Reihe C Dissertationen Heft Nr. 644

### **Christiane Katterfeld**

### Interoperables Geodaten-basiertes E-Learning

### München 2010

Verlag der Bayerischen Akademie der Wissenschaften in Kommission beim Verlag C. H. Beck

ISSN 0065-5325 ISBN 978-3-7696-5056-3

Reihe C Dissertationen Heft Nr. 644

### Interoperables Geodaten-basiertes E-Learning

Bei der Fakultät für Bauingenieurwesen und Geodäsie der Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover zur Erlangung der Würde eines

Doktor-Ingenieurs (Dr.-Ing.)

eingereichte Dissertation

vorgelegt von

Dipl.-Geogr. Christiane Katterfeld, geb. Schneider geboren am 08.06.1977 in Halle (Saale)

### München 2010

Verlag der Bayerischen Akademie der Wissenschaften in Kommission bei der C. H. Beck'schen Verlagsbuchhandlung München

ISSN 0065-5325 ISBN 978-3-7696-5056-3

Adresse der Deutschen Geodätischen Kommission:



### Deutsche Geodätische Kommission

Alfons-Goppel-Straße 11 ● D – 80 539 München

Telefon +49 – 89 – 23 031 1113 ● Telefax +49 – 89 – 23 031 - 1283 / - 1100
e-mail hornik@dgfi.badw.de ● http://www.dgk.badw.de

Hauptberichter: Prof. Dr.-Ing. Monika Sester

Mitberichter: Prof. Dr.-Ing. Christian Heipke

Prof. Dr.rer.nat. Volker Paelke Prof. Dr.-Ing. Jochen Schiewe

Tag der mündlichen Prüfung: 08.04.2009

ISSN 0065-5325 ISBN 978-3-7696-5056-3

### Zusammenfassung

E-Learning hat seit einer reichlichen Dekade seinen festen Platz in der Aus- und Weiterbildung unserer Gesellschaft des lebenslangen Lernens eingenommen. Der e-Hype ist vorüber, die Euphorie der Ernüchterung gewichen und zunehmend werden Anstrengungen für die Entwicklung ausgereifter E-Learning-Produkte unternommen. Dies gilt auch für den Bereich des Geodaten-basierten Lernens. Anhand einer Evaluationsstudie wird die aktuelle Situation von E-Learning in den Geowissenschaften untersucht. E-Learning eignet sich sehr gut für das Geodaten-basierte Lernen, da es durch die Möglichkeit der Integration von und Interaktion mit 2D und 3D-Geodaten gute Voraussetzungen bietet, den Lernenden aktiv zur Wissenskonstruktion anzuregen sowie sein Raumverständnis auszubilden. Die Studie stellt allerdings fest, dass Handlungsorientierung als grundlegendes Konzept in den meisten Lernanwendungen nicht oder nur unzulänglich umgesetzt ist. Ein weiteres Ergebnis der Untersuchung ist, dass die Nachhaltigkeit von E-Learning-Anwendungen in vielen Fällen nicht gewährleistet ist oder wegen des hohen Entwicklungsaufwandes oft ein Hemmnis für konzeptionell anspruchsvolle Entwicklungen darstellt. Die Arbeit zeigt Wege auf, Handlungsorientierung gezielt zu integrieren und Nachhaltigkeit durch Interoperabilität im E-Learning zu realisieren. Dabei orientiert sie sich an Interoperabilitätsstrategien und -technologien für Web Services, die im Rahmen der Entwicklung von Geodateninfrastrukturen (GDI) maßgeblich durch das Open Geospatial Consortium (OGC) geprägt wurden.

Es werden eine Bestandsaufnahme von E-Learning, speziell in den Geowissenschaften erarbeitet, Schwachpunkte identifiziert, punktuell Entwicklungspotentiale aufgezeigt sowie ein Anforderungskatalog für gutes E-Learning, speziell für den Bereich des webbasierten E-Learning in den Geowissenschaften erarbeitet. Die Arbeit führt erstmals Aspekte der Lerntheorie, des Anspruches an geodatenbezogene Interaktivität und Handlungsorientierung mit aktuellen technischen Standards an Interoperabilität und Web Services zusammen. Dazu wird ein konkretes Lernszenario in einer eigens entwickelten webbasierten E-Learning-Umgebung (der so genannten Virtuellen Landschaft) theoretisch erarbeitet und praktisch umgesetzt. Ziel der Arbeit ist die Auseinandersetzung mit den konzeptionellen und technischen Komponenten einer solchen Lernumgebung. Die theoretischen Grundlagen werden erörtert sowie die zur Umsetzung notwendigen Bestandteile identifiziert und entwickelt. Die sich bei der Entwicklung von web- und geodatenbasierten E-Learning-Werkzeugen ergebenenden Probleme werden erläutert, die Erkenntnisse der Arbeit mittels einer Expertenbefragung validiert und weiterführender Forschungsbedarf aufgezeigt.

Stichworte: E-Learning, Interoperabilität, Virtuelle Landschaft

### Abstract

For more than a decade, e-learning has increased in use for further education and as such has taken its place in our Society of Life-long Learning. The e-Hyp calmed down and euphoria gave way to disillusion. Current effort targets at development of mature e-learning products.

An evaluation study investigated the current e-learning quality status in Geo-Sciences. E-learning was found to be suitable for geodata-based learning since it offers integration of real 2D and 3D data. Also, e-learning provides interaction for active stimulation of knowledge construction, which helps to form an understanding of spatial problems in Geo-Science. However the evaluation study concluded that the concept of action-orientation (i.e. hands-on-learning) has not yet established its way into many learning applications. Another outcome from the study found that interoperability concepts and technologies were not sufficiently incorporated. In many cases it even constrains sophisticated developments. The thesis demonstrates how to integrate action-orientation, and how to attain sustainability in learning environments. An implementation concept is oriented at strategies and technologies developed by the Open Geospatial Consortium (OGC).

The thesis surveys e-learning, especially in Geo-Sciences, identifies weak points, highlights potentials for development and finally evolves a requirement catalogue for good practice in geodata-based e-learning. For the first time, the thesis brings together aspects of learning theory, the demand of action-orientation and interactivity with current technological standards for interoperability and web services. To illustrate the concepts of the thesis, a learning scenario was developed and importantly shows the practical implementation of the thesis's concepts.

The final aim of the thesis was the discussion on conceptual and technical components of a learning environment. The theoretical background was reasoned; elements for implementation were identified and, if necessary, developed as well as open issues pointed out. The outcomes were validated by an expert survey and finally discussed.

Keywords: E-Learning, Interoperability, Virtual Landscape

Inhaltsverzeichnis

# Inhaltsverzeichnis

	Zusa	ammenf	assung	3
	Abst	tract .		4
	Abb	ildungs	verzeichnis	9
	Tab	ellenver	zeichnis	1
	Abk	ürzung	sverzeichnis	3
1	Ein	leitung	2	5
_	1.1	_	ellung	
	1.2		u der Arbeit	
	1.2	Harba	d del mode	•
2	Ler	nen un	d E-Learning - Ein Überblick	1
	2.1	Lernk	$\operatorname{ultur}$	1
	2.2	Lerntl	neorie	2
		2.2.1	Lernmethoden	3
		2.2.2	Behavioristische Lernmethode	4
		2.2.3	Kognitivistische Lernmethode	4
		2.2.4	Konstruktivistische Lernmethode	5
	2.3	Defini	tion von E-Learning	6
	2.4	Vortei	le von E-Learning	8
	2.5	Entwi	cklung und Stand des E-Learning	0
	2.6	E-Lea	rning in den Geowissenschaften	7
	2.7	Qualit	ätsstudie zum E-Learning	1
		2.7.1	Transparenz durch Klassifikation der aktuellen Angebote	1
		2.7.2	Qualität von E-Learning	2
		2.7.3	Kriterien-Checkliste als Methode der Qualitätsbewertung	4
		2.7.4		4
		2.7.5	Durchführung der Studie	1
		2.7.6	Ergebnisse	5
		2.7.7	Auswertung und Schlussfolgerungen	7
3	Dal	oronto	Web-Technologien 59	n
J	3.1		are und Sprachen	
	3.1	3.1.1	XML	
		_		
		3.1.2	GML	
		3.1.3		
		3.1.4	VRML	
		3.1.5	X3D	
		3 1 6	Lava 6	~

6 Inhaltsverzeichnis

	3.2	Oas Open Geospatial Consortium und seine Aktivitäten	64
		.2.1 GI-Web Services	65
		.2.2 Web Feature Service	66
		.2.3 Web Map Service	67
		.2.4 Web Coverage Service	67
		.2.5 Web Terrain Service	67
			68
4	Har	lungsorientierung in Lernlandschaften	69
	4.1		69
	4.2	Iandlungsorientierung durch 3D-Visualisierung	71
	4.3		72
	4.4		73
5	Inte	perabilität durch Lernkomponenten	81
	5.1		81
			81
		•	83
		•	83
			84
			85
	5.2	•	88
	9	-	88
			89
		.2.3 Diskretisierung von Lernkomponenten	90
		-	90
		-	91
6	Der	Prototyp der Virtuellen Lernlandschaft	97
	6.1	• •	97
	6.2	Die Modellierung der Lernkomponenten	99
	6.3	C-SzenarioBuilder - Zusammenstellung von Lernkomponenten zu einem Lernszenario	
	6.4	C-SzenarioReader - Nutzung der Lernszenarios	
	6.5	mplementierung der Virtuellen Landschaft	
		.5.1 Der Database Layer	
		.5.2 Der Delivery / Converter Layer	
		.5.3 Der Presentation Layer	
		.5.4 Der Functional Layer	
7	Val	erung der Anforderungen an E-Learning	.33
8	Zus	nmenfassung und Ausblick 1	.41
т:			47
A	-		.57
		Setestete E-Learning-Produkte	
	A.2	Orgebnisse der Evaluation - grafische Darstellung	
	A.3	${ m Grgebnisse}\ { m der}\ { m Evaluation}$ - ${ m Wertetabelle}$	101

Inhaltsverzeichnis 7

В	Mo	dellierung von Lernkomponenten	163
	B.1	Interaction Dictionary - XML-Modell	. 163
	B.2	Metadaten eines Lernszenarios - Document Type Definiton	. 165
	B.3	Lernkomponenten - Document Type Definiton	. 165
	B.4	Beispiel einer Lernszenariomodellierung - Textbeschreibung	. 167
	B.5	Beispiel einer Lernszenariomodellierung - XML-Modell	. 167
$\mathbf{C}$	Vali	idierung der Anforderungen an E-Learning	177
	C.1	Fragebogen zur Validierung der Anforderungen an E-Learning	. 178
	C.2	Ergebnisse der Expertenbefragung	. 182
	C.3	Profile der zur Validierung beitragenden Experten	. 188
Da	nk		191
Le	bens	slauf	192

Abbildungsverzeichnis

# Abbildungsverzeichnis

1.1	Aufbau der Arbeit	9
2.1	Faktoren und Typen von Lernkulturen	1
2.2	Lerntheorien	3
2.3	Angebot von E-Learning Formen	2
2.4	Nuztung von E-Learning Formen	3
2.5	Nützlichkeit von digitalen Anwendungen und Diensten im Studium	3
2.6	Nutzung von digitalen Anwendungen und Diensten im Studium	4
2.7	Fragebogen zur Online-Befragung	2
2.8	Präsentation der Evaluationsergebnisse	6
3.1	Portrayal Model nach Cuthbert	6
5.1	Deskriptives Wissen	3
5.2	Analytische Aufgaben	4
5.3	Virtuelle Exkursion	
5.4	$Komplexaufgaben \dots \dots$	6
5.5	Überblick über den Inhalt einer Lernkomponte	5
6.1	LC-SzenarioBuilder - Metadateneingabe	
6.2	$LC-Szenario Builder-Konfiguration\ einer< action> \dots \dots$	
6.3	$LC-Szenario Builder-Auswahl von Funktionalitäten \\ \ldots \\ \ldots \\ 10$	8
6.4	$LC-SzenarioReader, Schritt \ 1 \ \dots \dots$	
6.5	$LC-SzenarioReader, Schritt\ 2\ \dots$	
6.6	$LC-SzenarioReader, Schritt \ 3 \ \ldots \ \ldots$	
6.7	LC-Szenario Reader, Schritt $4$	
6.8	$LC-SzenarioReader, Schritt \ 5 \ \dots \dots$	
6.9	$Lernumgebung \ ", Virtuelle \ Landschaft" \ . \ . \ . \ . \ . \ . \ . \ . \ . \ $	
6.10	Struktur des Prototypen in Relation zu Cuthbert's Portrayal Model	6
6.11	Architektur des Prototypen	8
6.12	Umsetzung des Prototypen - Überblick	9
6.13	Umsetzung der 2D-Darstellung	2
6.14	Umsetzung der Darstellung des DGM $\dots \dots \dots$	3
	Umsetzung der perspektivischen Darstellung eines Geländemodells $\dots \dots \dots$	
6.16	Extrusion von 2D-Objekten	4
6.17	Umsetzung der 3D-Darstellung durch Extrusion	5
6.18	Umsetzung der Integration von Sachdaten in das DGM	.8

10	${ m Abbildungsverzeichnis}$

A.1	Ergebnisse der Qualitätsstudie - Grafik	60
A.2	Ergebnisse der Qualitätsstudie - Wertetabelle	61

Tabellenverzeichnis 11

# **Tabellenverzeichnis**

Z.1	Definitioned von E-Learning	11
2.2	Kriterien für die Bewertung von E-Learning Produkten	15
2.3	Wichtung der Meinungen in der Online-Befragung	<u> </u>
2.4	Relevanz von Bewertungskriterien zur Qualität $\dots \dots \dots$	<b>j</b> 4
4.1	Studien zur Interaktivität in der Geovisualisierung	73
4.2	Interaktivitätsfunktionen in der Geovisualisierung	<sup>7</sup> 4
5.1	Geowissenschaftliche Lerninhalte	
5.2	Didaktisches Design im Kontext von Lernprozessmodellen	37
6.1	Vergleich der Integrationsoptionen von 2D und 3D-Geodaten	27
7.1	Kriterienkatalog E-Learning	37
A.1	Evaluierte E-Learning-Produkte	i8
C.1	Ergebnis der Expertenbefragung - Durchschnittswerte	32
C.2	Ergebnis der Expertenbefragung - Einigkeit unter den Experten	35
C.3	Profil - Experte 1	38
C.4	Profil - Experte 2	38
C.5	Profil - Experte 3	38
	Profil - Experte 4	
	Profil - Experte 5	
	Profil - Experte 6	
	Profil - Experte 7	
	Profil - Experte 8	

Abkürzungsverzeichnis 13

## Abkürzungsverzeichnis

ALK Automatisierte Liegenschaftskarte
API Application Programming Interface

AR Augmented Reality

BMBF Bundesministerium für Bildung und Forschung

BMO Business Mangement Ontology
CBT Computer Based Training
CMS Content Management System

DA Discovery Approach
DGM Digitales Geländemodell

DGPF Deutsche Gesellschaft für Photogrammetrie und Fernerkundung

DOM Document Object Model

DTD Document Type Definition

ELAN E-Learning Academic Network

eLML E-Lesson/ E-Learning Markup Language

EML Educational Modelling Language
EPK Ereignisgesteuerte Prozesskette
EuroSDR European Spatial Data Research
F&E Forschung und Entwicklung
GDI Geodateninfrastruktur
GI Geoinformation(s-)

GIS Geografische Informationssysteme

GITTA Geographic Information Technology Training Alliance

GML Geography Markup Language
HTML Hypertext Markup Language

ID Instruktionsdesign

ISO/ IEC International Organization for Standardization/ International Electrotechnical Com-

mission

ISPRS International Society for Photogrammetry and Remote Sensing

JAXP Java API for XML Processing

JTS Java Topology Suite

KILT Knowledge, Information and Learning Technologies

LC Learning Component (Lernkomponente)
LMML Learning Material Markup Language

LO Learning Object
LOD Level of Detail

14 Abkürzungsverzeichnis

LOM Learning Object Metadata

MIT Massachusetts Institute of Technology

NRW Nordrheinwestfalen

ODL Open Distance Learning
OGC Open Geospatial Consortium

OS Ordnance Survey

OWL Web Ontology Language

OWS OCG Web Service

PDF Portable Document Format
PSL Process Specification Language

QCC-eL Quality Criteria Catalogue for E-Learning

RDF Resource Description Framework

RLO Reusable Learning Object

RS Remote Sensing
SA Structured Approach
SAX Simple API for XML

SCORM Sharable Content Object Reference Model

SDK Software Development Kit

SGML Standard Generalized Markup Language

SVC Swiss Virtual Campus
SVG Scalable Vector Graphics
TIN Triangulated Irregular Ne

TIN Triangulated Irregular Network
UML Unified Modeling Language
UVS Umweltverträglichkeitsstudie

VR Virtual Reality

VRML Virtual Reality Modeling Language W3C World Wide Web Consortium

W3DS Web 3D Service
WBT Web Based Training
WCS Web Coverage Service

WfMC Workflow Management Coalition

WFS Web Feature Service
WPS Web Processing Service

WG Working Group
WMS Web Map Service
X3D Extensible 3D

XML Extensible Markup LanguageXSD XML Schema Definition

XSL Extensible Stylesheet Language

XSLT XSL Transformation

XPDL XML Process Definition Language

Kapitel 1. Einleitung

### Kapitel 1

## Einleitung

"E-Learning wird erwachsen".

Mit diesem Zitat beginnt [Schiewe 2004] sein Vorwort zum Buch "E-Learning in der Geoinformatik und Fernerkundung". Es soll damit ausgedrückt werden, dass die anfängliche Euphorie in eine Ernüchterungsphase übergegangen ist. Ernüchterung über das, was bisherige E-Learning-Projekte tatsächlich leisten konnten und Ernüchterung über das, was wir an Arbeit noch investieren müssen, um in zukünftigen E-Learning-Vorhaben unsere Visionen zu realisieren.

Zum Teil hat diese Ernüchterung dazu geführt, E-Learning grundsätzlich in Frage zu stellen. Dafür sind auch Misserfolge vergangener E-Learning Projekte verantwortlich. Trotz Misserfolgen und Ernüchterung ist es Standpunkt der Autorin, dass E-Learning noch große bisher ungenutzte Potentiale hat. Daher bleibt es ein wichtiges Thema. Die Entwicklung zu einer "Gesellschaft des lebenslangen Lernens" schließt den Aspekt Weiterbildung bzw. Schulungen ein. Aber auch die traditionellen Lernphasen, wie Schul- und v.a. Studienzeit greifen zunehmend auf medienbasierte und fernlehrende Methoden zurück. Meistens sind praktische Gründe, wie z.B. vermeintlich ökonomische Effizienz, beliebig räumliche und zeitliche Verfügbarkeit oder multimediale Formen der Gestaltung des Lernprozesses, ausschlaggebend für diese Entscheidung. Wie auch immer die Motivationen gelagert sind, E-Learning sollte auf allen Ebenen qualitativ hochwertig gestaltet sein.

### 1.1 Zielstellung

Da das Ziel, E-Learning auf allen Ebenen qualitativ hochwertig zu gestalten noch nicht umfänglich erreicht ist, ergibt sich die Motivation für diese Arbeit, eine Bestandsaufnahme von E-Learning in den Geowissenschaften zu erarbeiten, Schwachpunkte zu identifizieren, punktuell Entwicklungspotentiale aufzuzeigen sowie einen Anforderungskatalog für "gutes E-Learning", speziell für den Bereich des webbasierten E-Learnings in den Geowissenschaften<sup>1</sup> zu erarbeiten.

Eingangs wurde von einem Reifeprozess im E-Learning gesprochen. Dieser Prozess schließt u.a. die Erkenntnis ein, dass bei einem Großteil der Entwicklungen von so genannten E-Learning-Produkten die Rolle des Mediums

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup>Hier sei der Begriff "Geowissenschaften", der traditionell Wissensbereiche rund um Klima, Wasser, Boden, Geomorphologie und Geologie umfasst, um den Bereich der Raumplanung erweitert. Die Methodenzweige Geoinformatik und Fernerkundung (GIS & RS) stellen eigenständige Wissenschaftsbereiche dar, liefern jedoch den Geowissenschaften wichtige Datengrundlagen. Vice versa finden GIS & RS ihre Anwendungsfelder größtenteils in den Geowissenschaften. Daher ist die Trennung beider Bereiche aus der Sicht der E-Learning-Forschung schwer einzuhalten. Sie wäre auch nicht sinnvoll, da die das E-Learning betreffenden Probleme ähnlich sind. Im Folgenden sei daher unter Einschluss von GIS & RS vereinfachend nur von "Geowissenschaften" die Rede.

16 1.1. Zielstellung

World Wide Web (WWW) durch die Entwickler mißverstanden bzw. unterschätzt wurde. Die Potentiale wie z.B. Zugriff auf verteilte Daten / Systeme oder Dynamik wurden vielfach ungenutzt gelassen. Auch das Web 2.0, welches durch die Mitgestaltung der Nutzer geprägt sein soll, wurde noch immer schwerpunktmäßig als reines Verteilungsmedium von Textmaterialien verwendet. Dieser Zustand ist wegen der schlechten Ausnutzung der Möglichkeiten unbefriedigend.

Gerade der Zugriff auf verteilte Daten und Services sowie vielfältige Interaktionsformen machen das WWW zu einem Medium mit wertvollen Potentialen für das Lernen in den Geowissenschaften. Der Lernende soll ein vertieftes Raumverständnis entwickeln. Dies schließt, da er anhand von (Geo-)Daten lernt, das Wissen über die Entstehung der Daten sowie die zugrundeliegenden Datenmodelle ein. Nur mittels eines fundierten Wissens über Daten können diese richtig interpretiert und die notwendigen Informationen aus den Daten gewonnen werden. D.h. der Raum wird "richtig" oder "gut" verstanden. Raumverständnis setzt zudem den Einblick in eine Reihe miteinander verzahnter Prozesse und Zustände sowie unterschiedliche fachliche Hintergründen voraus. Dieses Raumgefüge zu vermitteln, erfordert in vielen Anwendungen komplexe Ansätze sowie spezielle Darstellungsformen. Das Internet als mehrdimensionales, multimediales, interaktives und dynamisches Medium ist ideal geeignet, komplexe Lehrinhalte - wie es die Vermittlung des Raumverständnisses darstellt - zu kommunizieren. Diese besondere Eignung entfaltet sich allerdings nur dann, wenn die gegebenen Möglichkeiten tatsächlich genutzt werden. Dies setzt in vielen Fällen die Entwicklung von neuen Konzepten z.B. für die Darbietung von Inhalten im WWW, die größtenteils asynchrone Kommunikation zwischen Lehrendem und Lernendem und die organisatorische und technische Art des Austausches von Lehrinhalten und -materialien voraus.

Einen Beitrag zur Überwindung des geschilderten Zustandes zu leisten, stellt eine der wesentlichen Motivationen für diese Arbeit dar. Nach eingehender Auseinandersetzung mit dem Zustand und den Potentialen von E-Learning in den Geowissenschaften wird die These aufgestellt, dass mittels *Handlungsorientierung* und *Interoperabilität* ausgereiftes E-Learning erreicht werden kann.

Handlungsorientierung wird v.a. durch Bereitstellung von Interaktionsmöglichkeiten umgesetzt. Interaktive und interoperable Web-Dienste, wie sie für Anwendungen unabängig vom E-Learning existieren, unterstützten dieses Ziel schon sehr gut. Solche Dienste sind als Nutzungsformen von Geodaten im Internet inzwischen sehr verbreitet. Die rasante Etablierung des webbasierten virtuellen Globus Google Earth ist ein gutes, aber nicht das einzige Beispiel, welches zeigt, wie Geodaten durch eine breite Anwenderschicht webbasiert genutzt werden können. Die Forschung im Bereich der Geoinformationssysteme und der modernen Kartographie ist verpflichtet, die Entwicklung der Geodaten-Nutzung im WWW nicht nur zu begleiten, sondern sie steht auch vor der Herausforderung, sie prägend mitzugestalten. Hieraus ergibt sich eine weitere Motivation für die Arbeit, nämlich E-Learning im Kontext von interaktiven und interoperablen Web-Diensten als Nutzungsform von Geodaten operationalisierbar, d.h. anwendungsreif zu machen. Politisch forciert und institutionell gefördert wird der Aufbau von Geodateninfrastrukturen (GDI). Wollen sich GDI über den Status von Daten ausliefernden Services hinaus zu Anwendungsdiensten entwickeln, so sind Konzepte vorzulegen und zu erproben. E-Learning kann eines von diesen Konzepten sein, aber auch beispielhaft für andere Nutzungsszenarien Wege und Probleme aufzeigen.

Der Kontext der Arbeit ergibt sich entsprechend aus den erstmals zusammengeführten Motivationen

- Entwicklung hochwertiger E-Learning-Qualität durch Handlungsorientierung und Interoperabilität und
- Entwicklung der Geodaten-Nutzung im WWW durch die Erprobung eines möglichen GDI-basierten Anwendungskonzeptes: die interoperable Lernumgebung.

Um in den genannten Bereichen Fortschritte zu erzielen, wird anhand einer *Evaluationsstudie* die aktuelle Situation von E-Learning in den Geowissenschaften dargestellt. Die Arbeit führt dazu erstmals Aspekte der

Kapitel 1. Einleitung

Lerntheorie, des Anspruches an geodatenbezogene Interaktivität und Handlungsorientierung mit aktuellen technischen Standards an Interoperabilität und Web Services zusammen. Durch die Erarbeitung eines Interaction Dictionary, welches systematisch Interaktionsmöglichkeiten sowie Aussagen zu deren Wirkungsweise in Bezug auf das Lernen und die Wissenskonstruktion zusammenstellt sowie der Erarbeitung und Modellierung von interoperablen Lernkomponenten werden zwei Konzepte entwickelt, die die Forderung nach Handlungsorientierung und Interoperabilität inhaltlich und technisch umsetzen. Schließlich wird ein konkretes Lernszenario in einer eigens entwickelten webbasierten E-Learning-Umgebung (der so genannten Virtuellen Landschaft) theoretisch erarbeitet und praktisch umgesetzt. Inhalt der Arbeit ist die Auseinandersetzung mit den konzeptionellen und technischen Komponenten einer solchen Lernungebung. Die theoretischen Grundlagen werden erörtert, die zur Umsetzung notwendigen Bestandteile identifiziert und entwickelt. Die sich bei der Entwicklung von web- und geodatenbasierten E-Learning-Werkzeugen ergebenenden Probleme werden erläutert, die Erkenntnisse der Arbeit mittels einer Expertenbefragung validiert und in einem Anforderungskatalog an gutes E-Learning zusammengefasst. Weiterführender Forschungsbedarf wird aufgezeigt.

### 1.2 Aufbau der Arbeit

Die Arbeit gliedert sich in vier Teile:

- I Darstellung vorhandener technischer und theoretischer Voraussetzungen, Formulierung von Anforderungen, Bestandsaufnahme und Identifikation von Schwachstellen (Kap. 1 3),
- II Entwicklung von Konzepten und Strukturen (Kap. 4 5),
- III Umsetzung der Konzepte in einem Prototypen (Kap. 6) und
- IV Validierung der formulierten Anforderungen und Zusammenfassung/Ausblick (Kap. 7 8).

Das Kapitel 2 leitet durch einen Blick auf die Entwicklung, die Definition und Diskussion der Vorteile und Misserfolge von E-Learning das Thema ausführlich ein. Kapitel 2.6 befasst sich speziell mit E-Learning in den Geowissenschaften. Es enthält als zentralen Teil die Zusammenfassung einer im Rahmen der Arbeit durchgeführten Evaluationsstudie zur Qualität von E-Learning Produkten. Als Ergebnis werden wesentliche Schwachstellen von derzeitigem E-Learning identifiziert sowie ein Anforderungskatalog an gutes E-Learning abgeleitet. Zu den Schwachstellen gehört neben der häufig zu schlechten Nutzung der tatsächlichen Potentiale des WWW (als "Raum des Lernes") die zumeist schlechte Erkennbarkeit bzw. das Fehlen von didaktischen Konzepten. Die Beschäftigung mit Lerntheorien (dargelegt in Kapitel 2.2) macht deutlich, dass die eigene Erfahrung, geprägt durch das selbstständige Handeln des Lernenden, essentielle Bedeutung für den Lernerfolg hat und durch die Verbesserung des Lernprozesses einen greifbaren Mehrwert bietet. Dieser Forderung nach Handlungsorientierung kann durch Interaktivität begegnet werden. Die Arbeit erläutert, welche Rolle Interaktivität bei der Wissenskonstruktion spielt und trägt dazu bei, Interaktivität besser im E-Learning zu integrieren.

Weiterhin wird die Problematik der unzulänglichen Nachhaltigkeit herausgestellt. Interoperabilität soll helfen, den hohen Aufwand, der zur Entwicklung von E-Learning notwendig ist (und daher oft unzureichend oder gar nicht betrieben wird) zu rechtfertigen und durch mögliche Wiederverwendung und Austauschbarkeit Investitionen zumindest teilweise zu amortisieren sowie eine Motivation für umfangreichere Entwicklungen geben. Die Motivation für komplexe Entwicklungen schließt den Kreis zur Problematik der häufig fehlenden Handlungsorientierung in E-Learning-Produkten, denn diese sind sehr aufwendig umzusetzen. Interoperabilität könnte helfen, komplexe Entwicklungen zu fördern. Die Arbeit zeigt einen Weg, Nachhaltigkeit durch Interoperabilität im E-Learning zu realisieren.

18 1.2. Aufbau der Arbeit

Die eingangs aufgestellte These besagt, dass mittels Handlungsorientierung und Interoperabilität ein reiferes E-Learning erreicht sowie dadurch Mehrwert und Überleben von E-Learning zu einem großen Anteil gewährleistet werden kann.

Die Forderung nach Handlungsorientierung wird in Kapitel 4 deutlich gemacht. Konkret werden hier die Begriffe *Interaktivität* und *Interaktion* im kartographischen bzw. Geodaten-basierten Umfeld behandelt. Als Zusammenfassung der theoretischen Erkenntnisse zur Wirkung von Handlungsorientierung v.a. in Bezug auf die Wissenskonstruktion im Lernprozess wird auf der Basis von Thesen das Interaction Dictionary eingeführt.

Besonders hervorzuheben bei der Arbeit mit Geodaten ist der Faktor 3D-Visualisierung als Hilfsmittel zur Umsetzung von Handlungsorientierung. Er stellt unter Rücksichtnahme auf die Webfähigkeit eine weitere Herausforderung in der Umsetzung von Lernumgebungen dar und wurde daher in der vorliegenden Arbeit ebenfalls betrachtet. Kapitel 6.5.2.2 widmet sich vertiefend der 3D-Visualisierung, auch speziell im Kontext von Lernsituationen.

Kapitel 5.2 stellt die Idee der Lernkomponenten und damit eine Idee zur Begegnung des Nachhaltigkeitsproblems vor. Voraussetzung für die Entwicklung der Lernkomponenten war die Identifizierung von Lernprozessmodellen (vgl. Kapitel 5.1.1).

Zur Umsetzung der dargestellten Ideen wurde exemplarisch ein Prototyp (die so genannte "virtuelle Landschaft") implementiert (vgl. Kapitel 6). Die virtuelle Landschaft ruht auf zwei Säulen. Die eine ist die Web Service-basierte Umgebung, mit der der Lernende interagiert. Da die Arbeit mit Geodaten sowie die Forderung nach Interoperabilität im Vordergrund steht, sollten Anforderungen des Open Geospatial Consortiums (OGC) eingehalten werden. Diese sind allerdings nicht ausreichend für den Zweck des Lernens. Daher werden weiterführende Funktionalitäten zur Gestaltung von Lernseznarien sowie Interaktionsmöglichkeiten integriert. Für die Entwicklung dieser Webumgebung wirken vornehmlich technische Aspekte und Darstellungsfragen herausfordernd. Wenngleich die Bedeutung dieser technischen Aspekte primär nicht relevant für die Konzeption von E-Learning erscheinen, so sind sie für die praktische Umsetzung essentiell. Entsprechend ist ihnen Raum in dieser Arbeit gewidmet. Die zweite Säule stellen die Inhalte bzw. deren standardisierte, interoperable Abbildung in Lernkomponenten dar.

Der Prototyp zeigt die Gültigkeit und den Wert der hergeleiteten Konzepte und stützt somit die These, dass mittels Handlungsorientierung und Interoperabilität ein reiferes E-Learning erreicht werden kann.

Die Ideen zur Gestaltung des Prototypen sind zudem stark motiviert von den konzeptionellen Entwicklungen rund um GDI sowie den durch das OGC festgelegten technischen Standards. Nutzungsszenarien für GDI-basierte Services sind gefragt, um die aufwendigen Entwicklungen und Operationalisierung zu rechtfertigen sowie deren Nutzung zu steigern. Entsprechend liegt die Integration von E-Learning in GDI-Services gedanklich nah. Zur Operationalisierung notwendige Konzepte liegen jedoch bisher nicht vor. Die Arbeit leistet mit den Lernkomponenten und dem umgesetzen Prototypen einen Beitrag zur Einbettung von E-Learning in GDI-Strukturen. Abbildung 1.1 illustriert die Problematik und den Aufbau der Arbeit zusammenfassend. Die farbigen Abschnitte stellen die innovativen Bestandteile dieser Arbeit dar. Neben diesen neuen Ideen besitzt die Arbeit aber auch synoptischen Wert. Die Zusammenschau von Teilproblemen aus den Bereichen der Didaktik, der Spezifika des Inhaltes (z.B. Nutzung von Geodaten) und Technik ist notwendig, wenn E-Learning erfolgreich entwickelt und angewendet werden soll.

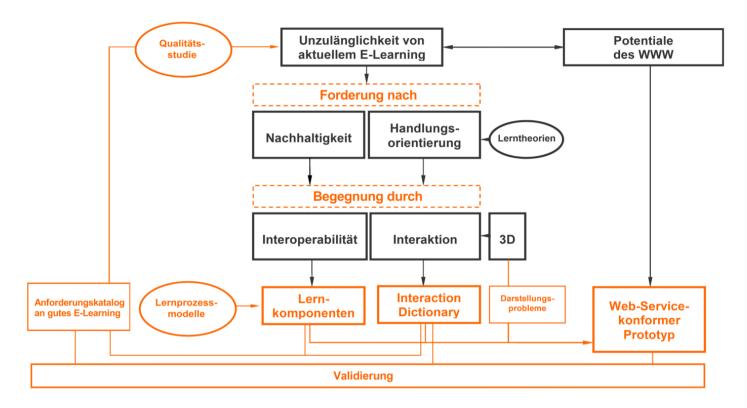


Abb. 1.1: Aufbau der Arbeit

### Kapitel 2

# Lernen und E-Learning - Ein Überblick

### 2.1 Lernkultur

Lernen findet nicht losgelöst von äußeren Einflüssen statt, sondern wird, wie in Abbildung 2.1 illustriert, durch äußere Faktoren, wie z.B. Weltanschauung, Menschenbild, wirtschaftliche oder technische Innovationsprozesse mitbestimmt. Dies hat zur Folge, dass sich mit wandelnden Bedingungen, z.B. in Gesellschaft und Technik, die Art und Weise des Lernens und Lehrens verändert.

Konkret haben nach Weinberg [1999] vor allem Kommunikations- und Interaktionsprozesse Einfluss auf die Lernkultur. Diese spiegeln sich auch in der Entwicklung von Medien wieder. Historisch gesehen war das Lernen lange durch die Weitergabe von implizitem, personengebundenem Wissen beherrscht (Orale Phase). Mit der handschriftlichen Kodierung ergaben sich neue und erweiterte Möglichkeiten, das vorhandene Wissen festzuhalten, zu erschließen, nutzbar zu machen und weiterzugeben. Mit der Erfindung des Buchdrucks und der Schaffung weiterer Voraussetzungen (z.B. schnelle und billige Produktion von Papier) war die massenhafte Verbreitung von Wissen verbunden, die ihrerseits die Notwendigkeit der Verbreitung der Lesekompetenz nach sich zog (Literale Phase) [Messerschmidt und Grebe 2005].

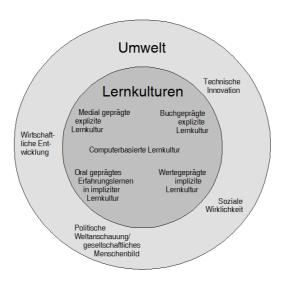


Abb. 2.1: Prägende Faktoren von Lernkulturen (Quelle: [Messerschmidt und Grebe 2005])

22 2.2. Lerntheorie

Der buchgeprägten Lernkultur schloß sich eine mediale, inzwischen multimediale Lernkultur (Elektronische Phase) an, in der nunmehr schwerpunktmäßig digitale Medien eine verbesserte Anschaulichkeit versprechen ([Messerschmidt und Grebe 2005], [Mühlen 1999]). Diese Phase geht mit der Geschichte von maschinen-gestütztem Lernen streng genommen zurück bis in das 16. Jahrhundert. Denn schon 1588 erfand Agostino Ramelli eine erste "Lernmaschine", nämlich das Leserad. Es handelt sich dabei um eine Vorrichtung, die es erlauben sollte, ohne Hin- und Herlaufen an einem Arbeitsplatz auf mehrere Literaturstellen in unterschiedlichen Folianten zuzugreifen. Allerdings stellt dies weniger eine Lernmaschine im heutigen Sinne als einen Vorläufer der Hypertext-Idee dar. Ein weiterer Meilenstein ist die 1866 durch Halycon Skinner entwickelte Lernmaschine, eine mechanisch funktionierende Übungsmaschine. Nach Anzeige eines Bildes auf der Vorderseite eines Kastens sollte die richtige Bezeichnung über eine Schreibmaschinentastatur eingegeben werden. [Niegemann u. a. 2008]

Einen enormen Fortschritt für die zunächst auf Radio und Fernsehen ausgerichtete mediengeprägte Lernkultur stellt dann aber die Erfindung des Computers bzw. die Verbreitung des Personal Computers dar. Später vervollständigt die Einführung des Internets die Art und Weise der Präsentation um die schnelle Verteilung der Medien. Das computer-gestützte und auch web-basierte Lernen hat eine Vielfalt von Lernhilfsmitteln hervorgebracht. Dies schließt u.a. medien-gestütze Lernmaterialien, Lernprogramme, Lernplattformen, Kommunikationshilfsmittel, Autorentools u.v.m. ein. Diese, die aktuelle Lernkultur prägenden Werkzeuge sollen hier nicht im Detail betrachtet werden. Einblick geben z.B. Niegemann u. a. [2008] und L3S [2006].

Medien- und damit computer-/ webbasiertes Lernen zeichnet sich durch eine individuelle Medien - Nutzer / Lerner - Beziehung aus. Während sich die traditionelle (Frontal-)Lehre durch die Gestaltung der Lehre durch den Dozenten auszeichnet, der die Interessen mehrerer Lernenden bedienen muss, fungieren beim E-Learning der Computer oder andere Medienträger als Mittler des Wissens. Es ergibt sich die Notwendigkeit zu einem selbstgesteuerten Lernen [Niegemann u. a. 2008]. Weitere Folgen, die sich daraus ergeben werden im Detail in den Kapiteln 2.4 und 2.5 beschrieben.

Dies sind nur einige Beispiele für Wegbereiter des E-Learnings, welches in den folgenden Kapiteln noch näher charakterisiert wird. Darüber hinaus geben beispielsweise Niegemann u.a. [2008], Metzger und Schulmeister [2004], L3S [2006] oder Kerres [2000] sehr gute Einblicke in die Besonderheiten der gegenwärtigen Lernkultur.

### 2.2 Lerntheorie

Ansichten und Theorien haben, wie oben erläutert, ebenfalls Wirkung auf die Lernkultur. Dieser Einfluss wird in Form von vorausdenkenden Entwicklungen oder begleitenden Beschreibungen genommen. Die Lerntheorie bietet durch Modelle und Hypothesen den psychologischen Blick auf das Thema Lernen. Was ist Lernen? Wann hat jemand etwas gelernt? Mit möglichst einfachen Prinzipien und Regeln sollen diese Fragen beantwortet werden. Überblicke zum Thema geben beispielsweise Hergenhahn [2005] sowie Schulmeister [2002].

Die Lerntheorie versucht außerdem, die Frage "Wie geschieht Lernen?" zu beantworten. Die Antwort besteht in der Unterscheidung verschiedener Lernformen. Diese sind für Lehrende besonders interessant. Denn wenn die Formen des Lernens bekannt sind, können Lernprozesse durch gezielte Lehraktivitäten oder Lernarrangements angeregt und unterstützt werden. In Abbildung 2.2 sind einige wichtige Formen des Lernens aufgeführt und hinsichtlich der assoziierten Lernformen und Prinzipien idealtypisch voneinander abgegrenzt.

Am Ausgangspunkt dieser Arbeit erscheint es sinnvoll, die grundlegenden Prinzipien von behavioristischem, kognitivistischem und konstruktivistischem Lernen darzulegen.

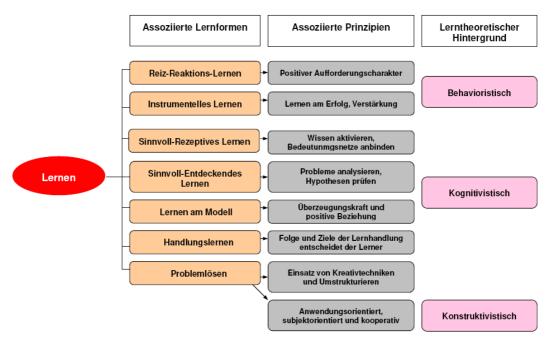


Abb. 2.2: Lerntheorien (Quelle: [L3S 2006])

#### 2.2.1 Lernmethoden

Grundsätzlich gliedert sich die Lernforschung nach Bricken [1991] in drei Richtungen:

- Die Verhaltenstheorien, die Lernen mit Reiz-Reaktions-Verbindungen erklären, begründen die Lernforschung ab Mitte des 19. Jahrhunderts.
- Die kognitiven Lerntheorien der sechziger Jahre des 20. Jahrhunderts gehen darüber hinaus von der inneren Repräsentation und bewussten Verarbeitungsprozessen bei dem Lernenden aus.
- Die Handlungstheorien, die neben Erkenntnissen der kognitiven Theorien die Fähigkeit des Lerners zu aktivem, geplantem Handeln mit einbeziehen, entstanden ebenfalls in den sechziger Jahren des vergangenen Jahrhunderts und sind bis heute aktuell.

Diese grundlegenden lerntheoretischen Ansätze werden heute unter den Bezeichnungen Behaviorismus (Kapitel 2.2.2), Kognitivismus (Kapitel 2.2.3) und Konstruktivismus (Kapitel 2.2.4) geführt.

Parallel zu den Richtungen der Lerntheorie unterscheidet Winn [1993] vier Abschnitte des "educational computing":

- I Enthusiasmus für die behavioristische Theorie.
- II Verlagerung von der Betonung des Inhalts auf Betonung der Frage, wie dem Lernenden Informationen präsentiert werden.
- III Erkenntnis, dass die Interaktion des Lernenden mit dem Instruktor eine sehr wichtige Bedeutung hat und beispielsweise der Frage, wie Informationen präsentiert werden, übergeordnet ist.
- IV Erkenntnis, dass das Wissen durch den Lernenden selbst konstruiert werden muss und nicht durch Lernmaterial vermittelt werden kann.

Diese Phasen (I, III, und IV) lassen sich sehr gut mit den lerntheoretischen Denkweisen Behaviorismus, Kognitivismus und Konstruktivismus korrelieren. Es sei somit gezeigt, dass sich das E-Learning entsprechend den Fortschritten im Bereich der Lerntheorien weiterentwickelt hat.

24 2.2. Lerntheorie

Als zwei nennenswerte Versuche, aus einer Lerntheorie unmittelbar eine Lehrtechnologie abzuleiten und somit das educational computing voranzutreiben, nennen Niegemann u. a. [2008] die Linearen Lernprogramme von Skinner und Holland (1938) sowie Crowders verzweigte Programme (1959), die in die III. Phase nach Winn [1993] fallen. Bei den Linearen Lernprogrammen wurde den Lernenden der Lehrstoff in kleinen Schritten (Frames) präsentiert, jeweils gefolgt von Fragen. Feedback über die Richtigkeit der Antworten sollte im Sinne der Idee der "Operanten Konditionierung" eine Bestätigung (Verstärkung) bedeuten. Bei den verzweigten Lernprogrammen wurde eine fehlerabhängige Darbietung des Lehrinhaltes und durch Verzweigung ein Kommunikationsprozess ermöglicht, der Rückkopplung einschloss [Niegemann u. a. 2008].

#### 2.2.2 Behavioristische Lernmethode

Die behavioristische Lernmethode geht davon aus, dass das Gehirn auf Reize mit erlernten Verhaltensweisen reagiert. Das Verhalten wird mit Bestrafung oder Verstärkung (Belohnung) konditioniert. Verhalten und Wissen ist ein Ergebnis dieser Konditionierung. Der Behaviorismus hat sich in unterschiedlichen Ausprägungen entwickelt. Der Begründer dieser Theorie des Klassischen Konditionierens ist Pawlow (1849-1936), der in seinen bekannten Experimenten mit Hunden den Effekt des Reiz-Reaktions-Lernens nachwies. Thorndike (1874-1949) baute darauf die Theorie des "instrumentellen Konditionierens" (Versuch-Irrtum-Lernen) auf. Skinner (1904-1990) schloss daran die Idee des "operanten Konditionierens" an. Diese besagt, dass wenn die Umwelt ein Verhalten positiv bewertet, dieses Verhalten auch gelernt wird. Komplexe Verhaltensweisen können erlernt werden, indem positive und negative Verstärker wirken [L3S 2006]. Im E-Learning werden diese Theorien bei so genannten "Drill-and-Practice"- Programmen umgesetzt.

Dieses Modell bestimmt heute noch sehr stark das mediengestützte Lernen (z.B. Tests, bei denen konkrete Fakten abgefragt werden und im Wesentlichen ein Wahr-Falsch-Feedback gegeben wird). Dass dies nicht nur an den didaktischen Vorzügen, sondern möglicherweise an der relativ unkomplizierten Umsetzung solcher Systeme liegt, soll als Hypothese in den Raum gestellt werden. Kerres [2000] kritisiert diesen Zustand allerdings: "Trotz vieler Kritik beeinflussen diese [behavioristischen] Modelle unsere Vorstellungen über mediengestütztes Lernen bis heute ganz entscheidend, und sie bestimmen das Denken vieler Entwickler bis zum heutigen Tag [...]."

### 2.2.3 Kognitivistische Lernmethode

Kognitivistische Lerntheorien gehen davon aus, dass Lernen durch Prozesse und Zustände beeinflusst ist, die zwischen Reiz und Reaktion liegen, wobei komplexe Zusammenhänge und Vorgehensweisen verarbeitet werden. Lernen bedarf der Einsicht und des Bewusstseins. Der Mensch ist ein selbstgesteuertes Wesen, der durch kognitive Denk- und Verstehensprozesse lernt und die wahrgenommenen Reize selbständig und aktiv verarbeitet. Das innere, kognitive System steht in Wechselwirkung mit den Informationen von außen. Der Lernende verarbeitet diese Informationen unter Einbeziehung bereits vorhandener Informationen. Lernen muss nicht auf eigenen Erfahrungen beruhen, sondern kann auch am Modell (anderer Menschen) geschehen.

Riedel und Schelten [2001] beschreiben das Phänomen wie folgt: "Jede Handlung ist in sich geschlossen und zielgerichtet. Ihr geht ein geistiges Probehandeln voraus. Das so entstandene geistige Abbild vergleicht die anschließende reale Handlung mit seiner gedanklichen Vorwegnahme und wirkt auf diesem Weg auf die Handlungsausführung zurück. Auf diesem Weg entstehen neue kognitive Strukturen. Ein Lernen, das ohne konkrete Handlungsvollzüge im geistigen Handeln verbleibt, ist handlungsfern und um wichtige Rückkoppelungsprozesse verarmt."

Simulationen, Planspiele, Fallstudien oder virtuelle Labore ermöglichen durch Erfüllung der Prinzipien der kognitiven Methode problemorientiertes Lernen in E-Learning-Angeboten [L3S 2006].

#### 2.2.4 Konstruktivistische Lernmethode

Der Begriff "Konstruktivismus" wurde durch den italienischen Philosoph G. Vico (1668-1744) geprägt. Die Idee, die man darunter heute in der Lernpsychologie versteht, geht auf den Schweizer Philosophen und Psychologen J. Piaget (1896-1980) zurück.

Die konstruktivistische Lerntheorie folgt dem Grundsatz, dass es keine objektive Realität gibt, die der Lehrende dem Lernenden vermitteln könnte, denn Menschen werden als informationstechnisch geschlossene Systeme betrachtet. Das heißt, die Realität wird nicht als "äußerlich beschreibbar" angesehen und daher muss der Lerner sich das Wissen, ausgehend von seinen Bedürfnissen und Vorkenntnissen, selbst aufbauen. Das Gehirn ist ein informationsverarbeitendes System, das die aufgenommenen Reize interpretiert und daraus aktiv Wissen konstruiert. Es leistet also nicht nur Wissensspeicherung, sondern auch neue Wissenskonstruktion. Es werden in kognitiven Prozessen individuelle Konstrukte aufgebaut, die verknüpft, reorganisiert und modifiziert werden.

Eine der Schlussfolgerungen besteht darin, dass Instruktion nicht geplant werden kann, da die Vorbereitung von Inhalten oder Interaktionen mit dem "instructional system" sich nicht mit der Annahme verträgt, dass der Lerner sein Wissen selbst konstruiert. Konkret hat dies Reich [2006] wie folgt zusammengefasst:

- Didaktik ist nicht mehr Theorie der Abbildung, Erinnerung und richtiger Rekonstruktion von Wissen und Wahrheit, sondern konstruktiver Ort möglichst eigener Weltfindung.
- Didaktik ist zu verstehen als offenes Verfahren inhaltlicher und beziehungsmäßiger Vermittlungsperspektiven.
- Es herrscht in besonderem Maße eine Freiheit des Lernenden (Unverfügbarkeit von Lernen).

Der Lehrende hat die Aufgabe, diesen individuellen und aktiven Aufbau zu unterstützen und zu begleiten. Das Rollenverständnis des Lehrenden entspricht weniger dem des traditionellen Lehrers, als vielmehr einem Begleiter, Berater oder Coach [Aufenanger 1999].

Dementsprechend ist ein unter konstruktivistischen Gesichtspunkten gestaltetes E-Learning-Angebot davon geprägt, dem Lerner einen eigenen Lernweg zu ermöglichen und ihn beim Lernen anzuregen. Die aktive, selbstgesteuerte Auseinandersetzung mit dem Lernstoff wird beim Einsatz von E-Learning durch Hypertextstrukturen, Simulationen, Planspiele und Werkzeuge gefördert, die kommunikatives Lernen ermöglichen [L3S 2006].

Messerschmidt und Grebe [2005] beobachten, dass im Bereich des computerbasierten Lernens seit einiger Zeit - ausgehend von einer stärker benutzerorientierten Sichtweise bei den technischen Innovationen auf dem Computermarkt - eine lernerzentrierte Sichtweise zurecht mehr und mehr in den Vordergrund tritt, bei der die Person des Lerners und seines persönlichen Umfelds Vorrang zu haben scheint. Entsprechend lässt sich die Aussage von Aufenanger [1999] deuten, dass "nicht nur Inhalte entscheidend [sind], sondern ebenso die pädagogischen Arrangements", die so genannten Lernumgebungen ("learning environment").

Auch Winn [1993] stellt fest, dass Systeme dominieren, deren Fokus von verordneten Interaktionen zu einem Design von Interaktionsorientierten Lernumgebungen wandert. Dies entspricht der vierten Phase des educational computing. Allerdings weisen Schwan und Buder [2006] darauf hin, dass in virtuellen Welten der didaktische Erfolg nur dann in Aussicht steht, wenn beim Besuch auch ein spezifisches, möglichst authentisches Lernziel verfolgt wird, welches entweder instruktional durch Lehrende oder implizit durch strukturierende Maßnahmen bei der Gestaltung der virtuellen Umgebung festgesetzt wird. Generell versuchen konstruktivistische Lernansätze daher eine hohe Situiertheit herzustellen, d. h. beispielsweise arbeitsplatznahes und projektorientiertes Lernen zu fördern, und die Komplexität des individuellen Handlungsbezugs sowie den Lernenden/das handelnde Individuum und seine Suche nach selbst organisierten Lösungsansätzen zu sehen ([Messerschmidt und Grebe 2005]).

Es wird deutlich, dass angeleitetes Lernen nie ganz den Idealen des Konstruktivismus entsprechen kann. Es kann diskutiert werden, ob im traditionellen Lernprozess überhaupt alle Forderungen des Konstruktivismus erfüllt werden (können). Kann in einer gezielt gestalteten Lernsituation (wie es an einer Schule, Universität oder anderen Bildungseinrichtungen der Fall ist) tatsächlich von "Unverfügbarkeit des Lernens" gesprochen werden? Oder findet konstruktivistisches Lernen nur dann statt, wenn keine "Lehre" stattfindet? Findet konstruktivistisches Lernen einer äußerlich nicht beschreibbaren Realität vielleicht nur dann statt, wenn Wissenskonstruktion aus dem Lerner selbst heraus, d.h. ohne Instruktion, passiert? So zumindest sieht es der radikale Konstruktivismus, der die Gültigkeit verbindlicher Bildungsinhalte bezweifelt und in diesen lediglich dogmatische Wahrheitsansprüche sieht. Gemäßigtere Vertreter des Konstruktivismus sind hingegen der Auffassung, dass bei weitem nicht alle Menschen gleich lernfähig seien. Instruktionen seien deshalb durchaus zu begrüßen [Messerschmidt und Grebe 2005].

### 2.3 Definition von E-Learning

E-Learning wird auf sehr unterschiedliche Weise definiert und interpretiert (vgl. [Lindner 2006]). Resultat dieser unpräzisen Definitionen und Ausdruck der uneinheitlichen Sichtweise ist eine Vielfalt von Begriffen, die manchmal synonym verwendet werden und manchmal auch unterschiedliche Aspekte des E-Learnings hervorheben. Diese lauten z.B. E-Learning, E-Education, E-Training, Distance Learning, Webbased Learning, Webbased Training, educational computing.

Der Begriff E-Learning steht für englisch "electronic learning" (elektronisch unterstütztes Lernen) und umfasst damit alle Formen des Lernens, bei denen digitale Medien für die Distribution von Lernmaterialien und für die Kommunikation zum Einsatz kommen [Kerres 2000].

Der Term Neue Medien bezeichnet nach der Hochschulrektorenkonferenz [2003] "die Integration von Kommunikationsformen (wie z.B. E-Mail, Diskussionsforen im Internet, Videokonferenzen) und Präsentationsformen (wie z.B. den gemeinsamen Einsatz von Texten, Bildern, Grafiken, Sprache, Musik, Geräuschen, Videos und Animationen)." Der Mehrwert besteht nach der Hochschulrektorenkonferenz [2003] neben der zeit- und ortsunabhängigen Nutzung von Lehrmaterialien in der Förderung langfristiger Verstehens- und Behaltensprozesse, wobei die adäquate Nutzung der Potentiale von Multimedialität und Interaktivität vorausgesetzt wird.

Auch Aufenanger [1999] erwähnt "Neue Medien" explizit. Er versteht darunter "alle Formen der Wissensaufbereitung oder der Informationsvermittlung […], die in digitalisierter Form über Computer oder Internet erreichbar sind und die sich durch eine hypermediale Struktur auszeichnen."

Betonen diese Definitionen zwar einheitlich die Aspekte von Distribution, Hypermedialität und Kommunikation, so kritisiert Born [2002] zurecht das Fehlen einer allgemein gültigen Definition als einen "grundsätzlichen Makel, der dem E-Learning anhängt" und schlussfolgert, dass man allgemein von Lernformen spricht, welche elektronische Medien in *irgendeiner* Form nutzen bzw. computergestützt arbeiten.

Die in Tabelle 2.1 dargelegten Definitionen können als eine repräsentative Auswahl bezeichnet werden. Dennoch beschreiben sie nicht, dass E-Learning häufig eine Form des individuellen Lernens darstellt. Zwar verweisen spezifischere Definitionen (z.B. Messerschmidt und Grebe [2005] in Tabelle 2.1) zusätzlich auf die Anwendung spezieller didaktischer und methodischer Konzepte sowie konkreter technischer Hilfsmittel, aber sie werden schnell sehr speziell und geben daher nicht mehr die Vielfalt wieder, die elektronisch unterstütztes Lernen umfasst. Aus diesem Grund schließt sich die vorliegende Arbeit grundsätzlich den allgemeinen Definitionen an.

Tabelle 2.1: Definitionen von E-Learning

Definition [Quelle]	Anmerkung zu dieser Definition
E-Learning steht für sämtliche elektronisch gestützten Formen des Lernens. Entscheidender Vorteil von E-Learning ist: Der Anwender erarbeitet den Lehr- stoff selbstständig, ohne dabei zeitlich oder örtlich gebunden zu sein. E- Learning ist u.a. möglich mit Hilfe von CD-ROMs oder Telekursen im Internet. [Microsoft Deutschland 2008]	Das selbstständige Lernen ist spezieller Bestandteil der Definition. Die Beurteilung als "Vorteil" bliebe zu diskutieren, da schlecht motivierter sowie nicht mit Instruktionen / Wissensstandsprüfungen versehener Lehrstoff u.U. zu fehlerhafter Konstruktion von Wissen führen kann.
Ursprünglich der Sammelbegriff für Lernen, das durch Informationstechnologien unterstützt wird bzw. für alle Formen elektronisch unterstützten Lernens. Dazu gehört unter anderem auch netz- und satellitengestütztes Lernen, Lernen per interaktivem TV, CD-ROM oder Video. Meist wird der Begriff aber ausschließlich für Internet- bzw. Intranet-basiertes Lernen verwendet. [Ministerium für Arbeit Gesundheit und Soziales des Landes NRW 2008]	Die Definition bleibt allgemein. Sie betont die Medien und kommentiert keine wei- teren Rahmenbedingungen des E-Learning. Sie spiegelt damit die allgemeine Situation der Definition von E-Learning gut wider.
Als E-Education oder E-Learning wird jegliche Art von Lernen bezeichnet, bei dem elektronische Medien ein integraler Bestandteil sind. Im engeren Sinne verstehen wir darunter Computer Based Training (CBT) und Web Based Training (WBT). [Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit 2006]	Die Definition bleibt allgemein. Die Einführung der Begriffe "Computer Based Training" und "Web Based Training" betont den Aspekt des Trainings als zusätzliche Komponente gegenüber dem Lernen als reine Wissensakquisition.
Eigentlich elektronisches Lernen, also Lernen mit dem Computer. Heute aber meistens: Online-Lernen mit einer virtuellen Plattform. [Bildungsdirektoren- Konferenz Zentralschweiz 2008]	Die Definition bleibt allgemein, aber erwähnt explizit die hohe Bedeutung des Internet.
Open und Distance Learning (ODL) sind generelle Begriffe, die alle vom tradi- tionellen "face-to-face training" verschiedenen Formen des Lernens beschreiben. E-Learning ist nur eine Form des ODL. [Dumont und Sangra 2006]	Die Definition beschreibt E-Learning als Untermenge der Fernlehre und geht nicht auf Spezifika von E-Learning ein.
E-Learning ist die "e-Transformation" aller Prozesse, die mit dem individuellen, gemeinschaftlichen, organisationsbezogenen oder territorialen Lernen verbunden sind und eine Verschiebung von der Bildung zur (Lern-)Kultur, vom Training zur "Human Resource Development" oder der Entwicklung zum "sozialen Kapital". E-Learning hat mit der Nutzung von Wissens-, Informations- und Lerntechnologien (kurz engl. KILT) zu tun und schließlich das Ziel, das Individuum, eine Gemeinschaft, eine Organisation oder die Gesellschaft als Ganzes aufzuwerten. [Layte und Ravet 2006]	Die Definition beschreibt E-Learning als Werkzeug zur Erreichung eines politischen Ziels und lässt damit hinsichtlich der Umset- zung und Gestaltung großen Spielraum.
Computerbasierte Bildungstechnologien werden, wenn wir der angegebenen Definition folgen, zum einen repräsentiert durch das Medium Computer und zum anderen durch technische und didaktische Verfahrensvorschriften, die den Lernstoff (Inhalt) strukturieren und für den Lerner erschließen. Letztere sind gemeinhin mit Lernprogrammen oder Lernsoftware gleichzusetzen, lassen sich aber ebenso auf spezifische Lernarrangements und sogar Lernsysteme beziehen. [Messerschmidt und Grebe 2005]	Diese Definition bezieht als eine der wenigen didaktische Verfahrensvorschriften ein und zeichnet so ein leider (noch) nicht in der Rea- lität bestehendes Idealbild.

Die Meinung, dass E-Learning aber nicht ohne

- angepasste didaktische Konzepte und
- technische Hilfsmittel

gestaltet werden kann, und

• die Fähigkeit des Lernenden zu selbstreguliertem Lernen voraussetzt und diese durch entsprechende Gestaltung unterstützen muss

sei dringend betont. Schließlich ist diese Meinung Leitlinie, Motivation und Thema der vorliegenden Arbeit. Um einen qualitativ hochwertigen Lernprozess zu gewährleisten, sollten anwendungs- und nutzerspezifische didaktische Konzepte zugrunde liegen. Um außerdem nicht nur eine Verschiebung von der Nutzung traditioneller hin zu elektronischen Medien zu erreichen oder die elektronischen Medien lediglich als verbesserte Distributionsoption zu betrachten, sollte E-Learning so umgesetzt werden, dass die Potentiale dieser Medien (z.B. Interaktion) auch genutzt werden.

### 2.4 Vorteile von E-Learning

Oben wurde die Nutzung der Potentiale der eingesetzten Medien betont. Daher sollen sie an dieser Stelle benannt werden. Die Arbeit beschränkt sich dabei auf das webbasierte Lernen. Daher beziehen sich die Vorteile konkret auf das Medium World Wide Web (WWW), wenngleich einige auch allgemeine Gültigkeit besitzen. Die Vorteile bestehen konkret in:

- Flexibilität des Lernens hinsichtlich Raum und Zeit:
  - Zum Einen stehen Lernmaterialien und -einheiten raum- und zeitunabhängig zur Verfügung. Zum anderen erfordert die schnelle Kommunikation via Web nicht mehr Anwesenheit von Lernenden und / oder Lehrenden an einem Ort. Unabhängigkeit wird zudem über asynchrone Kommunikationsmittel wie E-Mail oder Foren geschaffen.
- Effektive Präsentation durch Multimedia:
   So können beispielsweise abstrakte Inhalte mit Hilfe von Simulationen anschaulich gemacht werden. Auch Audio- und Videodokumente können leicht eingebunden werden.
- Interaktivität und Dynamik:

Eine wichtige Voraussetzung für diese Aspekte ist durch die webfähige Softwaretechnologie geschaffen. Dieser Vorteil wird vor allem dadurch erreicht, dass die Lernsituation beim E-Learning öfter bilateral (nur Lerner - Computer) stattfindet als in traditionellen Lernsituationen.

Durch den persönlichen Lehrer / Tutor "Computer" (und natürlich die angesprochenen Technologie) sind beispielsweise variierende Repetitionsaufgaben, individualisierte Lernkontrolle etc. genauso möglich wie dynamisch auf die Erfordernisse des Nutzers angepasste Lernszenarien.

• Erhöhte Motivation / Freude und Spaß am Lernen:

Schroeder [1995] bemerkt, dass virtuelle Umgebungen eine höhere Motivation erzeugen können. Peterson [1999] führt weiter aus, dass die Nutzung von interaktiven Medien Freude bereitet. Er versucht den negativen Beigeschmack, den die Verbindung von Spaß und Arbeit oftmals (noch) auslösen auszuräumen und stellt fest, dass Freude mehr Aufmerksamkeit und Begeisterung mitbringt, was sich wiederum positiv auf die Leistungsfähigkeit bei der Arbeit, respektive dem Lernen auswirkt. Dass Lernen auch Spaß machen kann und soll, ist soweit anerkannt und wird durch die Manifestierung des Begriffes "edutainment", der "education" mit "entertainment" verbindet und für diese Symbiose wirbt, deutlich.

Die Vorteile, die sich durch den Einsatz von Spielen für das Lernen ergeben, haben weiterhin [Laird 2001], [Prensky 2001], [Gee 2003] und [Aldrich 2003] beschrieben.

• Unterstützung unterschiedlicher Lernstile und Lernertypen, d.h. einer Bereitstellung von unterschiedlichen Konzepten zur Gestaltung des Lernmaterials:

Diese Möglichkeit kommt der in Kapitel 2.7.4.3 herausgearbeiteten Forderung der Beachtung des Kontext des Lernenden entgegen. Durch die Dynamik, die das WWW bietet, können verschiedene Lernpfade, weiterführende Materialien oder "Lernabkürzungen" angeboten werden. Wichtig dabei ist nur, dass die verschiedenen Möglichkeiten auf durchdachten Konzepten beruhen bzw. Nutzerbedürfnisse gezielt beachten. Dadurch wird die Umsetzung umfangreicher, was sicher ein wichtiger Grund dafür ist, dass der Kontext der Nutzer noch zu wenig beachtet wird.

#### • Zugang zu verteilten Daten:

Dieser Aspekt entfaltet seine Wirkung, wenn Analysen oder Simulationen auf realen Daten basieren. Durch den Zugriff auf bzw. die Kombination von verteilten, im WWW im Idealfall in aktualisierter Version vorliegenden Daten, ergeben sich optimale Möglichkeiten anhand realistischer Informationen zu lernen. Auch der Forderung nach Lernen im konstruktivistischen Sinn (vgl. Kapitel 2.2.4) wird durch die Möglichkeit zur Recherche und eigenständigen Kombination begegnet.

Weltweite Verfügbarkeit von Lerninformationen für ein sehr spezielles Themengebiet:
 Hierbei wird Austausch und damit Qualität befördert, denn die Bildung einer (weltweiten) Lern-Community, überwindet die Isolation der traditionellen Fernlehre und erzeugt durch die Diskussion, aber auch durch den Wettbewerb, einen breiten Blick auf Probleme bzw. trägt zur Richtigkeit der Inhalte bei.

#### • Aspekte der Entwicklung:

Aus Entwickler- bzw. Autorensicht ergeben sich Vorteile durch die relativ einfache Möglichkeit zur Aktualisierung der Materialien. Teile (Assets) können leicht ausgetauscht oder verändert werden und Lernenden sind Aktualisierungen durch das Medium Internet schnell zugänglich. Außerdem können Autoren anderweitig verfügbares Material relativ einfach referenzieren. Learning Management Tools, z.B. Lernplattformen (Learning Management System - LMS) nutzen die Vorteile von Content Management Systemen (CMS) für den Bereich des Lernens. Diese bestehen u.a. in Werkzeugen zur Organisation von Lehr-/ Lernmaterialien und Nutzerdaten sowie der Bereitstellung von Kommunikationswerkzeugen.

#### • Ökonomische Aspekte:

Diese lassen sich zum Teil den oben genannten Argumenten zuordnen, z.B. der nicht gegebenen Notwendigkeit der persönlichen Anwesenheit eines Dozenten in der raum- und zeitunabhängigen Vermittlung von Lernstoff. Ein weiteres Beispiel ist die Wiederverwendbarkeit von so genannten "Lernobjekten". Allerdings sei an dieser Stelle erwähnt, dass die ökonomischen Aspekte bisher lediglich als Idealvorstellung

zum Tragen kommen. Bislang haben sich die technischen Investitionen (z.B. Multimedia-Klassenräume, umfangreiche Aufzeichnungstechnik) sowie der Aufbau von Know-How in nur sehr wenigen Fällen tatsächlich amortisiert. Der Idealvorstellung von der Wiederverwendbarkeit von Lernobjekten ist entgegenzusetzen, dass Lehrende nur selten Bestandteile fremder Lehreinheiten in ihr didaktisches Konzept aufnehmen. Weiterhin ist der Aufwand zur Erstellung der Lernobjekte sehr hoch. In [Martin u. a. 2006] wird er mit 1:27 beziffert, d.h. eine Stunde Lehreinheit bedeutet einen Arbeitsaufwand von mehr als 3 vollen Arbeitstagen. Daher müsste ein Lernobjekt recht oft eingesetzt werden, bis es auch unter dem ökonomischen Aspekt als "effektiv" bezeichnet werden kann.

Dass ökonomischer Mehrwert zwar gewünscht ist, aber nur schwer erreicht werden kann, beweist z.B. das relativ erfolglose Ringen um Geschäftsmodelle in den diversen E-Learning-Projekten. Dieses wird verständlicherweise kaum veröffentlich. Aber die umfangreichen Schriften und Monographien (z.B. [Breitner und Hoppe 2006], [Brocke und Buddendick 2007], [Dohmen und Michel 2003] u.a.) mit Auseinandersetzungen und Vorschlägen zum Thema sowie vielfältige Körperschaftsvarianten (ELAN e.V. und ELAN AG etc.) und Projektfortführungsvarianten (ELAN II-Pilot, ELAN III etc. mit Fachkreisen und Serviceeinheiten u.a.) wie sie z.B. aus dem niedersächsischen ELAN-Projekt (www.elan-niedersachsen.de) hervorgegangen sind machen deutlich, dass es ein Thema ist, in welches große Hoffnungen gesetzt sind, welches sich aber nicht leicht - sondern nur mit umfangreichen und vielfältigen Diskursen bewältigen lässt. Daraus konkrete Schlussfolgerungen zu ziehen oder Erfolge zu erzielen, ist eine schwierige, noch unbefriedigend gelöste Aufgabe.

Die Relativierung der ökonomischen Aspekte als Vorteil des E-Learning macht deutlich, dass der Mehrwert des E-Learning v.a. in der veränderten Qualität des Lernens besteht. Dass diese veränderte Form auch eine Verbesserung bedeutet, ist zugegebenermaßen nicht in jedem Anwendungsfall zutreffend. Die Vorteile kommen dann zum Tragen, wenn die erläuterten Potentiale gezielt genutzt werden.

### 2.5 Entwicklung und Stand des E-Learning

Die zum Teil vermeintlichen und zum Teil zutreffenden Vorteile von E-Learning haben Gesellschaft, Wirtschaft und Politik dazu bewegt, die Entwicklung einer Computer-orientierten Lernkultur zu stärken. Nachfolgende Beispiele zeigen einige Initiativen auf. Im Anschluss wird beispielhaft gezeigt, welche Wirkung diese Bemühungen hatten. Die Beispiele und Erläuterungen zielen schwerpunktmäßig auf den tertiären Bildungsbereich.

1971 startete die National Science Foundation (NSF) in den USA zwei Großprojekte mit dem Ziel, die Effizienz von computergestützter Instruktion für den Unterricht zu beweisen. Zum einen handelte es sich dabei um das Projekt TICCIT (Time-shared Interactive Computer Controlled Information Television) und zum anderen um das Projekt PLATO (Programmed Logic for Automatic Teaching Operation). Die Idee der Verwendung von Fernsehlehrfilmen war Kern des Projetes TICCIT (vgl. [O'Shea und Self 1986]). PLATO beinhaltete Unterrichtsmaterial für ca. 8000 Lernstunden. Als Fazit dieser beiden Untersuchungen konnte die NSF den computerunterstützten Unterricht als wirksames Hilfsmittel bestätigen [Lipsmeier und Seidel 1987].

Ende der sechziger, Anfang der siebziger Jahre wurden zur Förderung unterrichtstechnologischer Forschung und Entwicklung in der Bundesrepublik zwei Forschungseinrichtungen geschaffen: das Bildungstechnologische Zentrum in Wiesbaden und das "Forschungs- und Entwicklungszentrum für objektivierte Lehr- und Lernverfahren (FEoLL)" in Paderborn. Aufgabe dieser Einrichtungen war die Erforschung von Prozessen und Anwendungsbedingungen von lehr- und lernbezogener Information und Kommunikation im Hinblick auf die Entwicklungsmöglichkeiten und objektvie Überprüfung von Programmen und Modellen sowie die Durchführung von Modellversuchen (z.B. Nixdorf-Lehrsystem NICOLE, der Schulversuch ALCU oder PFLABE-Computerunterstützter Unterricht für Biologiestudenten). Das FEoLL zum Beispiel beschäftigte 1974 ca. 125 wissenschaftliche und technische Mitarbeiter [Niegemann u. a. 2008].

