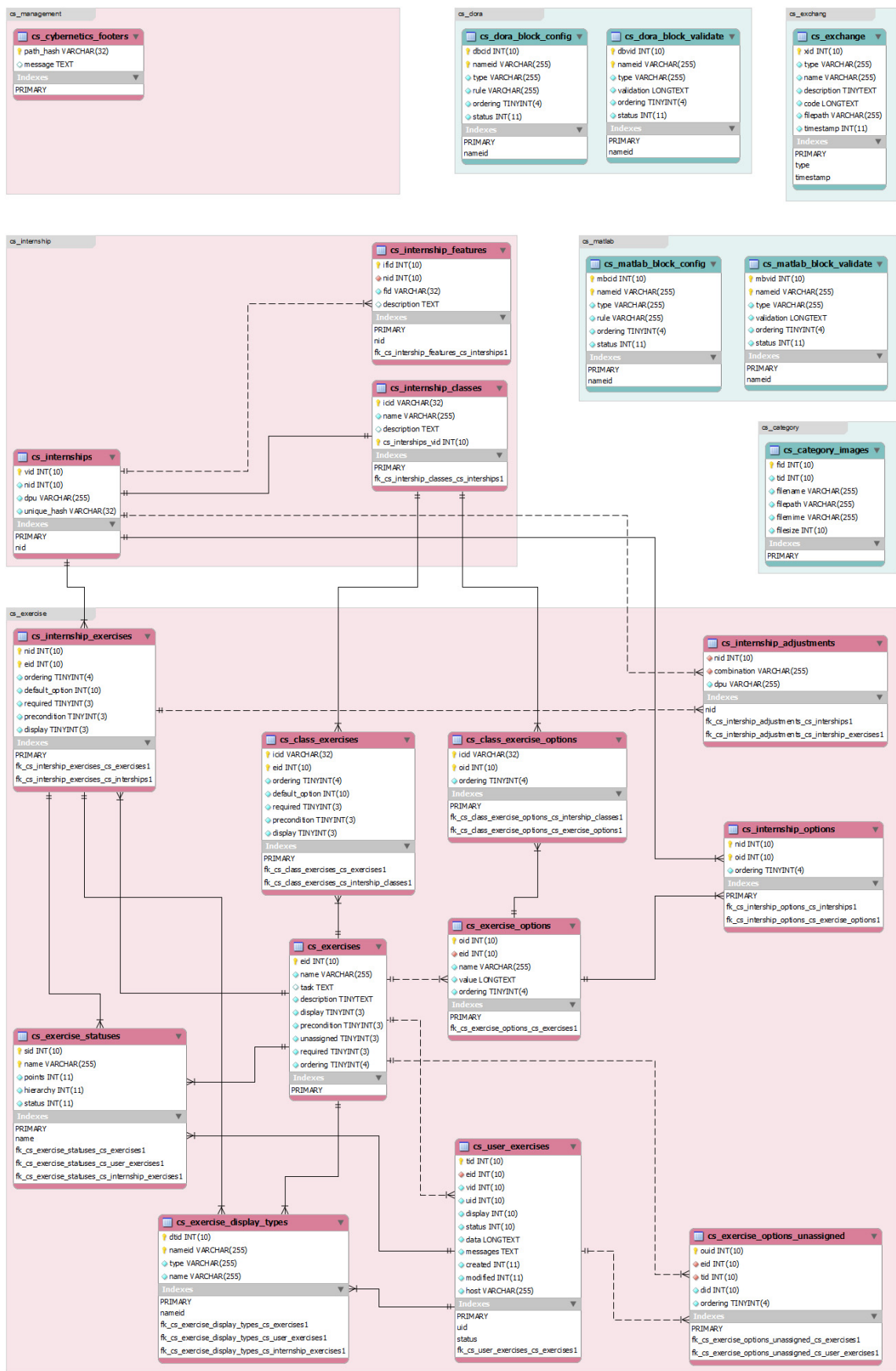


Abbildung 4.3.2: Enhanced Entity-Relationship-Modell für Cybernetics Studio

Vermöge der Datenbanktabellen cs_class_exercise und

`cs_class_exercise_options` können bestehende Übungsaufgaben zu spezifischen Praktikumstypen standardmäßig zugeordnet werden. Bei der Erstellung eines entsprechenden Praktikumsinhalts wären bereits alle in diesen Tabellen befindlichen Aufgabenstellungen mit zugehörigen Lösungen integriert.

Durch einen derartigen modularen Aufbau der Datenhaltung kann eine unabhängige Verwaltung der einzelnen Daten unproblematisch realisiert und subjektiv auf die geforderte Administration angepasst werden. Änderungen in einem der Datensätze übertragen sich zugleich auf alle referenzierten Datenbankeinträge. Dies reduziert nicht nur den Verwaltungsaufwand, sondern hält alle Daten konsistent zueinander.

4.4 Aufwandsabschätzung

Empirische Untersuchungen der Firma Hewlett-Packard haben zu der Regel geführt, dass eine durchschnittliche Softwareentwicklung ungefähr 350 Lines of Code (LOC; *deutsch*: Quelltextzeilen) pro Ingenieursmonat (Mitarbeitermonat, Personenmonat) liefert und dabei alle Phasen von der Definition bis zur Implementierung umfasst. Neun oder zehn Ingenieursmonate werden wiederum gleichgesetzt mit einem Ingenieursjahr (Mitarbeiterjahr, Personenjahr), um Urlaubs-, Schulungs- und sonstige Fehlzeiten zu berücksichtigen. Demnach würde ein Softwareprodukt mit 21000 LOC und einer durchschnittlichen Produktivität der Mitarbeiter von 3500 LOC pro Jahr, 6 Ingenieursjahre zur Erstellung und Bearbeitung in Anspruch nehmen. (vgl. [BALZERT2]¹)

Diese grobe Aufwandsanalyse unterliegt jedoch beträchtlichen statistischen Schwankungen hinsichtlich der individuellen Mitarbeiterleistung, aber auch der intuitiven Schätzung des Produktumfangs. Aus diesem Grund wird in dieser Arbeit auf die Kosten und Terminschätzmethode „Function Point“ (*deutsch*: Funktionspunkt) zurückgegriffen. Diese Methode nutzt als Ausgangspunkt für die Schätzung nicht die Quelltextzeilen, sondern die Produkthanforderungen aus dem Pflichtenheft und ist folglich transparent aufgebaut. Nachteilig ist zu bemerken, dass die an ein zu entwickelndes Projekt gestellten Qualitätsanforderungen nicht mit berücksichtigt werden können und man zur Unterschätzung des Aufwandes neigt. (vgl. [BALZERT2]²)

1 Balzert, Prof. Dr.-Ing. habil. Helmut: *Einflussfaktoren der Aufwandsschätzung*. In: *Lehrbuch der Software-Technik - Software-Entwicklung*. S. 74f

2 Balzert, Prof. Dr.-Ing. habil. Helmut: *Einflussfaktoren der Aufwandsschätzung*. In: *Lehrbuch der Software-Technik - Software-Entwicklung*. S. 75ff

Dokument VII Grobentwurf im Anhang zur Diplomarbeit beinhaltet eine umfassende Analyse zum erwarteten Realisierungsaufwand des E-Learning-Projektes. Es ergeben sich insgesamt 15 Funktionen mit einem komplexen Umfang, elf komplexe und sechs mittlere Eingaben sowie vier komplexe und drei mittlere Ausgaben. Des Weiteren wird von vier komplexen Datenbeständen und drei komplexen Referenzdaten ausgegangen. Zusammen mit den Einflussfaktoren, welche den Projektaufwand nochmals um 20 Prozent erhöhen, folgen 516 Function-Points. Durch die Function Point-Wertepaare-Tabelle nach IBM Form GE 12-1618-1 (siehe VII Grobentwurf, In: Anhang zur Diplomarbeit) und der daraus resultierenden Näherungsgleichung $-1 \cdot 10^{-5} \cdot x^2 + 0,080 \cdot x$ ergeben sich 38,6 Ingenieursmonate als Erstellungs- und Bearbeitungszeit des Diplomprojektes. Die entstehenden Kosten für den berechneten Aufwand könnten mittels eines durchschnittlichen Ingenieursgehalts abgeleitet werden, finden aber in dieser Arbeit keine weitere Aufmerksamkeit.

4.5 Feinentwurf

Die nächste Phase des V-Modells[®] konkretisiert die Überlegungen und Betrachtungen aus dem Grobentwurf, spezifiziert die Schnittstellendefinition und korreliert die Betrachtungen aus Abschnitt 4.3 miteinander. Als Ergebnis dieser Ausführungen steht eine umfassende Aufstellung aller zu realisierenden Funktionen und deren Relationen zueinander. Dieses Resultat dient in Kapitel 5 als Grundlage für die Implementierung des E-Learning-Projektes.

4.5.1 Strukturierte Analyse

Die Zusammenarbeit der einzelnen Modulfunktionen untereinander und mit dem Datenspeicher sowie der Datenfluss zwischen diesen Elementen und externen Schnittstellen lässt sich explizit aus der Abbildung 4.5.1 deduzieren. So kann unter anderem eine auf das Wesentliche reduzierte Übersicht zu den Abläufen der Übungsaufgabenverwaltung und -absolvierung heraus gelesen werden (rot markierter Bereich). Ausgehend von der Schnittstelle `User`, welche die Dateneingabe eines berechtigten Benutzers symbolisiert, werden die Übungsdaten durch die Aktion `create exercise` überprüft und bearbeitet. Sofern die Eingaben konsistent sind, werden diese in den Datenspeicher `exercise` verschoben und können je nach Bedarf von der Funktion `manage exercise` erneut bearbeitet oder gelöscht werden.

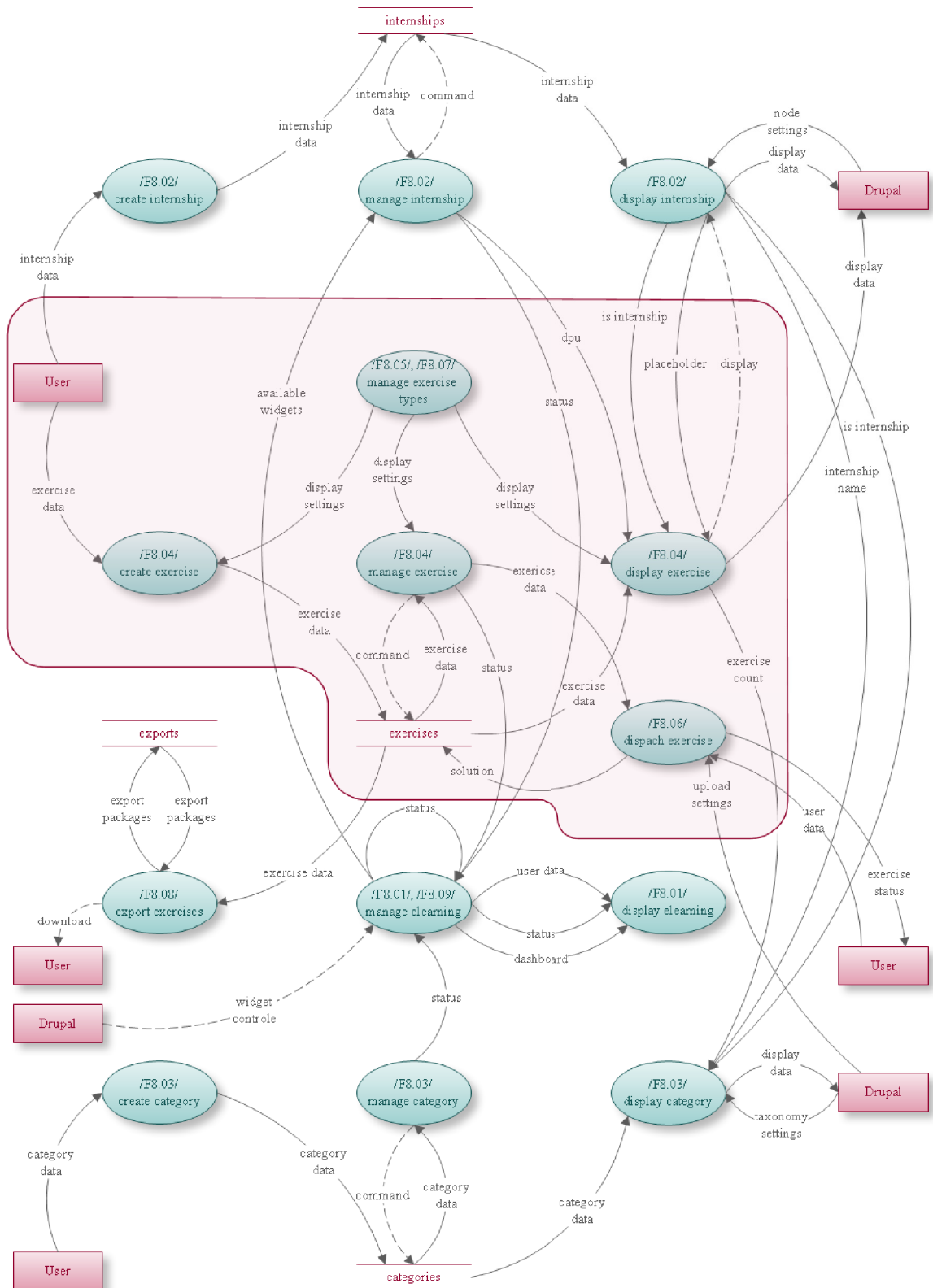


Abbildung 4.5.1: Datenflussdiagramm für Cybernetics Studio

Dabei integriert manage display types eine für den Aufgabentyp korrespondierende Darstellung zur Eingabe von Lösungen, wahlweise als Freitext, mathematische Eingabe oder Formular zum Hochladen von *DORA*- oder *MATLAB*-Dateien. Die Anzeige der Übungsaufgaben übernimmt die Funktion display

`exercises` unter Benutzung der von Drupal bereitgestellten Schnittstellen. Die Darstellung erfolgt einerseits als eigenständiger Menüpunkt, mit der Eingliederung entsprechender Menüstrukturen direkt in das Drupal-System und andererseits unmittelbar in der Praktikumsanzeige. Alle notwendigen Daten werden hierzu aus dem Datenspeicher `exercise` bezogen. Die Aktion `dispatch exercise` bietet Benutzern eine Verfahrensweise zur Absolvierung und Validierung bestehender Aufgaben. Eine entsprechende Statusmeldung zusammen mit einem Kommentar zu der eingegebenen Lösung werden dem Benutzer anschließend zurückgegeben. Zugleich werden die Benutzereingaben zusammen mit dem vergebenen Übungsstatus und allen zugehörigen Meldungen im Datenspeicher `exercises` abgelegt.

Äquivalente Funktionszusammenhänge und Datenflüsse können auch aus allen weiteren Elementen in diesem Diagramm abgeleitet werden. Auf weitere Ausführungen wird jedoch an dieser Stelle zugunsten der Ausführungen in Kapitel 5 verzichtet.

4.5.2 Strukturierter Entwurf

Der strukturierte Entwurf ist eine Konzeptionsmethode mit dem Ziel zur Erstellung einer Software-Architektur, welche hierarchisch angeordnet ist und aus funktionalen Modulen besteht. Als Beschreibungsmittel dienen Strukturdiagramme und Modulspezifikationen, um eine grafische Darstellung von funktionalen Abstraktionen und ihr Zusammenwirken zu erzielen. (vgl. [BALZERT2]¹)

Dokument VIII Feinentwurf im Anhang zur Diplomarbeit veranschaulicht eine umfangreiche Projektierung des strukturierten Entwurfes. Angesichts der beträchtlichen Informationsfülle der Ausarbeitung können in diesem Punkt der Diplomarbeit nur sporadisch Grafiken, Zusammenhänge und Interaktionen intensiver erläutert werden. Wie bereits in der strukturierten Analyse, wird sich hierbei vorwiegend auf die Umsetzung des Übungsmoduls konzentriert. Dieser Baustein von Cybernetics Studio beinhaltet als Kernelement die Objektklasse `cs_exercise`. Der gleichnamige *Konstruktor* dieser Klasse instanziiert ein `cs_exercise`-Objekt (Instanz), indem notwendige Daten eines Übungsobjektes deklariert und definiert werden (siehe Abbildung 4.5.2). Unter Zuhilfenahme verschiedener Klassenfunktionen (Methoden, Elementfunktionen) werden der Instanz eine eindeutige Identifikationsnummer, eine Aufgabenstellung und alle zugehörigen Lösungsoptionen zugeordnet. Ist das zu erstellende Übungsobjekt in ein

¹ Balzert, Prof. Dr.-Ing. habil. Helmut: *Strukturierter Entwurf*. In: *Lehrbuch der Software-Technik - Software-Entwicklung*. S. 1024ff

Praktikumsinhalt integriert, ermittelt der *Konstruktor* zusätzlich den erforderlichen Anzeigetyp und den zu erreichenden Status zum Bestehen der Aufgabenstellung. Erfolgt die Erstellung des Übungsobjektes auf Basis der Betrachtung eines Benutzers, welcher das Übungsangebot mindestens einmal absolviert hat, werden außerdem die aktuelle Benutzerlösung mit allen vorhandenen vorherigen Lösungsversionen (History-Versionen; *deutsch*: Rückschritt-Versionen) in die `cs_exercise`-Instanz integriert. Die History-Versionen sollen dem Benutzer einen Rückblick zu vorherigen Antworten geben und die Wiederherstellung früherer Lösungen ermöglichen.

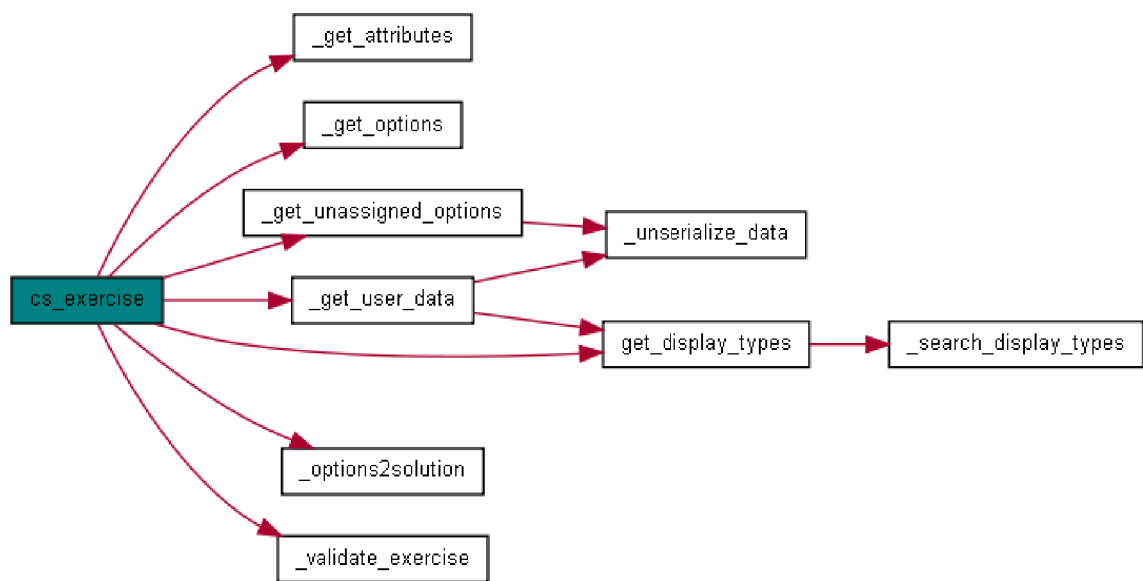


Abbildung 4.5.2: Konstruktor der Klasse `cs_exercise`

Nachdem der *Konstruktor* das Objekt vollständig definiert hat, kann mit der Methode `cs_exercise->get_input` die Übungsaufgabe dargestellt werden (siehe Abbildung 4.5.3). Vor der Ausgabe der Instanz finden einige Abfragen zur Konsistenz der Informationen statt. So überprüft beispielsweise die Klassenfunktion `cs_exercise->_check_user_data_replace` inwiefern mögliche Benutzerlösungen im Aufgabenformular bereits vorweg ausgefüllt werden können. Hat sich der Übungstyp seit der letzten Abgabe eines Benutzerergebnisses geändert, wird versucht, die Benutzerantwort auf den neuen Aufgabentyp zu projizieren. Ist dies nicht möglich, bekommt der Nutzer einen entsprechenden Hinweis ausgegeben. Die Methode `cs_exercise->_get_printout` formatiert alle Informationen der Übung entsprechend des geforderten Einsatzbereiches. Wahlweise kann die Aufgabe zur reinen Betrachtung, ohne Berechtigungen der Absolvierung oder regulär mit Möglichkeiten zur Fragebeantwortung ausgegeben werden. Der wohl wichtigste Bestandteil der

cs_exercise->get_input-Ausgabefunktion ist die Bereitstellung der API hook_set_display_features. Der Teil hook des Funktionsnamens ist durch die Bezeichnung des jeweiligen Erweiterungsmoduls zu ersetzen, wie cs_math_set_display_feature exemplarisch verdeutlicht. Mithilfe des Interfaces können Übungstypenmodule wie CS-Textfeld, CS-Mathe, CS-DORA und CS-MATLAB zur Aufgabenbewältigung darstellungsspezifische Ergänzungen zum Übungsformular beitragen.

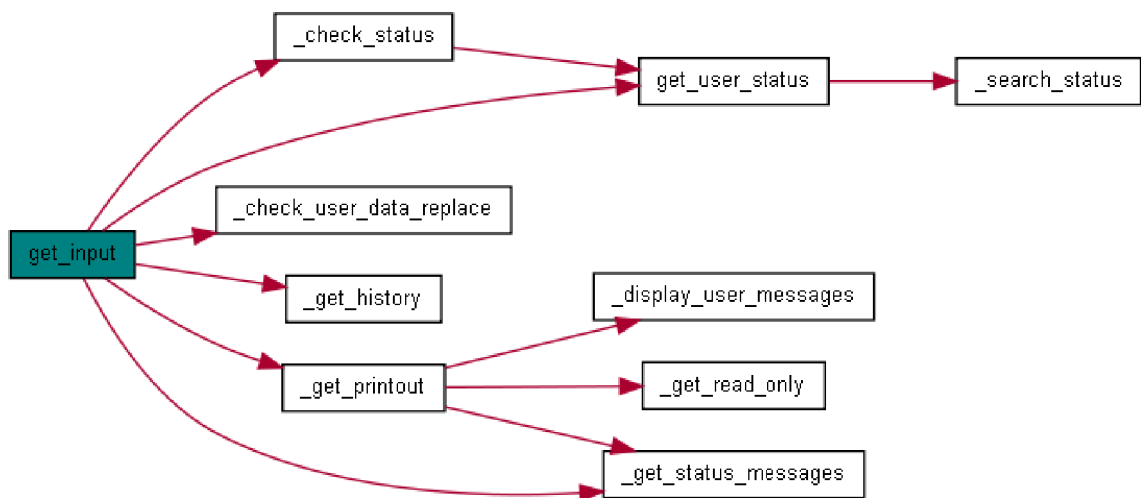


Abbildung 4.5.3: Methode zum Ausgeben eines Objektes der Klasse cs_exercise

Der Vorteil dieser Vorgehensweise ist der modulare Aufbau der Aufgabenstellung. Einzelne Übungstypen können separat und auf das Wesentliche reduziert aufgebaut werden. Es müssen lediglich Angaben über die zusätzliche Daten und Funktionalitäten eines Übungstyps gemacht werden. Unter anderem stellt das Übungstyp-Modul CS-Mathe ein Eingabefeld für mathematische Lösungsformeln und eine Schaltfläche zum Laden eines Formeleditors bereit. Dieser Editor ist ebenfalls in dem CS-Mathe-Modul inkludiert, da es sich auch hier um eine für mathematische Aufgabenstellungen spezifische Fähigkeit handelt. Ähnliche Schnittstellen sind in der Funktion (Prozedur, Unterprogramm, Subroutine) cs_exercise_block_form_submit implementiert. Dieses Unterprogramm beinhaltet Arbeitsschritte zur Validierung und Speicherung einer absolvierten Aufgabenstellung (siehe Abbildung 4.5.4). Je nach Übungstyp werden alle für die Richtigkeitsprüfung benötigten Fakten zusammengetragen. Dies geschieht seitens der bereitgestellten Schnittstelle hook_set_display_features_submit, weil zum Beispiel ein Übungstyp CS-Mathe und eine Aufgabenstellung vom Typ CS-MATLAB auf unterschiedliche Benutzereingaben angewiesen sind. Das Vorgehen ist

notwendig, um die Separation der Anzeigetypen vom Übungsmodul weiterhin zu gewährleisten. Wurden alle notwendigen Informationen ermittelt, bietet wiederum das Interface `hook_set_display_features_validate` den Einstiegspunkt für die Validierung der Benutzereingabe.

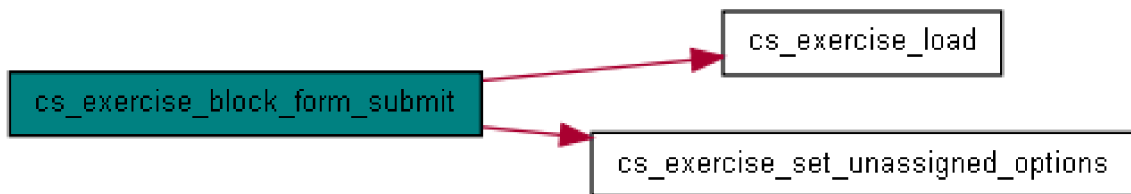


Abbildung 4.5.4: Funktion zum Validieren und Speichern einer Übung

Die CS-Übungstypen nutzen diese Schnittstelle, um die bereitgestellten Übungsdaten komplett autark und mit individuellen Algorithmen zu überprüfen. Anschließend speichert die Funktion `cs_exercise_block_form_submit` alle zuvor erstellten Einzelheiten im Datenspeicher. Ist eine Benutzerlösung nicht ausreichend validiert, wird diese der Funktion `cs_exercise_set_unassigned_options` übergeben, welche die Daten in einer Liste nicht zugeordneter Lösungsvorschläge ablegt. Damit eine erfolgreiche Validierung einer gleichen oder ähnlichen Benutzerlösung zukünftig möglich ist, sollten alle in dieser Liste befindlichen Lösungsoptionen manuell nach deren Korrektheit bewertet werden. Sobald eine Option manuell validiert wurde, erhält das ursprüngliche Benutzerergebnis ebenfalls den entsprechenden Status, damit widersprüchliche Aussagen nicht auftreten können.

Die Darstellung von Übungen und kompletten Aufgabensammlungen übernehmen die Funktionalitäten `cs_exercise_block` und `cs_exercise_block_form`. Erstere nutzt die von Drupal bereitgestellte API zur Definition eines Blocks. Blöcke können in Drupal mit vordefinierten Bereichen assoziiert werden, in denen sie dauerhaft oder nach definiten Regelungen angezeigt werden. Zusätzlich benutzt diese Prozedur die im CS-Praktikum-Modul implementierte Identifikationsfunktion `cs_internship_is_internship` (siehe Abbildung 4.5.5).

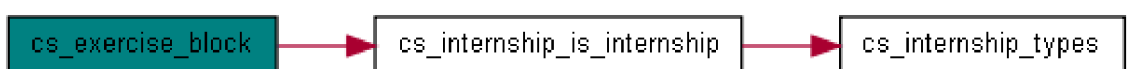


Abbildung 4.5.5: Funktion zum Anzeigen einer Übung oder einer Übungsserie

Mit dieser Subroutine erfolgt eine präzise Erkennung von Praktikumsinhalten, sodass der Aufgabenblock exklusiv zusammen mit einem Praktikum angezeigt wird. In dem

Übungsblock werden ausschließlich dem Praktikumsinhalt zugeordnete Aufgabenstellungen angeboten. Die tatsächliche Aktivität zum Ermitteln der Übungsdaten übernimmt `cs_exercise_load`. Dieses Unterprogramm ruft die gewünschten Übungsdaten und zugehörigen Lösungsoptionen aus dem Datenspeicher ab und bereitet diese zur Benutzung in anderen Funktionen vor.

Tiefgreifendere Einblicke in diesen strukturierten Entwurf und alle weiteren Modulentwürfe von Cybernetics Studio können in dem bereits erwähnten Anhang zur Diplomarbeit gewonnen werden.

5 Implementierung

Nachdem in den vorherigen Kapiteln alle im V-Modell® geforderten Schritte zur Produktspezifikation genauer beschrieben und entsprechende Dokumente im Anhang zur Diplomarbeit bereitgestellt wurden, erfolgt nun die programmiertechnische Umsetzung des E-Learning-Projektes. Ziel dieses Abschnittes soll es nicht sein, den Quelltext zeilenweise zu dokumentieren, sondern separativ auf Implementierungsschritte und damit verbundene Problematiken einzugehen, Lösungsvarianten zu präsentieren und fortführende Hinweise zu geben. Eine umfassende Dokumentation aller realisierten Objektklassen, Funktionen und Schnittstellen zu Drupal wird im Dateipfad Entwürfe/Implementierung/DoxyGen/Modules mit Drupal auf der DVD zur Diplomarbeit bereitgestellt.