Seit Ende der achtziger, Anfang der neunziger Jahre ist ein zunehmendes Interesse an computerunterstützten Lerntechnologien zu verzeichnen. Starken Aufschwung erfuhr die Förderung des - seit Mitte der neunziger Jahre als "E-Learning" bezeichneten - elektronisch gestützen Lehrens und Lernens durch die Verbreitung des Zugangs zum WWW seit Ende der neunziger Jahre [Niegemann u. a. 2008].

Die Ende der 1990er Jahre gestartete Initiative des Bildung und Forschung (BMBF) "Schulen ans Netz" hatte zum Ziel, dass bis 2002 jede Schule in Deutschland zumindest über einen Internetanschluss verfügte. Es ist allerdings keine Studie bekannt, die den aktuellen Stand der IT-Ausstattung an deutschen Schulen beschreibt. Generell spielt E-Learning in den öffentlichen Schulen gegenwärtig keine große Rolle.

Im Jahr 2000 schrieb das BMBF das groß angelegte Programm "Neue Medien in der Bildung" aus, in dessen Rahmen bis 2004 im gesamten Bildungswesen der Bundesrepublik Deutschland neue E-Learning-Programme, -Konzepte und -Tools entwickelt und evaluiert wurden. Im Kursbuch eLearning [Bundesministerium für Bildung und Forschung 2004] sind die Produkte und Ergebnisse des Förderprogramms vorgestellt. 2002 wurde zudem vom BMBF das Programm "Notebook-University" aufgelegt, mit dem konkrete Konzepte für mobiles Lernen (d.h. mit Notebooks und drahtlosem Webanschluss) entwickelt und erprobt wurden.

Die Europäische Union (EU) schrieb mehrfach Forschungs- und Entwicklungsprogramme aus, die explizit innovative Bildungstechnologie fördern sollten. In diesem Zusammenhang ist die im Jahr 2000 auf einer Tagung des Europäischen Rates in Lissabon formulierte "Lissabon Strategie" hervorzuheben, nach der die EU bis 2010 der wettbewerbsfähigste und dynamischste wissensbasierte Wirtschaftsraum der Welt werden soll, d.h. eine Wirtschaftsregion, die fähig ist, ein dauerhaftes Wirtschaftswachstum mit mehr und besseren Arbeitsplätzen und einem größteren sozialen Zusammenhalt zu erzeugen. Im Zusammenhang mit der Agenda wurden verschiedene Initiativen gefördert, z.B. der Aktionsplan eEurope, die Programme eContent, eTEN oder ERASMUS Virtuell. Das Informationsportal www.elearningeuropa.info/ gibt weiteren Einblick.

Neben Förderprogrammen zeigen Initiativen, wie sie z.B. das Massachusetts Institute of Technology (MIT) durchgeführt hat, eine Tendenz zur Publikation von Lernmaterialien. So hat das MIT die so genannte Open Courseware Initiative gestartet, bei der seit 2002 Inhalte von allen, inzwischen 1800 MIT-Kursen frei im WWW zur Verfügung gestellt werden (http://ocw.mit.edu/Ocw/Web/web/home/home/index.htm). Inzwischen haben über 200 Hochschulen nach dem Vorbild des MIT ihre Kurse veröffentlicht und sich im Open-CourseWare Consortium zusammengeschlossen. So z.B. auch die britische Open University (OU), die größte und traditionsreichste Fernuniversität, die öffentlichen und kostenfreien Zugang zu ihren Lernmaterialien (http://openlearn.open.ac.uk/) bietet. Genau wie beim MIT-Projekt enthalten die Skripte auch Übungsaufgaben mit Feedback zu Antworten und Lösungen.

Generell definiert das Open Courseware Consortium OpenCourseWare als

- freie und offene digitale Publikation von Lehrmaterialien in hoher Qualität, organisiert als Kurse,
- die zur Nutzung und Anpassung unter einer freien Lizenz verfügbar ist und
- die typischerweise kein Zeugnis und keinen Zugang zu Lehrern bietet.

Ab zehn veröffentlichten Kursen wird eine Hochschule beim OpenCourseWare Consortium aufgenommen. Unabhängig davon, ob Kursangebote als OpenCourseWare angeboten werden, spielen digitale Materialien und online Lernangebote an den Hochschulen inzwischen eine Rolle.

Eine Studie von Kleimann u.a. [2008] geht der Frage nach, wie die deutschen Studierenden den Einsatz von E-Learning in der Hochschullehre einschätzen und welchen Einfluss das Web 2.0 auf die Entwicklung netzgestützter Lehre und Lernformen an den Hochschulen hat. In der Studie zeigt sich, dass das Internet zum Alltagswerkzeug von Studierenden geworden ist. Mehr als 73 % bewegen sich täglich 1-3 Stunden aktiv im Internet.

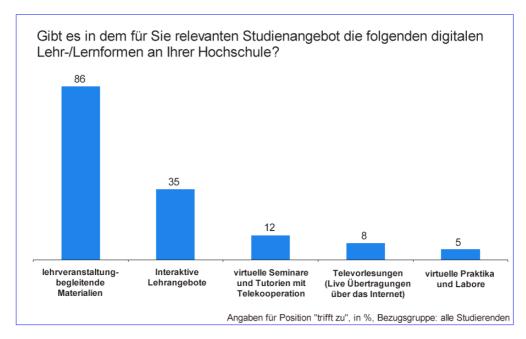


Abb. 2.3: Angebot von E-Learning Formen (Quelle: [Kleimann u. a. 2008])

Was die Nutzung von Medien der Hochschule betrifft, zeigt ein Vergleich mit einer im Jahr 2004 durchgeführten Studie [Kleimann u. a. 2004], dass sich diese in den letzten Jahren gesteigert hat. Konkret wurde angegeben, dass inzwischen 93 % (2004: 68 %) lehrveranstaltunsgbegleitende digitale Materialien der eigenen Hochschule und 22 % (2004: 16 %) interaktive Lernformen der eigenen Hochschule nutzen (vgl. Abbildung 2.4). Während 2004 84 % der Studierenden ankreuzten, dass es in dem für sie relevanten Studienangebot digitale, netzgestützte lehrveranstaltungsbegleitende Materialien gibt, attestieren dies 2008 86 % (vgl. Abbildung 2.3). Die Zunahme der über Lernplattformen und Websites bereitgestellten Lehr- und Selbststudiumsmaterialien fällt demnach äußerst gering aus [Kleimann u. a. 2008].

Bei dem Anteil der Studierenden, die interaktive Angebote an ihrer Hochschule kennen, hat sich der Anteil von 24 % auf heute 35 % erhöht. Dies dürfte unter anderem auf die Vielzahl von Selbst-Test-Möglichkeiten und elektronischen Übungsumgebungen zurückzuführen sein, die in den vergangenen Jahren entwickelt worden sind. Bei virtuellen Seminaren und Tutorien mit Telekooperation (2004: 13 % / 2008: 12 %), bei live über das Internet gehaltenen Televorlesungen (2004: 7 % / 2008: 8 %) und bei virtuellen Praktika und Laboren (2004: 6 % / 2008: 5 %) gibt es dagegen keine erkennbare Entwicklung. Es scheint, als habe der Ausbau dieser Lehrund Lernformen in den letzten Jahren auf dem erreichten Niveau stagniert. Von 58 % der Studierenden werden elektronische Video-Aufzeichnungen/Videopodcasts von Veranstaltungen als "sehr nützlich" bis "nützlich" eingeschätzt. Für die Nützlichkeit von Online-Tests und Übungen sprechen sich 52 % aus, bei Wikis sind es 46 %, bei Web-Based-Trainings im Inter- oder Intranet 45 % und bei Audiopodcasts 39 % (vgl. Abbildung 2.5).

Die tatsächliche Nutzung wird in Abbildung 2.6 dargestellt. Wie die hohe Wertschätzung für aufgezeichnete Vorlesungen zu interpretieren ist, geht aus den Daten nicht hervor. Ein Motiv könnte Vertrautheit der Lehrsituation der Frontalvorlesung bzw. des Frontalunterrichts sein, die bei aufgezeichneten E-Lectures erreicht wird. Die Nützlichkeitseinschätzung von Online-Tests und -Übungen dagegen geht möglicherweise auf zu geringe Möglichkeiten zur Wissensanwendung und -überprüfung in den Hochschulen und/oder auf den prüfungsorientierten Lernstil vieler Studierender zurück. Ein wichtiger Grund könnte aber auch die Befriedigung sein, die Interaktivität beim selbstgesteuerten Lernen v.a. durch das Entgegenbringen von Feedback verschafft.

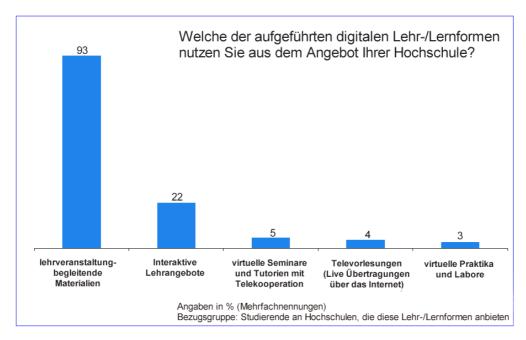
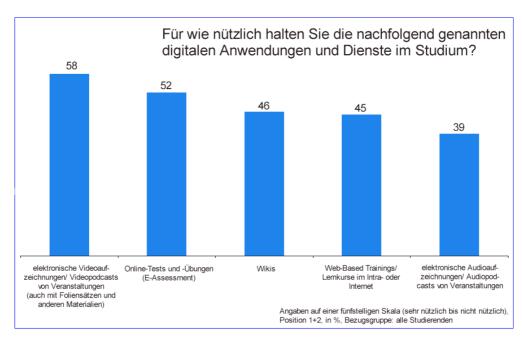


Abb. 2.4: Nutzung von E-Learning Formen (Quelle: [Kleimann u. a. 2008])



**Abb. 2.5:** Einschätzung der Nützlichkeit von digitalen Anwendungen und Diensten im Studium (Quelle: [Kleimann u. a. 2008])

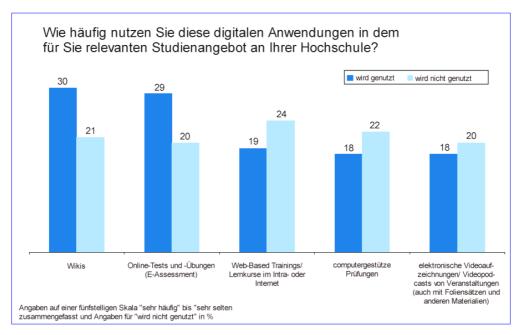


Abb. 2.6: Nutzung von digitalen Anwendungen und Diensten im Studium(Quelle: [Kleimann u. a. 2008])

Manches deutet darauf hin, dass die Programme und Initiativen Anstöße zu einer dauerhaften und besseren Praxis multimedialen Lernens lieferten, dass andererseits aber auch mit dem Ende der Förderung mit den Projektmitarbeitern das Know-how verloren ging und manche Entwicklung recht abrupt beendet wurde [Niegemann u. a. 2008]. Die oben zitierte Stagnation des Ausbaus von virtuellen Angeboten bestätigt dies. Viele Hochschuleinrichtungen zeigen jedoch durch die Formulierung von Zielvereinbarungen, dem Einsatz von Beauftragten für technikgestützte Lehre und Multimedia (z.B. einem "Chief eLearning Officer"), der Gründung von An-Instituten, die sich mit der Entwicklung und Forschung zum Thema E-Learning beschäftigen (z.B. L3S - Learning Lab, Niedersachsen) Initiative und bemühen sich um die Förderung von E-Learning.

Dennoch fällt der Erfolg von E-Learning nicht so hoch aus, wie ursprünglich angenommen. E-Learning wird teilweise sogar als gescheitert angesehen. Noch vor wenigen Jahren galt E-Learning als die Bildungsform des 21. Jahrhunderts. Mittlerweile weiß man, dass E-Learning die traditionellen Formen nicht ersetzen kann (vgl. auch [Hildebrandt und Teschler 2006]). Es ist allerdings als eine sinnvolle Unterstützung im Lernprozess zu sehen. Aufenanger [1999] meint, "dass die anfängliche Euphorie, die die neuen Medien bei manchen bewirkt haben, nun doch auf einen realistischen Boden zurückgeholt wird". Er führt außerdem aus, dass "wir noch weit davon entfernt sind, Genaueres über die Optimierung von Lernprozessen mit Hilfe von Computern und Internet zu wissen." Vielmehr sei die anfängliche Euphorie einer nüchternen Beurteilung der Möglichkeiten von hypermedialen Anwendungen gewichen.

Die Probleme im E-Learning sind unter anderem der Tatsache geschuldet, dass es von vornherein zu stark überschätzt wurde. Mit der Ernüchterung durch den wirtschaftlichen Einbruch bei den Industrien und Dienstleistungen des "Neuen Marktes" reifte die Erkenntnis, dass Umsetzung von E-Learning in Unternehmen und in der Weiterbildung sehr kostenintensiv ist [Messerschmidt und Grebe 2005]. Somit ist der Misserfolg nicht absolut zu werten, sondern relativ zu den überzogenen Vorstellungen. Aufenanger [1999] motiviert aber, indem er sagt, dass "Dies […] aber nicht als Entmutigung verstanden werden [soll], sondern vielmehr als Ermutigung, noch gezielter die Bedingungen des Lernens mit neuen Medien zu erforschen […]".

So will sich auch die vorliegende Arbeit der Meinung anschließen, dass E-Learning zwar nicht den erhofften Erfolg gebracht hat, aber - wie in Kapitel 2.4 erläutert - großen Wert hat. Die Nachteile und Grenzen des E-Learnings haben dazu beigetragen, dass nicht der erhoffte Durchbruch gelang. Solche Grenzen sind:

- 1. Lernende müssen erst lernen, mit verschiedenen Publikationsformen (Medien) umzugehen. Dies gilt für den technischen Umgang und für die Anwendung der Medien im Lernprozess.
- 2. Es gibt zu wenig kompetente P\u00e4dagogen, die im E-Learning-Bereich arbeiten bzw. mangelt es jenen, die E-Learning entwickeln und einsetzen wollen an entsprechendem p\u00e4dagogischen Hintergrundwissen. Der Versuch des MIT, mit ver\u00f6ffentlichten Kursmaterialien (OpenCourseWare Initiative) Geld zu verdienen ist u.a. an der Einsicht gescheitert, dass Professoren zwar gut seien, ihre Studenten zu unterrichten, aber wohl meist weniger geeignet, ihre Inhalte f\u00fcr ein breites Publikum zu "popularisieren" ([Dr\u00f6sser 2003]).
- 3. Die Präsentation der Lerninhalte werden eher von technischen, als von didaktischen Faktoren bestimmt.
- 4. Viele Materialien, die die Bezeichnung "E-Learning" für sich in Anspruch nehmen, sind zu stark textbasiert. Cartwright und Peterson [1999b] bemerken dazu ironisch, dass wir keine "electronic page turner" brauchen. Dieser Mangel von Interaktion mit Inhalten steht effektivem Lernen im Wege.

Pallof und Pratt [2001] stehen den realisierten Netzanwendungen ebenfalls kritisch gegenüber: "The posting of course material on a static website is most common at this point in time and it is a form of online education that many refer to when they raise concerns about online learning. It is this form of online learning that is mistaken for online learning as a whole and has given a 'black eye' due to the lack of interactivity. When course delivery does not include any interactive component, we have to agree that quality will suffer."

Auch eine Studie, die im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie erstellt wurde, stellt fest, dass "generell am Online-Learning bemängelt [wird], dass zu wenig auf Interaktivität geachtet wird [...]: Der Lernende beschäftigt sich allein mit vorprogrammierten Lernschritten. Nur 27% der Online-Weiterbildung sind interaktiv angelegt[...]"[CRISinternational 2001].

Ebenso kommt eine Studie von Andersen [2000] im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung zu der Erkenntnis, dass das Bildungsmaterial im virtuellen Raum die multimedialen Mehrwerte des Mediums nicht nutzt und eine Medienmonotonie produziert. In 66.6% der 942 untersuchten Fälle werden ausschließlich Textmaterialien verwendet. Nur in 25% der Materialien werden mehr als zwei Medien kombiniert genutzt.

Auf den hier angedeuteten Mangel an Interaktivität in E-Learning-Materialien geht das Kapitel 4 genauer ein.

5. Die Lernmaterialien sind nicht nachhaltig gestaltet worden.

Große E-Learning-Programme, wie beispielsweise "Neue Medien in der Bildung" (BMBF) hatten die schnelle Umsetzung von E-Learning-Angeboten zum Ziel. Viel ist (schnell) passiert, aber gerade der Aspekt der Nachhaltigkeit wurde mit diesen Initiativen nicht befördert.

Wie auch andere Services werden E-Learning-Angebote nur bestehen können, wenn sie nachhaltig konzipiert sind. Nachhaltig kann zum einen bedeuten, dass das System wirtschaftlich arbeitet, d.h. dass es beispielsweise Einnahmen erarbeitet, die dazu genutzt werden können, die Angebote zu pflegen. Nachhaltig kann aber auch bedeuten, dass das Angebot so aufgebaut ist, dass eine kritische Masse unabhängig von ökonomischen Regeln Interesse (und Ressourcen) zur Pflege aufbringt (Open Source). Die Erfahrung des privaten Massachusetts Institute of Technology (MIT) - welches durchaus als Wirtschaftsunternehmen handeln muss - hat illustriert, dass eine Vermarktung von online bereitgestellten Lernmaterialien nicht funktioniert.

Auch für die Open Source-Strategie sind im eigentlichen Sinn der Idee keine erfolgreichen Projekte aus dem Bereich der geowissenschaftlichen Lernanwendungen bekannt. Im Sinne des Veröffentlichens der eigenen E-Learning-Materialien lassen sich zahlreiche Beispiele finden (vgl. Kapitel 2.6). Es gibt allerdings keine Möglichkeit des Einflusses auf die Inhalte (z.B. Korrektur, Kommentar etc.), so dass die Qualität resp. Richtigkeit nicht durch eine kritische (Entwickler-)Masse sichergestellt ist. Zudem wurde der Entwicklungsprozess zumeist in der Vergangenheit abgeschlossen. Aktualisierungen finden nicht statt. Somit sind die Projekte leider auch keine Positivbeispiele für Nachhaltigkeit.

6. Die langfristige Wartung von aufwendigen Lernumgebungen wurde unterschätzt und ist oft (wegen fehlender finanzieller Unterstützung) nicht gewährleistet. Dieses Problem wurden beispielsweise im Projekt "gimolus" (vgl. Kapitel 2.6) deutlich.

Die Kriterien 1, 2 und 6 sind institutioneller Natur und müssen von den Ausbildungsstätten behoben werden. Die Punkte 3, 4 und 5 können durch technische Entwicklung angegangen werden.

Entsprechend Punkt 3 versucht die vorliegende Arbeit am prototypischen Beispiel (vgl. Kapitel 6) auch didaktische Aspekte in die Entwicklung einzubeziehen.

Interaktivität ist für das Lernen von zentraler Bedeutung. Daher befasst sich die vorliegende Arbeit auch ausführlich damit, wie Interaktivität bzw. Interaktion (vgl. Kapitel 4) in geowissenschaftlichen Lernanwendungen effektiv ermöglicht werden kann.

Die Kritik um die Nachhaltigkeit (Punkt 5) erkennt diese Arbeit als eines der Schlüsselprobleme des E-Learning.

Es wurden oben die Strategien

- Vermarktung oder
- Open Source

als mögliche Lösungen benannt.

Die Entwicklung von Geschäftsmodellen zur Vermarktung ist nicht Inhalt dieser Arbeit. Verfolgt man dagegen eine Strategie, die auf der OpenSource-Idee gestützt ist, so stellt sich die Forderung nach Interoperabilität der technischen und konzeptionellen Komponenten einer Lernumgebung von selbst.

Leider beachten viele Lernanwendungen dieses Problem noch zu wenig und die Aussage von Ishino u. a. [1996], dass "intelligent educational systems" immer von Grund auf neu erstellt werden und nur wenig funktionale Komponenten wieder verwendbar sind, hat sich auch bis heute nicht grundlegend verändert.

In diesem Sinne widmet sich die vorliegende Arbeit auch dem Schwerpunkt "Interoperabilität" als Voraussetzung für Nachhaltigkeit bei der Generierung von Lernumgebungen.

## 2.6 E-Learning in den Geowissenschaften

Zur Einordnung der Situation von E-Learning in den Geowissenschaften wird überblicksmäßig die Anwendung in anderen ausgewählten Fachgebieten vorgestellt.

Eines der Vorreiter-Fachgebiete in den E-Learning-Anwendungen ist die Medizin. Fall-basiertes Lernen ist typisch für die medizinische Ausbildung und wurde 2003 sogar in der Approbationsordnung verankert [Niegemann u. a. 2008]. Gerade bei diesem Fall-basierten Lernen hat das E-Learning große Potentiale. Ein Beispiel ist das an der Universität Zürich entwickelte und u.a. an der Universität Bern eingesetzte Portal EGONE (http://elearning.studmed.unibe.ch/egone/). Bereitgestellt werden Onlineskripte, interaktive Übungen sowie Visualisierungen mit interaktivem Kommentar sowie problemorientierte klinische Fallbeispiele, mittels welcher fiktive Untersuchungen selbsttätig durch die Lernenden vorgenommen werden können [Maag und Haller 2008]. Einen Überblick über die Situation im Bereich der Medizin verschafft das Deutsche Medizin Forum (www.medline.de).

In anderen Bereichen trägt E-Learning sogar dazu bei, neue Konzepte einzuführen. Das System TakeLaw (www.take-law.de) hat eine abstrakte Sprache entwickelt, die juristische Sachverhalte in einer Baumstruktur darlegt. Auf dieser Basis können rechtliche Probleme kurz dargestellt werden und Falllösungen bedürfen keiner mehrseitigen textlichen Ausführungen. In Klausuren, wo es schwerpunktmäßig um die Darlegung eines Lösungsweges geht, wird TakeLaw eingesetzt, um textlastiges Verfassen und Kontrollieren der Arbeiten zu vermeiden. Ein entsprechendes Übungssystem mit automatischer Auswertung steht den Studierenden ebenfalls zur Verfügung. "Qura" im Portals www.lexexakt.de stellt eine Reihe von Übungsfragen zu verschiedenen Rechtsgebieten mit interaktiv abzurufenden Antwortmöglichkeiten bereit, die wiederum hinsichtlich ihrer Richtigkeit bewertet werden müssen. So können sich Lernende mit Inhalten auseinandersetzten und erhalten Denkanregungen und Feedback.

In den Wirtschaftswissenschaften dominieren Skripte und interaktive (textbasierte-)Übungen die E-Learning-Landschaft. Eine Ausnahme bildete das bereits 1992 entwickelte, aber heute noch oft exemplarische zitierte Planspiel "Jeansfabrik". Anhand eines einfachen Modells eines Industriebetriebes sollen die Lernenden grundlegende Zusammenhänge der Betriebs- und Volkswirtschaftslehre erarbeiten. Der Lernende erlebt die Konsequenzen seiner unternehmerischen Entscheidungen auch im Konkurrenzverhältnis mit anderen Unternehmen am Markt, die von einem konkurrierenden Spielteam geleitet werden. Auch als Einzelperson kann man mit dem Planspiel arbeiten, denn es gibt programmierte Entscheidungsstrategien, die dem System die Geschäftsführung ermöglichen [Preiß 1990].

Dies sind nur einige Beispiel aus anderen Bereichen. Repräsentative Studien für konkrete Fachgebiete mit Einblicken in die Situation, wie es Katterfeld und König [2008] für den Bereich GIS und Fernerkundung geben, liegen nicht oder nicht in aktueller Form vor. Damit kann nur die empirische Betrachtung von Beispielen einen Eindruck von der Situation geben.

Von anderen Fachgebieten und ihren Anwendungen unterscheidet sich das E-Learning in bzw. für Geowissenschaften in der Behandlung von Themen, die einen Raumbezug haben. Einige Themen beschränken sich - ähnlich anderen Naturwissenschaften - auf die Beschreibung und das Verständnis von Zuständen, Prozessen und Zusammenhängen. Grundsätzlich ist aber der Großteil der Themen im Kontext der dritten (und oft auch vierten) Dimension zu sehen. Dies setzt ein besonderes Verständnis für Prozesse und Zustände sowie die Abstraktion voraus, die durch die Geodaten hinsichtlich der abzubildenden Informationen vorgenommen werden. Eine weitere Besonderheit sind die unterschiedlichen Maßstäbe, an die geowissenschaftliche Inhalte gebunden sind. Von mikro- über meso- zu makroskalig angelegten Problemen spielen verschiedene Generalisierungsstufen, nicht nur auf der Ebene der Geometrie, sondern auch im Sinne der Sachinformationen eine Rolle.

E-Learning hat schnell Einzug in die Geowissenschaften gehalten und ist ein fester Bestandteil in den diskutierten Themenbereichen entsprechender Fachorgane (z.B. DGPF (vgl. [Schiewe 2004]), ISPRS (vgl. [König 2006]), EuroSDR (vgl. [Mooney 2005]) etc.). Dies kann neben der allgemeinen Entwicklung des E-Learning (vgl. Kapitel 2.5) vor allem auch dadurch erklärt werden, dass mit der starken Stellung des Methodenzweiges "Geoinformatik", der aus keiner der geowissenschaftlichen Richtungen mehr wegzudenken ist, ein Arbeitsgebiet existiert, welches sich naturgemäß mit Techniken auseinandersetzt, die auch im E-Learning eine Rolle spielen. Somit ist eine natürliche Neugier im Bereich Forschung und Entwicklung (F&E) zu verzeichnen, die die Möglichkeiten des E-Learnings (zumindest aus technischer Sicht) zu erforschen versucht. Beispielsweise können die Initiativen zur Geodateninfrastruktur (GDI) - also die Bereitstellung von Geodaten über das Internet - als eine unter mehreren treibenden Kräften zur Integration von Geodaten bzw. GI-Webservices in das E-Learning in den Geowissenschaften gewertet werden. Vice versa ist der gegenseitige Einfluss zwischen GDI-Entwicklungen und E-Learning so zu interpretieren, dass die zahlreichen technischen Entwicklungen im GDI-Kontext Anwendungsfelder suchen, damit sich die umfangreichen GDI-Entwicklungen auch adäquat entfalten und - unter wirtschaftlichem Aspekt betrachtet - amortisieren können. Massey und Medyckyj-Scott [2002] erläutern, wie beispielsweise das E-MapScholar-Projekt (vgl. unten) genau dieser Idee nachgeht. Ein weiteres Beispiel sind die Location Based Services, die als ein Anwendungsfeld das "educational gaming" für sich entdeckt haben.

Der nachfolgende Überblick gibt einen Eindruck von der Vielfalt an (innovativen) Ansätzen der Umsetzung von E-Learning im geowissenschaftlichen Bereich. Dabei erhebt die Darstellung keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Die nachfolgende Auflistung ist nicht in bewertender Reihenfolge, sondern alphabetisch vorgenommen worden.

Seit Beginn des Jahres 2006 besteht das Verbundprojekt **edugi** (2/2006-7/2008) (www.edugi.net) mit Partnern aus verschiedenen Ländern Europas, bei dem es um den Austausch von E-Learning-Materialien für die GIS-Lehre geht. Die Existenz eines solches internationalen Verbundes macht die Wichtigkeit der Wiederverwendung und des Austausches deutlich. Das Projekt ist eng verbunden mit der AGILE-Working Group on Education (http://plone.itc.nl/agile-edu/).

In **e-MapScholar** (12/2003-7/2004) wurden Werkzeuge und Lernmaterialien entwickelt, um die Nutzung von Geodaten in der Lehre zu verbessern. Die Fallstudien zu verschiedenen Bereichen (Archäologie, Bauingenieurwesen, Forstwissenschaften, Geographie sowie Geologie) basieren auf der Nutzung des online Kartendienstes OS EDINA Digimap Service (http://edina.ac.uk/digimap/).

Im e-MapScholar-Projekt wird der Begriff des virtuellen Praktikums (virtual placement) eingeführt [Massey und Medyckyj-Scott 2002].

FerGI (Fernstudienmaterialien Geoinformatik) (seit 01/2004)) ist ein durch ein niedersächsisches Hochschulkonsortium entwickeltes und dauerhaft durch die Universität Osnabrück weiterbetriebenes E-Learning-Projekt. FerGI bietet spezielle E-Learning-Module zu aktuellen und anwendungsbezogenen Themen der Geoinformatik an. Das Angebot richtet sich damit nicht nur an Studierende, sondern auch an Interessenten aus Wirtschaft, Verwaltung und Schulen. Die Materialien sind einheitlichen Strukturen unterworfen, die Angaben zum Lernziel oder auch interaktive Tests beinhalten. FerGI ist eines der wenigen Projekte, welches nach Abschluss einer offiziellen Förderphase durch unterschiedliche Initiativen (genannt "Kooperativer Ansatz") weiterbestehen konnte (www.fergi-online.de).

geoinformation.net (6/2001-12/2003) ist eine deutsche Initiative, die einen kompletten Ablauf (Curriculum) des Studienganges Geoinformatik abbildet. Die Bedeutung von geoinformation.net liegt - sicher ausgelöst durch die Tatsache, dass es das einzige Verbundprojekt zur Entwicklung von online-Lernmaterialien für die Geoinformatik dieser Größe in Deutschland war - vor allem in der Diskussion um die Inhalte des "neuen" (indivi-

dualisierten) Studienganges Geoinformatik. Für den Kontext dieser Arbeit sind allerdings die Entwicklungen des so genannten Geo-Café und des Web Portals hervorzuheben. Diese zeigen technische Möglichkeiten für das interaktive Erlernen der Programmiersprache Java (Geo-Café) und die webbasierte Bereitstellung von Geodaten in einem Web Portal ([Bode u. a. 2004], [Simonis und Merten 2004]). Eine weitere interessante Entwicklung im Kontext des Projektes ist die Entwicklung des LectureBuilders. Dieser stellt ein Werkzeug dar, mittels dessen Lehrende Vorlesungen auf der Basis eines breiten Folienpools zusammenstellen können [Dörschlag u. a. 2004]. Es sei angemerkt, dass geoinformation.net durch seine Konzentration auf das Thema Geoinformatik in den vorgestellten Projekten eine Sonderstellung einnimmt, denn Ziel des Projektes ist die Vermittlung von Grundlagen der Geoinformatik, d.h. Algorithmen, Modellierung, Datenbanksysteme etc.. Diese sind ausschließlich text-basiert bereitgestellt. Nur wenige "interaktive" (i. S. "clickable") Illustrationen sind vorhanden. Eine Anwendung des Gelernten, beispielsweise in Form eines Lernszenarios im Web-Portal, besteht nicht. Somit wurden die Potentiale des WWW in dieser Hinsicht nicht voll genutzt.

Ähnlich zu edugi verhält es sich mit dem europäischen Verbundprojekt **gi-indeed**(10/05 - 9/07) (www.gisig.it/gi-indeed/). Wie im Projekt edugi orientiert gi-indeed stark auf die Bereitstellung von (text-basierten) Lernmaterialien. Handlungsorientierte Ansätze lassen sich nicht erkennen.

gimolus ("GIS- und Modellgestütze Lernmodule für umweltorientierte Studiengänge") (bis 9/2003) setzt den Schwerpunkt auf Studienmaterialien für Umweltwissenschaften. Fritsch und Weippert [2002] sowie Müller [2004] stellen die Idee einer "virtuellen Landschaft" vor. Dahinter verbirgt sich umfangreiches geowissenschaftliches Datenmaterial für einen realen Bezugsraum, in dem sich möglichst viele Anwendungen der verschiedenen Umweltwissenschaften demonstrieren lassen. Umgesetzt wurde eine komplexe Web-Architektur, in der Studierende mittels Teminal-Client Zugang zu einem echten GIS (ArcGIS) erhalten und dort in einem realen Datensatz arbeiten können. Die Nutzung der gimolus-Umgebung war in konkrete Lehrveranstaltungen eingebunden.

Das eindrucksvoll umgesetzte Projekt hat allerdings auch deutlich gemacht, dass solch komplexe Architekturen große Probleme hinsichtlich der Nachhaltigkeit mit sich bringen, da die mittel- bis langfristige Wartung sehr ressourcenintensiv ist.

Bei GITTA handelt es sich um die "Geographic Information Technology Training Alliance" (2001-2004), eine als Verbundprojekt durchgeführte E-Learning-Initiative der Schweiz [Lorup und Bleisch 2004]. GITTA basiert hauptsächlich auf Textmaterialien, zeichnet sich aber durch die Entwicklung der so genannten E-Learning-Markup Language (eLML) aus. Hintergrund ist die Idee, eine durch ein XML-Schema vorgegebene konsequente didaktische Struktur der Lernmaterialen zu gewährleisten. Das Prinzip wurde auch schon in gimolus verfolgt, dort aber weder verfeinert noch als ein XML-Schema entwickelt und veröffentlicht.

LEAP (Learning Effectiveness Alliance Program) ist eine Entwicklung des Department of Spatial Sciences der University of Curtin [Metternicht 2003]. Die ebenfalls hauptsächlich textbasierten Lernmaterialien werden durch interaktive Illustrationen und JavaApplets angereichert.

Campbell u. a. [2002] stellte mit dem Virtual Big Beef Creek eine webbasierte 3D-Lernumgebung für den Bereich der Ozeanographie vor. Auch hier wurde sehr stark darauf gesetzt, die Realität virtuell abzubilden, um unzugängliche Meeresbereiche zu visualisieren. Dazu wurde eine umfangreiche Datensammlung erstellt. Besondere Explorationstechniken oder die Einbettung in ein didaktisches Konzept wurden nicht erarbeitet.

Moore u. a. [2001] entwickelte die Idee einer webbasierten Lernumgebung für eine **virtuelle Exkursion**. Umgesetzt wurden v.a. 3D-Szenen von Exkursionszielen. Didaktisches Ziel war, dass sich Studenten schon vor einer

Exkursion mit dem Ziel vertraut machen und mögliche Besonderheiten schon visuell kennenlernen können. Dieses Projekt basierte sehr stark auf der Nutzung von VRML zur Programmierung einer virtuellen 3D-Umgebung und mündete - aus wissenschaftlicher Sicht - in der Formulierung von Anforderungen an das so genannte GeoVRML (vgl. Kapitel 3.1.4), welche teilweise umgesetzt wurden. Allerdings stagnieren die Aktivitäten um GeoVRML inzwischen.

Mit virtuellen Landschaften und Exkursionen haben sich auch Thuerkow u. a. [2005] beschäftigt. Im Rahmen der Projekte WEBGEO und GeoVLEX (2005-2008) wurden u.a. aufwendige photorealistische 3D-Visualisierungen und multitemporale Visualisierungen von ausgewählten Landschaften erstellt. Ziel war die Illustration von Landschaften z.B. in anderen geologischen Zeiträumen sowie in sich schnell verändernden Landschaften, wie z.B. Bergbauregionen. Diese sollen - in Vorbereitung von Fachexkursionen - dazu beitragen, die heutige Landschaft sowie ihre Genese besser zu verstehen. Eingesetzt werden die Materialen nach dem Blendend Learning-Paradimga, also als Ergänzung zur Präsenzlehre.

Ein anderes, sehr erfolgreiches Projekt ist **WEBGEO** (2001-2003). Es handelt sich dabei um Lernmaterialien für die grundständige Ausbildung in der Physischen Geographie [Saurer u. a. 2004]. WEBGEO zeichnet sich durch eine umfangreiche Sammlung an so genannten assets - also kleinen interaktiven Elementen - aus. Die Lehrmodule beinhalten Themen des Grundstudiums in der Physischen Geographie. Basiswissen für die Bereiche Klima, Morphologie, Pedologie, Ökologie und Hydrologie wird durch wirksame Animationen vermittelt. Interaktive Elemente und virtuelle Exkursionen untermauern die Lerneinheiten. Der Studierende kann Zusammenhänge selbst erkunden bzw. Fakten spielerisch lernen.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass eine Reihe von Verbundprojekten umfangreiche Materialien v. a. für den Bereich GIS und Kartographie zusammengetragen haben. Diese Tendenz ist dadurch erklärbar, dass die Zusammenstellung eines Curriculums für die Geoinformatik in der letzten Dekade wesentlicher Bestandteil der Diskussion um die Ausbildung war. Allerdings ist dies zum Teil zu stark die Motivation entsprechender Projekte gewesen. Die Heraushebung der Entwicklung von innovativen Ideen in der Konzeption und Umsetzung des E-Learnings hat teilweise zurückstehen müssen. Dennoch sind in allen Projekten nennenswerte Produkte entstanden, die z.B. mit multimedialen Illustrationen und interaktiven Tests eine Bereicherung für die Lernenden darstellen. Kapitel 2.7 geht der Frage nach, wo konkret die Mängel und Unzulänglichkeiten in der Qualität bestehender E-Learning Produkte bestehen. Das Projekt gimolus ist ein gutes Beispiel für die Probleme, die sich hinsichtlich der Nachhaltigkeit ergeben können. In gimolus wurde eine beeindruckende Client-Server-Architektur aufgebaut, die es registrierten Anwendern erlaubt über einen Client auf eine GIS-Anwendung zuzugreifen. Aus persönlichen Erfahrungsberichten der Projektbeteiligten ist bekannt, dass die Erhaltung der Infrastruktur nach Beendigung des offiziellen Projektzeitraumes schwierig und in großen Teilen gar nicht realisierbar war.

Die Arbeit des Konsortiums im GITTA-Projekt ist besonders hinsichtlich der Anwendung von didaktisch sinnvollen Strukturen in den Lerneinheiten und der Entwicklung der eLML hervorzuheben. Die grundlegende Idee von XML, die Trennung von Inhalt und Layout bzw. Struktur, wurde hier auf die Konzeption der Lerneinheiten übertragen. Der Rahmen, den die e-Learning Markup Language (eLML) bietet, ermöglicht es Autoren, sich auf die Erstellung der Inhalte zu konzentrieren und befreit sie von der didaktischen Konzeption.

Im Kontext weiterer Projekte wurde v.a. auf technischer Ebene und im Bereich des Geodaten-basierten Lernens experimentiert und entwickelt. In den meisten Fällten (z.B. GeoCafé im Projekt geoinformation.net) fehlt allerdings der Bezug zu konkreten oder sogar die Umsetzung spezieller Lernsituationen. Projekte wie z.B. WEBGEO haben auch im didaktischen Sinn hochwertig umfangreiche Inhalte aufbereitet, mussten jedoch einen hohen Aufwand in der Entwicklung in Kauf nehmen. Die Austauschbarkeit oder Aktualisierung von Assets oder anderen

Teilen der Lerneinheiten ist aufwendig. Interoperabilität spielt keine Rolle.

Es fällt zudem auf, dass die ambitionierte Arbeit von Konsortien nach Projektbeendigung notgedrungen stark abnimmt. Am Beispiel des Projektes FerGI wird deutlich, dass eine weiterführende Betreuung zwar möglich ist, diese aber nicht mehr die Kraft zur Koordination institutsübergreifender Aktivitäten hat. Bemühungen zur Bündelung von Aktivitäten sind durchaus vorhanden, z.B. im Rahmen des Arbeitskreises "Ausbildung" der DGPF, aber es mangelt an verantwortlichen Akteuren auf den ausführenden Ebenen, die zur gemeinsamen Weiterentwicklung von Ideen beitragen könnten.

Die angerissenen Probleme sind Beispiele für Mängel bei der Struktur der Projektgestaltung. Hier sollte in Zukunft eine Diskussion um Standards und Fragen der Organisation anknüpfen. Der Bündelung und Diskussion zu diesen Problembereichen sollten sich übergreifende Verbände, wie z.B. die DGPF (national) oder die ISPRS (international) annehmen. Die vorliegende Arbeit fasst den aktuellen Stand und seine Probleme zusammen und liefert Thesen und Vorschläge als Grundlage für weiterführende Forschungsarbeiten.

## 2.7 Qualitätsstudie zum E-Learning

In den vorangegangenen Kapiteln wurden beschrieben, wo die Vor- und Nachteile von E-Learning liegen und welche vorangegangenen Arbeiten beispielhaft gute Umsetzungen geliefert haben. Um allerdings zusammenfassend eine Aussage zur Qualität von E-Learning-Produkten in den Geowissenschaften machen zu können, sei nachfolgend eine Evaluationsstudie vorgestellt, die die Autorin im Rahmen eines so genannten short-term Projektes, gefördert durch die International Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ISPRS), durchgeführt hat. Inhalt und Ergebnisse der Studie werden im nachfolgenden Kapitel kurz umrissen. Tieferen Einblick geben Katterfeld und König [2008].

Ziel der Studie war neben der Schaffung von Transparenz von bestehenden Angeboten vor allem die Evaluation der E-Learning Produkte. Der Zweck einer solchen Bewertung besteht aus Sicht der verantwortlichen Kommission (VI - Education and Outreach / Working Group2 - E-Learning) darin, potentiellen Nutzern (v.a. Studenten) einen Überblick über den tatsächlichen Stand der Implementierungen zu vermitteln sowie zukünftige Zielsetzungen für die Verbesserung von E-Learning-Produkten abzuleiten. Weiterhin ist die ISPRS vertreten durch die Komm. VI / Working Group 2, aber auch daran interessiert, einen Eindruck von der aktuellen Qualität zu gewinnen, beispielsweise um Schwerpunkte für ihre zukünftige Arbeit ableiten zu können.

## 2.7.1 Transparenz durch Klassifikation der aktuellen Angebote

Die Webseite "Educational pointers, Tutorials, Proceedings and Software" (http://www.isprs.org/links/tutorial.html) gibt einen Überblick zu Lernressourcen. Die Materialien, die dem E-Learning zugeordnet werden, sind, wie schon in Kapitel 2.3 deutlich gemacht, eine heterogene Menge von Produkten. Anderson und McCormick [2006] unterscheiden eine Reihe von Formen unter den E-Learning Produkten. Aus diesen fokussiert die Studie v.a auf jene, die Inhalt transportieren. Dies sind z.B. Lernobjekte, Modelle und Simulationen oder Kurse. Auch Ressourcen, die Informationen und Daten für und über das Lernen bereitstellen, online Forschungsresourcen sowie Materialien, die den Nutzer weiterleiten (user guidance material), wurden beachtet. Tools für Lernanwendungen wurden nicht weiter untersucht. Im Rahmen der Studie fiel auf, dass viele Softwareentwicklungen dem E-Learning zugeordnet wurden. Auch diese wurden durch die Studie nicht weiter betrachtet, es sei denn, sie wurden in einen Kurs integriert oder zu Illustrations- oder Übungszwecken eingesetzt.

Assche und Vuorikari [2006] nennen Kriterien, nach denen Nutzer E-Learning-Angebote auswählen. Zu diesen

zählen u.a. ob man zur Zielgruppe des Angebotes gehört oder ob das Angebot dem geforderten Lernniveau entspricht u.v.m.. Natürlich können nicht alle Informationen die für einen Nutzer relevant sind auf den ersten Blick sichtbar gemacht werden, dennoch wurde im Rahmen der Qualitätsstudie eine Klassifizierung der Lernangebote erarbeitet. Eine Suchfunktion ermöglicht die Darstellung entsprechend eines gewählten Kriteriums.

Klassifiziert wurde nach den Kriterien:

- Inhalt (content)
- Zielgruppe (target group)
- Form (setting).

Es wurden die folgenden Formen (settings) unterschieden:

- Text
- Text mit interaktiven Bestandteilen
- Text mit Tests und Feedback (was i.d.R. interaktive Bestandteile einschließt)
- Power Point Präsentation
- Audio / Video-Ressourcen
- Animation / Modell / Simulation
- Software zur offline Nutzung
- Software zur online Nutzung
- Planspiel
- Virtuelle Landschaft
- Augmented Reality (AR)-Umgebungen.

Bis Juni 2008 wurden 30 Lernangebote klassifiziert. Einsehbar ist die Auswahl auf einer dem Thema Qualität von E-Learning-Produkten gewidmeten Webseite der ISPRS WG VI/2 (http://www.igg.tu-berlin.de/index.php?id=1624) und im Anhang A.1.

## 2.7.2 Qualität von E-Learning

In der Qualitätsdebatte wird zwischen zwei Formen der Qualität im Zusammenhang mit E-Learning unterschieden. Das ist einerseits die Entwicklung von Qualität der E-Learning-Materialien bzw. -umgebungen selbst und zum anderen die Verbesserung der Qualität des Lernenprozesses durch das E-Learning. Im Rahmen der vorgestellten Studie ging es v.a. um die erste Form. Schließlich ist sie auch Voraussetzung für den zweitgenannten Aspekt. Um ein Qualitätsmodell für E-Learning zu erarbeiten, sind die im Kapitel 2.4 diskutierten Aspekte zu beachten. Natürlich sollten im Sinne eines Qualitätsmodells v.a. jene Aspekte eine Rolle spielen, die die Vorteile des E-Learning ausmachen. Aber auch E-Learning-unspezifische Aspekte, wie die Gestaltung des Lernprozesses und die Beachtung der Bedürfnisse des Lernenden spielen für die Qualität von E-Learning eine große Rolle. Donabedian [1980] hat schon 1980 eine "Qualitäts-Triade" für Ausbildungspozesse identifiziert. Diese beinhaltet

- Voraussetzungen (input or structure quality),
- den Lernprozess (process quality) sowie
- das Ergebnis (output / outcome quality).

Die Input-/ Structure-Qualität beinhaltet Punkte wie Verfügbarkeit und technische Infrastruktur (external structure) genauso wie die Voraussetzungen, die ein Lernender mitbringt (internal structure).

Die Prozess-Qualität ist sehr schwer zu fassen und zu messen. Zu undurchschaubar sind noch die Wechselwirkungen einzelner Lernprozesse, sowie deren Wirkung bei unterschiedlichen Voraussetzungen der Lernenden. Zum derzeitigen Zeitpunkt kann die Bewertung der Prozessqualität am besten durch Kriterien wie Interaktion des Lerners, Lernformate, Lernkultur, Lerninhalte oder Lernziele beschrieben werden. Die Bewertungen bleiben jedoch subjektiv bzw. sehr kontextabhängig.

Das Ergebnis liefert möglicherweise die besten Indizien für die Qualität eines Lernproduktes, denn unabhängig von den eingesetzten Mitteln (und zugrunde liegenden Theorien) entscheidet der Erfolg über die Qualität. Allerdings ist es schwierig, die Ergebnisse zu messen und zu vergleichen. Komplexe Nutzerszenarien müssten erstellt und aufwendige empirische Tests durchgeführt werden. Im Rahmen der hier präsentierten Arbeit war diese Forschung nicht möglich. Daher muss sich ein Qualitätsmodell in der vorzustellenden Studie auf Faktoren konzentrieren, die den ersten beiden Ebenen der Triade zuzuordnen sind.

Die in Kapitel 2.4 dargelegten Merkmale des E-Learning werden im Folgenden in die Ebenen (interner und externer) Input-/ Strukturqualität und Prozessqualität eingeordnet. Sie sind wichtige Säulen eines Qualitätsmodells.

#### Process Quality:

- effektive Präsentation durch Multimedia,
- Interaktivität und Dynamik,

#### Internal Structure:

- Individuelle Beachtung des Kontext des Lernenden (z. B. durch Unterstützung unterschiedlicher Lernstile und Lernertypen),
- erhöhte Motivation / Freude und Spaß am Lernen,

#### External Structure:

- Flexibilität des Lernens hinsichtlich Raum und Zeit,
- Zugang zu verteilten Daten,
- weltweite Verfügbarkeit von Lerninformationen für ein sehr spezielles Themengebiet und
- ökonomische Aspekte.

Neben diesen Aspekten, deren gute Umsetzung zu guter Qualität führen soll, seien weitere nicht E-Learning spezifische Anforderungen genannt, die im Sinne einer guten Qualität beachtet bzw. durch die Konzepte des E-Learning umgesetzt werden sollten. Zu diesen gehören verantwortungsvoller Umgang mit dem Inhalt (Richtigkeit, Vollständigkeit etc.), verantwortungsvoller Umgang mit dem Lernprozess (d.h. konsistente Umsetzung von sinnvollen didaktischen Ideen auf allen Ebenen, von der Einleitung / Motivation über die Präsentation, dem Wissenstransfer bis hin zur Lernkontrolle), technologisch einwandfreie Umsetzung der inhaltlichen, didaktischen und technischen Konzepte, Gewährleistung der technischen Funktionen sowie effektives und zum Verständnis beitragendes Design (auf inhaltlicher, technischer und grafischer Ebene) sowie Sicherstellung der Nachhaltigkeit der Lernumgebung auf technischer und oragnisatorischer Ebene.

## 2.7.3 Kriterien-Checkliste als Methode der Qualitätsbewertung

Katterfeld und König [2008] geben einen detaillierten Überblick über mögliche Methoden zur Qualitätssicherung von Ausbildungsangeboten. Zu diesen zählen neben den Methoden des Qualitätsmanagement und der Evaluation (im engeren Sinne) im Bereich der Qualitätsbewertung beispielsweise Benchmarking, Audit, Akkreditierung und Zertifizierung oder Qualitätssiegel. Eine weitere Methode ist die der Kriterien-basierten Bewertung. Dabei werden Qualitätsideale in Einzelkriterien übersetzt, hinsichtlich welcher die Lernprodukte auf ihre Existenz bzw. Ausprägung untersucht werden. Natürlich kann sowohl bei der Auswahl, wie auch bei der Bewertung der Kriterien ein gewisser Grad an Subjektivität nicht ausgeschlossen werden. Dennoch bietet dieses normative und

statische Verfahren die Möglichkeit, umfangreiche Grundgesamtheiten relativ schnell zu bewerten. Zudem sind Ergebnisse vergleichbar und die Bewertung nachvollziehbar.

Anderson und McCormick [2006] befürworten die Nutzung von Kriterien für die Bewertung von (E-) Lernangeboten sogar hinsichtlich der eigentlich schwer zu beschreibenden pädagogischen Qualität. Allerdings entspricht diese Qualität v.a. einer Zweckmäßigkeit und ist somit vom Lernkontext abhängig. Spezifikationen für diesen Lernkontext sind nicht gesichert. Entsprechend werden Kriterien als geeignete Indikatoren zur Beschreibung der Qualität betrachtet.

### 2.7.4 Die Kriterien

Die Auswahl der Bewertungskriterien orientiert sich sowohl am Reference Quality Criteria Catalogue for E-Learning (QCC-eL) von Berger und Rockmann [2006] als auch am Framework for E-Learning Quality von Anderson und McCormick [2006]. Diese Grundprinzipien zur E-Learning Qualität stellen einen Überblick zu Qualitätskomponenten auf hohem Niveau dar. Das QCC-eL ist Teil des Standards ISO / IEC 19796-1 und seine Kriterien operationalisieren relevante Standards für User Interfaces im Multimediabereich.

Die für die vorliegende Arbeit identifizierten Kriterienkategorien sind

- Inhalt,
- Didaktik / Pädagogik,
- Kontext des Lernenden,
- Organisatorisches,
- Software Ergonomie,
- Ökonomische Aspekt/ Nachhaltigkeit,
- Technologische Aspekte,
- Reaktion des Lerners.

Tabelle 2.2 gibt einen Überblick über die einzelnen Kriterien in jeder Kategorie. Nachfolgend seien diese näher erläutert.

Tabelle 2.2: Kriterien für die Bewertung von E-Learning Produkten

Kategorie	Kriterium	Erläuterung
Inhalt	Richtigkeit	Ist der Inhalt richtig?
	Vollständigkeit	Ist der Inhalt komplett?
	Relevanz der genutzten Materiali- en	Ist das Material für das behandelte Thema relevant?
	Motivation / Darstellung im weiteren Umfeld	Wurde der Inhalt in einen weiteren Kontext gesetzt, zumindest um das Thema zu motivieren?
	Angemessenheit des Materials	Wird der Inhalt durch das Material sinnvoll kommuniziert und illustriert und werden die Medien adequat zum Inhalt eingesetzt?
	Zusammenstellung und Organisation	Ist der Inhalt so angeordnet, dass er sinnvoll und verständlich ist?
	Qualifikation des Autors / Tutors	Ist der Autor / Tutor hinsichtlich der Inhalte angemessen qualifiziert?
		Fortsetzung auf nächster Seite

Fortsetzung von letzte	er Seite	
Didaktik	Definition des Lernziels	Ist das Lernziel definiert?
	Beschreibung, wie Lernziel erreicht werden soll	Ist definiert, wie das Lernziel erreicht werden soll?
	Didaktisches Konzept	Ist ein didaktisches Konzept erkennbar?
	Interaktionsmöglichkeiten	Gibt es (sinnvolle) Möglichkeiten zur Interaktion?
	Übungen / Tests	Sind hilfreiche Übungen und Tests vorhanden?
	Bewertungen	Wird eine aussagekräftige Bewertung zu den Übungen / Tests abgegeben?
	Individuelle Unterstützung des Lernenden	Gibt es eine (individuelle) Unterstützung für den Lernenden?
	Kommunikationsmöglichkeiten	gibt es Kommunikationsmöglichkeiten der Lernenden unterein- ander sowie zwischen Nutzern und Tutoren
	Instruktionsdesign	Gibt es hilfreiche Instruktionen zur Nutzung des Materials und zu den Übungen?
	Qualifikation des Tutors	Ist der Tutor hinsichtlich didaktischer Gestaltung angemessen qualifiziert?
Kontext des Lernenden	Kontext des Lernenden	Wird der Kontext (Lerntyp, Vorwissen, Motivation, etc.) des Lernerenden beachtet?
	Möglichkeiten zur Personalisierung / Adaption	Gibt es Möglichkeiten zur Personalisierung oder Adaption?
Organisatorisches	Einpassung in ein Curriculum	Ist eine Einordnung des Themas in einen Lehrplan (einen weiteren Kontext) vorgenommen worden?
	Zertifizierung	Ist eine Art Zertifikat vorgesehen?
	Wartung	Ist die Wartung sichergestellt?
	Qualitätssicherung	Wird die Qualität (systematisch) sichergestellt?
	Beschreibung durch Metadaten	Gibt es eine Beschreibung durch Metadaten?
	Dokumentation	Gibt es Dokumentationen?
Software Ergonomie	Graphisches Design	Trägt das graphische Design zur Verständlichkeit bei und ist es generell ansprechend?
	Gestaltung des Inhalts	Trägt die Gestaltung des Inhaltes zur Verständlichkeit bei und ist sie generell ansprechend?
	Nutzerführung	Ist die Nutzerführung klar und logisch?
	Hilfefunktionen	Gibt es ausreichende und hilfreiche Hilfefunktionen?
Ökonomische Aspekte	Kosteneffektivität	Ist die Lernumgebung unter hinsichtlich der Kosten effektiv entwickelt und betrieben?
	Finanzierungsstrategie	Gibt es eine (nachhaltige) Finanzierungsstrategie?
	Nachhaltigkeit	Wurden Maßnahmen für die Nachhaltigkeit getroffen?
	Interoperabilität	Entsprechen die Lernmaterialien Standards?
Technologische Aspekte	Technische Umsetzung	Ist die technische Umgebung dem Thema und den Potentialer der Nutzer angepasst?
•	Anforderungen an die Infrastruk- tur	Wie anspruchsvoll ist die (vom Nutzer, aber auch vom Provider) geforderte Infrastruktur?
	Technische Dokumentation	Wie ist die technische Dokumentation?
	Einfachheit	Ist die Umgebung einfach / intuitiv zu nutzen?
	Qualität der Assets (Lernobjekte)	Wie ist die (technische) Qualität der Assets (Bilder, Schemata, Animationen etc.)?
	1	Fortsetzung auf nächster Seite

Fortsetzung von letzte	r Seite	
	Aktualität	Werden die Materialien in einer technisch aktuellen Form präsentiert?
	Verfügbarkeit	Wie ist die Verfügbarkeit der Umgebung?
	Qualifikation des Entwicklers / Designers	Ist der Hersteller / Designer hinsichtlich der Programmierung und Gestaltung angemessen qualifiziert?
Reaktion des Lerners	Reaktion des Lernenden	Wie fand der Nutzer die Lernumgebung?

#### 2.7.4.1 Inhalt

Der Inhalt ist sicher nicht der einzig wichtige Aspekt dennoch ein Kern. Wir brauchen keine extravaganten E-Learning Produkte, wenn sie kaum relevanten, unzureichenden oder sogar falschen Inhalt transportieren. Entsprechend erfolgt die Bewertung der Angebote hinsichtlich Richtigkeit und Vollständigkeit. Die Qualifikation des Autors (bzw. Tutors) hinsichtlich der Thematik ist ein wichtiges Indiz für die Qualität des Inhalts.

Angebote wurden außerdem dahingehend untersucht, ob das genutzte Material relevant hinsichtlich des behandelten Themas ist und ob es den Inhalt sinnvoll kommuniziert und illustriert. Die Organisation und Zusammenstellung des Materials ist ein bedeutender Punkt in der Bewertung des Inhalts. Damit verbunden ist auch die Darstellung der Lehrinhalte in einem weiteren Zusammenhang und somit die Motivation für das Thema.

#### 2.7.4.2 Didaktik

Die Didaktik ist im Zusammenhang mit E-Learning ein problematisches Thema, da die meisten Autoren von E-Learning eine genauso begrenzte Ausbildung in diesem Bereich erfahren haben, wie Dozenten im Bereich der Hochschulbildung. Zudem sind die Erkenntnisse über den Zusammenhang von (Lern-)Aktionen und Wissenskonstruktion bzw. Fähigkeitserwerb (v.a. im Umfeld von Multimedia und Computer-based Learning) nicht sehr umfangreich und gefestigt.

Die Zusammenstellung von pädagogischen Kernprinzipien für das E-Learning durch Anderson und McCormick [2006] ist eine der effektivsten für den didaktischen Aspekt im E-Learning. Nähere Ausführungen sind direkt bei Anderson und McCormick [2006] oder in interpretierter Form bei Katterfeld und König [2008] nachzulesen. Als wesentliche Punkte sind zu nennen:

## • Einpassung in den Lehrplan:

Nicht immer ist eine direkte Gegenüberstellung von Inhalten eines Lernproduktes mit einem Lehrplan möglich oder sinnvoll. Dennoch sollte durch die Definition von Lernzielen aufgezeigt werden, ob (und wie) die Lernmaterialien dem Zwecke einer übergeordneten Lernzieles dienen.

## • Einbeziehung (Inclusion):

"Inclusion" wird verstanden als die (aktive) Einbeziehung des Lernenden in den Lernprozess. Das zieht beispielsweise die Beachtung von verschiedenen Lerntypen sowie Lernzielen (zusammengefasst als Kontext des Lernenden) nach sich. Wichtig dabei ist auch die Überwindung möglicher physischer Behinderungen. Ein Beispiel in Bezug auf Sehbehinderungen wäre die Vermeidung von Captchas, also Turing-Tests in Form von gestörten Zeichen, bei denen man sich durch Abtippen als Mensch identifizieren muss, bzw. die Bereitstellung von (z.B. akustischen) Alternativen. Einzubeziehen sind auch Aspekte, die unterschiedliche soziale und kulturelle Zielgruppen betreffen sowie die so genannten gender-aspects.

#### • Förderung des Engagements des Lerners:

Das Engagement eines Lerners lässt sich aus seiner Haltung ablesen, konkret inwiefern er sich offen für das Lernen und motiviert verhält. Im Rahmen der Studie zur Bewertung der Qualität von E-Learning Produkten konnte keine Untersuchung der tatsächlichen Struktur der Zielgruppe vorgenommen werden. Entsprechend lässt sich die Frage, ob ein Nutzer offen für das Lernen ist, nicht beantworten. Die didaktische Qualität eines Lernangebotes allerdings soll durch Charakteristika, die auf die Motivation des Lerners zielen, beschrieben werden. Demnach werden in den dafür vorgesehenen Kategorien Kriterien, wie z.B. Ästethik bzw. Softwareergonomie (grafisches Design, Gestaltung des Inhalts, Nutzerführung, Hilfefunktionen, Qualität der Assets) oder gute technische Handhabbarkeit (Einfachheit der Benutzung, Verfügbarkeit, Technische Dokumentation usw.) sowie Motivation (technische Umgebung, Funktionalitäten, Definition der Lernziele, Definition wie Lernziele erreicht werden sollen, Darstellung im weiteren Kontext usw.) beachtet.

#### • Innovative Ansätze:

Innovative Technologien sollten nicht einfach nur traditionelle Ansätze in neue Formen übertragen, sondern eigene Methoden entwickeln, die auf die Neuartigkeit der Technik ausgerichtet sind und diese auch optimal ausnutzen. Entsprechend prüfen die Kriterien, ob ein Produkt z.B. die Medien adäquat nutzt.

#### • Effektives Lernen:

Effektives Lernen kann nach Meinung von Anderson und McCormick [2006] beispielsweise durch das Angebot einer Vielfalt von Lernansätzen oder einem guten didaktischen Konzept erreicht werden. Ein solches beinhaltet auf jeden Fall ausreichend Möglichkeit zur Interaktion bzw. zu Übungen mit rechnergestützer Auswertung oder tutorieller Unterstützung (persönliche oder mittels online-Kommunikation bereitgestellte Präsenz eines Tutors oder sekundär eines Tutorials, Nachschlagewerkes, FAQs etc.). Auch die aktive Beachtung des Kontextes des Lernenden sowie die Bereitstellung von Personalisierungsmöglichkeiten sind wichtige Bausteine des effektiven Lernens.

## • Bewertung:

Man unterscheidet zwischen formativer und summativer Bewertung. Dabei zielt erstere auf die Verbesserung der Lernergebnisse und kann beispielsweise durch (schnelle) Feedbackfunktionen, die z.B. über die Richtigkeit einer Antwort Auskunft geben, praktisch umgesetzt werden. Summative Bewertung dagegen soll dem Lernenden eine Gesamteinschätzung seiner Leistung und möglicherweise Hinweise für das zukünftige Lernen geben. In beiden Fällen ist auf eine individuelle Bewertung zu achten. Zu allgemeine Bewertungen sind nicht effektiv für einen Lernenden.

Der Bereich Bewertung ist leider noch nicht sehr differenziert in den vorhandenen E-Learning Produkten umgesetzt worden. Daher wurde auf eine Differenzierung in der Untersuchung verzichtet und lediglich das Kriterium Bewertung eingeführt. Eine detailliertere Beachtung wäre aber in der Zukunft wünschenswert.

## • Konsistenz und Transparenz:

Die Materialien sollten konsistent hinsichtlich ihrer Ziele, des Inhalts und der Lernformen sein. Das Design und die Organisation der Materialien sollten den Zugang so einfach und übersichtlich wie möglich gestalten. Kriterien zur Softwareergonomie prüfen die Angebote dahingehend.

#### • Einfachheit in der Benutzung:

Die Einfachheit in der Benutzung ist beispielsweise durch eine gute Zugänglichkeit aller Produktteile, einer intuitiven Bedienung und selbsterklärenden Nutzerführung gegeben. Hinzu kommt eine klar ersichtliche und einfache Handhabbarkeit hinsichtlich technischer Aspekte. Entsprechend wird die Eigenschaft der

Benutzerfreundlichkeit und des (technischen) Anspruchsniveaus geprüft. Sofern komplizierte Installationen o.ä. notwendig werden, ist zumindest eine gut verständliche (technische) Dokumentation bereitzustellen. Dies wird durch die entsprechenden Prüfkriterien in den Kategorien Organisatorisches bzw. Technische Aspekte sichergestellt. Weitere Aspekte werden in der Kategorie zur Software-Ergonomie überprüft.

Weitere wichtige Kriterien im Sinne der Didaktik, die nicht durch die Kernprinzipien von Anderson und Mc-Cormick [2006] abgedeckt werden, sind nach Meinung der Autorin auch die Existenz und Gestaltung von Instruktionen oder ein Moderationsangebot für die Lernsituation. Instruktionen sind sehr entscheidend für die Qualität eines Lernprozesses und beeinflussen somit die Qualität eines E-Learning Produktes. Mehr Einblick in das komplexe Thema der Instruktionen gibt beispielsweise das Modell nach Ross & Morridon, welches Gustafson und Branch [1997] vorstellen. Reigeluth [1983] entwickelte eine Theorie des "instructional design" speziell für das Medien-unterstützte Lernen. Diese beischreibt ein weiteres komplexes Konzept. Im Rahmen dieser Arbeit können diese Theorien nicht ausführlicher beschrieben werden. Auch kann nicht jedes Postulat der bestehenden Theorien Beachtung finden. Es soll jedoch darauf hingewiesen sein, dass die Kernpunkte für die Auswahl der genutzten Kriterien eine Rolle gespielt haben.

Die Qualifikation von Autor und Entwickler als weiteres wichtiges Qualitätskriterium drückt sich beispielsweise aus im (inhaltlichen, didaktischen und technischen) Design des gesamten Produktes. Im Idealfall wäre jedoch die Qualifikation der entsprechenden Autoren, Designer und Tutoren konkret und direkt zu bewerten. Auch diese Prüfung konnte aus Praktikabilitätsgründen nicht durchgeführt werden.

Die bereitgestellten Möglichkeiten zur individuellen Unterstützung der Lernenden und Kommunikation sind schließlich zwei weitere Aspekte, die in Abhängigkeit von ihrer zeitlichen und inhaltlichen Intensität die Qualität von Lernprodukten beeinflussen. Sie drücken zudem die Bedeutung aus, die dem Lernenden im Konzept des Lernmaterials zugestanden wird.

Da die Didaktik und insbesondere die Voraussetzungen, die vom Lernenden erwartet bzw. gefordert werden, Punkte von essentieller Bedeutung sind, ist dem Aspekt des Lernerkontext eine eigene Kriterienkategorie gewidmet, die im nachfolgenden Abschnitt erläutert wird.

#### 2.7.4.3 Kontext des Lerners

Auf die Bedeutung der Situation, in der sich ein Lernender befindet bzw. die Voraussetzungen mit denen er in einen Lernprozess einsteigt, wurde schon mehrfach hingewiesen. Dieser Kontext umfasst nach Sgouropoulou [2006], Ehlers [2006] und Husson [2006] beispielsweise Aspekte wie die Zugehörigkeit zu einer (Ziel-)gruppe, den Lerntyp, die Einstellung, das Engagement und die Motivation hinsichtlich des Lernens, die Ziele des Lernenden, sein Vorwissen und seine Fähigkeiten sowie seine speziellen Interessen z.B. bei den Interaktionen.

Innerhalb der Studie erschien die Zugehörigkeit zu einer Zielgruppe als das am besten fassbare Kriterium. Es lassen sich daraus zwar keine Schlussfolgerungen über die Motivation oder den Lernertyp ziehen, aber vorhandenes Wissen und Fähigkeiten sowie das Inhaltsniveau können geschätzt werden.

Wenngleich im vorhergehenden Absatz Personalisierung gefordert wurde, so ist doch klar, dass Maßanfertigung für Einzelbedürfnisse nicht umsetzbar ist. Außerdem, so macht Ehlers [2006] deutlich, kann es nicht Ziel sein, die Wünsche der Lernenden in gesamten Ausmaß erfüllen zu wollen.

Ehlers [2006] hat in einer Studie mit 1944 Probanten vier Lernertypen unterschieden. Für diese vier Lernertypen hat er Profile hinsichtlich der Lernqualität erstellt, die auch für die vorliegende Arbeit helfen, Qualitätsinformationen nach individuellen Anforderungen bereitzustellen. Jedes der vorgestellten Profile nimmt eine bestimmte

Position hinsichtlich der Ansicht über Qualität ein. Die Lernertypen unterscheiden sich v.a. in ihrer Anforderung hinsichtlich Kommunikation, Unterstützung durch den Tutor sowie Aktivitäten in der Gruppe und den sozialen Kontakt. Im Einzelnen unterscheidet Ehlers [2006] folgende Typen:

#### • Der Individualist:

Der Individualist ist sehr auf den Inhalt orientert. Er schätzt individuelle Angebote und eine gute didaktische Struktur. Er lernt selbstgesteuert. Auf Präsenzunterricht, Kommunikation und Interaktionen legt er keinen großen Wert.

### • Der Ergebnis-Orientierte:

Der Ergebnis-Orientiert arbeitet sehr eigenständig und zielorientiert. Er nutzt eher Standard- als Individualangebote. Er bevorzugt "learning by doing" und achtet bei Tools vordergründig auf ihrer Funktion. Er ist vergleichsweise kompetent im Hinblick auf das Lernen und die Nutzung von Medien. Sein Interesse an Präsenzunterricht, Kommunikation und Interaktionen ist nur gering.

## • Der Pragmatiker:

Der Pragmatiker orientiert sich v.a. an seinen Bedürfnissen. Er kümmert sich nicht um individuelle Angebote, aber fordert Themen-orientierte Unterstützung durch einen Tutor sowie Informationen und Hilfe. Er hat hohe Ansprüche an die Didaktik. Er investiert in persönliche Einstellungen.

#### • Der Avantgardist:

Der Avantgardist orientiert sehr stark an Interaktionen und nutzt Diskussionsmöglichkeiten und Kommunikationsangebote entsprechend intensiv. Er fordert die Unterstützung durch einen Tutor, sowie Informationen und Hilfe genauso wie anspruchsvolle Medien und Technologie. Er weiß didaktische Vielfalt zu schätzen.

Aus den oben dargelegten Theorien kann abgeleitet werden, dass Qualität sehr stark von der Sichtweise und den Bedürfnissen des Nutzers abhängt. Generell prüft die Kriterien-Liste, ob der Kontext des Lerners beachtet wurde. Da vorauszusehen war, dass dieses Kriterium nur sehr selten erfüllt sein würde, wurde auf eine weitere Differenzierung entsprechend den oben beschriebenen Ideen verzichtet. Für weitergehende Untersuchungen und v.a. die zukünftige Entwicklung von qualitativ hochwertigem E-Learning sind solche Differenzierungen aber unbedingt zu beachten. Die Studie bezieht die Differenzierung von Nutzerinteressen bei der Präsentation der Evaluationsergebnisse mit ein.

## 2.7.4.4 Organisatorische Aspekte

Unter den organisatorischen Aspekten lassen sich eine Reihe von Kriterien der internen und externen Koordination des Produktes bzw. seiner Nutzung zusammenfassen. Kriterien wie die Einpassung in ein Curriculum oder Zertifizierung geben Orientierung hinsichtlich der (externen) Relevanz des Materials. Die Beschreibung durch Metadaten gibt wesentliche Hinweise auf den Inhalt, die Relevanz (für den Nutzer) und die Art der Lernumgebung.

### 2.7.4.5 Software Ergonomie

Aspekte der Software-Ergonomie sind wahrscheinlich am einfachsten nachzuprüfen und zu bewerten. In diesem Bereich gibt es die meisten Erfahrungen. Außerdem sind ergonomische Erfordernisse klar abgegrenzt und hinsichtlich ihrer Ausführung beurteilbar.

In der hier vorgestellten Studie wurden v.a. grafisches und Inhaltsdesign untersucht. Weiterhin spielten Faktoren wie Nutzerführung und Hilfefunktionen eine Rolle.

#### 2.7.4.6 Nachhaltigkeit

Nachhaltigkeit ist ein wichtiger Aspekt des E-Learnings. Sie beeinflusst die Nutzungsqualität natürlich nicht in erster Instanz, aber ist von großer genereller Bedeutung.

Aspekte wie die Finanzierungsstrategie oder die Kosteneffektivität eines Produktes stellen wichtige Bedingungen für das erfolgreiche Bestehen dar. Im Rahmen der Studie wurden außerdem die Kriterien Nachhaltigkeit und Konformität zu Interoperabilitätsstandards untersucht. Dabei sollte das Thema Interoperabilität sowohl in der technischen Ausführung, als auch hinsichtlich des Inhalts und der Metadaten umgesetzt werden. Zur Interoperabilität des Inhalts finden sich nähere Ausführungen im Kapitel 5.2. Dass Interoperabilität aus technischer Sicht gewährleistet werden kann, ist Bestandteil der Aktivitäten des WWW-Consortiums (W3C; [WWW Consortium 2008a]). Auf der Ebene der räumlichen Datenverarbeitung beschäftigt sich das OGC [Open Geospatial Consortium 2008c] mit Entwicklungen zur Interoperabilität.

Metadaten haben ihre Bedeutung in der Beschreibung von Materialien und sind im Hinblick auf die Auffindbarkeit passender Ressourcen essentiell. Es existieren verschiedene Formulierungen von Anforderungen an die Beschreibung der Ressourcen. Entsprechende Standards stellen beispielsweise das Sharable Content Object Reference Model (SCORM), der Dublin Core ([Initiative 2008]) oder Learning Objects Metadata (LOM; [Learning Technology Standards Committee of the IEEE 2002]) dar.

## 2.7.4.7 Technologie

Eines der wichtigsten Kriterien zur Bewertung der Qualität von E-Learning ist neben den pädagogischen Gestaltungsprinzipien und der Fokussierung auf den Lernenden, dass das Angebot technisch einwandfrei funktioniert [Husson 2006]. Folglich wurden auch die technische Qualität in die Bewertung der Angebote einbezogen.