5.1 Layout

Vorab wird sich jedoch auszugsweise dem Layout der Cybernetics Studio-Internetanwendung gewidmet. Anhand der definierten Anforderungen (siehe V Anforderungsdefinition: Pflichtenheft, In: Anhang zur Diplomarbeit) soll das resultierende Internetportal nach den Ansprüchen des W3C in *XHTML 1.0 Strict* aufgebaut sein. Eine strikte Barrierefreiheit nach [WCAG]¹ ist zwar nicht unbedingt gefordert, wird aber dennoch bei der Erstellung des Layouts berücksichtigt. Die Umsetzung des Designs ist mitunter der wichtigste Bestandteil für diese Forderungen. Das Drupal-System nutzt für die Ausgabe aller Inhalte, Übungsaufgaben, Formulare und weiteren Fakten ausschließlich das zur Verfügung gestellte Design. Es ist demnach gut zu erkennen, dass als Basis für eine XHTML-konforme und ansatzweise barrierefreie Umsetzung der Lernumgebung dem Design eine angemessene Aufmerksamkeit zukommen muss.

Das am Ende dieses Abschnittes bereitgestellte Layout ist komplett unabhängig von den Funktionalitäten der E-Learning-Umgebung und kann zu jeder Zeit durch alternative Themen ausgetauscht werden. Um die Konzepte des Layouts von den Cybernetics Studio-Entwicklungen abzugrenzen, erhält dieser Zwischenschritt der Implementierung die separate Bezeichnung „Virtunetics Studio“ (VS), ein Akronym aus den Begriffen **“Virtual Cybernetics Studio“**.

1 World Wide Web Consortium; Web Accessibility Initiative: *Web Content Accessibility Guidelines 1.0*.

5.1.1 Logo

Unter IX Layout im Anhang zur Diplomarbeit kann das Logo zu Virtunetics Studio betrachtet werden. Bei der Erstellung des Logos fanden einfache geometrische Figuren eine Anwendung, um den Wiedererkennungswert zu erhöhen. Darüber hinaus wurde auf komplexe Farbgebungen verzichtet und eine schwarz-weiße Lösung angestrebt. Dadurch können Barrieren bei farbschwachen Anzeigegeräten sowie bei diversen Farbenblindheiten reduziert werden, ohne dass Informationen im Logo verloren gehen. Außerdem kann das Logo auf weiteren Veröffentlichungen und Druckerzeugnissen einen Einsatz finden.

5.1.2 Design

Das Dokument IX Layout im Anhang zur Diplomarbeit demonstriert ebenfalls das vollendete Design der Lernumgebung von Virtunetics Studio. Den Anforderungen entsprechend wurde auf die gut sichtbare Positionierung der Navigationselemente sowie des Inhaltsbereiches geachtet. Ebenso erhalten die primären und sekundären lokalen Aufgaben eine Platzierung nahe dem Inhaltsbereich. Das sekundäre Menü wird abseits dargestellt, ist für Interessenten nichtsdestotrotz einfach auffindbar. Als Kolorierung wurden die typischen Farben der Fachhochschule Jena gewählt, um die Verbindung zu dieser Einrichtung herzustellen. Wie bereits bei der Erstellung des Logos, kann auch hier eine Barrierefreiheit bezüglich Defiziten in der Farbdarstellung, ohne den Verlust von wesentlichen Strukturen oder Informationen, vorgewiesen werden.

5.2 Programmierung

Die programmiertechnischen Arbeiten zur Umsetzung aller geforderten und gewünschten Funktionalität erfolgen in modularer Weise gemäß den Ausführungen aus Abschnitt 4.3. Dazu werden die Programmiersprachen und Beschreibungsmethoden *HTML*, *Cascading Style Sheets* (*CSS*; deutsch: überlappende Formatvorlagen), *PHP*, *JavaScript*, Asynchronous JavaScript and XML (*AJAX*) und *SQL* unterstützend herangezogen. Hierbei wird einerseits unter Benutzung der Drupal-API ein E-Learning-Modul in das Drupal-System integriert. Andererseits ist das Lernmodul selbst flexibel aufgebaut, womit Redundanz durch nicht benötigte Anwendungen vermieden wird. Zudem können fortführende Entwicklungen, unter Benutzung der von Cybernetics Studio bereitgestellten Schnittstellen, zügig und unkompliziert umgesetzt werden, ohne direkt mit der Implementierung der existierenden Module vertraut zu sein. In Abschnitt 4.5 ist

beispielhaft zu erkennen, dass jedes Modul nochmals in Subroutinen gegliedert ist. In diesem Abschnitt werden auszugsweise diese Unterprogramme intensiver erläutert, wobei die CS-Übungen mit den implementierten Interfaces und den daraus resultierenden CS-Übungstypen als hauptsächlicher Schwerpunkt gelten. Jede in diesem Kapitel erwähnte Funktion und jede Objektklasse ist im Dokument X Auszug aus den Quelltexten im Anhang zur Diplomarbeit mit kompletten Programm-Quelltext aufgeführt. Dies wird nicht explizit bei jeder Verwendung erwähnt. Es gilt weiter zu beachten, dass zum Verständnis der kompletten Funktionalität weitere Prozeduren und Methoden notwendig sind. Diese sind in dem Dokument im Anhang zur Diplomarbeit nicht mit aufgeführt, da es sich lediglich um einen kurzen Abriss einiger Unterprogramme handelt. Zum tiefgründigeren Verständnis kann der ausführlich dokumentierte Quelltext der Entwicklung im Dateipfad Programme/Drupal/Erweiterungen/Modules auf der DVD zur Diplomarbeit betrachtet werden. Testfälle zu jeder einzelnen Implementierung sowie deren Resultate werden in Kapitel 6 vorgestellt und ausgewertet.

Gemäß dem komponentenbasierten Prozessmodell dient die Realisierung von [UBERCART]¹ als Ausgangsbasis für die nachfolgende Programmierung. Dieser *Open-Source*-Internetshop, genannt „Ubercart“, ist eine modulare Drupal-Erweiterung und wird unter der *GNU/GPL*-Lizenz vertrieben. Die Softwarelösung eignet sich hervorragend für die aus dieser Arbeit resultierende Lernumgebung. Einige grundlegende Komponenten von Ubercart werden in die E-Learning-Software übernommen. Eine Gegenüberstellung der Ubercart-Komponenten und der zu entwickelnden Module von Cybernetics Studio ist in Tabelle 5.2.1 dargestellt.

Ubercart	Cybernetics Studio
uc_store	cs_management
uc_products	cs_internship
uc_attribute	cs_exercise
uc_catalog	cs_category

Tabelle 5.2.1: Vergleich von Ubercart mit Cybernetics Studio

Jede von Ubercart verwendete Komponente wird ausgiebig auf den E-Learning-Bereich angepasst und erweitert, sodass nach Fertigstellung der einzelnen Module eigenständige Softwarelösungen resultieren. Mitunter sind die Strukturen von Ubercart in den

1 Ubercart: *Ubercart - Open-Source E-Commerce*. URL <http://www.ubercart.org>

Veröffentlichungen von Cybernetics Studio nur noch rudimentär vorhanden.

5.2.1 Modul cs_exercise

In Abschnitt 4.5.2 wurden bereits die Klasse `cs_exercise` und weitere Prozeduren dieses Moduls einführend erwähnt. Folgende Absätze sollen helfen, diese Informationen zu vertiefen sowie weitere relevante Funktionalitäten aus CS-Übungen zu verstehen.

In Dokument X Auszug aus den Quelltexten im Anhang zur Diplomarbeit ist der gesamte Programmtext des Übungsklassen-Konstruktors `cs_exercise->cs_exercise` aufgeführt. In diesem überprüft die Abfrage `if (isset($nid))` zunächst, inwiefern das Übungsobjekt aus einem Inhalt beziehungsweise einem Praktikumsinhalt heraus erzeugt wird. Die Anweisung `if (isset($uid))` ermittelt den Benutzer, für welchen die Generierung der Übungsinstanz stattfindet. Lässt sich kein Benutzer detektieren, bekommt der aktuelle Betrachter mit dem Befehl `global $user;` das Übungsobjekt zugeordnet. Alle weiteren Programmzeilen in dieser Funktion dienen der Verarbeitung sowie Konfiguration des Übungsobjektes und verweisen auf weitere Klassenmethoden. So sucht unter anderem die Klassenfunktion `cs_exercise->_get_user_data` alle zu der aktuellen Übungsinstanz und dem gegenwärtigen Benutzer existierenden Lösungsoptionen aus dem Datenspeicher. Sind mehrere Optionen verfügbar, wird die Benutzerlösung mit der höchsten Versionsnummer als aktuelle Benutzerlösung zugeordnet. Alle weiteren Benutzerlösungen erhalten eine chronologische Klassifizierung in der Versionen-History. Wahlweise kann mit dem Übergabeparameter `$version` gezielt nach einer speziellen Version gesucht werden. Weiterhin wird in dieser Methode mit der Abfrage `if ($display_old != $this->get_display_types($this->display, 'nameid2id'))` festgestellt, ob sich der Übungstyp der aktuellen Benutzerlösung im Vergleich zum derzeitigen Aufgabentyp des Übungsobjektes geändert hat. Ist dies geschehen, erhält der Mitteilungsspeicher `$additions['#messages']` der Übungsinstanz eine entsprechende, eindeutig identifizierte Nachricht zugeordnet. Mit dieser Identifikation findet, sofern möglich, in der Methode `cs_exercise->_check_user_data_replace` eine Überführung des bisherigen Übungstyps der Benutzerlösung in den neuen Lösungstyp statt. Sofern möglich bedeutet an dieser Stelle, dass nicht immer vom Erfolg dieser Konvertierung auszugehen ist. Zum Beispiel kann eine Antwort vom Übungstyp CS-Mathe nicht in eine Lösung vom Typ CS-DORA oder

CS-MATLAB übertragen werden. Der Benutzer wird jedoch in jedem Fall über den Vorgang informiert und um eine Überprüfung seiner Eingaben gebeten. Überdies verwenden die Klassenfunktion `cs_exercise->_get_user_data`, aber auch andere Methoden der Übungs Klasse, die Funktion `cs_exercise->_unserialize_data`. Die kurze und unscheinbare Methode beinhaltet eine der schon oft erwähnten Schnittstellendefinition zu den Übungstypen. Mit der Programmzeile `$data = module_invoke_all('get_solution_data', $this, $user_data);` wird die API `hook_get_solution_data` bereitgestellt. Dieses Interface erlaubt anderen Modulen, das Übungsobjekt zusammen mit den unformatierten Lösungsdaten, den sogenannten Rohdaten, aufzunehmen, zu bearbeiten und adäquat strukturiert an die Klassenmethode zu retournieren. Somit können je nach Aufgabentyp Lösungen individuell formatiert und mit übungsspezifischen Informationen versehen werden. Die abschließende Ausgabe des Übungsformulars übernimmt die Methode `cs_exercise->get_input`. Auch in dieser Klassenfunktion ist eine der Schnittstellen zu den Modulen der Übungstypen zu finden. Mit der Quelltextzeile `$input = module_invoke_all($invoke, $this);` können Übungsmodule komplett eigene Anzeigeeigenschaften für die Aufgabenstellung definieren. Mittels dieser Programmzeile wird einerseits die API `hook_set_display_features` zur Darstellung als Übungsformular für Benutzer und andererseits das Interface `hook_admin_display_features` zur Anzeige als Administrationsformular für Webmaster und Administratoren bereitgestellt. Die Wahl der Schnittstelle findet durch den Übergabeparameter `$invoke` statt. Des Weiteren erfolgt mit der Abfrage `if (!user_access('dispatch exercises'))` eine Berechtigungsüberprüfung. Ist es dem Nutzer, welcher dem Übungsobjekt und damit auch dem Übungsformular zugeordnet ist, nicht möglich, Übungsaufgaben zu absolvieren, wird das Formular der Aufgabenstellung in eine Textausgabe ohne Möglichkeiten zur Lösungseingabe konvertiert. Bevor das Übungsobjekt die Ausgabedaten übermittelt, findet mit dem Funktionsaufruf `$form = $this->_get_printout($form, $appendix, $invoke);` eine abschließende Informationsüberprüfung statt. Die Anzeige der Aufgabenstellung wird schlussendlich vermittle dem Unterprogramm `cs_exercise_block`, einer von Drupal bereitgestellten API zur Darstellung eines Modulblocks, übernommen. Auf diese Funktion wird an dieser Stelle jedoch nicht genauer eingegangen.

Sobald eine Aufgabenstellung beantwortet ist und das Übungsformular übertragen wird, müssen komplexe Vorgänge zur Datenbehandlung berücksichtigt werden. Angefangen von der Ermittlung aller übungsrelevanten Eingaben, über die Versionsverwaltung der abgegebenen Benutzerlösung, bis hin zur umfangreichen Validierung der Lösungsdaten, übernimmt dies die Subroutine `cs_exercise_block_form_submit`. Eingangs wird mit der Zuweisung `$cs_exerciseClass = new cs_exercise(cs_exercise_load($eid));` eine neue Übungsinstanz erzeugt. Nachfolgend generiert die Anweisung `$values = module_invoke_all('set_display_features_submit', $cs_exerciseClass, $exercise['input'. $cs_exerciseClass->eid]);` eine weitere API hook `hook_set_display_feature_submit` für die Module der Übungstypen. Hierdurch können die einzelnen CS-Übungstypen, ähnlich wie bei der Schnittstelle `hook_set_display_features`, individuelle Algorithmen zum Ermitteln subjektiver Lösungsdaten bereitstellen. Exemplarisch ist ein Lösungsdatum vom Typ CS-DORA auf die zur Lösung beigefügten Datei des *DORA*-Programms angewiesen, währenddessen ein Übungstyp CS-Mathe die, gegebenenfalls durch den Formeleditor erstellte, mathematische Gleichung benötigt. Eine weitere bedeutungsvolle API bietet sich mit der Programmzeile `$validate = module_invoke_all('set_display_features_validate', $cs_exerciseClass, $exercise_value, $statuses);`. Das hier beschriebene Interface `hook_set_display_feature_validate` ist der Startpunkt für die in jedem Übungsmodul typenspezifisch implementierten und mitunter komplexen Validierungsprozeduren. Diese Schnittstelle ist notwendig, um jeden Aufgabentyp nach charakteristischen Vorgaben revidieren zu können. Mit der Abfrage `if ($cs_exerciseClass->compare_data ($exercise_value) === FALSE)` kann die Klassenfunktion `cs_exercise->compare_data` feststellen, ob sich der neue Lösungsvorschlag im Gegensatz zu der vorherigen Version verändert hat. Ist dies geschehen, wird die aktuelle Benutzerlösung neu versioniert und im Datenspeicher abgelegt. Andernfalls kann die neue Benutzerlösung ignoriert werden. Ist jedoch die maximale Anzahl an möglichen History-Versionen pro Aufgabenstellung und Benutzer erreicht, beginnt die Überschreibung bestehender Lösungsversionen, angefangen mit dem ältesten Datenbestand. Mit der Quelltextzeile `cs_exercise_set_unassigned_options ($cs_exerciseClass,`

`$unassigned_options, $tid, $data['#status']`); können ergänzend zur Aufgabenvalidierung alle unzureichend überprüften Lösungsvorschläge in einem Datenspeicher abgelegt werden. Weitere Prozeduren im CS-Übungs-Modul helfen dazu, berechtigten Benutzern diese Benutzerlösungen einzusehen und manuell zu bewerten. Zum einen ergibt sich der Vorteil, dass im System nicht vorhandene Lösungsoptionen nicht sofort als fehlerhaft gewertet werden, sondern den Benutzern die Möglichkeit eröffnet wird, eigenständige Lösungsideen zu entwickeln. Zum anderen erhöht sich mit diesem Vorgehen der Bestand an Validierungsoptionen stetig, womit das System kontinuierlich an Qualität zunimmt. Eine genauere Betrachtung dieser Verfahrensweise findet an dieser Stelle nicht statt.