So wurde beispielsweise getestet, ob die eingesetzten technische Umgebung und Funktionalitäten die vorhandenen technischen Potentiale sinnvoll nutzt. Weiterhin wurde das Niveau der notwendigen technischen Infrastruktur, sowohl seitens des Providers aber auch seitens des Nutzers betrachtet. Damit verbunden sind natürlich Aspekte wie die Qualität der Funktionalitäten, die (technische) Aktualität oder die Verfügbarkeit. Auch die technische Dokumentation und die Einfachheit in der Benutzung spielen bei der Bewertung eine Rolle. Schließlich wurde, wie bereits in den anderen Kategorien, die Qualifikation des Herstellers in den Kriterienkatalog aufgenommen.

#### 2.7.4.8 Reaktion des Lerners

Kirkpatrick [1994] entwickelte breits 1959 eine Theorie zur Evaluation von Lehre und Ausbildung. Er selbst hat diese Theorie später überarbeitet und veröffentlicht. Das Vier-Stufen-Modell ist inzwischen allgemein akzeptiert. Es betrachtet:

- die Reaktion des Lernenden was Lernende über die Ausbildung / den Lernprozess denken und fühlen,
- den Lernfortschritt inwieweit das Wissen und die F\u00e4higkeiten verbessert wurden,
- 3. das Verhalten inwieweit Verhalten und Fertigkeiten verbessert bzw. in verbesserter Weise umgesetzt wurden sowie
- 4. die Ergebnisse die Effekte auf das Geschäft oder die Umgebung, die von den Lernenden (und den vorangegangenen Lernprozess) ausgehen.

Die Komplexität der Überprüfung dieser vier Stufen steigt und mit ihr die Kosten der Durchführung. Für die vollständige Einbeziehung des Vier-Stufen-Modells nach Kirkpatrick bedarf es beispielsweise Untersuchungen vor und nach dem Lernprozess (Stufe 2), die Beobachtung über einen längeren Zeitraum (Stufe 3) oder weitergehende Werkzeuge zur Bewertung des Einflusses eines Lernenden auf seine Umgebung (Stufe 4). Aus Praktikabilitätsgründen konnte die hier vorgestellte Studie nur die Stufe 1 - die Reaktion des Lernenden - beachten. Unter dieser eher subjektiven Kategorie wird die Antwort auf die Frage "Wie fand der Lernende das Material?" gegeben. Darunter fallen die essentiellen Aspekte der subjektiven Wahrnehmung, die nicht durch konkrete Kriterien (z.B. fand der Lernende die Erläuterungen verständlich?) formulierbar sind.

## 2.7.5 Durchführung der Studie

In den vorhergehenden Kapiteln wurden viele Aspekte diskutiert, die zur Qualität von E-Learning beitragen. Der Autorin ist bewußt, dass das aufgezeigte Idealbild sehr stark durch Interessen oder die Akzeptanz von Konzepten und Theorien oder sogar vom kulturellen Hintergrund bestimmt wird. So wird beispielweise durch Ehlers und Pawlowski [2006] berichtet, dass Lernende verschiedener europäischer Länder aus verschiedenen Blickwinkeln betrachtet werden. So werden angelsächsische Lernende als Investoren in ihre Karriere erachtet. In skandinavischen Ländern sind Lernende primär junge Bürger.

Eine allgemeingültige Definition eines Qualitätsideals riskiert die Einengung der Nutzer hinsichtlich ihrer Einschätzung von Qualität [Dondi u. a. 2006]. Entsprechend bleibt Qualität eine verhandelbare, nicht klar abzugrenzende Größe. Hildebrandt und Teschler [2006] meinen, dass Qualitätsansätze immer nur abstrakte Konzeptionalisierungen von gutem E-Learning und somit keine konsistenten Beschreibungen verfügbar sind. Entsprechend führen Hildebrandt und Teschler [2006] ein so genanntes European Quality Observatory (EQO) Analyse Model, welches verschiedene Qualitätsansätze hinsichtlich ihrer Eigenschaften untersucht. Auf eine detaillierte Beschreibung des Modells soll hier verzichtet werden. Übernommen sei lediglich die Idee, dass es verschiedene akzeptable Qualitätsansätze gibt. Jede Definition - so auch im Rahmen der Studie - bleibt ein normativer Akt, der in einem gewissen Kontext vorgenommen wurde.

So stark im Vorfeld auch die Bedeutung des Lernprozesses hervorgehoben wurde, so aufwendig wäre eine solche Untersuchung auch. Sie würde einer eigenständigen Arbeit entsprechen. Ehlers und Goertz [2006] schlagen eine Reihe von kostenintensiven empirischen Methoden, wie beispielsweise verschiedene Arten von Interviews oder Diskussionsgruppen, online Foren, Log-Dateien, Beobachtungen oder Inhaltsanalyse vor. Sie alle dienen dazu, repräsentative Aussagen zu den Erfahrungen der Nutzer zu erhalten. Wenngleich die hier vorgestellte Studie aus oben genannten Gründen keine umfangreiche Erhebung vornehmen konnte, so wurde dennoch versucht, durch schriftliche Interviews (in Form von Fragebögen) Erfahrungen von Nutzern zu sammeln (Abbildung 2.7). Die Fragebögen basieren auf den oben vorgestellten Kriterien.

GITTA	Select an E-Learning Product or Propose a	a new Produc	:t			
You are:	You have:					
Interested Public	produced/ designed the material					
Student in this field	skipped over the material					
Experienced in this field	worked with some parts of the material					
Expert/ Professional in this field	worked with all parts once			7 /		
	worked with all parts multiple times					
	Sta	art Evaluation				
V115	Diameter 1					
You would like to evaluate <b>GITTA</b> . The Please answer the following questions						
		very poor	poor	medium	well	very well
Content Section		, cr) poor	Poor		,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,	102) 1102
Content Section						
How do you assess correctness?		0	0	0	0	•
How do you assess completeness ?		0	0	0	0	•
How do you assess relevance of th	e used material ?	0	0	0	0	•
How do you assess the presentation	within a broader context resp. the motivation of the content					
,	a wider context, at least within an introduction to motivate the	0	0	0	0	•
tasks ?)						
, , , , , , , , , , , , , , , , , , , ,	ness of the used material? (Does the material illustrate the e of the material (media) adequate to the content?)	0	0	0	0	•
• ,	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·					
How do you assess the composition organised in a meaningful and underst	n and organisation? (Is the content/ material composed and andable way?)	0	0	0	0	•
How do you assess the qualification qualified in an appropriate way ?)	of tutor in terms of the content? (Are producers and tutors	0	0	0	0	

**Abb. 2.7:** Online Befragung. 1. Stufe (oben): Auswahl eines E-Learning Produktes und Abfrage von Informationen zum Befragten. 2. Stufe (unten): Auszug aus dem Fragebogen.

Die Erhebung wurde in zwei Stufen vorgenommen. In erster Instanz wurden die E-Learning-Angebote durch Experten auf Basis der vorgestellten Kriterien evaluiert. Konkret wurden 30 Angebote (siehe Anhang A.1) durch 3 Experten bewertet. Abgegeben wurde eine qualitative Bewertung ausgedrückt in Klassen mit einer Klassenbreite von 5 (0 für unzureichend bis 4 für sehr gut). In zweiter Instanz wurde eine webbasierte Nutzerbefragung vorgenommen. Im Rahmen der Deutschen Arbeitsgemeinschaft der Geodäsiestudierenden (ARGEOS) und des International Geodesy Student Meeting (IGSM) wurde der Aufruf gestartet, an der Onlinebefragung unter http://www.igg.tu-berlin.de/ISPRS/quality/questionaire.php zu partizipieren. Der Rücklauf bliebt jedoch mit weniger als 10 Teilnehmern hinter den Erwartungen zurück. Die Ergebnisse (vgl. Kapitel A.2) ergeben sich aus der Meinung der Experten und der Onlinebefragung. Die Meinung, die ein Nutzer abgegeben hat, wurde dabei nach seinen Erfahrungen und der Nutzungsintensität gewichtet. Die Wichtungsfaktoren sind in Tabelle 2.3 dargestellt.

Wie oben schon intensiv diskutiert, gibt es keine generell gültige Ansicht über Qualität. Um die Prioritäten, die sich aus einer Situation oder der Typfrage ergeben, zu unterscheiden, wurden verschiedene Sichtweisen in die Ergebnisinterpretation einbezogen. Diese Sichtweise orientieren sich weitgehend an den Lernertypen nach Ehlers [2006] (s. oben). So entsprechen die Prioritäten des Lernertyps Individualist einer auf den Inhalt fokussierten Sichtweise. Der Pragmatiker kann einer Sichtweise zugeordnet werden, die didaktische Belange stark in den Mittelpunkt stellt. Die Bedürfnisse des Ergebnisorientierten Lerners wurden einer gleichnamigen Sichtweise zugeordnet. Die Vorlieben des Avantgardisten unter den Lernenden entspricht einer Orientierung auf

Tabelle 2.3: Wichtung der Befragten hinsichtlich ihrer Erfahrung und der Intensität, mit der sie das E-Learning-Produkt genutzt haben

Erfahrung des Befragten Fak		Intensität der Nutzung		Faktor
Interessierte Öffentlichkeit	0,5		hat das Produkt entworfen / implementiert	0
Student auf diesem Gebiet	1		hat das Material überflogen	1
hat Erfahrungen auf diesem Gebiet	3		hat mit einigen Teilen des Produktes gearbeitet	2
Experte / Professioneller auf diesem Gebiet	5		hat mit allen Teilen einmal gearbeitet	3
			hat mit allen Teilen mehrmals gearbeitet	5

die Technologie. Zusätzlich zu den Sichtweisen, die in Analogie zu den Lernertypen identifiziert werden konnten, wurde als fünfter Aspekt der Fokus auf die Nachhaltigkeit gerichtet. Dieser spielt für Lernende i.d.R. keine sehr direkte Rolle; dafür oft umso mehr für Institutionen und Betreiber. Im Hinblick auf die fünf verschiedenen Sichtweisen wurde jedem der 42 bereits in Tabelle 2.2 erläuterten Kriterien eine Wertigkeit zugeordnet, mit der es in die Bewertung einfließt. Tabelle 2.4 gibt einen Überblick über die im Rahmen der Studie durch Experten vorgenommene Zuordnung der Gewichtung.

 ${\bf Tabelle~2.4:~Relevanz~von~Kriterien~bei~verschiedenen~Sichtweisen~auf~die~Qualit\"at} \\ {\bf (*-sehr~geringe~Bedeutung,~*****-sehr~hohe~Bedeutung)}$ 

Kategorie	Kriterium	Content Orien- tation (Individualist Learner)	Didacticial Orientation (Pragmatist Learner)	Result Orientation (Result oriented Learner)	Technology Orientation (Avantgardist Learner)	Sustainabiliy (Provider, Institutional Level, Investors)
Inhalt	Richtigkeit	****	****	****	****	****
	Vollständigkeit	****	****	****	****	****
	Relevanz des eingesetzten Materials	****	***	***	***	***
	Motivation / Präsentation in einem weiteren Umfeld	***	***	***	***	***
	Angemessenheit des Materials	****	***	***	***	***
	Zusammenstellung und Organisation	****	****	***	***	***
	Qualifikation des Autors / Tutors	****	***	***	***	****
Didaktik	Definition der Lernziele	****	****	****	***	****
	Definition, wie Lernziele erreicht werden sollen	****	****	****	***	****
	Didaktisches Konzept	*	****	***	****	***
	Interaktionsmöglichkeiten	*	****	*	****	***
	Übungen / Tests	***	****	***	****	***
	Bewertung	***	****	***	***	***
	Individuelle Unterstützung des Lernenden	*	****	*	****	***
	Kommunikations- möglichkeiten	*	****	*	****	***
	Instruktionsdesign	****	****	****	****	***
	Qualifikation des Tutors	****	****	****	****	****
Rontext	Kontext des Lernenden	****	****	****	***	***
des Lernenden	Möglichkeiten zur Personalisierung / Adaption	****	****	*	****	***
Organi- satorisches	Einpassung in ein Curriculum	****	****	***	***	****
	Zertifizierung	*	*	*	*	****
	Wartung	***	***	***	***	****
	Qualitätssicherung	***	***	***	***	****
	Beschreibung durch Metadaten	****	****	***	****	****
	Dokumentation	****	****	***	****	***
Software	Grafisches Design	****	****	***	****	***
	<u> </u>				1	ļ

Fortsetzung von letzter Seite						
	Nutzerführung	****	****	****	****	***
	Hilfefunktionen	****	****	****	****	***
Ökonomische	Kosteneffektivität	*	*	*	*	****
Aspekte,	Finanzierungsstrategie	*	*	*	*	****
Nachhaltigkeit	Nachhaltigkeit	*	*	*	*	****
	Interoperabilität	*	*	*	*	****
Technologische	Technische Umgebung	*	***	*	****	****
Aspekte	Anforderungen an die Infrastruktur	***	***	***	****	****
	Technische Dokumentation	****	****	***	****	***
	Einfachheit in der Benutzung	***	***	***	****	***
	Qualität der Assets	***	***	***	****	***
	Aktualität	***	***	***	****	****
	Verfügbarkeit	***	***	***	****	****
	Qualifikation des Herstellers / Designers	***	***	***	****	****
Reaktion des Lernenden	Reaktion des Lernenden	****	****	****	****	***

## 2.7.6 Ergebnisse

Die produktbezogenen Ergebnisse wurden auf den Webseiten der Comm. VI / WG2 (http://www.igg.tu-berlin.de/ISPRS/quality/advanced\_eval\_project.php) publiziert. Für die vorliegende Arbeit soll die Einzelbewertung der Produkte keine Rolle spielen. Interessanter erscheint die nutzerorientierte Präsentation der Ergebnisse auf der oben genannten Webseite (vgl. Abbildung 2.8). Hierbei ist es möglich, unter Festlegung einer gewünschten Sichtweise, Qualitätsinformationen zu gesuchten Produkten abzufragen. Die Ergebnisse sind kategorisch geordnet entsprechend (sehr guter - durchschnittlicher - schlechter) Qualität im Hauptkriterium (der Sichtweise) und im Durchschnitt der anderen Kriterien (verbleibende vier Sichtweisen). Zusätzlich kann als Ergebnis der Studie ein Gesamteindruck der Qualität von E-Learning, repräsentiert durch die gewählten 30 Produkte, gezeichnet werden. Dazu wurden die durchschnittlichen Bewertungen für jedes der 42 Kriterien ausgewertet. Die Anhänge 2a und 2b sowie die grafische und numerische Darstellung unter http://www.igg.tu-berlin.de/ISPRS/quality/statistics.php stellen die Ergebnisse dar.

#### **Evaluated Search**

Content	GIS	•		
Target Group	Students	•		
Setting	all		•	Start Search

Unfortunately most of the learning environments can not provide a very high quality in terms of all criteria. Furtheron different characteristics and demands exist on user's side. Therefore you may choose your priority and find an evaluated list of offerings. (See <a href="here">here</a> for more information on relevance of criteria within each view.)

Content Orientation	Environments especially suitable for <u>individualist learners</u> are valued highly.
Didactical Orientation	Environments especially suitable for <u>pragmatist learners</u> are valued highly.
Result Orientation	Environments especially suitable for <u>result orientated learners</u> are valued highly.
Technology View	Environments especially suitable for <u>avantgardist learners</u> are valued highly.
© Economic View	Economic/ sustainable environments are valued highly.

Main Criterion is very well, other criteria are well	Auto Orient (***)  E-Map Scholar (***)  FerGI (***)  GIS self learning tool (***)
Main Criterion is very well,	<u>GITTA</u> (***)
other criteria are average	Dtm Checking (***)
Main Criterion is very well, other criteria are poor	
Main Criterion is average, other criteria are well	
Main Criterion is average, other criteria are average	Argus - Activities and Readings in the Geography (***)  Core Curriculum (NCGIA) (***)  Question Corner (***)  Spatial Pattern Analysis in a GIS Environment (***)
Main Criterion is average, other criteria are poor	
Main Criterion is poor, other criteria are well	
Main Criterion is poor, other criteria are average	
Main Criterion is poor, other criteria are poor	

Main criterion means the orientation/view you selected above. The other criteria are a summary of the other four orientations/views. The number of stars shows how secure the evaluation is. Products with one star (\*) have been evaluated less than 3 'usual users'. Products with three stars (\*\*\*) have been evaluated by at least 3 'usual users' or one expert. Products with five stars (\*\*\*\*\*) have been evaluated by at least 3 experts.

**Abb. 2.8:** Präsentation der Evaluationsergebnisse in Abhängigkeit von einer gewählten Sichtweise auf die Qualität

## 2.7.7 Auswertung und Schlussfolgerungen

Zusammengefasst zeigt die Auswertung:

- gute bis sehr gute Ergebnisse in der Kategorie "Inhalt",
- durchschnittliche Werte in der Kategorie "Didaktik",
- schlechte bis durchschnittliche Werte im Bereich der Beachtung des "Learner Context",
- heterogene, aber überwiegend gute Ergebnisse im Bereich der "Organisatorischen Aspekte",
- gute Werte im Bereich der Softwareergonomie,
- durchschnittliche Ergebnisse im Bereich der Nachhaltigkeit und
- gute bis sehr gute Werte im technischen Bereich.

Die guten bis sehr guten Werte im Bereich "Inhalt" und "Technik" erstaunen nicht. Der Inhalt wird größtenteils von (höheren) Bildungs- oder Forschungseinrichtungen bzw. spezialisierten Firmen bereitgestellt. Die betrachteten Fachbereiche besitzen hohe Affinität zu (Web-) Technik und der damit verbundenen Kategorie der Softwareergonomie. Daher war die gute Qualität in diesen Bereichen zu erwarten.

Allerdings muss dem hinzugefügt werden, dass die Webtechnologie in weiten Bereichen nicht effektiv genug genutzt wird. Dies enttäuscht natürlich. Zwar erzielten die Kriterien "Möglichkeiten zu Interaktionen" und "Tests / Übungen" mit 74% bzw. 69% (siehe Anhänge A.2 und A.3) sicherlich "gute" Werte, allerdings wurden innerhalb dieser Kriterien keine sehr hohen Ansprüche gestellt. Auf eine weiterreichende Differenzierung der Kriterien in diesem sehr wichtigen Bereich wurden von Beginn an verzichtet. Schon das nur durchschnittliche Ergebnis im Bereich "Assessment Tools" (welches lediglich das Vorhandensein und keine Qualität beurteilt) zeigt, dass detailliertere Kriterien in Bereichen rund um die Interaktivität vergleichsweise schlechte Ergebnisse erzielt hätten.

Auf didaktischer Ebene besteht, neben der Forderung nach mehr bzw. besseren Interaktionsmöglichkeiten, auch Nachholbedarf bei der expliziten Definition der Lernziele (67%), der Darstellung, wie diese erreicht werden sollen (48%) und der Gestaltung von Instruktionen (65%). Sicher erscheinen auch hier die genannten Werte vergleichsweise hoch. Aber es sei wiederum argumentiert, dass in diesem Bereich aufgrund eines vergleichsweise schlechten Ausgangsniveaus keine sehr hohen Ansprüche bei der Kriterienbewertung gestellt wurden.

Auch bei der Betrachtung des Kontext des Lernenden wurde wegen der relativ schlechten Ausgangslage nur grundsätzlich getestet, ob das (beliebige) Niveau und die Ausgangssituation eines Lernenden berücksichtigt wurde. Natürlich ist diesem Aspekt oft implizite Aufmerksamkeit geschenkt. So sprechen beispielsweise durch eine Hochschule zu einer Vorlesung begleitend bereitgestellte Materialien gezielt eine Nutzergruppe mit definierten Eigenschaften (Voraussetzungen, Motivation etc.) an. Dies wurde bei den entsprechenden Angeboten im positiven Sinne bewertet. Dennoch vermisst man gelegentliche explizite Beschreibung einer Situation, auf die ein Material zugeschnitten ist oder gar eine Gliederung nach Voraussetzungen oder Lernertypen etc.

Auch Personalisierungsoptionen sind im Ergebnis nur unzureichend. Geschlossene, d.h. nicht frei verfügbare Systeme, die in der Studie nicht betrachtet werden konnten, schneiden hier z.B. durch die Nutzung eines Content Management Systems (CMS) sicher besser ab. Aber auch außerhalb der organisatorischen Ebene (die durch CMS abgedeckt wird) können geschlossene (weil oft kostenpflichtige) Systeme mehr leisten. Hier bestehen bessere Möglichkeiten zum (intensiveren) Tutorkontakt und zur Kommunikation. Diese Betreuung zieht auch eine bessere Qualität im Sinne der Personalisierung nach sich, weil z.B. Übungen / Feedbacks gezielter erteilt werden können. Tutorkontakt und Kommunikation erreichen in der Studie 50% und 53%. Die Werte sind - auch unter geringen Anforderungen (bei beiden Kriterien wurde in den meisten Fällen das Vorhandensein einer Mailadresse mit gut bewertet) - nur durchschnittlich.

Im Bereich der organisatorischen Aspekte fallen die Kriterien der Zertifizierung und der Beschreibung durch Metadaten negativ ins Gewicht. Das schlechte Ergebnis bei der Zertifizierung soll nicht überbewertet werden. Schließlich handelt es sich bei der betrachteten Grundgesamtheit um frei zugängliche und kostenlose Module. Das schlechte Abschneiden der Beschreibung durch Metadaten fällt da schon negativer auf. In den meisten Fällen ist sie nicht und nur in Ausnahmefällen sogar standardkonform gegeben. Sicher ließen sich der Aufwand und die Verwirrung über den Etablierungsgrad verschiedener Standards dagegenhalten. Dennoch sollte auf diesem Punkt in Zukunft mehr geachtet werden. Denn Metadaten sind eine wichtige Grundlage für Nachhaltigkeit von E-Learning.

Im Bereich der Nachhaltigkeit schneiden die meisten Kriterien zwar vergleichsweise gut ab. Allerdings sei hierbei angemerkt, dass die Kriterien vergleichsweise schlecht getestet werden konnten. Daher wurde bei unzulänglicher Nachvollziehbarkeit eine gute Bewertung vergeben, um keines der Angebote zu benachteiligen. Generell kann aber davon ausgegangen werden - und dies soll hier als Hypothese formuliert werden - dass es um die Nachhaltigkeit der Produkte in der Realität schlechter gestellt ist, als aus der Studie hervorgeht. Nur die Bewertung der Konformität zu Interoperabilitätsstandards spiegelt diese Situation wider. Allerdings ist - auf nicht-technischer Ebene - das Fehlen von Standards für die Austauschbarkeit zu beklagen. Es ist sicher diskutabel, ob solche Standards (aus inhaltlicher Sicht) einen Sinn ergeben würden. Vom Standpunkt der Nachhaltigkeit aus gesehen, ist deren Sinn allerdings nicht in Frage zu stellen.

Zusammenfassend lassen sich folgende Problembereiche identifizieren:

- Im Rahmen der Studie wurden durch das schlechte Abschneiden gewisser Kriterien (z.B. einem Hinweis, wie das Lernziel erreicht werden soll; Interaktionsmöglichkeiten, Assessment und Feedbacktools) v.a. Indizien für die fehlenden didaktischen Konzepte gefunden. Daher wird grundsätzlich eine intensivere Beschäftigung mit der Didaktik und die Investitionen in didaktische Konzepte und deren Umsetzung gefordert. Deutlich wird ein durchdachtes didaktisches Konzept oftmals schon durch explizite Einleitungen (z.B. Hinweis auf Ziele), ein gutes Instruktionsdesign und sinnvolle Rückmeldung.
- Die Beachtung des Lernerkontexts ist weitgehend unterbewertet. Hält man eine implizite Ausrichtung auf eine Zielgruppe zugute, so kann auch deren explizite Beschreibung gefordert werden. Wünschenswert wären aber auch Differenzierungen innerhalb von Lernmaterialien (z.B. Hinzufügen / Weglassen von Teilen je nach Vorwissen oder Bereitstellung verschiedener Ansätze der Erläuterung oder Übungsmöglichkeiten). Wichtig in diesem Bereich sind auch eher der Kategorie Didaktik zugeordnete Aspekte, wie (gezielte) Bewertungsoptionen oder individuelle Unterstützung. Ansätze in diesem Bereich erreichen den Nutzer in seiner individuellen Situation und nützen ihm daher am meisten.
- Umsetzung bzw. vorausgehend Etablierung oder Entwicklung besserer (d.h. breitere Akzeptanz findende) Metadaten- und Interoperabilitätskonzepte.

Die aufgedeckten Probleme wurden in drei Punkten zusammengefasst, wobei der Punkt der besseren Beachtung des Lernerkontexts bei weiterem Blick auch dem ersten Punkt (der besseren Umsetzung von didaktischen Konzepten) zugeordnet werden könnte. Denn solche Konzepte würden zwangsläufig zu dem Schluss kommen, dass der Nutzer besser in seiner individuellen Situation abgeholt werden muss. Andersherum erfüllte sicher die Differenzierung nach Situationen der Lernenden schon eine breite Basis der didaktischen Anforderungen. Zur besseren Differenzierung seien beide Punkte aber getrennt.

Die Probleme hinter diesen zwei bzw. drei Punkten sind keineswegs neu. Dennoch seien sie zum augenblicklichen Zeitpunkt als Brennpunkte für die zukünftigen Entwicklungen identifiziert.

## Kapitel 3

## Relevante Web-Technologien

Dieses Kapitel hat das Ziel, einen Überblick über jene Technologien zu geben, die für die praktische Umsetzung der interoperablen und webbasierten E-Learning-Umgebung eine Rolle spielen. Die theoretischen und konzeptionellen Grundlagen für diese Umgebung werden in den nachfolgenden Kapiteln noch hergeleitet.

Das Thema Webtechnologie ist inzwischen so umfangreich, dass kein vollständiger Überblick gegeben werden kann. Daher konzentrieren sich die Ausführungen auf die für die Arbeit relevanten Technologien.

## 3.1 Software und Sprachen

#### 3.1.1 XML

Die eXtensible Markup Language (XML) ist eine seit 1998 in der Version 1.0 und seit 2004 in der Aktualisierung 1.1 vorliegende Auszeichnungssprache (Markup Language), die das Grundprinzip der Trennung von Inhalt und Struktur verfolgt. Mit ihr werden Dokumente als Baumstruktur in menschen- und maschinen-lesbarer Form erstellt. Das World-Wide-Web - Consortium (W3C) definiert die Regeln zum Aufbau der XML-Dokumente [WWW Consortium 2008b]. Dies betrifft insbesondere die Festlegung der Strukturelemente und ihre Anordnung innerhalb des Dokumentenbaums.

XML-Dokumente und -Daten können in fast beliebiger Struktur vorliegen. Jeder kann eigene Dokumenttypen definieren und sie in einer so genannten DTD (Dokument Type Definition) oder einem XML-Schema beschreiben. Diese können von Web-Browsern jedoch nicht dargestellt werden, bis man ihnen eine Referenz auf ein so genanntes XSL-Stylesheet zuweist [Behme und Mintert 2001]. Ein Stylesheet (XSL) hält die entsprechenden Formatierungsanweisungen für die per XML-Schema oder DTD festgelegten XML-Elemente bereit. Formatierungsanweisungen sind entweder im eigentlichen Sinn des Wortes oder im Sinne der Umstrukturierung in ein anderes, ebenfalls durch ein eigenes Schema oder eine DTD definiertes XML zu verstehen. Praktisch können Umformungen von einem XML-Dokument in ein anderes durch Extensible Stylesheet Language Transformations (XSLT) unter Nutzung eines XSLT-Prozessors realisiert werden. Notwendig sind dazu XSLT-Stylesheets, die die Strukturen der Ein- und Ausgangsdokumente kennen.

Auf Basis der DTD kann die "Gültigkeit", also die Konformität hinsichtlich einer vorgegebenen Struktur überprüft werden. Andernfalls prüfen XML-Parser lediglich die so genannte "Wohlgeformtheit", d.h. die syntaktische Richtigkeit von XML-Dokumenten. Mehr dazu findet man in der XML-Literatur z.B. [Behme und Mintert 2001], [North und Hermans 1999] oder [WWW Consortium 2008b]. In der vorliegenden Arbeit wurden die in entsprechenden Java-API's implementierten DOM und SAX Parser eingesetzt. Im Kapitel 3.1.6 werden die Techniken ausführlicher erläutert.

Der Vorteil von XML liegt zum einen in der Möglichkeit Dokumentstrukturen sehr leicht festlegen zu können. Zudem sind diese nicht nur maschinen-, sondern auch menschenlesbar. Da es sich bei XML-Dokumenten lediglich um die Strukturierung von Inhalten handelt und die Formatierung einem Stylesheet obliegt, ist XML sehr gut als Austauschformat geeignet.

Allerdings - und das wirkt sich meist nachteilig auf die Praktikabilität der Nutzung von XML aus - wird ein XML-Dokument schnell sehr umfangreich. Details müssen textlastig in Baumstrukturen abgebildet werden. Somit hat XML für die Nutzung im Web noch nicht den erhofften Erfolg oder die ihm vom Grundgedanken her zustehende Bedeutung gewonnen. Natürlich findet XML Anwendung, aber gerade große Datenmengen wie Geodaten lassen sich nur mittels hoher Bandbreite übertragen.

#### 3.1.2 GML

Eine konkrete syntaktisch-orientierte Dokumentenstruktur für geometrische (geometry model) und nicht-geometrische (feature model) geographische Daten bietet die vom Open Geospatial Consortium (OGC) verabschiedete Geography Markup Language (GML)[Open Geospatial Consortium 2008a].

GML basiert auf dem Geometry- and Topology-Modeling-Standard von ISO 19107. Ziel von GML ist die Darstellung von räumlichen Phänomenen. GML basiert auf einer Klassenhierarchie, welche die Modellierung von so genannten Features (räumlichen und nicht-räumlichen Objekten), Geometrie und Topologie ermöglicht. Wie die meisten XML-Strukturen ist das Ziel von GML hauptsächlich, ein interoperables Format für Austausch und Speicherung von Daten bereitzustellen.

Die GML-Spezifikation hält sowohl eine konzeptionelle, als auch eine Implementierungs-Ebene bereit. Erstere beschreibt abstrakte Geometry oder Feature-Modelle auf deren Basis anwenderspezifisch GML-Schemata entwickelt werden können. Die Implementierungsebene stellt ein konkretes Kodierungsschema bzw. die Regeln für die Kodierung für geometrische Daten mit Features (i.S. von Attributen) bereit. Dies entspricht dem Standard (seit Januar 2003 Version 3).

Es ist möglich, anwendungsspezifische GML-Strukturen zu definieren. Dabei müssen die GML-Formate untereinander nicht kompatibel sein. Daher stellen Schema-Beschreibungen (XSD) oder Document Type Definitions die Referenzen für die einzelnen GML-Typen dar. Trotzdem wirkt sich dies nachteilig für die Interoperabilität aus. GML ist die Grundlage der meisten vom OGC verabschiedeten bzw. in Diskussion befindlichen Spezifikationen zu Webservices für Geodaten, z.B. Web Feature Service (WFS) oder Web 3D Service (W3DS) (vgl. Kapitel 3.2.2 und 3.2.6). Aber dort, wo Web Services behaupten standard-konform zu arbeiten, weil sie GML liefern, ist aufgrund der Heterogenität von GML die Austauschbarkeit Daten nicht gesichert.

Ein Beispiel für die Definition einer Datenstruktur unter Nutzung von GML stellt CityGML dar, ein Format zur Kodierung von Stadtmodellen [Kolbe u. a. 2008].

Die Eigenschaften von GML, die sich aus der XML-Basis ergeben, sind:

- XML-Techniken können für Geodaten genutzt werden und
- Vektor-Darstellungen (z.B. für das Web) werden unterstützt bzw. sind relativ einfach aus GML zu erzeugen.

#### 3.1.3 SVG

SVG ist der derzeitige Quasi-Standard zur Visualisierung von 2D-Vektorgrafiken im WWW [WWW Consortium 2008c]. Die Besonderheit von Vektorgrafiken besteht darin, dass es sich um eine mathematische Definition von Grafikelementen handelt, deren Darstellung maßstabsunabhängig in guter Qualität erreichbar ist.

SVG basiert auf XML, ist also ein menschen- und maschinenlesbares Format, für das die Browser spezielle PlugIns zur Interpretation benötigen. Diese beinhalten von sich aus Möglichkeiten zum Rotieren, Zoomen, Verschieben etc. Die Struktur des zugrundeliegenden Document Object Models (DOM) ermöglicht es, mit Hilfe von Skriptsprachen (JavaScript) auf einzelne Elemente der Grafik zuzugreifen. Dies ist als Vorteil für Geoinformationssysteme insofern hervorzuheben, dass einzelne Geoobjekte gezielt identifizierbar und z.B. mit Sachdaten hinterlegbar werden. Das macht SVG auch für Geodaten-basierte Web Services nützlich. Einen tieferen Einblick in SVG geben [WWW Consortium 2008c], [Neumann und Winter 2003].

Probleme beim Einsatz von SVG in solchen Diensten ergeben sich allerdings aus der Möglichkeit, die XML-Daten im Klartext zu lesen. Das Preisgeben von Detailinformationen ist bei mit hohem (finanziellen) Aufwand erhobenen Daten i.d.R. nicht gewünscht. Die Textlastigkeit von XML wirkt sich zudem v.a. bei der Darstellung von Linienobjekten (durch das Vorhandensein vieler Stützpunkte) negativ auf die zu übertragenden Datenmengen aus. Zur Überwindung beider genannten Probleme sind Kodierungs- bzw. Echtzeitgeneralisierungsroutinen anzuwenden.

#### 3.1.4 VRML

Die Virtual Reality Modelling Language (VRML) ist - trotz vieler Kritikpunkte - heute in der Version VRML97 der Standard für die Visualisierung von 3D-Modellen.

VRML ist eine textbasierte Beschreibungssprache für 3D-Szenen, deren Geometrien, Ausleuchtungen, Animationen und Interaktionsmöglichkeiten. Ursprünglich wurde VRML für das Web entwickelt, doch es hat sich inzwischen auch als Austauschformat etabliert. Der Zugang zu VRML ist - abgesehen von einem PlugIn - über einen WebBrowser möglich und damit relativ einfach realisierbar.

VRML basiert auf einem so genannten Szenegraphen. Im Szenegraph wird der logische Aufbau der darzustellenden Objekte auf eine baumähnliche Struktur abgebildet, die im Wesentlichen aus Definitionen von Transformationen und Geometriedaten besteht. Die so strukturierte Sicht der Szene erlaubt eine komfortable Handhabung der Objekte. Die Elemente einer Szene werden in VRML als Knoten bezeichnet. So gibt es Knoten für Geometriegrundkörper, Knoten für Transformationen, Materialeigenschaften, Lichtquellen, Sensoren, Skripte u.a.

Unter dem Stichwort "customisation" wird oft die Erweiterbarkeit mit Animationen, Interaktionen, so genannten Protos und Script Nodes verstanden. Im Prinzip kann dies aber den Grundeigenschaften von VRML zugeordnet werden. Schließlich ist die Integration mit anderen Objekten (z.B. anderen VRML-Modellen, Bildern etc.) und Medien (via Hyperlinks) zu nennen.

Ein weiterer Vorteil von VRML ist die Möglichkeit zur Interaktivität. Gemeint sind damit primär Aktionen, die der Navigation in der perspektivischen Szene dienen. So können beispielsweise Blickpunkte ausgewählt oder bestimmte Ansichten an-navigiert werden.

Die Schwachpunkte von VRML liegen beispielsweise im Fehlen von Verschlüsselungsmechanismen sowie effizienten Kompressionsmöglichkeiten. Diese Probleme will das Web3D-Konsortium (www.web3d.org) schon seit langem angehen und im neuen Standard X3D umsetzen, der allerdings seit langer Zeit stagniert.

Konkrete Problemkreise und Lösungsansätze, die im Zusammenhang mit VRML bekannt sind, lassen sich wie folgt beschreiben:

- Bandbreite, Netzkapazität:
  - Hier müsste Streaming implementiert werden, d.h. die Übertragung der Daten erfolgt nur dann, wenn sie tatsächlich angefordert wird,
  - Anpassung der Übertragung an die Netzbreite,
  - Nutzung von Level-of-Detail (LOD)-Konzepten,
  - alternativ: Einsatz von Kompressionsverfahren,
- Echtzeit-Rendering:
  - Geschwindigkeiten und Qualität des Renderings sind von Parametern der Hard- und Software abhängig. Rendering ist im Kontext dieser Arbeit v.a. wegen der Beschaffenheit und Größe der Geodaten, auf denen die VRML-Szene basiert, ein Problem. Übliche VRML-Browser leisten kaum zufriedenstellende Arbeit v.a. bei der Geschwindigkeit, aber auch der Qualität des Renderings.
- $\bullet \ \operatorname{Programmierschnittstellen}$ 
  - Ein Program Interface stellt die Verbindung zu anderen Webapplikationen her, über die die Daten dann ausgetauscht werden können. Ein solches Program-Interface ist in VRML nicht enthalten. Dies ist eine der größten Schwachstellen. Bei VRML handelt es sich fast ausschließlich um eine Beschreibungssprache, die keinen algorithmischen Ablauf und keine Rechenoperationen kennt. Die Möglichkeit zur Erweitung durch Anwendungslogiken ist nur über das Einhängen von Script-Knoten oder dem External Authoring Interface (EAI) gegeben.

An den Forderungen, die beispielsweise Abernathy und Shaw [1998] an zukünftige VRML Browser stellt, werden die derzeitigen Lücken deutlich:

- Möglichkeit zur Definition einer konkreten 3D-Position (z.B. als Koordinaten) als Teil des User Interfaces im Browser,
- Bereitstellung einer optionalen 2D-Ansicht,
- Bereitstellung eines alternativen ellipsoidischen Koordinatensystems als Teil von VRML und
- Bereitstellung eines alternativen Bewegungsmodells, welches es dem Nutzer erlaubt sich auf einer gekrümmten Oberfläche zu bewegen, sofern das ellipsoidische Koordiantensystem ausgewählt ist.

Arbeiten zur Darstellung von Geodaten mittels VRML, sowie der Integration von Interaktivität unter Nutzung von Java finden sich beispielsweise bei Brown [1998]. Hier wird ein 3D-User-Interface für die webbasierte Visualisierung von Geodaten vorgestellt, welches ausdrücklich (auch) für die intuitive Erkundung von Geodaten im Bereich des Lehrens bzw. Lernens eingesetzt werden kann. Allerdings ist die effiziente 3D-Darstellung von Geodaten noch problembehaftet. Bereits in VRML integrierte Funktionalitäten zur Visualisierung von Geodaten sind:

- Überlagerung (Overlay),
- Abfragen (z.B. für Attributwerte an einem bestimmten Punkt),
- Lighting, d.h. Festlegung der Beleuchtungsrichtung,
- GoTo, d.h. die Bewegung zu einem Punkt hin,
- Positionsabfrage (Where Am I?),
- Angabe von Metadaten sowie
- Animationen (z.B. Zeitreihen).

Beispiele für Anwendungen von VRML finden sich z.B. bei Winkler [1999]. Hier wurden "statische" VRML-Szenen zum Thema "Verkehrsbedingte Luftverunreinigungen und Lärmbelästigungen" vorberechnet und zur Visualisierung verwendet.

GeoVRML ist eine Erweiterung von VRML mit Knoten, speziell für die Präsentation von Geodaten. Dies war notwendig, da das auf die Bedürfnisse von Computergrafik ausgerichtete VRML97 beispielsweise in Darstellbarkeit von Zahlenwerten (nur single-precision für VRML97) oder die ausschließliche Nutzung eines kartesischen Koordinatensystems nicht den Anforderungen zur Darstellung von Geodaten genügt. GeoVRML führt daher folgende Besonderheiten gegenüber VRML ein:

- Einführung eines sphärischen Koordinatensystems und damit Möglichkeit Verortungen quantitativ, d.h. durch Koordinaten anzugeben,
- Standardmäßige Bereitstellung von 2D-Karten als Überblicksmedium
- Bereitstellung eines alternativen Bewegungsmodells, welches es dem Nutzer erlaubt, sich im sphärischen Raum zu bewegen, sobald das sphärische Koordinatensystem gewählt ist.

Allerdings ist die Umsetzung des GeoVRML-Standards praktisch nicht so weit fortgeschritten, wie es vor einer Dekade angepriesen wurde.

#### 3.1.5 X3D

Extensible 3D (X3D) ist der auf XML basierende Nachfolger von VRML [Web 3D Consortium 2004]. Die Spezifikation wurde Ende 2004 verabschiedet.

Ähnlich VRML lassen sich auch in X3D dreidimensionale virtuelle Welten, Spiele und interaktive Lernanwendungen in Echtzeit realisieren. Gegenüber VRML stehen jedoch bei X3D wesentlich mehr standardisierte Möglichkeiten und Schnittstellen bereit. Der Funktionsumfang von X3D kann durch die Angabe von Profilen eingeschränkt werden.

Ebenfalls ähnlich zu VRML gibt es PlugIns zur Darstellung von X3D-Dateien für Webbrowser. Die gängigsten sind BS Contact VRML / X3D, Flux und Octaga Player. Einen umfangreicheren Überblick gibt der VRML PlugIns and Browser Detector (http://cic.nist.gov/vrml/vbdetect.html).

Jedes der sechs Profile in X3D deckt andere Funktionalitäten ab und stellt ein anderes Level an Komplexität dar. Die volle Implementierung der X3D-Spezifikation wird als "Full profile" bezeichnet. Im Gegensatz dazu deckt das "Immersive Profile" nur den VRML-Standard ab, für welchen X3D abwärts kompatibel ist ([Krone 2003]).

Wie bereits in Kapitel 3.1.4 erläutert, entspricht der Stand der Entwicklung und vor allem des praktischen Einsatzes nicht den vorab gezeichneten Erwartungen und Versprechungen. Operationeller Einsatz von webfähiger 3D-Vektorgrafik ist derzeit unter Nutzung von VRML praktisch besser realisierbar.

#### 3.1.6 Java

Java ist eine objektorientierte Programmiersprache, die sich besonders gut für Webprogrammierung eignet, da sie sowohl mit der Applet- als auch mit der Servlet-Technologie Möglichkeiten bietet, komplexere Anwendungen webfähig zu gestalten.

Applets haben in der vorliegenden Arbeit keine Rolle gespielt, da sie komplett Ressourcen des Clients nutzen und nicht gewährleistet ist, dass die geforderten anspruchsvollen Bedingungen dort gegeben sind.

Die Servlet-Technologie dagegen bietet einen Weg, Programme bereitzustellen, die vom Client aufgerufen werden können, aber auf dem Server laufen und ihrerseits auf Java-Standardklassen zurückgreifen können. Weiterhin können Javaklassen aus anderen Umgebungen, sowie umfangreiche Libraries (z.B. JTS, s. unten) eingefügt werden. Dies bedeutet den Zugriff auf einen großen Funktionalitätsumfang.

Konkret stellt die HttpServlet-Klasse (javax.servlet.http.HttpServlet()) Funktionalitäten bereit, um sich im HTTP-Protokoll des WWW zu bewegen. Dazu gehören z.B. die Klassen HttpServletRequest() (Informationen über den Client an den Server, Parameter einer Anfrage oder den, mit einer Anfrage übergebenen HTTP-Header weitergeben) und HttpServletResponse() (Rückgabe von Daten an den Client).

Servlets werden über so genannte Container funktionsfähig. Diese Container regeln die Kommunikation zur Umgebung, in der Servlets bzw. ganze Programmpakete, die Web-Applikationen, eingesetzt werden. Der in der Umsetzung genutzte Container für den Einsatz auf dem Apache HTTP Webserver ist der Apache Tomcat.

#### $\mathbf{JTS}$

JTS Topology Suite (JTS), auch Java Topology Suite genannt, ist eine in Java geschriebene Open Source Programmbibliothek, welche ein räumliches Objektmodell und grundlegende geometrische Funktionen für 2D-Objekte zur Verfügung stellt. Die Suite wurde von der Firma Vivid Solutions entwickelt. Das implementierte Geometriemodell entspricht der Simple Feature Access Spezifikation des OGC [Vividsolutions 2008]. Die Komponenten der Java Topology Suite eignen sich, um individuelle Anwendungen effizient zu implementieren. Im Zusammenhang mit der Java-Servlet-Technologie können sie eingesetzt werden, um anspruchsvollere GIS-Operationen webfähig umzusetzen.

## 3.2 Das Open Geospatial Consortium und seine Aktivitäten

Das Open Geospatial Consortium (OGC), früher Open GIS Consortium genannt, ist eine internationale Organisation, die über Standardisierung und Spezifikation von Schnittstellen u.ä. die verstärkte Nutzung von Geoinformation anstrebt [Brinkhoff 2004b].

Historisch ist das OGC aus Initiativen rund um das Open Source Produkt GRASS hervorgegangen. Das Konsortium hat seine Interessen und Aktivitäten jedoch weiter verbreitert. Aber die Idee, dass viele Organisationen und Institutionen zusammenarbeiten, um interoperable Entwicklungen im Bereich GIS vorantreiben, ist geblieben. Zu den Mitgliedern gehören Soft- und Hardwarehersteller, Behörden, Datenlieferanten, Universitäten und Forschungseinrichtungen. Es werden sechs Formen der Mitgliedschaft unterschieden:

- Strategic Member,
- Principle Member,
- Technical Member,
- Associate Member,
- Government Member und
- University Member.

Die Art der Mitgliedschaft unterscheidet sich in Einfluss und Höhe des Mitgliedsbeitrages.

Die drei wesentlichen organisatorischen Säulen der Organisation sind das Specification Program (1), das Interoperability Program (2) und Outreach and Community Adoption (3). Neben der Beschäftigung mit der eigenen Community und der Verbreitung (3) sind die Verabschiedung von Spezifikationen (1) und Aktivitäten zur Beschleunigung von Entwicklungen im Sinne der Interoperabilität und der Schaffung von Akzeptanz für diese (2) die Ziele und Aufgaben des Konsortiums. Die Verabschiedung von Spezifikationen (1) stellt somit die Erfolge des OGC dar, die aus den Aktivitäten in (2)(z.B. Realisierung von Prototypen in Testbeds zur schnelleren Erkennung relevanter Implementierungsaspekte) resultieren. Sie sind konkrete Resultate, die der Fachwelt Leitlinien für die praktische Umsetzung von interoperablen Systemen zur Hand geben. Im Spezifikationsprozess unterscheidet man verschiedene Level, die den Entwicklungsstufen der Spezifikationen entsprechen. Nachdem zunächst Abstract Specifications im implementierungsunabhängigen Rahmen formuliert werden, erlauben die

Implementations Specifications Entwicklern, auf ihrer Basis Software zu implementieren. Daher muss die Implementierungsspezifikation sehr konkret sein.

Im Rahmen der Erarbeitung und Anerkennung von Spezifikationen, gibt es Diskussionen und Requests for Comments unter den Mitgliedern, die in drei Entwicklungsstufen eingeteilt werden können. Nachdem eine Spezifikation nur "geplant" ist, wird sie zum "Kandidaten" und schließlich eine anerkannte "Approved / Adopted Implementation Specification".

Weitere wichtige Instrumente des OCG sind die Empfehlungen, so genannte "Recommodation Papers". Dabei handelt es sich um offizielle OGC-Dokumente, die die aktuellen Entwicklungsrichtungen darstellen. Die "Discussion Papers" stellen Ideen zur Diskussion mit dem Ziel, in den Arbeitsgruppen aufgegriffen zu werden. Die Struktur der Arbeitsgruppen gliedert sich vertikal u.a. in Technical Commissions, das Planning Committee etc. Horizontal gibt es Committees, Subcommittees, Working Groups, Revision Working Groups, Special Interest Groups und Standard Working Groups. Weitere Details sind den Selbstdarstellungen des OGC zu entnehmen [Open Geospatial Consortium 2008b].

#### 3.2.1 GI-Web Services

Wesentliche Erfolge des OCG, die im Rahmen der vorliegenden Arbeit eine Rolle spielen, sind die Entwicklung von Standards für Web Services. Web Services sind Dienste im Internet (realisiert durch einen autonomen Server) mit einer Web-Schnittstelle, die eine direkte Nutzung der Funktionalität von Softwarekomponenten über das WWW ermöglichen. Im Unterschied zu Webservern werden Web Services für die Kommunikation zwischen Anwendungen eingesetzt. Diese erfolgt typischerweise via XML-basierte Datenformate. Die wichtige Bedeutung von Interoperabilität wird bei diesen Anwendungen deutlich. Dadurch wird die Möglichkeit zur Verknüpfung (Kaskadierung) von Services gegeben, in der ihr Mehrwert liegt.

Ein Service ist ein definierter Teil einer Funktionalität, die durch ein "entity" (sicht bar als Interface) bereitgestellt wird. Unter einem Interface versteht man ein Set an Operationen, die das Verhalten des "entity" wiedergeben. Eine Operation ist eine Festlegung von Umwandlungen oder Anfragen, die an ein Objekt gestellt bzw. von diesem ausgeführt werden können. Operationen haben einen Namen und ihnen zugewiesene Parameter. Services werden in Form einer Service Chain (d.h. einer Sequenz von Diensten) zusammengefügt, wobei ein Dienst immer eine Voraussetzung für den nächsten Dienst darstellt.

Generell muss jeder OGC-Service die Get Capabilities-Operation erfüllen. Diese stellt die generelle Form einer Anfrage dar und ist als solche im Basis Services Model festgelegt. Die Funktion gibt je nach Service, in dem sie aufgerufen wird, unterschiedliche Informationen aus. Daher muss auch immer explizit der Service (z.B. WMS) bei einem Request mit angegeben werden. Die Get Capabilities-Response enthält generell Metainformationen auf der Ebene des Services, welche Parameter bei weiteren Anfragen (z.B. GetMap, GetView) notwendig sind, welche Daten (Layer) überhaupt verfügbar sind sowie welcher Service auf diese angewandt werden kann (z.B. SLD). Die Ausgabe erfolgt in Form eines, durch die OGC-Web Service (OWS) genormten XML-Schemas.

Man unterscheidet im Zusammenhang mit Geodaten:

- Datendienste (z.B. WFS, WCS) und
- Visualisierungsdienste "portrayal services" (z.B. WMS, W3DS).

Erstere liefern Daten und Letztere visualieren sie. Die Visualisierungsdienste orientieren sich an der Idee der Visualisierungspipeline. Das Portrayal Model nach Adrian Cuthbert (s. Abbildung 3.1) überträgt die Prinzipien der Visualisierungspipeline auf den Bereich der Geodaten, zerlegt den Visualisierungsprozess und ordnet konkrete Schritte, sowie verfügbare Standards zu. Die Standards haben den Zweck, die Austauschbarkeit in

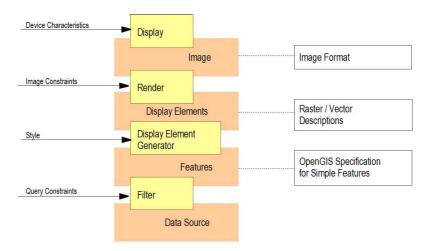


Abb. 3.1: Portrayal Model nach Doyle und Cuthbert [1998]

Teilabschnitten des Visualisierungsprozesses und damit die Austauschbarkeit von Daten auf jeder Ebene dieses Prozesses zu gewährleisten. Die nachfolgenden Kapitel gehen anhand der Spezifikationen auf die einzelnen Ebenen ein. Dabei wird die Visualisierung von 3D-Daten speziell einbezogen.

#### 3.2.2 Web Feature Service

Ein Web Feature Service (WFS) erlaubt einem Client, in GML formulierte Geo-Vektordaten (so genannte "Simple Features") über das Internet aus einer entsprechenden Quelle abzufragen. Unter einem Feature versteht man in diesem Zusammenhang die allgemeine Abstraktion eines "real world phenomenon". Ein Simple Feature ist die Darstellung eines solchen Phänomens mithilfe eines Namens, weiteren Attributen und einer Geometrie. Die Geometrie bzw. die räumlichen Eigenschaften werden durch das konzeptionelle Datenmodell des "Feature Geometry Models" beschrieben. Weitere Definitionen und Erläuterungen enthalten die OGC Simple Feature Specification [Open Geospatial Consortium 2008f] und die GML1 Implementation Specification [Open Geospatial Consortium 2008e]. Eine gute Einführung in das Feature Geometry Model gibt Brinkhoff [2004a].

Die Formulierung der mit einem WFS möglichen Operationen (z.B. Insert, Update, Delete und Query) ist standardisiert (vgl. [Open Geospatial Consortium 2008g]). Ebenso ist die Formulierung von Filtern durch die Filter Encoding Specification [Open Geospatial Consortium 2008d] standardisiert.

Nach dem OGC-Standard müssen folgende Requests mit dem WFS möglich sein:

- getCapabilities beschreibt durch XML-kodierte Metadaten die Operationen, die mit einer konkreten WFS-Implementierung möglich sind,
- describeFeature gibt Informationen über die Struktur jedes Feature-Types, der geliefert werden kann,
- get Feature liefert konkrete Daten entsprechend einer Filterformulierung. Der Client kann bestimmte Feature-Eigenschaften (z.B. Ausdehnung des Datensatzes oder vorhandene Attribute) über den describe Feature-Request abfragen zu können, um darauf aufbauend einen Filter zur näheren Bestimmung eines Subsets der Daten zu formulieren.

Im Gegensatz zu dem, nur die oben genannten Requests umsetzenden (read-only) "Basic-WFS", implementiert der "Transaction-WFS" zusätzlich noch eine Operation zur Transaktion von Daten.

Anfragen können - und das gilt für alle OGC-konformen Web Services - sowohl in XML oder als Key Value Pair (KVP) formuliert werden. Ein Key Value Pair entspricht einer, nach einem "?" an die http-Adresse angehängten Phrase. Die Funktion kann im ELAN-Modul "Internet-GIS" verglichen werden [Katterfeld und Hampe 2006].

Ein Beispiel für eine Implementierung eines OGC-konformen WFS ist das OpenSource-Produkt "Geoserver" (http://geoserver.sourceforge.net/html/index.php).

## 3.2.3 Web Map Service

Im Rahmen der OGC Spezifikationen kann ein WMS Karten aus Rasterdaten und Vektordaten visualisieren. Im Sinne eines verteilten GIS besitzt ein WMS nur die Fähigkeit zur Auskunft der notwendigen Metainformation, zur Visualisierung dieser Geodaten und für eine allgemeine Abfrage der zugrundeliegenden Sachdaten. Das Ergebnis, also die Karte, wird vom WMS in der Regel in einem einfachen Raster-Grafikformat zurückgegeben, je nach Aufbau können aber auch verschiedene andere Dateiformate wie Scalable Vector Graphics (SVG) oder diverse Rasterformate (z.B. jpg, png) erstellt werden. Nach dem OGC-Standard müssen folgende Requests mit dem WMS möglich sein:

- get Capabilities gibt ein XML-Dokument mit Informationen zum Sercive und den vorhandenen Daten aus. Die Operation zeigt somit an, welche Requests möglich sind,
- getMap liefert, entsprechend standardisierten Filterbedingungen (z.B. Thema, BoundingBox, Ausgabeformat etc.) passenden Geodaten

Ein Beispiel für eine WMS-Implementierung ist der UMN-Mapserver (http://mapserver.gis.umn.edu/). Optional kann noch der GetFeatureInfo-Request angeboten werden, der Sachdaten liefert.

## 3.2.4 Web Coverage Service

Ein Web Coverage Service (WCS) dient der Bereitstellung von Coverages (Rasterdaten) mit Raumbezug im Internet. Dabei spielt es keine Rolle, ob die Rasterdaten digitale Höhen oder beispielsweise radiometrische Werte (wie bei den Bändern eines Satellitenbildes) repräsentieren. Der Unterschied zum WMS liegt darin, dass die Kartendarstellungen nicht erst durch Auswahl von Objekten und dynamischem Rendering von Kartendarstellungen zur Laufzeit erzeugt werden, sondern, dass statische (Kombinationen von) Geoinformationen vorliegen.

Ein WCS besteht aus drei Operationen:

- get Capabilities gibt ein XML-Dokument mit Informationen zum Sercive und den vorhandenen Daten aus. Die Operation zeigt somit an, welche Requests möglich sind,
- GetCoverage gibt Darstellungen mit räumlichem Bezug als Rastergraphik aus,
- DescribeCoverageType gibt Detailbeschreibung eines coverage-layers aus (optional).

## 3.2.5 Web Terrain Service

Seit 2001 liegt bei der OGC die Idee des Web Terrain Service (WTS) in Form eines Discussion Papers vor [Singh 2001]. Er stellt eine Erweiterung des WMS dar. Der WTS wird oft auch als "compagnion specification" zu der Spezifizierung des WMS 1.1.1 bezeichnet, da die WTS-Spezifizierung eine Spezialisierung der WMS-Spezifizierung, in dem Sinne, dass es sich nicht nur um eine 90°-Senkrechtansicht, sondern um eine von diesem Blickwinkel verschiedene perspektivischen Ansicht handelt. Zur Darstellung der Ansicht werden Rasterbilder verwendet.

Implementiert wird im WTS neben dem, für alle Services obligatorischen Get CapabilitiesRequest der Get View-Request, der in Analogie zum GetMap-Request des WMS die perspektivische Ansicht der Geodaten liefert. Die Spezifikation enthält keine Angaben dazu, welche Input-Daten möglich sind und wie diese vor dem Rendering kombiniert werden. Andere Geodaten (Objekte) können nicht in die Szenen eingebettet werden. Somit bleibt der WTS auf die Ausgabe von statischen Bilder beschränkt. Eine Kombination dieser Bilder (im Sinne von Kaskadierenden Services) ist somit ebenfalls nicht möglich. Die Interaktion bzw. vorausgehende Identifikation

von einzelnen Objekten ist zudem genauso wenig möglich, wie die Navigation innerhalb der Szenen. Daher stellt der WTS keine anzustrebende Implementierung für 3D-Visualisierung von Geodaten im WWW dar. Der nachfolgend vorgestellte W3DS bietet bessere Ideen.

### 3.2.6 Web 3D Service

Der Web 3D Service (W3DS) ist ein Dienst, der 3D-Darstellungen von geographischen Gebieten entsprechend einer standardisierten Anfrage erzeugt, wobei im Unterschied zum WMS und dem WTS keine Rasterbilder sondern 3D-Szenegraphen erzeugt werden [Kolbe 2003]. Dieses Prinzip ist daher gut für die gemeinsame Visualisierung von Terrain und (Vektor-)Objekten geeignet, weil mit dem Szenegraphen die Generierung der angefragten Bilder auf Seite des Clients vollzogen wird. Dabei bleibt die Objektstruktur erhalten, was die Interaktionen mit den einzelnen Geoobjekten ermöglicht. Dabei stellt der Szenegraph nicht den Geodatensatz selbst dar, sondern ermöglicht lediglich die Identifikation eines Objektes. Rückfragen an die Originaldaten können als neuer Request generiert werden.

Der W3DS liegt seit Februar 2005 als Discussion Paper bei der OGC zur Disposition. Ein Standard wurde daraus allerdings noch nicht formuliert. Dennoch erscheint das Prinzip des W3DS als derzeit beste Möglichkeit, webfähige und interoperable 3D-Visualisierungen von Geodaten in Form eines Services zu realisieren. Eine Referenzimplementierung stellt der Pilot 3D der Initiative Geodateninfrastruktur Nordrhein-Westfalen dar [Kolbe 2004].

## Kapitel 4

# Handlungsorientierung in Lernlandschaften

## 4.1 Interaktivität und Interaktion

Wie das Kapitel 2.2.1 gezeigt hat, spielt das Thema "Interaktivität" im Rahmen von handlungsorientierten Lernmethoden eine große Rolle. Die Hypothese, dass Interaktivität von Lernobjekten entscheidend für den Lernerfolg und für die langfristige Zufriedenheit der Benutzer sei, wurde schon öfter vertreten (z.B. [Schweer 2002], [Pallof und Pratt 2001]). Aufenanger [1999] führt den Umbruch beim Lernen mit den neuen Medien darauf zurück, dass sich der Schwerpunkt weg von der Passivität der Lernenden hin zu einer (Inter-) Aktivität, mit der Wissen konstruiert wird, verlagert.

Viele Autoren haben sich mit dem Thema beschäftigt und ihre Sichtweisen und Gliederungen beschrieben. Metzger und Schulmeister [2004] geben eine Übersicht zu einer Auswahl solcher Ansichten. Jede dieser Auffassungen und Klassifizierungen von Interaktivität hebt einen anderen wichtigen Aspekt hervor. Sie hier auch nur auszugsweise aufzuführen würde den Rahmen der Arbeit sprengen. Schließlich erscheint jedoch die Aussage von Jaspers [1991] konstruktiv, dass Interaktivität eine Eigenschaft ist, die nur als Skala gefasst werden kann: "We must conclude that the point is not: interactivity yes or no. The point is: more or less. All the named characteristics of interactivity are gradients."

Cartwright u. a. [2001] unterscheiden zwischen genereller Interaktivität und Interaktivität der Technologie bzw. deren Interfaces und grenzen so die rein technologische Interaktivität von der so genannten "generellen" Interaktion eines Benutzers ab. Für die genauere Betrachtung dieser Unterscheidung lohnt ein Blick in die Sozialwissenschaften. Auch hier wurde festgestellt, dass der Begriff "Interaktion" irritierenderweise oftmals mit dem Begriff "Interaktivität" synonym verwendet wird [Bieber und Leggewie 2004]. Interaktion ist definiert als die Wechselbeziehung zwischen zwei Menschen; Interaktivität dagegen wird in den Computerwissenschaften als die Wechselwirkung zwischen Mensch und Computer definiert.

Strzebkowski und Kleeberg [2002] unterscheiden im Kontext von Lernumgebungen navigationsbasierte Interaktionen und didaktische Interaktionen. Es scheint angebracht, entsprechend dieser Unterscheidung verschiedene Begriffe zu nutzen. Im Hinblick auf die Nutzung von Software sowie Handlungen zur Kontrolle sollte "Interaktivität" im weiteren Sinne für die Navigation und Steuerung verwendet werden, während der Begriff "Interaktion" für die Wechselwirkung mit dem Inhalt stehen sollte. Schulmeister [2002] definiert die Interaktivität als "das Handeln mit den Lernobjekten oder Ressourcen des Programms und nicht Interaktion im Sinne von Kommunikation und Kooperation." Als Überbegriff über beide Formen wird in dieser Arbeit vereinfachend von Handlungsorientierung gesprochen.

Wie von vielen Autoren (z.B. Hedley [2001]) angemerkt wird, befindet sich die Kartographie in einer Phase des Übergangs in neue Technologien. Dieser gestaltet sich in der Form, dass eine konzeptionelle Erweiterung der Rolle der traditionellen Karte hinsichtlich der Einbeziehung von explorativer bzw. interaktiver Visualisierung großer Datensätze stattgefunden hat. MacEachren [1995] spricht daher statt von Kartographie von Geovisualisierung (GVis). Da sich eine Lernumgebung für geowissenschaftliche Inhalte sehr stark auf Geodatenvisualisierung stützen wird, sind viele der nachfolgend zu erläuternden theoretischen Grundlagen der kartographischen Interaktionsforschung, aber auch verwandte Gebiete, wie Multimediakartographie etc. entlehnt. Die Erkenntnisse, die dort gereift sind, können sehr gut auf Karteninteraktionen mit dem Ziel des verbesserten Erkenntnisgewinns bzw. des Lernens übertragen werden.

Gegenüber der Nutzung von traditionellen Karten und der Form, wie daraus Erkenntnisse gewonnen werden können, unterscheidet sich die Geovisualisierung durch die Möglichkeit,

- größere Datenmengen darzustellen,
- Daten (sowohl räumlich als auch inhaltlich) mehrdimensional darzustellen,
- eine Reihe von Explorations- und Analysefunktionalitäten bereitzustellen, die für traditionelle meist analoge Karten nicht anwendbar sind. Diese sind im einfachsten Fall der Zoom oder die Möglichkeit zur Auswahl von Datenlayern und im anspruchsvolleren Fall Selektions- oder sogar Analysewerkzeuge.
- dem Nutzer durch o.g. Aspekte mehr (Inter-) Aktionsraum zu geben.

Die Produkte der traditionellen Kartographie zeichnen sich nicht durch diese Eigenschaften aus und kommunizieren damit einen höheren Grad an gezielter bzw. interpretierter Information. Dies kann effektiver sein, wenn gezielt Informationen gesucht werden oder wenn die Kompetenz zur Interpretation von Daten nicht vorhanden ist. Hinsichtlich der Auseinandersetzung mit den Daten z.B. mit dem Ziel Raumverständnis zu entwickeln, Interpretationsmöglichkeiten gegeneinander abzuwägen oder weiterführende Informationen zu erlangen, bietet die moderne Kartographie ein größeres Potential. Einer der wesentlichen Unterschiede zwischen traditioneller und moderner Kartographie (Geovisualisierung) besteht wie bei der Unterscheidung zwischen traditionellem Lernen und E-Learning in der Bedeutung und Art und Weise von Interaktionen. Cartwright und Peterson [1999a] charakterisieren den unaufhaltsamen Einzug von Interaktivität in Kartographie und Wissenskonstruktion in all unsere computer- bzw. web-basierten Handlungen wie folgt: "Interactive media is becoming commonplace. Through the influence of the World Wide Web, users now expect linking structure to be incorporated on any computer display. The surface description is no longer sufficient. People want to 'go into' the map, both spatially and conceptually.(...) These tendencies are not idle pursuits but can be attributed to the way we learn and structure knowledge. Interaction is the key to knowledge formation." Deutlicher beziehen dagegen MacEachren und Kraak [1997] ihre Aussage über die Bedeutung der Interaktion auf die Kartographie: "While visual representation remains a fundamental issue, the focus of both cartographic design and cartographic research now extends to problems in human-computer interaction and in enabling dynamic map and map object behaviours."

Slocum u. a. [2001], die sich eigentlich mit der Gestaltung von Geovisualisierung beschäftigen, arbeiten als wesentliches Element dieser modernen Form der Geodatendarstellung die Möglichkeit der Datenerkundung durch Interaktivität heraus: "A key factor of geovisualization methods is the capability to explore geospatial data (to uncover hidden patterns and relationships in space and/or time); such exploration requires a high degree of interactivity not characteristic of traditional software for spatial data processing." Damit stellt die Handlungsorientierung i.w.S. eine der Grundlagen moderner Geovisualisierung dar. In gleicher Weise kann man allgemeingültig - formulieren, dass Handlungsorientierung als inhärente Eigenschaft von Multimedia auch als Paradigma der Multimedia-Kartographie (in deren Untermenge die zu entwickelnde virtuelle Lernlandschaft einzuordnen sei) zum Tragen kommt.

## 4.2 Handlungsorientierung durch 3D-Visualisierung

Eng verbunden mit den Begriffen Multimedia und Geovisualisierung ist die 3D-Visualisierung bzw. virtuelle Umgebungen. Die 3D-Visualisierung hat im Sinne der Handlungsorientierung motivierenden Charakter. Die Nutzung von (realen) 3D-Daten ist in vielen Fällen Grundlage für die Vermittlung des Raumverständnisses. Als konkrete Anwendungsfelder für virtuelle Umgebungen und 3D-GIS identifizieren Devanthéry und Fopp [2001]

- Visualisierung und Bewegung in einer "Area of Interest",
- Erzeugung von Ansichten (Drucken von Panoramabildern oder näheren Sichten) sowie
- Abfrage der Eigenschaften von Objekten.

Solche Aufgabenstellungen treten beispielsweise in den Bereichen Stadtplanung, geologische Erschließung, Strömungssimulation (Meteorologie) etc. auf. Ein Beispiel für die Umsetzung eines Systems ist der CityServer3D ([Haist und Coors 2005]). Beim Geodaten-basierten Lernen finden 3D-Visualisierung und 3D-GIS Anwendung z.B. bei der Umsetzung von Virtuellen Exkursionen, aber auch im Rahmen von analytischen oder Komplexaufgaben mit konkretem Anwendungsbeispiel. Dabei ist oft die Kenntnis eines speziellen Untersuchungsgebietes von Bedeutung.

Wichtiger als die Veranschaulichung ist aus Sicht von Schwan und Buder [2006], die sich nicht speziell auf das Geodaten-basierte Lernen beziehen, das stärkere Maß der Möglichkeit der interaktiven Exploration und Manipulation. Dieser Aspekt ist zwar aus Sicht der Geovisualisierung hinsichtlich der Gewichtung diskutabel (denn Visualisierung spielt für das Raumverständnis im Vergleich zu anderen Fachgebieten durchaus eine große Rolle), aber aus Sicht des Lernprozesses und der Handlungsorientierung natürlich stark zu betonen.

Bricken [1991] hat über die Potentiale und Herausforderungen von virtuellen Lernungebungen, die auf 3D-Visualisierung basieren, gesprochen und herausgestellt, dass sich diese gut für "hands-on learning", Gruppenprojekte, Diskussionen, (virtuelle) Exkursionen, Simulationen und die Visualisierung von Konzepten eignen. So stellen virtuelle Welten und 3D-Umgebungen eine ideale Umgebung v.a. dann dar, wenn das Lernen in realen Situationen beispielsweise zu gefährlich, logistisch zu aufwendig, zu teuer oder zu schwierig zu kontrollieren ist. Für das Lernen von geowissenschaftlichen Inhalten lässt sich dem hinzufügen, dass durch die Überwindung des Maßstabes neue Einsichten möglich, die Probleme übersichtlicher und daher verständlicher werden. Als Vorteil für virtuelle Welten im Kontext des Lernens führen Winn und Jackson [1999] zudem die hohe Nutzungsmotivation an. Hedley [2001] verweist auf Studien von Waller u. a. [1998] sowie Waller [1999], die zeigen, dass virtuelle Umgebungen helfen, räumliches Wissen und Verständnis zu erlangen. Dies gilt insbesondere auch für die Bereiche Training, Kommunikation, Kollaboration und Ausbildung. Entsprechende Untersuchungen haben Winn [1993], Waller u. a. [1998] sowie Winn und Jackson [1999] vorgelegt.

Anwendungen von virtuellen Umgebungen für Lehrzwecke sind beispielsweise das Training von Piloten, Fahrern oder medizinischem Personal. Einige Metastudien, z.B. von Rose u.a. [2000] im Bereich "transfer of training research" lassen

- im Lernen von räumlichen Fähigkeiten (spatial skills) generell einen positiven Transfer von virtuellen in reale Umgebungen (vgl. [Waller u. a. 1998]) und
- im Rahmen von prozeduralem Lernen ebenfalls einen Transfer von virtuellen auf reale Umgebungen erkennen. Ein solcher Transfer findet ohne Zweifel statt. Allerdings gibt es Einschränkungen, wenn der Effekt von Gefahren virtuell nicht in gleichem Maße vermittelt werden kann. Ein Fehler im Flugsimulator fügt mir im Gegensatz zur Realität keine Verletzungen zu.

Dass mehreren Studien (z.B. [Bowman u.a. 1999], [Dede u.a. 1996], [Roussos u.a. 1999], [Salzman u.a. 1999], [Youngblut 1998]) zufolge bei Lernwelten, die mit realen Sachverhalten operieren kein bedeutsamer Lernzuwachs zu erwarten ist, scheint der Argumentation für den Einsatz im Bereich der Landschaftsvisualisierung zu

widersprechen. Dem ist nicht so, denn es muss unterschieden werden, ob es ein Handlungsschritt ist, der real durchführbar wäre (z.B. eine handwerkliche Tätigkeit) und eben "nur" virtuell ausgeführt ist. Für diesen Fall ist leicht vorstellbar, dass der Lernzuwachs nicht sehr groß ist. Bei Sachverhalten dagegen, die wegen oben schon genannter Gründe (z.B. Aufwand, Gefahr oder eben Maßstab) nicht so leicht real durchführbar sind, versprechen virtuelle Welten durchaus sehr gut Abhilfe. Diese These wird gestützt durch die vermehrte Thematisierung von "Virtuelle Umgebungen und Augmented Reality" in der Kartographie bzw. Geoinformatik.

Hinsichtlich der Motivation zur Nutzung von virtuellen Umgebungen für Lernzwecke sieht Youngblut [1998] die wesentlichen Vorteile in der Möglichkeit, dem Lerner zu erlauben:

- abstrakte Konzepte zu visualisieren,
- Geschehnisse in sowohl atomaren als auch planetaren Maßstäben zu verfolgen,
- Umgebungen zu besuchen und
- mit Geschehnissen, die sonst aus Entfernungs-, Zeit oder Sicherheitsgründen nicht zugänglich sind, zu interagieren.