Bei der Implementierung dieses Moduls ergaben sich aufgrund der enormen Informationsfülle anfänglich einige Schwierigkeiten bei der Übertragung von Aufgabenlösungen und kompletten Übungsserien. Daraus resultierend übertrugen sich die Problematiken auch auf die definierten Schnittstellen und die hiermit verbundenen Übungstypen. Weiterhin machten sich einige Inkonsistenzen bei der Versionsverwaltung der abgegebenen Benutzerlösungen bemerkbar. Alle Fehler konnten letztendlich jedoch durch ausführliche Testausgaben und die Verfolgung des Datenflusses schrittweise eliminiert werden.

5.2.2 Modul cs_math

CS-Mathe als Erweiterungsmodul für mathematische Aufgabenstellungen ist selbst kein eigenständiges Drupal-Modul. Es ist in jedem Fall auf CS-Übungen und die dort bereitgestellten APIs angewiesen. Diese Übungskomponente erweitert das Basisübungsmodul um die Fertigkeiten der Eingabe von mathematischen Formeln sowie die Inspektion dieser auf Richtigkeit.

Beispielhaft für alle nachfolgenden Übungserweiterungen wird für diesen Abschnitt näher auf die Benutzung der Schnittstelle `hook_set_display_features` eingegangen. In Dokument X Auszug aus den Quelltexten im Anhang zur Diplomarbeit ist die Funktion `cs_math_set_display_features` dargestellt, welche mithilfe des verfügbaren Interfaces ein Eingabeformular für mathematischen Übungen bietet. Vor der Generierung der Eingabemaske ist allerdings mit der Abfrage `if ($exercise->display == 'math')` die Kontrolle des Anzeigetyps notwendig. Die dazu erforderlichen Informationen stellt die API in Form des Übergabeparameters

`$exercise` zur Verfügung. Stimmt der Übungstyp mit dem Modul überein, werden die benötigten Werte zur Darstellung der Eingabeelemente geladen. Diese Information legt jedes Übungsmodul bei der Installation im Datenspeicher ab, wodurch eine Anpassung der Formulardarstellung ohne direkte Bearbeitung des Programmquelltextes möglich ist. Auch diese Angaben werden durch den bereits erwähnten Übergabeparameter bereitgestellt. Damit der Benutzer bei der Eingabe einer mathematischen Gleichung unterstützt wird, bietet diese Komponente zusätzlich eine Schaltfläche zum Initialisieren eines Formeleditors an. Dieser Editor ist als externe, unter der *GNU/GPL*-Lizenz stehenden Software vom Anbieter [DRAGMATH]¹ eingebunden. Da es sich um ein Java-Programm handelt, obliegt dem Benutzer, den Formeleditor zu laden. Das Interface `hook_admin_display_features` bietet eine ähnliche Funktionalität wie die eben beschriebene API, ist jedoch um einige administrative Fähigkeiten erweitert.

Erfolgt die Abgabe einer Aufgabenstellung vom Typ CS-Mathe, werden mit der Schnittstelle `cs_math_set_display_features_submit` notwendige Werte zur Validierung aus dem Übergabeparameter `$submit` sondiert. Die Abfrage `if (strpos($key, 'matharea-' . $exercise->eid . '-input-') !== FALSE)` testet die übertragenen Werte von `$submit` auf relevanten Informationsgehalt. Ist die Überprüfung erfolgreich, werden die Daten in einem Zwischenspeicher dieses Unterprogramms abgelegt und abschließend an das CS-Übungs-Modul übertragen.

Als Schwerpunkt jedes Übungstypenmoduls ist die Validierung der Benutzerlösungen zu sehen. Je nach geforderter Genauigkeit, Zuverlässigkeit und Komplexität der Antworten kommen umfassende Analysefunktionen zum Einsatz. Diese können mitunter den Großteil der Erweiterungskomponente repräsentieren. Für das Modul CS-Mathe wurden verschiedene Validierungsmethoden anhand zwei gleichwertiger Kriterien bewertet (siehe XI Möglichkeiten zur Formelvalidierung, In: Anhang zur Diplomarbeit). Nach Absprache mit dem Betreuer, welcher gleichermaßen Auftraggeber ist, wurde sich für die lernende Formelvalidierung entschieden. Diese Methode stellt einen guten Kompromiss aus Funktionalität und Aufwand dar. In der API `cs_math_set_display_features_validate` ist die Implementierung dieser Validierungsmethode aufgeführt. Mit den Programmschleifen `foreach ($values as $key => $value)` und `foreach ($exercise->solution as $solution)` werden auf der einen Seite alle übermittelten Benutzerlösungen und auf

¹ Alex Billingsley, Chris Sangwin: *DragMath*. URL <http://www.dragmath.bham.ac.uk>

der anderen Seite alle im System befindlichen Referenzlösungen sukzessiv verarbeitet. Kernanweisung dieses Unterprogramms ist hingegen folgende Quelltextzeile:

```
if (preg_replace(array('/(.)\*([\^0-9])/ix', '/([\^0-9])\*([\^0-9])/ix', '/\{([A-Za-z]*[0-9]*)\}/'), array('$1$2', '$1$2', '$1'), str_replace(array(' ', '.'), array('', ','), strtolower($solution['value']))) == preg_replace(array('/(.)\*([\^0-9])/ix', '/([\^0-9])\*([\^0-9])/ix', '/\{([A-Za-z]*[0-9]*)\}/'), array('$1$2', '$1$2', '$1'), str_replace(array(' ', '.'), array('', ','), strtolower($value['value']))))
```

Diese komplexe Abfrage vergleicht jeweils einen mathematischen Ausdruck von `$value` und einen Ausdruck von `$solution` miteinander. Mit der *PHP*-Funktion `preg_replace` wird das Multiplikationszeichen in beiden Gleichungen an mathematisch korrekten Stellen entfernt. Mit mathematisch korrekt ist hier entweder zwischen zwei Variablen oder einer Zahl und einer Variablen gemeint. Die *PHP*-Funktion `str_replace` dient der Eliminierung von Leerzeichen und der Ersetzung von Punkten durch Kommata. Mit `strtolower` werden alle in den Gleichungen befindlichen alphanumerischen Zeichen in Kleinbuchstaben umgesetzt. All diese Vorkehrungen werden getroffen, um auch typografisch differente Benutzergleichungen kongruent zu Referenzlösungen zu gestalten. Kann eine Gleichheit festgestellt werden, erhält die Benutzerlösung den der Vergleichslösung zugeordneten Status und Kommentar. Dieser Vorgang wird solange wiederholt bis jede Benutzergleichung mit allen Referenzlösungen kombiniert wurde. Treffen verschiedene Referenzoptionen auf eine Benutzergleichung zu, wird sich für die Option mit dem höheren Status entschieden. Sollte auch dieser identisch sein, erhält die erste Zuordnung den Vorrang. Um den Overhead (*deutsch*: Mehraufwand) in der Validierungsfunktion zu reduzieren, wurde mit der Variablen `$break_validation` und der Quelltextzeile

```
if ($exercise->get_user_status($status['#status'][$key], 'id2points') >= $exercise->get_user_status($max_status, 'id2points'))
```

ein Mechanismus zur Reduktion des Verarbeitungsaufwandes geschaffen. Bevor die Validierung beginnt, wird der maximal erreichbare Status ermittelt. Erhält eine Benutzerlösung diesen Status, können alle weiteren Vergleiche abgebrochen werden. Im

Idealfall sinkt so die Bearbeitungszeit auf $\frac{1}{\$value \cdot \$solution}$. Schlussendlich werden alle Validierungsinformationen dem CS-Übungs-Modul übergeben.

Komplikationen traten bei dieser Modulimplementierung gehäuft in der Benutzung des Formeleditors von [DRAGMATH]¹ auf. Da es sich um eine externe Entwicklung handelt, kann selbst keine Fehlerbehebung stattfinden. Die Fehlerquelle konnte jedoch eingegrenzt werden. Der Hersteller erhielt daraufhin eine entsprechende Fehlermeldung. Weitere Informationen sind im Kapitel 6 zu finden.

5.2.3 Modul cs_dora

Die Übungskomponente CS-DORA ist, ebenfalls wie CS-Mathe, kein autonomes Drupal-Modul. Es bietet eine Erweiterung des Aufgabenangebotes an und ist auf den Umgang mit *DORA*-Dateien spezialisiert. Diese Dateien können analysiert und bewertet werden. Ein Benutzer überträgt die in *DORA* erstellte Datei über das bereitgestellte Formular in einen für ihn separat angelegten Dateipfad im E-Learning-System. Auf eine Erläuterung der Eingabemaskenbereitstellung mittels der Schnittstelle `cs_dora_set_display_features` wird an dieser Stelle verzichtet. Ebenso lassen sich bei der Betrachtung des Quelltextes der Interface-Implementierung `cs_dora_set_display_features_submit` einige Analogien zu der vorherigen Übungserweiterung feststellen. Dadurch kann sich in diesem Abschnitt ausgiebig der Dateivalidierung von *DORA* gewidmet werden.

Die Werkzeugsammlung von *DORA* bietet eine Vielzahl an Synthese- aber auch an Analysemöglichkeiten. Jedes Werkzeug stellt als Speicherstand eigene Dateiformate mit proprietären Formatierungen bereit. CS-DORA ist dagegen ausschließlich auf den Umgang mit Blockschaltbildern und den zugehörigen Speicherständen im *.EIN*-Format spezialisiert. Dokument XII Möglichkeiten zur Dateivalidierung im Anhang zur Diplomarbeit stellt drei Verfahren zur Auswertung und Richtigkeitsprüfung der *.EIN*-Speicherstände vor. Unter Absprache mit dem Betreuer hat sich die systematische Dateianalyse als angemessenes Prinzip herausgestellt. Darauf aufbauend bietet die lernende Dateivalidierung zusätzlich Unabhängigkeiten im Validierungsprozess. Benutzern wird die Freiheit nicht genommen, eigene Vorschläge anzubringen und durch eine befähigte Person überprüfen zu lassen. Deswegen werden beide Verfahren zu der lernenden systematischen Dateianalyse kombiniert, wobei der Schwerpunkt eindeutig auf der systematischen Analyse liegt. Das Interface `cs_dora_set_display_features_validate` bietet den Einstiegspunkt für die Dateianalyse. Auch hier sind Programmschleifen definiert, mit denen die Benutzer- und

¹ Alex Billingsley, Chris Sangwin: *DragMath*. URL <http://www.dragmath.bham.ac.uk>

Referenzlösungen verarbeitet werden. Jeweils zu Beginn beider Schleifen erfolgt die zeilenweise Aufbereitung der *.EIN*-Speicherstände (siehe XIII Beispiel eines *.EIN*-Speicherstandes von DORA, In: Anhang zur Diplomarbeit). Mit der Anweisung `if (strpos($read_value_content, 'B ') === 0)` können alle in der *DORA*-Datei befindlichen Funktionsblöcke herausgelesen werden, da jeder Block in seiner ersten Zeile mit 'B ' beginnt. Eine ähnliche Vorgehensweise wird auch zum Filtern der Verbinder benutzt, wobei der Parameter 'B ' durch 'L ' ausgetauscht ist. Mit der Quelltextzeile `$value_blocks = cs_dora_format_block($value_content['B']);` erfolgt eine Formatierung und Parametrierung der einzelnen *DORA*-Blockelemente entsprechend der bereitgestellten Werte aus dem Speicherstand. Dazu wird auf die Subroutine `cs_dora_format_block` zurückgegriffen. Die Abfrage `if (strpos($value, '*') === 0)` findet alle zu einem Block gehörigen Parameter zusammen mit deren Werten heraus und setzt diese wiederum durch das Unterprogramm `cs_dora_get_parameters` in Relation zueinander. Nicht alle in der *DORA*-Datei hinterlegten Parameter sind zwangsläufig für eine ordnungsgemäße Validierung der Benutzerlösung notwendig. So sind beispielsweise bei einem *P-T2-DORA*-Block lediglich die Werte „D“, „W“, „KS“, „Y0“ und „YP0“ erforderlich. „BlockNr.“, „SuperNr.“, „AnzEin.“, „AnzAus.“, „Position“ und „Lage“ können bei der Parameterüberprüfung ignoriert werden. Deshalb fragt die *SQL*-Anweisung

```
$result = db_query("SELECT nameid, type, validation
                   FROM {cs_dora_block_validate}
                   WHERE status = 1
                   ORDER BY ordering ASC, dbvid ASC");
```

alle im Datenspeicher befindlichen Einstellungen zur Überprüfung der Blockparametrierung ab. Die getrennte Behandlung der Parametereinstellungen hat den Vorteil, dass Änderungen je nach geforderten Parametrierungsumfang zügig und ohne programmiertechnisches Wissen vorgenommen werden können. Dennoch sind mit der Programmzeile `$identifiers_array = cs_dora_bugfix_parametername($element, $identifizier);` einige manuelle Anpassungen im inkonsistenten Aufbau des *DORA*-Speicherstandes notwendig. Andernfalls wäre keine einheitliche Validierung der Blockparametrierung möglich. Vielmehr müsste zu jedem Element ein eigener Algorithmus hinterlegt werden. Eine Liste aller vorgenommenen Bugfixes (*deutsch*: Beseitigen von Programmfehlverhalten) ist in Dokument XIV Bugfixes im

.EIN-Speicherstand von DORA im Anhang zur Diplomarbeit tabellarisch zusammengefasst. Sind alle notwendigen Parameter zu jedem DORA-Block erfasst und alle Verbindungselemente mit der Prozedur `cs_dora_formate_lines` separiert und formatiert worden, kann das Unterprogramm `cs_dora_build_diagram` die Beziehungen der einzelnen Elemente untereinander herstellen. Dabei werden jeweils zwei Blöcke durch eine Verbindung miteinander verknüpft. Anschließend erfolgt mit der *SQL*-Abfrage

```
§result = db_query("SELECT nameid, type, rule
                    FROM {cs_dora_block_config}
                    WHERE status = 1
                    ORDER BY ordering ASC, dbcid ASC");
```

die Selektion von geeigneten Blockkonfigurationen aus dem Datenspeicher. Eine treffendere Bezeichnung wäre an dieser Stelle eher Ausnahmebehandlung anstatt Konfiguration, da den Blockeingängen und -ausgängen (Ports) entsprechende Ausnahmen zugeordnet sind. Diese Besonderheit erlaubt den Ausschluss vordefinierter Portreihenfolgen. Demnach können an den definierten Ports der angegebenen Blöcke die Verbindungen willkürlich belegt werden, ohne dass die Richtigkeit der Lösung darunter leidet. Als Beispiel ist der Subtraktionsblock zu nennen. In diesem Element können, bis auf den ersten Eingangsport, alle Eingänge in beliebiger Reihenfolge gewählt werden, ohne dass die Korrektheit beeinträchtigt ist (siehe Abbildung 5.2.1).

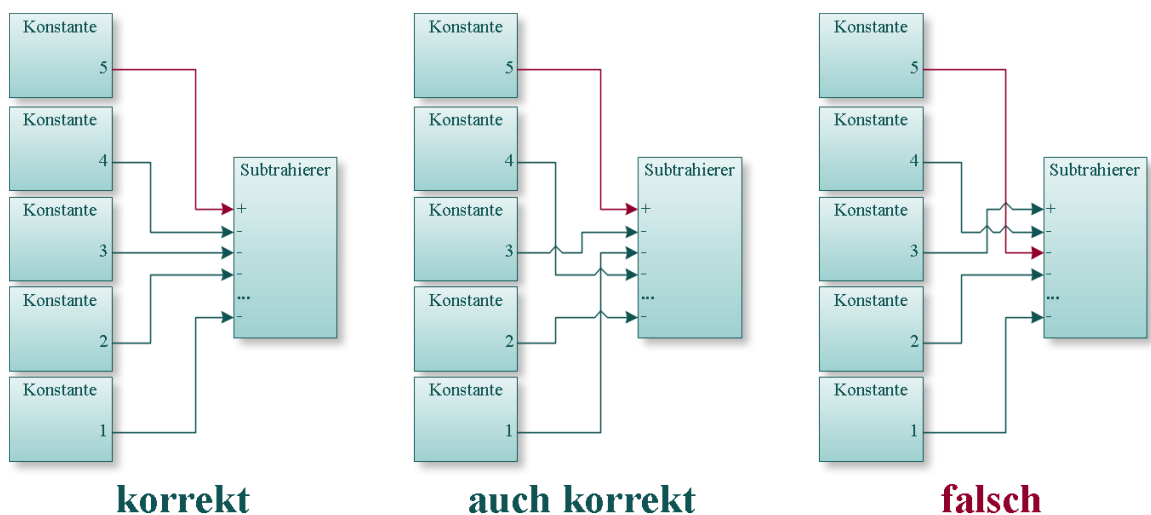


Abbildung 5.2.1: Korrekte Port-Belegung eines DORA-Subtrahierers

In dieser Grafik gilt das Ergebnis erst dann als falsch, wenn der Konstantenblock mit dem Wert fünf nicht mehr auf den ersten Eingangsport des Subtraktionselements verweist. Auch diese Konfigurationsmöglichkeit wurde in den Datenspeicher ausgelagert, um auf Änderungswünsche unmittelbar reagieren zu können. Die endgültige

systematische Analyse ist in dem Unterprogramm `cs_dora_array_multicompare` realisiert. In dieser Funktion wird zunächst mit der Quelltextzeile `if (count($array_1) == count($array_2))` verglichen, ob sowohl in der aktuellen Benutzerlösung als auch in der Referenzdatei die gleiche Anzahl an *DORA*-Elementen existieren. Ist dies nicht der Fall, wird die Analyse bereits an dieser Stelle mit einem entsprechenden Hinweis abgebrochen. Andernfalls suchen die Programmanweisungen `$search_1 = array_keys($array_2, $value);` und `$search_2 = array_keys($array_1, $value);` jeden in der Benutzerlösung, aber auch jeden in der Referenzlösung vorkommenden Block in der jeweils anderen Vergleichsdatei. Sobald ein Element nicht vorhanden ist, wird der Analysevorgang mit einem Fehlerhinweis beendet. Können alle Blöcke auffindig gemacht werden, überprüfen die Programmzeilen `if (!in_array($values_1[$key], $search_values_1))` und `if (!in_array($values_2[$key], $search_values_2))` jeden zu einem Element definierten Parameter. Ist auch dieser Vorgang erfolgreich, ist die strukturierte Analyse der Benutzerdatei abgeschlossen und die Lösung wird als übereinstimmend mit der Referenzlösung gewertet. Wieder zurück in der Validierungsfunktion `cs_dora_set_display_features_validate` wird der gesamte Validierungsprozess für alle weiteren Benutzerlösungen und Referenzdateien wiederholt. Um nichtsdestoweniger auch in dieser Übungserweiterung den Analyseaufwand und damit auch die Systemressourcen zu minimieren, ist eine Abbruchbedingung bei Erreichen des maximalen Status implementiert, welche schon im Modul CS-Mathe erläutert wurde.

Die Programmierung des CS-DORA-Moduls erwies sich anfänglich als schwierig, insbesondere im Hinblick auf das Auslesen des *DORA*-Speicherstandes. Hauptursache dafür war der ungewohnte Dateiaufbau ohne nachvollziehbarer Struktur. Die Varianzen der Namensvergebung für die Parameter kamen hierbei erschwerend hinzu. Durch ausgiebige Analysen, zahlreiche Testläufe und einem abschließenden Modultest (siehe Kapitel 6) konnten alle Problematiken beseitigt werden. Es resultiert ein zuverlässiges Übungsmodul für automatisierungstechnische Aufgabenstellungen unter der Benutzung der Software *DORA*.

5.2.4 Modul cs_matlab

Die Übungserweiterung CS-MATLAB bietet große Ähnlichkeiten im Funktionsumfang zu CS-DORA. Anstatt der Ausrichtung auf das Programm *DORA*, ist dieses Modul auf die Arbeit mit der Software *MATLAB/Simulink* spezialisiert. Zum Einsatz kommen hier die Speicherstände im *.MDL*-Format. Um diesen Abschnitt zu verkürzen, wird sich sofort der Dateivalidierung zugewendet. Darüber hinaus können zahlreiche Parallelen zum Übungsmodul CS-DORA hergestellt werden, weshalb einige Funktionsblöcke nur angedeutet werden.

Nachdem die lernende systematische Dateianalyse als Validierungsprinzip bereits bei CS-DORA eine erfolgreiche Anwendung fand, wird auch das CS-MATLAB-Modul nach diesem Verfahren realisiert (siehe XII Möglichkeiten zur Dateivalidierung, In: Anhang zur Diplomarbeit). Die zwei einleitenden Programmschleifen `foreach ($values as $key => $value)` und `foreach ($exercise->solution as $solution)` in der API-Funktion `cs_matlab_set_display_features_validate` sind bereits aus den beiden vorherigen Modulbeschreibungen bekannt. Auch bei dieser Schnittstelle findet zu Beginn die zeilenweise Aufarbeitung der *.MDL*-Dateien statt (siehe XV Beispiel eines *.MDL*-Speicherstandes von MATLAB, In: Anhang zur Diplomarbeit). Aufgrund der modularen Gliederung des *.MDL*-Speicherstandes, kann mit den Anweisungen

```

if (strpos($read_value_content, '{') !== FALSE)
{
    $value_opener['opened']++;
}
if (strpos($read_value_content, '}') !== FALSE)
{
    $value_opener['opened']--;
}

```

jedes Element eindeutig detektiert werden. Die tatsächliche Identifikation eines *MATLAB*-Blocks geschieht mit der Quelltextzeile `if (strpos($read_value_content, 'Block {') !== FALSE)`. In gleicher Weise, nur mit dem Austausch des Funktionsparameters 'Block {' zu 'Line {' , können die Verbindungselemente zwischen den Blöcken aus der Datei gefiltert werden. Komparabel zu dem Programmaufbau von CS-DORA erfolgt mit dem Funktionsaufruf `$value_blocks = cs_matlab_formate_block($value_content['Block'])`; die Trennung der Blöcke von ihren Parametern.

Die Lokalisierung der Parameter kann ebenfalls mittels der Zeichen '{' und '}' stattfinden. Daraufhin assoziiert die Subroutine `cs_matlab_get_parameters` die ermittelten Parameternamen mit ihren zugehörigen Werten. Die im Abschnitt zu CS-DORA beschriebene Handhabung mit den ausgelagerten Validierungseinstellungen findet aus den bereits benannten Gründen gleichwohl in CS-MATLAB eine Verwendung. Daran anknüpfend erfasst die Prozedur `cs_math_formate_lines` alle Verbindungslinien zwischen den *MATLAB*-Blöcken. Als Besonderheit hierbei ist der verschachtelte Aufbau hervorzuheben. Anders als im *DORA*-Speicherstand werden in der *.MDL*-Datei Linienelemente in andere inkludiert, sobald eine Verzweigung der Verbinder vorkommt. Beide Verbinder haben somit beispielsweise einen gleichen Ausgangspunkt, verweisen aber auf unterschiedliche Endpunkte. In der *DORA*-Datei würden hierfür zwei separate Verbindungen definiert werden, wogegen *MATLAB/Simulink* lediglich ein Verbindungselement mit zwei Destinationen erstellt. Allerdings kann auch an dieser Stelle von den Zeichen '{' und '}' Gebrauch gemacht werden, um den Aufbau in CS-MATLAB umzusetzen. Die Anweisung `$identifizier = str_replace('Line->', '', implode('->', $param_opener));` generiert im Anschluss eine entsprechende Bezeichnung für jedes einzelne Verbindungselement in Abhängigkeit von dessen Verzweigungen. Mit der Programmzeile `$values[$identifizier][$param_counter[$identifizier]] = trim(implode(' ', $param_split));` werden jedem Bezeichner zweckmäßige Parameter zugeordnet, um den Verlauf der Verbindung reproduzieren zu können. Darauf folgend stellt das Unterprogramm `cs_matlab_build_diagramm` die Konnekte der einzelnen Elemente zueinander her, vergleichbar mit der analogen Funktion in CS-DORA. Die hier auftretende Ausnahmebehandlung der Blockeingänge und -ausgänge ist mit einer Erweiterung in der Funktionalität versehen worden. Anders als bei *DORA*-Elementen, können bei einigen *MATLAB*-Blöcken die Portbelegungen frei definiert werden. So könnte beispielsweise aus einem Additionsblock mit entsprechender Eingangsbelegung ein Subtraktionselement gemacht werden, um das Exempel aus dem vorangegangenen Abschnitt wieder aufzugreifen (siehe Abbildung 5.2.2). Das Ergebnis der in dieser Grafik gezeigten Beschaltung ist ebenfalls dann noch korrekt, wenn der Konstantenblock mit dem Wert fünf auf einen anderen als den ersten Eingangsport verweist, aber die Portbelegungen dieser Änderung angepasst sind. Eine Lösung ist erst dann als falsch zu werten, sobald die Vorzeichenbelegung der einzelnen Ports nicht mehr mit den

zugehörigen Konstantenblöcken verbunden sind. Deswegen wurde die bereits bestehende Konfigurationsmöglichkeit der Ausnahmebehandlung um die Fähigkeit zur Überwachung der vorzeichenbehafteten Portzuweisung und der Portreihenfolge ergänzt.

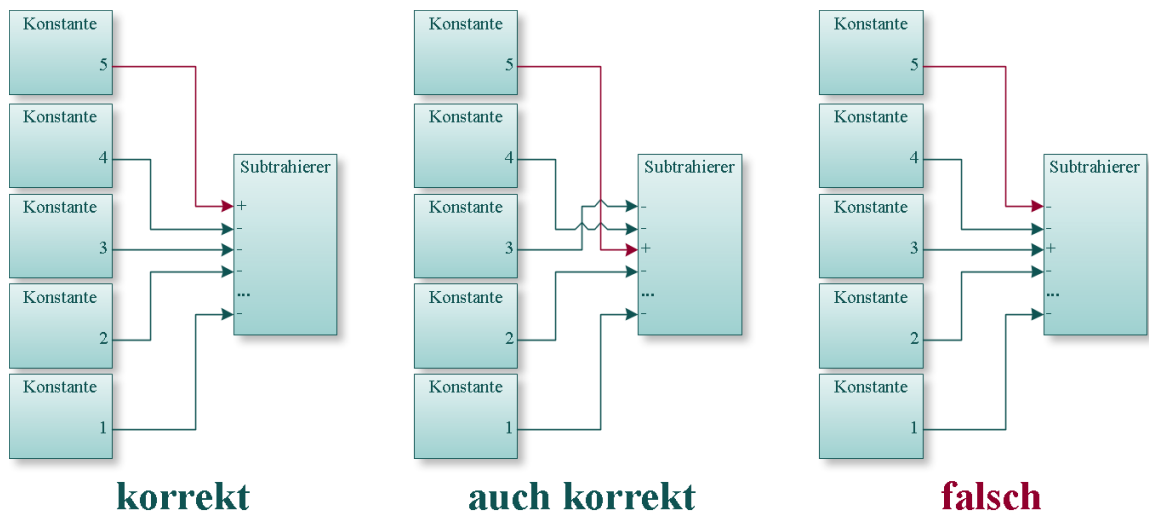


Abbildung 5.2.2: Korrekte Port-Belegung eines MATLAB-Subtrahierers

Der Quelltextausschnitt

```

if ($rules['port_allocation'] == 1)
{
    $port_allocation = (isset($block_port[1]) ? '['.
        $block_port[1] : '');
}
else
{
    $port_allocation = '';
}
if ($rules['order_random'] == 1)
{
    $order_random = 0;
}
else
{
    $order_random = $block_port[0];
}
$block[str_replace('Block', 'Port', $rules['direction'])] =
    $order_random . $port_allocation;

```

demonstriert die Programmieransätze für diese Funktionserweiterung. Das Resultat wird nach der vollständigen Bearbeitung aller Blockverknüpfungen an die API `cs_matlab_set_display_features_validate` retourniert. Dort erfolgt wiederum mittels der Prozedur `cs_matlab_array_multicompare` die abschließende Auswertung der `.MDL`-Datei. Dieser Vorgang ist mit dem Validierungsprozess in CS-DORA vergleichbar und braucht ergo nicht erneut beschrieben werden.