Bei Coors und Flick [1998], Zlatanova u. a. [2002], Döllner u. a. [2003] und Nebiker [2002] lassen sich Motivationen für Anwendungen, aber v.a. auch Anforderungen und Grenzen von 3D-GIS nachlesen. Die Wirkungsweise und Effektivität von 3D-Visualisierung und 3D-GIS ist bisher nur unzulänglich erforscht. Eine Studie zur Effektivität von 3D bei Bleisch [2004] beispielsweise belegt, dass es viele Anwendungen gibt, bei denen die Arbeit auf der Ebene von 2D-Daten wirkungsvoller ist. Daher ist der verantwortungsbewußte dem auf Effekte zielenden Einsatz von 3D-Daten und 3D-Visualisierung vorzuziehen. Unter verantwortungsbewußt ist zu verstehen, dass an eine geodaten-basierte (webfähige) 3D-Umgebung nicht die Anforderungen eines 2D-GIS hinsichtlich der Funktionalität gestellt werden müssen. Wichtiger sind gerade im Kontext des Lernens die Explorations- und Interaktionswerkzeuge.

## 4.3 Theorie einer geovisualisierungsorienterten Interaktivität

Cartwright u. a. [2001] machen auf die Tatsache aufmerksam, dass auch die theoretischen Grundlagen der interaktiven Geovisualisierung noch nicht umfassend erarbeitet wurden. Er sagt: "[While] it is possible to create highly interactive maps, the design and manipulation of which are left to users, no theory of interactive geovisualisation has yet been developed, no general guidelines exist, and we have very limited knowledge of the impact of interactivity on how people think or make decisions with interactive environments." Zwar ist seit dieser Aussage etwas Zeit verstrichen und viel Arbeit wurde geleistet, jedoch wurde bei allen, nachfolgend noch darzulegenden, Kategorisierungsversuchen und Analysen noch keine vorläufig als endgültig zu akzeptierende Theorie abgeleitet. Entsprechend schwierig ist es, eine Theorie speziell für handlungsorientiertes Lernen für diesen Bereich zu erarbeiten. Im Rahmen dieser Arbeit besteht das Ziel der Beschäftigung mit dem Thema Handlungsorientierung darin, Möglichkeiten zur Interaktion mit dem Zweck der Wissenskonstruktion in Lernumgebungen gezielt einzusetzen. Dies erfordert theoretisches Wissen über die Wirkungsweise von konkreten Interaktionsformen. Ausgangspunkt für eine solche systematische Theorie sind die Taxonomien (auch Typologien) nach Crampton [2002].

Die Erarbeitung eines Ordnungssystems von Interaktionsformen begründen Buja u. a. [1996] mit: "It is useful to develop a taxonomy for data visualization, not only because it brings order to disjoint techniques, but because it clarifies and interprets ideas and purposes behind techniques. In addition, a taxonomy may trigger the imagination to dream up new and as yet undiscovered techniques." Die vorliegende Arbeit möchte solche Kategorisierungen zunächst überblicksmäßig betrachten, um aus den Eigenschaften, insbesondere der Wirkungsweise oder Effizienz, Schlussfolgerungen für den Einsatz von Interaktionsformen für das E-Learning abzuleiten.

Tabelle 4.1: Zusammenstellung ausgewählter Studien zur Erstellung interaktiver Funktionen in der Geovisualisierung

Untersuchte Darstellungsform	Studie	Ergebnis	
Animierte vs. statische Karten	[Koussoulakou und Kraak 1992], [Patton und Cammack 1996]	Animation ist effektiv	
	[Egbert und Slocum 1992]	Wenig Unterschiede zwischen beiden Formen gefunden	
	[Slocum u. a. 2001]	Nutzer mochten Animationen, da sie das intui- tive Verständnis von Zeit bedienten und über- geordnete Strukturen verdeutlichten	
Interaktive Darstellungen (Fokus auf Manipulierung von Animationen)	[Kraak u. a. 1997]	Effektivität verschiedener, wählbarer Leger dendarstellung: keine Unterschiede in der Ver ständlichkeit	
	[Edsall u.a. 1997]	Fokus während Animation: neue Strukturen in den Daten konnten entdeckt werden	

Einer entsprechenden Forderung nach Kategorisierung von Interaktion für die Arbeit mit Geodaten von Cartwright u. a. [2001] folgend, stellte Crampton [2002] eine so genannte vorläufige Typologie ("preliminary taxonomy") von Interaktivität in der Geovisualisierung auf. Darin unterscheidet er zunächst vier Arten von Interaktivität für die Geo-Visualisierung (Interaktion mit den Daten, mit der Datenrepräsentation, mit der zeitlichen Dimension und Interaktion dem Kontext). Verbunden mit dieser Kategorisierung von Arten der Interaktivität ist die Bewertung, dass es unterschiedliche bzw. unterschiedlich komplexe Interaktionsgrade gibt.

Crampton [2002] weist darauf hin, dass weitere Interaktionstypen durch Kombination der aufgeführten Elemente entstehen bzw. erzeugt werden können. Verbree u. a. [1999] unterscheiden grundsätzlich Interaktionen zur Orientierung und Navigation, Selektion und Abfrage sowie zur Manipulation und Analyse. Eine weitere, so genannte "Taxonomy of interactive data visualization" haben Buja u. a. [1996] aufgestellt. Diese fokussiert auf die Triade der Datenanalyse, genauer gesagt zum Finden von Strukturen in den Daten: "Finding Gestalt", "Posing Queries" und "Making Comparisons" und scheint nicht so vollständig, wie die Typologie von Crampton [2002], welche an dieser Stelle als Basis für weitere Betrachtungen genutzt werden soll.

Leider sind andere Formen der Kategorisierung sehr heterogen, so dass eine weitere Vertiefung die Arbeit an dieser Stelle sprengen würde. Sekundären, d.h. einem anderen Zweck untergeordnete Unterscheidungen finden sich beispielsweise noch bei Hurni [1999], Cartwright u. a. [2001] oder Andrienko und Andrienko [1999].

# 4.4 Interaction Dictionary

Wie schon Kapitel 2.7 verdeutlicht, kann eine Qualität (bzw. Effizienz) nicht absolut, sondern nur relativ zu den Anforderungen bewertet werden. Demzufolge muss eine Interaktion möglichst detailliert beschrieben und hinsichtlich ihrer Wirkung charakerisiert werden, um Qualitätsinformationen für einen bestimmten Kontext ableiten zu können. Solche Informationen werden entweder in empirischen Untersuchungen ermittelt (einige Beispiele zeigt Tabelle 4.1 auf) oder als theoretische Hypothesen zur Wirkung beschrieben (siehe dazu Tabelle 4.2). Hierin werden die Interaktionen den von Crampton [2002] vorgeschlagenen Kategorien zugeordnet.

Tabelle 4.2: Interaktivitätsfunktionen in der Geovisualisierung - auf der Grundlage der Taxonomie nach [Crampton 2002]

	Interaktivität	Beschreibung	Wirkung
A) Interaktion mit der Daten repräsentation		Anwendung von verschiedenen Darstellungformen	Verschiedene Darstellungen heben verschiedene Eigenschaften, die von den Daten dargestellt werden hervor. Daher hilft diese Inter- aktion, den Inhalt der Daten besser zu verstehen.
	Veränderung der Symbole	Änderung des Symbolisierungsschemas, z.B. Farbe etc.	Verbesserung der Lesbarkeit der Informationen
	Zoom-in / Zoom-out	Änderung des angezeigten Maßstabes der Daten, so dass - sofern das technisch vorgesehen ist - verschiedene Level of Details (LOD) sichtbar werden	hinsichtlich der räumlichen Skala und im Idealfall auch der Se- mantik werden andere Einblicke in die Daten und damit Zusam- menhänge (Zoom-out) und Details (Zoom-in) deutlich
	Umschalten (Toggling, Sweep)	Umschalten zwischen verschiedenen zeitlichen Repräsentationen eines räumlichen Datensatzes	Zusammenhänge bzw. Folgen oder Voraussetzungen für aktuelle Zustände werden deutlich
	Beleuchtung (lighting)	kann von einfachen Winkel der Beleuchtung über ein schattiertes Relief bis hin zu anspruchsvoller Manipulation der Beleuchtungs- attribute führen (z.B. Wellenlängendefinition bei Fernerkundungs- daten, was dann Schatten und Reflexionsinterpretation nach sich zieht)	hat Einfluss auf den Grad der Schwierigkeit der Erkennung oder Interpretation von Mustern
B) Interaktion mit der Orientierung		Nutzung von verschiedenen Perspektiven und Ansichten auf die Daten	Verschiedene räumliche Ansichten heben verschiedene räumliche Eigenschaften der Daten hervor. Daher hilft diese Interaktion den Inhalt der Daten besser zu verstehen.
	Änderung der Orientie- rung der Daten	Daten werden in einer oder mehrerer der drei Raumdimenstionen neu ausgerichtet	neue Perspektiven durch Änderung der Orientierung der Daten
	Navigation	verschiedene Funktionen zur Änderung der Ansicht oder räumli- chen Darstellung	unterstützt die kognitive räumliche Orientierung und Entscheidungsfindung
	Animationen	animierte Reise durch den Datenraum bzw. das Terrain	Kennenlernen der Daten / Exploration
C) Kontext Interaktionen		Die Struktur der Daten wird durch Nutzung verschiedener Werkzeuge erkundet	Ein Eindruck von der Struktur der Daten wird gewonnen. Erste Aussagen zu den Eigenschaften können getroffen werden.
	Sortierung und Klassifikation	Sortierung von Daten nach bestimmten Kriterien	Erkennen von Trends, Mustern etc.
	Mehrfache Ansichten	Kombination von verschiedenen Repräsentationen der Realität - in unterschiedlichen zeitlichen oder inhaltlichen Attributierungen	bessere Einsichten in die Daten
	Kombination von Datenlayern	Kombination von mehreren Layern, um Layer mit neuer Aussage zu erhalten	Erkenntnisgewinn
	Nebeneinanderstellung von Daten (Juxtaposition)	Nebeneinanderordnung von Datenfenstern	Vergleich von verschiedenen Datenrepräsentationen möglich
			Fortsetzung auf nächster Seite

Fortsetzung von letzter	Seite		
	Linking	Verbindung / Indizierung von Daten untereinander, d.h. die konzeptionelle Verbindung	durch die Verbindung verschiedener Maßstäbe, zeitlicher Darstellungen und Inhalte werden Zusammenhänge sichtbar
D) (attribut-basierte) Analyse der Daten		Werkzeuge werden verwendet, um komplexe Strukturen in den Rohdaten zu analysisieren	Zusammenhängen und Entwicklungen können aufgedeckt werden
	Filterung (Excluding)	Generalisierungsprozess, mittels dessen Daten von der Darstellung ausgeschlossen bzw. vereinfacht dargestellt werden	Erkennen von Zusammenhängen, Tendenzen etc.
	Betonung (Including)	konzeptionelles Gegenteil von Filterung: Heraushebung / Beto- nung von Daten nach einem bestimmten Kriterium	Erkennen von Zusammenhängen, Auslösern etc.
	Statistiken	Anwendung eines (eher einfachen) statistischen Verfahrens, z.B. Errechnung des Durchschnitt, Min, Max, Median etc.	Erlangen von Informationen über die Struktur der Daten
	Databankabfrage, Data Mining	komplexe mathematisch-statistische Methoden zur Erkundung der Struktur der Daten	Interaktives Erkennen von versteckten Mustern, wobei keine Hy- pothese [als vermutetes Wissen] getestet wird, sondern implizite Informationen gesucht werden
E) (räumliche) Analyse der Daten		Werkzeuge zur geometrischen und räumlichen Analyse	komplexere Algorithmen helfen, nicht sofort ersichtliche Informa- tionen zu Geometrie und Lage aus den Daten zu erlangen und so räumliche Zusammenhänge zu verstehen
	Topologische Analyse	Anwendung von Verfahren, wie z.B. Schnittpunktsuche, Teilflächenberechnung, Pufferberechnung etc.	topologische Relationen (auch kombiniert mit attribut-basierten Kriterien) werden untersucht, um Informationen aus den Daten zu erhalten
F) Manipulation der Daten		bestehende Daten können bearbeitet und neue Daten erfasst werden	Die Manipulation der Daten hilft, Erkenntnisgewinn dauerhaft festzuhalten oder Hypothesen zu formulieren, auf deren Basis andere (analytische) Tests mit dem Ziel des Erkenntnisgewinns durchgeführt werden können.
	Änderung / Hinzufügen von Attributen	z.B. durch Digitalisierung werden neue Datensätze erfasst	zusätzliche Informationen, gewonnen aus Primärquellen oder als Resultat einer vorangegangenen Analyse können als Ausgangs- puntk für weitere Analysen der Daten zugefügt oder als Ergebnis festgehalten werden.
	Änderung / Hinzufügen von Geometrie	z.B. durch Digitalisierung werden neue Datensätze erfasst	zusätzliche Informationen, gewonnen aus Primärquellen oder als Resultat einer vorangegangenen Analyse können der weiteren Be- trachtung der Daten zugefügt oder als Ergebnis visualisiert wer- den.
	Topologische Manipula- tion (union, clip, merge, dissolve etc.)	durch Anwendung von räumlichen Operatoren (auch kombiniert mit attribut-basierten Kriterien) werden topologische Änderungen vorgenommen	die topologischen Änderungen dienen der Abbilung von Inhalts- spezifischen Zusammenhängen

Wie schon oben betont, so machen auch Monmonier [1992] und Krygier u.a. [1995] darauf aufmerksam, dass Interaktivität bzw. deren Wirkung und Effizienz von der konkreten Situation (dem Kontext) abhängig sind und prägen den Term der "conditional interactivity". Hinter dem Begriff "bedingt" (conditional) verbirgt sich die Aussage, dass Interaktivität dynamisch auf konkrete Bedingungen zugeschnitten und damit "intelligent" sein soll. Wie sich Interaktionsmöglichkeiten für die Arbeit mit Geodaten unter den Bedingungen eines Lernprzesses eignen, fasst die Tabelle 4.2 zusammen. Diese systematische Zusammenfassung sei nachfolgend als das "Interation Dictionary" bezeichnet.

Diese Thesen zur Interaktionswirkung im Lernprozess und der Wissenskonstruktion sind der rechten Spalte der Tabelle 4.2 zu entnehmen. Das "Interaction Dictionary" unterscheidet Interaktionen mit und zur

- A Datenrepräsentation,
- B Orientierung und Navigation,
- C Kontext,
- D attribut basierte Analyse,
- E räumliche Analyse sowie
- F Manipulation der Daten.

Diese Unterscheidung orientiert sich zum einen an gängigen Kategorien der Geovisualisierung ([Crampton 2002]), aber auch an den von Metzger und Schulmeister [2004] vorgeschlagenen Interaktionsniveaus von Lernobjekten allgemein. Dies sind die Manipulation der Repräsentationsform der Lerninhalte, die Manipulation der Inhalte, die Konstruktion von Lernobjekten und das Feedback vom Lernobjekt. Lediglich der Aspekt des Feedbacks vom Lernobjekt wurde in der vorliegenden Theorie nicht weiter betrachtet, da es bisher kaum Konzepte von Feedback im Zusammenhang mit dem Geodaten-basierten Lernen gibt. Im Ausblick (Kapitel 8) sind einige weiterführende Gedanken zu diesem Aspekt zusammengefasst.

Bei der Interaktion mit der *Datenrepräsentation* (Fall A in Tab. 4.2) werden verschiedene Darstellungsformen genutzt, um Eigenschaften hervorzuheben. Konkret gehören zu dieser Gruppe die Veränderung der Symbolik und der grafischen Variablen, Zoom-in und Zoom-out, das Umschalten (Toggling, Sweep) und die Beleuchtung (Lighting). Unter der Veränderung der Symbolik sei die Veränderung der grafischen Variablen sowie der Symbole verstanden. Änderungen können u.U. zu einer besseren Lesbarkeit und damit dem besseren Verständnis der Informationen dienen. Durch Zoom-in und Zoom-out ändert sich der Anzeige- (im Idealfall, z.B. bei der Anwendung von LOD-Konzepten) auch der Darstellungs-)maßstab. Hinsichtlich der räumlichen Skala und auch der Semantik werden Einblicke in die Daten gegeben. Zoom-out lässt Zusammenhänge deutlicher werden. Zoom-in gibt den Blick auf Details frei. Beim Umschalten wechseln die Sichten zwischen verschiedenen zeitlichen oder inhaltlichen Repräsentationen eines Datensatzes. Dadurch werden Zusammenhänge und Folgen bzw. Voraussetzungen für aktuelle Zustände deutlich.

Bei der Orientierung und Navigation (B) sind Perspektiven und Ansichten auf die Daten variabel. Verschiedene räumliche Ansichten heben verschiedene räumliche Eigenschaften der Daten hervor. Konkret können z.B. die Änderung der Orientierung der Daten, die Navigation sowie die Animationen zur Kategorie der Orientierung und Navigation gezählt werden. Die Beleuchtung hat einen Einfluss auf die Erkennbarkeit und Interpretation von Mustern und wird gesteuert - im einfachsten Fall - über den Einfallswinkel oder - anspruchsvoller - die Manipulation einer Reihe von Beleuchtungsattributen (z.B. Wellenlängendefinition, Intensität etc.). Bei der Änderung der Orientierung der Daten werden in eine oder mehrere der drei Raumdimensionen neu ausgerichtet, so dass neue Perspektiven auf die Daten entstehen. Bei der Navigation stehen diverse Funktionen zur Änderung der Ansicht oder der räumlichen Darstellung zur Verfügung. Navigation ist eng verbunden mit der Änderung der Orientierung der Daten, hat aber im Gegensatz dazu eine starke Bewegungskomponente, d.h. ist oft

verbunden mit einer relativen Bewegung des Betrachters. Durch diese Bewegung wird auf kognitive Weise die räumliche Orientierung beim Nutzer unterstützt. Animationen, oft auch gestaltet als Flüge stellen eine Bewegung durch den Datenraum bzw. das Terrain dar. Sie unterstützen die Exploration der Daten.

Bei der Interaktion mit dem Kontext (C) wird die Struktur der Daten unter Nutzung verschiedener Werkzeuge erkundet. Dadurch können Aussagen zu den Eigenschaften der Daten getroffen werden. Konkret hilft die Sortierung und Klassifikation der Ordnung der Informationen nach bestimmten Kriterien. Dadurch können Trends, Muster etc. erkannt werden. Mehrfache Ansichten sind die Kombination von verschiedenen Repräsentationen der Informationen in unterschiedlichen zeitlichen oder inhaltlichen Attributierungen. Damit ist eine bessere Einsicht in die Daten möglich. Die Kombination von Layern (zu Informationsebenen mit neuer Aussage) dient dem Informations- und Erkenntnisgewinn. Das Nebeneinanderstellen von Daten (Juxtaposition) macht den Vergleich verschiedener Daten bzw. Datenrepräsentationen möglich und fördert somit das Verständnis von Informationen. Schließlich können Daten durch Linking verknüpft werden, d.h. eine konzeptionelle Verbindung kann hergestellt werden. Unabhängig davon, ob Maßstäbe, zeitliche Darstellungen oder Inhalte verbunden sind, werden Zusammenhänge sichtbar.

Bei der attributbasierten Analyse (D) von Daten werden Werkzeuge verwendet, um komplexe Strukturen in den Rohdaten zu analysieren. Dadurch können Zusammenhänge oder Entwicklungen aufgedeckt werden. Die Filterung (Excluding) ist ein Generalisierungsprozess, mittels dessen Daten von der Darstellung ausgeschlossen bzw. vereinfacht dargestellt werden. Die Betonung (Including) stellt das konzeptionelle Gegenteil dar und betont Daten nach bestimmten Kriterien. Bei beiden Werkzeugen können Zusammenhänge oder Trends aufgedeckt werden. Durch die Erstellung von (einfachen) Statistiken durch ein entsprechendes Verfahren werden Kennwerte, wie z.B. arithmetisches Mittel, Minimum, Maximum, Median etc. errechnet, die den Datenraum kennzeichnen. Eine Datenbankabfrage oder - komplexer - Verfahren des Data Minings sind mathematisch-statistische Methoden zur Erkundung der Struktur der Daten. Sie machen interaktives Erkennen von versteckten Mustern möglich, wobei i.d.R. nicht eine Hypothese als vermutetes Wissen getestet wird, sondern implizite Informationen gesucht werden.

Bei der räumlichen Analyse (E) von Daten stehen Werkzeuge zur geometrischen bzw. räumlichen Erkundung bereit. Komplexe Algorithmen helfen, nicht sofort ersichtliche Informationen zu Geometrie und Topologie aus den Daten zu gewinnen und so räumliche Zusammenhänge besser zu verstehen. Es stehen unter dem Oberbegriff der Topologischen Analyse eine Reihe von Verfahren wie z.B. Schnittpunktsuche, Teilflächen- oder Pufferberechnung bereit, die die Lagerelationen im einzelnen oder kombiniert mit attributbasierten Kriterien untersuchen.

Bei der Manipulation (F) werden bestehende Datensätze bearbeitet oder neue Daten erfasst. Die Manipulation hilft, Erkenntnisgewinn dauerhaft festzuhalten oder Hypothesen zu formulieren, auf deren Basis andere (analytische) Tests mit dem Ziel des Erkenntnisgewinns durchgeführt werden können. Konkret können durch die Änderung oder das Hinzufügen von Attributen z.B. durch Digitalisierung neue Daten erfasst werden. Zusätzliche Informationen, die entweder aus Primärquellen gewonnen wurden oder Ergebnis einer vorausgegangenen Analyse sind, können Ausgangspunkt für weitere Analysen sein oder als Ergebnis festgehalten werden. Bei der Änderung / dem Hinzufügen von Geometrie geschieht das Gleiche auf der Ebene von räumlichen Informationen. Bei der Topologischen Manipulation durch Methoden wie z.B. Vereinigung (Union), Ausschneiden (Clip) oder Zusammenfassen (Merge) werden räumliche Operatoren (z.T. in Kombination mit attribut-basierten Kriterien) angewendet, um topologische Änderungen vorzunehmen. Die Wirkung besteht in der Abbildung von inhaltsspezifischen Zusammenhängen.

Neben der theoretischen Auseinandersetzung, wurde das Interaction Dictionary mit dem Ziel entwickelt, ein praktisches Werkzeug für den gezielten und daher sinnvollen Einsatz von Interaktionsmöglichkeiten in Lernumgebungen bereitzustellen. Das Interaction Dictionary erlaubt entsprechend einer Lernsituation die Ableitung von Empfehlungen für Funktionalitäten, die die Wissenskonstruktion im konkreten Kontext unterstützen. Grundsätzlich ist auch die (halb-) automatische Anwendung der Richtlinien angestrebt.

Als Voraussetzung zur Implementierung der Einbindung des Interaction Dictionary, wurde es in einer XML-Struktur abgebildet (siehe Anhang B.1). Dort finden sich innerhalb des <interactionDictionary>Rootelements die Unterelemente Datenrepräsentation (<dataRepresentation>), Orientierung (<orientation>), Interaktion mit dem Datenkontext (<contextualisation>), <query> für attributbasierte Analysen, <analysis> für räumliche Analysen und <manipulation> entsprechend den Kategorien in Tabelle 4.2 wieder. Für sie und ihre Unterelemente wird jeweils eine Beschreibung (<descr>) gegeben. Die Kategorien sind zusätzlich mit Informationen zur Wirkungsweise (<effect>) ausgestattet, während die konkreten Interaktionsformen mit Hinweise zum Einsatz (<app>) versehen sind. Die Angaben zur Wirkung können und sollten durch empirische Erkenntnisse in Zukunft noch verfeinert werden. Das nachfolgende Beispiel zeigt beispielhaft die Modellierung des Interaction Dictionary in XML.

```
<?xml version="1.0"?>
<interactionDictionary>
 <dataRepresentation>
   <...>
 </dataRepresentation>
 <orientation>
    <...>
  </orientation>
  <contextualisation</pre>
    descr="Analyse komplexer Strukturen in den Daten"
   effect="Erkennen der Struktur und Eigenschaften der Daten">
    <classification
     descr="Sortierung von Daten nach bestimmten Kriterien"
     app="Erkennen von Trends und Mustern"
     effect="Vergleich von Eigenschaften der Daten"/>
    <multipleViews
     descr="Kombination von verschiedenen Repräsentationen der Realität"
     app="Einsicht in die Daten"/>
     effect="sinnvoll, wenn unterschiedliche zeitliche und inhaltliche
     Attributierungen vorhanden sind bzw. verglichen werden sollen/>"
    <layerCombination</pre>
     descr="Kombination / Überlagerung von mehreren Layern"
     app="Layer mit neuer Aussage erstellen"
     effect="Erkenntnisgewinn"/>
    <juxtaposition
     descr="Nebeneinanderordnung von Datenfenstern"
     app="Vergleich von verschiedenen Datenrepräsentationen"
     effect="sinnvoll, wenn unterschiedliche zeitliche und inhaltliche
      Attributierungen vorhanden sind bzw. verglichen werden sollen/>"
    linking
     descr="konzeptionelle Verbindung von Daten"
     app="Zusammenhänge sichtbar machen"
```

Das Interaction Dictionary bildet die Grundlage für die gezielte Integration von Interaktion in den Lernprozess, indem durch die Informationen zur Interaktionswirkung eine Verknüpfung zu Instruktionen hergestellt werden kann. Diese Verknüpfung wurde im Rahmen der Arbeit prototypisch automatisiert. Nähere Erläuterungen dazu gibt Kapitel 6.2. Schließlich ist das Interaction Dictionary als eine generelle Informationsquelle (z.B. zur Entscheidungsunterstützung) für Autoren und Tutoren von Lernszenarien zu verstehen.

# Kapitel 5

# Interoperabilität durch Lernkomponenten

#### 5.1 Geowissenschaftliche Lerninhalte

#### 5.1.1 Lernprozessmodelle

Lernprozessmodelle legen fest, wie der Lernprozess gegliedert ist. Ein solcher Prozess beinhaltet beispielsweise die Einarbeitung in das Thema, die Entwicklung von Fähigkeiten oder die Reflexion über das Thema. Das Lernprozessmodell kann unabhängig vom Inhalt des Lerngegenstandes entwickelt werden. Anhaltspunkt für die Entwicklung von Lernprozessmodellen sind die so genannten Basismodelle zur Lehrstoffstrukturierung, die entsprechend verschiedenen Lehrzieltypen entwickelt wurden [Niegemann u. a. 2008].

Geowissenschaftliche Lerninhalte sind sehr vielseitig. Die verschiedenen Fachrichtungen (z.B. Klimatologie, Allgemeine Geologie, Gesteinskunde, Bodenkunde, Geomorphologie, Landschaftsplanung) nutzen bzw. sammeln und verarbeiten Geodaten (Vermessungswesen, Fernerkundung, GIS). Trotz der Verschiedenartigkeit der geowissenschaftlichen Inhalte soll versucht werden, eine Gliederung der Lehrinhalte hinsichtlich der Art ihrer Vermittlung aufzustellen. Ziel dieser Kategorisierung ist es, feste Strukturen der Lernprozesse herauszuarbeiten und somit spezifisch für jeden Lernprozess Charakteristika abzubilden. Für die vorliegende Arbeit ist eine Untergliederung nach Lernprozessen v.a. im Hinblick auf die Entwicklung von breit anwendbaren und austauschbaren Lernkomponenten sinnvoll und wurde daher erarbeitet und in Tabelle 5.1 zusammengefasst.

Unterschieden wird die Vermittlung von deskriptivem Wissen (Fakten), Analytischen Aufgaben, Virtuellen Exkursionen und Komplexaufgaben. Diese vier Lernprozessmodelle werden im Folgenden im Detail erläutert.

Tabelle 5.1: Geowissenschaftliche Lerninhalte

Lernprozesstyp	Beispiele	Erläuterung	Eignung von E-Learning-Materialien
Deskriptives Wissen	Flußbettaufbau, Verwitterungsprozesse, Entstehung von Hoch- und Tiefdruckgebieten, Ablauf einer Umweltverträg- lichkeitsprüfung	Grundlegendes Faktenwissen und Zusammenhänge sollen gelernt werden	Vermittlung der Fakten bedingt für E-Learning geeignet. Wichtige Bedingung wäre, dass die Fakten nicht - ähnlich wie in Büchern üblich - nur textlich vermittelt werden, sondern andere Illustrationswerkzeuge genutzt werden. Trainingsmethoden, z.B. nach dem Prinzip von Drill & Practice sind sehr gut für E-Learning geeignet. E-Learning-Materialen, die helfen das Faktenwissen explorativ zu erkunden, sind meist sehr aufwendig zu erstellen (da viele "kleine Fakten" illustriert werden müssen) und oft ineffizient (da Fakten oft auch leicht zu beschreiben sind und über bildliche Illustrationen hinausgehende mediale Materialien nur selten den Verständnisprozess signifikant verbessern)
Analytische Aufgaben	Pflanzenbestimmung, Gesteinsbestimmung, Beprobung eines Fließgewässers, Satellitenbildanalyse, Standortanalyse	Ein Ziel besteht in der Identifizierung bzw. Einordnung eines Objektes in ein Klassifikationssystem. Ein weiteres Ziel besteht im Erkenntnissgewinn als Ergebnis eines analytischen Prozesses. Dabei müssen z.B. konkrete Kriterien (z.B. Größe, Morphologie, Fundort etc. des Objektes) überprüft werden und eine Entscheidung über die Einordnung in ein Ordnungssystem getroffen werden Ein bestimmter Analysealgorithmus muss ausgewählt und angewendet werden sowie die Ergebnisse interpretiert werden.	E-Learning eignet sich gut für schrittweises Abarbeiten (z.B. in Bestimmungsschlüsseln). Vor allem die baumartigen Strukturierungsmöglichkeiten, die Hyperlinks im WWW bieten, ermöglich die gute Umsetzung von Übungen für diesen Lernprozesstyp. Bei anderen analytischen Prozessen (z.B. einer Standortanalyse) hängt der Wert, den E-Learning z.B. für Übungen bieten kann, von der Komplexität der notwendigen Algorithmen ab. Auch der Wert des E-Learnings für die Illustration und das Verständnis hängt von den individuellen Inhalten ab.
Virtuelle Exkursionen	Beschäftigung mit geologischen Schichtenmodellen, "Besuch" einer speziellen Region	Mittels verschiedenster medialer Hilfsmittel wird das Erscheinungsbild einer Region oder eines Landschafts- bereiches vermittelt und ihre geowissenschaftlichen Be- sonderheit illustriert.	Regionen können multimedial illustriert werden, was gut für Lernzwecke nutzbar ist. Das betrifft die Darstellung von abstrakten Sachverhalten, unzugänglichen Bereichen und multitemporalen Inhalten. Auch photorealistische Darstellungen können zur Orientierung sinnvoll sein.
Komplexaufgaben	Planung einer Eisenbahntrasse, Ausweisung eines Naturschutzgebietes, Konzeption einer Messkampagne, Ausführung einer Umweltverträglichkeitsstudie, Konzeption und Gestaltung einer thematischen Karte	Das Ziel ist es, eine Lösung für ein komplexes Problem zu finden. Dabei müssen aus einem bekannten Methodenpool Verfahren ausgewählt werden. Die Einzelschritte des Verfahrens sind auszuführen. Oft entsprechen sie je einer "Analytischen Aufgabe". Die Ergebnisse sind zu interpretieren und eine Lösung zu konzipieren.	E-Learning für diesen Lernprozesstyp ist sehr aufwendig und komplex, scheint aber v.a. dann geeignet, wenn Handlungen wegen ihres zeitlichen oder räumlichen Maßstabes für Übungszwecke nicht real ausführbar sind oder wenn die (möglichen Fehl-) Konsequenzen der Handlungen real nicht vertretbar sind.

#### 5.1.2 Deskriptives Wissen

Bei der Vermittlung von deskriptivem Wissen geht es um Fakten. Es kann relativ gut definiert werden, was der Lernende am Ende wissen soll. Die Fakten sind klar abgegrenzt und können somit relativ einfach in Text, Bild oder Animation vermittelt werden. Eine Trainingshilfe zum Lernen von deskriptivem Wissen bieten Implementierungen nach dem der behavioristischen Lerntheorie entsprechendem "Drill and Practice"-Verfahren, wie beispielsweise Multiple Choice Tests oder andere interaktive Übungen, bei denen das erwartete Ergebnis klar definiert ist. Dem System fällt es leicht zu überprüfen, ob die vom Lerner gewählte Lösung mit dem zu erwartenden Ergebnis übereinstimmt. In diesem Bereich entfalten Computer als Lernhilfe bereits ein sehr großes Potential.

Beispiele sind Tests oder Aufgaben, wie sie im Selbstlernmodul des Kurses "Visualisierung von GIS-Lehrstoffen" in geoinformation.net (www.geoinformation.net) oder die Aufgaben im Kurs "Einführung in die Datenbanksysteme" in GITTA [GITTA 2006] bereitgestellt werden. Schematisch lässt sich der Lernprozess zur Vermittlung von deskriptivem Wissen wie in Abbildung 5.1 darstellen. Dabei stellen die Elemente in Blau die Aktionen des Lernenden und die Elemente in Orange die Aktionen und Reaktionen des Systems dar. In Rot ist der hinter dem System stehende Entscheidungsmechanismus zur Ausgabe des Feedbacks beschrieben.

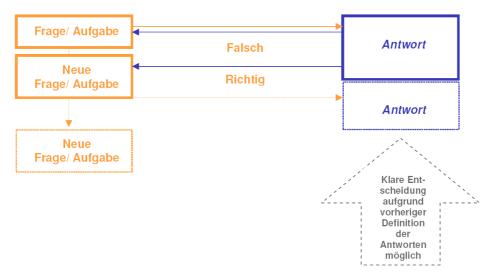


Abb. 5.1: Deskriptives Wissen

#### 5.1.3 Analytische Aufgaben

Unter Analytischen Aufgaben seien Fragestellungen verstanden, deren Beantwortung ein oder mehrere Arbeitsschritte (der Analyse) vorausgehen. Analytische Aufgaben sind über E-Learning schwieriger zu vermitteln. Natürlich müssen zunächst Fakten, Verfahren und Regeln gelehrt werden. Diese können am besten in üblicher Form über Text und Illustrationen kommuniziert werden. Zur weiteren Lösung einer analytischen Aufgabe sind vom Lernenden nun Entscheidungen unter Nutzung des erlernten Wissens zu treffen. Diese Form der Wissensvermittlung umfasst seitens der Lernumgebung ein vorab definiertes Szenario.

Das Beispiel der Gesteinsbestimmungsübung [PETROgraph 2008] präsentiert zwar auch lediglich Fakten (deskriptives Wissen). Aber die Tatsache, dass im nahen Zusammenhang mit einem Objekt (dem Dünnschliff eines Gesteins oder Minerals) interaktive Aufgaben (Lückentexte etc.) erledigt werden können oder Interaktionen (z.B. eine Lupe) zur Verfügung stehen, damit die eigentliche Lerninformation deutlich wird, verlangt vom Lerner einige analytische Leistungen bzw. trainiert die analytischen Fähigkeiten, die für die Bestimmung von Gesteinen und Mineralien notwendig sind. Schematisch lässt sich der Lernprozess zur Vermittlung von analytischen Aufgaben darstellen wie in Abbildung 5.2 dargestellt.

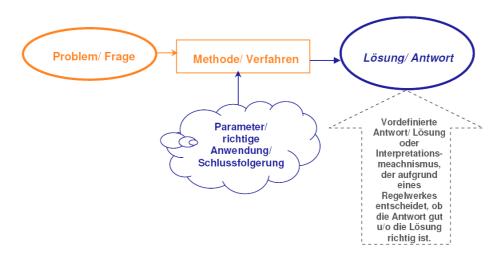


Abb. 5.2: Analytische Aufgaben

#### 5.1.4 Virtuelle Exkursionen

Da das Ziel einer virtuellen Exkursion darin besteht, eine Landschaft oder ein Landschaftsphänomen in der virtuellen Umgebung kennenzulernen, werden an virtuelle Exkursionen hohe Anforderungen hinsichtlich der Illustrationsleistung einer Landschaft gestellt. Dabei ist egal, ob die Illustration hohen photorealistischen Ansprüchen gerecht wird oder eher eine abstrakte Darstellungsweise wählt. Wichtig ist, dass die Inhalte verständlich sind und vollständig kommuniziert werden und dem Lernenden die Wissenskonstruktion ermöglicht. Den virtuellen Exkursionen kann sowohl die kognitivistische (auf Wahrnehmung zielende), als auch die konstruktivistische (auf eigene Wissenskonstruktion zielende) Lerntheorie zu Grunde liegen. Vermutlich überwiegt aber ersteres Prinzip in der Motivation über den Einsatz von virtuellen Exkursionen.

Für die generelle Charakterisierung des Lernprozesstypus ist es daher unerheblich, ob die Informationsvermittlung gesteuert abläuft (z.B. Film, Animation) oder ob der Lerner freie Interaktions- und Erkundungsmöglichkeiten (z.B. in einer virtuellen Realität) hat. Abbildung 5.3 stellt das didaktische Prinzip der virtuellen Exkursion schematisch dar. Wichtig ist die Überprüfung des durch den Lernenden konstuierten Wissens durch Aufgaben oder Fragen. Ein Beispiel für eine virtuelle Exkursion bietet die "Einführung in den Naturraum Fischland-Darß-Zingst" in GEOvLEx [GEOvLEx 2006] (vgl. Kapitel 2.6).

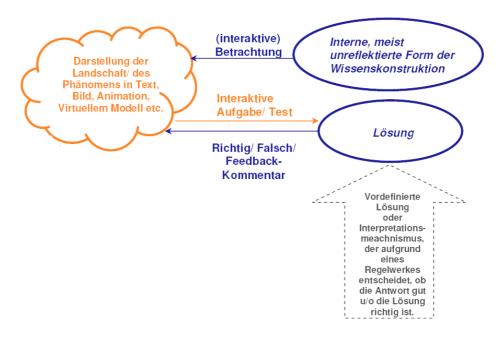


Abb. 5.3: Virtuelle Exkursion

#### 5.1.5 Komplexaufgaben

Unter dem Typus "Komplexaufgaben" seien Lernszenarien verstanden, in denen beziehungsreiche Aufgaben gelöst werden müssen (Abbildung 5.4). Diese werden meist in Form von Planspielen oder Projektarbeiten behandelt.

Bei Komplexgaben kommen viele Eigenschaften der vorab genannten Lernszenariotypen zusammen. Es müssen Grundlagen im deskriptiven Wissen vorausgesetzt werden. Analytische Fähigkeiten zur Anwendung dieses Wissens sollten beim Lerner vorhanden sein. Unter Umständen ist die Kenntnis eines Untersuchungsgebietes von Nöten, wie es beispielsweise eine virtuelle Exkursion vermitteln kann. Daher kommt es bei Lernumgebungen für diesen Typ zur Kopplung von verschiedenen Techniken der vorher genannten Lernprozessmodelle. Die Vermittlung von komplexen Lehrinhalten erfolgt i.d.R. nach der konstruktivistischen Lerntheorie. Die Besonderheit hierbei ist, dass der Lernweg nicht im Detail vorgezeichnet werden kann und vielschichtiges Handeln des Lerners einkalkuliert werden muss. Dementsprechend sollte ein Ablaufschema für ein konkretes Szenario durch Einzelschritte definiert werden, welche je nach Einsatz in einer angeleiteten oder freien Lernsituation entsprechend detaillierte Anleitung bereitstellen. Diese Einzelschritte seien im Folgenden als Lernkomponenten (vgl. Kapitel 5.2) bezeichnet.

Beispiele für Implementierungen dieses Lernprozessmodells im E-Learning sind nicht bekannt. Die vorliegende Arbeit unterbreitet Vorschläge, wie E-Learning auch den Lernszenariotyp "Komplexaufgabe" unterstützen kann.

Die Tabelle 5.2 fasst die Besonderheiten der Handlungsorientierung, der Instruktion und des Feedbacks bei den unterschiedlichen Lernprozesstypen zusammen.

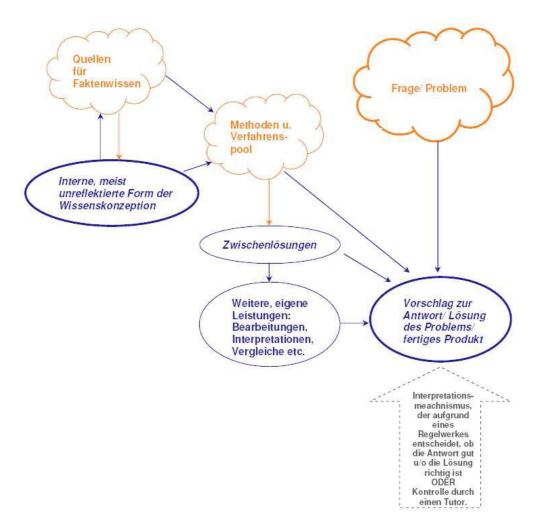


Abb. 5.4: Komplexaufgaben

Tabelle 5.2: Didaktisches Design im Kontext von Lernprozessmodellen

Lernprozesstyp	Form der Instruktion	Form der Handlungsorientierung	Form des Feedbacks
Deskriptives Wissen	Klare Handlungsanweisung, z.B. "Wählen Sie die richtige Antwort!"	Interaktionsformen, die durch Texte, Bilder oder Animationen umsetzbar sind, z.B. Lückentext, Multiple Choice Tests, Kreuzworträtsel u.ä., graphische oder textliche Zuordnungen oder Auswahl	Richtig / Falsch-Antwort, Ausweisung der "Trefferquote" - jeweils automatisch und eindeutig lieferbar
Analytische Aufgabe	Formulierung einer Sachaufgabe, je nach Schwierig- keitsgrad unter Angabe der zu verwendenden Metho- den.	(gültig für geodaten-basiertes Lernen:) Interaktionen der Kategorie "Interaktionen zur Datenrepräsentation" sowie "Interaktion zur Orientierung" nur sekundär; primär Interaktionen der Kategorien "attributbasierte / räumliche Analyse".	je nach Komplexität der Analytischen Aufgabe sind Antworten eindeutig (d.h. auch automatisch durch richtig / falsch beantwortbar) oder - bei komplexen Antworten - durch einen Interpretati- onsmechanismus, der auf einem Regel- werk basiert, lieferbar
Virtuelle Exkursion	In den meisten Fällen kann die Instruktion zunächst diffus gehalten werden (im Sinne "Erkunden Sie …!"). Einem konkreten Lernziel geschuldet, sollte die Instruktion aber gezielter formuliert sein, z.B. "Finden Sie heraus wo/ wieviel…" oder "Erkunden Sie, ob!" Bei solchen Instruktionen sind nebenbei erzielte Lerneffekte gewünscht. Daher ist die Sachaufgabe geschickt zu formulieren.	(gültig für geodaten-basiertes Lernen:) Interaktionen der Kategorie "Datenrepräsentation" u.v.a. "Interaktionen zur Orientierung", eingeschränkt auch "Interaktionen der attributbasierten und räumlichen Analyse".	Die Wissenskonstruktion ist nur punk- tuell durch gezielte Fragen überprüfbar.
Komplexaufgabe	Formulierung eines Arbeitsziels für ein umfangreiches Problem, gegebenenfalls unter Hinweis auf zu nutzen- de Methoden.	Alle denkbaren Interaktionsformen spielen eine Rolle, v.a. vielfältige Analysemethethoden.	In den meisten Fällen ist ein differenzier- tes Feedback durch den Tutor sinnvoll.

# 5.2 Didaktisches Design durch Lernkomponenten

#### 5.2.1 Didaktisches Design

Der Begriff des Instruktionsdesigns (ID) wurde 1988 von Robert Gagné in den USA geprägt [Gagné u. a. 1988]. Mit gleicher Entsprechung wurde 1987 vom Göttinger Pädagogen Karl-Heinz Flechsig im deutschsprachigen Raum die Bezeichnung "Didaktisches Design" eingeführt. Gegenüber dem lange als deutsprachige Alternative verwendeten Begriff der Didaktik grenzt sich das ID durch eine starke lern- und kognitionspsychologische Begründung ab. Ein weiterer Unterschied liegt darin, dass Didaktik lange Zeit als Theorie des schulischen Unterrichts verstanden wurde. ID dagegen bezieht sich auf das Lehren und Lernen in allen Bereichen. Die hier äquivalent zu setzenden Terme von ID und Didaktischem Design beschreiben Methoden zur Planung des Lernprozesses, die Lernzeit und den Lernorts, die Lehrenden und die Lernenden sowie die eingesetzten Medien. Diese Gesamtheit wird in der Regel als Lernarrangement bezeichnet. Didaktisches Design betrifft also in erster Linie Planung, Durchführung und Nachbereitung eines Lernangebotes. Planung, Durchführung und Nachbereitung galten bisher schon als "klassischer Dreischritt" im Unterricht ([L3S 2006]). Durch das Didaktische Design werden also Lehr-/Lernprinzipien (vgl. Kapitel 2.2) "übersetzt", um sie in konkreten Situationen praktisch umzusetzen. Die Entwicklung des ID zu einer eigenen Disziplin und Technologie fand in den 60er bis 80er Jahren statt, nachdem in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts der Behaviorismus die Lernpsychologie dominiert hatte. Instruktionsdesign befürwortet die individualisierte Förderung von kognitiven Prozessen und bezieht dafür die jeweils "neuen" Medien aktiv ein.

Eines der wichtigsten Ergebnisse, die die bisherige Forschung über das Lernen mit neuen Medien hervorgebracht hat, ist, dass die Instruktionsmethode Vorrang vor der Präsentationsweise hat. Das bedeutet, dass die Pädagogik immer noch die wichtigste Rolle spielt und selbst eine gelungen aufgebaute und programmierte Lernanwendung kaum etwas bewirken kann, wenn nicht eine entsprechende pädagogische Einbettung damit verbunden ist [Aufenanger 1999].

Entsprechend den Lerntheorien unterscheidet das ID verschiedene Modelle. So tragen beispielsweise die programmierte Unterweisung [Kerres 2000], das Mastery Learning [Bloom 1980], die Lernzieltaxonomie nach Gagné ("Die Neun Lernschritte") [Gagné u. a. 1988] behavioristische Züge. Beginnend mit der Umsetzung von Konditionierung (Programmierte Unterweisung) mit nur wenigen Ansätzen zur Individualisierung steigt mit der Aufzählung auch die Bedeutung von Individualisierung fort - bis hin zur Erkenntnis, dass es "höhere" Lernformen gibt, die kognitive Ansätze notwendig machen.

Für ID-Modelle mit kognitivistischen Zügen lassen sich das expositorische Lernen [Ausubel 1974], die Förderung entdeckenden Lernens [Bruner 1981], die Elaborationstheorie [Reigeluth 1983] und die Component Display Theorie [Merill 1987] aufzählen.

Die bekanntesten ID-Modelle mit konstruktivistischen Zügen sind das Cognitive Apprenticeship Model [Collins u. a. 1981], das Anchored Instruction Model [Cognition and Technology Group at Vanderbilt 1993] sowie das Goal-based Scenario [Schank u. a. 1994]. Die Modelle basieren auf verschiedenen Vorstellungen, wie z.B. das Konzept der Handwerkerlehre (darstellend-erklärende Lehrstrategien, kombiniert mit gezielter Anleitung und Unterstützung, die allmählich ausgeblendet wird), das Konzept des Narrativen (Darstellung einer Situation, die in offener Problemlösung endet), die lernrelevanten Handlungen in Rollen und das projektorientierte Handeln. Bei den ID-Modellen mit konstruktivistischer Ausprägung werden dem Lernenden v.a. Empfehlungen für die Gestaltung von Aufgaben im weiteren Sinne gegeben.

Hinsichtlich der Rolle des Lehrenden unterscheidet das ID den Structured Approach und den Discovery Approach. Der Structured Approach verlangt die Kontrolle durch den Lehrenden sowie die schrittweise Anleitung

zum Erwerb kognitiver Fähigkeiten. Der Discovery Approach legt den Fokus auf das selbstorganisatorische Lernen durch z.B. ganzheitliche Aufgaben, kognitive Strategien oder Lernen in Gruppen.

Entsprechend den Ansprüchen des gemäßigten Konstruktivismus (vgl. [Messerschmidt und Grebe 2005]) wird in der vorliegenden Arbeit der Structured Approach verfolgt. Die darin verlangte "schrittweise" Anleitung erfordert eine Gliederung des Lehr- / Lernablaufes, der sich das folgende Kapitel widmet.

#### 5.2.2 Lernkomponenten

Ein Lernobjekt (von englisch learning object, kurz LO, auch educational object, instructional object genannt), soll - so die Definition von [Hodgins und Conner 2000] - die kleinste sinnvolle Lerneinheit sein, in die ein Online-Lernangebot - vergleichbar mit LEGO-Bausteinen - zerlegt werden kann. Konkret sind dies so genannte "Assets", also Einzelbilder, Grafiken, Texte bzw. Text bausteine oder Animationen.

Lernobjekte sollen - didaktisch sinnvoll angeordnet - den Lernprozess unterstützen. Im Idealfall werden Lernobjekte in einem Lernmanagementsystem, einer digitalen Plattform, ähnlich einem Content Management Systemen organisiert und verwaltet. Kritisch gesehen werden muss aber die Tatsache, dass Didaktik sich nicht durch die bloße Auslieferung der Ressourcen ergibt, sondern dass Lernen in einem Austausch zwischen Menschen entsteht, z.B. Lehrenden und Lernenden oder Lernenden untereinander. Ist dieser Austausch nicht gegeben, so kann er durch sinnvolle, im LO integrierte Interaktionen (inkl. Instruktion) ersetzt werden. Dies zieht nach sich, dass Lernobjekte in sich geschlossen sind, sowie sich selbst erschließen. Ist dies der Fall, so können LO in unterschiedlichen Kontexten wiederverwendet werden. Man spricht von einem Reusable Learning Object (RLO). Allerdings bewegen sich die Vorstellungen über RLO größtenteils noch im Bereich des Theoretischen, v.a. weil LO nur selten in sich geschlossen sind, d.h. aus ihrem ursprünglichem Kontext herausgelöst werden (können). Praktisch gibt es wenige Beispiele, die eine sinnvolle, tatsächliche Wiederverwertung umsetzen. Dennoch sollte bei der Entwicklung von entsprechenden Ressourcen an den Maximen der Austauschbarkeit orientiert werden. Der Lecture Builder aus dem Projekt geoinformation.net ist ein Beispiel, bei dem versucht wurde, die Idee der Wiederverwendung von LO praktisch umzusetzen [Dörschlag u. a. 2004].

Lerninhalte, die zum Lernprozesstyp "Deskriptives Wissen" zählen, könnten durchaus den oben beschriebenen Konzepten von Lernobjekten entsprechen. In der vorliegenden Arbeit geht es aber um die Vermittlung komplexerer Sachverhalte bis hin zur Umsetzung von Umgebungen für die Lösung von Komplexaufgaben. In diesem Fall erscheinen nur komplette Lernsituationen sinnvoll, die ihrerseits in mehrere Arbeitsschritte gegliedert sind. Diese Arbeitsschritte seien im Folgenden als Lernkomponenten bezeichnet. Sie stellen eine zentrale Idee der vorliegenden Arbeit dar. Im Gegensatz zu bisherigen Bemühungen, können durch Lernkomponenten auch komplexere Lerninhalte unter Berücksichtigung einer lernerseitigen Handlungsorientierung standardisiert und interoperabel formuliert werden.

Lernkomponenten sollen in der Form beschrieben sein, dass sie austauschbar in verschiedenen Lernsituationen wiederverwendet werden können. Wenn Lernsituationen konkrete Anwendungsbeispiele (individuelle Fakten, reale Daten) beinhalten, so sei im Folgenden von einem *Lernszenario* gesprochen. Dies kann z.B. eine Simulation oder ein Planspiel sein.

Der Mehrwert einer wissenschaftlich erarbeiteten Lernumgebung besteht nun darin, dass (einem Lehrenden) die potentiellen Lernkomponenten, sowie deren Konfigurationsmöglichkeiten so zur Auswahl gestellt werden, dass der Aufbau der Lernsituation erleichtert sowie qualitativ verbessert wird. Dies kann geschehen, indem dem Lehrenden, der die Szenarien zusammenstellt, austauschbare Lernkomponenten einschließlich Referenzen und Beispieldaten, sowie darauf sinnvoll anzuwendende Lernfunktionalitäten zur Verfügung gestellt werden. Letzt-

lich obliegt aber ihm die Verantwortung, diese zu einem sinnvollen Szenario zu verbinden und die Abstimmung aufeinander zu optimieren.

Im folgenden Kapitel wird dargestellt, wie die Lernkomponenten inhaltlich aufgebaut sind und wie sie implementierungsnah repräsentiert werden können.

#### 5.2.3 Diskretisierung von Lernkomponenten

Es wurde aufgezeigt, dass es sinnvoll ist, so genannte "Lernkomponenten" zu identifizieren und zu modellieren. Eine begriffliche Abgrenzung von Lernkomponenten gegenüber Lernobjekten wurde vorgenommen. Es wurde außerdem definiert, dass Lernkomponenten - eben im Gegensatz zu Lernobjekten - nicht eigenständig auftreten, sondern mithilfe des Expertenwissen des Tutors zu einer Lernsituation (Lernszenario) zusammengefügt werden sollten.

Ein weiteres Problem besteht in der Diskretisierung der Teilschritte im Lernprozess. Welche Teilschritte sollten unterschieden bzw. zusammengefasst werden? Hier sollte man dem Prinzip folgen, dass eine kleinstmögliche Gliederung erstrebenswert ist, wobei "kleinstmöglich" bedeutet, dass eine sinnvolle Einheit an Handlungsschritten (und zu lernenden Fakten) sicherzustellen ist. Praktisch ergibt sich die sinnvolle Größe einer solchen Einheit von Handlungsschritten dadurch, dass eine übersichtliche Anzahl von Referenzen, Daten und Funktionalitäten zur Verfügung gestellt werden, deren Nutzung und Verarbeitung in einer übersichtlichen Menge von Anweisungen erläutert werden kann. Das Ziel dieses Arbeitsschrittes sollte in der Regel ein Ergebnis sein, welches durch eine der so genannten Feedback-Aktionen überprüfbar ist.

Eine Strukturierung sollte für jeden Handlungsschritt zu Aussagen in folgenden Aspekten erzwingen:

- Definition des Lernziels (Was soll mit der Handlung beim Lernenden erreicht werden?),
- Einbettung einzelner Lernschritte in ein komplexeres Lernziel,
- Zuordnung des Lerninhaltes zu einem bzw. Eingliederung des Lerninhaltes in ein übergeordneten Wissensgebiet (Domain Ontologie),
- Beschreibung des vom Lernenden erforderlichen Wissens, sowie der Fähigkeiten und / oder Fertigkeiten,
- Benennung der als Arbeitsmittel notwendigen Dokumente, Daten etc.,
- Benennung der als Arbeitsmittel notwendigen Softwarefunktionalitäten,
- Beschreibung der notwendigen Aktionen / konkreten Instruktionen sowie
- $\bullet\,$  Definition der gewünschten Ergebnisse und Schlussfolgerungen.

#### 5.2.4 Nachhaltigkeit durch Lernkomponenten

Die Sicherstellung der Wiederverwertbarkeit von Lernkomponenten ist ein großes Problem, welches bereits angesprochen wurde. Eine Möglichkeit die Wiederverwendung zu sichern, ist die Nutzung von Metadaten. Diese lassen sich besonders gut für einzelne Lernelemente wie Textbausteine, Abbildungen, Animationen, Tests etc. (also so genannte Assets) vergeben. Bekannte Standards sind beispielsweise das "Sharable Content Object Reference Model" [ADL 2004] oder der Dublin Core [Dublin Core Metadata Initiative 2007]. Die Standards nutzen in der Regel XML- oder RDF-Repräsentationen, um einerseits die Strukturierung zu erzwingen und andererseits Menschen- und Maschinenlesbarkeit zu gewährleisten.

SCORM spezifiziert Lerninhalte in der Form, dass sie in verschiedenen Systemen wiederverwendet werden können. Der Learning Object Metadata (LOM)-Standard, der in SCORM integriert ist, befasst sich mit der Organisation der Inhalte in einem Lernmanagementsystem.

Auch komplexere Lernumgebungen lassen sich durch Metadaten beschreiben. Wie im Rahmen der Qualitätsstudie (s. Kapitel 2.7) schon festgestellt, ist die Existenz von Metadaten keineswegs state-of-the-art. Erfahrungen zeigen, dass eine Metadatenbeschreibung für den Entwickler noch immer zu aufwendig ist und außerdem dem Potential der komplexen Umgebung nicht ausreichend gerecht wird. Somit kann die Wiederverwendung solcher Umgebungen nicht ausschließlich über Metadaten sichergestellt werden.

Standards legen den Rahmen für Inhalte und Funktionalitäten und somit eine Qualität fest. Lernkomponenten stellen eine standardisierte Form von Lernschritten in komplexen Lernszenarien dar. Auch aus technischer Sicht tragen Standards zur Nachhaltigkeit bei. Je komplexer eine (Lern-)Umgebung, desto schwieriger ist ihre Wiederverwendung. Bestünde aber eine standardisierte Nutzungsumgebung, so könnte durch eine normierte Repräsentation die technische Austauschbarkeit der Lernkomponenten und -szenarien in dieser definierten Umgebung sichergestellt werden. Eine solche definierte Nutzungsumgebung für die vorgeschlagenen Lernkomponenten ist die "virtuelle Lernlandschaft", die in Kapitel 6 vorgestellt wird.

#### 5.2.5 Implementierung von Lernkomponenten

Im Rahmen der Strukturierung von E-Learning-Inhalten wurde bereits vielfach die Nutzung von XML befürwortet. So hat zum Beispiel das GITTA-Konsortium im Rahmen des Swiss Virtual Campus (SVC) die "eLesson Markup Language" (eLML) definiert (vgl. [Fisler u. a. 2005]). eLML legt XML-basiert eine Struktur für die Inhalte des SVC fest. Die Struktur einer Lesson basiert auf dem didaktischen Konzept der ECLASS (nach [Gerson 2000]), in der die Elemente entry (Einleitung), clarify (Verdeutlichung der Relevanz des Themas), look (Behandlung des Themas), self-assessment (Übungen) und summary (Zusammenfassung) festgelegt sind. eLML sieht diese Elemente verpflichtend vor, räumt aber die Möglichkeit der Wiederholung von Einzelelementen ein. Außerdem werden die ECLASS-Elemente in eLML durch weitere Elemente (wie z.B. Glossar, Bibliographie oder Metadaten) angereichert. Die Vorteile, die sich nach Fisler u. a. [2005] ergeben, sind:

- Sicherung der Nachhaltigkeit von E-Learning-Inhalten,
- Möglichkeit der nutzerbedürfnisorientierten Präsentation von Inhalten,
- Konsistenz der Inhalte, zum einen gegenüber didaktischen Anforderungen und zum anderen hinsichtlich der Vergleichbarkeit der Kurse, sowie
- Interoperabilität.

Auch im Rahmen des gimolus-Projektes schlagen Fritsch und Weippert [2002] die Nutzung von XML zur Strukturierung der E-Learning-Inhalte vor. Weitere Ansätze finden sich in der Learning Material Markup Language (LMML) bei Suess und Freitag [2001] und in der Educational Modelling Language (EML)[Koper 2002].

Themen außerhalb des E-Learning, mit denen man sich unter konzeptionellen und informationstechnischen Aspekten bereits beschäftigt hat, sind die "Workflow-Modellierung" oder die "Beschreibung von Produktionsprozessen". Eine Möglichkeit zur Workflow-Modellierung stellt UML dar. Diese Form ist sehr verbreitet. Die objektorientierte Modellierungsform wird v.a. zur Abbildung substantieller Zusammenhänge verwendet. Sie zeigt aber Nachteile was den Einsatz in der Prozessmodellierung betrifft. So ermöglicht UML keine Zuordnung von Daten zu Aktivitäten. Regeln sind nur sehr eingeschränkt abbildbar und aktivitätsauslösende Ereignisse nur indirekt über Zustände und deren Transitionen modellierbar.

Eine große Rolle spielen konzeptionell ereignisgesteuerte Prozessketten (EPK), auch Event-Driven Process Chains (EPC) genannt. Als werkzeugunabhängiges Format für EPK steht die Markup Language (EPML) zur Verfügung. Eine entsprechende XML Schema Definition bildet die Grundlage, um Arbeitsprozesse in XML zu modellieren.

Eine Alternative ist die XPDL (XML Process Definition Language), deren Standardisierung von der Workflow Management Coalition (WfMC) vorgenommen wurde. Als konzeptionelle Grundlage für die Modellierung des Workflows hat die OWL Services Coalition eine "Business Process Ontology" für Webservices entwickelt. Ein weiteres Beispiel der semantischen Basis ist die Open Source Business Management Ontology (BMO).

Im Bereich Produktionsprozessmodellierung hat sich die "Process Specification Language" (PSL) etabliert. Sie ist unter ISO/IE 18629-11 normiert. Diese neutrale Sprache kann zur Beschreibung von Prozessen in der diskreten Zeit verwendet werden. Konzeptionelle und theoretische Grundlage zur PSL bildet die PSL Ontology. Die beste Form zur praktischen Repräsentation ist die PSL/XML - Representation of Process Description [Lubell 2002].

Die wichtigste Schlussfolgerung, die aus den exemplarisch aufgezählten Entwicklungen gezogen werden können, sind:

- XML ist die am weitesten verbreitete Form der Repräsentation von Prozessen im Rahmen von implementierungsnahen Standards,
- XML-basierte Abbildungen diskretisieren Prozesse in einzelne Arbeitsschritte,
- mit XML-basierten Abbildungen ist es möglich, jedem Arbeitsschritt weitere Informationen zuzuordnen.

Diese Eigenschaften legen es nahe, auch Lernabläufe XML-basiert abzubilden. Im Unterschied zu den oben erwähnten XML-Ansätzen zur Modellierung von Lerninhalten (z.B. eLML) zielt der nachfolgende Ansatz eher auf handlungsorientierte Lernszenarien. Bei den abgebildeten Inhalten handelt es sich nicht ausschließlich um Erläuterungen zu einem Thema, als vielmehr auch um Referenzen und Handlungsanweisungen (Instruktionen). Mit einer XML-basiertem Modellierung des Lernszenarios kann zudem eine Struktur erzwungen werden, die dem Tutor als Szenariodesigner ermöglicht, alle wichtigen Punkte zu integrieren und die Szenarien in guter didaktischer Qualität zu entwickeln. Außerdem wird - wie oben schon erwähnt - die technische Austauschbarkeit ermöglicht, was die Nachhaltigkeit von Lernszenarioentwicklungen unterstützt.

Für den Anwendungsfall einer "Komplexaufgabe" schlägt die Arbeit ein konkretes Modellierungsschema für Lernkomponenten vor. Die in den Lernkomponenten enthaltenen Elemente ergeben sich aus Anforderungen, die im Rahmen der Qualitätsuntersuchungen zum E-Learning (vgl. Kapitel 2.7) erarbeitet wurden. Diese basieren größtenteils auf Lern- oder Instruktionstheorien, teilweise aber auch auf empirischen Erkenntnissen.

Dabei wurde als konkrete Antwort auf die in Kapitel 2.7 herausgearbeiteten Anforderungen unter didaktischen Gesichtspunkten die Definition des Lernziels benannt. Diese findet sich in den Lernkomponenten bereits im Element <metadata/> wieder. Die Beachtung des Lernerkontexts, die im Rahmen der Qualitätsuntersuchungen als wichtig herausgestellt wurde, findet sich sowohl in der übergeordneten Definition der zu behandelnden Thematik als auch in jedem einzelnen Arbeitsschritt als detaillierte Betrachtung der notwendigen Voraussetzungen und sofern nicht vorhanden - als Referenz zur Ergänzung der Mängel wieder. Entsprechend den Erfordernissen zur Handlungsorientierung sind ausführliche Instruktionen und die Referenzen auf Funktionalitäten und konkrete Geodaten gegeben. Die ausführliche Modellierung eines Feedbackmechanismusses entspricht der Anforderung der didaktischen Theorie, nach welcher Wissen reflektiert werden muss, um mittel- bzw. langfristig konstruiert zu werden.

Die Lernkomponenten sind zwar der wichtigste Bestandteil einer Lernszenariomodellierung. Nicht fehlen sollten zuvor aber einführende Beschreibungen sowie Metadaten. In den Metadaten sollte auf jeden Fall eine Einbettung des behandelten Themas in einen Kontext (<context/>) gegeben werden, d.h. eine Zuordnung zu einer größeren Einheit sowie der Verdeutlichung der Stellung des Sachverhaltes im Oberthema. Eine Einleitung (<introduction/>) dient der Hinführung auf das Thema z.B. durch konkrete Beispiele zur Anwendung der Thematik. Dies dient der Einordnung des Sachverhaltes und gleichzeitig der Motivation des Themas. Mit

dem Metadaten-Unterelement Voraussetzung (prerequisite/>) werden ganze Lern- bzw. Kurseinheiten definiert, die für das Verständnis des Themengebietes vorausgesetzt werden. In einer konkreten Beschreibung (<description/>) wird eine Freitext-Beschreibung der vorausgesetzten Fähigkeiten und Fertigkeiten gegeben. Unter dem Element <course/>können konkrete Ressourcen referenziert werden. Die XML-codierte Document-TypeDefinition für ein vollständiges Lernszenario ist in Anhang B.3 enthalten.

Die zu modellierenden Lernkomponenten (<learningComponent/>) enthalten im Wesentlichen folgende Bestandteile:

- Schilderung des vorausgesetzten Wissens (<requiredKnowledge/>),
  - Dabei kann im Gegensatz zur <metadata/prerequisite/> nochmal ein für einen konkreten Lernschritt vorausgesetztes Wissen definiert werden.
- Hinweis auf Ressourcen über Hintergrundwissen zum Thema des entsprechenden Arbeitsschrittes (<requiredResources/>),
  - Dabei kann im Gegensatz zur <metadata/prerequisite/course>nochmal ein für einen konkreten
     Lernschritt vorausgesetzter Kurs oder eine andere Wissensquelle definiert werden.
- Detaillierte Beschreibung der, vom Lerner durchzuarbeitende bzw. zu lösende Teilprobleme (<issue/>) und Aktionen (<action/>),
  - Innerhalb eines Lernszenarios werden Teilprobleme (<issue/>) unterschieden.
  - Innerhalb jedes Teilproblems gibt es die zum Ergebnis führenden Arbeitsschritte bzw. Einzelaktionen (<action/>).
  - Ein Arbeitsschritt wird detailliert durch einen Titel (<action\_title/>), eine Instruktion (<instruction>) sowie das erwartete Ergebnis (<desiredResult/>) beschrieben. Dadurch kann sich der Lernende ein Bild vom Arbeitsschritt machen. Durch die Instruktion erhält er klare Anweisungen. Durch die Definition des erwarteten Ergebnisses kann er beim Durcharbeiten der <action/> Schwerpunkte gezielt setzen.
- Verweis auf Daten, die für den Arbeitsschritt notwendig sind (<action/requiredData/>),
  - Es werden die Daten, die für die Bearbeitung des Arbeitsschrittes notwendig sind, vorgestellt und referenziert. Da es sich bei der Modellierung der Lernkomponenten um eine Anwendung für Lernen anhand von Komplexaufgaben basierend auf Geodaten handelt, ist dieses Element in den Lernkomponenten vorhanden. Bei Vermittlung von deskriptivem Wissen beispielsweise würden konkrete Daten keine Rolle spielen. Bei der Beschreibung der Daten werden analoge Daten (<analogueData/>)(z.B. analoge Kartenwerke), lokale Daten (<localeData/>) (beim Nutzer lokal vorhandene digitale Daten) sowie über das WWW verfügbare Daten (<webData/>) unterschieden. Je nach Datenquelle sind auf jeden Fall Titel (<data\_title/>) bzw. Dateiname (<Filename/>) und Referenzen, wie für analoge Daten der Maßstab (<scale/>), das Erscheinungsjahr (<year/>) oder der Herausgeber (<publisher/>) und für digiale Daten der Zugang (<path/> und <filename/> für lokale Daten sowie <serverTitle/> und <type/> für verteilte Daten).
- Aufzählung der notwendigen Funktionalitäten, die in der virtuellen Lernumgebung für den Lernprozess zur Verfügung stehen sollten

(<action/requiredFunctionality/>),

- Es werden die Funktionalitäten, die für die Bearbeitung des Arbeitsschrittes notwendig sind vorgestellt. Da es sich bei der Modellierung der Lernkomponenten um eine Anwendung für Lernen anhand von Komplexaufgaben basierend auf Geodaten handelt, ist dieses Element in den Lernkomponenten vorhanden. Bei nicht handlungsorientiert arbeitenden Lernanwendungen würden Funktionalitäten keine Rolle spielen. Unterschieden werden spezielle Interaktionen zur Wissenskonstruktion

(<learningFuncs/>), Funktionen zur Repräsentation von Geodaten sowie der Orientierung / Navigation in ihnen (<geoRepresentationFuncs/>), Funktionen zur Interaktion mit den Geodaten (<geoContextualizationFuncs/>), Funktionen zur Analyse der Geodaten (<geoAnalysisFuncs/>) sowie Funktionalitäten zur Manipulation der Daten (<geoEditingFuncs/>). Konkret sind in jeder genannten Gruppe eine Reihe von Funktionen aufgelistet. Diese sind Abbildung 5.5 zu entnehmen. Weitere Erläuterungen zu den Funktionalitäten finden sich auch in Tabelle 4.2.

- Beschreibung des erwarteten Ergebnisses (<desiredResult/>),
  - In diesem Element ist das erwartete Ergebnis verbal zu beschreiben.
- Beschreibung des Feedback-Mechanismus (<feedbackAction/>).
  - In diesem Element wird das Feedback im Detail festgelegt. Dazu gehört neben der Bezeichnung (<feedback\_title/>) eine Instruktion zur Erarbeitung des Ergebnisses (<feedbackAction/instruction/>) sowie der zur Verfügung stehenden Feedback-Funktionalitäten. Dies können Testfunktionen (<testingFuncs/>), wie z.B. zum Ordnen von Einheiten (z.B. Elemente von Grafiken, Arbeitsschritte etc.) oder Multiple Choice Tests sein. Weiterhin stehen für die direkte Auswertung der Kontakt zum Tutor (<submissionFuncs/> für die Abgabe von Berichten, Daten, Ergebnisdokumentationen etc.) und (<comparisonFuncs/>) für das selbstständige Vergleichen anhand einer Vorlage zur Verfügung. Im Detail enthalten die Elemente <submissionFuncs/> und <comparisonFuncs/> Unterelemente (z.B. die Option zur Beantwortung von Fragen oder die Instruktion das Ergebnis in einem Bericht zu formulieren oder das Ergebnis dem Tutor zu senden etc.). Parameter wie Kontaktdaten des Tutors etc. sind ebenfalls modelliert.

Durch Hinzufügen der einleitenden Metadaten (siehe Anhang B.2) wird die Lernszenariobeschreibung vervollständigt. Abbildung 5.5 stellt den Inhalt einer Lernszenariomodellierung nochmals übersichtlich dar.

```
LearningObject
  metadata
        LC_title
        context
                                                                            style
        introduction
                                                                            scale
        prerequisite
                                                                            bbox
              description
                                                                            sorting
              course*
                                                                            lighting
                    title
                    url
                                                                            viewpoint
  learningComponent
                                                                            orientation
        issue*
                                                                            navigation
              requiredKnowledge
                                                                            naviBundle
                                                                      geoContextualizationFuncs*
              requiredResources
                          monography*
                                                                            multipeViews
                                                                            combiningDataLayer
                          author*
                                                                            linking
                          year
                                                                            selectionByAttribute
                          publisher
                                                                            selectionByObject
                     article*
                          title
                                                                      geoAnalysisFuncs*
                          author*
                                                                            buffer
                          vear
                                                                            distanceMeasurement
                           journal
                                                                            heightMeasurement
                          issue
                                                                            statistics
                          page
                                                                      geoEditingFuncs*
                     webresource*
                                                                            digitizeGeometry
                          title
                                                                            changeAttribute
                          url
              action*
                                                               feedbackAction
                     action_title
                                                          desiredResult
                     instruction
                                                          feedbackAction
                     desiredResult
                                                                feedback_title
                    requiredData
                                                               instruction
                          analogueData*
data_title
                                                               feedbackFuncs
                                                                      testingFuncs
                                scale
                                                                            orderingFuncs*
                                 year
                                                                                  orderingFuncArguments
                                 publisher
                                                                                       inputData
                           localData*
                                                                                       modeOfOrder
                                data title
                                                                                  desire dResult
                                path
                                                                           multipleChoiceFuncs
                                 filename
                                                                      submissionFuncs*
                           webData*
                                                                            answerQuestion
                                filename
                                                                            putInReport
                                type
                                serverTitle
                                                                            sendResultToTutor
                    requiredFunctionality
                                                                                 mailaddress
                                                                      comparisonFuncs*
                          learningFuncs*
                                                                            compareDocuments
                           geoRepresentationFuncs*
                                                                                  instruction
                                 2DlayerOn/Off
                                                                                  urlToCompareWith
                                 3DlayerOn/Off
```

Abb. 5.5: Überblick über den Inhalt einer Lernkomponte (\*-kann mehrfach vorkommen)

# Kapitel 6

# Der Prototyp der Virtuellen Lernlandschaft

## 6.1 Das Beispielszenario

Das konkrete Fallbeispiel betrifft den Ausbau der Weserbahn im Bereich Hameln-Pyrmont. Es wurde von Studierenden im Projekt "UVS Weserbahn" unter Leitung v. Dr. F. Scholles u. Dipl.-Ing. C. Staschinski bearbeitet.