Obwohl der *.MDL*-Speicherstand wesentlich komplexer aufgebaut ist als die *.EIN*-Datei, ergaben sich keine größeren Schwierigkeiten bei der Umsetzung des *MATLAB*-Moduls. Es wurden einige Realisierungen von CS-DORA übernommen, wodurch sich der Entwicklungsaufwand reduzierte. Zudem konnten bereits im vorherigen Abschnitt Grundlagen bezüglich der Dateivalidierung geklärt werden.

5.2.5 Modul cs_exchange

CS-Austausch als weitere Entwicklung zum Übungsmodul von Cybernetics Studio ist eine verhältnismäßig kleine Programmierumsetzung im Gegensatz zu den vorherigen Modulbeschreibungen. Dennoch wird es in diesem Rahmen mit aufgeführt, um die Kompatibilität zu dem E-Learning-Standard IMS QTI zu veranschaulichen (siehe Abschnitt 2.3.4). Mit Kompatibilität ist im Speziellen der Export von Übungsaufgaben oder ganzen Übungsserien mit kompletten Bildmaterialien und allen zugehörigen Lösungsoptionen gemeint. Das CS-Austausch-Modul fügt alle erforderlichen Übungsdaten einem Archiv hinzu und bietet dieses wahlweise zum Herunterladen an. Zusätzlich wird das erstellte Archiv im System vom Cybernetics Studio gespeichert, damit auch zu einem späteren Zeitpunkt darauf zurückgegriffen werden kann. Der Import wird in diesem Entwicklungsstadium nicht berücksichtigt, da bisher keine weiteren Learning-Management-Systeme bekannt sind, welche Aufgabenstellungen der Automatisierungstechnik im Umgang mit *DORA* oder *MATLAB/Simulink* beherrschen.

Die Basis für den Export bildet die Funktion `cs_exchange_export2qti`. Gemäß den IMS QTI-Richtlinien wird das zu exportierende Medium als XML-Datei mit der ASI-Struktur realisiert. Als Übergabeparameter erhält diese Prozedur eine Liste aller Übungsinstanzen, welche wiederum sämtliche Informationen der Übungsobjekte beinhalten. Es folgt eine zeilenweise Auflistung der Aufgabenelemente, beginnend mit dem IMS QTI-Tag `<assessment>`. Weitere Schritte zur Umsetzung der Tags `<section>` und `<item>` können aus dem Quelltext entnommen werden. Im Anschluss erfüllt das Unterprogramm `cs_exchange_create_package` eine nicht zu verachtende Aufgabe. Die Anweisung `preg_match_all ('/<img.+src="(.*\..{3,4})".*\//>/ixU', $exchange->code, $images, PREG_SET_ORDER);` selektiert alle in dem erstellten XML-Code vorkommenden Bildelemente. Diese werden mit der Zuweisung

```
$zip->addFile(file_get_contents($_SERVER['DOCUMENT_ROOT'] .  
((strpos($old_image, base_path()) === FALSE) ? base_path() .
```



```
$old_image : $old_image)), 'images/'. $new_image, time());
```

dem Archiv beigefügt. Nachfolgend ändert die Programmzeile `$exchange->code = str_replace($old_image, 'images/' . $new_image, $exchange->code)`; den Bildpfad entsprechend der Ordnerstruktur des Archivs. Andernfalls würde das exportierte Archiv weder die Bilddateien beinhalten, noch mit einer korrekten Pfadangabe darauf verweisen. Gleichermäßen wird bei den Referenzdateien der Aufgabetypen CS-DORA und CS-MATLAB vorgegangen. Der Funktionsaufruf `file_transfer ($filepath, cs_exchange_create_header (preg_replace('/\\/.*\\/', '', '/'. $filepath)))`; in der Subroutine `cs_exchange_form_submit` stellt das Archiv letztendlich zum Speichern auf dem lokalen Datenträger des Administrators oder Webmasters bereit.

5.2.6 Zusammenfassung und Fazit

In diesem Abschnitt wurden im Wesentlichen die Realisierungen der Aufgabenbewältigung in Cybernetics Studio beschrieben. Die konstruierten APIs und deren Arbeitsweisen konnten beispielhaft an den Übungstypenerweiterungen von CS-Mathe, CS-DORA und CS-MATLAB veranschaulicht werden. Für die aufgetretenen Konflikte sind geeignete Lösungen entwickelt und fortführende Hinweise gegeben worden. Die Umsetzung des Praktikumsmoduls, die Anbindung an ein Termin- und Benachrichtigungssystem und die Kategorisierung von Praktikumsinhalten sowie der Aufbau einer entsprechenden Benutzererweiterung wurden in diesem Zusammenhang vernachlässigt. Dies bedeutet jedoch nicht, dass diese Module weniger bedeutsam für den Betrieb des Lernsystems sind.

Das Drupal-Basissystem übernimmt bereits zahlreiche kleinere Funktionalitäten, sodass sich ausschließlich auf die Implementierung der gewünschten Anwendungen konzentriert werden konnte. Nichtsdestoweniger war im Vorfeld eine intensive Einarbeitung in das System von Drupal notwendig, um die bereitgestellten Schnittstellen und Routinen effizient zu benutzen. Alle Module wurden mit der in Drupal verfügbaren Eigenschaft der Mehrsprachigkeit umgesetzt. Sprachdateien in Englisch und Deutsch sind bereits im System von Cybernetics Studio enthalten. Weitere Sprachen können durch die entsprechende Bereitstellung einer *.PO*-Sprachdatei zu jedem Modul ergänzt werden. Schlussendlich ist es gelungen, ein umfangreiches E-Learning-System aufzubauen und in Drupal übergangslos zu integrieren. Studierenden der Fachhochschule Jena, und künftig eventuell auch weiteren Anwendergruppen, wird eine zuverlässige Plattform zum Lernen

und Trainieren von Fertigkeiten der Automatisierungstechnik geboten. Cybernetics Studio erreicht mit zunehmender Inanspruchnahme des Übungsangebotes einen gewissen Grad an Autonomie, wodurch Dozenten verstärkt Arbeitsvorgänge im Korrigieren von Lösungen und Anbieten von Hilfestellungen abgenommen werden.

6 Testläufe und Qualitätssicherung

Dieses Kapitel der Diplomarbeit dient einerseits dem Nachweis über die Funktionsfähigkeit (Verifikation) der einzelnen Module von Cybernetics Studio und andererseits der dokumentierten Beweisführung, dass die komplette Entwicklung alle definierten Anforderungen in der Praxis erfüllt (Validierung). Der Hauptteil der Arbeit besteht in der Durchführung von Testfällen und deren lückenloser Dokumentation. Alle erstellten Dokumente sind im Anhang zur Diplomarbeit bereitgestellt, weshalb dieser Abschnitt vergleichsweise kurz ausfällt. Als Testverfahren wird sich dem Black-Box-Test bedient, um die Funktionsfähigkeit von Cybernetics Studio zu konstatieren.

6.1 Verifikation

Zu jedem implementierten Modul von Cybernetics Studio wurden bereits vor Beginn der Programmierung umfassende Testfälle definiert. In dieser Phase des V-Modells® erfolgt die Verifikation anhand dieser Testszenarien. Der Modultest als erste Testinstanz erweist sich indessen als schwierig durchführbar. Bei dieser Teststufe sind die einzelnen Module losgelöst von jeglichen Zusammenhängen separat zu untersuchen. Der Entwurf der Lernumgebung erfolgte allerdings mit Drupal als Basissystem. Dementsprechend können die Erweiterungen nur ausgeführt werden, indem sie in Drupal integriert werden. Aus den gegebenen Umständen wird deshalb der Modultest zusammen mit dem Integrationstest durchgeführt. Dabei wird das tatsächliche Verhalten der Komponenten stichprobenartig unter Zuhilfenahme einer Menge von Testdaten festgestellt und mit dem erwarteten Ergebnis verglichen. Die Wahl der Testwerte erfolgt hinsichtlich dem regulären Betrieb. Dennoch werden auch Grenzfälle untersucht. Eine Übersicht aller Modulverifikationen zusammen mit deren Abhängigkeiten und relevanten Dokumenten offeriert Tabelle 6.1.1.

Modul	abhängig von	Dokument
cs_math	<ul style="list-style-type: none">• Drupal-Kern• cs_management• cs_internship• cs_exercise	XVI Integrationstest von cs_math, In: Anhang zur Diplomarbeit
cs_dora	<ul style="list-style-type: none">• Drupal-Kern• cs_management• cs_internship• cs_exercise	XVII Integrationstest von cs_dora, In: Anhang zur Diplomarbeit

Modul	abhängig von	Dokument
cs_matlab	<ul style="list-style-type: none"> • Drupal-Kern • cs_management • cs_internship • cs_exercise 	XVIII Integrationstest von cs_matlab, In: Anhang zur Diplomarbeit
cs_textfield	<ul style="list-style-type: none"> • Drupal-Kern • cs_management • cs_internship • cs_exercise 	XIX Integrationstest von cs_textfield, In: Anhang zur Diplomarbeit
cs_exchange	<ul style="list-style-type: none"> • Drupal-Kern • cs_management • cs_internship • cs_exercise 	XX Integrationstest von cs_exchange, In: Anhang zur Diplomarbeit
cs_users	<ul style="list-style-type: none"> • Drupal-Kern • cs_management • cs_internship • cs_exercise 	XXI Integrationstest von cs_users, In: Anhang zur Diplomarbeit
cs_exercise	<ul style="list-style-type: none"> • Drupal-Kern • cs_management • cs_internship 	XXII Integrationstest von cs_exercise, In: Anhang zur Diplomarbeit
cs_category	<ul style="list-style-type: none"> • Drupal-Kern • cs_management • cs_internship 	XXIII Integrationstest von cs_category, In: Anhang zur Diplomarbeit
cs_internship	<ul style="list-style-type: none"> • Drupal-Kern • cs_management 	XXIV Integrationstest von cs_internship, In: Anhang zur Diplomarbeit
cs_management	<ul style="list-style-type: none"> • Drupal-Kern 	XXV Integrationstest von cs_management, In: Anhang zur Diplomarbeit

Tabelle 6.1.1: Dokumentenliste der Integrations- und Modultests

Aufgetretene Fehler sind in jedem Dokument gesondert aufgeführt. Ebenso wird dort auf deren Ursache und Möglichkeit zur Behebung eingegangen. Ein erneuter Testdurchlauf der fehlerhaften Funktionalitäten wird nach Beseitigung der Mängel wiederholt. In diesem Fall kommen sowohl die ursprünglichen Werte als auch neue Daten zum Einsatz, sodass die Fehlerfreiheit gewährleistet ist.

Der Funktionstest, also die vorletzte Stufe auf dem V-Modell[®], konnte ebenfalls bereits mit den Testfällen aus Tabelle 6.1.1 absolviert werden. Dies lässt sich damit begründen, dass für die Durchführung der einzelnen Modultests permanent auch andere Komponenten von Cybernetics Studio beteiligt waren, was die Interdependenzen in der Tabelle verdeutlichen. So konnte bereits während der Integrationstests das System

vereinzelt auf längere Zeit getestet und belastet werden.

Abschließend zu dem Abschnitt der Verifikation wird eine Vulnerabilitätssuche durchgeführt. Darunter ist ein Absuchen des gesamten Internetportals nach Schwachstellen in der Implementierung und Konfiguration zu verstehen. Diese zusätzliche Prüfung wird durchgeführt, um eventuelle Anfälligkeiten im System frühzeitig zu erkennen und Lücken zum Einschleusen von schadhaften Quellcodes zu beheben. Als Testumgebung findet die Software „*Acunetix Web Vulnerability Scanner* (Enterprise Edition)“ in Version „6.1 Build 20090211“ von [ACUNETIX]¹ eine Anwendung. Das Testergebnis kann im Dokument XXVI Ergebnis des Vulnerabilitätsscans im Anhang zur Diplomarbeit eingesehen werden. Es ist zu erkennen, dass nach einer intensiven vierstündigen und 42-minütigen Suche zwei schwerwiegende Meldungen von der Testsoftware ausgegeben wurden. Bei genauerer Betrachtung ist aber die Fehlerursache in einer unkorrekten Konfiguration des Entwicklungsservers zu finden. Die fehlerhaften Einstellungen sind auf die mangelnde Konfigurationsmöglichkeit des *Webhosting-Servers* zurückzuführen. Auffälligkeiten im Programm Quelltext sind dagegen nicht vorhanden. Folglich ist die aus dieser Diplomarbeit resultierende Lernumgebung ohne auffindbare Sicherheitsmängel umgesetzt worden.

6.2 Validierung

Die Validierung ist der letzte Schritt im V-Modell[®] und damit verbunden ebenfalls der letzte Abschnitt im Softwareentwicklungsprozess von Cybernetics Studio. Diesem Abnahmetest liegen die in der Anforderungsdefinition erstellten Anwendungsszenarien zugrunde. In den Prüfprozess ist der Auftraggeber mit involviert. Alle Anwendungsfälle sind im Beisein des Auftraggebers oder sogar von ihm selbst durchgeführt worden. Dokument VI Anwendungsszenarien im Anhang zur Diplomarbeit gibt einen umfassenden Überblick über die getesteten Szenarien und deren Ergebnisse. Fehlverhalten oder unerwünschte Reaktionen auf die Anwendungsfälle sind in diesem Stadium von Cybernetics Studio nicht festgestellt worden.