Die Bahnstrecke Löhne - Hameln - Elze - Hildesheim - Braunschweig - Wolfsburg soll in Zukunft den Großraum Hannover entlasten und eine große Kapazität an Güterverkehr aufnehmen. Der Abschnitt Löhne - Elze ist im Bundesverkehrswegeplan als "Weiterer Bedarf" eingestuft, d.h. eine vollständige Realisierung vor 2015 ist nicht zu erwarten [Bundesministerium für Verkehr 2003]. Die heute eingleisige, nicht elektrifizierte Strecke ist Mitte des 19. Jahrhunderts als zweigleisige Hauptbahn gebaut worden. Da sie in den 1990er Jahren schrittweise auf ein Gleis verengt wurde, soll sie nun auf zwei Gleise rückgebaut, für eine Maximalgeschwindigkeit von 120 km/h ausgelegt und elektrifiziert werden. Dabei ist abzusehen, dass auf die an der Strecke liegenden Ortschaften ein erheblicher Lärmzuwachs zukommt und die Strecke selbst an einigen Stellen begradigt werden müsste. Dies würde Natur und Landschaft an den Eingriffsstellen erheblich beeinträchtigen. Um zu sehen, ob es aus Umweltsicht eine vertretbare Alternative (z.B. eine Nordumfahrung von Hameln) gibt, wird im Lernszenario eine Umweltverträglichkeitsstudie (UVS) durchgespielt.

Im beispielhaft umgesetzten Lernszenario sollen die Lernenden üben, wie man bei der Planung einer Bahntrasse vorgeht. Spezielles Augenmerk wird auf das Verfahren der Raumempfindlichkeitsanalyse gelegt, welches Bestandteil des Planungsprozesses ist. Das Lernszenario wird anhand eines Fallbeispiels bzw. Planspiels behandelt, welches an ein als blended-learning durchgeführtes Orientierungsprojekt angelehnt ist und am Institut für Umweltplanung, Abteilung Landesplanung und Raumforschung der Leibniz Universität Hannover durchgeführt wurde. Einige Hintergrundinformationen wurden in der voranstehenden Box gegeben.

Der Grad der Vereinbarkeit eines Eingriffes mit den Naturraumpotenzialen (wie ihn die Neu- bzw. Umgestaltung einer Trasse darstellt) oder der Qualitätsminderung der Umweltgüter, die im betroffenen Raum bei Beanspruchung durch das Vorhaben zu erwarten ist, wird als Raumempfindlichkeit bzw. Raumwiderstand bezeichnet.

Das Verfahren zur Raumempfindlichkeitsanalyse basiert methodisch v.a. auf der Überlagerung, aber auch der Aneinanderreihung von Flächen mit relativ geringer Empfindlichkeit (konfliktarmer Korridor), die eine Trassierung ermöglicht. Sie stellt den ersten Teil einer Umweltverträglichkeitsstudie dar, indem sie dazu dient, den Raum für die weitere Untersuchung, den Variantenvergleich, einzugrenzen. Zum Zeitpunkt der Untersuchung ist der Trassenverlauf bzw. Standort noch nicht festgelegt, so dass besonders konfliktträchtige Trassen bzw. Standorte frühzeitig ausgeschlossen werden können [Scholles 2006]. Im Lernszenario geht es darum, eine solche Raumempfindlichkeitsuntersuchung oder -analyse durchzuführen.

Nach Schemel [1985] werden folgende Arbeitsschritte unterschieden:

- Großzügige Abgrenzung des Untersuchungsraums,
- Einteilung der Landschaft in Funktionsräume (d.h. einem Raum, der eine bestimmte flächenmäßig abgrenzbare Funktion erfüllt und dabei auf natürliche Ressourcen angewiesen ist) durch Typisierung (z. B. Erlebnisraum, Ruhezone, geschlossener Lebensraum) für jedes Schutzgut,
- Empfindlichkeitsmatrix: Feststellen der Betroffenheit der Funktionsräume durch Störfaktoren, die vom Vorhaben ausgehen (z. B. Flächenverlust, Zerschneidung, Verlärmung),
- Bewertung der Funktionsraumtypen anhand ihres gesellschaftlichen Stellenwerts (also aufgrund eines Zielsystems) ohne Kenntnis der Ausprägung der Vorbelastung der Funktionsräume durch bestehende Infrastruktur,
- Bildung von Tabuflächen, d.h. Funktionsräumen, deren Bedeutung alleine ausreicht, um die höchste Stufe des Raumwiderstands zu erreichen, und die damit für die weitere Suche ausscheiden (z. B. Siedlung, Schutzgebiete nach der Flora-Fauna-Habitat-Richtlinie als europarechtlich festgelegte Taburäume).

Bevor diese Arbeitsschritte durch die Lernenden durchzuführen sind, sollen sie sich eine Vorstellung vom Ablauf des gesamten Planungsverfahrens verschaffen. Dazu stehen verschiedene Resourcen bereit. Sie sollen erkennen, welche Bedeutung die einzelnen Planungsschritte haben und in welcher Reihenfolge sie abzuarbeiten sind, um zu einem sinnvollen Ergebnis zu gelangen. Eine entsprechende Übung zur Ordnung der Planungsschritte ist vorgesehen. Anschließend, aber vor Beginn des eigentlichen Planungsprozesses, ist es erforderlich, dass sich die Lernenden mit dem Untersuchungsgebiet vertraut machen. Dazu stehen topographische und Sachdaten (z.B. Landnutzung, Schutzgebiete) sowie Metadokumente zur Verfügung, die mit Hilfe der Interaktions- und Explorationsmechanismen erschlossen werden können.

Die von Schemel [1985] geforderte großzügige Abgrenzung des Untersuchungsraumes ist durch die vorhandenen Daten beschränkt bzw. vorgegeben. Die Einteilung der Landschaft in Funktionsräume muss nicht durch den Lernenden geschehen, sondern folgt einer Vorgabe. Konkret durchgeführt werden soll der Arbeitsschritt der Erstellung der Empfindlichkeitsmatrix, d.h. das Feststellen der Betroffenheit der Funktionsräume durch Störfaktoren, die vom Vorhaben ausgehen. Dazu sind zunächst die Störfaktoren herauszustellen und in ihrer Wirkung zu bewerten. Anschließend kann auf Basis vorhandener Daten (z.B. Nutzungstypen) die Betroffenheit durch Störfaktoren festgelegt und in einem Datensatz durch Erstellung entsprechender Attributtabellen für jeden Funktionsraum abgebildet werden. Als weitere Arbeitsschritte hat Schemel [1985] identifiziert:

- Überlagerung (additive Aggregation) der Raumwiderstände der einzelnen Schutzgüter zu einem ordinal skalierten Gesamtraumwiderstand und kartografische Darstellung (als Helligkeitsstufen oder Rot-gelbgrün-Skala) und
- Ermittlung relativ konfliktarmer Korridore bzw. Standorte für das Vorhaben.

Genau diese Aufgaben soll der Lernende im Anschluss ausführen. Schließlich sollen zur abschließenden Reflexion des Planungsprozesses das Vorgehen sowie die aufgetretenen Probleme verbal dargestellt werden.

Neu an dem Ansatz der vorliegenden Arbeit ist, dass ein Lernszenario komplexen Inhaltes ("Komplexaufgabe") unter Nutzung einer webbasierten Lernumgebung erarbeitet wurde. Besonderes Augenmerk wurde darauf gelegt, den Lernenden zu einer aktiven Interaktion mit den Geodaten zu animieren. Diese Anregung begegnet der als Schlussfolgerung der Evaluationsstudie zur Qualität von E-Learning (vgl. Kapitel 2.7.7) herausgestellten Forderung nach mehr Handlungsorientierung.

## 6.2 Die Modellierung der Lernkomponenten

In Kapitel 5.2.5 wurde illustriert, wie Lernkomponenten modelliert werden können, um Komplexaufgaben standardisiert zu beschreiben. Am konkreten Beispiel der Modellierung des Lernszenarios aus Kapitel 6.1 soll die praktische Umsetzung demonstriert werden. Wegen der Textlastigkeit der XML-Struktur ist die vollständige Beschreibung dem Anhang B.5 zu entnehmen. Nachfolgend soll beispielhaft das Vorgehen zur Extraktion der Lernkomponenten dargestellt werden.

Es wurde ein Ansatz zur Textanalyse gewählt, den Kuhn [2001] vorschlägt, um Ontologien zu erstellen. Auch für die Modellierung von Lernkomponenten erscheint er sehr praktikabel. Der Ansatz sieht vor, den abzubildenden Sachverhalt textlich zu beschreiben und diesen Text dann hinsichtlich Subjekten, Objekten und Verben zu durchsuchen. Diese Analyse wird durch einen menschlichen Experten vorgenommen. Zufriedenstellende automatische Ansätze sind nicht bekannt. Die identifizierten Textbausteine werden dann bei Kuhn [2001] als Objekte und Relationen in eine Ontologie übernommen. Bei der für die vorliegende Arbeit relevanten Modellierung von Lernkomponenten werden die Objekte und Relationen in die XML-Struktur überführt. Die Anwendung einer Methode aus dem Ontology Engineering legt die Gestaltung der Lernkomponenten in Form einer Ontologie nahe. Eine "EduOntology" war ursprünglich auch angedacht. Allerdings haben, wie auch im Ausblick (Kapitel 8) dargestellt, Ontologien noch nicht die praktische Reife erlangt, um operationell in komplexen Anwendungen, wie sie ein Lernprozess darstellt, eingesetzt werden zu können. Daher erscheint es auch verfrüht, das Gerüst für eine EduOntology zu bauen.

Die Textanalyse setzt eine umfangreiche Beschreibung des geplanten Lernprozesses voraus. Der Text zum Beispielszenario (siehe Anhang B.4) wurde inhaltlich aus Kapitel 6.1 übernommen und sprachlich angepasst. Er gibt einen Überblick darüber, was der Lernende tun soll. Der Text wurde hinsichtlich seiner Signalwörter (Subjekte, Objekte und Verben) untersucht. Die unterschiedlichen Farben kennzeichnen die Aktionen des Lerners (rot) und Aktionen des Systems (blau). Textpassagen, die auf gewünschte Ergebnisse zielen sind orange dargestellt. Weitere Markierungen sind der (einleitende) Titel und der Kontext der Lernkomponente (grün).

Der Textanalyse (*kursiv gedruckt*) sind Ausschnitte aus dem in XML modellierten Lernszenario (vgl. Anhang B.5) gegenüber gestellt. Diese Darstellung verdeutlicht wie der Modellierungsprozess durch die Methode der Textanalyse unterstützt werden kann.

Im Lernszenario geht es darum, eine in den Kontext der Trassenplanung eingebettete Raumempfindlichkeitsprüfung oder -analyse durchzuführen.

Zunächst sollen sie Lernenden sich eine Vorstellung vom Ablauf des gesamten Planungsverfahrens verschaffen. Dazu stehen verschiedene Resourcen bereit. Sie sollen erkennen, welche Bedeutung die einzelnen Planungsschritte haben und in welcher Reihenfolge sie abzuarbeiten sind, um zu einem sinnvollen Ergebnis zu gelangen. Eine entsprechende Übung zur Ordnung der Planungsschritte ist vorgesehen.

Anschließend, aber vor Beginn des eigentlichen Planungsprozesses ist es erforderlich, dass sich die Lernenden mit dem Untersuchungsgebiet vertraut machen. Dazu stehen verschiedene topographische und Sachdaten (z. B. Landnutzung, Schutzgebiete) sowie Metadokumente zur Verfügung, die mit Hilfe verschiedener Interaktionsund Explorationsmechamismen erschlossen werden können. Dieser Schritt dient neben dem Kennenlernen des Untersuchungsgebietes auch dem Kennenlernen der Lernungebung (virtuellen Landschaft) und ihrer Funktionalitäten.

```
<learningComponent>
    <issue>
        <...>
     </issue>
     <issue title="Vertrautmachen mit dem Untersuchungsgebiet" id="1">
         <requiredRessources>
          <monography>
                <title>Landschaftsrahmenplan Landkreis Hameln-Pyrmont</title>
                    <author>LRP HM-PY</author>
                <year>2001
            <publisher>ARGE LRP Hameln-Pyrmont- Planungsbuero ARUM und
                LandschaftsArchitekturbuero v. Luckwald. Hrsg.: Landkreis
                Hameln-Pyrmont - Der Oberkreisdirektor - Fachdienst 54 -
               Naturschutz und Landwirtschaft</publisher>
         </monography>
         </requiredRessources>
         <requiredData name="Nutzungstypen">
            <webData>
               <filename>sf:nutz_hameln</filename>
               <type>shape</type>
               <serverTitle>http://localhost:8080/geoserver/wfs</serverTitle>
            </webData>
         </requiredData>
         <requiredData name="Landschaftsmodell des Landkreises Hameln-Pyrmont">
             <webData>
               <filename>dgm50_sub</filename>
               <type>raster</type>
               <serverTitle>
                http://127.0.0.1/elan2/vila/vr/expl/dgm50.php?
                lands=4u.refresh=Aktualisieren</serverTitle>
            </webData>
         </requiredData>
```

```
<requiredFunctionality name="2D Darstellung">
            <geoRepresentationFuncs>
               <_2DlayerOn_Off>on</_2DlayerOn_Off>
               <furtherInformation>Sie sollten sich damit auseinandersetzen,
                was bei der Gestaltung einer Bildschirmkarte zu beachten ist.
                Nutzen Sie z.B. den ELAN-Kurs Webkartographie
                (http://127.0.0.1/elan2/index.php?kap=5u.sid=13).
                </furtherInformation>
            </geoRepresentationFuncs>
         </requiredFunctionality>
         <requiredFunctionality name="3D Darstellung">
            <geoRepresentationFuncs>
               <_3DlayerOn_Off>on</_3DlayerOn_Off>
               <furtherInformation>Um zu erfahren, was bei der
                3D-Visualisierung passiert und demzufolge bei der Nutzung
                von 3D-Modellen zu beachten ist, nutzen Sie bitte den
                FerGI-Kurs 3D-Visualisierung
                (http://www.fergi-online.de/angebot/module/
                ikg_3dModellVis/index.html).
               </furtherInformation>
            </geoRepresentationFuncs>
         </requiredFunctionality>
         <action>
            <action_title>Vertrautmachen mit dem Untersuchungsgebiet
            </action_title>
            <instruction>Machen Sie sich selbststaendig mit dem
             Untersuchugsgebiet vertraut. Nutzen Sie die Gelegenheit
             und erkunden Sie auch die Funktionalitaeten ihres
             Lernsystems.</instruction>
            <desiredResult>Sie sollten am Ende der Phase einen guten
             Ueberblick ueber ihr Untersuchungsgebiet haben. Sie sollten
             die wichtigsten Orte leicht auffinden koennen und wissen,
             welche raeumlichen Besonderheiten im Untersuchungsgebiet
             vorkommen.</desiredResult>
         <desiredResult>Die Besonderheiten des Untersuchungsgebietes sollten
          bekannt sein</desiredResult>
     </issue>
     <issue>
        <...>
     </issue>
</learningComponent>
```

Konkret durchgeführt werden soll der Arbeitsschritt der Erstellung der Empfindlichkeitsmatrix, d.h. das Feststellen der Betroffenheit der Funktionsräume durch Störfaktoren, die vom Vorhaben ausgehen. Der Lernende soll - sofern das Wissen nicht vorhanden ist - recherchieren, welche Faktoren beim Bau einer Trasse wirken und wie die Einflüsse wirken. Anschließend kann auf Basis vorhandener Daten (z.B. Nutzungstypen) die Betroffenheit durch Störfaktoren festgelegt und in einem Datensatz durch Eingabe entsprechender Attribute für jeden Funktionsraum abgebildet werden.

```
<issue title="Empfindlichkeitsmatrix erarbeiten" id="2">
    <requiredKnowledge>Sie sollten recherchieren, welche Faktoren
     beim Bau einer Eisenbahntrasse wirken. Weiterhin
     sollten Sie zusammentragen, wie dieser Einfluss wirkt.
        </requiredKnowledge>
    <...>
    <requiredData name="Nutzungstypen">
       <webData>
          <filename>sf:nutz_hameln</filename>
          <type>shape</type>
          <serverTitle>http://localhost:8080/geoserver/wfs</serverTitle>
       </webData>
    </requiredData>
    <requiredFunctionality>
       <geoEditingFuncs>
          <editTable>on</editTable>
       </geoEditingFuncs>
    </requiredFunctionality>
    <action>
       <action_title>Erstellung einer Empfindlichkeitsmatrix
       </action title>
       <instruction>Recherchieren Sie zur Metode der
          Raumempfindlichkeitsprüfung und finden Sie heraus, welche
          Faktoren beim Bau einer Eisenbahntrasse wirken.
          Weiterhin sollten Sie zusammentragen, wie konkret dieser Einfluss
          wirkt. Die Betroffenheit durch Störfaktoren soll festgelegt und in
          einem Datensatz durch Erstellung entsprechender Attributtabellen
          für jeden Funktionsraum abgebildet werden.</instruction>
       <...>
    </action>
    <...>
</issue>
```

Der Lernende soll durch die Überlagerung der Layer der Raumwiderstände der einzelnen Schutzgüter zu einem Layer mit Aussage zum Gesamtraumwiderstand gelangen. Daten und Werkzeuge zur Geodatenanalyse werden von der Lernumgebung bereitgestellt.

Aus einer kartographischen Darstellung des Gesamtraumwiderstandes kann ein relativ konfliktarmer Korridor identifiziert werden. Schließlich sollen zur abschließenden Reflexion des Planungsprozesses das Vorgehen sowie die aufgetretenen Probleme verbal dargestellt werden.

Die dargelegte Textanalyse und die ausschnittsweise Ableitung der Modellierung macht das grundsätzliche Vorgehen deutlich. Wie eingangs schon erwähnt, ist die Textanalyse kein automatisches oder zu standardisierendes Verfahren. Die Interpretation des Textes, gegebenenfalls dessen Erweiterung sowie die Bewertung und Ausgestaltung der Arbeitsschritte sowie die konkrete Modellierung, die i.d.R. mehr bzw. konkretere Informationen (z.B. Daten mit Titel und Referenz) als der Text fordert, bleiben dem bearbeitenden Autor des Lernszenarios überlassen.

Zumindest halb-automatisch könnten unter Nutzung des in Kapitel 4.4 vorgestellten Interaction Dictionary Entscheidungsunterstützungen für den optimalen Einsatz von Funktionalitäten ablaufen. Das Interaction Dictionary enthält Informationen zum Einsatz und zur Wirkung von Interaktionsmechanismen. Diese können ebenfalls durch Textanalyse mit den Anforderungen des Lernszenarios abgeglichen werden. So würde beispielsweise die textliche Beschreibung

Der Lernende soll durch die Überlagerung der Layer der Raumwiderstände der einzelnen Schutzgüter zu einem Layer mit neuer Aussage zum Gesamtraumwiderstand gelangen. Daten und Werkzeuge zur Geodatenanalyse werden von der Lernumgebung bereitgestellt.

durch Vergleich von Signalwörtern bzw. Wortgruppen eine Verbindung zu folgenden Interaction-Dictionary-Abschnitt triggern und diese Option dem Autor vorschlagen.

Folgende Beschreibung deutet durch die braun gedruckte Wortgruppe zunächst auf die Auswahl der gesamten Gruppe der Manipulations-Funktionen hin. Die nähere Erläuterung zur Erstellung entsprechender Attributtabellen (orange) schließt aber einen Teil der Werkzeuge aus und schlägt schließlich die Funktion zur Änderung der Attribute (changeAttributes) vor.

Konkret durchgeführt werden soll der Arbeitsschritt der Erzeugung der Empfindlichkeitsmatrix, d.h. das Feststellen der Betroffenheit der Funktionsräume durch Störfaktoren, die vom Vorhaben ausgehen. Der Lernende soll - sofern das Wissen nicht vorhanden ist - recherchieren, welche Faktoren beim Bau einer Trasse wirken und wie die Einflüsse wirken. Anschließend kann auf Basis vorhandener Daten (z.B. Nutzungstypen) die Betroffenheit durch Störfaktoren festgelegt und in einem Datensatz durch Eingabe entsprechender Attribute für jeden Funktionsraum abgebildet werden.

Die vorgestellten Beispiele illustrieren die Funktionsweise und Nutzbarkeit des Interaction Dictionary. Dass der semi-automatische Einsatz noch stark von der noch nicht optimalen Qualität der zur Verfügung stehenden semantischen Textanalyse-Werkzeuge abhängt, beeinträchtigt zum aktuellen Zeitpunkt möglicherweise den Effekt des Interaction Dictionary. Es ist aber zu erwarten, dass entsprechende Entwicklungen vor allem durch Forschungen im Bereich des Ontology Engineerings gut voranschreiten und damit auch bessere Methoden zur Textanalyse und (halb-) automatischen Verknüpfung des Interaction Dictionary mit Instruktionen zur Verfügung stehen. Beispiele für Forschungsarbeiten in diesem Bereich sind das Projekt GETESS (www.getess.de/)[Klettke u. a. 2001], das System SMES [Neumann u. a. 2007], das Werkzeug RelExt [Schutz und Buitelaar 2005] oder die Ausführungen von Cimiano [2006].

# 6.3 LC-SzenarioBuilder - Zusammenstellung von Lernkomponenten zu einem Lernszenario

Das vorhergehende Kapitel hat beschrieben, wie Lernkomponenten modelliert werden können. Die Abbildung in eine XML-Struktur ist sehr aufwendig und unter Umständen unübersichtlich. Daher wurde ein Tool entwickelt, welches die Erstellung der menschen- und maschinenlesbaren XML-Datei erleichtert.

Beim Lernkomponenten (LC)-SzenarioBuilder handelt es sich um eine Umgebung, die es dem Autor mit einem Überblick über die Optionen an Lernkomponenten ermöglicht, sein Lernszenario zu konfigurieren und es anschließend in die geforderte XML-Struktur für die Lernkomponenten (s. DTD in Anhang B.3) überträgt.

Die Inhalte, die er darin für jedes Lernszenario festlegen muss, sind in entsprechenden Menüs vorgegeben (z.B. Metadaten mit Titel, Kontext, Einleitung, Beschreibung der Voraussetzungen sowie konkrete vorausgesetzte Kursmodule). Die im LC-SzenarioBuilder einzutragenden Inhalte können ebenfalls einer Textanalyse (wie oben beschrieben) entnommen und vom Autor in Form von Freitexteingaben eingegeben werden. Für einen anderen Teil, wie z.B. Referenzen zu Literatur oder Kursen, sammelt der webbasierte LC-SzenarioBuilder Eintragungen, auf die zurückgegriffen werden kann oder die erweitert werden können. Bei Elementen, die den Umgang mit der virtuellen Landschaft betreffen, soll der LC-SzenarioBuilder durch die konkreten (auch eingeschränkten) Vorgaben eine Hilfe sein. Die Verknüpfungen zu Instruktionen, die das Interaction Dictionary geben kann (vgl. Kapitel 6.2), sind ein Beispiel für Vorschläge die gemacht werden können. Dies betrifft das LC-Element <red>requiredFunctionality/></e>. Aber auch für Feedback-Aktionen (<feedbackAction/>) wäre ein ähnliches Vorgehen denkbar.

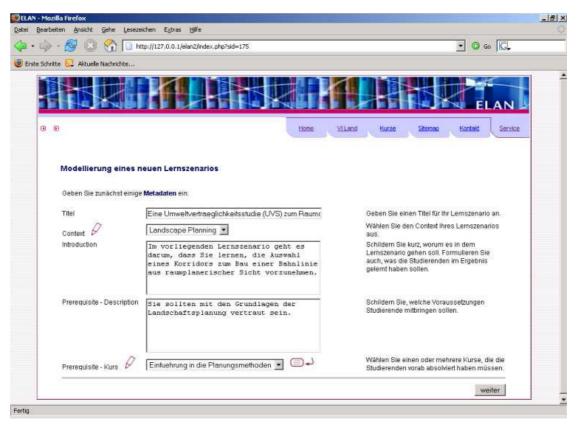


Abb. 6.1: LC-SzenarioBuilder - Metadateneingabe

Abbildung 6.1 zeigt die Metadateneingabe. Dabei sind durch den Autor für jedes Lernszenario ein Titel, eine kurze frei formulierte Erläuterung sowie die frei formulierte Beschreibung der notwendigen Voraussetzungen ("Prerequisite") einzugeben. Sofern vorhanden sollten unter "Prerequisite-Kurs" Resourcen (z.B. andere E-Learning-Kurse) referenziert werden. Hinsichtlich einer vorgegebenen Auswahl von (übergeordneten) Themen ist eine Zuordnung zu treffen, die als "Context" bezeichnet wird. Die durch den LC-SzenarioBuilder durchgeführte Formulierung in die XML-Struktur entspricht der DTD (siehe Anhänge B.3 und B.2) und sieht im Abschnitt über die Metadaten wie folgt aus (Teile, die in Abbildung 6.1 definiert werden sind normal gedruckt. Teile, die in einem weiteren Schritt eingeben werden sind grau dargestellt):

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<learningScenario>
   <metadata>
       <LC_title>Unmweltverträglichkeitsprüfung (UVP) zum Raumwiderstand</LC_title>
       <context>Landscape Planning</context>
       <introduction>Im vorliegenden Lernszenario geht es darum, dass Sie
       lernen, die Auswahl eines Korridors zum Bau einer Bahnlinie aus
       raumplanerischer Sicht vorzunehmen.</introduction>
       cprerequisite>
           <description>Sie sollten mit den Grundlagen der Landschaftsplanung
           vertraut sein.</description>
           <requiredRessources>
           <course>
               <title>Einfuehrung in die Landschaftsplanung</title>
                <url>http://www.laum.uni-hannover.de/ilr/lehre/Ptm/Ptm2.htm</url>
           </course>
           <monography>
               <title>Handbuch Theorien + Methoden der Raum- und Umweltplanung.
               Handbuecher zum Umweltschutz</title>
               <author>Fuerst, D. u. F. Scholles</author>
               <year>2001
               <publisher>Dortmunder Vertrieb fuer Bau- und
               Planungsliteratur</publisher>
           </monography>
           </requiredRessources>
       equisite>
       <timeNeeded>10 h</timeNeeded>
    </metadata>
    <learningComponent>
       <...>
    </learningComponent>
</learningScenario>
```

In Abbildung 6.2 ist das Formular zur Konfiguration einer <action> dargestellt. Für jede <action> müssen durch den Autor ein Titel sowie - frei formuliert - eine Beschreibung des Arbeitsschrittes und der gewünschten Resultate eingetragen werden.

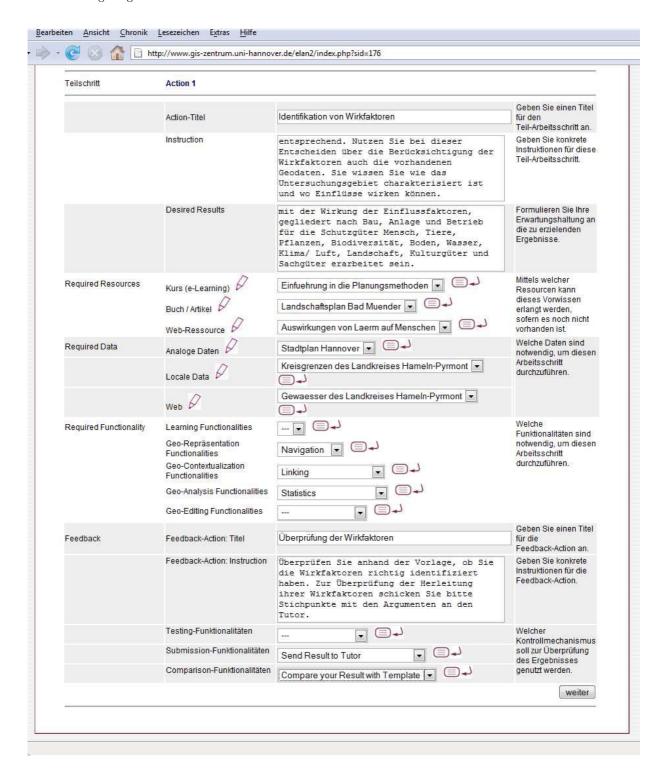


Abb. 6.2: LC-SzenarioBuilder - Konfiguration einer <action>

Weiterhin sind aus einer ergänzbaren Auswahl von Resourcen (E-Learning-Kurse, Literatur, Web-Verweise) jene anzugeben, die die Voraussetzung für den aktuellen Arbeitsschritt bilden bzw. erläutern. Unter "Required Data" sind jene (Geo-)Daten zu nennen, die für die Bearbeitung der <action> notwendig sind. Dabei wird unterschieden zwischen analogen Daten (z.B. analoge Karten), lokalen Daten (also Daten, auf die - unter der Voraussetzung, dass dem Autor bekannt ist, welche Daten dem Nutzer zur Verfügung stehen - lokal zugegriffen werden kann) sowie über das WWW zugängliche Daten. Dies sind im Idealfall Geodaten-Services. Unter "Required Functionalities" gibt der Autor an, welche Interaktionsfunktionalitäten dem Lernenden zur Verfügung stehen sollten. Dabei wird zwischen Geo-Representation-, Geo-Contextualisation-, Geo-Analysis- und Geo-Editing-Funktionen unterschieden. Diese Gliederung richtet sich im Wesentlichen nach der Darstellung in Tabelle 4.2. Zusätzlich sind so genannte Learning-Funktionalitäten vorgesehen. Dabei handelt es sich um Interaktionsmöglichkeiten, die die Wissenskonstruktion, also das Lernen, aktiv stimulieren sollen. Abbildung 6.3 illustriert die Auswahl von Funktionalitäten anhand eines Menüs. Mehrfacheingaben sind dabei möglich. Auch so genannte Bündel, wie z.B. in der Gruppe der Geo-Repräsentation-Funktionalitäten ein Set an Funktionalitäten zur räumlichen Orientierung (Zoom, Scale, Lighting, Viewpoint etc.) werden angeboten.

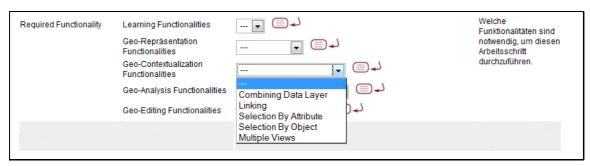


Abb. 6.3: LC-SzenarioBuilder - Auswahl von Funktionalitäten aus dem Menü

Schließlich hat der Autor als Teil der <action> auch eine Feedback-Aktion zu formulieren, d.h. eine Instruktion zu geben und festzulegen, inwiefern das Feedback abzufragen ist. Zur Auswahl stehen so genannte "Testing Functionalities", also automatisierte Tests (z.B. Multiple Choice etc.), für die der Autor je nach Fragestellung Parameter einzugeben hat. Des weiteren besteht die Möglichkeit zur direkten Abgabe von Feedback-Resultaten (z.B. per Mail etc.). Der Weg wird durch die "Submission-Functionalities" festgelegt. Bei den "Comparison Functionalities" soll der Lernende sein Ergebnis z.B. selbst mit einer Vorgabe vergleichen.

Ein wesentlicher Mehrwert im Verfassen und Gestalten von Lernszenarien durch Modellierung von Lernkomponenten besteht in der Wiederverwendung von Einzelkomponenten. Ein einfaches Beispiel wäre die Resourcensammlung die sich ein Autor in seinem LC-SzenarioBuilder anlegt und die er bei der Vermittlung von ähnlichen Themen als Referenz wiederverwenden kann. Gleiches gilt für die Datensammlung, auf die der Autor bei Mehrfachverwendung eines Untersuchungsgebietes für unterschiedliche Sachaufgaben zurückgreift. Noch hilfreicher wird die Modellierung der Komponenten, wenn Teilschritte eines Lernszenarios wiederverwendet werden können.

So könnte zum Beispiel die Modellierung des Teilproblems "Erstellen einer Empfindlichkeitsmatrix" aus dem unter Kapitel 6.1 dargestellten Lernsituation in einem Lernszenario zur Standortsuche für eine Müllverbrennungsanlage im gleichen Untersuchungsraum wieder verwendet werden. Wendet ein Lernszenario die gleiche Methodik auf einen anderen Untersuchungsraum an (z.B. Standortsuche für eine Müllverbrennungsanlage im Landkreis Gifhorn), so könnte diese die Methodik zur Erstellung einer Empfindlichkeitsmatrix aus der Lernkomponente übernehmen. Lediglich die Referenz auf die Daten und mögliche Resourcen, die sich auf das Untersuchungsgebiet beziehen müssten ausgetauscht werden. Das Beispiel würde dann wie folgt aussehen. Die gegenüber dem Anwendungsbeispiel zur Planung einer Bahntrasse ausgetauschten Elemente sind markiert.

```
<issue title="Empfindlichkeitsmatrix erarbeiten" id="x">
    <requiredKnowledge>Sie sollten recherchieren, welche Faktoren
   beim Bau einer Müllverbrennungsanlage wirken. Weiterhin
    sollten Sie zusammentragen, wie dieser Einfluss wirkt.
       </requiredKnowledge>
   <...>
    <requiredData name="Nutzungstypen">
      <webData>
         <filename>sf:nutz_gifhorn</filename>
         <type>shape</type>
         <serverTitle>http://localhost:8080/geoserver/wfs</serverTitle>
       </webData>
    </requiredData>
    <requiredFunctionality>
       <geoEditingFuncs>
         <editTable>on</editTable>
       </geoEditingFuncs>
    </requiredFunctionality>
    <action>
       <action_title>Erstellung einer Empfindlichkeitsmatrix
      </action_title>
      <instruction>Recherchieren Sie zur Metode der
      Raumempfindlichkeitsprüfung und finden Sie heraus, welche
      Faktoren beim Bau einer Müllverbrennungsanlage wirken.
      Weiterhin sollten Sie zusammentragen, wie konkret dieser Einfluss
      wirkt. Die Betroffenheit durch Störfaktoren soll festgelegt und in
      einem Datensatz durch Erstellung entsprechender Attributtabellen
      für jeden Funktionsraum abgebildet werden.</instruction>
      <...>
   </action>
    <...>
</issue>
```

### 6.4 LC-SzenarioReader - Nutzung der Lernszenarios

Die Definition des Lernszenarios soll anschließend dem Lerner zur Verfügung gestellt werden, damit er das Lernszenario durcharbeiten kann. Dazu nutzt der Lerner den SzenarioReader, der lokale oder über Webservices zur Verfügung gestellte XML-Files einlesen kann, die der Lernszenario-DTD entsprechen, in der die Konfiguration der Virtuellen Landschaft festgelegt ist.

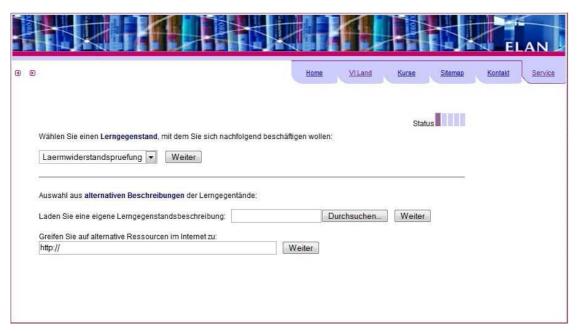


Abb. 6.4: LC-SzenarioReader, Schritt 1. Es können in der ELAN-Lernumgebung vorhandene Lernszenarien (oben), lokale (mitte) oder im WWW verfügbare LC-Beschreibungen im xml-Format geladen werden

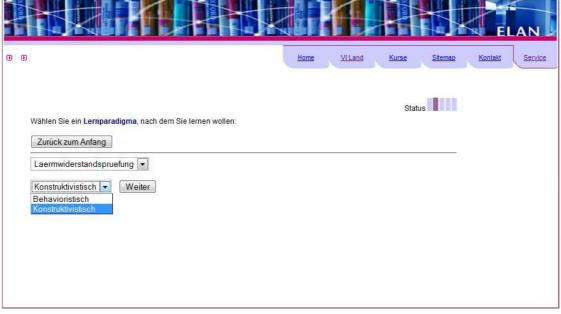


Abb. 6.5: LC-SzenarioReader, Schritt 2. Durch die Auswahl eines Lernparadigmas werden Einstellungen hinsichtlich der Selbständigkeit und der zu gebenden Instruktionen vorgenommen

Schritt für Schritt kann sich der Lernende nun durch die Instruktionen arbeiten. Abbildung 6.4 zeigt, dass dem Lerner verschiedene Möglichkeiten zum Einlesen des Lernszenarios zur Verfügung stehen. Entweder wählt er aus einem Menü (oben) oder er lädt eine lokal vorhandene Szenario-Beschreibung im XML-Format (Mitte) oder er greift auf eine URL zu, unter der ein entsprechendes Lernszenario hinterlegt ist (unten). Abbildung 6.5 illustriert, dass dem Lernenden Möglichkeiten zur individuellen Gestaltung des Lernszenarios zur Verfügung stehen. Aktuell ist die Auswahl auf die Gestaltung im behavioristischen oder konstruktivistischen Sinne beschränkt. Die beiden Optionen unterscheiden sich in der Bereitstellung der Instruktionen und Hilfen. So würden beispielweise bei der Wahl eines konstruktivistischen Ansatzes nur übergeordnete Instruktionen und Lernzielvorgaben gegeben, wogegen bei der behavioristischen Herangehensweise für jeden Arbeitsschritt detaillierte Anweisungen (Instruktionen) und Vorgaben gemacht sowie Hilfestellungen gegeben werden. Konkret bedeutet dies, dass beim konstruktivischern Lernen nur das <issue/> -Unterelement <desiredResult/> und nicht die konkrete <action/> bzw. die <action/instruction/> sichtbar wird.

```
<learningScenario>
    <...>
    <learningComponent>
       <issue>
          <...>
          <action>
             <action_title>Vertrautmachen mit dem Untersuchungsgebiet
             <instruction>Machen Sie sich selbststaendig mit dem
             Untersuchugsgebiet vertraut. Nutzen Sie die Gelegenheit
             und erkunden Sie auch die Funktionalitaeten ihres
             Lernsystems.</instruction>
             <desiredResult>Sie sollten am Ende der Phase einen guten
             Ueberblick ueber ihr Untersuchungsgebiet haben. Sie sollten
             die wichtigsten Orte leicht auffinden koennen und wissen,
             welche raeumlichen Besonderheiten im Untersuchungsgebiet
             vorkommen.</desiredResult>
             </action>
          <desiredResult>Die Besonderheiten des Untersuchungsgebietes sollten
          bekannt sein</desiredResult>
        </issue>
        <issue>
          <...>
        </issue>
    </learningComponent>
</learningScenario>
```

Eine weitere Form der Beachtung des Kontext des Lernenden ist, sein Vorwissen zu berücksichtigen. Handelt es sich beispielweise um einen Anfänger im Thema, so würden nähere Erläuterungen zu den Funktionalitäten des Systems gegeben, wogegen bei einem Fortgeschrittenen Hintergrundwissen vorausgesetzt und nicht obligatorisch sondern nur auf Anfrage bereit gestellt würde. Entsprechend wären folgende Abschnitte des Modells aktiv bzw. inaktiv.

```
<learningScenario>
    <...>
    <learningComponent>
       <issue>
          <...>
          <requiredFunctionality name="2D Darstellung">
             <geoRepresentationFuncs>
                <_2Dlayer>on</_2Dlayer>
                   <furtherInformation>Sie sollten Hintergrundwissen zur Gestaltung
                   einer Bildschirmkarten haben, um die Darstellung besser
                   verstehen und interpretieren zu können.
                   Nutzen Sie dazu z.B. den ELAN-Kurs zur Webkartographie unter
                   (http://127.0.0.1/elan2/index.php?kap=5u.sid=13).
                   </furtherInformation>
                </geoRepresentationFuncs>
          </requiredFunctionality>
       </issue>
    </learningComponent>
</learningScenario>
```

Es lässt sich natürlich noch der Grad an Vorwissen unterscheiden, der entweder - wie gerade erläutert - Hintergrundwissen z.B. zu Funktionalitäten oder die gesamte, schon im <metadata/>-Abschnitt beschriebenen Voraussetzungen (cprerequisite/>) steuert. Einem im Thema erfahrenen Lerner, der sich auf Besonderheiten des Lernszenarios spezialisiert oder lediglich übt, müssen diese Voraussetzungen nicht mehr angeboten werden.

#### </metadata>

```
<...>
    cprerequisite>
       <description>Sie sollten einen guten Ueberblick ueber die
      relevanten Planungsmethoden haben und in der Lage sein,
      die fuer die Trassenplanung wichtigen Planungsverfahren
      beschreiben und ausfuehren zu koennen. Nutzen Sie
       gegebenenfalls die angegebenen Resourcen, um Ihre
       Voraussetzungen aufzurischen.</description>
       <requiredRessources>
          <course>
            <title>Einfuehrung in die Landschaftsplanung</title>
            <url>http://www.laum.uni-hannover.de/ilr/lehre/Ptm/Ptm2.htm</url>
         </course>
         <monography>
            <title>Handbuch Theorien + Methoden der Raum- und Umweltplanung.
            Handbuecher zum Umweltschutz</title>
            <author>Fuerst, D. u. F. Scholles</author>
             <year>2001
             <publisher>Dortmunder Vertrieb fuer Bau- und
            Planungsliteratur</publisher>
         </monography>
       </requiredRessources>
    equisite>
</metadata>
```

Es ist denkbar und wünschenswert die Szenariobeschreibung um weitere Optionen zur Personalisierung zu erweitern. Die Regeln, die wie an den vorangegangenen Beispielen illustriert die Personalisierung steuern, sind in der Lernumgebung verankert und kommen bei der Konfiguration der Virtuellen Landschaft, also dem Start des Prototypen auf Basis der XML-basierten Lernkomponentenbeschreibung zum Tragen. Durchaus denkbar wäre die Verankerung der Regeln auch in Form von Anmerkungen (Flags) innerhalb der XML-Struktur. Dieses Konzept wurde aber innerhalb des Prototypen nicht umgesetzt. Grundsätzlich würde dabei aber jedes Element eine Annotation zu den möglichen Personalisierungsoptionen erhalten. Beispielhaft dargestellt ist die Option "qualification" (für die Qualifikation des Lernenden) Sie besitzt die Ausprägung Anfänger (beginner), Lernender mit Vorwissen / Erfahrungen (intermediate) und Experte (expert).

Bei der Option "learningParadigm" (bevorzugtes Lernparadigma) wird entsprechend den Lerntheorien zwischen behavioristischem, kognitivistischem und konstruktivistischem Ansatz unterschieden. Die dreistufigen Ausprägungen bauen aufeinander auf. Dies bedeutet, dass der Flag <qualification=,,beginner">/tatsächlich nur eine Option für Anfänger kennzeichnet und anderen Lernenden das bezeichnete Element nicht dargestellt wird, wogegen der Flag <qualification=,,expert">/auch den Anfänger und den Intermediate einschließt. Beim Lernparadigma wäre der Aufbau ebenfalls entsprechend der Höherentwicklung: behavioristisch - kognitivistisch - konstruktivistisch. Eine Matrix müsste die möglichen Flag-Optionen auch hinsichtlich dieser Rangfolge festlegen. Die Attributierung in der XML-Lernkomponentenbeschreibung würde wie folgt aussehen:

```
<learningScenario>
    <...>
    <learningComponent</pre>
       qualification="expert"
       learningParadigm="constructivist">
          qualification="all"
          learningParadigm="constructivist">
          <requiredFunctionality name="2D Darstellung">
             <geoRepresentationFuncs>
                <_2Dlayer>on</_2Dlayer>
                   <furtherInformation
                       qualification="beginner"
                       learningParadigm="behavioristic">
                   </furtherInformation>
                </geoRepresentationFuncs>
          </requiredFunctionality>
       </issue>
    </learningComponent>
</learningScenario>
```

Nach der Auswahl von Lernszenario und Lernparadigma wird dem Lerner ein Überblick über den Lernprozess, d.h. das Lernziel, die von ihm gewünschten Voraussetzungen, die Lernschritte sowie die zur Verfügung stehenden Daten und Funktionalitäten gegeben (vgl. Abbildung 6.6). Dann wird jeder einzelne Lernschritt durchgearbeitet. Abbildung 6.7 stellt dar, wie Informationen und Instruktionen für das Erlangen von vorausgesetztem Wissen bzw. Fertigkeiten gegeben werden. In Abbildung 6.8 wird der anschließende Arbeitsschritt erläutert, bei dem im konkreten Fall die Virtuelle Landschaft zu nutzen ist. Am Ende steht der Button "ViLa starten" zur Verfügung, der in die Geodaten-basierte Lernumgebung leitet, wie sie in Abbildung 6.9 illustriert ist.



Abb. 6.6: LC-SzenarioReader, Schritt 3. Der Lernprozess im Überblick (Ausschnitt)



Abb. 6.7: LC-SzenarioReader, Schritt 4. Detailinformationen und Instruktionen werden für jeden Lern- bzw. Arbeitsschritt gegeben (hier: dargestellt ist der erste Arbeitsschritt, bei dem mögliche Defizite im vorausgesetzten Wissen behoben werden sollen)



Abb. 6.8: LC-SzenarioReader, Schritt 5. Detailinformationen und Instruktionen werden für jeden Lern- bzw. Arbeitsschritt gegeben (hier: dargestellt ist ein Arbeitsschritt, bei dem konkret die virtuelle Landschaft genutzt werden soll)(Ausschnitt)

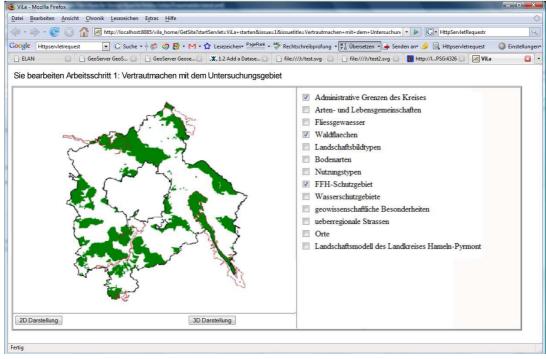


Abb. 6.9: Die aus Schritt 5 heraus geöffnete virtuelle Landschaft wurde entsprechend der Einstellungen in Schritt 5 konfiguriert. Hat der Nutzer die 2D-Darstellung ausgewählt, wird die Karte im SVG-Format dargestellt.

### 6.5 Implementierung der Virtuellen Landschaft

In den vorangegangenen Kapiteln wurden der LC-Builder und der LC-Reader vorgestellt. Die beiden Werkzeuge dienen der Konfiguration und Dokumentation eines Lernszenarios auf der Basis von Lernkomponenten. Durch die Informationen, die in den Lernkomponenten enthalten sind, kann die virtuelle Landschaft hinsichtlich bereitzustellenden Daten und Interaktionswerkzeugen konfiguriert werden.

Nachfolgend wird ein kurzer Überblick zur technischen Implementierung eines Prototypen einer solchen virtuellen Landschaft gegeben. Diese Implementierung ist in Ansätzen mit vorhandenen Geodatenportalen vergleichbar. Da es aber Entwicklungen speziell für die Anwendung im E-Learning-Bereich noch nicht gibt, erscheint es interessant, praktische Probleme bei der Umsetzung der Standards unter Beachtung der Integration weiterführender Funktionen (hier: Funktionen für das Lernen) zu identifizieren.

Außerdem soll mit Nachdruck deutlich gemacht werden, dass die virtuelle Landschaft streng an den Maßstäben interoperabler Web-Standards orientiert wurde. Web Feature Services (WFS), Web Map Services (WMS) und vor allem der Web 3D Service (W3DS) sind wichtige Entwicklungen im Bereich der webbasierten Geodatenvisualisierung. Im Laufe dieses Kapitels, speziell den Unterkapiteln 6.5.1 bis 6.5.4 wird dargestellt, wie die Standards praktisch umgesetzt wurden. Es sei zudem betont, dass die vorliegende Arbeit im Umkehrschluss mit dem E-Learning-Szenario ein Anwendungsbeispiel für die vielzitierten Standards und Techniken darstellt.

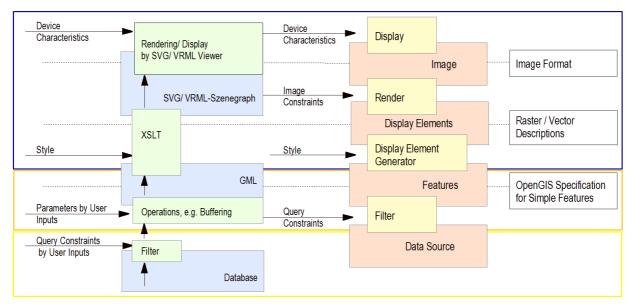


Abb. 6.10: Der Prototyp der virtuellen Landschaft in Relation zum Konzept von Cuthbert's Portrayal Model.

Den Einzelschritten der Visualisation Pipeline zugeordnet sind entsprechende Standards des OGC.

Die farbige Markierung entspricht der Kennzeichnung der Layer in Abbildung 6.11. Die Integration von Funktionalitäten (in Abbildung 6.11 rot dargestellt) hat im Visualisierungsmodell nach Cuthbert und der Entsprechung von OGC-Standards keinen Platz gefunden, sie spielt aber bei der Entwicklung der Virtuellen Landschaft eine entscheidende Rolle.

Im Rahmen der virtuellen Landschaft geht es um die situationsabhängige Visualisierung von Geodaten. Die Situation wird durch das Lernszenario (abgebildet in XML-Lernkomponenten) bestimmt. Abhängig von der Aufgabenstellung werden 2D- oder 2,5- bzw. 3D-Daten visualisiert. Daneben sollen entsprechend dem Anspruch der Handlungsorientierung je nach aktuellem Lernszenario Interaktions- und Analysewerkzeuge verfügbar sein.

Zur Darstellung wird der Prozess der Datenvisualisierung in die Einzelschritte Filtering, Mapping / Delivery, Rendering / Display) unterteilt. Abbildung 6.10 stellt die Transformation jener Visualisierungspipeline in den Kontext von Geodaten. Das OGC hat diese Komponenten in Einzelstandards zusammengefasst (vgl. Kapitel 3.2 ff.) und stellt so eine (ideale) Arbeitsgrundlage für den Aufbau von Web Services bzw. Geodateninfrastrukturen zur Verfügung.

Der vorzustellende Prototyp kann überblicksmäßig durch folgende vier Layer, die in Relation zum Portrayal Model Doyle und Cuthbert [1998] (vgl. Abbildung 3.1) zu setzen sind, beschrieben werden:

- Database Layer (entspricht dem Layer Data Source in Cuthbert's Portrayal Model),
- Delivery / Converter Layer (entspricht den Layern Features und Display Elements in Cuthbert's Portrayal Model),
- Functional Layer (dieser Layer findet keine Entsprechung in Cuthbert's Portrayal Model, sondern wird im Prototypen neu hinzugefügt),
- Presentation Layer (entspricht dem Layer Image in Cuthbert's Portrayal Model).

Die Abbildung 6.10 stellt die Schichten der virtuellen Landschaft im Vergleich zum Portrayal Model nach Cuthbert graphisch dar. Entsprechend dieser Gliederung soll der Prototyp nachfolgend beschrieben werden. Abbildung 6.11 gibt einen Überblick über die Gesamtarchitektur, der u.a. dazu dient, die einzeln beschriebenen Komponenten (Database Layer - gelb, Data-Delivery - orange, Functional Layer - rot, Presentation Layer - blau) besser einordnen zu können. Die Realisierung des Prototypen ist in Abbildung 6.12 dargestellt. Die einzelnen Layer und ihre Funktionalitäten werden in den nachfolgenden Kapiteln im Detail beschrieben.

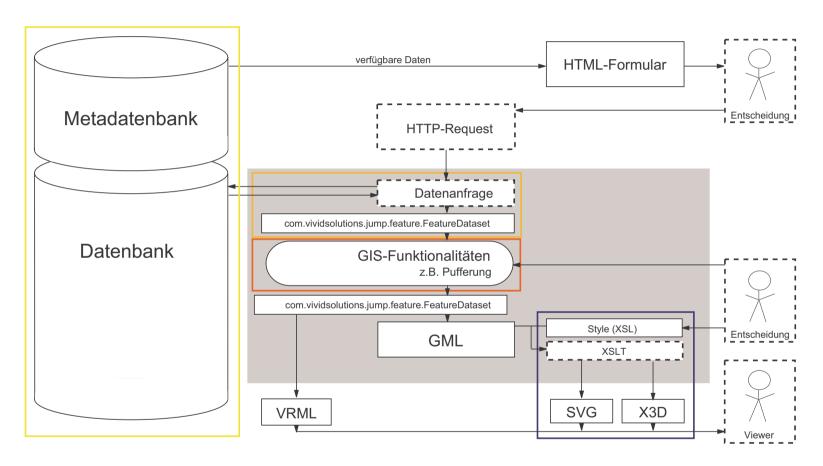


Abb. 6.11: Architektur des Prototypen

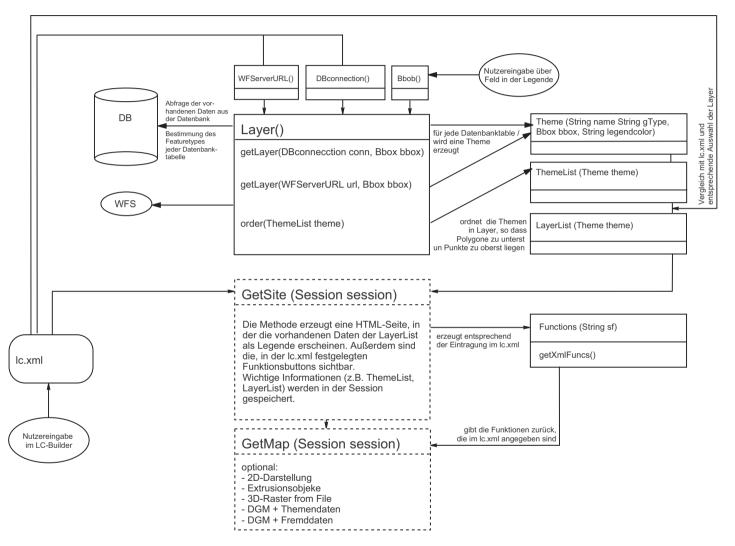


Abb. 6.12: Umsetzung des Prototypen - Überblick

#### 6.5.1 Der Database Layer

Über WFS und WCS bzw. Web 3D-Services sind Daten über das Internet verfügbar. Aus zwei Gründen soll aber die Einbeziehung von weiteren eigenen Daten möglich sein, die entweder lokal gespeichert sind oder in Form eines bekannten WFS zugänglich gemacht werden. Erstens sehen individuelle Lernszenarien oftmals die Nutzung von eigenen Daten vor. Nicht immer ist das Einbeziehen von fremden Datenquellen möglich. Zweitens ist die Anzahl von Geodatenservices noch nicht so groß, so dass selbst für Testzwecke keine Services gefunden werden konnten, die Raster- und Vektor- (inkl. Sach-)daten für ein definiertes Untersuchungsgebiet zur Verfügung stellen würden.

Für den Prototyp wurden sowohl Daten genutzt, die in einer lokalen Datenbank gespeichert sind, als auch Daten, die aus einem (lokalen) WFS abgerufen wurden. Der Vorteil eines solchen gut bekannten WFS ist, dass z.B. ersichtlich ist, welche Daten sich hinter Titeln oder welche Geometrietypen sich hinter den Features verbergen. Diese Informationen helfen, die standardisierte (XML-)Beschreibung der Lernkomponenten zu erstellen. Somit konnten dort relativ vollständige Informationen hinterlegt werden. Noch immer stellt sich das Problem, dass die Standards an sich nicht detailliert genug formuliert sind. Ein gutes Beispiel ist das GML-Format. Unterschiedliche WFS stellen unter Umständen verschiedene Interpretation des GML-Standards und damit keine kompatiblen Daten zur Verfügung.

#### 6.5.2 Der Delivery / Converter Layer

#### 6.5.2.1 Vektordaten

Die Abfrage der gewünschten Geodaten aus der Datenbank wird entsprechend des Modells nach Doyle und Cuthbert [1998] durch einen Web Feature (WFS) realisiert. In der WFS-Spezifikation ist festgelegt, wie beispielsweise Abfragekriterien (z.B. Bounding Box, Attribute) durch Filter formuliert werden können. Dieser Vorgang entspricht dem in Abbildung 6.10 dargestellten Filter-Prozess. Derzeit liegt keine funktionierende Referenzimplementierung für einen WFS vor, der auch 3D-Daten liefern kann. Am ehesten könnte diese Aufgabe von einem dem Standard des W3DS entsprechenden System erfüllt werden, aber dabei muss auf einige im WFS vorhandenen Anforderungen verzichtet werden. So beinhaltet der W3DS beispielsweise keine GetFeature-Option, mittels derer Daten im GML-Format geliefert werden (vgl. Kapitel 3.2.6). Im Rahmen der Arbeit wurden durch den Prototyp der virtuellen Landschaft genau diese Funktionalitäten (Anfrageoptionen eines read-only-WFS, 2,5/3D-Daten-Ausgabe) bereitgestellt. Konkret sind das:

- Get Capabilities:
  - Beschreibung des Funktionsumfangs,
  - Bezeichnung, welche Feature Types zur Verfügung stehen,
  - Anzeige der zur Verfügung stehenden Operationen,
- DescribeFeatureType:
  - auf Anfrage: Beschreibung der Struktur jedes FeatureTypes.

Entsprechend ist es für den Prototypen notwendig geworden, eine eigene GetFeature-Operation umzusetzen. Diese soll - aus oben erläuterten Gründen - in der Lage sein, sowohl Daten aus einem Standard-WFS, wie auch Daten aus der eigenen Datenbankstruktur im Transferformat GML auszuliefern.

Die GetFeature-Funktionalität für die eigenen Daten wurde mittels einer SQL-Anfrage realisiert. Auf der Basis der Nutzeranfrage werden die Daten aus der Datenbank selektiert, das Abfrageergebnis per Stringoperationen analysiert und die Koordinaten systematisch in FeatureDatasets organisiert (Java JUMP-Datenstruktur auf der Basis der Klasse CoordinateCollection()). Mittels der getFeature()-Methode können aus dem FeatureDataset

die einzelnen Features extrahiert werden und mit der getGeometry()-Methode aus der JUMP-API kann ein JTS-Objekt vom Typ Geometry erzeugt werden, dem dann auch der volle Methodenumfang der JTS-API offensteht.

Die Datenstruktur der FeatureDatasets kann als Ausgangsstruktur für verschiedenen GIS-Operationen aus der JUMP-API genutzt werden. Unabhängig davon, ob eine weitere Bearbeitung der Daten durchgeführt wurde, wird das FeatureDataset zur Ausgabe in eine XML-Struktur überführt. Die Ergebnisdaten werden dann entsprechend eines XML-Schemas nach GML3-Regeln ausgegeben.

Die Darstellung der Vektordaten (vgl. Abbildung 6.9) ist durch die Funktion "2D-Darstellung" realisiert. Abbildung 6.13 illustriert die Implementierung. Ausgehend von der Startwebseite, die durch das Servlet GetSite() erzeugt wird, wird durch die Nutzung der Funktion "2D-Darstellung" das GetMap()-Servlet aufgerufen. Dieses initiiert sowohl die Methode zur Generierung eines Beschreibungsvorlage (vilaSvg.createStyle()) als auch die Methode zur Erzeugung einer GML-Datei (vilaSvg.getGML()). Dabei werden Daten nur für die aktivierten Layer ausgewählt. Außerdem wird beim Aufruf des GetMap()-Servlets eine Instanz eines XSL-Prozessors erzeugt, der auf Basis der Beschreibungsvorschrift (Stylesheet) die Transformation der GML-Datei in ein SVG vollzieht.

#### 6.5.2.2 Perspektivische Visualisierung

Um eine Landschaft zu visualisieren, wird i.d.R. ein Digitales Geländemodell (DGM) auf der Basis von Rasterdaten erstellt. Ein Web Terrain Service (WTS) generiert perspektivische Ansichten dieses Modells und liefert sie als Grafik zurück. Allerdings ist diese Form nicht zufriedenstellend (vgl. Kapitel 3.2.5). Eine vektorbasierte Oberflächendarstellung, wie sie beispielsweise VRML bietet, ermöglicht mehr Darstellungsoptionen, Interaktionen und Anreicherung mit Information und Funktionalitäten. Nun können Rasterdaten nicht direkt in eine Vektordarstellung umgewandelt werden. VRML erlaubt die Visualisisierung von Höhenmodellen durch den so genannten GRID-Knoten. Dies und die Fähigkeit von VRML die räumliche Struktur eines 3D-Modells in einem Szenegraphen abzubilden, erfüllt die anspruchsvollen Visualisierungsanforderungen im Rahmen der virtuellen Landschaft.

Gleicher Forderung trägt auch der auf einem Szenegraphen basierenden W3DS (vgl. Kapitel 3.2.6) Rechnung, der im Sinne eines Standards als Vorbild für die technische Implementierung der virtuellen Landschaft dient.

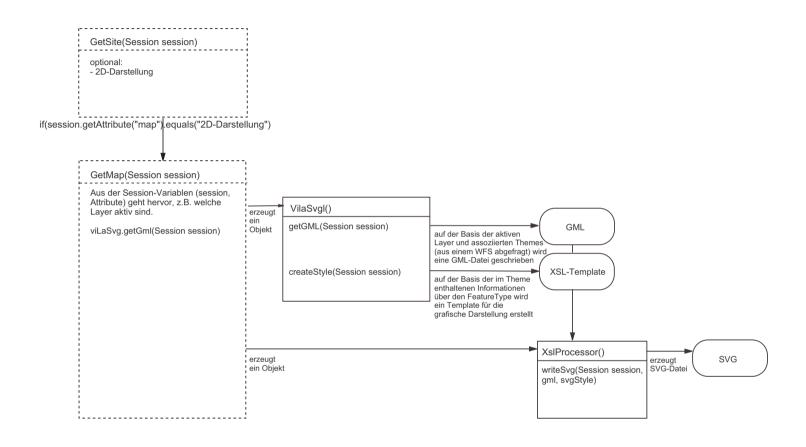


Abb. 6.13: Umsetzung der 2D-Darstellung

#### 6.5.2.2.1 Visualisierung von Digitalen Geländemodellen (Rasterdaten)

Idealerweise werden Rasterdaten aus einem WCS angeboten. Im Prototyp aber werden die Höheninformationen direkt aus einer Rohdaten-Textdatei in VRML-Objekte konvertiert. Grund dafür ist das Fehlen eines Standards für die Ablage von Rasterdaten in Datenbanken sowie der Mangel an einem Standard, der Rasterdaten "roh" (in Analogie zum WFS) als "Raster"-GML (oder ein anderes interoperables, möglicherweise sogar durch die OGC als Standard anerkanntes Datenformat) ausgibt. Die Konvertierung aus der Rohdaten-Textdatei in VRML ist durch Stringoperationen realisiert, die die eingelesenen Höheninformationen in die VR-Markup-Language übersetzt. An dieser Stelle könnten weitere Arbeiten zur Standardisierung eines "WebRasterdataService" (o.ä.) ansetzen. Eines der Hauptprobleme und die Ursache weshalb solche Arbeiten bisher noch nicht weiter verfolgt wurden, liegt u.a. in den zu übertragenden Datenmengen der Rasterdaten.

VRML seinerseits bietet zwei Optionen, um Höhenmodelle darzustellen. Das ist zunächst der Datentyp GRID, bei welchem es sich um gleichmäßige Rasterzellen handelt, die jeweils eine Höheninformation für die, durch die Rasterzelle abgedeckte Fläche beinhalten. Andererseits handelt es sich um das Triangulated Irregular Network (TIN), im VRML als "IndexedFaceSet" bezeichnet, ein durch Dreiecksvermaschung auf der Basis von unregelmäßigen Punkten errechnetes Höhenfeld. Für die Darstellung der Rasterdaten durch VRML wird der GRID-Knoten verwendet. Abbildung 6.15 zeigt das Ergebnis. Abbildung 6.14 illustriert die Implementierung. Ausgehend von der Startwebseite, die durch das Servlet GetSite() erzeugt wird, wird durch die Nutzung der Funktion "3D-Darstellung" (3D-Raster from File) in Kombination mit einem aktivierten Rasterdatenlayer das GetMap()-Servlet und die darin enthaltene Methode Raster2Wrl() aufgerufen, die Höhendaten aus einer Datei einliest und in eine VRML-Datei formuliert.

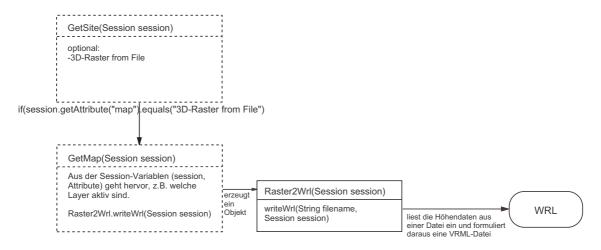


Abb. 6.14: Umsetzung der Darstellung des DGM

#### 6.5.2.2.2 Visualisierung von anderen Geoobjekten (Vektordaten)

Liegen keine Raster- sondern Vektordaten vor, so erfolgt die 3D-Visualisierung durch Extrusion von 2D-Vektordaten. Dabei wird einem 2D-Objekt eine einheitliche Höhe zugeordnet. Dies kann in der virtuellen Landschaft entweder auf der Basis von Attributen oder durch die Eingabe des Nutzers geschehen. Gründe für dieses Vorgehen sind:

- 2D-Daten sind weit verbreitet und damit leichter erhältlich als entsprechende 3D-Daten,
- 2D-Daten sind in verschiedenen Maßstäben verfügbar und
- 2D-Daten werden häufiger aktualisiert. Bilden 2D-Daten die Grundlage für die extrudierten 3D-Modelle, so ist die Aktualität der 3D-Objekte ebenfalls gewährleistet.

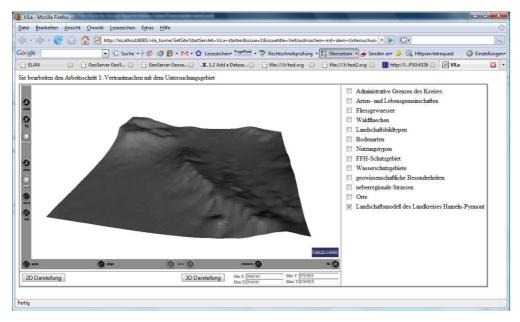


Abb. 6.15: Umsetzung der perspektivischen Darstellung eines Geländemodells

Dieses Prinzip wurde vielfach angewendet, so z.B. duch Schilling und Zipf [2003] im Rahmen des "DeepMap"-Projektes oder durch Brenner und Gösseln [2004] im Rahmen der Erzeugung von Digitalen Stadtmodellen u.v.m. Die Extrusion von 2D-Objekten erscheint sinnvoll, v.a. wenn Attributeigenschafen in thematische Karten visualisiert werden sollen, z.B. Einwohnerzahlen von Kreisen in Kartogrammen oder wenn z.B. in Stadtmodellen größere Mengen von Gebäuden anhand von Grundrissen (z.B. aus der ALK) dargestellt werden sollen, um einen realitischen Eindruck der Bebauung zu erzielen. In der virtuellen Landschaft dient die Extrusion von 2D-Objekten der exemplarischen Demonstration der technischen Umsetzung der 3D-Visualisierung von Vektordaten. Selbstverständlich ist die Verfügbarkeit echter 3D-Daten wünschenswerter.

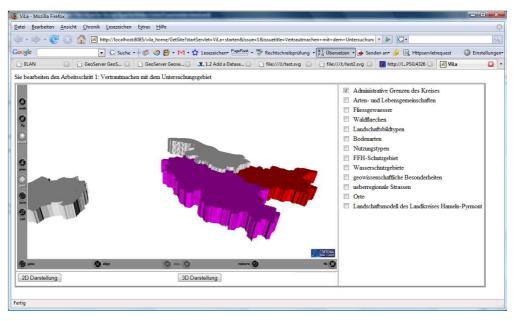


Abb. 6.16: Extrusion von 2D-Objekten

Im vorliegenden Prototyp wurde die 3D-Visualisierung von Vektordaten mittels IndexedFaceSet (welches eine Dreiechsvermaschung umsetzt) realisiert (vgl. Abbildung 6.16). Abbildung 6.17 zeigt, dass dazu die Methode VilaWrl.createExtrusion() entwickelt wurde. Dabei wird zur Laufzeit aus den vorhandenen Stützpunkten unter Nutzung des Programms TRIANGLE [Shewchuk 2003] eine Triangulation berechnet. Im Ergebnis stehen die für das VRML-Modell notwendigen Zuordnungen der Punkte (Nodes) zu Dreiecken (Triangles) zur Verfügung und können in VRML ausgegeben werden. Edges müssen nicht explizit gespeichert werden. Die Vermaschung nimmt VRML selbstständig vor. Alternativ wurde die Methode createXml() implementiert, die die Triangulation statt in VRML in ein GML-Format übersetzt. Dieses könnte Ausgangspunkt für die Modellierung mittels X3D sein. Allerdings wurde weder 3D GML zur Beschreibung von TINs verbindlich definiert, noch hat X3D die gewünschte Anwendungsreife (vgl. Kapitel 3.1.5) erreicht, so dass diese Option aktuell nicht weiter verfolgt wurde.

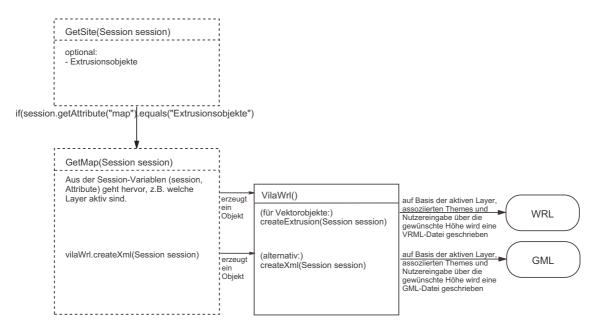


Abb. 6.17: Umsetzung der 3D-Darstellung durch Extrusion

#### 6.5.2.2.3 Integration von Vektordaten (Geoobjekten) im DGM

Die Integration von Vektorobjekten, also die visuelle Überlagerung von DGM mit (thematischer) 2D-Information zur Erzeugung anschaulicher perspektivischer Ansichten, stellt eine wichtige Anforderung der Visualisierung dar. Im Rahmen der virtuellen Lernlandschaft wie in den meisten anderen Visualisierungsumgebungen wird die Darstellung erst dann interessant, wenn Geoobjekte (Vektordaten) im Kontext ihrer räumlichen Lage, d.h. der Lage im Gelände gesehen werden können.

Für diese gemeinsame Darstellung des Geländes mit den thematischen Daten, die meist im Vektorformat vorliegen, gibt es verschiedene Ansätze. Diese ergeben sich aus den Varianten der Integration, die durch Schilling und Zipf [2003] wie folgt unterschieden werden:

- Objekte ohne vertikale Ausdehnung,
- Objekte die als Ganzes zu einer gewissen Höhe überführt werden (Extrusion),
- Objekte mit vertikaler Ausdehnung, die als Attribute gespeichert sind,
- Objekte die an die DGM-Oberfläche angepasst werden.

Für Objekte, die keine vertikale Ausdehnung besitzten, und die sinnvollerweise auch nicht mit einer (extrudierten) bestimmten Höhe dargestellt werden sollen (z.B. Landnutzungsarten oder Gewässer), besteht die Möglichkeit, dass dem Geländemodell eine "Objektprojektion" als Textur (auch "Drape" oder "Footprint" genannt) aufgelegt wird, die die thematischen Informationen kartographisch aufbereitet wiedergibt. Für diese und die anderen Optionen illustriert Tabelle 6.1 die Möglichkeiten exemplarisch. Die Tabelle stellt die Vielfalt an Möglichkeiten dar, indem sie unterschieden nach den Geometrietypen Punkt, Linie und Polygon die Visualisierung durch Anpassung von Objekten an die DGM-Oberfläche (Drape), Extrusion von Flächen und Körperdarstellung charakterisiert. Sie ist somit eine Grundlage für die Auswahl der besten Option für bestimmte Visualisierungsanforderungen.

Das Problem der Datenintegration im Rahmen von Geodateninfrastrukturen sprechen Williams und Dreza [2004] an. Komplexe Operationen die damit verbunden sind, beinhalten:

- die Aufteilung der Anfrage in mehrere Anfragen ([El-Khatib u. a. 2002]), sowie
- die Integration der Ergebnisse zu einem einheitlichen Datensatz ([MacKinnon u. a. 1998]).

Für die erste Teilaufgabe muss nach Zaslavsky u. a. [2000] durch jeden Data Provider ein Wrapper entwickelt werden, der die Aufgabe der Zerlegung von Anfragen vornimmt. So muss beispielsweise die Anfrage: "Welche Strasse wird in der Region (Xmin, Ymin, Xmax, Ymax) beeinträchtigt, wenn See x auf 3m Wasserstand ansteigt?" in zwei Abschnitte zerlegt werden: (I) welches Gebiet von einem 3m-Wasseranstieg betroffen ist und (II) welche Strasse der definierten Region den betroffenen Bereich kreuzt.

Das Problem der Datenintegration liegt in den verschiedenen geometrischen Beschreibungsschemata sowie der möglicherweise abweichenden Semantik. Zur Integration ist die Überführung beider Eigenschaften in ein gemeinsames Referenzsystem, sowie eine gemeinsame semantische Struktur notwendig. Eine solche stellt beispielsweise GML dar, die wie schon mehrfach erläutert noch nicht die endgültige Reife für die Operationalisierung von Aufgaben auf interoperablen Niveau aufweist.

Die Abbildung 6.18 zeigt auf, wie die Integration von Sachdaten in ein DGM programmtechnisch implementiert und prototypisch getestet wurde. Ausgehend von der Startwebseite, die durch das Servlet GetSite() erzeugt wird, wird durch die Nutzung der Funktion "DGM & Themendaten" das GetMap()-Servlet aufgerufen. Genau wie bei der Visualisierung von Digitalen Geländemodellen wird unter Nutzung der Methode Raster2Wrl(), die Höhendaten aus einer Datei einliest, eine VRML-Datei formuliert. Gleichzeitig wird für jeden Knoten des Vektorobjektes (vorher mit der Methode Vertices.addVertices() in eine Liste geschrieben) durch die Methode Raster2Wrl.getHeights() die entsprechende Höhe im DGM ermittelt und in der Form x,y,z beschrieben. Unter Nutzung dieser Liste führt das Programm TRIANGLE eine Dreiecksvermaschung durch. Diese ist schließlich der Ausgangspunkt zur Generierung eines TINs (beschrieben als IndexedFaceSet) welches in VRML eine, dem Geländemodell angepasste Körperform erzeugt. Dieses wird in das DGM eingebettet.

Entsprechend den in Tabelle 6.1 aufgezeigten Optionen und geschilderten Problemen wurden verschiedene Varianten der 3D-Darstellung prototypisch getestet. Zu heterogen und zu wenig standardisiert sind noch die verfügbaren Daten. Denkbar wäre die Implentierung von verschiedenen Optionen entsprechend der Datenquellen (z.B. Drape für Daten aus einem WCS, Extrusion für Polygon-Daten aus einem WFS, Körperdarstellung für echte 3D-Daten). Die Probleme werden sich vergrößern, wenn - wie als Vision angestrebt - Daten aus verschiedenen Services zusammenkommen. Natürlich existieren Standards, aber wie die Arbeit mit GML zeigt, werden die Richtlinien noch zu heterogen interpretiert und umgesetzt.

Tabelle 6.1: Vergleich der Integrationsoptionen von 2D und 3D-Geodaten

	Punkte	Linien	Polygone		
Drape					
Vorteile	Diese Darstellungsoption ist vorteilhaft hinsichtlich der Lesbarkeit. Eine Fülle von Informationen kann - in Analogie				
	zur Karte - intuitiv lesbar bereitgestellt werden.				
Nachteile	Technisch wird ein Karten- oder Luft-/ Satellitenbild "aufgeklebt". Dadurch sind einzelne Geoobjekte aber nicht mehr identifizierbar				
	- und somit auch nicht ansprechbar. Abfragen, Selektionen etc. sind nicht möglich.				
Extrudierte Objekte					
Vorteile		Für Kartogrammanwendungen (z.B. Darstellung von Verkehrsbelastungen) erscheint die Extrusion von Linien sinnvoll.	Diese Visualisierungsform ist eine gute Möglich- keit, Geoobjekte an das Gelände anzupassen.		
Nachteile	Der Sinn erscheint nicht sehr groß, dennoch sind in Analogie zu Flächen Kartogrammanwendungen denkbar.	Die Anwendbarkeit erscheint eingeschränkt. Mindestdicken von zu extrudierenden Linien sind im Sinne der guten Darstellung zu gewährleisten. Sinnvolle Attributtierung als Basis für die Extru- sionshöhen sind zu beachten.	Anpassung der Grundfläche an das Gelände ist kompliziert, da Körper entsprechend der Relief- energie des Geländes relativ intensiv trianguliert werden müssen.		
Körper (3D)					
Vorteile	Eine sehr intuitive Darstellung. Mittels Kugelra- dien könnten weitere thematische Informationen kommuniziert werden.		Diese Visualisierungsmöglichkeit stellt eine optimale Anpassung des Geoobjektes an das Gelände dar.		
Nachteile	Komplizierte Vorschrift zur Verallgemeinerung wären zu erstellen, z.B. wie die Größe der Ku- geln in einem bestimmten Maßstab sein soll.	Die Verkörperung von Linien wären "Rohre". Da- bei handelt es sich um keine intuitive Darstel- lung. Linien sind wegen der vielen Stützpunkte ohnehin sehr speicherintensive Daten. Die Über- tragung wäre daher auch sehr langsam.	Sehr kompliziert, da Körper entsprechend der Reliefenergie des Geländes mehr oder weniger intensiv trianguliert werden muss. Dies setzt zum einen sehr komplexe Vorberechungen voraus. Zum anderen wird der Code damit sehr umfangreich.		

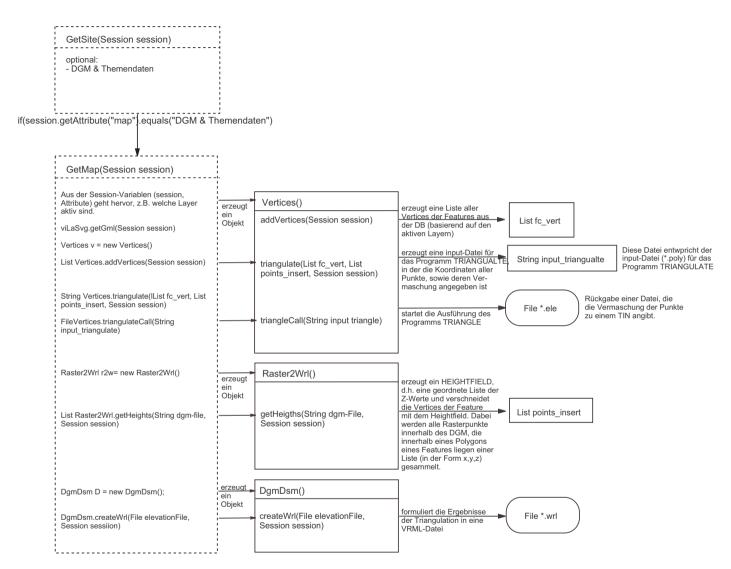


Abb. 6.18: Umsetzung der Integration von Sachdaten in das DGM

#### 6.5.3 Der Presentation Layer

GML enthält keine Visualisierungsanweisungen. Entsprechend dem Portrayal-Model von Cuthbert (vgl. Abbildung 6.10) werden die Daten erst durch Zuweisung von Raster- oder Vektorbeschreibungen gerendert. Dieser eigentliche Schritt der Visualisierung wird in der OGC-konformen Architektur durch den GetMap()-Request eines WMS durchgeführt. In der virtuellen Landschaft ist neben dem GetMap-Request (für 2D) auch ein GetScene()-Request implementiert (auch im W3DS lt. Standard vorhanden), der die "Display Elements" liefert. Die Zuordnung der Visualisierungsoptionen erfolgt in einem gesonderten Schritt, auf welchen der Nutzer auch Einfluss nehmen kann.

GML kann - da es sich um eine XML-Beschreibung handelt - in andere (z.B. webfähige) XML-Formate (SVG, X3D) umgewandelt werden [Dorninger 2003]. In der vorliegenden Arbeit wurde SVG für die 2D-Visualisierung verwendet. Grundsätzlich ist X3D für die 3D-Visualisierung angedacht (und auch implementiert). Da aber X3D-Viewer noch nicht operationell sind, arbeitet die Umgebung derzeit noch mit VRML. Kolbe [2004] fügt als Argument hinzu, dass es viele 3D-Programme gibt, die VRML97 im- und exportieren können. Somit stellt VRML97 die Schnittstelle zwischen Webservices und anderen Programmen dar.

#### 6.5.3.1 Stylesheet Transformation

Um SVG für die 2D-Visualisierung zu erzeugen, werden Konvertierungsanweisungen in einem XML-Schema (Template) abgelegt [WWW Consortium 2006]. Diese werden im Arbeitsschritt der Extensible Stylesheet Language Transformation (XSLT) auf das Eingabeformat (in unserem Fall GML) angewendet (XSLT 1.0 Recommendation, Lehto, 2001). Dieser Arbeitsschritt entspricht im Portrayal Model nach Cuthbert der Generierung von "Display Elements".

Zur Transformation wird ein XSLT-Engine benötigt, der das Eingabedokument prozessiert. Es stehen eine Reihe solcher Engines frei zur Verfügung (http://www.w3.org/Style/XSL/). Innerhalb der Java-Umgebung bietet die Java API for XML Processing (JAXP) solche Funktionalitäten an. JAXP ist in Java2-Versionen (mind. SDK 1.4) integriert. JAXP ist so aufgebaut, dass Entwickler zwischen verschiedenen XML-Parsern wählen können. Die üblichsten sind SAX 2.0 und DOM Level 2.

Für die Realisierung der Stylesheet Transformation im Prototypen der Virtuellen Landschaft wurde vorab ein XSL-Template für die bekannten Daten entworfen. Dieser Schritt ist für die angestrebte Service-Architektur insofern kritisch, als i.d.R. keine semantische Information über die darzustellenden Daten vorliegt. Somit ist eine kartographisch gute Visualisierung schwierig. Farben werden bisher nur per Zufall generiert. Strichstärken oder -typen sind einheitlich. Typische Signaturen (z.B. für Nadelwald, eine Autobahn oder eine Kirche etc.) können nicht angewendet werden, da bei der automatischen Zuordnung von Symbolen die Semantik eines Punktes, einer Linie oder einer Fläche nicht bekannt ist. Auch hier sind Verfahren notwendig, die "automatisch" Informationen über die Bedeutung der Geoobjekte liefern.

#### 6.5.3.2 Rendering

Der eigentliche Schritt des Renderings übernimmt der SVG- bzw. VRML-Viewer. Für SVG hatte sich zunächst der Adobe SVG-Viewer durchgesetzt. Inzwischen implementieren die Browser das SVG-Rendering in eigenen PlugIns. Für die Darstelung von VRML bietet sich beispielsweise der Cortona Viewer von Parallelgraphics an. Da die Viewer bei den Clients installiert sind und für das Rendering und Displaying der Client verantwortlich ist, kann man von einer Medium-Server / Medium-Client-Architektur sprechen.

#### 6.5.3.3 Darstellungsprobleme

Bei der Visualisierung von verteilten (und daher oft semantisch unbekannten) Daten treten eine Reihe von Problemen im Sinne der guten kartographischen Darstellung auf.

Schwierigkeiten ergeben sich in der Zuweisung von Styles. Semantische Informationen sind notwendig, um ein Linien-Feature beispielsweise als Fluss oder Straße entsprechend ihrer Bedeutung graphisch zu gestalten. Ein weitere Unklarheit ergibt sich durch die zufällige Reihenfolge der Darstellung von Layern. Natürlich lassen sich auch Funktionalitäten zur Umsortierung der Layer in einer Graphik realisieren, aber diese erzeugen nur (unnötigen) Datenverkehr und verlangsamen die Arbeit in webbasierter Umgebung. Daher sollte die Darstellung auf jeden Fall entsprechend dem Grundprinzip erfolgen, dass als erstes Polygone, dann Linien und schließlich Punkte visualisiert werden. Für die Reihenfolge von Polygonen ließe sich möglicherweise über komplexere Überlappungsanalysen feststellen, wie eine sinnvolle Darstellungsmöglichkeit aussehen könnte. Auch für die Darstellungsreihenfolge von Linien sind semantische Aspekte wichtig. Schließlich soll z.B. kein Fluss über eine Strasse verlaufen.

Inselflächen können in SVG nicht gesondert, z.B. transparent dargestellt werden. Daher ist bei der Darstellung von Inselflächen die Reihenfolge der vorhandenen Layer zu beachten, weil möglicherweise ein Thema durch eine solche Fläche "verdeckt" wird.

SVG als 2D-Vektorformat hat sich durchgesetzt, denn es bringt durch die mathematische Definition von Grafikelementen maßstabsunabhängig eine gute Qualität in der Darstellung. Weitere gute Eigenschaften sind in Kapitel 3.1.3 erläutert. Diese schließen alle Vorteile von XML-Strukturen ein. Problematisch ist allerdings, dass die Datenbeschreibung im Quelltext der Webseite im Klartext lesbar ist. Da Geodaten teuer in Erfassung und Pflege sind, ist dies durch die Gefahr der Verletzung der Urheberrechte in der Regel nicht erwünscht.

Bei der Nutzung von Körpern als 3D-Darstellungsoption für Primitive (z.B. Kugel für Punkte) sind Regeln zu erarbeiten, in welchem Verhältnis zum Maßstab die Körper (z.B. Durchmesser einer Kugel) visualisiert werden sollen. Dieses Verhältnis ist natürlich von der Gesamtgröße des dargestellten Areals abhängig.

Eine weitere Besonderheit von web-basierten Systemen ist, dass die Bedingungen auf der Clientseite unbekannt sind. So kann - wegen der Unkenntnis der vorhandenen Bildschirmgröße (die Bildschirmauflösung kann durch JavaScript ermittelt werden) - keine absolute Maßstabsangabe gemacht werden. Damit sind Maßstabsbalken, die sich entsprechend der Kartenbilddarstellung der endgültigen Anzeige anpassen, die beste Möglichkeit Auskunft über die Größenverhältnisse zu geben.

Ein großes Problem bei der Ausschnittswahl ist - sofern man eine genaue Anpassung der zu integrierenden Datensätze anstrebt - die mögliche Beschneidung von Objekten. Steht beispielsweise ein die Abdeckung betreffend kleineres Raster gegenüber dem Vektordatensatz zur Verfügung, so muss der Vektordatensatz entsprechend angepasst werden. Die Beschneidung eines Objektes (clipping) resultiert im Wegfall von Knoten und dies hat zur Folge, dass die Geometrie des Objektes verändert wird. Daher müssen entsprechend der Position am Rand des Rasters Stützpunkte eingefügt werden, um einen mit dem Rasterrand identischen Linienzug zu bilden. Der Nachteil dieser Variante besteht darin, dass die Geometrie unter Umständen nicht komplett dargestellt werden kann. Jedoch sind alle dargestellten Höhenwerte durch das Raster richtig belegt. Eine andere Möglichkeit würde darin bestehen, die Vektorobjekte in ihrer echten Form zu belassen und jenen überlappenden, nicht mehr in der Bounding Box des Rasters liegenden Punkten eine Höhe zuzuweisen, die sich dem Gesamtbild einfügt. Das heißt, den überlappenden Punkten müsste die Höhe des letzten Knoten auf dem Raster zugeordnet werden. Jene Variante hätte gegenüber dem zuerst beschriebenen Verfahren den Nachteil, dass die Erscheinung hinsichtlich der Höhenwerte außerhalb des Rasters interpoliert sind. Die Region wird möglicherweise ungenau repräsentiert.

Ein weiteres auch von vielen anderen Autoren zitiertes Problem der 3D-Visualisierung ist die Orientierung im Darstellungsraum. Hierfür müssen Hilfsmittel in die Umgebung integriert werden. Ein einfaches aber wirksames Mittel ist beispielsweise die Option, ein Gitter zur Orientierung im Koordinatenraum bereitzustellen.

Weitere Probleme der 2D-Bildschirmkartographie beschreiben z.B. [Brown 1998], [Dickmann 2001] oder [Mac-Eachren und Kraak 2001]. Arbeiten zu Problemen (im Sinne von kartographischen Darstellungen) der 3D-Visualisierung sind leider noch sehr rar.

#### 6.5.4 Der Functional Layer

Wie bereits beschrieben, spielt die Möglichkeit zur Interaktion eine grosse Rolle für eine effektive Lernumgebung. Im "Functional Layer" des Prototypen der virtuellen Landschaft sind alle Funktionalitäten enthalten, die zum einen der Navigation aber vor allem auch der Interaktionen im Sinne von Kapitel 4.1 dienen.

Die der Navigation dienenden Funktionalitäten (z.B. Zoom, Pan) sind zum Großteil im Rahmen des SVG-Viewers oder des VRML-/X3D-Plugins vorhanden und müssen im Prototyp nicht implementiert werden.

Interaktivitätsoptionen für die Arbeit mit Geodaten sind ausführlich im Kapitel 4 behandelt. Im Rahmen der Arbeit konnten nur ausgewählte Funktionen prototypisch umgesetzt werden. So konnte gezeigt werden, dass eine Identify-Funktionalität einfach umgesetzt werden kann, indem mittels JavaScript eine Datenbankabfrage bei Auswahl eines Objektes im Szenegraphen getriggert wird. Ebenso lässt sich natürlich eine Datenbankabfrage der Gesamtheit der Objektattribute (im Sinne von "Show Attributetable") realisieren.

Im Bereich der räumlichen Analysen konnte die Pufferoperation bereitgestellt werden. Für den 2D-Bereich stellt diese ein Beispiel dar, wie die Ressoucen der JUMP und der JTS-Bibliothek genutzt werden können.

Die Umsetzung im 3D-Bereich erfolgte durch die Berechnung eines entsprechend der Pufferweite vergrößerten und transparent dargestellten Körpers mit gleichem Mittelpunkt. Konsequenterweise sollte der Puffer-Körper dem eigentlichen Körper in allen Hüllen-Punkten im gleichen Abstand parallel sein. Dies ist nicht uneingeschränkt möglich. Kanten, die durch Extrusion entstehen werden tendenziell eckig dargestellt und haben in der Diagonalen nicht mehr den gleichen Abstand, wie zu Top- oder Seitenflächen. Genauer aber auch intensiver in der Ausführung und Übertragung wäre die Berechnung von neuen Abstandspunkten, die dann wieder zu einem Körper zusammengefasst werden (vgl. [Devanthéry und Fopp 2001]).

Für die beschriebene Pufferfunktionalität wäre eine Web Processing Service (WPS)-konforme Implementierung denkbar. Auch zur Bereitstellung weiterer GIS-Operationen ist die Integration von WPS realistisch. Im Rahmen der virtuellen Landschaft wurde eine solche Schnittstelle nicht implementiert, wäre aber praktisch gut umsetzbar. Bisher existiert der Standard zur Beschreibung der Prozesse, ihrer In- und Outputs, der Form, wie Prozesse vom Client angesprochen werden können und wie die Ergebnisse behandelt werden. Der Standard beschreibt allerdings nicht, wie konkret Geo-Prozessierungsalgorithmen implementiert werden sollten (vgl. [Open Geospatial Consortium 2008g]). Solche spezifischen Process Services sind operationell noch nicht sehr verbreitet. Die Entwicklungen versprechen aber positive Tendenzen hinsichtlich der Implementierung von operationellen, durch WPS ansprechbaren Geo-Prozessierungsalgorithmen.

Wenngleich weitere Funktionalitäten wünschenswert sind, so soll angemerkt sein, dass die virtuelle Landschaft keineswegs die volle Funktionsfähigkeit eines GIS anstrebt. Für entsprechend anspruchsvolle Aufgaben ist die Integration der oben besprochenen WPS auszubauen oder eine nicht web-basierte Software vorzuziehen. Im Fall der lokalen Software sind die dort eingesetzten Algorithmen für den Zugriff und die Verarbeitung von Geodaten

nicht über das Internet und somit effizienter gestaltet. Abgesehen davon sind Geodaten i.d.R. sehr umfangreich und die Versendung oder Abfrage von kompletten Datensätzen oder Teilen der Anfrage- und Bearbeitungslogik über das WWW sehr zeitintensiv. Die Anwendungen werden damit sehr komplex und im Zusammenhang mit der Unkalkulierbarkeit der Client-Voraussetzungen arbeiten sie meist nicht zufriedenstellend, d.h. sehr langsam. Dennoch sind im Sinne eines innovativen Internets komplexe Anwendungen grundsätzlich möglich und auch anzustreben. Im Rahmen einer E-Learning-Anwendung sind umfangreiche GIS-Funktionalitäten sinnvoll, weil nicht immer ein (meist kostenintensives) Softwarepaket beim Lernenden (und hinsichtlich GIS manchmal auch Neuling) zur Verfügung steht. Die Abgrenzung der sinnvoll über das Internet anzubietenden Funktionalitäten fällt nicht leicht und ist anwendungsabhängig. Wichtig wäre, dass im Zusammenhang mit einem konkreten Lernszenario nur eine Auswahl von Funktionalitäten zur Verfügung gestellt wird. In Einzelfällen könnten auch Ergebnisse von vorhersehbaren oder instruierten Interaktionen (z.B. eine komplexe Layerkombinationen oder eine klar definierte topologische Analyse) vorab simuliert und ohne Echtzeitberechnung zur Verfügung gestellt werden. Dies würde dem Lernenden zwar auch eine Fehlentscheidung verdeutlichen, aber seine Handlungsmöglichkeiten (und damit das Lernen aus Fehlern) wären eingeschränkt. Dies würde dann nicht der konstruktivistischen Lernidee entsprechen.

Weiterhin sei im Kontext von Lernanwendungen angemerkt, dass jene Funktionalitäten, die durch die angebotene Möglichkeit zur Interaktion ein verbessertes Verständnis von Daten und Algorithmen versprechen, als sinnvoll zu bezeichnen sind. Die virtuelle Landschaft grenzt sich zudem von GIS-Paketen durch die Integration von speziellen didaktischen Funktionalitäten (z.B. Instruktionen, Wissensstandstests etc.) ab. Damit ist sie nicht mit gängiger GIS-Software vergleichbar.

## Kapitel 7

# Validierung der Anforderungen an E-Learning

Die vorliegende Arbeit hat in Kapitel 2 u.a. eine Beschreibung des Zustandes von aktuellem E-Learning in den Geowissenschaften vorgelegt. Wesentlicher Bestandteil dieser Zustandsbeschreibung war die in Kapitel 2.7 zusammengefasste Studie zur Qualität von E-Learning Produkten. Im Rahmen dieser Studie wurden Schwachstellen und Anforderungen genauer herausgearbeitet. Die Arbeit hat sich im Weiteren mit den Schwachstellen Handlungsorientierung und Interoperabilität genauer befasst (vgl. Kapitel 4 und 5) sowie Konzepte und Strukturen entwickelt, um diesen Herausforderungen zu begegnen. Schließlich konnten die Konzepte durch den in Kapitel 6 vorgestellten Prototypen in ihrer Funktionsweise praktisch aufgezeigt werden. Aus dieser Auseinandersetzung mit den theoretischen und praktischen Komponenten ergibt sich, dass der im Rahmen der Qualitätsstudie formulierte (und dort geprüfte) Anforderungskatalog an "gutes E-Learning" um Kriterien zur Handlungsorientierung und Interoperabilität erweitert werden kann. Dabei handelt es sich um Kriterien, die speziell für die im Rahmen der Arbeit betrachteten Web- und Geodatenbasierten Lernsituation zutreffen.

Mit der Durchführung einer Expertenbefragung konnten diese Aussagen validiert werden. Acht Experten - deren Expertise anonym im Anhang C.3 dargestellt ist - wurden mit Aussagen / Kriterien für gutes E-Learning konfrontiert und befragt, erstens für wie richtig sie die Aussage halten und zweitens für wie relevant sie das Kriterium bzw. das Vorhandensein entsprechender Ressourcen für die Gestaltung von gutem E-Learning halten (vgl. Fragebogen in Anhang C.1).

Anhang C.2 stellt die im Rahmen der Befragung erzielten Durchschnittswerte für Richtigkeit und Relevanz der Aussagen dar. Antworten waren zu geben auf einer Skala von 1 bis 5, wobei 1 für richtig bzw. sehr relevant und 5 für falsch bzw. nicht relevant steht. In einer zweiten Tabelle (C.2) ist die "Einigkeit" der Experten dargestellt. Aus der Differenz zwischen besten und schlechtesten vergebenen Wert ergibt sich eine Einigkeit von 0, sofern alle Experten die gleiche Bewertung abgegeben haben oder eine Einigkeit von 4, sofern alle möglichen Meinungen vertreten waren.

Die Aussagen, die im Rahmen einer Anforderungsliste an gutes E-Learning formuliert wurden werden generell als richtig und ihre Bedeutung als wichtig eingeordnet. Einige wenige Bewertungen liegen bei einem Durchschnittswert von 3. Die meisten Einschätzungen ergaben bessere Durchschnittswerte.

Der Großteil der Aussagen wird durch die Experten im Durchschnitt als "richtig" (entsprechend den Bewertungen 1 und 2) bezeichnet. Lediglich die Aussagen

- Es sollte beschrieben sein, wie das Lernziel erreicht werden soll.
- Es sollte Möglichkeiten zur Personalisierung / Adaption geben.
- Es sollte eine Form der Zertifizierung bereitgestellt werden.
- Die Materialien bzw. ihre technische Nutzung sollten in einer Dokumentation beschrieben werden.

werden im Sinne eines Durchschnittswertes schlechter als 2,5 als weniger zutreffend bewertet.

Bei der Einschätzung der Relevanz der Erfüllung eines Kriteriums lassen sich im Sinne einer hohen Priorität (Durchschnittswert 1,5 und besser) folgende Aussagen hervorheben:

- Der Inhalt sollte richtig und aktuell sein.
- Die genutzten Materialien sollten den Inhalt gut kommunizieren und illustrieren, d.h. sie sollten dem Inhalt angepasst sein.
- Die Materialien sollten sinnvoll angeordnet sein. Die Anordnung sollte das Verständnis unterstützen.
- Die Materialien sollten zur aktiven Handlung anregen.
- Es sollten (sinnvolle) Übungen und Tests bereitgestellt werden.
- Die (inhaltliche sowie technische) Wartung der Materialien sollte sichergestellt sein.
- Das graphische Design sollte zur Verständlichkeit beitragen und generell ansprechend sein.
- Die Nutzerführung sollte klar und logisch sein.
- Die Umgebung sollte so einfach und intuitiv wie möglich zu bedienen sein.
- Die Umgebung sollte zeitlich und räumlich verlässlich verfügbar sein.
- Zur Vermittlung von Zusammenhängen sollten Interaktionen eingesetzt werden, die einen geistigen Prozess oder sogar geistiges Probehandeln anregen.
- Beim Geodatenbasierten Lernen sollten zum Kennenlernen von Daten / Regionen sowie zur Ansicht und Exploration Funktionalitäten zur Interaktion mit der Datenrepräsentation und Interaktionen zur Orientierung bereitgestellt werden.
- Beim Geodatenbasierten Lernen sollten zur Gewinnung von konkreten Ergebnissen / Aussagen Kontext Interaktionen und Funktionalitäten zur Analyse von Daten bereitgestellt werden.

Hervorzuheben ist die als hoch eingeschätzte Bedeutung der Aussagen, dass sinnvolle Übungen und Tests bereitgestellt werden sollen und dass zur Vermittlung von Zusammenhängen Interaktionen eingesetzt werden sollten, die einen geistigen Prozess oder sogar geistiges Probehandeln anregen. Die diesen Aussagen beigemessene hohe Bedeutung unterstützt die These der Arbeit, dass reifes E-Learning u.a. durch Handlungsorientierung erreicht werden kann.

Die konkreten Maßnahmen / Kriterien, die im Sinne der Nachhaltigkeit durch Interoperabilität formuliert wurden, werden von den Experten sowohl in ihrer Richtigkeit als auch in ihrer Priorität als nicht sehr gut bzw. hoch eingeschätzt, wobei Durchschnittswerte im Bereich 1,3 bis 2,75 auch nicht als "falsche Aussagen" bzw. "wenig wichtig Priorität" interpretiert werden können. Es zeigt sich aber, dass in diesem Bereich noch kein Konsens besteht. Dies ist möglicherweise darauf zurückzuführen, dass bestehende Konzepte das Problem der Nachhaltigkeit nur unzureichend lösen. In diesem Sinne bringt die Arbeit neue Ideen in die Diskussion ein.

Als Kriterien von nachgeordneter Priotität (Durchschnittswerte größer 2,5) wurden durch die Experten eingeschätzt:

- Der Inhalt sollte vollständig sein.
- Der Inhalt sollte in einen weiteren Kontext gesetzt werden, u.a. um das Thema zu motivieren.
- Es sollte Möglichkeiten zur Personalisierung / Adaption geben.

- Das Thema sollte in einen Lehrplan (und / oder in einen weiteren Kontext eingeordnet werden).
- Es sollte eine Form der Zertifizierung bereitgestellt werden.
- Die Materialien bzw. ihre technische Nutzung sollten in einer Dokumentation beschrieben werden.
- Die Lernumgebung sollte hinsichtlich der Kosten effektiv entwickelt und betrieben werden.
- Es sollte eine technische Dokumentation vorliegen.
- Die Materialien sollten durch inhaltliche und technische Metadaten (z.B. LOM) beschrieben sein.

Alle anderen Aussagen sind mit Bewertungen im Bereich größer 1,5 bis 2,5 als Kriterien von wichtiger Bedeutung anzusehen.

Sehr große Einigkeit besteht hinsichtlich der Bewertungen zur Richtigkeit bzw. Relevanz für folgende Aussagen:

- Der Inhalt sollte richtig und aktuell sein.
- Die Materialien sollten sinnvoll angeordnet sein. Die Anordnung sollte das Verständnis unterstützen.
- Die Nutzerführung sollte klar und logisch sein.

Große Uneinigkeit (Vorhandensein von 4 oder 5 verschiedenen Meinungen auf einer Skala von 1 bis 5) bei den Bewertungen durch die Experten herrscht für

- Richtigkeit der Aussage für
  - Der Inhalt sollte in einen weiteren Kontext gesetzt werden, u.a. um das Thema zu motivieren.
  - Es sollte beschrieben sein, wie das Lernziel erreicht werden soll.
  - Die Konzeption des Lernprodukts sollte auf einem didaktischen Konzept basieren, welches im Idealfall dem interessierten Nutzer auch in Kurzform beschrieben sein sollte.
  - Es sollte aussagekräftige Bewertungen zu den Ergebnissen Übungen / Tests geben.
  - (individuelle) Lerner-Unterstützung sollte bereitgestellt werden.
  - Es sollte Möglichkeiten zur Personalisierung / Adaption geben.
  - Das Thema sollte in einen Lehrplan und / oder in einen weiteren Kontext eingeordnet werden.
  - Es sollte eine Form der Zertifizierung bereitgestellt werden.
  - Die Materialien bzw. ihre technische Nutzung sollten in einer Dokumentation beschrieben werden.
  - Die Lernumgebung sollte hinsichtlich der Kosten effektiv entwickelt und betrieben werden.
  - Es sollte eine nachhaltige Finanzierungsstrategie bestehen.
  - Bei Vermittlung von Deskriptivem Wissen (Faktenwissen) eignen sich Interaktionen nach dem Drill & Practice-Prinzip.
  - Bei komplexen Zusammenhängen muss ein Methodenpool zur Verfügung gestellt werden, der nach Anleitung oder selbstständigem Erkunden zur Lösung eines Problems führt.

#### • Priorität für

- Der Inhalt sollte vollständig sein.
- Der Inhalt sollte in einen weiteren Kontext gesetzt werden, u.a. um das Thema zu motivieren.
- Es sollte Möglichkeiten zur Personalisierung / Adaption geben.
- Das Thema sollte in einen Lehrplan und / oder in einen weiteren Kontext eingeordnet werden.
- Es sollte eine Form der Zertifizierung bereitgestellt werden.
- Die Materialien sollten durch nutzerrelevante Metadaten (z.B. Inhalte, Zeitaufwand, Zielgruppe) beschrieben werden.
- Die Materialien bzw. ihre technische Nutzung sollten in einer Dokumentation beschrieben werden.
- Die Lernumgebung sollte hinsichtlich der Kosten effektiv entwickelt und betrieben werden.
- Es sollte eine nachhaltige Finanzierungsstrategie bestehen.

- Es sollte Maßnahmen für die (technische, inhaltliche und ökonomische) Nachhaltigkeit getroffen sein.
- Die Lernmaterialien sollten Standards, möglichst auch Interoperabilitätsstandards entsprechen.
- Es sollte eine technische Dokumentation vorliegen.
- Die (technische) Qualität der Assets sollte angemessen sein.
- Beim Geodatenbaiserten Lernen sollten für die Formulierung von Hypothesen und Speicherung von Ergebnissen Funktionalitäten zur Manipulation der Daten bereitgestellt werden.
- Die Materialien sollten durch inhaltliche und technische Metadaten (z.B. LOM) beschrieben sein.
- E-Learning-Systeme sollten mit, auf einen Lernprozesstyp angepassten XML-Strukturen umgehen können, d.h. ihre Struktur in ein Anwendungssystem überführen. Aus technischer Sicht wären Kriterien an die Interoperabilität zu stellen, die gängigen XML-basierten Systeme entsprechen.

Die voranstehende Liste von "Uneinigkeiten" ist eine gute Anregung für Diskussionen in der Fachwelt sowie Ausgangspunkt für weiteren Forschungsbedarf.

Mit dem Ergebnis der Validierung konnte ein Kriterienkatalog zu den Anforderungen an E-Learning Materialien für Geodaten-basiertes Lernen durch Expertenmeinungen bestätigt werden. Tabelle 7.1 fasst den Kriterienkatalog zusammen.

Tabelle 7.1: Kriterienkatalog zu den Anforderungen an E-Learning Materialien für Geodaten-basiertes Lernen

Priorität	Richtigkeit der Aussage	Kategorie	Kriterium
hoch (durchschnittl. Bewertung <=1,5)	sehr zutreffend (durchschnittl. Bewertung <=1,5)	Inhalt	Der Inhalt sollte richtig und aktuell sein
		Inhalt	Die genutzten Materialien sollten den Inhalt gut kommunizieren und illustrieren. Die genutzten Medien sollten dem Inhalt angepasst sein (z.B. farbige (statt s/w) Abbildungen, wenn es um Inhalte der Fernerkundung geht
		Inhalt	Die Materialien sollten sinnvoll angeordnet sein. Die Anordnung sollte das Verständnis unterstützen
		Didaktik	Es sollten (sinnvolle) Übungen und Tests bereitgestellt werden
		Organisatorisches	Die (inhaltliche sowie technische) Wartung der Materialien sollte sichergestellt sein
		Software Ergonomie	Das graphische Design sollte zur Verständlichkeit beitragen und generell ansprechend sein
		Software Ergonomie	Die Nutzerführung sollte klar und logisch sein
		Technische Umsetzung	Die Umgebung sollte so einfach und intuitiv wie möglich zu bedienen sein
		Technische Umsetzung	Die Umgebung sollte zeitlich und räumlich verlässlich verfügbar sein
		Handlungsorientierung	Zur Vermittlung von Zusammenhängen sollten Interaktionen eingesetzt werden, die einen geistigen Prozess oder sogar geistiges Probehandeln anregen
		Handlungsorientierung	Sofern Geodaten-basiertes Lernen angestrebt ist sollten folgende Funktionalitäten bereitgestellt werden: Zum Kennenlernen von Daten / Regionen sowie zur Ansicht und Exploration: Funktionalitäten zur Interaktion mit der Datenrepräsentation, Interaktionen zur Orientierung
		Handlungsorientierung	Gewinnung von konkreten Ergebnissen / Aussagen: Kontext Interaktionen, Funktionalitäten zur Analyse von Daten
hoch (durchschnittl. Bewertung <=1,5)	zutreffend (durchschnittl. Bewertung $>1,5<=2,5$ )	Didaktik	Die Materialien sollten zur aktiven Handlung anregen
mittel (durchschnittl. Bewertung >1,5<=2,5)	sehr zutreffend (durchschnittl. Bewertung <=1,5)	Inhalt	Die genutzten Materialien sollten relevant für den Inhalt sein
	•	<u>'</u>	Fortsetzung auf nächster Seite

Fortsetzung von letzter Se	eite		
		Inhalt	Der Autor der Materialien sollte angemessen (fachlich) qualifiziert sein
		Didaktik	Das Lernziel sollte definiert sein
		Organisatorisches	Eine Art Qualitätssicherungsprozess für die Lernmaterialien sollte stattfinden
		Organisatorisches	Die Materialien sollten durch nutzerrelevante (z.B. Inhalt, Zeitaufwand, Zielgruppe) Metadaten beschrieben werden
		Software Ergonomie	Es sollten aussagekräftige Hilfefunktionen zur Verfügung stehen
		Ökonomische Aspekte / Nachhaltigkeit	Es sollte Maßnahmen für die (technische, inhaltliche und ökonomische) Nachhaltigkeit getroffen sein
		Technische Umsetzung	Die (technische) Qualität der Assets sollte angemessen sein
		Technische Umsetzung	Die Entwickler sollten angemessen qualifiziert sein
		Handlungsorientierung	Zur Vermittlung von regionalen Besonderheiten eignen sich multimediale Illustrationen, die Elemente zur explorativen Interaktion enthalten
		Handlungsorientierung	Interpretation von Daten / Erkennen von Mustern, Strukturen, Trends: Funktionalitäten zur Interaktion mit der Datenrepräsentation, Interaktionen zur Orientierung, Kontext Interaktionen
		Interoperabilität	Die Lernsituation sollte einem so genannten Lernprozesstyp (z.B. Vermittlung v. Deskriptivem Wissen, Analytische Aufgabe, Virtuelle Exkursion, Komplexaufgabe) zugeordnet werden. Entsprechend den Charakteristika eines Lernprozesstyps sollten formale Strukturen (z.B. XML) bereitstehen, die Autoren helfen einen didaktisch sinnvollen Aufbau (z.B. Hinführung, Instruktion, Bereitstellung von Werkzeugen, Verständnistests) für den Lernprozesstyp einzuhalten und ihn mit thematischen Inhalten zu füllen.
mittel (durchschnittl. Bewertung >1,5<=2,5)	${ m zutreffend} \ ({ m durchschnittl.} \ { m Bewertung} > 1,5 < = 2,5)$	Didaktik	Die Konzeption des Lernprodukts sollte auf einem didaktischen Konzept basieren, welches im Idealfall dem interessierten Nutzer auch in Kurzform beschrieben sein sollte.
		Didaktik	Es sollte aussagekräftige Bewertungen zu den Ergebnissen der Übungen / Tests geben
		Didaktik	(individuelle) Unterstützung sollte (in irgendeiner Form) bereitgestellt werden, z.B. durch Kontaktmöglichkeiten zum Tutor, durch Hilfen oder durch (Individuelle) Zwischeninstruktionen bzwhinweise
		Didaktik	Es sollten Möglichkeiten zur Kommunikation unter den Lernenden sowie zwischen Lernendem und Tutor geben
		Didaktik	Es sollten hilfreiche / aussagekräftige Instruktionen / Anweisungen zu den Materialien und Übungen bereitgestellt werden
			Fortsetzung auf nächster Seite

Fortsetzung von letzter Seite		
	Didaktik	Der Tutor sollte (didaktisch) angemessen qualifiziert sein
	Kontext des Lernenden	Der Kontext des Lernenden (Lerntyp, Vorwissen, Motivation etc.) sollte beachtet (und differenziert bedient) werden. Dies erfordert allerdings Wissen über den Nutzer, welches gegebenenfalls zu Beginn abgefragt werden muss. Andernfalls sollte die Lernmaterialen Optionen bereithalten, zwischen denen der Nutzer entsprechend seines Kontexts wählen kann. Zielt eine Umgebung auf einen bestimmten Nutzerkontext, so sollte dieser klar definiert sein.
	Kontext des Lernenden	Es sollte Möglichkeiten zur Personalisierung / Adaption geben
	Organisatorisches	Das Thema sollte in einen Lehrplan (und / oder in einen weiteren Kontext eingeordnet werden)
	Ökonomische Aspekte / Nachhaltigkeit	Es sollten eine nachhaltige Finanzierungsstrategie bestehen
	Ökonomische Aspekte / Nachhaltigkeit	Die Lernmaterialien sollten Standards, möglichst auch Interoperabilitätsstandards entsprechen
	Technische Umsetzung	Die Umgebung sollte aus technischer Sicht dem Thema und den Potentialen der Nutzer entsprechen (Infrastruktur, Nutzung von Funktionalitäten etc., Level der In- teraktionen etc.)
	Technische Umsetzung	Die Materialien sollte (technisch) aktuell sein
	Handlungsorientierung	Bei Vermittlung von Deskriptivem Wissen (Faktenwissen) eignen sich Interaktionen nach dem Drill & Practice-Prinzip
	Handlungsorientierung	Bei komplexen Zusammenhängen muss ein Methodenpool zur Verfügung gestellt werden, der nach Anleitung oder selbstständigem Erkunden zur Lösung eines Problems führt
	Handlungsorientierung	ormulierung von Hypothesen und Speicherung von Ergebnissen: Funktionalitäten zur Manipulation der Daten
	Interoperabilität	Die Lernsituation sollte einem so genannten Lernprozesstyp (z.B. Vermittlung v. Deskriptivem Wissen, Analytische Aufgabe, Virtuelle Exkursion, Komplexaufgabe) zugeordnet werden. Entsprechend den Charakteristika eines Lernprozesstyps sollten formale Strukturen (z.B. XML) bereitstehen, die Autoren helfen einen didaktisch sinnvollen Aufbau (z.B. Hinführung, Instruktion, Bereitstellung von Werkzeugen, Verständnistests) für den Lernprozesstyp einzuhalten und ihn mit thematischen Inhalten zu füllen.
		Fortsetzung auf nächster Seite

Fortsetzung von letzter Seit	e		
		Interoperabilität	Sofern Geodatenbasiertes Lernen angestrebt wird, sind aus technischer Sicht Inter- operabilitätskriterien zu beachten, die im Rahmen der OGC Web Service-Familie aufgestellt wurden
niedrig (durchschnittl. Bewertung >2,5)	zutreffend (durchschnittl. Bewertung >1,5<=2,5)	Inhalt	Der Inhalt sollte vollständig sein
		Inhalt	Der Inhalt sollte in einen weiteren Kontext gesetzt werden, u.a. um das Thema zu motivieren
		Ökonomische Aspekte / Nachhaltigkeit	Die Lernumgebung sollte hinsichtlicht der Kosten effektiv entwickelt und betrieben werden
		Technische Umsetzung	Es sollte eine technische Dokumentation vorliegen
		Interoperabilität	Die Materialien sollten durch inhaltliche und technische Metadaten (z.B. LOM) beschrieben sein
niedrig (durchschnittl. Bewertung >2,5)	unzutreffend (durchschnittl. Bewertung >2,5)	Didaktik	Es sollte beschrieben sein, wie das Lernziel erreicht werden soll
		Organisatorisches	Es sollte eine Form der Zertifizierung bereitgestellt werden
		Organisatorisches	Die Materialien bzw. ihre technische Nutzung sollten in einer Dokumentation beschrieben werden

## Kapitel 8

# Zusammenfassung und Ausblick

In der vorliegenden Arbeit wurde gezeigt, dass E-Learning in den Geowissenschaften ein aktives und spannendes Thema mit einer Vielzahl von Entwicklungsmöglichkeiten und Schnittpunkten u.a. zu den Bereichen Psychologie, Didaktik, Softwareentwicklung sowie Kartographie bzw. Geovisualisierung und WebGIS ist. Die Arbeit hat in umfangreicher Weise den Begriff und das Konzept von E-Learning diskutiert. E-Learning ist ein Begriff, der sehr heterogen verwendet wird, was v.a. daraus resultiert, dass die Prioritäten und Applikationen des "E-Learning"-Prinzips unterschiedlich gelagert sind. Insofern muss gefordert werden, diese jeweils konkret zu benennen, um Geltungsbereiche für Aussagen über das E-Learning deutlich zu machen. Begriffliche Differenzierungen sind zwar vorhanden, aber leider hinsichtlich der zugrundeliegenden Konzepte v.a. wegen ihrer Vielfalt dem allgemeinen Nutzerkreis nicht sehr geläufig.

Dem "Misserfolg", der dem E-Learning vielfach nachgesagt wird, sind relativierend überzogene Erwartungen nach Aufkommen des so genannten "E-Hype" entgegenzusetzen. Um E-Learning in ein reifes sowie ökonomisch und technisch nachhaltiges Stadium zu überführen, sind Forschung und Entwicklung hinsichtlich von Detailproblemen notwendig. In diesem Sinne hat sich die vorliegende Arbeit für den Bereich des Geodaten-basierten Lernens den Problemen der Integration von Handlungsorientierung und der Entwicklung eines Konzeptes zur Unterstützung der Nachhaltigkeit gewidmet.

Durch die Erarbeitung einer Evaluationsstudie konnten im Ausgangspunkt der Arbeit Aussagen über die Qualität von aktuellen E-Learning-Produkten im betrachteten Anwendungsfeld empirisch belegt werden. Im Rahmen der Studie wurde zunächst ausführlich dargelegt, wodurch Qualität im E-Learning sicherzustellen ist. In der Essenz dieser Diskussion wurden 42 Kriterien benannt, deren Einhaltung gute Qualität gewährleistet und deren Ausprägung Auskunft über den Zustand eines E-Learning-Produktes gibt. Als Ergebnis der Studie, in deren Verlauf 30 Produkte durch Experten und eine online-Umfrage getestet wurden, erfolgte die Herausarbeitung der folgenden bisher noch problematischen Aspekte:

- die mangelnde Integration bzw. Anwendung eines didaktischen Konzeptes. Es ist besonders die weitestgehende Missachtung bzw. mangelnde Begegnung des Kontext des Lernenden hervorzuheben.
- die mangelnde Anwendung von Interoperabilitätskonzepten. Sofern entsprechende Standards vorhanden sind, werden auch diese nur mangelhaft angewendet.

Aus diesen aktuellen Unzulänglickeiten von E-Learning wurden in der Zielstellung der Arbeit die Forderungen nach Nachhaltigkeit und Handlungsorientierung abgeleitet. Die Forderung nach Handlungsorientierung begegnet nicht allgemein dem Wunsch nach Integration eines didaktischen Konzeptes, sondern stellt eine konkrete Umsetzung der konstruktivistischen Idee dar. Dieser gezielte Anspruch ergibt sich aus der Beschäftigung mit den Lerntheorien. Insbesondere die Postulate der kognitivistischen und konstruktivistischen Lerntheorie, dass

nämlich Wissen vor allem dann beim Lernenden konstruiert wird, wenn er aktiv und v.a. selbstgesteuert lernen kann, lassen keine andere Schlussfolgerung für die Wahl eines didaktischen Prinzips zu. Zwar wird dem Kontext des Lernenden durch die Ermöglichung der freien Handlung möglicherweise nicht ideal entsprochen, dennoch aber entgegengekommen. Das Thema "Lernerkontext", d.h. die Situation in der sich ein Lernender befindet bzw. die Bedürfnisse, die er hat und denen die Lernsituation möglichst gut begegnen soll, bleibt in den aktuellen E-Learning-Produkten weitesgehend unbeachtet. Sowohl seitens der Handlungsorientierung, als auch des didaktischen Designs sind in der Zukunft Vorschläge zu unterbreiten, um E-Learning dynamischer an Nutzerbedürfnisse anzupassen.

Um die eingangs gestellten Forderungen nach Nachhaltigkeit und Handlungsorientierung praktisch umzusetzen, wurden Konzepte zur Interoperabilität und Interaktion erarbeitet.

Interoperabilität kann durch im Rahmen der Arbeit entwickelte Lernkomponenten gewährleistet werden. Unter Berücksichtigung der ebenfalls als Teil dieser Arbeit entwickelten Lernprozessmodelle, stellen Lernkomponenten standardisierte Beschreibungen von Arbeitsschritten dar und gewährleisten somit ein sinnvolles didaktisches Design. Für den Fall des Lernprozessmodells "Komplexaufgabe" wurden Lernkomponenten abgeleitet und menschen- und maschinenlesbar in XML modelliert. Ein zugrundeliegendes Modell wurde in Form einer XML-DTD dargestellt.

Um der Forderung nach Handlungorientierung gerecht zu werden, hat sich die Arbeit zunächst intensiv mit den theoretischen Grundlagen von geodaten-basierter Interaktivität beschäftigt. Daraus abgeleitet wurde das so genannte "Interaction Dictionary". Dabei handelt es sich um Zusammenstellung und Beschreibung sowie Thesen zur Interaktionswirkung im Lernprozess und der Wissenskonstruktion. Es bildet die Grundlage für die Integration von Interaktionen in den Lernprozess. Darüber hinaus dient das Interaction Dictionary als Informationsquelle für Autoren und Tutoren und bildet die Grundlage für Erweiterungen und weitere Forschungen auf dem Gebiet.

Zur Illustration der Relevanz der in der Arbeit entwickelten Konzepte wurde ein Prototyp der so genannten "Virtuellen Landschaft" implementiert. Diese besteht im wesentlichen aus zwei Komponenten. Dies ist zum einen der "Learning Component (LC)-Builder", der Autoren von Lernszenarien hilft, die Lernkomponenten für die Virtuelle Landschaft zu konfigurieren. Und dies ist zum anderen die virtuelle Lernlandschaft im engeren Sinne. Es handelt sich um eine an den Idealen von GDI und (Geo-)Web Services orientierten Umgebung. Um der zur Handlungsorientierung besonders motivierend wirkenden Integration von 3D gerecht zu werden, wurde das Thema Virtuelle Welten im Kontext des Lernens und 3D-(Internet)GIS nicht nur theoretisch behandelt, sondern spielt auch bei der Umsetzung eine große Rolle. Daher wird der Prototyp vorgestellt und illustriert sowie nochmals ausführlich die Umsetzung und aufgetretenen Probleme dargelegt. Da auch die Potentiale von Funktionalitäten innerhalb der Virtuellen Lernlandschaft nur prototypisch aufgezeigt werden, stehen zunächst Probleme der Darstellung im Vordergrund.

Zur weiteren Implementierung eines auch für E-Learning-Anwendungen geeigneten 3D-Web-Services spielen eine Reihe von praktischen Probleme eine Rolle. Nachfolgend seien diese exemplarisch aufgeführt:

• Für Geodaten sind die Datenübertragungsraten/-geschwindigkeiten im WWW noch sehr gering. Vor allem Linien als Vektordaten und Rasterdaten sind i.d.R. sehr groß. Echtzeit-Generalisierungskonzepte könnten Anwendung finden, um z.B. bei Vektordaten effizientere (maßstabsabhängige) Darstellungen zu erreichen (vgl. [Hampe 2007], [Sester und Brenner 2007]). Mit der technischen Optimierung haben sich z.B. [Coors und Schulz 1999] beschäftigt.

- Die Verfügbarkeit von Geodaten-Web Services ist in der Praxis noch nicht sehr verbreitet. Das liegt v.a. daran, dass Kostenmodelle für die Abgabe von Daten über die GDI noch fehlen. Eine Web Service-basierte Lernumgebung wäre jedoch durchaus eine sinnvolle Anwendung eines GI-Web Services. Damit wird sie sich zunächst nur unter geregelten Zugangsbedingungen etablieren können, was die Austauschbarkeit und den Interoperabilitätsgedanken wiederum einschränkt. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, dass Datenerfasser Beispieldaten für Lehr- und Lernzwecke zur Verfügung stellen. Die Auswahl von Beispielen für die Lehre ist damit räumlich und inhaltlich eingegrenzt. All dies ist aber keinesfalls ein technisches, sondern ein politisch-konzeptionelles Problem.
- Praktische Probleme ergeben sich aus der Heterogenität von XML. Wenngleich XML als transparentes Format zum Austausch von Daten vergleichsweise gut geeignet ist, so haben sich doch, z.B. mit Blick auf GML, im Laufe der Zeit eine Vielzahl von Dialekten entwickelt, die einandern nicht uneingeschränkt verstehen. Hier sind verbindlichere (statt nur orientierende) Standards, z.B. koodiniert durch die OGC, gefordert.
- Eine besondere Herausforderung, an der in der Geoinformatik genau wie generell im Kontext des Semantic Web aktuell stark geforscht wird, ist die Semantik von Daten. Fortschritte auf diesem Gebiet können helfen, Web Services autonomer funktionieren zu lassen. Wenn fremde Daten eines Web Services z.B. in eine Lernumgebung einfließen sollen, sind Informationen über deren tatsächlichen Inhalt notwendig. Diese könnten explizit formuliert sein oder wenn implizit vorhanden durch intelligente Verfahren herausgefunden werden (vgl. [Anders 2007]). Eine der einfachsten Anwendungen wäre z.B. zu erkennen, ob es sich bei einem Datensatz um eine Gewässer handelt, um es entsprechend (blau) zu visualisieren. Ein solcher Schritt ist notwendig, da das durch WFS ausgelieferte GML keine Visualisierungsanweisungen beinhaltet. Im vorliegenden Prototyp wurden die Visualisierungsoptionen in Form eines XSL-Template vorab festgelegt.
- Ein weiteres Problem der (automatischen) kartographischen Visualisierung wäre die sinnvolle Anordnung der Layer (abgesehen vom Grundprinzip, dass zu unterst Polygone, dann Linien und zu oberst Punkte dargestellt werden). Natürlich ist es relativ einfach, hier dem Nutzer Bearbeitungsoptionen (Änderung der Reihenfolge der Layer) an die Hand zu geben. Aber es existieren keine Verfahren, die eine sinnvolle Anordnung von Layern, z.B. aufgrund ihrer Ausdehnung oder der Abdeckung einer Fläche vorschlagen. Auch hier wäre das Einfließen von semantischen Informationen sinnvoll, z.B. in der Form ob es sich bei einer Linie z.B. um einen Fluss oder eine Strasse handelt. Des weiteren sind umfassende Datenmodelle, die Beziehungen explizit abbilden notwendig, z.B. dass kein Fluss über die Strasse fließt oder die Relation zwischen einer Überführung bzw. Unterführungs gegenüber einem Verkehrsweg.
- Möchte man auf der WFS-Ebene mit 2,5 oder 3D-Daten umgehen, so bestehen keine gültigen Standards. Eine der zukünftigen Aufgaben der OGC könnte sein, den WFS um eine 2,5 bzw. 3D-Option zu erweitern oder im W3DS eine GetFeature-Option zu integrieren, was jeweils eine Entwicklung von GML für 2,5 bzw. 3D voraussetzt.
- Die Ablage von Rasterdaten in Datenbanken ist grundsätzlich gelöst. Allerdings fehlen Standards und erst recht operationelle Anwendungen, die es auch einer breiteren Masse von Datenbanknutzern (nicht nur Experten) ermöglicht, Rasterdaten datenbankbasiert zu verwalten. Eine Art "Raster-GML" wäre wünschenswert. Damit wäre dann auch ein Pendant zum WFS für Rasterdaten, also eine Get Coverage-Request für den Web Coverage Service möglich.

- Eine weitere Hürde bei der Umsetzung einer virtuellen 3D-Daten-basierten Lernlandschaft ist die Integration von 2,5(3)D-Rasterdaten und 2D-Vektordaten. Auch dieses Problem ist methodisch grundsätzlich lösbar, wenngleich sich eine Reihe von Forschungsarbeiten noch mit Detailproblemen befassen (vgl. [Koch 2006]). Dennoch ist die praktische Umsetzung aufwendig.
- Ein konkreter Punkt, der sich aus der Integration der 2D in die 3D-Daten bei der Anwendung in einer webbasierten Visualisierung ergibt, ist die Form der Darstellung der Daten, speziell der Vektordaten. Tabelle 6.1, S. 127, hat die verschiedenen Optionen mit ihren Vor- und Nachteilen zusammengefasst. Abhängig ist die Form der Visualisierung meist noch von den verfügbaren Daten. Aber im Idealfall würde eine Visualisierungsoption sich nach der konkreten Anwendung bzw. dem Inhalt richten.
- Eine Reihe von weiteren Einzelproblemen erörtert das Kapitel 6.5.3.3. Dazu gehören u.a. der Umgang mit Inselflächen, der Umgang mit den Klartext-Koordinaten in XML bzw. SVG, Möglichkeiten zur Orientierung im Merkmalsraum und das grundsätzliche Fehlen einer Theorie der 3D-Kartographie u.v.m.. All dies sind Probleme, für die noch keine abschließende Lösung gefunden wurde.

Der Großteil der angesprochenen Probleme muss durch die Forschung in der Geoinformatik und z.T. speziell der Geovisualisierung angegangen werden. Wie für den Bereich der Semantik von Geodaten und der Integration von Geodaten angedeutet, wird sich den Problemen aktuell intensiv gewidmet. Anforderungen an die Etablierung und Konkretisierung von Standards, speziell GML- und GI-Web Service Standards können nur durch Konsortien, wie die OGC oder ISO gesteuert werden. Die Durchsetzung und Akzeptanz ist ein Prozess, der schwer steuerbar ist und nur von einer breiten, aber sinnvoll gelenkten Masse an Nutzern (hier v.a. im Sinne von Entwicklern) vollzogen wird.

Neben den oben angeführten Problemen technischer Natur sind folgende, eher konzeptionelle Aspekte hinsichtlich zukünftiger Entwicklungen vielversprechend:

- Die Beschäftigung mit Interaktionskonzepten für das Lernen, speziell mit Geodaten, sollte durch weitere Arbeiten fortgeführt werden. Wie oben schon erwähnt, handelt es sich bei den Aussagen zur Interaktionswirkung größtenteils um Thesen, die näher untersucht, validiert und v.a. erweitert werden sollten. Hilfreich wäre (in Bezug auf Geodaten) auch die Entwicklung neuer Interaktionsformen, die speziell auf die Wissenskonstruktion zielen. So könnte beispielsweise die Idee vom "Intelligenten Geoobjekt" (s. unten) helfen, MouseOver-Interaktionen in einen bestimmten Kontext zu stellen, d.h. in einem Regelwerk auf vorab zu definierende Relationen zuzugreifen und somit einen Raum hinsichtlich einer bestimmten Sichtweise zu erkunden. Eine andere Interaktionsform könnte eine Schätzfunktion sein, bei der der Lernende Flächen oder Volumina im Raum hinsichtlich ihrer Größe oder einer anderen Eigenschaft schätzt bzw. mittels eines Werkzeuges angegebene Größen versucht einzuzeichnen und somit sein Raumverständnis trainiert.
- Die Lernkomponenten sollten inhaltlich erweitert werden. Das bedeutet, dass repräsentativ für jedes Lernprozessmodell eine Vielfalt von anwendungsorientierten Arbeitsschritten modelliert werden sollte, um
  durch die Erweiterung des vorgefertigten Angebotes, auch die Nutzung attraktiver zu gestalten.
- Gerade im Zusammenhang mit dem Didaktischen Design wurde die Bedeutung des Feedbacks für die Effizienz des Lernprozesses betont. Der Rolle und Umsetzung von Feedback muss in zukünfitgen Arbeiten eine intensivere Beachtung beigemessen werden. Die Idee eines "Intelligenten Geoobjektes", welches in Bezug auf ein gewähltes Lernszenario "seine Rolle" kennt, erscheint zur Nutzung eines Feedbacks bei Interaktionen oder Übungen eine gute Idee. Ein Beispiel wäre, dass ein Regelwerk (z.B. Anlage zum Bebauungsplan) besagt, dass der Nutzungstyp "Städtische Parkfläche", sofern er in Bezug auf eine administrative Einheit (z.B. einen Stadtteil) eine Fläche von nicht mehr als 8% einnimmt, nicht in einen anderen Nutzungstyp

umgewandelt werden darf. Dann würde das intelligente Objekt Städtische Parkfläche "wissen", dass ihm nicht einfach ein neues Attribut zugeordnet werden darf bzw. würde es den Flächenanteil ausweisen, der dem alten Status entsprechend genutzt werden müsste. Dies könnte im Rahmen einer Planungsübung schon ein Feedback über eine falsche Entscheidung sein. Der Lernende würde des weiteren lernen, dass er den Fakt des Bestandssschutzes von z.B. 8% der Fläche nicht beachtet hat und sich diesen (hoffentlich) besser merken.

• Die (konzeptionelle) Erweiterung der Lernkomponenten auf das Niveau einer Ontologie (eine so genannte "EduOntology") würde die Interoperabilität befördern. Sofern Ontologien, wie angenommen, an Bedeutung gewinnen, ist zu erwarten, dass vielfältige thematische Ontologien erarbeitet werden. Diese könnten über die einmalige Definition der Form der Erweiterung zu einer EduOntology helfen, umfangreiche und vielfältige Lernszenarien zu erstellen. Damit könnten so genannte Domain Ontologien (also formale Konzeptionalisierung diverser Fachthemen) ein inhaltlichtes Gerüst für neue Lernanwendungen bilden und deren Erstellung erleichtern. Leider haben Ontologien noch nicht die praktische Reife erlangt, um operationell in komplexen Anwendungen, wie ein Lernprozess sie darstellt, eingesetzt werden zu können. Daher erscheint es auch verfrüht, das Gerüst für eine EduOntology zu bauen.

Das Lösen der angesprochenen Probleme auf der konzeptionellen Ebene ist für den Bereich des E-Learning in den Geowissenschaften relativ schwer zu bewältigen, da kein (allgemein akzeptiertes) steuerndes Organ und (in Analogie zur Definition des E-Learning) eine heterogene Community mit unterschiedlichen Interessen exisitert. Aus Sicht der Autorin und als Ergebnis der vorliegenden Arbeit sind neben den oben vorgeschlagenen Erweiterungen technischer Standards Prinzipien für "gutes E-Learning", die v.a. die Bedeutung von Handlungsorientierung und Interoperabilität beinhalten als grundlegendes Prinzip zu etablieren. Standardisierungsprozesse anstreben zu wollen ist in diesem Bereich verfrüht. Eine rege Diskussion darüber anzustoßen wäre schon ein großer Erfolg. Die Community derer, die sich aus Forschungs- und Entwicklungssicht und mit speziellem Fokus auf die Anwendung in den Geowissenschaften ernsthaft mit diesem Thema beschäftigt, ist sehr klein und sehr dynamsich. Wenige Fachleute aus dem Bereich der Geowissenschaften beschäftigen sich schwerpunktmäßig mit dem Thema E-Learning. Daher gestaltet es sich schwierig eine - im Sinne der Meinungsbildung - wirksame Expertenrunde zu etablieren, die Entwicklungen vorantreibt. Mögliche Ansätze dies zu tun, liegen daher in den Händen von international wirkenden Gremien, wie z.B. der ISPRS. Wenngleich die Diskussion in den Arbeitsgruppen der ISPRS im Bereich E-Learning - wiederum wegen der heterogenen Probleme - noch nicht auf diesem konkreten Niveau angekommen sind, so sind hier die Strukturen für ein steuerndes, später evtl. Standards formulierendes Organ vorhanden. Neben einer kritischen Masse an Nutzern, die die Operationalisierung ermöglichen könnten, ist der Wille zum Meinungsaustausch und zur Erprobung und zum Experiment bei denen, die lehren und lernen, unverzicht bar.

### Literaturverzeichnis

- Abernathy und Shaw 1998 ABERNATHY, M.; SHAW, S.: Integrating Geographic Information in VRML Models. In: Proceedings of the Third Symposium on the Virtual Reality Modeling Language, Monterey, CA. February 16-19 (1998), S. 107-114
- ADL 2004 ADL: Sharable Content Object Reference Model (SCORM) 2004 Documentation Suite. 2004. URL http://www.adlnet.gov/downloads/DownloadPage.aspx?ID=237; eingesehen am 15.10.2008
- Aldrich 2003 ALDRICH, C.: Simulations and the Future of Learning: An Innovative (and Perhaps Revolutionary)
  Approach to E-Learning. San Francisco: Jossey-Bass, 2003
- Anders 2007 Anders, F.: Mustererkennung in Straßennetzwerken. Verfahren zur Interpretation von Vektordaten. In: Deutsche Geodätische Kommission bei der Bayerischen Akademie der Wissenschaften Reihe C, Dissertationen 607 (2007)
- Andersen 2000 Andersen, A.: Studie zum europäischen und internationalen Weiterbildungsmarkt. Stuttgart: bmbf, 2000
- Anderson und McCormick 2006 Anderson, J.; McCormick, R.: Pedagogic Quality supporting the next UK generation of e-learning. In: U.-D. Ehlers and J.M. Pawlowski(Hrsg.)(2006): Handbook on Quality and Standardisation in E-Learning. Springer. Heidelberg. (2006), S. 407-422
- Andrienko und Andrienko 1999 Andrienko, G.L.; Andrienko, N.V.: Interactive Maps vor visual data exploration. In: Interational Journal of Geographical Information Science 13 (1999), S. 215–242
- Assche und Vuorikari 2006 ASSCHE, F.v.; VUORIKARI, R.: A framework for quality of learning resources. In: U.-D. Ehlers and J.M. Pawlowski(Hrsg.)(2006): Handbook on Quality and Standardisation in E-Learning. Springer. Heidelberg. (2006), S. 443–456
- Aufenanger 1999 Aufenanger, S.: Lernen mit neuen Medien was bringt es wirklich? Forschungsergebnisse und Lernphilosophien. In: Medien praktisch. Zeitschrift für Medienpädagogik 23(4) (1999), S. 4–8
- Ausubel 1974 Ausubel, D.P.: Psychologie des Unterrichts. Weinheim, Basel : Belz, 1974
- Behme und Mintert 2001 Behme, H.; Mintert, S.: XML in der Praxis: professionelles Web-Publishing mit der Extensible Markup Language. München: Addison-Wesley, 2001
- Berger und Rockmann 2006 BERGER, T.; ROCKMANN, U.: Quality in European e-learning: An introduction. In: U.-D. Ehlers and J.M. Pawlowski(Hrsg.)(2006): Handbook on Quality and Standardisation in E-Learning. Springer. Heidelberg. (2006), S. 143–156
- Bieber und Leggewie 2004 Bieber, C.; Leggewie, C.: Interaktivität. Ein transdisziplinärer Schlüsselbegriff. Frankfurt: Campus Verlag, 2004
- Bildungsdirektoren-Konferenz Zentralschweiz 2008 Bildungsdirektoren-Konferenz Zentralschweiz: Zentralschweiz:
- Bleisch 2004 Bleisch, S.: Planning Hikes Virtually Assessment of the Usefulness of Realistic 3D Visualizations, City University, London, Diplomarbeit, 2004
- Bloom 1980 Bloom, B.: All Our Children Learning. New York: McGaw-Hill, 1980
- Bode u. a. 2004 Bode, T.; Devooght, I.; Kolbe, T.H.; Steinrücken, J.; Won, M.: GeoCafé Kommunikationszentriertes Gruppenlernen von Methoden der raumbezogenen Datenverarbeitung. In: L. Plümer and H. Asche: Geoinformation Neue Medien für eine neue Disziplin. Wichmann, Heidenberg (2004), S. 89–102

- Born 2002 BORN, A.: Ernüchterung Digitales Lernen: Einsatz und Perspektiven. In: iX 5 (2002), S. 120 ff.
- Bowman u. a. 1999 BOWMAN, D.; WINEMAN, J.; HODGES, L.: The educational value of an information-rich virtual environment. In: *Presence* 8(3) (1999), S. 317–331
- Breitner und Hoppe 2006 Breitner, M.H.; Hoppe, G.: E-Learning Geschäftsmodelle und Einsatzkonzepte. Heidelberg: Physica/Springer, 2006
- Brenner und Gösseln 2004 Brenner, C.; GÖSSELN, G.v.: Tools and methods for the rapid acquisition of 3D city models. In: Proceedings of 24th Urban Data Management Symposium, Chioggia (Venice), Italy (2004)
- Bricken 1991 Bricken, M.: Virtual Reality Environments: Potentials and Challenges. In: Computer Graphics 25(178) (1991), S. 178-184
- Brinkhoff 2004a Brinkhoff, T.: Feature Geometry Model Lernmodul aus FerGI. In: Fernlernmaterialien Geoinformatik; http://www.fergi-online.de; eingesehen am 12.03.2006 (2004)
- Brinkhoff 2004b Brinkhoff, T.: OGC Lernmodul aus FerGI. In: Fernlernmaterialien Geoinformatik; http://www.fergi-online.de; eingesehen am 12.03.2006 (2004)
- Brocke und Buddendick 2007 Brocke, J.; Buddendick, C.: E-Learning-Geschäftsmodelle für Hochschulen. 8. Internationale Tagung Wirtschaftsinformatik, 28.02.-02.03.07, Karlsruhe, 2007, S. 761-777
- Brown 1998 Brown, A.: A 3D User Interface for visualization of Web-based Data-sets. In: Proceedings of the sixth ACM international symposium on Advances in geographic information systems. Washington D.C. (1998), S. 100-105
- Bruner 1981 Bruner, J.S.: Der Akt des Entdeckens. In: H. Neber(Hrsg.)(1981): Entdeckendes Lernen. Beltz. Weinheim, Basel. (1981), S. 15-29
- Buja u. a. 1996 Buja, A.; Cook, D.; Swayne, D.F.: Interactive high-dimensional data visualization. In: *Journal of Computational and Graphical Statistics* 5 (1996), S. 78–99
- Bundesministerium für Bildung und Forschung 2004 Bundesministerium für Bildung und Forschung: Kursbuch eLearning 2004. Neue Medien in der Bildung Hochschulen. Produkte aus dem Förderprogramm. 2004
- Bundesministerium für Verkehr 2003 Bundesministerium für Verkehr: Bundesverkehrswegeplan 2003. Beschluss der Bundesregierung vom 2. Juli 2003. 2003
- Campbell u. a. 2002 CAMPBELL, B.; COLLINS, P.; HADAWAY, H.; HEDLEY, N.; STOERMER, M.: Web3D in Ocean Science Learning Environments: Virtual Big Beef Creek. In: *Proceedings of the 7th Web3D, Tempe, Arizona, USA*, 2002, S. 85–91
- Cartwright u.a. 2001 CARTWRIGHT, W.; CRAMPTON, J.W.; GARTNER, S.; MILLER, S.; MITCHELL, K.; SIE-KIERSKA, E.; WOOD, J.: Geospatial information visualization user interfaces isses. In: *Cartography and Geographic Information Science* 28 (2001), S. 45–60
- Cartwright und Peterson 1999a CARTWRIGHT, W.; PETERSON, M.P.: Multimedia Cartography. In: W. Cartwright and M.P. Peterson and G. Gartner (Eds.): Multimedia Cartography. Springer, Heidelberg (1999), S. 1-10
- Cartwright und Peterson 1999b Cartwright, W.; Peterson, M.P.: Multimediakartographie. Heidelberg: Springer, 1999
- Cimiano 2006 Cimiano, P.: Ontology Learning and Population from Text: Algorithms, Evaluation and Applications. Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo: Springer, 2006
- Cognition and Technology Group at Vanderbilt 1993 Cognition and Technology Group at Vanderbilt: Anchored instruction and its relationship to situated cognition revisited. 1993
- Collins u. a. 1981 Collins, A.; Brown, J.S.; Newman, S.E.: Cognitive Apprenticeship: Teaching the Crafts of Reading, Writing, and Mathematics. In: L.B. Resnick(Hrsg.)(1989): Knowing, Learning, and Instruction. Hillsdale, N.J.: Erlbaum. (1981), S. 453-494
- Coors und Flick 1998 Coors, V.; Flick, S.: Integrating Levels of Detail in a Web-based 3D-GIS. In: Proceedings of the 6th International Symposium on Advances in Geo-Information Science. 1 (1998), S. 40-45
- Coors und Schulz 1999 COORS, V.; SCHULZ, T.: Progressive Datenübertragung in einem WWW-basierten 3D-Geo-Informationssystem. In: Fraunhofer Publica [http://publica.fraunhofer.de/oai.har] (Germany) (1999), S. 205–218

Crampton 2002 Crampton, J.: Interactivity Types in Geographic Visualization. In: Cartography and Geographic Information Science 29(2) (2002), S. 85–98

- CRISinternational 2001 CRISINTERNATIONAL: Lebenslanges Lernen. Best Practices der betrieblichen Weiterbildung in führenden Hightech-Unternehmen der USA. Santa Barbara, Berlin: CRIS, 2001
- Dede u. a. 1996 Dede, C.; Salzman, M.; Loftin, R.: Science Space: Virtual realities for learning complex and abstract scientific concepts. In: *IEEE Virtual Reality Annual International Symposium* (1996), S. 246–253
- Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit 2006 Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit: gtz-Infothek. 2006. URL www2.gtz.de/ikt/deutsch/infothek/glossar.html, eingesehen am 12.10.2006
- Devanthéry und Fopp 2001 DEVANTHÉRY, D.; FOPP, M.: 3D-GIS im Internet, Semesterarbeit, Technischer Bericht an der ETH Zürich, Gruppe für GIS und Fehlertheorie, Diplomarbeit, 2001
- Dickmann 2001 Dickmann, F.: Vektorgrafik vor dem Durchbruch XML-basierte 2D-Vektorformate visualisieren Geodaten im WWW. In: Kartographische Nachrichten 6 (2001), S. 286–291
- **Döllner u. a. 2003** DÖLLNER, J.; BAUMAN, K.; KERSTING, O.: LandExplorer Ein System für interaktive 3D-Karten. In: *Kartographische Schriften* 7 (2003), S. 67–76
- Dohmen und Michel 2003 DOHMEN, D.; MICHEL, L.P.: Marktpotentiale und Geschäftsmodelle für eLearning-Angebote deutscher Hochschulen. Bielefeld: Bertelsmann, 2003
- Donabedian 1980 Donabedian, A.: Explorations in Quality Assessment and Monitoring. Ann Arbor: Health Administration Press. 1980
- Dondi u.a. 2006 DONDI, C.; MORETTI, M.; NASCIMBENI, F.: Quality of e-learning: Negotiating a strategy, implementing a policy. In: U.-D. Ehlers and J.M. Pawlowski(Hrsg.)(2006): Handbook on Quality and Standardisation in E-Learning. Springer. Heidelberg. (2006), S. 31–50
- Dorninger 2003 Dorninger, P.: XML Technologies and Geodata. In: CORP-Tagungsband (2003), S. 223–229
- Doyle und Cuthbert 1998 DOYLE, A.; CUTHBERT, A.: Essential Model of Interactive Portrayal. In: OpenGIS project document 98-061. http://www.opengis.org (1998)
- Dörschlag u. a. 2004 DÖRSCHLAG, D.; QUADT, U.; PLÜMER, L.: Erzeugung eigener Vorlesungen mit geoinformation.net. In: L. Plümer and H. Asche: Geoinformation Neue Medien für eine neue Disziplin. Wichmann, Heidenberg (2004), S. 103-114
- Drösser 2003 Drösser, C.: Die verschenkten Kronjuwelen. In: Die Zeit, erschienen 3.7.2003 (2003)
- Dublin Core Metadata Initiative 2007 Dublin Core Metadata Initiative: DCMI Abstract Model. 2007
- Dumont und Sangra 2006 DUMONT, B.; SANGRA, A.: Organisational and cultural similarities in implementing quality. In: U.-D. Ehlers and J.M. Pawlowski(Hrsg.)(2006): Handbook on Quality and Standardisation in E-Learning. Springer. Heidelberg. (2006), S. 331–346
- Edsall u. a. 1997 Edsall, R.M.; Kraak, M.J.; MacEachren, A.M.; Peuquet, D.J.: Assessing the effectiveness of temporal legends in environmental visualization. In: GIS/LIS '97, Cincinnati, OCT. 28-30, 1997, S. 677-685
- Egbert und Slocum 1992 EGBERT, S.L.; SLOCUM, T.A.: EXPLOREMAP: An Exploration System for Choropleth Maps. In: Annals of the Association of American Geographers 82(2) (1992), S. 275–288
- Ehlers 2006 EHLERS, U.-D.: Myths and realities in learner orientated e-learning-quality. In: U.-D. Ehlers and J.M. Pawlowski(Hrsg.)(2006): Handbook on Quality and Standardisation in E-Learning. Springer. Heidelberg. (2006), S. 367-388
- Ehlers und Goertz 2006 EHLERS, U.-D.; GOERTZ, L.: Quality evaluation for e-learning in Europe. In: U.-D. Ehlers and J.M. Pawlowski(Hrsg.)(2006): Handbook on Quality and Standardisation in E-Learning. Springer. Heidelberg. (2006), S. 157-170
- Ehlers und Pawlowski 2006 EHLERS, U.-D.; PAWLOWSKI, J.M.: A specific approach to satisfy the needs of customers in e-learning. In: U.-D. Ehlers and J.M. Pawlowski(Hrsg.)(2006): Handbook on Quality and Standardisation in E-Learning. Springer. Heidelberg. (2006), S. 1–14
- El-Khatib u. a. 2002 EL-Khatib, H.T.; Williams, M.H.; MacKinnon, L.M.; Marwick, D.H.: Using a distributed approach to retrieve and integrate information from heterogenous distributed databases. In: *Computer Journal* 45(4) (2002), S. 381–394

Fisler u. a. 2005 FISLER, J.; BLEISCH, S.; NIEDERHUBER, M.: Development of Sustainable E-Learning Content with the Open Source eLesson Markup Language eLML. In: International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences Bd. XXXVI-6/W30 ISPRS, Technical Commission VI, Working Group 1 - Symposium, Potsdam, 2005

- Fritsch und Weippert 2002 FRITSCH, D.; WEIPPERT, H.: Development of a GIS-Supported Interactive Remote Sensing-Learning Module. In: ZPF-Supplement 9 (2002), S. 38–42
- Gagné u. a. 1988 Gagné, R.M.; Briggs, L.J.; Wagner, W.W.: Principles of Instructional Design. Belmont: Wladsworth, 1988
- Gee 2003 Gee, J.P.: What Video Games have to teach us about learning and literacy. Macmillan, USA: Palgrave, 2003
- GEOvLEx: Einführung in den Naturraum Fischland-Darß-Zingst. In: http://mars.geographie.uni-halle.de/geovlex/module/rahmen.php?string=1;d 002;1; eingesehen am 15.11.2006 (2006)
- Gerson 2000 Gerson, S.M.: ECLASS: Creating a Guide to Online Course Development For Distance Learning Faculty. In: Online Journal of Distance Learning Administration. State University of Western Georgia 3 (2000)
- GITTA 2006 GITTA: Einführung in Datenbanksysteme. 2006. URL http://www.gitta.info/IntroToDBS/de/html/IntroToDBS selfAssessment1.html; eingesehen am 15.11.2006
- Gustafson und Branch 1997 Gustafson, K.; Branch, R.M.: Instructional design models. New York: Syracuse, 1997
- Haist und Coors 2005 HAIST, J.; COORS, V.: The W3DS-Interface of CityServer 3D. In: G. Gröger & T. Kolbe (Hrsg.): Proceedings of the 1st International Workshop on Next Generation 3D City Models, Bonn. (2005), S. 63-67
- Hampe 2007 HAMPE, M.: Integration einer multiskaligen Datenbank in eine Webservice-Architektur. In: Deutsche Geodätische Kommission bei der Bayerischen Akademie der Wissenschaften Reihe C, Dissertationen 605 (2007)
- Hedley 2001 Hedley, N.R.: Virtual and Agmented Reality Interfaces: Empirical Findings and Implications for Spatial Visualization. In: Presence: Teleoperators and Virtual Environments 11, No.2 (2001), S. 119-133
- Hergenhahn 2005 Hergenhahn, B.R.: An introduction to theories of learning. Pearson/ Prentice Hall, 2005
- Hildebrandt und Teschler 2006 HILDEBRANDT, B.U.; TESCHLER, S.J.: Classifying & finding quality approaches with the Eqo Model. In: U.-D. Ehlers and J.M. Pawlowski(Hrsg.)(2006): Handbook on Quality and Standardisation in E-Learning. Springer. Heidelberg. (2006), S. 171-182
- Hochschulrektorenkonferenz 2003 Hochschulrektorenkonferenz: Entschlieβung des 199. Plenums. 2003. URL http://www.hrk.de/beschluesse/3046.htm
- Hodgins und Conner 2000 Hodgins, W.; Conner, M.: Everything You Wanted To Know About Learning Standards But Were Afraid to Ask. In: LineZine (online: http://www.linezine.com/2.1/features/wheyewtkls.htm; eingesehen am 20.01.2008) (2000)
- Hurni 1999 Hurni, L.: Interactive Data Exploration. In: W. Cartwright and M.P. Peterson(Hrsg.)(1999): Multime-diakartographie. Springer. Heidelberg. (1999), S. 251–262
- Husson 2006 Husson, A.-M.: A specific approach to satisfy the needs of customers in e-learning. In: U.-D. Ehlers and J.M. Pawlowski(Hrsg.)(2006): Handbook on Quality and Standardisation in E-Learning. Springer. Heidelberg. (2006), S. 389-406
- Initiative 2008 Initiative, Dublin Core M.: Dublin Core Metadata Initiative. In: http://dublincore.org/, eingesehen am 19.09.2008 (2008)
- Ishino u. a. 1996 ISHINO, K.; SUGAI, K.; MIZOGUCHI, R.: An Intelligent Education System which Supports Scientific Thinking Lecture Notes in Artificial Intelligence 1114, 4th Pacific Rim International Conference on Artificial Intelligence(PRICAI'96), 1996
- Jaspers 1991 JASPERS, F.: Interactivity or Instruction? A Reaction to Merrill. In: Educational Technology 31(3) (1991), S. 21-24
- Katterfeld und Hampe 2006 KATTERFELD, C.; HAMPE, M.: Internet GIS Das WFS-Formular. In: http://www.gis-zentrum.uni-hannover.de/elan2/index.php?sid=172; eingesehen am 14.11.2006 (2006)

Katterfeld und König 2008 KATTERFELD, C.; KÖNIG, G.: Analysis of E-Learning Software and Guidelines for Quality Assurance in Photogrammetry, Remote Sensing and GIS. In: International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences Bd. XXXVI-6 ISPRS, 2008

- Kerres 2000 Kerres, M.: Multimediale und telemediale Lernumgebungen: Konzeption und Entwicklung. München: Oldenbourg, 2000
- Kirkpatrick 1994 Kirkpatrick, D.L.: Evaluation Training Programs. San Francisco: The Four Levels, 1994
- Kleimann u.a. 2004 KLEIMANN, B.; WEBER, S.; WILLIGE, J.: E-Learning aus Sicht der Studierenden. In: HIS: Projektbericht 10 (2004)
- Kleimann u. a. 2008 KLEIMANN, B.; ÖZKILIC, M.; GÖCKS, M.: Studieren im Web 2.0. Studienbezogene Web- und E-Learning-Dienste. In: HIS: Projektbericht 21 (2008)
- Klettke u.a. 2001 Klettke, M.; Bietz, M.; Bruder, I.; Heuer, A.; Priebe, D.; Neumann, G.; Becker, M.; Bedersdorfer, J.; Uszkoreit, H.; Maedche, A.; Staab, S.; Studer, R.: GETESS Ontologien, Objektrelationale Datenbanken und Textanalyse als Bausteine einer Semantischen Suchmaschine. In: Datenbank-Spektrum 1(1) (2001)
- König 2006 König, G.: E-Learning Courses for GIS and Remote Sensing in Germany, Status and Perspectives. In:

  International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences Bd. XXXVI-6 ISPRS,
  Technical Commission VI Symposium on "E-Learning and The Next Steps For Education", Tokio, Japan, 2006
- Koch 2006 Koch, A.: Semantische Integration von zweidimensionalen GIS-Daten und Digitalen Geländemodellen. Hannover, Deutsche Geodätische Kommission Reihe C, Nr. 601, Dissertation, 2006
- Kolbe 2003 Kolbe, T.H.: Web 3D Service Implementation Specification Draft, Version 0.1.0. In: http://www.ikg.uni-bonn.de/fileadmin/sig3d/pdf/W3DS.pdf; eingesehen am 27.05.2007 (2003)
- Kolbe 2004 Kolbe, T.H.: Interoperable 3D-Visualisierung ("3D Web Map Server"). In: Tagungsband zum Symposium Praktische Kartographie 2004 in Königslutter. Kirschbaum Verlag, Bonn. 9 (2004), S. 130–140
- Kolbe u. a. 2008 Kolbe, T.H.; Gröger, G.; Rönsdorf, C.: Exchange and Storage of Virtual 3D City Models. In: http://www.citygml.org/, eingesehen am 24.09.2008 (2008)
- **Koper 2002** Koper, R.: Educational Modelling Language (ELM): adding instructional desig to existing specifications. 2002. Open University of the Netherlands. http://eml.ou.nl
- Koussoulakou und Kraak 1992 Koussoulakou, A.; Kraak, M.J.: Spatio-temporal maps and cartographic communication. In: *The Cartographic Journal* 29 (1992), S. 101–108
- Kraak u. a. 1997 Kraak, M.J.; Edsall, R.M.; MacEachren, A.M.: Cartographic Animation And Legends For Temporal Maps: Exploration And Or Interaction. In: 18th Int. Carto. Conf., Stockholm, June 23-27, 1997, S. 253-262
- Krone 2003 Krone, O.: Webfähige interaktive 3D-Visualisierung von Proteinstrukturen, Universität Osnabrück, Diplomarbeit, 2003
- Krygier u. a. 1995 Krygier, J.; Reeves, C.; Dibiase, D.; Cupp, J.: Multimedia in Geographic Education: Design, Implementation, and Evaluation of Multimedia Resources for Geography and Earth Science Education 17th International Cartographic Association Conference, Barcelona, 1995
- Kuhn 2001 Kuhn, W.: Ontologies in support of activities in geographical space. In: International Journal of Geographical Information Science 15(7) (2001), S. 613 – 631
- L3S 2006 L3S: Infothek des LearningLabLowerSaxony. 2006. URL http://www.elanniedersachsen.de/index.php?id=223, eingesehen am 30.12.2008
- Laird 2001 LAIRD, J.E.: Using Computer Game to Develop Advanced AI. In: Computer 34(7) (2001)
- Layte und Ravet 2006 LAYTE, M.; RAVET, S.: Rethinking quality for building a learning society. In: U.-D. Ehlers and J.M. Pawlowski(Hrsg.)(2006): Handbook on Quality and Standardisation in E-Learning. Springer. Heidelberg. (2006), S. 347–365
- Learning Technology Standards Committee of the IEEE 2002 Learning Technology Standards Committee of the IEEE: Draft Standard for Learning Object Metadata. 2002

Lindner 2006 Lindner, R.: Architecture and Framworks. In: U.-D. Ehlers and J.M. Pawlowski(Hrsg.)(2006): Handbook on Quality and Standardisation in E-Learning. Springer. Heidelberg. (2006), S. 193–208

- Lipsmeier und Seidel 1987 Lipsmeier, A.; Seidel, C.: Computerunterstütztes Lernen in Berufs- und Weiterbildung. Hagen: Fernuniversität-Gesamthochschule, 1987
- Lorup und Bleisch 2004 LORUP, J.E.; BLEISCH, S.: Schweizweite GIS-Ausbildung mit GITTA Aufbau und Organisation. In: J. Schiewe: E-Learning in Geoinformatik und Fernerkundung, Wichmann, Heidelberg (2004), S. 33-40
- Lubell 2002 Lubell, J.: XML Representation of Process Descriptions. In: National Institute of Standards and Technology (NIST) Report, Manufacturing Systems Integration Division, [http://www.nist.gov/msid] (2002)
- Maag und Haller 2008 MAAG, H.C.; HALLER, U.: Studieren per Mausklick E-Learning an der Medizinischen Fakultät Zürich. In: Schweizerische Ärztezeitung 89(24) (2008)
- MacEachren 1995 MACEACHREN, A.M.: How maps work: Representation, Visualization, and Design. New York: Guilford Press, 1995
- MacEachren und Kraak 1997 MACEACHREN, A.M.; KRAAK, M.J.: Exploratory Cartographic Visualization: Advancing the Agenda. In: Computers and Geosciences Special Issue ICA. Commission on Visualization 23, No.4 (1997), S. 335–343
- MacEachren und Kraak 2001 MACEACHREN, A.M.; KRAAK, M.J.: Research Challanges in Geovisualization. In: Kartographische Nachrichten 4 (2001), S. 204–207
- MacKinnon u. a. 1998 MacKinnon, L.M.; Marwick, D.H.; Williams, M.H.: A model for query decomposition and answer construction in heterogenous distributed database systems. In: *Journal of Intelligent Information Systems* 11 (1998), S. 69–87
- Martin u. a. 2006 Martin, A.; McGovern, E.; Mooney, K.: Problem Based Learning in Spatial Information Sciences A Case Study. In: International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences Bd. XXXVI-6 ISPRS, Technical Commission VI Symposium on "E-Learning and The Next Steps For Education", Tokio, Japan, 2006
- Massey und Medyckyj-Scott 2002 Massey, M.; Medyckyj-Scott, D.: Learning and Teaching Resources using Spatial Data: The e-MapScholar Project. In: ASSIGNation 19(4) (2002)
- Merill 1987 Merill, M.D.: The New Component Display Theory: instructional Design for Courseware Authoring. In: Instructional Science 16(1) (1987), S. 19-34
- Messerschmidt und Grebe 2005 Messerschmidt, R.; Grebe, R.: Zwischen visionärer Euphorie und praktischer Ernüchterung. In: QUEM-Report, Heft 91, Berlin (2005)
- Metternicht 2003 Metternicht, G.: Expanding Distance Education in The Spatial Science Proceedings of the 21th International Cartographic Conference (ICC), Durban, 2003
- Metzger und Schulmeister 2004 Metzger, C.; Schulmeister, R.: Interaktivität im virtuellen Lernen am Beispiel von Lernprogrammen zur Deutschen Gebärdensprache. In: H.O. Mayer and D. Teichel (Hrsg.)(2004): Handlungsorientiertes Lernen und eLearning. Grundlagen und Praxisbeispiele. Oldebourg Verlag, München, Wien (2004), S. 265–297
- Mühlen 1999 MÜHLEN, M.: Internet: Historie und Technik. In: Arbeitsberichte des Instituts für Wirtschaftsinformatik der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster 66 (1999), S. 2–23
- Microsoft Deutschland 2008 Microsoft Deutschland: Bildungsinitiative. 2008. URL http://www.schlaumaeuse.de/service/glossar.html, eingesehen am 01.09.2008
- Ministerium für Arbeit Gesundheit und Soziales des Landes NRW 2008 Ministerium für Arbeit Gesundheit und Soziales des Landes NRW: Web Kolleg NRW. 2008. URL http://www.webkolleg.nrw.de/teilnehmerInfo/Glossar/, eingesehen am 01.09.2008
- Müller 2004 MÜLLER, M.: gimolus GIS-und modellgestützte Lernmodule für umweltwissenschaftliche Studiengänge. In: J. Schiewe: E-Learning in Geoinformatik und Fernerkundung, Wichmann, Heidelberg (2004), S. 21–32
- Monmonier 1992 MONMONIER, M.S.: Authoring graphic scripts: Experiences and principles. In: Cartography and Geographic Information Science 19(4) (1992), S. 247-260,272

Mooney 2005 Mooney, K.: EuroSDR's EduServ Series - Transferring knowledge from the research to the user domain by dinstance E-Learning. In: International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences Bd. XXXVI-6/W30 ISPRS, Technical Commission VI, Working Group 1 - Symposium, Potsdam, 2005

- Moore u.a. 2001 Moore, K.; Dykes, J.; Wood, J.: Cognitive and usability issues in geovisualisation. In: Cartography and Geographic Information Science 28 (2001), S. 59–77
- Nebiker 2002 Nebiker, S.: Support for Visualisation and Animation in a scalable 3D GIS Environment Motivation, Concepts and Implementation. In: International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences Vol. XXXIV-5/W10 (2002)
- Neumann und Winter 2003 NEUMANN, A.; WINTER, A.M.: Vector-based Web Cartography: Enabler SVG. In: http://www.carto.net/papers/svg/index\_e.shtml, eingesehen am 19.05.2004 (2003)
- Neumann u.a. 2007 NEUMANN, G.; BACKOFEN, R.; BAUR, J.; BECKER, M.; BRAUN, C.: An Information Extraction Core System for Real World German Text Processing. In: Proceedings of 5th ANLP, Washington (2007)
- Niegemann u. a. 2008 NIEGEMANN, H.M.; DOMAGK, S.; HESSEL, S.; HEIN, A.; HUPFER, M.; ZOBEL, A.: Kompendium multimediales Lernen. Berlin, Heidelberg: Springer, 2008
- North und Hermans 1999 NORTH, S.; HERMANS, P.: XML in 21 Tagen. München: Markt + Technik, 1999
- Open Geospatial Consortium 2008a Open Geospatial Consortium: GML the Geography Markup Language. 2008. URL http://www.opengis.net/gml/, eingesehen am 24.09.2008
- Open Geospatial Consortium 2008b Open Geospatial Consortium: OGC Groups. 2008. URL http://www.opengeospatial.org/projects/groups; eingesehen am 27.09.2008
- Open Geospatial Consortium 2008c Open Geospatial Consortium: OGC Interoperability Program. 2008. URL http://www.opengeospatial.org/ogc/programs/ip; eingesehen am 19.09.2008
- Open Geospatial Consortium 2008d Open Geospatial Consortium: OpenGIS Filter Encoding Implementation Specification. 2008. URL http://www.opengeospatial.org/standards/filter; eingesehen am 27.09.2008
- Open Geospatial Consortium 2008e Open Geospatial Consortium: OpenGIS Geography Markup Language (GML)

  Encoding Standard. 2008. URL http://www.opengeospatial.org/standards/gml; eingesehen am 27.09.2008
- Open Geospatial Consortium 2008f Open Geospatial Consortium: OpenGIS Implementation Specification for Geographic information Simple feature access. 2008. URL http://www.opengeospatial.org/standards/sfa; eingesehen am 27.09.2008
- Open Geospatial Consortium 2008g Open Geospatial Consortium: OpenGIS Web Feature Service (WFS) Implementation Specification. 2008. URL http://www.opengeospatial.org/standards/wfs; eingesehen am 27.09.2008
- O'Shea und Self 1986 O'Shea, T.; Self, J.: Lernen und Lehren mit Computern. Künstliche Intelligenz im Unterricht. Basel: Birkhäuser, 1986
- Pallof und Pratt 2001 PALLOF, R.M.; PRATT, K.: Lessons from the Cyberspace Classroom The realities of Online Teaching. San Francisco, CA: Jossey Bass, 2001
- Patton und Cammack 1996 PATTON, D.K.; CAMMACK, R.G.: An examination of the effects of task type and map complexity on sequenced and static choropleth maps. In: In: Wood and Keller (Hrsg.): Cartographic Design: Theoretical and Practical Perspectives. New York: John Wiley and Sons (1996)
- Peterson 1999 Peterson, M.P.: Elements of Multimedia Cartography. In: W. Cartwright and M.P. Peterson and G. Gartner (Eds.): Multimedia Cartography. Springer, Heidelberg (1999), S. 63-73
- **PETROgraph 2008** PETROgraph: *Mineral- und Gesteinsbestimmungspraktikum.* 2008. URL http://www.geo.fuberlin.de/fb/e-learning/petrograph/einfuehrung/index.html; eingesehen am 13.10.2008
- Preiß 1990 Preiß, P.: Planspiel JEANSFABRIK. In: Seminar für Wirtschaftspädagogik der Georg-August-Universität, Göttingen (1990)
- Prensky 2001 Prensky, M.: Digital Game-Based Learning. USA: McGraw-Hill, 2001
- Reich 2006 Reich, K.: Konstruktivistische Didaktik Ein Lehr- und Studienbuch mit Methodenpool auf CD. Weinheim: Beltz und Gelberg, 2006

Reigeluth 1983 Reigeluth, C.M.: Instructional design: What is it and Why is it? In: C.M. Reigeluth(Hrsg.)(1983):

Instructional Theories and Models: An Overview of Their Current Status. Hillsdale. (1983)

- Riedel und Schelten 2001 RIEDEL, A.; SCHELTEN, A.: Handlungsorientiertes Lernen. In: Unterlagen für die Teilnehmer der Fortbildung für Lehrerinnen und Lehrer an beruflichen Schulen Lehrstuhl für Pädagogik, TU München, 2001
- Rose u. a. 2000 Rose, F.D.; Attree, E.A.; Brooks, D.M.; Parslow, D.M.; Penn, P.R.; Ambihaipahan, N.: Training in virtual environments: transfer to real world tasks and equivalence to real task training. In: *Engonomics* 43(4) (2000), S. 494–511
- Roussos u. a. 1999 ROUSSOS, M.; JOHNSON, A.; MOHER, T.; LEIGH, J.; VASILAKIS, C.; BARNESS, C.: Learning and building together in an immersice virtual world. In: *Presence* (1999)
- Salzman u. a. 1999 SALZMAN, M.; DEDE, C.; LOFTIN, R.; CHEN, J.: A model for understanding how virtual reality aids complex conceptual learning. In: *Presence* 8(3) (1999), S. 293–316
- Saurer u. a. 2004 SAURER, H.; FUERST, R.; GOSSMANN, H.: WEBGEO Geographie online lernen! In: L. Plümer and H. Asche: Geoinformation Neue Medien für eine neue Disziplin. Wichmann, Heidenberg (2004), S. 167–178
- Schank u. a. 1994 SCHANK, R.C.; FANO, A.; BELL, B.; JONA, M.: The Design of Goal-Based Scenarios. In: Journal of the Learning Sciences 3(4) (1994), S. 305–345
- Schemel 1985 Schemel, H.: Die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) von Großprojekten. In: Beiträge zur Umweltgestaltung, A 9. Regensburg, Münster (1985)
- Schiewe 2004 Schiewe, J.: E-Learning in Geoinformatik und Fernerkundung. Heidelberg: Wichmann Verlag, 2004
- Schilling und Zipf 2003 SCHILLING, A.; ZIPF, A.: Generation of VRML City Models for Focus Based Tour Animations. In: 8th Int. Symp. on Web 3D Technology. Web3D 2003. Saint Malon, France (2003), S. 39-47
- Scholles 2006 SCHOLLES, F.: Die Raumempfindlichkeitsuntersuchung. In: http://www.laum.uni-hannover.de/ilr/lehre/Ptm/Ptm BewReu.htm; eingesehen am 30.12.2008 (2006)
- Schroeder 1995 Schroeder, R.: Learning from virtual reality applications in education. In: Virtual Reality 1 (1995), S. 33-40
- Schulmeister 2002 Schulmeister, R.: Grundlagen hypermedialer Lernsysteme. Theorie Didaktik Design. München: Oldenbourg, 2002
- Schutz und Buitelaar 2005 Schutz, A.; Buitelaar, P.: RelExt: A tool for relation extraction from text in ontology extension. In: *Proc. ISWC* (2005)
- Schwan und Buder 2006 Schwan, S.; Buder, J.: Virtuelle Realität und E-Learning. In: e-teaching.org (2006)
- Schweer 2002 Schweer, M.: Der Einfluss unterschiedlicher Interaktivitätsgrade von Hypermedia-Systemen auf den Lernerfolg bei Nutzern mit unterschiedlichem Vorwissen., GMU Duisburg, Schriftliche Hausarbeit im Rahmen der ersten Staatsprüfung für Lehramt., 2002
- Sester und Brenner 2007 Sester, M.; Brenner, C.: A vocabulary for multi-scale process description for fast transmission and continuous visualisation of spatial data. In: Computers and Geosciences. Special issue on progressive transmission of spatial data sets in the web environment (2007)
- Sgouropoulou 2006 SGOUROPOULOU, C.: Developing and handling learner profiles for European learner information systems. In: U.-D. Ehlers and J.M. Pawlowski(Hrsg.)(2006): Handbook on Quality and Standardisation in E-Learning. Springer. Heidelberg. (2006), S. 251–262
- Shewchuk 2003 Shewchuk, J.R.: Triangle Mesh generation and Delaunay triangulation. In: http://www-2.cs.cmu.edu/quake/triangle.html; eingesehen am 16.10.2008 (2003)
- Simonis und Merten 2004 SIMONIS, I.; MERTEN, S.: Die Geodateninfrastruktur des Webportals geoinformation.net. In: L. Plümer and H. Asche: Geoinformation Neue Medien für eine neue Disziplin. Wichmann, Heidenberg (2004), S. 79–88
- Singh 2001 Singh, R.: OGC Interoperability Program. In: http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact\_id=1072; eingesehen am 19.09.2008 (2001)

Slocum u. a. 2001 SLOCUM, T.; BLOK, B.; JIANG, B.; KOUSSOULAKOU, A.; MONTELLO, D.R.; FUHRMANN, S.; HEDLEY, N.R.: Cognitive and Usability Issues In Geovisualisation. In: Cartography and Geographic Information Science 28 (2001), S. 61–75

- Strzebkowski und Kleeberg 2002 Strzebkowski, R.; Kleeberg, N.: Interaktivität und Präsentation als Komponenten multimedialer Lernanwendungen. In: L.J. Issing and P. Klimsa (Eds.): Informationen und Lernen mit Multimedia und Internet. Psychologie Verlags Union, Weinheim. (2002), S. 229-246
- Suess und Freitag 2001 Suess, C.; Freitag, B.: Learning Material Markup Language LMML. In: IFIS Report Bd. 2001/03 Institut für Softwaretechnik (IFIS), Universität Passau. http://www.lmml.de/, 2001
- Thuerkow u. a. 2005 Thuerkow, D.; Glässer, C.; Kratsch, S.: Virtual Landscapes and Excursions Innovative Tools as a means of training in Geography. In: International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences Bd. XXXVI-6/W30 ISPRS, Technical Commission VI, Working Group 1 Symposium, Potsdam, 2005
- Verbree u. a. 1999 VERBREE, E.; MAREN, G.V.; GERMS, R.; JANSEN, F.; KRAAK, M.J.: Interaction in virtual world views linking 3D GIS with VR. In: International Journal of Geographical Information Science 13(4) (1999), S. 385–396
- Vividsolutions 2008 Vividsolutions: JTS Topology Suite. 2008. URL http://www.vividsolutions.com/jts/jtshome.htm, eingesehen am 24.09.2008
- Waller 1999 WALLER, D.: An assessment of individual differences in spatial knowledge of real and virtual environments. Seattle, University of Washington, Dissertation, 1999
- Waller u. a. 1998 WALLER, D.; HUNT, E.; KNAPP, D.: The Transfer of Spatial Knowledge in Virtual Environment Training. In: *Presence* 7(2) (1998), S. 129–143
- Web 3D Consortium 2004 Web 3D Consortium: 2004. URL X3D International Specification Standards
- Weinberg 1999 Weinberg, J.: Lernkultur Begriff, Geschichte, Perspektiven. In: Arbeitsgemeinschaft für Qualifikations-Entwicklungs-Management, Geschäftsstelle der Arbeitsgemeinschaft Betriebliche Weiterbildungsforschung (Hrsg.): Kompetenzentwicklung 99. Aspekte einer neuen Lernkultur. Argumente, Erfahrungen, Konsequenzen. Münster. Waxmann (1999), S. 81-143
- Williams und Dreza 2004 WILLIAMS, M.H.; DREZA, O.: Combining Heterogeneous Spatial Data from Distributed Sources. In: P.F. Fisher (Hrsg.) Development in Spatial Data Handling. Springer, Berlin. (2004), S. 59-70
- Winkler 1999 Winkler, R.: Verkehrsbedingte Luftverunreinigungen und Lärmbelästigungen in Heidelberg. Ibidem-Verlag. Heidelberg, Geographisches Institut, Dissertation, 1999
- Winn 1993 Winn, W.: A conceptual basis for educational applications of virtual reality. In: *Technical Publication*Bd. R-93-9 University od Washington, Human Interface Technology Laboratory of the Washington Technology
  Laboratory of the Washington Technology Center, 1993
- Winn und Jackson 1999 Winn, W.; Jackson, R.: Fourteen propositions about educational uses of virtual reality. In: Educational Technology 4 (1999), S. 5-14
- WWW Consortium 2006 WWW Consortium: XML-Stylesheet Transformation (XSLT). 2006. URL http://www.w3.org/TR/xslt, eingesehen am 20.10.2006
- WWW Consortium 2008a WWW Consortium: About the World Wide Web Consortium. 2008. URL http://www.w3.org/Consortium/, eingesehen am 19.09.2008
- WWW Consortium 2008b WWW Consortium: Extensible Markup Language (XML). 2008. URL http://www.w3.org/XML/, eingesehen am 03.09.2008
- WWW Consortium 2008c WWW Consortium: Scalable Vector Graphics (SVG). 2008. URL http://www.w3.org/Graphics/SVG/, eingesehen am 26.09.2008
- Youngblut 1998 Youngblut, C.: Educational uses of virtual reality technology. Alexandria, Virgina: Institute for Defense Analysis, 1998
- Zaslavsky u. a. 2000 Zaslavsky, I.; Marciano, R.; Gupta, A.; Baru, C.: XML-based Spatial Data Mediation Infrastructure for Global Interoperability. In: Proceedings of 4th Global Spatial Data Infrastructure Conference, Cape Town, South Africa. (online at http://www.npaci.edu/DICE/Pubs/.) (2000)
- Zlatanova u. a. 2002 ZLATANOVA, S.; RAHMAN, A.A.; PILOUK, M.: Trends in 3D GIS Development. In: Journal of Geospatial Engineering 4/2 (2002), S. 71–80

## Anhang A

# Qualitätsstudie

## A.1 Getestete E-Learning-Produkte

Tabelle A.1: Evaluierte E-Learning-Produkte

Titel	Inhalt	Ersteller	URL	Setting	Zielgruppe
Air Photo Interpretation & Photogrammetry	Photogrammetrie	University of California Santa Barbara	$http://userpages.umbc.edu/\tilde{t}benja1/umbc7/-santabar/rscc.html$	Power Point	Studenten
Argus - Activities and Readings in the Geogra- phy	GIS	Association of American Geographers	http://www.csiss.org/- learning_resources/content/argus/	Text mit interaktiven Bestandteilen	Studenten
Auto Orient	GIS	University of Aalbourg	http://www.internetsurvey.dk/lp/start.asp	Text mit Tests und Feedbacks	Studenten
Core Curriculum	GIS	National Center for Geo- graphic Information Ana- lysis	http://www.csiss.org/learning_resources/-content/giscc/giscc_contents.html	Text	Studenten
Digital Elevation Models from IFSAR	Fernerkundung	Intermap Technologies	http://learning.intermaptechnologies.com/	Text mit Tests und Feedbacks	Interessierte Öffentlichkeit
Digital Techniques of Remote Sensing	Fernerkundung	University of South Carolina	http://www.cas.sc.edu/geog/rslab/751/index.html	Text mit Tests und Feedbacks	Studenten
DTM Checking	GIS	University of Prague	http://slon.fsv.cvut.cz/dtmchecking/	Text mit Tests und Feedbacks	Studenten
E-Map Scholar	GIS	Consortium in UK, leaded by University of Edinburgh	http://edina.ac.uk/projects/mapscholar/index.html	Text mit Tests und Feedbacks, Diverse Ansätze	Studenten
ESA Kids	Fernerkundung	ESA	http://www.esa.int/esaKIDSen/index.html	Text mit Tests und Feedbacks, Diverse Ansätze	Kinder
FerGI	GIS, Fernerkundung	Consortium of German Universities	http://www.fergi-online.de/	Text mit Tests und Feedbacks	Studenten
GIS self learning tool	GIS	University of Melbourne	http://www.sli.unimelb.edu.au/gisweb/menu.html	Text mit Tests und Feedbacks	Studenten
GITTA	GIS	Consortium of Suiss Universities	http://www.gitta.info/website/en/html/index.html	Text mit Tests und Feedbacks	Studenten
GPS Tutorial	Photogrammetrie	Trimble	http://www.trimble.com/gps/whygps.shtml	Text mit interakti- ven Bestandteilen	Interessierte Öffentlichkeit
Introduction to remote sensing	Fernerkundung	Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO)	http://www.cmis.csiro.au/rsm/intro/	Text	Studenten
Introductory Digital	Fernerkundung	University of South Caroli-	http://www.cas.sc.edu/geog/rslab/Rscc/rscc-no-frames.html	Text	$\operatorname{Studenten}$

Fortsetzung von letzter	Seite				
LEAP	Fernerkundung	University of Curtin	http://www.cage.curtin.edu.au/leap/virtu o.modules/virtu.o.field/1_SpatialSampling/- 1_SpatialSampling.html	Text mit Tests und Feedbacks	Studenten
LDIP Inter	GIS	University of Aalbourg	http://ldipinter2.plan.aau.dk/index.php	Text mit Tests und Feedbacks	Schüler
MEC Education Module	GIS	CIESIN Columbia University	$\begin{array}{c} http://metroeast\_climate.ciesin.columbia.edu/-\\ edumod.html \end{array}$	Software zur offline Nutzung	Schüler
NASA Kid's Club	Fernerkundung	Marshall Space Flight Center, AL, USA	http://www.nasa.gov/audience/forkids/-kidsclub/flash/index.html	Text mit Tests und Feedbacks, Diverse Ansätze	Kinder
Online Guide for Remote Sensing	Fernerkundung	University of Illinois	http://ww2010.atmos.uiuc.edu/(Gh)/guides/-rs/home.rxml	Text	Studenten
Optical Measurement	Fernerkundung	Gigahertz-Optik GmbH	http://www.gigahertz- optik.com/database_en/html/applications- tutorials/tutorials/iintroduction.html	Text	Interessierte Öffentlichkeit
Question Corner	GIS	University of Toronto	$\begin{array}{l} http://www.math.toronto.edu/mathnet/-\\ questionCorner/ \end{array}$	Text	Studenten
Remote Sensing & Image Analysis Textbook	Fernerkundung	University of Berkeley	http://www.cnr.berkeley.edu/ gong/textbook/	Power Point	Interessierte Öffentlichkeit
Remote Sensing Principles	Fernerkundung	ESA - eduspace	http://www.eduspace.esa.int/eduspace/	Text	Schüler
Remote Sensing Tutorials	Fernerkundung	Canada Centre for Remote Sensing	http://ccrs.nrcan.gc.ca/resource/index_e.php	Text mit interakti- ven Bestandteilen	Interessierte Öffentlichkeit
Spatial Pattern Analysis in a GIS Environment	GIS	Center for Spatially Integrated Social Science	$http://www.csiss.org/streaming\_video/2002/spa.html$	Audio / Video- Resourcen	Studenten
Studying Environment from Space	Fernerkundung	NASA & Partners	http://www.ccpo.odu.edu/SEES/index.html	Text mit interakti- ven Bestandteilen	Schüler
Survey Lecture Notes	Fernerkundung	University of Melbourne	http://www.sli.unimelb.edu.au/nicole/- surveynetworks/02a/02a.html	Text	Interessierte Öffentlichkeit
TELSAT - EOEdu: Introducing Remote Sensing	Fernerkundung	Space Research and Applications Division of the Belgian Federal Science Policy Office	http://telsat.belspo.be/beo/en/guide/index.htm	Text	Studenten
Virtual global faculty for remote sensing	Fernerkundung	UNESCO	http://www.noc.soton.ac.uk/bilko/	Software zur offline Nutzung	Studenten

### A.2 Ergebnisse der Evaluation - grafische Darstellung

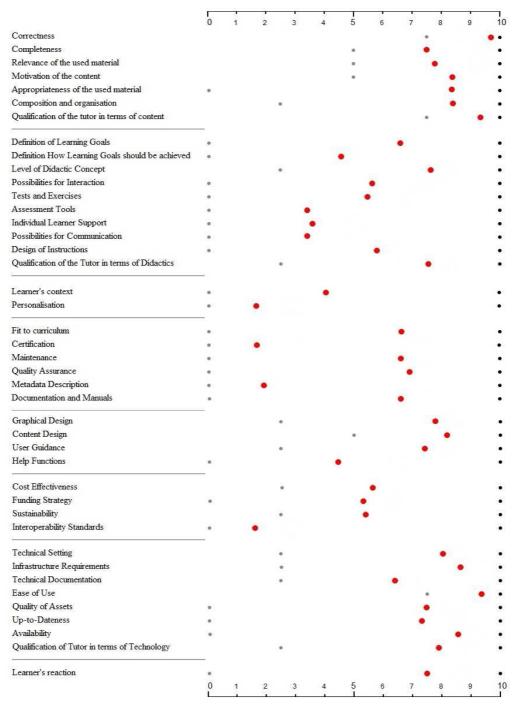


Abb. A.1: Ergebnisse. Dargestellt sind die Min- (hellgrau), Max- (dunkelgrau) und Durchschnittswerte, die für die 42 Kriterien (bezogen auf alle untersuchten Produkte) erzielt wurden. Dabei entspricht 10 der bestmöglichen und 0 der schlechtmöglichsten Bewertung.

### A.3 Ergebnisse der Evaluation - Wertetabelle

Abb. A.2: Ergebnisse. Tabellarisch aufgelistet sind die Min- , Max- und Durchschnittswerte, die für die 42 Kriterien (bezogen auf alle untersuchten Produkte) erzielt wurden. Dabei entspricht 100 der bestmöglichen und 0 der schlechtmöglichsten Bewertung.

Criteria	Minimum	Average	Maximum
Correctness	75	97.5	100
Completeness	25	74.5	100
Relevance of used Material	25	87.5	100
Motivation	25	82	100
Appropriateness of used Material	0	81.25	100
Composition and Organisation	25	82	100
Qualification of Author in terms of Content	75	92.5	100
Definition of Learning Goals	0	65.75	100
Definition how Goals are to achieve	0	47	100
Level of didactic Concept	25	76.25	100
Interaction Possibilites	0	57.5	100
Tests and Exercises	0	53.75	100
Assessment	0	35.75	100
Individual Learner Support	0	36.25	100
Communication	0	35.75	100
Design of Instructions	0	58.25	100
Qualification of Producer in terms of Didactics	25	74.5	100
Consideration of Learner's Context	0	40	100
Possibilitites for Personalisation	0	16.25	100
Fit to Curriculum	0	65	100
Certification	0	16.25	100
Maintenance	0	65.75	100
	0	67	100
Quality Assurance	0	19.5	100
Documentation by Metadata  Documentation	0	65.75	100
Graphical Design	25	78.75	100
Conten Design	50	82.5	100
Conten Design	50	82.5	100
User Guidance	25	72.5	100
Help Functionalities	0	45.75	100
Cost Effectiveness	25	57.5	100
Funding Strategy	0	53.25	100
Sustainability	25	54.5	100
Conformance to Standards in terms of Interoperability	0	17	100
Functionalities	25	80	100
Infrastructure	25	87	100
Technical Documentation	25	63.25	100
Ease of Use	75	93.75	100
Quality of Asset	0	76.25	100
Up-To-Dateness	0	72.5	100
Availability	0	85.75	100
Qualification of Producer in terms of Technology	25	79.5	100
Learner's reaction	0	76.25	100

## Anhang B

## Modellierung von Lernkomponenten

#### B.1 Interaction Dictionary - XML-Modell