¹ Acunetix Web Application Security: *Web Vulnerability Scanner*. URL <http://www.acunetix.com/vulnerability-scanner/>

7 Zusammenfassung und Ausblick

Im Rahmen dieser Arbeit galt es, Untersuchungen zu rechnergestützten Lernmethoden anzufertigen und mittels der gewonnenen Kenntnisse ein E-Learning-System für die Fachgebiete der Automatisierungstechnik aufzubauen. Die Anwendungen *DORA* und *MATLAB/Simulink* sollten dabei unterstützend herangezogen werden. Als geeignete Form kam nur eine Umsetzung mit dem Medium Internet in Frage. Dazu wurden anfänglich grundlegende Informationen zur Internetprogrammierung und den Barrierefreiheiten im World Wide Web gegeben. Im Anschluss erfolgte eine Aufarbeitung des Begriffs E-Learning. Hierbei ist unter anderem auf verschiedene E-Learning-Modelle und Beispiellösungen eingegangen worden. Zusätzlich fand eine Einführung zu relevanten Organisationen und wichtigen Standards des rechnergestützten Lernens statt. In diesem Zusammenhang wurde sich für die IMS QTI-Spezifikation als Standardisierung für die zu erstellende Lernsoftware entschieden. IMS QTI bietet einen großen Verbreitungsgrad weltweit, aber auch innerhalb Deutschlands. Anknüpfend an die Grundlagen wurde sich intensiven Recherchen bezüglich Management-Systemen gewidmet. Dabei musste festgestellt werden, dass keine der gewählten Learning-Management-Systeme den definierten Anforderungen genügte. Vielmehr konnte das Content-Management-System Drupal zahlreiche Ansprüche erfüllen. Drupal ist ein besonders auf Communities ausgerichtetes *Open-Source-CMS*. Es erlaubt den Benutzern, sofern gewünscht, eine rege Beteiligung am Inhalt der Internetplattform. Folglich wurde dieses System als Ausgangspunkt für die Entwicklungen in dieser Arbeit gewählt. Darauf folgend begann der Entwicklungsprozess der Lernanwendung für automatisierungstechnische Aufgabenstellungen. Als Prozessmodell bot das V-Modell[®] sowohl die Verifikation der Konzeptionen als auch eine abschließende Validierung. Besonders auf den Validierungsprozess und die daraus resultierenden Anwendungsszenarien wurde aufgrund der Standardisierung in behördlichen Einrichtungen der BRD großer Wert gelegt. Das geforderte Vier-Augen-Prinzip ist durch den Ersteller der Diplomarbeit auf der einen Seite und dem Betreuer als Auftraggeber auf der anderen Seite gegeben. Das inkrementelle Modell und das komponentenbasierte Modell konnten zudem unterstützend herangezogen werden. Durch diese beiden zusätzlichen Prozessmodelle war es zum einen möglich, die Entwicklung aus Teilprodukten mit einem gemeinsamen Kern zu realisieren und zum anderen die bereits bestehende Drupal-Erweiterung Ubercart

zu applizieren. Diese *Open-Source*-Softwarelösung diente als Ausgangspunkt für die Entwicklungen von dem E-Learning-Projekt „Cybernetics Studio“. In den darauf folgenden Abschnitten wurden alle Entwicklungsschritte des V-Modells® bearbeitet, wodurch eine umfassende Dokumentation der Arbeitsschritte entstand. Hinsichtlich der Informationsfülle konnte an einigen Stellen der Diplomarbeit die Umsetzung einzelner Strukturen nur exemplarisch verdeutlicht werden. Es folgte jedoch stets ein Verweis auf weiterführende Informationen im Anhang zur Diplomarbeit und auf der DVD zur Diplomarbeit. Die vom Übungsmodul `cs_exercise` bereitgestellte API wurde dennoch eingehend erläutert und mittels Anwendungsbeispielen belegt. Durch diese Schnittstellen ist es zukünftigen Entwicklern möglich, neue Übungserweiterungen zu erstellen, ohne sich mühsam in den Programmquelltext von Cybernetics Studio einarbeiten zu müssen. Die Durchführung der Verifikation der Entwicklungen erfolgte nahezu problemlos. Die Ursachen der auftretenden Defizite konnte eingegrenzt und die Fehler größtenteils behoben werden. Lediglich im Modul `cs_math` war es infolge des Einsatzes eines fremden mathematischen Formeleditors nicht möglich, das Problem zu beheben. Alternativ wurde dem Entwickler ein Fehlerbericht zugestellt.

Obwohl die berechnete Entwicklungszeit von 38,6 Ingenieursmonaten eine durchaus realistische Zeitspanne repräsentiert, konnte dieser Wert großzügig unterschritten werden. Zu begründen lässt sich dies mit dem deutlich längeren Arbeitstag des Entwicklers und dem Verzicht auf Sonn- und Feiertage. Außerdem bestand kein Zeitaufwand bei der Koordinierung von Projektmitarbeitern.

Um die Verwendung und auch die Weiterentwicklung von Cybernetics Studio zu fördern, wird das gesamte Softwareprojekt nach Beendigung dieser Arbeit als Drupal-Erweiterung unter der *GNU/GPL*-Lizenz kostenfrei zur Verfügung gestellt. Als Erweiterung wäre hierbei der Aufbau einer Import-Funktionalität im `cs_exchange`-Module denkbar. Dadurch kann der Austausch von Aufgabenstellungen zwischen den unterschiedlichen Installationen sowie der Ausbau der Referenzlösungen beschleunigt werden. Als weiterer Zusatz von Cybernetics Studio ließe sich die Anmeldung zu einem Praktikumstermin direkt mit dem Erfüllungsstand der zugeordneten Übungen verknüpfen. Sind die Aufgabenstellungen gar nicht oder nur ungenügend erfüllt, würde dem Benutzer die Anmeldeoption zur Teilnahme an dem Praktikum verwehrt. Diese Realisierung könnte unter Benutzung der Drupal-API `hook_node_api` sowie `hook_form_alter`

umgesetzt werden. Als letzter Anreiz für fortführende Entwicklungen soll die übungsmoduleübergreifende Validierung gelten. Somit wäre es beispielsweise möglich, einen *DORA*-Speicherstand mit einer *MATLAB*-Datei zu validieren. Es läge in der Entscheidung des Benutzers, welches Programm zur Lösung der Aufgabenstellung herangezogen wird. Das Modul `cs_dora` und die `cs_matlab`-Erweiterung besitzen bereits einen äquivalenten Dateiaufbau. Die Prozeduren `cs_dora_array_multicompare` und `cs_matlab_array_multicompare` sind sogar nahezu identisch aufgebaut. Zur Umsetzung müsste zu jedem Element des einen Übungstyps eine Rückführung zu dem korrespondierenden Element des anderen Moduls vorgenommen werden. Diese Umrechnungsfunktionen würden sodann in jedem Übungstypenmodul implementiert, wodurch eine Kompatibilität zueinander erreicht wäre. Der enormen Nützlichkeit dieser Eigenschaft steht einzig der hohe Entwicklungsaufwand gegenüber. Es gäbe noch zahllose weitere Möglichkeiten zur Erweiterung und Verbesserung, welche jedoch nicht alle genannt werden können. Prinzipiell ist davon auszugehen, dass eine Software niemals fertiggestellt sein wird.

L I T E R A T U R V E R Z E I C H N I S

[**24IX**] 24iX Systems: *Typo3 und Joomla im Vergleich*. URL www.24ix.de/fileadmin/documents/Typo3/Typo3-vs-Joomla.pdf. - Zugriff am: 14.10.2008 um 16:24 Uhr. - mailto: info@24ix.de. - Steinefrenz: 24iX Systems

[**2WEISTEIN**] Brainmonster Studios GmbH: *2weistein*. URL <http://www.2weistein.de>. - Zugriff am: 22.08.2009 um 17:53 Uhr. - mailto: info@brainmonster.de

[**ACUNETIX**] Acunetix Web Application Security: *Web Vulnerability Scanner*. URL <http://www.acunetix.com>. - Zugriff am: 04.03.2010 um 05:44 Uhr. - mailto: support@acunetix.com

[**BALZERT1**] Balzert, Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Helmut: *Lehrbuch der Softwaretechnik - Softwaremanagement*. 2. Auflage, Heidelberg: Spektrum akademischer Verlag GmbH, 2008. ISBN: 3827411610

[**BALZERT2**] Balzert, Prof. Dr.-Ing. habil. Helmut: *Lehrbuch der Software-Technik - Software-Entwicklung*. 2. Auflage, Heidelberg/Berlin: Spektrum akademischer Verlag GmbH, 2000. ISBN: 3827404800

[**BEER**] Beer, Virginia: *Grundlagen Lerntechnologien*. Ilmenau, Technische Universität, Fakultät für Mathematik und Naturwissenschaften, Vortrag, 2005

[**BITV**] BGBl. I S. 2654 (idF v. 17.07.2002): *Barrierefreie Informationstechnik-Verordnung*.

[**BMI**] Bundesministerium des Innern: *V-Modell XT Überblick*. URL <http://www.cio.bund.de>. - Zugriff am: 04.03.2010 um 11:37 Uhr. - mailto: IT7@bmi.bund.de

[**BROCKHAUS**] F.A. Brockhaus AG: *Der Brockhaus multimedial 2007 premium*. Mannheim: Bibliographisches Institut & F.A. Brockhaus AG, 2007. DVD für Windows XP - zuletzt aktualisiert: 20.07.2009

[**CONTENTMANAGER**] Oliver Zschau (V.i.S.d.P): *Content Management Systeme im Überblick*. URL <http://www.contentmanager.de>. - Zugriff am: 15.10.2008 um 20:33 Uhr. - mailto: office@contentmanager.de. - Leipzig: F&P GmbH - FEiG & PARTNER

[**CORNELSEN**] Cornelsen Verlag GmbH: *Genius*. URL <http://www.cornelsen.de/genius/>. - Zugriff am: 22.08.2009 um 17:44 Uhr. - mailto: c-mail@cornelsen.de

[DIAS] DIAS GmbH - Daten, Informationssysteme und Analysen im Sozialen: *BIK BITV Test*. URL <http://www.bitvtest.de>. - Zugriff am: 22.10.2008 um 23:17 Uhr. - mailto: info@dias.de

[DRAGMATH] Alex Billingsley, Chris Sangwin: *DragMath*. URL <http://www.dragmath.bham.ac.uk>. - Zugriff am: 27.02.2010 um 19:45 Uhr. - mailto: C.J.Sangwin@bham.ac.uk

[DRUPAL] Dries Buytaert: *Drupal*. URL <http://drupal.org>. - Zugriff am: 13.10.2008 um 19:12 Uhr. - mailto: <http://drupal.org/contact>

[ETJENA] Thomas Leber: *ET-Jena*. URL <http://www.et-jena.de>. - Zugriff am: 24.01.2010 um 15:00 Uhr. - mailto: Herschdorfer@et-jena.de

[HAEFELE] Kornelia Maier-Haeefe; Hartmut Haeefe: *Learning-, Content-, und Learning-Content-Management-Systeme: Gemeinsamkeiten und Unterschiede*. URL <http://www.virtual-learning.at>. - Zugriff am: 04.01.2010 um 18:58 Uhr. - mailto: office@virtual-learning.at. - Vandans (A): Arge Virtual-Learning

[IABG] Industriebetriebe-Betriebsgesellschaft mbH: *Das V-Modell*. URL <http://www.iabg.de>. - Zugriff am: 21.01.2010 um 02:40 Uhr. - mailto: info@iabg.de

[ILIAS] Universität Köln: *ILIAS Learning Management*. URL <http://www.ilias.de>. - Zugriff am: 15.01.2010 um 22:55 Uhr. - mailto: info@ilias.de

[JKUWIKI] Johannes Kepler Universität Linz: *JKUWiki*. URL <https://elearn.jku.at/wiki/index.php>. - Zugriff am: 25.07.2009 um 14:51 Uhr. - mailto: elearn@jku.at - Universität Linz Johannes Kepler

[JOOMLA] Joomla! Deutschland e.V.: *Joomla! Deutschland*. URL <http://www.joomla.de>. - Zugriff am: 19.12.2009 - 16:20 Uhr. - mailto: 90jo2om1a@joomla-verein.de

[KÄNZLER] Känzler, Christine: *XML / XSL für Buch und Web*. 1. Auflage, München: Markt+Technik Verlag, 2002. ISBN: 3827263395

[KBST] Bundesministerium des Innern - Referat IT 2 (KBSt): *Hinweise zur Einführung des V-Modells XT in den Bundesbehörden*. URL <http://www.kbst.bund.de>. - Zugriff am: 21.1.2010 um 02:10 Uhr. - mailto: IT2@bmi.bund.de. - Berlin: Schriftenreihe der KBSt

[LILI] Fakultät für Linguistik und Literaturwissenschaft der Universität Bielefeld: *ILIAS an der LiLi-Fakultät der Universität Bielefeld*. URL <http://ilias.lili.uni-bielefeld.de>. - Zugriff am: 23.07.2009 um 20:40 Uhr. - mailto: Dekan.LiLi@Uni-Bielefeld.de - Universität Bielefeld

[**MAMBO**] Mambo Foundation, Inc.: *mambo*. URL <http://www.mambo-code.org>. - Zugriff am: 13.10.2008 um 16:04 Uhr. - [mailto: info@mambo-foundation.org](mailto:info@mambo-foundation.org)

[**METACOON**] metaVentis GmbH; Bauhaus-Universität Weimar: *metacoon*. URL <http://www.metacoon.net>. - Zugriff am: 16.01.2010 um 15:07 Uhr. - [mailto: services@metacoon.net](mailto:services@metacoon.net)

[**MOODLE**] Moodle Pty Ltd: *moodle*. URL <http://moodle.org>. - Zugriff am: 16.01.2010 um 03:04 Uhr. - [mailto: support@moodle.org](mailto:support@moodle.org)

[**NETZWELT**] Netzwelt: *Netzwelt-Blog*. URL <http://netzwelt.gaming-hut.de>. - Zugriff am: 08.11.2009 um 16:14 Uhr. - [mailto: Netzwelt@gaming-hut.de](mailto:Netzwelt@gaming-hut.de)

[**NORDMEDIA**] Nordmedia: *Kompetenzzentrum eLearning Niedersachsen*. URL <http://www.elearning-zentrum.de>. - Zugriff am: 23.07.2009 um 15:16 Uhr. - [mailto: info@nordmedia.de](mailto:info@nordmedia.de)

[**PETERS**] Peters, Meikel: *Begriffsauffassungen und Geschichte des E-Learnings*. Hanover, Universität Hanover, Institut für Wirtschaftsinformatik, Seminararbeit, 2002

[**PHP**] The PHP Group: *PHP: Hypertext Preprocessor*. URL <http://de.php.net>. - Zugriff am: 16.01.2010 um 16:32 Uhr. - [mailto: security@php.net](mailto:security@php.net)

[**SCHNEIDER**] Schneider, Dipl.-Kfm. Arne: *IMS Learning Design als Grundlage für die Gestaltung von e-Learning-Systemen*. 1. Auflage, Norderstedt: Grin Verlag, 2007. ISBN: 3638698947

[**SCHULMEISTER**] Schulmeister, Rolf: *Lernplattformen für das virtuelle Lernen: Evaluation und Didaktik*. 2. Auflage, Oldenburg: Oldenbourg Wissenschaftsverlag GmbH, 2005. ISBN: 3486275739

[**SCHWARZ**] Schwarz, Christine: *elearning und Bildungspolitik: Von der Nachhaltigkeit hoher Erwartungen*. Hannover, Universität Hannover, Neue Medien im Weiterbildungsstudium Arbeitswissenschaft, Publikation, 2001

[**SELFHTML**] SELFHTML e.V.: *SelFHTML*. URL <http://www.selfhtml.org>. - Zugriff am: 13.08.2009 um 11:31 Uhr. - [mailto: projekt@selfhtml.org](mailto:projekt@selfhtml.org)

[**SOMMER**] Sommer, Daniel: *Qualitätssysteme für E-Learning-Anwendungen*. 1. Auflage, Norderstedt: Books on Demand GmbH, 2004. ISBN: 3833409169

[**SUBOTNIK**] Subotnik: *Beiträge zu HTML, CSS und Netzkultur*. URL <http://www.subotnik.net>. - Zugriff am: 08.11.2009 um 16:22 Uhr. - [mailto: subotnik@gmx.de](mailto:subotnik@gmx.de)

[**TYPO3**] TYPO3 Association: *TYPO3*. URL <http://typo3.org>. - Zugriff am: 13.10.2008 um 16:42 Uhr. - [mailto: info@typo3.org](mailto:info@typo3.org)

[**UBERCART**] Ubercart: *Ubercart - Open-Source E-Commerce*. URL <http://www.ubercart.org>. - Zugriff am: 28.02.2010 um 04:14 Uhr. - [mailto: andy@ubercart.org](mailto:andy@ubercart.org)

[**VIRTLABOR**] Schmidt, C.; Hoyer, H.; Jochheim, A.; Kiendl, H.; Krause, P.; Praczyk, J.; Röhrig, C.: *Experimentieren und Lernen im virtuellen Labor*. Bochum, Ruhr-Universität, Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik, Publikation, 2001

[**VISCHECK**] Vischeck: *Vischeck simulates colorblind vision*. URL <http://www.vischeck.com>. - Zugriff am: 23.02.2010 um 21:55 Uhr. - [mailto: info@vischeck.com](mailto:info@vischeck.com)

[**W3C**] World Wide Web Consortium: *W3C Standards*. URL <http://www.w3.org>. - Zugriff am: 01.02.2010 um 15:38 Uhr. - [mailto: membership@w3.org](mailto:membership@w3.org)

[**WCAG**] World Wide Web Consortium (Hrsg.); Chisholm, Wendy (Bearb.); Vanderheiden, Gregg (Bearb.); Jacobs, Ian (Bearb.): *Web Content Accessibility Guidelines 1.0* (idF v. 26.08.2000).

[**WCAG-TECH**] World Wide Web Consortium (Hrsg.); Chisholm, Wendy (Bearb.); Vanderheiden, Gregg (Bearb.); Jacobs, Ian (Bearb.): *Techniques for Web Content Accessibility Guidelines 1.0* (idF v. 15.09.2000).

[**WEIDENMANN**] Weidenmann, Prof. Dr. Bernd (Hrsg.); Krapp, Prof. Dr. Andreas: *Pädagogische Psychologie Lehrbuch*. 5. Auflage, Weinheim/Basel: Beltz Verlag, 2006. ISBN: 3621275649

[**WIDAWIKI**] Universität Dortmund: *WidaWiki - das wirtschaftsdidaktisches Online-Lexikon*. URL <http://widawiki.wiso.uni-dortmund.de>. - Zugriff am: 23.07.2009 um 18:35 Uhr. - [mailto: ewald.mittelstaedt@tu-dortmund.de](mailto:ewald.mittelstaedt@tu-dortmund.de) - Universität Dortmund

[**WISSENSMANAGEMENT**] Oliver Lehnert e.K. (Hrsg.): *Lernplattformen und ihre Leistungen*. URL http://www.wissensmanagement.net/online/artikel.shtml?art_id=143. - Zugriff am: 20.10.2008 um 17:33 Uhr. - [mailto: service@wissensmanagement.net](mailto:service@wissensmanagement.net). - Augsburg: Büro für Medien

[**WOB**] Projektsekretariat Forschungsinstitut Technologie und Behinderung: *Web ohne Barrieren nach Paragraph 11 im Bundesbehindertengleichstellungsgesetz*. URL <http://www.wob11.de>. - Zugriff am: 16.01.2010 um 02:00 Uhr. - [mailto: kontakt@wob11.de](mailto:kontakt@wob11.de)

[ZRNKA] Zrnka, Dipl.-Ing. Susanne: *e-Le@rning im Studium: Funktionalität und Nutzung von Lernplattformen am Beispiel der WU Wien*. 1. Auflage, Norderstedt: GRIN Verlag, 2007. ISBN: 3640387325

GLOSSAR

- .EIN** Ein .EIN-Speicherstand ist eine proprietäre Datei, welche zur Sicherung von Blockschaltbildern der Anwendung DORA für Windows dient. Cybernetics Studio benutzt diesen Speicherstand zur Validierung von spezifischen Aufgabenstellungen der Automatisierungstechnik.
- .MDL** Ein .MDL-Speicherstand ist eine proprietäre Datei, welche zur Sicherung von Blockschaltbildern der Anwendung MATLAB/Simulink dient. Cybernetics Studio benutzt diesen Speicherstand zur Validierung von spezifischen Aufgabenstellungen der Automatisierungstechnik.
- .PO** Eine .PO-Datei ist eine Sprachdatei, in der einerseits Zeichenketten in der Originalsprache, für gewöhnlich Englisch, und andererseits übersetzte Zeichenketten in einer zweiten Sprache beinhaltet. Somit kann ein mehrsprachiges System aufgebaut werden, indem .PO-Dateien in der gewünschten Sprache erstellt werden.
- Acunetix Web Vulnerability Scanner** „Acunetix Web Vulnerability Scanner“ ist eine Software zur Suche nach Vulnerabilitäten bei einer Internetanwendung. Dabei werden neben den gängigen Angriffsmethoden von Directory Traversal, SQL Injection und XSS auch weitere Techniken berücksichtigt. Diese Anwendung beachtet sowohl die Anfälligkeit des Quelltextes einer Webseite, als auch die Konfiguration der zugehörigen Einsatzumgebung. (vgl. [ACUNETIX]¹)
- AD(H)S** AD(H)S ist eine Kombination aus einer Aufmerksamkeitsstörung, motorischen Unruhe und impulsiven Verhalten. Die Verhaltensstörung manifestiert sich bereits im Vorschulalter, tritt situationsübergreifend auf und betrifft das Familienleben, die Schulleistungen und das Sozialverhalten. (vgl. [BROCKHAUS]²)
- AJAX** AJAX beschreibt ein Konzept zur asynchronen Datenübertragung zwischen Server und Client, wodurch innerhalb einer vollständig geladenen HTML-Seite HTTP-Anfragen ermöglicht werden, ohne dabei die gesamte Seite neu zu laden, wie es bei einem klassischen Aufbau einer Internetanwendung gängig ist. Es stellt mit seiner Funktionalität eine grundlegende Technik für Web 2.0-Anwendungen dar. (vgl. [BROCKHAUS]³)
- Behaviorismus** „Ein wissenschaftlicher Ansatz in der Psychologie, der das Forschungsfeld der Psychologie auf messbares und

1 Acunetix Web Application Security: *Web Vulnerability Scanner*. URL <http://www.acunetix.com/vulnerability-scanner/>

2 F.A. Brockhaus AG: *Aufmerksamkeitsdefizit-Hyperaktivitätsstörung*. In: *Der Brockhaus multimedial 2007 premium*

3 F.A. Brockhaus AG: *Ajax*. In: *Der Brockhaus multimedial 2007 premium*

	<i>beobachtbares Verhalten (Reize, Reaktionen) reduziert.“ (zit. [WEIDENMANN]¹)</i>
Benutzeragent	<i>„Ein Benutzeragent ist eine Software zum Zugriff auf Internetinhalte. Dies umfasst graphische Desktop-Browser, Text-Browser, Sprach-Browser, Mobiltelefone, Multimedia-Player und manche assistive Software-Technologien, die in Verbindung mit Browsern verwendet werden, wie etwa Screenreader, Bildschirm lupen, Blindenschrift-Displays und Spracherkennungssoftware.“ (zit. [BITV]²)</i>
Browser	<i>„Ein Browser ist ein Programm, das den Zugriff auf die Darstellung von Angeboten im Internet erlaubt.“ (zit. [BITV]³)</i>
CASE-Werkzeug	Ein CASE-Werkzeug wird zum Zweck der Software-Erstellung eingesetzt.
Client	<i>„Ein Client ist ein Computer oder ein Programm, der beziehungsweise das Dienste von einem anderen Programm oder Computer anfordert.“ (zit. [BROCKHAUS]⁴)</i>
Corporate Design	Ein Corporate Design oder auch Corporate Identity genannt, beschreibt ein strategisches Konzept zur einheitlichen Präsentation von Unternehmen in der Öffentlichkeit. Damit sollen Bekanntheit und Akzeptanz des Unternehmens und seiner Produkte erhöht werden. (vgl. [BROCKHAUS] ⁵)
CSS, Cascading Style Sheets	Mit Hilfe von CSS lassen sich die Struktur und die Formatierung eines Dokumentes besser voneinander trennen und verschiedene Dokumente können effektiv erstellt und schnell umgestaltet werden. CSS ähnelt dabei den Formatvorlagen von bekannten Textverarbeitungsprogrammen. (vgl. [BROCKHAUS] ⁶)
DORA, DORA für Windows	DORA ist eine Softwareentwicklung und Funktionssammlung zur regelungstechnischen Anwendung, welche von der Technischen Universität Dortmund entwickelt wurde. Das Programm stellt verschiedene Tools für die Analyse und Synthese regelungstechnischer Probleme bereit.
DoS	Denial of Service (<i>deutsch</i> : Dienstverweigerung) bezeichnet die Überlastung eines Servers oder sonstiger Netzwerkkomponenten bis hin zu einem Absturz einzelner Dienste oder des gesamten Systems. Die Überlast kann durch eine Bündelung von Anfragen, beispielsweise HTTP-Anfragen, koordiniert von einer großen Anzahl anderer

1 Weidenmann, Prof. Dr. Bernd; Krapp, Prof. Dr. Andreas: *Glossar*. In: *Pädagogische Psychologie Lehrbuch*. S. 732

2 BGBl. I S. 2654 (idF v. 17.07.2002): *Barrierefreie Informationstechnik-Verordnung*.

3 BGBl. I S. 2654 (idF v. 17.07.2002): *Barrierefreie Informationstechnik-Verordnung*.

4 F.A. Brockhaus AG: *Client*. In: *Der Brockhaus multimedial 2007 premium*

5 F.A. Brockhaus AG: *Corporate Identity*. In: *Der Brockhaus multimedial 2007 premium*

6 F.A. Brockhaus AG: *Cascading Style Sheets*. In: *Der Brockhaus multimedial 2007 premium*

	Systeme, erreicht werden. (vgl. [ACUNETIX] ¹)
Directory Traversal	Directory Traversal ist eine Sicherheitslücke in Webservern oder Webanwendungen, wodurch Pfadangaben manipuliert und auf beliebige Daten zugegriffen werden kann. Dies kann beispielsweise dazu ausgenutzt werden, um sensible Daten wie Passwörter preiszugeben oder kritische Anwendungen indoktriniert zu starten. (vgl. [ACUNETIX] ²)
Dyskalkulie	„Dyskalkulie ist eine Lernstörung mit erheblicher Beeinträchtigung der Rechenfähigkeit im Vergleich zum sonstigen Intelligenz- und Schulleistungsniveau. Zu den Anzeichen einer Rechenschwäche gehören: Schwierigkeiten beim Zählen und in den Grundrechenarten, unzureichendes Verständnis des Mengenbegriffs, gehäufte Flüchtigkeitsfehler beim Abschreiben von Zahlen und beim Schreiben von Zahlen im Diktat.“ (zit. [BROCKHAUS] ³)
Edutainment	Edutainment stellt eine Kombination aus „Education“ und „Entertainment“ dar. (vgl. [WEIDENMANN] ⁴)
Frames	„Frames sind definierbare Segmente, die den Anzeigebereich eines Browsers aufteilen. Jedes Anzeigesegment kann eigene Inhalte enthalten.“ (zit. [BITV] ⁵)
GNU/GPL	Die Lizenzvereinbarung von GNU/GPL richten sich nach dem von Richard Stallmann entwickelten Projekt namens GNU. Eine unter der Lizenz GNU/GPL veröffentlichte Software darf für alle Zwecke eingesetzt werden und ist kostenlos verfügbar. Deren Quelltext ist für jeden einsehbar und darf nach individuellen Bedürfnissen verändert werden. Neue Entwicklungen, resultierend aus einer GNU/GPL-lizenzierten Veröffentlichung, müssen, sofern eine Weitergabe erfolgt, wiederum unter dieser GNU/GPL-Lizenz angeboten werden. (vgl. [BROCKHAUS] ⁶ und [BROCKHAUS] ⁷)
Header Injection	Von einer Header Injection kann immer dann gesprochen werden, wenn die Header eines Protokolls dynamisch generiert werden und durch unzureichende Sicherheitsüberprüfung eine Sicherheitslücke entsteht. Angreifer können somit den gesamten Protokollkopf anpassen und missbrauchen. (vgl. [ACUNETIX] ⁸)

1 Acunetix Web Application Security: *PHP “multipart/form-data” denial of service*. URL <http://www.acunetix.com/blog/news/php-multipartform-data-denial-of-service/>

2 Acunetix Web Application Security: *Directory Traversal Attacks*. URL <http://www.acunetix.com/websitesecurity/directory-traversal.htm>

3 F.A. Brockhaus AG: *Rechenschwäche*. In: *Der Brockhaus multimedial 2007 premium*

4 Weidenmann, Prof. Dr. Bernd; Krapp, Prof. Dr. Andreas: *Lernen mit Medien*. In: *Pädagogische Psychologie Lehrbuch*. S. 465

5 BGBl. I S. 2654 (idF v. 17.07.2002): *Barrierefreie Informationstechnik-Verordnung*.

6 F.A. Brockhaus AG: *GNU*. In: *Der Brockhaus multimedial 2007 premium*

7 F.A. Brockhaus AG: *GPL*. In: *Der Brockhaus multimedial 2007 premium*

8 Acunetix Web Application Security: *Unfiltered Header Injection in Apache 1.3.34/2.0.57/2.2.1 Security Vulnerability*. URL <http://www.acunetix.com/vulnerabilities/Unfiltered-Header-Injecti.htm>