```
<?xml version="1.0"?>
<interactionDictionary>
 <dataRepresentation
   descr="Änderung der Darstellungsform der Daten"
   effect="Verständnis des Dateninhaltes">
    <svmbol
     descr="Änderung des Symbolisierungsschemas"
     app="Verbesserung der Lesbarkeit der Information"/>
     descr="Manipulation der Beleuchtungsattribute"
     app="Erkennung und Interpretation von Mustern"/>
 </dataRepresentation>
 <orientation</pre>
   descr="Erkundung der Struktur der Daten durch Nutzung verschiedener Werkzeuge"
    effect="Erkennen der Struktur und Eigenschaften der Daten">
     descr="Blickpunkt des Nutzers ist als Kamera definiert"
     app="Erkennen der geometrischen und räumlichen Struktur der Daten durch
     Änderung des eigenen Blickpunktes"/>
     descr="Änderung der räumlichen Sicht auf die Daten"
     effect="geometrische und räumliche Erkundung und somit Verdeutlichung
     der räumlichen Struktur"/>
     descr="Neuausrichtung der Daten in einer oder mehreren Dimensionen"
     app="Erkennen der geometrischen und räumlichen Struktur der Daten durch
      Änderung der Ausrichtung der Daten"/>
     descr="Funktionen zur Änderung der Ansicht oder räumlichen Darstellung"
     app="unterstützt die kognitive räumliche Orientierung und Entscheidungsfindung"/>
     descr="animierte Reise durch den Datenraum/ das Terrain"
     app="Exploration"/>
    <togglingSweep</pre>
     descr="Umschalten zwischen verschiedenen zeitlichen Repräsenationen"
     app="Zusammenhänge bzw. Folgen oder Voraussetzungen für Zustände werden
     deutlich"/>
  </orientation>
    descr="Analyse komplexer Strukturen in den Daten"
   effect="Erkennen der Struktur und Eigenschaften der Daten">
     descr="Sortierung von Daten nach bestimmten Kriterien"
     app="Erkennen von Trends und Mustern"/>
```

```
<multipleViews
     descr="Kombination von verschiedenen Repräsentationen der Realität"
     app="bessere Einsichten in die Daten"/>
     effect="sinnvoll, wenn unterschiedliche zeitliche und inhaltliche
     Attributierungen vorhanden sind bzw. verglichen werden sollen/>"
    <layerCombination</pre>
      descr="Kombination/ Überlagerung von mehreren Layern"
     app="Layer mit neuer Aussage erstellen"
     effect="Erkenntnisgewinn"/>
    <juxtaposition
     descr="Nebeneinanderordnung von Datenfenstern"
     app="Vergleich von verschiedenen Datenrepräsentationen"
     effect="sinnvoll, wenn unterschiedliche zeitliche und inhaltliche
     Attributierungen vorhanden sind bzw. verglichen werden sollen/>"
    linking
     descr="konzeptionelle Verbindung von Daten"
     app="durch Verbindung verschiedener Maßstäbe, zeitlicher Darstellungen und
      Inhalte werden Zusammenhänge sichtbar"/>
  </contextualisation>
  <analysis
    descr="Analyse zu geometrischen, räumlichen und thematischen Eigenschaften"
    effect="Gewinnung von Informationen zu Geometrie und Lage der Daten
      (räumliches Verständnis) sowie thematischen Erkenntnissen">
    <excluding
     descr="Generalisierungsprozess mittels dessen Daten von der Darstellung
     ausgeschlossen bzw. vereinfacht dargestellt werden"
     app="Erkennen von Zusammenhängen, Tendenzen etc."/>
    <including
     descr="Heraushebung und Betonung von Daten nach einem bestimmten Kriterium"
     app="Erkennen von Zusammenhängen"/>
     descr="Anwendung von (eher einfachen) statistischen Verfahren"/>
    <dataMining
     descr="komplexe mathematisch-statistische Methoden zur Erkundung der
     Struktur der Daten"
     app="interaktives Erkennen von versteckten Mustern, wobei keine Hypothese
     [als vermutetes Wissen] getestet wird, sondern implizite Informationen
     gesucht werden"/>
    <topologicalAnalysis</pre>
     descr="Anwendung von Verfahren zur topologischen Analyse"
     app="Untersuchung von topologischen Relationen"/>
  </analysis>
  <manipulation
   descr="Änderung von bestehenden oder Erfassung von neuen Daten"
    effect="Erzeugung von Daten/ dauerhaftes Festhalten von Erkenntnisgewinn
    sowie Formulierung von Hypothesen">
    <changeAttributes</pre>
     descr="durch Eingabe werden Attribute geändert oder hinzugefügt"
     app="Informationen werden festgehalten"/>
    <height
     descr="durch Digitalisierung werden Geometrien geändert oder hinzugefügt"
     app="Informationen werden visualisiert und festgehalten"/>
    <changeGeometry</pre>
      descr="Anwendung von räumlichen Operatoren"
      app="Abbildung und Festhalten von Zusammenhängen"/>
    <changeTopology/>
  </manipulation>
</interactionDictionary>
```

#### B.2 Metadaten eines Lernszenarios - Document Type Definiton

```
<!DOCTYPE learningScenario [
    <!ELEMENT metadata (LC_title, context, introduction, prerequisite, timeNeeded)>
    <!ELEMENT learningProcess (learningComponent) *>
    <!ELEMENT LC_title (#PCDATA)>
   <!ELEMENT context (#PCDATA)>
    <!ELEMENT introduction (#PCDATA)>
    <!ELEMENT prerequisite (description, course) *>
    <!ELEMENT timeNeeded (#PCDATA) *>
    <!ELEMENT description (#PCDATA)>
    <!ELEMENT course (monography, script, web-course)>
    <!ELEMENT monography (title, author+, year, publisher)>
    <!ELEMENT script (title, author+, year,
             tutor/institute/publisher | webresource>
    <!ELEMENT webresource (title, url)
    <!ELEMENT title (#PCDATA)>
    <!ELEMENT author (#PCDATA)>
    <!ELEMENT year (#PCDATA)>
    <!ELEMENT publisher (#PCDATA)>
    <!ELEMENT url (#PCDATA)>
```

#### B.3 Lernkomponenten - Document Type Definiton

```
<!DOCTYPE learningComponent [
    <!ELEMENT issue (requiredKnowledge | action | desiredResult )*>
        <!ATTLIST issue_id #REQUIRED title #PCDATA #REQUIRED>
    <!ELEMENT requiredKnowledge (#PCDATA)>
    <!ELEMENT desiredResult (#PCDATA)>
    \verb|<!ELEMENT| action (action\_title, instruction, desired Result, required Resources, \\
        requiredData, requiredFunctionality, feedbackAction)*>
        <!ATTLIST action_id ID #REQUIRED>
    < \tt !ELEMENT required Resources \ (monography \ | \ article \ | \ webresource)*>
    <!ELEMENT monography (title, author+, year, publisher)>
    <!ELEMENT article (title, author+, year, journal, issue, page)>
    <!ELEMENT webresource (title, url)>
    <!ELEMENT action_title (#PCDATA)>
    <!ELEMENT title (#PCDATA)>
    <!ELEMENT author (#PCDATA)>
    <!ELEMENT year (#PCDATA)>
    <!ELEMENT publisher (#PCDATA)>
    <!ELEMENT journal (#PCDATA)>
    <!ELEMENT issue (#PCDATA)>
    <!ELEMENT page (#PCDATA)>
    <!ELEMENT url (#PCDATA)>
    <!ELEMENT requiredData (analogueData | localeData | webData)*>
    <!ELEMENT analogueData (data_title | scale | year | publisher)>
       <!ATTLIST name #REQUIRED>
    <!ELEMENT name (#PCDATA)>
    <!ELEMENT data_title (#PCDATA)>
    <!ELEMENT scale (#PCDATA)>
    <!ELEMENT localeData (data_title | path | filename)>
       <!ATTLIST name #REQUIRED>
    <!ELEMENT path (#PCDATA)>
    <!ELEMENT filename (#PCDATA)>
    <!ELEMENT webData (serverTitle | url | filename)>
        <!ATTLIST name #REQUIRED>
    <!ELEMENT serverTitle (#PCDATA)>
    <!ELEMENT requiredFunctionality (learningFuncs | geoRepresentationFuncs,</p>
```

```
geoContextualizationFuncs | geoAnalysisFuncs| geoEditingFuncs)*>
<!ELEMENT learningFuncs ()*>
<!ELEMENT geoRepresentationFuncs (layerOn/off, style, scale, BBOX, sorting |</pre>
   lighting, viewpoint, orientation, navigation )>
<!ELEMENT geoContextualizationFuncs (multipleViews | combiningDataLayer |</pre>
   linking | selectionByAttribute | selectionByObject)>
<!ELEMENT geoAnalysisFuncs (buffer | distanceMeasurement |</pre>
         heightMeasurement | statistics)>
<!ELEMENT geoEditingFuncs (digitizeGeometry, changeAttribute)>
<!ELEMENT _2DlayerOn_off (ANY, furtherInformation)>
<!ELEMENT _3DlayerOn_off (ANY, furtherInformation)>
<!ELEMENT style (ANY, furtherInformation)>
<!ELEMENT scale (ANY, furtherInformation)>
<!ELEMENT BBOX (ANY, furtherInformation)>>
<!ELEMENT sorting (ANY, furtherInformation)>
<!ELEMENT lighting (ANY, furtherInformation)>
<!ELEMENT viewpoint (ANY, furtherInformation)>
<!ELEMENT orientation (ANY, furtherInformation)>
<!ELEMENT navigation (ANY, furtherInformation)>
<!ELEMENT multipleViews (ANY, furtherInformation)>
<!ELEMENT combiningDataLayer (ANY, furtherInformation)>
<!ELEMENT selectionByAttribute (ANY, furtherInformation)>
<!ELEMENT selectionByObject (ANY, furtherInformation)>
<!ELEMENT linking (ANY, furtherInformation)>
<!ELEMENT buffer (ANY, furtherInformation)>
<!ELEMENT distanceMeasurement (ANY, furtherInformation)>
<!ELEMENT heightMeasurement (ANY, furtherInformation)>
<!ELEMENT statistics (ANY, furtherInformation)>
<!ELEMENT digitizeGeometry (ANY, furtherInformation)>
<!ELEMENT changeAttribute (ANY, furtherInformation)>
<!ELEMENT furtherInformation #PCDATA)>
<!ELEMENT feedbackAction (feedback_title, instruction, feedbackFuncs) *>
   <!ATTLIST feedbackAction id ID #REQUIRED>
<!ELEMENT feedback_title (#PCDATA)>
<!ELEMENT instruction (#PCDATA)>
<!ELEMENT feedbackFuncs (testingFuncs | submissionFuncs | comparisionFuncs)*>
<!ELEMENT testingFuncs (orderingFunc | multipleChoiceFunc | answerQuestion)*>
<!ELEMENT submissionFuncs (answerQuestion | sendResultToTutor | putInReport)*>
<!ELEMENT comparisonFuncs (compareWithTemplate)>
<!ELEMENT orderingFunc (orderingFuncArguments, orderingFuncResult)>
   <!ATTLIST orderingFunc on ja | nein #REQUIRED>
<!ELEMENT orderingFuncArguments (inputData)>
   < !ATTLIST \ orderingFuncArguments \ modeOfOrder \ arbitrary \ |
          fromEndToStart #REQUIRED>
<!ELEMENT orderingFuncResult (#PCDATA)>
<!ELEMENT modeOfOrdering >
<!ELEMENT compareDocuments (instruction, urlToCompareWith)>
<!ELEMENT multipleChoiceFunc (ANY)>
   <!ATTLIST multipleChoiceFunc on ja | nein #REQUIRED>
<!ELEMENT answerQuestion (question, putInReport, sendResultToTutor)>
<!ELEMENT question (#PCDATA)>
<!ELEMENT putInReport (#PCDATA)>
<!ELEMENT sendResultToTutor (mailaddress)>
<!ELEMENT mailaddress (#PCDATA)>
```

#### B.4 Beispiel einer Lernszenariomodellierung - Textbeschreibung

Zunächst sollen sie Lernenden sich eine Vorstellung vom Ablauf des gesamten Planungsverfahrens verschaffen. Dazu stehen verschiedene Resourcen bereit. Sie sollen erkennen, welche Bedeutung die einzelnen Planungsschritte haben und in welcher Reihenfolge sie abzuarbeiten sind, um zu einem sinnvollen Ergebnis zu gelangen. Eine entsprechende Übung zur Ordnung der Planungsschritte ist vorgesehen.

Anschließend, aber vor Beginn des eigentlichen Planungsprozesses ist es erforderlich, dass sich die Lernenden mit dem Untersuchungsgebiet vertraut machen. Dazu stehen verschiedene topographische und Sachdaten (z. B. Landnutzung, Schutzgebiete) sowie Metadokumente zur Verfügung, die mit Hilfe verschiedener Interaktionsund Explorationsmechamismen erschlossen werden können. Dieser Schritt dient neben dem Kennenlernen des Untersuchungsgebietes auch dem Kennenlernen der Lernumgebung (virtuellen Landschaft) und ihrer Funktionalitäten.

Konkret durchgeführt werden soll der Arbeitsschritt der Erstellung der Empfindlichkeitsmatrix, d.h. das Feststellen der Betroffenheit der Funktionsräume durch Störfaktoren, die vom Vorhaben ausgehen. Der Lernende soll - sofern das Wissen nicht vorhanden ist - recherchieren, welche Faktoren beim Bau einer Trasse wirken und wie die Einflüsse wirken. Anschließend kann auf Basis vorhandener Daten (z.B. Nutzungstypen) die Betroffenheit durch Störfaktoren festgelegt und DarkBluein einem Datensatz durch Eingabe entsprechender Attribute für jeden Funktionsraum abgebildet werden.

Der Lernende soll durch die Überlagerung der Layer der Raumwiderstände der einzelnen Schutzgüter zu einem Layer mit Aussage zum Gesamtraumwiderstand gelangen. Daten und Werkzeuge zur Geodatenanalyse werden von der Lernumgebung bereitgestellt.

Aus einer kartographischen Darstellung des Gesamtraumwiderstandes kann ein relativ konfliktarmer Korridor identifiziert werden. Schließlich sollen zur abschließenden Reflexion des Planungsprozesses das Vorgehen sowie die aufgetretenen Probleme verbal dargestellt werden.

#### B.5 Beispiel einer Lernszenariomodellierung - XML-Modell

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<learningScenario>
<metadata>
       <LC_title>Raumempfindlichkeitspruefung</LC_title>
       <context>Trassenplanung</context>
       <introduction>Im vorliegenden Lernszenario geht es darum, dass Sie lernen,
       die Auswahl eines Korridors zum Bau einer Bahnlinie aus raumplanerischer
       Sicht vorzunehmen. Sie werden Sensibilitaeten der einzelnen Nutzungstypen
       gegenueber der Planung ermitteln. Als Ergebnis ihres Lernprozesses
       sollten Sie den konfliktaermsten Korridor im konkreten
       Untersuchungsgebiet gefunden haben. Sie werden den Korridor im
       austauschbaren GML-Format aus der virtuellen Landschaft
       exportieren (und in andere interoperable) GI-Systeme einladen
       koennen.</introduction>
       cprerequisite>
            <description>Sie sollten einen guten Ueberblick ueber die
           relevanten Planungsmethoden haben und in der Lage sein,
           die fuer die Trassenplanung wichtigen Planungsverfahren
           beschreiben und ausfuehren zu koennen. Nutzen Sie
           gegebenenfalls die angegebenen Resourcen, um Ihre
           Voraussetzungen aufzurischen.</description>
            <requiredRessources>
            <course>
                <title>Einfuehrung in die Landschaftsplanung</title>
                <url>http://www.laum.uni-hannover.de/ilr/lehre/Ptm/Ptm2.htm</url>
```

```
</course>
           <monography>
               <title>Landschaftsplan Bad Muender</title>
               <author>Hopp, H., Luft, S. u. M. Pueschel
               <year>1990
               <publisher>Institut fuer Landschaftspflege und Naturschutz,
               Universitaet Hannover</publisher>
           </monography>
            <monography>
               <title>Handbuch Theorien + Methoden der Raum- und Umweltplanung.
               Handbuecher zum Umweltschutz</title>
               <author>Fuerst, D. u. F. Scholles</author>
               <year>2001
               <publisher>Dortmunder Vertrieb fuer Bau- und
               Planungsliteratur</publisher>
           </monography>
            </requiredRessources>
       equisite>
       <timeNeeded>10 h</timeNeeded>
</metadata>
<learningComponent>
       <issue title="Ordnen der Planungsschritte" id="0"/>
       <.../>
       <issue title="Vertrautmachen mit dem Untersuchungsgebiet" id="1">
           <requiredKnowledge/>
           <requiredRessources>
               <monography>
                        <title>Landschaftsrahmenplan Landkreis Hameln-Pyrmont</title>
                            <author>LRP HM-PY</author>
                       <year>2001
                   <publisher>ARGE LRP Hameln-Pyrmont- Planungsbuero ARUM und
                    LandschaftsArchitekturbuero v. Luckwald. Hrsg.: Landkreis
                    Hameln-Pyrmont - Der Oberkreisdirektor - Fachdienst 54 -
                    Naturschutz und Landwirtschaft</publisher>
                 </monography>
                 <monography>
                        <title>Geographische Landesaufnahme 1: 200.000.
                   Die Naturraeumlichen Einheiten auf Blatt 85 Minden.
                    Bearbeitung.</title>
                       <author>MEISEL, S.</author>
                        <year>1960
                   <publisher>Bundesanstalt fuer Landeskunde, 1959. Selbstverlag
                   der Bundesanstalt
                   fuer Landeskunde, Remagen</publisher>
                 </monography>
                 <map>
                   <title>Flaechennutzungsplan Entwurf 2003</title>
                   <scale>1:10.000</scale>
                   <year>2003</year>
                   <publisher>Stadt Hameln Fachbereich 5/25 Planungsabteilung,
                   Hameln.</publisher>
                 </map>
                  </requiredRessources>
              <requiredData name="Administrative Grenzen der Kreise">
```

```
<webData>
     <filename>sf:kreisneu_l</filename>
     <type>shape</type>
     <serverTitle>http://localhost:8080/geoserver/wfs</serverTitle>
   </webData>
</requiredData>
<requiredData name="Arten- und Lebensgemeinschaften">
   <webData>
     <filename>sf:art_leb_f</filename>
     <type>shape</type>
     <serverTitle>http://localhost:8080/geoserver/wfs</serverTitle>
   </webData>
</requiredData>
<requiredData name="Fließgewaesser">
   <webData>
     <filename>sf:kreisneu_l</filename>
     <type>shape</type>
     <serverTitle>http://localhost:8080/geoserver/wfs</serverTitle>
   </webData>
</requiredData>
<requiredData name="Waldflaechen">
   <webData>
     <filename>sf:kreisneu_l</filename>
    <type>shape</type>
     <serverTitle>http://localhost:8080/geoserver/wfs</serverTitle>
   </webData>
</requiredData>
<requiredData name="Landschaftsbildtypen">
   <webData>
     <filename>sf:kreisneu_l</filename>
     <type>shape</type>
     <serverTitle>http://localhost:8080/geoserver/wfs</serverTitle>
   </webData>
</requiredData>
<requiredData name="Bodenarten">
   <webData>
     <filename>sf:kreisneu_l</filename>
     <type>shape</type>
     <serverTitle>http://localhost:8080/geoserver/wfs</serverTitle>
   </webData>
</requiredData>
<requiredData name="Nutzungstypen">
   <webData>
     <filename>sf:kreisneu_l</filename>
     <type>shape</type>
     <serverTitle>http://localhost:8080/geoserver/wfs</serverTitle>
   </webData>
</requiredData>
<requiredData name="Wasserschutzgebiete">
   <webData>
    <filename>sf:kreisneu_l</filename>
     <type>shape</type>
     <serverTitle>http://localhost:8080/geoserver/wfs</serverTitle>
   </webData>
```

```
</requiredData>
<requiredData name="Geowissenschaftliche Besonderheiten">
   <webData>
     <filename>sf:kreisneu_l</filename>
     <type>shape</type>
     <serverTitle>http://localhost:8080/geoserver/wfs</serverTitle>
   </webData>
</requiredData>
<requiredData name="ueberregionale Strassen">
   <webData>
     <filename>sf:kreisneu_l</filename>
     <type>shape</type>
     <serverTitle>http://localhost:8080/geoserver/wfs</serverTitle>
   </webData>
</requiredData>
<requiredData name="Orte">
   <webData>
     <filename>sf:kreisneu_l</filename>
     <type>shape</type>
     <serverTitle>http://localhost:8080/geoserver/wfs</serverTitle>
   </webData>
</requiredData>
<requiredData name="Landschaftsmodell des Landkreises
    Hameln-Pyrmont">
   <webData>
     <filename>dgm50_sub</filename>
     <type>raster</type>
     <serverTitle>
     http://127.0.0.1/elan2/vila/vr/expl/pufferung_start.php?
      lands=4u.refresh=Aktualisieren</serverTitle>
   </webData>
</requiredData>
<requiredFunctionality name="2D Darstellung">
     <geoRepresentationFuncs>
        <_2DlayerOn_Off>on</_2DlayerOn_Off>
        <furtherInformation>Hier sollte erlaeutert werden, was
         bei der Gestaltung einer Bildschirmkarte beachtet werden soll.
         Es wuerden auch Hinweise auf weitere Resources, z.B. im Web:
         ELAN-Kurs Webkartographie
         (http://127.0.0.1/elan2/index.php?kap=5u.sid=13) folgen.
        </furtherInformation>
     </geoRepresentationFuncs>
</requiredFunctionality>
<requiredFunctionality name="3D Darstellung">
  <geoRepresentationFuncs>
     <_3DlayerOn_Off>on</_3DlayerOn_Off>
     <furtherInformation>Hier sollte erlaeutert werden, was
    bei der Gestaltung einer Bildschirmkarte beachtet werden
    soll. Es wuerden auch Hinweise auf weitere Resourcen,
    z.B. im Web: FerGI-Kurs 3D-Visualisierung
     (http://www.fergi-online.de/angebot/module/
     ikg_3dModellVis/index.html)
    folgen.
     </furtherInformation>
```

```
</geoRepresentationFuncs>
        </requiredFunctionality>
        <action>
             <action_title>Vertrautmachen mit dem Untersuchungsgebiet
             </action_title>
             <instruction>Machen Sie sich selbststaendig mit dem
             Untersuchugsgebiet vertraut. Nutzen Sie die Gelegenheit
             und erkunden Sie auch die Funktionalitaeten ihres
              Lernsystems.</instruction>
             <desiredResult>Sie sollten am Ende der Phase einen guten
              Ueberblick ueber ihr Untersuchungsgebiet haben. Sie sollten
              die wichtigsten Orte leicht auffinden koennen und wissen,
              welche raeumlichen Besonderheiten im Untersuchungsgebiet
              vorkommen.</desiredResult>
        <desiredResult>Die Besonderheiten des Untersuchungsgebietes sollten
             bekannt sein</desiredResult>
</issue>
<issue title="Empfindlichkeitsmatrix erarbeiten"</pre>
             id="2">
    <requiredKnowledge>Sie sollten recherchieren, welche Faktoren
             beim Bau einer Eisenbahntrasse eine Wirkung haben. Weiterhin
             sollten Sie zusammentragen, wie dieser Einfluss wirkt.
        </requiredKnowledge>
 <requiredRessources>
      <monography>
                  <title>UVS Weserbahn, Bericht zum Studienprojekt, Kap. 5 -
             Raumempfindlichkeitsuntersuchung</title>
          <author>Teilnehmer des Projektes am LAUM unter Leitung von
             Dr. F. Scholles und Dipl.-Ing. C. Staschinski</author>
              <year>2004</year>
          <publisher>LAUM, Universitaet Hannover
     </monography>
</requiredRessources>
<requiredData name="Nutzungstypen">
      <webData>
         <filename>sf:kreisneu_l</filename>
         <type>shape</type>
         <serverTitle>http://localhost:8080/geoserver/wfs</serverTitle>
      </webData>
</requiredData>
<requiredFunctionality>
      <geoEditingFuncs>
         <editTable>on</editTable>
      </geoEditingFuncs>
</requiredFunctionality>
<action>
     <action_title>Erstellung einer Empfindlichkeitsmatrix
     </action_title>
    <instruction>Recherchiere Sie zur Metode der
             Raumempfindlichkeitsprüfung und finden Sie heraus, welche
             Faktoren beim Bau einer Eisenbahntrasse eine Wirkung haben.
             Weiterhin sollten Sie zusammentragen, wie konkret dieser Einfluss
             wirkt. Die Betroffenheit durch Störfaktoren soll festgelegt und in
```

```
einem Datensatz durch Erstellung entsprechender Attributtabellen
            für jeden Funktionsraum abgebildet werden.</instruction>
    <desiredResult>Sie sollten am Ende der Phase ein gutes Verständnis
        für das Vorgehen bei einer Raumempfindlichkeitsprüfung haben.
    </desiredResult>
    </action>
<desiredResult>Das Vorgehen bei der Raumempfindlichkeitsprüfung sollte
        verstanden worden sein.</desiredResult>
<issue title="Ermittlung des Raumwiderstandes pro Flaeche hinsichtlich des</pre>
        Schutzgutes Pflanze" id="3">
        <requiredKnowledge>Sensibilitaet jedes Nutzungstypes hinsichtlich
            des Schutzgutes Pflanze (s. Empfindlichkeitsmatrix)
        </requiredKnowledge>
        <requiredRessources/>
        <requiredData name="Beinlab2">
           <webData>
            <filename>sf:beinlab_f</filename>
            <type>shape</type>
            <serverTitle>http://localhost:8080/geoserver/wfs</serverTitle>
          </webData>
        </requiredData>
        <requiredData name="Arten- und Lebensgemeinschaften2">
           <webData>
                <filename>sf:art_leb_f</filename>
                <type>shape</type>
                <serverTitle>http://localhost:8080/geoserver/wfs</serverTitle>
           </webData>
        </requiredData>
        <requiredData name="Kreisgrenzen3">
           <webData>
                <filename>sf:kreisneu_l</filename>
                <type>shape</type>
                <serverTitle>http://localhost:8080/geoserver/wfs</serverTitle>
            </webData>
        </requiredData>
       <requiredFunctionality name="2D Darstellung">
            <geoRepresentationFuncs>
               <_2DlayerOn_Off>on</_2DlayerOn_Off>
               <furtherInformation>Hier sollte erlaeutert werden, was
                bei der Gestaltung einer Bildschirmkarte beachtet werden soll.
                Es wuerden auch Hinweise auf weitere Resources, z.B. im Web:
                ELAN-Kurs Webkartographie
                (http://127.0.0.1/elan2/index.php?kap=5u.sid=13) folgen.
               </furtherInformation>
            </geoRepresentationFuncs>
       </requiredFunctionality>
        <action>
                <action_title>Zuweisung der Sensibilitaeten fuer das
                Schutzgut Pflanze</action_title>
                <instruction>Weisen Sie jedem auftretenden Attribut des
                Datenlayers 'Pflanze' einen Wert für seinen Sensibilität
                hinsichtlich des Eingriffes zu. </instruction>
                <desiredResult>Der Widerstandswert hinsichtlich des Schutzgutes
```

```
Pflanze sollte ermittelt sein.</desiredResult>
        </action>
        <desiredResult>Widerstandswert hinsichtlich des Schutzgutes Pflanze
        </desiredResult>
</issue>
<issue title="Ermittlung des Raumwiderstandes pro Flaeche hinsichtlich des</pre>
        Schutzgutes Tier" id="4">
        <requiredKnowledge>Sensibilitaet jedes Nutzungstypes hinsichtlich
        des Schutzgutes Tier</requiredKnowledge>
        <requiredRessources/>
         <requiredData name="Beinlab">
            <webData>
                <filename>sf:beinlab_f</filename>
                <type>shape</type>
                <serverTitle>http://localhost:8080/geoserver/wfs</serverTitle>
            </webData>
        </requiredData>
        <requiredData name="Arten- und Lebensgemeinschaften">
                <filename>sf:art_leb_f</filename>
                <type>shape</type>
                <serverTitle>http://localhost:8080/geoserver/wfs</serverTitle>
            </webData>
        </requiredData>
        <requiredData name="Kreisgrenzen">
           <webData>
                <filename>sf:kreisneu_l</filename>
                <type>shape</type>
                <serverTitle>http://localhost:8080/geoserver/wfs</serverTitle>
           </webData>
        </requiredData>
       <requiredFunctionality name="2D Darstellung">
            <geoRepresentationFuncs>
               <_2DlayerOn_Off>on</_2DlayerOn_Off>
               <furtherInformation>Hier sollte erlaeutert werden, was
                bei der Gestaltung einer Bildschirmkarte beachtet werden soll.
                Es wuerden auch Hinweise auf weitere Resources, z.B. im Web:
                ELAN-Kurs Webkartographie
                (http://127.0.0.1/elan2/index.php?kap=5u.sid=13) folgen.
               </furtherInformation>
            </geoRepresentationFuncs>
       </requiredFunctionality>
       <requiredFunctionality name="3D Darstellung">
         <geoRepresentationFuncs>
            <_3DlayerOn_Off>on</_3DlayerOn_Off>
            <furtherInformation>Hier sollte erlaeutert werden, was
            bei der Gestaltung einer Bildschirmkarte beachtet werden
            soll. Es wuerden auch Hinweise auf weitere Resourcen,
            z.B. im Web: FerGI-Kurs 3D-Visualisierung
            (http://www.fergi-online.de/angebot/module/
            ikg_3dModellVis/index.html)
            folgen.
            </furtherInformation>
          </geoRepresentationFuncs>
```

```
</requiredFunctionality>
        <action>
                <action_title>Zuweisung der Sensibilitaeten fuer das
                Schutzgut Tier</action_title>
                <instruction>Weisen Sie jedem auftretenden Attribut des
                Datenlayers 'Tier' einen Wert für seinen Sensibilität
                hinsichtlich des Eingriffes zu. </instruction>
                <desiredResult>Widerstandswert hinsichtlich des Schutzgutes
                Tier</desiredResult>
                <instruction>Tun Sie dies und das</instruction>
        </action>
        <desiredResult>Widerstandswert hinsichtlich des Schutzgutes
                       Tier</desiredResult>
</issue>
<issue title="Ermittlung des Raumwiderstandes pro Flaeche hinsichtlich</pre>
        des Schutzgutes Boden" id="5">
        <requiredKnowledge>Sensibilitaet jedes Nutzungstypes hinsichtlich
        des Schutzgutes Boden </requiredKnowledge>
        <requiredRessources/>
        <requiredData name="Bodendaten">
           <webData>
                 <filename>sf:kreisneu_l</filename>
                 <type>shape</type>
                 <serverTitle>http://localhost:8080/geoserver/wfs</serverTitle>
           </webData>
        </requiredData>
        <requiredData name="Seltene Boeden">
           <webData>
                 <filename>sf:kreisneu_l</filename>
                 <type>shape</type>
                 <serverTitle>http://localhost:8080/geoserver/wfs</serverTitle>
           </webData>
        </requiredData>
       <requiredFunctionality name="2D Darstellung">
            <geoRepresentationFuncs>
               <_2DlayerOn_Off>on</_2DlayerOn_Off>
               <furtherInformation>Hier sollte erlaeutert werden, was
                bei der Gestaltung einer Bildschirmkarte beachtet werden soll.
                Es wuerden auch Hinweise auf weitere Resources, z.B. im Web:
                ELAN-Kurs Webkartographie
                (http://127.0.0.1/elan2/index.php?kap=5u.sid=13) folgen.
               </furtherInformation>
            </geoRepresentationFuncs>
       </requiredFunctionality>
        <action>
                <action_title>Zuweisung der Sensibilitaeten fuer das Schutzgut
                Boden</action_title>
                <instruction>Weisen Sie jedem auftretenden Attribut des
                Datenlayers 'Boden' einen Wert für seinen Sensibilität
                hinsichtlich des Eingriffes zu.</instruction>
                <desiredResult>Widerstandswert
                hinsichtlich des Schutzgut Boden</desiredResult>
        </action>
        <desiredResult>Widerstandswert
```

```
hinsichtlich des Schutzgutes Boden</desiredResult>
        </issue>
        <issue title="Ermittlung des Gesamtraumwiderstandes" id="6">
                < \tt required Knowledge > Gewichtung \ der \ einzelnen \ Raumwider staende
                </requiredKnowledge>
                <requiredRessources/>
               <requiredFunctionality name="2D Darstellung">
                    <geoRepresentationFuncs>
                       <_2DlayerOn_Off>on</_2DlayerOn_Off>
                       <furtherInformation>Hier sollte erlaeutert werden, was
                        bei der Gestaltung einer Bildschirmkarte beachtet werden soll.
                        Es wuerden auch Hinweise auf weitere Resources, z.B. im Web:
                        ELAN-Kurs Webkartographie
                        (\texttt{http://127.0.0.1/elan2/index.php?kap=5u.sid=13}) \ \ \texttt{folgen.}
                       </furtherInformation>
                    </geoRepresentationFuncs>
               </requiredFunctionality>
                <action>
                        <action_title>Ueberlagerung der einzelnen
                        Raumwiderstaende</action_title>
                        <instruction>Ermitteln Sie durch Ueberlagerung / Summenbildung
                        einen Gesamtraumwiderstand für alle untersuchten Schutzgueter
                        fuer jede Flaeche. Ueberdenken Sie, ob eine Gewichtung fuer ein
                        bestimmtes Schutzgut notwendig ist und setzen Sie dieses
                        gegebenenfalls um. </instruction>
                        <desiredResult>Der Gesamtwiderstandswert fuer
                        jede Flaeche sollte ermittelt seind</desiredResult>
                </action>
                <desiredResult>Gesamtwiderstandswert fuer jede Flaeche
                </desiredResult>
        </issue>
        <desiredResult>Der Gesamtraumwiderstandswert pro Flaeche sollte ermittelt
         sein.</desiredResult>
</learningComponent>
</learningScenario>
```

## Anhang C

# Validierung der Anforderungen an E-Learning

#### C.1 Fragebogen zur Validierung der Anforderungen an E-Learning

Christiane Katterfeld

Institut für Kartographie und Geoinformatik der Leibniz Universität Hannover



#### Umfrage zu Anforderungen an E-Learning in den Geowissenschaften

Sehr geehrte/r Teilnehmer/in,

Sie wurden aufgrund Ihrer Erfahrungen im Bereich "E-Learning in den Geowissenschaften" gebeten, an dieser Umfrage teilzunehmen. Die Umfrage findet im Kontext meiner (Promotions-) Arbeit zum Thema "Interoperables Geodatenbasiertes E-Learning" statt. Ziel der Arbeit ist es, eine Bestandsaufnahme von E-Learning in den Geowissenschaften zu erarbeiten, Schwachpunkte zu identifizieren, punktuell Entwicklungspotentiale und mögliche Lösungswege aufzuzeigen sowie einen Anforderungskatalog für gutes E-Learning, speziell für den Bereich des webbasierten E-Learnings in den Geowissenschaften zu erarbeiten. Im Rahmen einer Evaluationsstudie<sup>1</sup>, die einen Bestandteil der Arbeit darstellt, wurden 42 Kriterien zur Qualität von E-Learning festgelegt. Mit diesem Fragebogen sollen diese Ihren Erfahrungen gegenübergestellt werden.

Für die 42 Qualitätskriterien sowie einige Aussagen zur Handlungsorientierung und Interoperabilität werden nachfolgend die Fragen gestellt, für wie richtig Sie die Aussage und für wie relevant Sie das Kriterium/ das Vorhandensein entsprechender Ressourcen für die Gestaltung von "gutem E-Learning"halten.

Mit der Beantwortung der Fragen, die ca. 30 Minuten in Anspruch nehmen wird helfen Sie, die Ergebnisse meiner Arbeit zu validieren.

Ich bitte Sie um einige Angaben zu Ihren Erfahrungen mit E-Learning:

In welchem Zeitraum waren / sind Sie im Bereich E-Learning tätig (gewesen)?	
Welche Rolle haben Sie dabei eingenommen? (z.B. Lernender, Konzeptentwickler, Autor, Lehrender, Tutor <sup>2</sup> , Beobachter / Forscher) Mehrfachnennungen sind möglich.	
Sofern Sie Autor / Lehrender etc. waren, in etwa wie viele Lernende haben Sie bisher mit Ihren Materialien erreicht?	
Welche Form von E-Learning-Produkten haben Sie entwickelt, präsentiert oder angewendet?	

Ich bedanke mich für Ihre Unterstützung!

Christiane Katterfeld

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup>Vgl. Katterfeld & König (2008): Analysis of E-Learning Software and Guidelines for Quality Assurance in Photogrammetry, Remote Sensing and GIS. IN: International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Bd. XXXVI-6.

Aussage / Kriterium	Für wie wichtig halten Sie die Aussage? (1 = richtig, 5 = falsch)	Für wie relevant halten Sie das Kriterium / Vorhandensein entsprechender Ressourcen für die Gestaltung von "gutem E-Learning"?  (1 = richtig, 5 = falsch)
Inhalt		
Der Inhalt sollte richtig und aktuell sein		
Der Inhalt sollte vollständig sein		
Die genutzten Materialien sollten relevant für den Inhalt sein		
Der Inhalt sollte in einen weiteren Kontext gesetzt werden, u.a. um das Thema		
zu motivieren		
Die genutzten Materialien sollten den Inhalt gut kommunizieren und illustrieren, d.h. sie sollten dem Inhalt angepasst sein (z.B. farbige (statt s/w) Abbildungen, wenn es um Inhalte der Fernerkundung geht)		
Die Materialien sollten sinnvoll angeordnet sein. Die Anordnung sollte das Verständnis unterstützen		
Der Autor der Materialien sollte angemessen (fachlich) qualifiziert sein		
Didaktik		
Das Lernziel sollte definiert sein		
Es sollte beschrieben sein, wie das Lernziel erreicht werden soll  Die Konzeption des Lernprodukts sollte auf einem didaktischen Konzept ba-		
sieren, welches im Idealfall dem interessierten Nutzer auch in Kurzform beschrieben sein sollte.		
Die Materialien sollten zur aktiven Handlung anregen		
Es sollten (sinnvolle) Übungen und Tests bereitgestellt werden		
Es sollte aussagekräftige Bewertungen zu den Ergebnissen Übungen/ Tests geben		
(individuelle) Lerner-Unterstützung sollte (in irgendeiner Form, z.B. E-Mail, Chat, persönliche Sprechstunde) bereitgestellt werden		
Es sollten Möglichkeiten zur Kommunikation unter den Lernenden sowie zwischen Lernendem und Tutor geben		
Es sollten hilfreiche/ aussagekräftige Instruktionen zu den Materialien und Übungen bereitgestellt werden		
Der Tutor sollte (didaktisch) angemessen qualifiziert sein		
Kontext des Lernenden		
Der Kontext des Lernenden (Lerntyp, Vorwissen, Motivation etc.) sollten beachtet (und differenziert bedient) werden		
Es sollte Möglichkeiten zur Personalisierung/ Adaption geben		
Organisatorisches		
Das Thema sollte in einen Lehrplan (und/ oder in einen weiteren Kontext eingeordnet werden)		
Es sollte eine Form der Zertifizierung bereitgestellt werden		
Die (inhaltliche sowie technische) Wartung der Materialien sollte sichergestellt sein		
Eine Art Qualitätssicherungsprozess für die Lernmaterialien sollte stattfinden		
Die Materialien sollten durch nutzerrelevante Metadaten (z.B. Inhalte, Zeitaufwand, Zielgruppe) beschrieben werden		
	Fortsetzu	ng auf nächster Seite

Fortsetzung von letzter Seite	
Die Materialien bzw. ihre technische Nutzung sollten in einer Dokumentation beschrieben werden	
Software Ergonomie	
Das graphische Design sollte zur Verständlichkeit beitragen und generell ansprechend sein	
Die Nutzerführung sollte klar und logisch sein	
Es sollten aussagekräftige Hilfefunktionen zur Verfügung stehen	
Ökonomische Aspekte/ Nachhaltigkeit	
Die Lernumgebung sollte hinsichtlich der Kosten effektiv entwickelt und betrieben werden	
Es sollte eine nachhaltige Finanzierungsstrategie bestehen	
Es sollte Maßnahmen für die (technische, inhaltliche und ökonomische) Nach-	
haltigkeit getroffen sein	
Die Lernmaterialien sollten Standards, möglichst auch Interoperabilitätsstandards entsprechen	
Technische Umsetzung	
Die Umgebung sollte aus technischer Sicht dem Thema und den Potentialen	
der Nutzer entsprechen (Infrastruktur, Nutzung von Funktionalitäten etc.,	
Level der Interaktionen etc.)	
Es sollte eine technische Dokumentation vorliegen	
Die Umgebung sollte so einfach und intuitiv wie möglich zu bedienen sein	
Die (technische) Qualität der Assets sollte angemessen sein	
Die Materialien sollte (technisch) aktuell sein	
Die Umgebung sollte zeitlich und räumlich verlässlich verfügbar sein	
Die Entwickler sollten angemessen qualifiziert sein	
Handlungsorientierung	
Bei Vermittlung von Deskriptivem Wissen (Faktenwissen) eignen sich Inter-	
aktionen nach dem Drill & Practice-Prinzip	
Zur Vermittlung von Zusammenhängen sollten Interaktionen eingesetzt werden, die einen geistigen Prozess oder sogar geistiges Probehandeln anregen	
Zur Vermittlung von regionalen Besonderheiten eignen sich multimediale Il- lustrationen, die Elemente zur explorativen Interaktion enthalten	
Bei komplexen Zusammenhängen muss ein Methodenpool zur Verfügung ge-	
stellt werden, der nach Anleitung oder selbstständigem Erkunden zur Lösung	
eines Problems führt	
Spezieller sollten	
o Interpretation von Daten/ Erkennen von Mustern, Strukturen, Trends: Funktionalitäten zur Interaktion mit der Datenrepräsentation, Interaktionen zur Orientierung, Kontext Interaktionen	
o Gewinnung von konkreten Ergebnissen/ Aussagen: Kontext Interaktionen,	
Funktionalitäten zur Analyse von Daten	
o Formulierung von Hypothesen und Speicherung von Ergebnissen: Funktio- nalitäten zur Manipulation der Daten	
Interoperabilität	
Die Materialien sollten durch inhaltliche und technische Metadaten (z.B.	
LOM) beschrieben sein	
Die Lernsituation sollte einem so genannten Lernprozesstyp"(z.B. Vermitt-	
lung v. Deskriptivem Wissen, Analytische Aufgabe, Virtuelle Exkursion, Komplexaufgabe) zugeordnet werden. Entsprechend den Charakteristika eines	
Lernprozesstyps sollten formale Strukturen (z.B. XML) bereitstehen, die Au-	
toren helfen einen didaktisch sinnvollen Aufbau (z.B. Hinführung, Instrukti-	
on, Bereitstellung von Werkzeugen, Verständnistests) für den Lernprozesstyp	
einzuhalten und ihn mit thematischen Inhalten zu füllen.	
	Fortsetzung auf nächster Seite

Fortsetzung von letzter Seite		
Die Lernsituation sollte einem so genannten Lernprozesstyp" (z.B. Vermittlung v. Deskriptivem Wissen, Analytische Aufgabe, Virtuelle Exkursion, Komplexaufgabe) zugeordnet werden. Entsprechend den Charakteristika eines Lernprozesstyps sollten formale Strukturen (z.B. XML) bereitstehen, die Autoren helfen einen didaktisch sinnvollen Aufbau (z.B. Hinführung, Instruktion, Bereitstellung von Werkzeugen, Verständnistests) für den Lernprozesstyp einzuhalten und ihn mit thematischen Inhalten zu füllen.		
Sofern Geodatenbasiertes Lernen angestrebt wird, sind aus technischer Sicht Interoperabilitätskriterien zu beachten, die im Rahmen der OGC Web Service- Familie aufgestellt wurden		
Platz für Anmerkungen zum Fragebogen oder eigene Erfahrungen, die Smit den Fragen mitteilen möchten.	ie im Zusammenhan	g

# C.2 Ergebnisse der Expertenbefragung

Tabelle C.1: Ergebnis Expertenbefragung hinsichtlich der Richtigkeit und Priorität der Anforderungen an guten E-Learning

Inhalt         Inhalt sollte richtig und aktuell sein         1         1           Der Inhalt sollte vollständig sein         1,75         3           Die genutzten Materialien sollten relevant für den Inhalt sein         1,25         1,75           Die genutzten Materialien sollten relevant für den Inhalt sein         2,125         2,625           Die genutzten Materialien sollten den Inhalt gut kommunizieren und illustrieren, d.h. sie sollten dem Inhalt angepaast sein (z.B. farbige (statt s/w) Abbildungen, wennes un Inhalte der Fernerkundung geht)         1,125         1,5           Die Materialien sollten sinnvoll angeordnet sein. Die Anordnung sollte das Verständnis unterstützen         1,25         1,75           Didaktik	Aussage / Kriterium	Für wie wichtig halten Sie die Aussage? (1 = richtig, 5 = falsch)	Für wie relevant halten Sie das Kriterium / Vorhandensein entsprechender Ressourcen für die Gestaltung von "gutem E-Learning"? (1 = richtig, 5 = falsch)
Der Inhalt sollte vollständig sein  Die genutzten Materialien sollten relevant für den Inhalt sein  Die genutzten Materialien sollten relevant für den Inhalt sein  Die genutzten Materialien sollten fehren kontext gesetzt werden, u.a. um das Thema zu motivieren  Die genutzten Materialien sollten den Inhalt gut kommunizieren und illustrieren, d.h. sie sollten dem Inhalt angepasst sein (z.B. farbige (statt s/w) Abbildungen, wenn es um Inhalte der Fernerkundung geht)  Die Materialien sollten sinnvoll angeordnet sein. Die Anordnung sollte das Verständnis unterstützen  Der Autor der Materialien sollte angemessen (fachlich) qualifiziert sein  Das Lernziel sollte definiert sein  Es sollte beschrieben sein, wie das Lernziel erreicht werden soll  Die Konzeption des Lernprodukts sollte auf einem didaktischen Konzept basieren, welches im Idealfall dem interessierten Nutzer auch in Kurzform beschrieben sein sollte.  Die Materialien sollten zur aktiven Handlung anregen  Es sollten (sinnvolle) Übungen und Tests bereitgestellt werden  Es sollte aussagekräftige Bewertungen zu den Ergebnissen Übungen/ Tests geben  Gindividuelle Lerner-Unterstützung sollte (in irgendeiner Form, z.B. E-Mail, Chat, persönliche Sprechstunde) bereitgestellt werden  Es sollten Möglichkeiten zur Kommunikation unter den Lernenden sowie zwischen Lernendem und Tutor geben  Es sollten hilfreiche/ aussagekräftige Instruktionen zu den Materialien und Übungen bereitgestellt werden  Der Tutor sollte (didaktisch) angemessen qualifiziert sein  Der Kontext des Lernenden  Der Kontext des Lernenden (Lerntyp, Vorwissen, Motivation etc.) sollten beachtet  2 2 2	Inhalt		
Die genutzten Materialien sollten relevant für den Inhalt sein 1,25 1,75  Der Inhalt sollte in einen weiteren Kontext gesetzt werden, u.a. um das Thema zu motivieren 2,125 2,625 motivieren 2,125 2,625 motivieren 3,125 2,625 motivieren 3,125 2,625 motivieren 4,125 2,625 motivieren 4,125 2,625 motivieren 5,125 2,625 motivieren 5,125 2,625 motivieren 6,125 2,625 motivieren 7,125 2,625 motiv	Der Inhalt sollte richtig und aktuell sein	1	1
Der Inhalt sollte in einen weiteren Kontext gesetzt werden, u.a. um das Thema zu motivieren  Die genutzten Materialien sollten den Inhalt gut kommunizieren und illustrieren, d.h. sie sollten dem Inhalt angepasst sein (z.B. farbige (statt s/w) Abbildungen, wenn es um Inhalt der Fernerkundung geht)  Die Materialien sollten sinnvoll angeordnet sein. Die Anordnung sollte das Verständnis unterstützen  Der Autor der Materialien sollte angemessen (fachlich) qualifiziert sein  Das Lernziel sollte definiert sein  Das Lernziel sollte definiert sein  Es sollte beschrieben sein, wie das Lernziel erreicht werden soll  Die Konzeption des Lernprodukts sollte auf einem didaktischen Konzept basieren, welches im Idealfall dem interessierten Nutzer auch in Kurzform beschrieben sein sollte.  Die Materialien sollten zur aktiven Handlung anregen  Die Materialien sollten zur aktiven Handlung anregen  Es sollte (sinnvolle) Übungen und Tests bereitgestellt werden  1,25  Li,75  Es sollte aussagekräftige Bewertungen zu den Ergebnissen Übungen/ Tests geben  2 1,75  (individuelle) Lerner-Unterstützung sollte (in irgendeiner Form, z.B. E-Mail, Chat, persönliche Sprechstunde) bereitgestellt werden  Es sollten Möglichkeiten zur Kommunikation unter den Lernenden sowie zwischen Lernendem und Tutor geben  Es sollten hilfreiche/ aussagekräftige Instruktionen zu den Materialien und Übungen  Der Tutor sollte (didaktisch) angemessen qualifiziert sein  Der Kontext des Lernenden  Der Kontext des Lernenden (Lerntyp, Vorwissen, Motivation etc.) sollten beachtet  2 2	Der Inhalt sollte vollständig sein	1,75	3
motivieren  Die genutzten Materialien sollten den Inhalt gut kommunizieren und illustrieren, d.h. sie sollten dem Inhalt angepasst sein (z.B. farbige (statt s/w) Abbildungen, wenn es um Inhalte der Fernerkundung geht)  Die Materialien sollten sinnvoll angeordnet sein. Die Anordnung sollte das Verständnis unterstützen  Der Autor der Materialien sollte angemessen (fachlich) qualifiziert sein  Didaktik  Das Lernziel sollte definiert sein  Es sollte beschrieben sein, wie das Lernziel erreicht werden soll  3 2,5  Die Konzeption des Lernprodukts sollte auf einem didaktischen Konzept basieren, welches im Idealfall dem interessierten Nutzer auch in Kurzform beschrieben sein sollte.  Die Materialien sollten zur aktiven Handlung anregen  Es sollten (sinnvolle) Übungen und Tests bereitgestellt werden  Es sollte aussagekräftige Bewertungen zu den Ergebnissen Übungen/ Tests geben  (individuelle) Lerner-Unterstützung sollte (in irgendeiner Form, z.B. E-Mail, Chat, persönliche Sprechstunde) bereitgestellt werden  Es sollten Möglichkeiten zur Kommunikation unter den Lernenden sowie zwischen  Es sollten Möglichkeiten zur Kommunikation unter den Lernenden und Tutor geben  Es sollten hilfreiche/ aussagekräftige Instruktionen zu den Materialien und Übungen  Der Tutor sollte (didaktisch) angemessen qualifiziert sein  Der Kontext des Lernenden (Lerntyp, Vorwissen, Motivation etc.) sollten beachtet  2 2 2	Die genutzten Materialien sollten relevant für den Inhalt sein	1,25	1,75
sie sollten dem Inhalt angepasst sein (z.B. farbige (statt s/w) Abbildungen, wenn es um Inhalte der Fernerkundung geht)  Die Materialien sollten sinnvoll angeordnet sein. Die Anordnung sollte das Verständnis unterstützen  Der Autor der Materialien sollte angemessen (fachlich) qualifiziert sein  Der Autor der Materialien sollte angemessen (fachlich) qualifiziert sein  Das Lernziel sollte definiert sein  Es sollte beschrieben sein, wie das Lernziel erreicht werden soll  Se sollte beschrieben sein, wie das Lernziel erreicht werden soll  Die Konzeption des Lernprodukts sollte auf einem didaktischen Konzept basieren, welches im Idealfall dem interessierten Nutzer auch in Kurzform beschrieben sein sollte.  Die Materialien sollten zur aktiven Handlung anregen  Die Materialien sollten zur aktiven Handlung anregen  1,75  1,5  1,5  1,5  1,5  1,5  Es sollten (sinnvolle) Übungen und Tests bereitgestellt werden  1,25  1,125  2,125  2,125  Es sollte aussagekräftige Bewertungen zu den Ergebnissen Übungen/ Tests geben  2 1,75  (individuelle) Lerner-Unterstützung sollte (in irgendeiner Form, z.B. E-Mail, Chat, persönliche Sprechstunde) bereitgestellt werden  Es sollten Möglichkeiten zur Kommunikation unter den Lernenden sowie zwischen  Lernendem und Tutor geben  Es sollten hilfreiche/ aussagekräftige Instruktionen zu den Materialien und Übungen bereitgestellt werden  Der Tutor sollte (didaktisch) angemessen qualifiziert sein  Der Kontext des Lernenden (Lerntyp, Vorwissen, Motivation etc.) sollten beachtet  2 2		2,125	2,625
nis unterstützen  Der Autor der Materialien sollte angemessen (fachlich) qualifiziert sein  Didaktik  Das Lernziel sollte definiert sein  Es sollte beschrieben sein, wie das Lernziel erreicht werden soll  Die Konzeption des Lernprodukts sollte auf einem didaktischen Konzept basieren, welches im Idealfall dem interessierten Nutzer auch in Kurzform beschrieben sein sollte.  Die Materialien sollten zur aktiven Handlung anregen  Es sollte nismvolle) Übungen und Tests bereitgestellt werden  (individuelle) Lerner-Unterstützung sollte (in irgendeiner Form, z.B. E-Mail, Chat, persönliche Sprechstunde) bereitgestellt werden  Es sollten Möglichkeiten zur Kommunikation unter den Lernenden sowie zwischen Lernendem und Tutor geben  Es sollten hilfreiche/ aussagekräftige Instruktionen zu den Materialien und Übungen hereitgestellt werden  Der Tutor sollte (didaktisch) angemessen qualifiziert sein  Der Kontext des Lernenden (Lerntyp, Vorwissen, Motivation etc.) sollten beachtet  2 1,75  1,625  1,75  2,06  Kontext des Lernenden (Lerntyp, Vorwissen, Motivation etc.) sollten beachtet  2 2 2	sie sollten dem Inhalt angepasst sein (z.B. farbige (statt $\mathrm{s/w})$ Abbildungen, wenn es	1,125	1,25
Didaktik  Das Lernziel sollte definiert sein  Es sollte beschrieben sein, wie das Lernziel erreicht werden soll  Bie Konzeption des Lernprodukts sollte auf einem didaktischen Konzept basieren, welches im Idealfall dem interessierten Nutzer auch in Kurzform beschrieben sein sollte.  Die Materialien sollten zur aktiven Handlung anregen  Es sollten (sinnvolle) Übungen und Tests bereitgestellt werden  Es sollte aussagekräftige Bewertungen zu den Ergebnissen Übungen/ Tests geben  (individuelle) Lerner-Unterstützung sollte (in irgendeiner Form, z.B. E-Mail, Chat, persönliche Sprechstunde) bereitgestellt werden  Es sollten Möglichkeiten zur Kommunikation unter den Lernenden sowie zwischen Lernendem und Tutor geben  Es sollten hilfreiche/ aussagekräftige Instruktionen zu den Materialien und Übungen bereitgestellt werden  Der Tutor sollte (didaktisch) angemessen qualifiziert sein  Der Kontext des Lernenden (Lerntyp, Vorwissen, Motivation etc.) sollten beachtet  2 2 2		1	1,5
Das Lernziel sollte definiert sein  Es sollte beschrieben sein, wie das Lernziel erreicht werden soll  Bie Konzeption des Lernprodukts sollte auf einem didaktischen Konzept basieren, welches im Idealfall dem interessierten Nutzer auch in Kurzform beschrieben sein sollte.  Die Materialien sollten zur aktiven Handlung anregen  Die Materialien sollten zur aktiven Handlung anregen  Es sollte aussagekräftige Bewertungen zu den Ergebnissen Übungen/ Tests geben  Cindividuelle) Lerner-Unterstützung sollte (in irgendeiner Form, z.B. E-Mail, Chat, persönliche Sprechstunde) bereitgestellt werden  Es sollten Möglichkeiten zur Kommunikation unter den Lernenden sowie zwischen Lernendem und Tutor geben  Es sollten hilfreiche/ aussagekräftige Instruktionen zu den Materialien und Übungen  Der Tutor sollte (didaktisch) angemessen qualifiziert sein  Der Kontext des Lernenden (Lerntyp, Vorwissen, Motivation etc.) sollten beachtet  2 2 2	Der Autor der Materialien sollte angemessen (fachlich) qualifiziert sein	1,25	1,75
Die Konzeption des Lernprodukts sollte auf einem didaktischen Konzept basieren, welches im Idealfall dem interessierten Nutzer auch in Kurzform beschrieben sein sollte.  Die Materialien sollten zur aktiven Handlung anregen  Es sollten (sinnvolle) Übungen und Tests bereitgestellt werden  Es sollte aussagekräftige Bewertungen zu den Ergebnissen Übungen/ Tests geben  (individuelle) Lerner-Unterstützung sollte (in irgendeiner Form, z.B. E-Mail, Chat, persönliche Sprechstunde) bereitgestellt werden  Es sollten Möglichkeiten zur Kommunikation unter den Lernenden sowie zwischen Lernendem und Tutor geben  Es sollten hilfreiche/ aussagekräftige Instruktionen zu den Materialien und Übungen  Der Tutor sollte (didaktisch) angemessen qualifiziert sein  Der Kontext des Lernenden (Lerntyp, Vorwissen, Motivation etc.) sollten beachtet  2,25  2,375  2,375  2,375  2,125  1,55  1,75  1,50  1,625  1,75  2,125  2	Didaktik		
Die Konzeption des Lernprodukts sollte auf einem didaktischen Konzept basieren, welches im Idealfall dem interessierten Nutzer auch in Kurzform beschrieben sein sollte.  Die Materialien sollten zur aktiven Handlung anregen  Es sollten (sinnvolle) Übungen und Tests bereitgestellt werden  Es sollte aussagekräftige Bewertungen zu den Ergebnissen Übungen/ Tests geben  Es sollten Nöglichkeiten zur Kommunikation unter den Lernenden sowie zwischen Lernendem und Tutor geben  Es sollten hilfreiche/ aussagekräftige Instruktionen zu den Materialien und Übungen  Der Tutor sollte (didaktisch) angemessen qualifiziert sein  Der Kontext des Lernenden (Lerntyp, Vorwissen, Motivation etc.) sollten beachtet  2,25  2,375  2,375  2,375  2,375  2,375  2,125  1,125  2,125  2,125  2,125  1,625  1,625  1,75  2,00  Kontext des Lernenden  Der Kontext des Lernenden (Lerntyp, Vorwissen, Motivation etc.) sollten beachtet  2 2	Das Lernziel sollte definiert sein	1,5	1,75
welches im Idealfall dem interessierten Nutzer auch in Kurzform beschrieben sein sollte.  Die Materialien sollten zur aktiven Handlung anregen 1,75 1,5  Es sollten (sinnvolle) Übungen und Tests bereitgestellt werden 1,25 1,125  Es sollte aussagekräftige Bewertungen zu den Ergebnissen Übungen/ Tests geben 2 1,75  (individuelle) Lerner-Unterstützung sollte (in irgendeiner Form, z.B. E-Mail, Chat, persönliche Sprechstunde) bereitgestellt werden 1,625 2,125  Es sollten Möglichkeiten zur Kommunikation unter den Lernenden sowie zwischen Lernendem und Tutor geben 1,625 1,625  Es sollten hilfreiche/ aussagekräftige Instruktionen zu den Materialien und Übungen bereitgestellt werden 1,625 2,0  Kontext des Lernenden (Lerntyp, Vorwissen, Motivation etc.) sollten beachtet 2 2	Es sollte beschrieben sein, wie das Lernziel erreicht werden soll	3	2,5
Es sollten (sinnvolle) Übungen und Tests bereitgestellt werden 1,25 1,125  Es sollte aussagekräftige Bewertungen zu den Ergebnissen Übungen/ Tests geben 2 1,75  (individuelle) Lerner-Unterstützung sollte (in irgendeiner Form, z.B. E-Mail, Chat, persönliche Sprechstunde) bereitgestellt werden 1,625 2,125  Es sollten Möglichkeiten zur Kommunikation unter den Lernenden sowie zwischen Lernendem und Tutor geben 1,625 1,75  Es sollten hilfreiche/ aussagekräftige Instruktionen zu den Materialien und Übungen bereitgestellt werden 1,625 2,0  Kontext des Lernenden (Lerntyp, Vorwissen, Motivation etc.) sollten beachtet 2 2 2	welches im Idealfall dem interessierten Nutzer auch in Kurzform beschrieben sein	2,25	2,375
Es sollte aussagekräftige Bewertungen zu den Ergebnissen Übungen/ Tests geben 2 1,75  (individuelle) Lerner-Unterstützung sollte (in irgendeiner Form, z.B. E-Mail, Chat, persönliche Sprechstunde) bereitgestellt werden 2,125  Es sollten Möglichkeiten zur Kommunikation unter den Lernenden sowie zwischen Lernendem und Tutor geben 1,625  Es sollten hilfreiche/ aussagekräftige Instruktionen zu den Materialien und Übungen bereitgestellt werden 1,625  Der Tutor sollte (didaktisch) angemessen qualifiziert sein 1,625  Kontext des Lernenden (Lerntyp, Vorwissen, Motivation etc.) sollten beachtet 2 2	Die Materialien sollten zur aktiven Handlung anregen	1,75	1,5
(individuelle) Lerner-Unterstützung sollte (in irgendeiner Form, z.B. E-Mail, Chat, persönliche Sprechstunde) bereitgestellt werden  Es sollten Möglichkeiten zur Kommunikation unter den Lernenden sowie zwischen Lernendem und Tutor geben  Es sollten hilfreiche/ aussagekräftige Instruktionen zu den Materialien und Übungen bereitgestellt werden  Der Tutor sollte (didaktisch) angemessen qualifiziert sein  1,625  2,125  1,625  1,75  2,00  Kontext des Lernenden  Der Kontext des Lernenden (Lerntyp, Vorwissen, Motivation etc.) sollten beachtet  2 2	Es sollten (sinnvolle) Übungen und Tests bereitgestellt werden	1,25	1,125
persönliche Sprechstunde) bereitgestellt werden  Es sollten Möglichkeiten zur Kommunikation unter den Lernenden sowie zwischen Lernendem und Tutor geben  Es sollten hilfreiche/ aussagekräftige Instruktionen zu den Materialien und Übungen bereitgestellt werden  Der Tutor sollte (didaktisch) angemessen qualifiziert sein  Der Kontext des Lernenden  Der Kontext des Lernenden (Lerntyp, Vorwissen, Motivation etc.) sollten beachtet  2 2	Es sollte aussagekräftige Bewertungen zu den Ergebnissen Übungen/ Tests geben	2	1,75
Lernendem und Tutor geben  Es sollten hilfreiche/ aussagekräftige Instruktionen zu den Materialien und Übungen bereitgestellt werden  Der Tutor sollte (didaktisch) angemessen qualifiziert sein  1,625  2,0  Kontext des Lernenden  Der Kontext des Lernenden (Lerntyp, Vorwissen, Motivation etc.) sollten beachtet  2 2		2,125	2,125
bereitgestellt werden  Der Tutor sollte (didaktisch) angemessen qualifiziert sein  1,625  2,0  Kontext des Lernenden  Der Kontext des Lernenden (Lerntyp, Vorwissen, Motivation etc.) sollten beachtet  2  2	9	1,625	1,625
Kontext des Lernenden  Der Kontext des Lernenden (Lerntyp, Vorwissen, Motivation etc.) sollten beachtet 2 2		1,625	1,75
Der Kontext des Lernenden (Lerntyp, Vorwissen, Motivation etc.) sollten beachtet 2 2	Der Tutor sollte (didaktisch) angemessen qualifiziert sein	1,625	2,0
, , , , , , , , , , , , , , , , , , , ,	Kontext des Lernenden		
	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	2	2

Fortsetzung von letzter Seite	•	
Es sollte Möglichkeiten zur Personalisierung/ Adaption geben	2,5	2,625
Organisatorisches		
Das Thema sollte in einen Lehrplan (und/ oder in einen weiteren Kontext eingeordnet werden)	2,375	2,75
Es sollte eine Form der Zertifizierung bereitgestellt werden	2,75	2,75
Die (inhaltliche sowie technische) Wartung der Materialien sollte sichergestellt sein	1,125	1,5
Eine Art Qualitätssicherungsprozess für die Lernmaterialien sollte stattfinden	1,375	1,625
Die Materialien sollten durch nutzerrelevante Metadaten (z.B. Inhalte, Zeitaufwand, Zielgruppe) beschrieben werden	1,5	2,5
Die Materialien bzw. ihre technische Nutzung sollten in einer Dokumentation beschrieben werden	2,625	2,7
Software Ergonomie		
Das graphische Design sollte zur Verständlichkeit beitragen und generell ansprechend sein	1,375	1,5
Die Nutzerführung sollte klar und logisch sein	1	1,25
Es sollten aussagekräftige Hilfefunktionen zur Verfügung stehen	1,375	1,75
Ökonomische Aspekte/ Nachhaltigkeit		
Die Lernumgebung sollte hinsichtlich der Kosten effektiv entwickelt und betrieben werden	2,25	2,75
Es sollte eine nachhaltige Finanzierungsstrategie bestehen	1,875	2,25
Es sollte Maßnahmen für die (technische, inhaltliche und ökonomische) Nachhaltigkeit getroffen sein	1,375	1,875
Die Lernmaterialien sollten Standards, möglichst auch Interoperabilitätsstandards entsprechen	1,625	2,5
Technische Umsetzung		
Die Umgebung sollte aus technischer Sicht dem Thema und den Potentialen der Nutzer entsprechen (Infrastruktur, Nutzung von Funktionalitäten etc., Level der In- teraktionen etc.)	1,625	1,625
Es sollte eine technische Dokumentation vorliegen	2	3
Die Umgebung sollte so einfach und intuitiv wie möglich zu bedienen sein	1,25	1,375
Die (technische) Qualität der Assets sollte angemessen sein	1,375	1,75
Die Materialien sollte (technisch) aktuell sein	2	2,125
Die Umgebung sollte zeitlich und räumlich verlässlich verfügbar sein	1,25	1,125
Die Entwickler sollten angemessen qualifiziert sein	1,5	1,75
Handlungsorientierung		
Bei Vermittlung von Deskriptivem Wissen (Faktenwissen) eignen sich Interaktionen nach dem Drill & Practice-Prinzip	2,25	2,25
Zur Vermittlung von Zusammenhängen sollten Interaktionen eingesetzt werden, die einen geistigen Prozess oder sogar geistiges Probehandeln anregen	1,25	1,25
Zur Vermittlung von regionalen Besonderheiten eignen sich multimediale Illustrationen, die Elemente zur explorativen Interaktion enthalten	1,5	1,625
Bei komplexen Zusammenhängen muss ein Methodenpool zur Verfügung gestellt werden, der nach Anleitung oder selbstständigem Erkunden zur Lösung eines Problems führt	2,125	2
Spezieller sollten	1,25	1,375
o Interpretation von Daten/ Erkennen von Mustern, Strukturen, Trends: Funktionalitäten zur Interaktion mit der Datenrepräsentation, Interaktionen zur Orientierung, Kontext Interaktionen	1,25	1,625
	Fortsetz	ung auf nächster Seite

Anhang Anhang

Fortsetzung von letzter Seite		
o Gewinnung von konkreten Ergebnissen/ Aussagen: Kontext Interaktionen, Funktionalitäten zur Analyse von Daten	1,125	1,5
o Formulierung von Hypothesen und Speicherung von Ergebnissen: Funktionalitäten zur Manipulation der Daten	1,75	2,25
Interoperabilität		
Die Materialien sollten durch inhaltliche und technische Metadaten (z.B. LOM) beschrieben sein	2	2,75
Die Lernsituation sollte einem so genannten Lernprozesstyp"(z.B. Vermittlung v. Deskriptivem Wissen, Analytische Aufgabe, Virtuelle Exkursion, Komplexaufgabe) zugeordnet werden. Entsprechend den Charakteristika eines Lernprozesstyps sollten formale Strukturen (z.B. XML) bereitstehen, die Autoren helfen einen didaktisch sinnvollen Aufbau (z.B. Hinführung, Instruktion, Bereitstellung von Werkzeugen, Verständnistests) für den Lernprozesstyp einzuhalten und ihn mit thematischen Inhalten zu füllen.	1,625	1,875
Die Lernsituation sollte einem so genannten Lernprozesstyp"(z.B. Vermittlung v. Deskriptivem Wissen, Analytische Aufgabe, Virtuelle Exkursion, Komplexaufgabe) zugeordnet werden. Entsprechend den Charakteristika eines Lernprozesstyps sollten formale Strukturen (z.B. XML) bereitstehen, die Autoren helfen einen didaktisch sinnvollen Aufbau (z.B. Hinführung, Instruktion, Bereitstellung von Werkzeugen, Verständnistests) für den Lernprozesstyp einzuhalten und ihn mit thematischen Inhalten zu füllen.	1,375	1,875
Sofern Geodatenbasiertes Lernen angestrebt wird, sind aus technischer Sicht Interoperabilitätskriterien zu beachten, die im Rahmen der OGC Web Service-Familie aufgestellt wurden	1,75	2

**Tabelle C.2:** Einigkeit der Experten hinsichtlich der Richtigkeit und Priorität der Anforderungen an guten E-Learning

Inhalt         Inhalt sollte richtig und aktuell sein         1         1           Der Inhalt sollte richtig und aktuell sein         1/3         2/5           Die genutzten Materialien sollten relevant für den Inhalt sein         1/2         1/2           Die genutzten Materialien sollten relevant für den Inhalt sein         1/5         1/4           Die genutzten Materialien sollten den Inhalt gut kommunizieren und illustrieren, d.h. sie sollten dem Inhalt angepasst sein (z.B. farbige (statt s/w) Abbildungen, wenn es um Inhalte der Fernerkundung geht)         1/2         1/3           Die Materialien sollten sinnvoll angeordnet sein. Die Anordnung sollte das Verständnis unterstützen         1         1/3         1/3           Der Autor der Materialien sollte angemessen (fachlich) qualifiziert sein         1/2         1/3           Die Autor der Materialien sollte angemessen (fachlich) qualifiziert sein         1/2         1/3           Die Autor der Materialien sollte angemessen (fachlich) qualifiziert sein         1/2         1/3           Die Sonzeption des Lernprodukts sollte angemessen (fachlich) qualifiziert sein         1/2         1/3           Die Konzeption des Lernprodukts sollte auf einem didaktischen Konzept basieren, welches im Idealfall dem interessierten Nutzer auch in Kurzform beschrieben sein sollten in Idealfall dem interessierten Nutzer auch in Kurzform beschrieben sein sollten sollten zur aktiven Handlung anregen         1/3         1/2           Es sollte aussagekräftige B	Aussage / Kriterium	Für wie wichtig hal- ten Sie die Aussage ? (Min/Max)	Für wie relevant halten Sie das Kriterium / Vorhandensein entsprechender Ressourcen für die Gestaltung von "gutem E-Learning"? (Min/Max)
Der Inhalt sollte vollständig sein  Die genutzten Materialien sollten relevant für den Inhalt sein  Die genutzten Materialien sollten relevant für den Inhalt sein  Die genutzten Materialien sollten den Inhalt gut kommunizieren und illustrieren, d.h. sie sollten dem Inhalt angepasst sein (z.B. farbige (statt s/w) Abbildungen, wenn es um Inhalte der Fernerkundung geht)  Die Materialien sollten sinnvoll angeordnet sein. Die Anordnung sollte das Verständnis unterstützen  Der Autor der Materialien sollte angemessen (fachlich) qualifiziert sein  Didaktik  Das Lernziel sollte definiert sein  Die Konzeption des Lernprodukts sollte auf einem didaktischen Konzept basieren, welches im Idealfall dem interessierten Nutzer auch in Kurzform beschrieben sein sollte.  Die Materialien sollten zur aktiven Handlung anregen  Es sollten (sinnvolle) Übungen und Tests bereitgestellt werden  Es sollte aussagekräftige Bewertungen zu den Ergebnissen Übungen/ Tests geben  I/3  Lernendem und Tutor geben  Es sollten hößlichkeiten zur Kommunikation unter den Lernenden sowie zwischen  Es sollten hößlichkeiten zur Kommunikation unter den Lernenden sowie zwischen  Der Tutor sollte (didaktisch) angemessen qualifiziert sein  Der Kontext des Lernenden  Der Kontext des Lernenden (Lerntyp, Vorwissen, Motivation etc.) sollten beachtet  (1/3  1/3  1/3  1/3  1/3  1/3  1/3  1/			
Die genutzten Materialien sollten relevant für den Inhalt sein 1/2 1/2  Der Inhalt sollte in einen weiteren Kontext gesetzt werden, u.a. um das Thema zu motivieren  Die genutzten Materialien sollten den Inhalt gut kommunizieren und illustrieren, d.h. sie sollten dem Inhalt angepasst sein (z.B. farbige (statt s/w) Abbildungen, wenn es um Inhalte der Fernerkundung geht)  Die Materialien sollten sinnvoll angeordnet sein. Die Anordnung sollte das Verständnis unterstützen  Der Autor der Materialien sollte angemessen (fachlich) qualifiziert sein 1/2 1/3  Didaktik 1/3 1/3  Dia Lernziel sollte definiert sein 1/3 1/3 1/3  Es sollte beschrieben sein, wie das Lernziel erreicht werden soll 2/5 1/3  Die Konzeption des Lernprodukts sollte auf einem didaktischen Konzept basieren, welches im Idealfall dem interessierten Nutzer auch in Kurzform beschrieben sein sollte.  Die Materialien sollten zur aktiven Handlung anregen 1/3 1/2  Es sollten (sinnvolle) Übungen und Tests bereitgestellt werden 1/2 1/2  Es sollte aussagekräftige Bewertungen zu den Ergebnissen Übungen/ Tests geben 1/5 1/3  (individuelle) Lerner-Unterstützung sollte (in irgendeiner Form, z.B. E-Mail, Chat, persönliche Sprechstunde) bereitgestellt werden 1/3 1/3  Es sollten hößlichkeiten zur Kommunikation unter den Lernenden sowie zwischen 1/3 1/3  Lernendem und Tutor geben 1/3 1/3  Es sollten hilfreiche/ aussagekräftige Instruktionen zu den Materialien und Übungen 1/3 1/3  Ernendem und Tutor geben 1/3 1/3  Kontext des Lernenden (Lerntyp, Vorwissen, Motivation etc.) sollten beachtet 1/3 1/3	<u> </u>		
Der Inhalt sollte in einen weiteren Kontext gesetzt werden, u.a. um das Thema zu motivieren  Die genutzten Materialien sollten den Inhalt gut kommunizieren und illustrieren, d.h. sie sollten dem Inhalt angepasst sein (z.B. farbige (statt s/w) Abbildungen, wenn es um Inhalte der Fernerkundung geht)  Die Materialien sollten sinnvoll angeordnet sein. Die Anordnung sollte das Verständnis unterstützen  Der Autor der Materialien sollte angemessen (fachlich) qualifiziert sein  Die Autor der Materialien sollte angemessen (fachlich) qualifiziert sein  Die Lernziel sollte definiert sein  Die Sollte beschrieben sein, wie das Lernziel erreicht werden soll  Es sollte beschrieben sein, wie das Lernziel erreicht werden soll  Die Konzeption des Lernprodukts sollte auf einem didaktischen Konzept basieren, welches im Idealfall dem interessierten Nutzer auch in Kurzform beschrieben sein sollte.  Die Materialien sollten zur aktiven Handlung anregen  Die Materialien sollte		,	'
motivieren  Die genutzten Materialien sollten den Inhalt gut kommunizieren und illustrieren, d.h. sie sollten dem Inhalt angepasst sein (z.B. farbige (statt s/w) Abbildungen, wenn es um Inhalte der Fernerkundung geht)  Die Materialien sollten sinnvoll angeordnet sein. Die Anordnung sollte das Verständnis unterstützen  Der Autor der Materialien sollte angemessen (fachlich) qualifiziert sein  Die Autor der Materialien sollte angemessen (fachlich) qualifiziert sein  Die Autor der Materialien sollte angemessen (fachlich) qualifiziert sein  Die Autor der Materialien sollte angemessen (fachlich) qualifiziert sein  Die Autor der Materialien sollte angemessen (fachlich) qualifiziert sein  1/2  Die Sollte beschrieben sein, wie das Lernziel erreicht werden soll  2/5  1/3  Die Konzeption des Lernprodukts sollte auf einem didaktischen Konzept basieren, welches im Idealfall dem interessierten Nutzer auch in Kurzform beschrieben sein sollte.  Die Materialien sollten zur aktiven Handlung anregen  1/3  Es sollten (sinnvolle) Übungen und Tests bereitgestellt werden  Die Materialien sollten zur aktiven Handlung anregen  1/2  Es sollte aussagekräftige Bewertungen zu den Ergebnissen Übungen/ Tests geben  1/5  1/3  (individuelle) Lerner-Unterstützung sollte (in irgendeiner Form, z.B. E-Mail, Chat, persönliche Sprechstunde) bereitgestellt werden  Es sollten Möglichkeiten zur Kommunikation unter den Lernenden sowie zwischen  Lernendem und Tutor geben  Es sollten hilfreiche/ aussagekräftige Instruktionen zu den Materialien und Übungen hereitgestellt werden  Der Tutor sollte (didaktisch) angemessen qualifiziert sein  Der Kontext des Lernenden  Der Kontext des Lernenden (Lerntyp, Vorwissen, Motivation etc.) sollten beachtet  1/3  1/3  1/3  1/3  1/3  1/3  1/3  1/	•	,	,
sie sollten dem Inhalt angepasst sein (z.B. farbige (statt s/w) Abbildungen, wenn es um Inhalte der Fernerkundung geht)  Die Materialien sollten sinnvoll angeordnet sein. Die Anordnung sollte das Verständnis unterstützen  Der Autor der Materialien sollte angemessen (fachlich) qualifiziert sein  Der Autor der Materialien sollte angemessen (fachlich) qualifiziert sein  Der Autor der Materialien sollte angemessen (fachlich) qualifiziert sein  Der Autor der Materialien sollte angemessen (fachlich) qualifiziert sein  Der Autor der Materialien sollte angemessen (fachlich) qualifiziert sein  1/2  1/3  1/3  1/3  Es sollte definiert sein  Die Konzeption des Lernprodukts sollte auf einem didaktischen Konzept basieren, welches im Idealfall dem interessierten Nutzer auch in Kurzform beschrieben sein sollte.  Die Materialien sollten zur aktiven Handlung anregen  Die Materialien sollten zur aktiven Handlung anregen  1/3  1/2  1/2  Es sollten (sinnvolle) Übungen und Tests bereitgestellt werden  1/2  Es sollte aussagekräftige Bewertungen zu den Ergebnissen Übungen/ Tests geben  1/5  1/6  1/7  1/8  1/8  1/8  Es sollten Möglichkeiten zur Kommunikation unter den Lernenden sowie zwischen Lernendem und Tutor geben  Es sollten Möglichkeiten zur Kommunikation unter den Lernenden sowie zwischen Lernendem und Tutor geben  Es sollten hilfreiche/ aussagekräftige Instruktionen zu den Materialien und Übungen her Tutor sollte (didaktisch) angemessen qualifiziert sein  Per Tutor sollte (didaktisch) angemessen qualifiziert sein  Der Kontext des Lernenden (Lerntyp, Vorwissen, Motivation etc.) sollten beachtet 1/3  1/3  1/3  1/3  1/3		1/5	1/4
nis unterstützen  Der Autor der Materialien sollte angemessen (fachlich) qualifiziert sein  Didaktik  Das Lernziel sollte definiert sein  1/3  Es sollte beschrieben sein, wie das Lernziel erreicht werden soll  Die Konzeption des Lernprodukts sollte auf einem didaktischen Konzept basieren, welches im Idealfall dem interessierten Nutzer auch in Kurzform beschrieben sein sollte.  Die Materialien sollten zur aktiven Handlung anregen  1/3  Es sollte nichten sur aktiven Handlung anregen  1/2  Es sollte aussagekräftige Bewertungen zu den Ergebnissen Übungen/ Tests geben  1/5  1/3  (individuelle) Lerner-Unterstützung sollte (in irgendeiner Form, z.B. E-Mail, Chat, persönliche Sprechstunde) bereitgestellt werden  Es sollten Möglichkeiten zur Kommunikation unter den Lernenden sowie zwischen Lernendem und Tutor geben  Es sollten hilfreiche/ aussagekräftige Instruktionen zu den Materialien und Übungen  Der Tutor sollte (didaktisch) angemessen qualifiziert sein  Der Kontext des Lernenden  Der Kontext des Lernenden (Lerntyp, Vorwissen, Motivation etc.) sollten beachtet  1/3  1/3  1/3  1/3  1/3  1/3  1/3  1/	sie sollten dem Inhalt angepasst sein (z.B. farbige (statt $\mathrm{s/w})$ Abbildungen, wenn es	1/2	1/3
Didaktik  Das Lernziel sollte definiert sein  Es sollte beschrieben sein, wie das Lernziel erreicht werden soll  Es sollte beschrieben sein, wie das Lernziel erreicht werden soll  Die Konzeption des Lernprodukts sollte auf einem didaktischen Konzept basieren, welches im Idealfall dem interessierten Nutzer auch in Kurzform beschrieben sein sollte.  Die Materialien sollten zur aktiven Handlung anregen  Die Materialien sollten zur aktiven Handlung anregen  Es sollten (sinnvolle) Übungen und Tests bereitgestellt werden  Es sollte aussagekräftige Bewertungen zu den Ergebnissen Übungen/ Tests geben  1/5  1/3  (individuelle) Lerner-Unterstützung sollte (in irgendeiner Form, z.B. E-Mail, Chat, persönliche Sprechstunde) bereitgestellt werden  Es sollten Möglichkeiten zur Kommunikation unter den Lernenden sowie zwischen  Lernendem und Tutor geben  Es sollten hilfreiche/ aussagekräftige Instruktionen zu den Materialien und Übungen  Der Tutor sollte (didaktisch) angemessen qualifiziert sein  Der Tutor sollte (didaktisch) werden  Der Kontext des Lernenden (Lerntyp, Vorwissen, Motivation etc.) sollten beachtet  1/3  1/3  1/3  1/3  1/3  1/3  1/3  1/		1	1/3
Das Lernziel sollte definiert sein  Es sollte beschrieben sein, wie das Lernziel erreicht werden soll  Die Konzeption des Lernprodukts sollte auf einem didaktischen Konzept basieren, welches im Idealfall dem interessierten Nutzer auch in Kurzform beschrieben sein sollte.  Die Materialien sollten zur aktiven Handlung anregen  Die Materialien sollten zur aktiven Handlung anregen  Es sollten (sinnvolle) Übungen und Tests bereitgestellt werden  1/2  Es sollte aussagekräftige Bewertungen zu den Ergebnissen Übungen/ Tests geben  I/5  I/3  (individuelle) Lerner-Unterstützung sollte (in irgendeiner Form, z.B. E-Mail, Chat, persönliche Sprechstunde) bereitgestellt werden  Es sollten Möglichkeiten zur Kommunikation unter den Lernenden sowie zwischen Lernendem und Tutor geben  Es sollten hilfreiche/ aussagekräftige Instruktionen zu den Materialien und Übungen bereitgestellt werden  Der Tutor sollte (didaktisch) angemessen qualifiziert sein  Der Kontext des Lernenden  Der Kontext des Lernenden (Lerntyp, Vorwissen, Motivation etc.) sollten beachtet (und differenziert bedient) werden	Der Autor der Materialien sollte angemessen (fachlich) qualifiziert sein	1/2	1/3
Es sollte beschrieben sein, wie das Lernziel erreicht werden soll  Die Konzeption des Lernprodukts sollte auf einem didaktischen Konzept basieren, welches im Idealfall dem interessierten Nutzer auch in Kurzform beschrieben sein sollte.  Die Materialien sollten zur aktiven Handlung anregen  Die Materialien sollten zur aktiven Handlung anregen  Es sollten (sinnvolle) Übungen und Tests bereitgestellt werden  Lerner-Unterstützung sollte (in irgendeiner Form, z.B. E-Mail, Chat, persönliche Sprechstunde) bereitgestellt werden  Es sollten Möglichkeiten zur Kommunikation unter den Lernenden sowie zwischen Lernendem und Tutor geben  Es sollten hilfreiche/ aussagekräftige Instruktionen zu den Materialien und Übungen  Der Tutor sollte (didaktisch) angemessen qualifiziert sein  Der Kontext des Lernenden  Der Kontext des Lernenden (Lerntyp, Vorwissen, Motivation etc.) sollten beachtet (und differenziert bedient) werden	Didaktik		
Die Konzeption des Lernprodukts sollte auf einem didaktischen Konzept basieren, welches im Idealfall dem interessierten Nutzer auch in Kurzform beschrieben sein sollte.  Die Materialien sollten zur aktiven Handlung anregen  Es sollten (sinnvolle) Übungen und Tests bereitgestellt werden  Es sollte aussagekräftige Bewertungen zu den Ergebnissen Übungen/ Tests geben  (individuelle) Lerner-Unterstützung sollte (in irgendeiner Form, z.B. E-Mail, Chat, persönliche Sprechstunde) bereitgestellt werden  Es sollten Möglichkeiten zur Kommunikation unter den Lernenden sowie zwischen  Lernendem und Tutor geben  Es sollten hilfreiche/ aussagekräftige Instruktionen zu den Materialien und Übungen bereitgestellt werden  Der Tutor sollte (didaktisch) angemessen qualifiziert sein  Kontext des Lernenden  Der Kontext des Lernenden (Lerntyp, Vorwissen, Motivation etc.) sollten beachtet (und differenziert bedient) werden	Das Lernziel sollte definiert sein	1/3	1/3
welches im Idealfall dem interessierten Nutzer auch in Kurzform beschrieben sein sollte.  Die Materialien sollten zur aktiven Handlung anregen 1/3 1/2 Es sollten (sinnvolle) Übungen und Tests bereitgestellt werden 1/2 1/2 Es sollte aussagekräftige Bewertungen zu den Ergebnissen Übungen/ Tests geben 1/5 1/3 (individuelle) Lerner-Unterstützung sollte (in irgendeiner Form, z.B. E-Mail, Chat, persönliche Sprechstunde) bereitgestellt werden 1/3 1/3 Es sollten Möglichkeiten zur Kommunikation unter den Lernenden sowie zwischen Lernendem und Tutor geben 1/3 1/3 Es sollten hilfreiche/ aussagekräftige Instruktionen zu den Materialien und Übungen bereitgestellt werden 1/3 1/3  Kontext des Lernenden  Der Kontext des Lernenden (Lerntyp, Vorwissen, Motivation etc.) sollten beachtet (und differenziert bedient) werden 1/3 1/3	Es sollte beschrieben sein, wie das Lernziel erreicht werden soll	2/5	1/3
Es sollten (sinnvolle) Übungen und Tests bereitgestellt werden  Es sollte aussagekräftige Bewertungen zu den Ergebnissen Übungen/ Tests geben  (individuelle) Lerner-Unterstützung sollte (in irgendeiner Form, z.B. E-Mail, Chat, persönliche Sprechstunde) bereitgestellt werden  Es sollten Möglichkeiten zur Kommunikation unter den Lernenden sowie zwischen Lernendem und Tutor geben  Es sollten hilfreiche/ aussagekräftige Instruktionen zu den Materialien und Übungen bereitgestellt werden  Der Tutor sollte (didaktisch) angemessen qualifiziert sein  T/3  Kontext des Lernenden  Der Kontext des Lernenden (Lerntyp, Vorwissen, Motivation etc.) sollten beachtet (und differenziert bedient) werden	welches im Idealfall dem interessierten Nutzer auch in Kurzform beschrieben sein	1/5	1/3
Es sollte aussagekräftige Bewertungen zu den Ergebnissen Übungen/ Tests geben 1/5 1/3  (individuelle) Lerner-Unterstützung sollte (in irgendeiner Form, z.B. E-Mail, Chat, persönliche Sprechstunde) bereitgestellt werden 1/3 1/3  Es sollten Möglichkeiten zur Kommunikation unter den Lernenden sowie zwischen Lernendem und Tutor geben 1/3 1/3  Es sollten hilfreiche/ aussagekräftige Instruktionen zu den Materialien und Übungen bereitgestellt werden 1/3 1/3  Der Tutor sollte (didaktisch) angemessen qualifiziert sein 1/3 1/3  Kontext des Lernenden (Lerntyp, Vorwissen, Motivation etc.) sollten beachtet (und differenziert bedient) werden	Die Materialien sollten zur aktiven Handlung anregen	1/3	1/2
(individuelle) Lerner-Unterstützung sollte (in irgendeiner Form, z.B. E-Mail, Chat, persönliche Sprechstunde) bereitgestellt werden  Es sollten Möglichkeiten zur Kommunikation unter den Lernenden sowie zwischen Lernendem und Tutor geben  Es sollten hilfreiche/ aussagekräftige Instruktionen zu den Materialien und Übungen bereitgestellt werden  Der Tutor sollte (didaktisch) angemessen qualifiziert sein  Kontext des Lernenden  Der Kontext des Lernenden (Lerntyp, Vorwissen, Motivation etc.) sollten beachtet (und differenziert bedient) werden	Es sollten (sinnvolle) Übungen und Tests bereitgestellt werden	1/2	1/2
persönliche Sprechstunde) bereitgestellt werden  Es sollten Möglichkeiten zur Kommunikation unter den Lernenden sowie zwischen Lernendem und Tutor geben  Es sollten hilfreiche/ aussagekräftige Instruktionen zu den Materialien und Übungen bereitgestellt werden  Der Tutor sollte (didaktisch) angemessen qualifiziert sein  1/3 1/3  Kontext des Lernenden  Der Kontext des Lernenden (Lerntyp, Vorwissen, Motivation etc.) sollten beachtet (und differenziert bedient) werden	Es sollte aussagekräftige Bewertungen zu den Ergebnissen Übungen/ Tests geben	1/5	1/3
Lernendem und Tutor geben  Es sollten hilfreiche/ aussagekräftige Instruktionen zu den Materialien und Übungen bereitgestellt werden  Der Tutor sollte (didaktisch) angemessen qualifiziert sein  Kontext des Lernenden  Der Kontext des Lernenden (Lerntyp, Vorwissen, Motivation etc.) sollten beachtet (und differenziert bedient) werden		1/4	1/3
bereitgestellt werden  Der Tutor sollte (didaktisch) angemessen qualifiziert sein  1/3  Kontext des Lernenden  Der Kontext des Lernenden (Lerntyp, Vorwissen, Motivation etc.) sollten beachtet (und differenziert bedient) werden  1/3  1/3	~ · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	1/3	1/3
Kontext des Lernenden  Der Kontext des Lernenden (Lerntyp, Vorwissen, Motivation etc.) sollten beachtet (und differenziert bedient) werden  1/3 1/3	, 0 0	1/3	1/3
Der Kontext des Lernenden (Lerntyp, Vorwissen, Motivation etc.) sollten beachtet 1/3 1/3 (und differenziert bedient) werden	Der Tutor sollte (didaktisch) angemessen qualifiziert sein	1/3	1/3
(und differenziert bedient) werden	Kontext des Lernenden		
Es sollte Möglichkeiten zur Personalisierung/ Adaption geben $1/4$ $1/4$	*	1/3	1/3
	Es sollte Möglichkeiten zur Personalisierung/ Adaption geben	1/4	1/4

Organisat orisches		
Das Thema sollte in einen Lehrplan (und/ oder in einen weiteren Kontext eingeordnet werden)	1/5	1/5
Es sollte eine Form der Zertifizierung bereitgestellt werden	2/5	1/5
Die (inhaltliche sowie technische) Wartung der Materialien sollte sichergestellt sein	1/2	1/2
Eine Art Qualitätssicherungsprozess für die Lernmaterialien sollte stattfinden	1/2	1/2
Die Materialien sollten durch nutzerrelevante Metadaten (z.B. Inhalte, Zeitaufwand, Zielgruppe) beschrieben werden	1/3	1/4
Die Materialien bzw. ihre technische Nutzung sollten in einer Dokumentation beschrieben werden	1/5	1/4
Software Ergonomie		
Das graphische Design sollte zur Verständlichkeit beitragen und generell ansprechend sein	1/2	1/3
Die Nutzerführung sollte klar und logisch sein	1	1/2
Es sollten aussagekräftige Hilfefunktionen zur Verfügung stehen	1/2	1/3
Ökonomische Aspekte/ Nachhaltigkeit		
Die Lernumgebung sollte hinsichtlich der Kosten effektiv entwickelt und betrieben werden	1/5	1/5
Es sollte eine nachhaltige Finanzierungsstrategie bestehen	1/5	1/5
Es sollte Maßnahmen für die (technische, inhaltliche und ökonomische) Nachhaltigkeit getroffen sein	1/3	1/4
Die Lernmaterialien sollten Standards, möglichst auch Interoperabilitätsstandards entsprechen	1/2	1/4
Technische Umsetzung		
Die Umgebung sollte aus technischer Sicht dem Thema und den Potentialen der Nutzer entsprechen (Infrastruktur, Nutzung von Funktionalitäten etc., Level der In- teraktionen etc.)	1/3	1/3
Es sollte eine technische Dokumentation vorliegen	1/3	1/5
Die Umgebung sollte so einfach und intuitiv wie möglich zu bedienen sein	1/2	1/2
Die (technische) Qualität der Assets sollte angemessen sein	1/2	1/4
Die Materialien sollte (technisch) aktuell sein	1/3	1/3
Die Umgebung sollte zeitlich und räumlich verlässlich verfügbar sein	1/2	1/2
Die Entwickler sollten angemessen qualifiziert sein	1/2	1/3
Handlungsorientierung		
Bei Vermittlung von Deskriptivem Wissen (Faktenwissen) eignen sich Interaktionen nach dem Drill & Practice-Prinzip	1/5	1/3
Zur Vermittlung von Zusammenhängen sollten Interaktionen eingesetzt werden, die einen geistigen Prozess oder sogar geistiges Probehandeln anregen	1/3	1/2
Zur Vermittlung von regionalen Besonderheiten eignen sich multimediale Illustrationen, die Elemente zur explorativen Interaktion enthalten	1/3	1/3
Bei komplexen Zusammenhängen muss ein Methodenpool zur Verfügung gestellt werden, der nach Anleitung oder selbstständigem Erkunden zur Lösung eines Problems führt	1/5	1/3
Spezieller sollten - sofern Geodaten-basiertes Lernen angestrebt ist - folgende Funk- ionalitäten bereitgestellt werden: Zum Kennenlernen von Daten/ Regionen sowie zur Ansicht und Exploration: Funktionalitäten zur Interaktion mit der Datenrepräsenta- ion, Interaktionen zur Orientierung	1/2	1/2
o Interpretation von Daten/ Erkennen von Mustern, Strukturen, Trends: Funktionalitäten zur Interaktion mit der Datenrepräsentation, Interaktionen zur Orientierung, Kontext Interaktionen	1/2	1/3

Fortsetzung von letzter Seite		
o Gewinnung von konkreten Ergebnissen/ Aussagen : Kontext Interaktionen, Funktionalitäten zur Analyse von Daten	1/2	1/3
o Formulierung von Hypothesen und Speicherung von Ergebnissen: Funktionalitäten zur Manipulation der Daten	1/3	1/4
Interoperabilität		
Die Materialien sollten durch inhaltliche und technische Metadaten (z.B. LOM) beschrieben sein	1/3	1/5
Die Lernsituation sollte einem so genannten Lernprozesstyp"(z.B. Vermittlung v. Deskriptivem Wissen, Analytische Aufgabe, Virtuelle Exkursion, Komplexaufgabe) zugeordnet werden. Entsprechend den Charakteristika eines Lernprozesstyps sollten formale Strukturen (z.B. XML) bereitstehen, die Autoren helfen einen didaktisch sinnvollen Aufbau (z.B. Hinführung, Instruktion, Bereitstellung von Werkzeugen, Verständnistests) für den Lernprozesstyp einzuhalten und ihn mit thematischen Inhalten zu füllen.	1/3	1/3
Die Lernsituation sollte einem so genannten Lernprozesstyp"(z.B. Vermittlung v. Deskriptivem Wissen, Analytische Aufgabe, Virtuelle Exkursion, Komplexaufgabe) zugeordnet werden. Entsprechend den Charakteristika eines Lernprozesstyps sollten formale Strukturen (z.B. XML) bereitstehen, die Autoren helfen einen didaktisch sinnvollen Aufbau (z.B. Hinführung, Instruktion, Bereitstellung von Werkzeugen, Verständnistests) für den Lernprozesstyp einzuhalten und ihn mit thematischen Inhalten zu füllen.	1/2	1/4
Sofern Geodatenbasiertes Lernen angestrebt wird, sind aus technischer Sicht Interoperabilitätskriterien zu beachten, die im Rahmen der OGC Web Service-Familie aufgestellt wurden	1/2	1/3

# C.3 Profile der zur Validierung beitragenden Experten

Nachfolgend werden die Profile der, zur Expertenbefragung beigetragenen Probanten dargelegt, um deren Erfahrung und somit ihren Expertenstatus zu illustrieren.

Tabelle C.3: Profil - Experte 1

In welchem Zeitraum waren / sind Sie im Bereich E-Learning tätig (gewesen)?	2005 - 2006
Welche Rolle haben Sie dabei eingenommen? (z.B. Lernender, Konzeptentwickler, Autor, Lehrender, Tutor, Beobachter / Forscher) Mehrfachnennungen sind möglich.	Konzeptentwickler, Autor, Beobachter/Forscher
Sofern Sie Autor / Lehrender etc. waren, in etwa wie viele Lernende haben Sie bisher mit Ihren Materialien erreicht?	ca. 100
Welche Form von E-Learning-Produkten haben Sie entwickelt, präsentiert oder angewendet?	Lernmodule im Internet zu Spezialthemen der Geoinformatik; zur Unterstützung der Präsenzleh- re als auch des Selbststudiums

#### Tabelle C.4: Profil - Experte 2

In welchem Zeitraum waren / sind Sie im Bereich E-Learning tätig (gewesen)?	seit 1998
Welche Rolle haben Sie dabei eingenommen? (z.B. Lernender, Konzeptentwickler, Autor, Lehrender, Tutor, Beobachter / Forscher) Mehrfachnennungen sind möglich.	Konzeptentwickler, Lehrender, Forscher
Sofern Sie Autor / Lehrender etc. waren, in etwa wie viele Lernende haben Sie bisher mit Ihren Materialien erreicht?	200
Welche Form von E-Learning-Produkten haben Sie entwickelt, präsentiert oder angewendet?	Entwickelt: Interaktive 3D Illustrationen; Angewendet: Lern-Portale

#### Tabelle C.5: Profil - Experte 3

In welchem Zeitraum waren / sind Sie im Bereich E-Learning tätig (gewesen)?	seit 2001
Welche Rolle haben Sie dabei eingenommen? (z.B. Lernender, Konzeptentwickler, Autor, Lehrender, Tutor, Beobachter / Forscher) Mehrfachnennungen sind möglich.	Lernender, Autor, Konzeptentwickler, Tutor, Evaluator
Sofern Sie Autor / Lehrender etc. waren, in etwa wie viele Lernende haben Sie bisher mit Ihren Materialien erreicht?	etwa 120 Studierende; 500 $\pm$ newsletter subscriber
Welche Form von E-Learning-Produkten haben Sie entwickelt, präsentiert oder angewendet?	reines eLearning und auch eLearning kombiniert mit Kontakteinheiten

## **Tabelle C.6:** Profil - Experte 4

In welchem Zeitraum waren / sind Sie im Bereich E-Learning tätig (gewesen)?	seit 2003
Welche Rolle haben Sie dabei eingenommen? (z.B. Lernender, Konzeptentwickler, Autor, Lehrender, Tutor, Beobachter / Forscher) Mehrfachnennungen sind möglich.	Konzeptentwickler, Projektkoordinator
Sofern Sie Autor / Lehrender etc. waren, in etwa wie viele Lernende haben Sie bisher mit Ihren Materialien erreicht?	-
Welche Form von E-Learning-Produkten haben Sie entwickelt, präsentiert oder angewendet?	GITTA, eLML, OLAT

#### **Tabelle C.7:** Profil - Experte 5

In welchem Zeitraum waren / sind Sie im Bereich E-Learning tätig (gewesen)?	seit 2000
Welche Rolle haben Sie dabei eingenommen? (z.B. Lernender, Konzeptentwickler, Autor, Lehrender, Tutor, Beobachter / Forscher) Mehrfachnennungen sind möglich.	Entwickler, Autor, Lehrender
Sofern Sie Autor / Lehrender etc. waren, in etwa wie viele Lernende haben Sie bisher mit Ihren Materialien erreicht?	ca. 150
Welche Form von E-Learning-Produkten haben Sie entwickelt, präsentiert oder angewendet?	textbasiertes Material mit online-Übungen stu- dienbegleitende Module (Blended Learning) Mo- dule für die Fernlehre (EursSDR) Lecture-on- demand

# **Tabelle C.8:** Profil - Experte 6

In welchem Zeitraum waren / sind Sie im Bereich E-Learning tätig (gewesen)?	seit 2003
Welche Rolle haben Sie dabei eingenommen? (z.B. Lernender, Konzeptentwickler, Autor, Lehrender, Tutor, Beobachter / Forscher) Mehrfachnennungen sind möglich.	Autor, Lehrender, Tutor
Sofern Sie Autor / Lehrender etc. waren, in etwa wie viele Lernende haben Sie bisher mit Ihren Materialien erreicht?	ca. 300
Welche Form von E-Learning-Produkten haben Sie entwickelt, präsentiert oder angewendet?	Lektionen mit interaktiven Beispielen, Animationen

## Tabelle C.9: Profil - Experte 7

In welchem Zeitraum waren / sind Sie im Bereich E-Learning tätig (gewesen)?	seit 2001
Welche Rolle haben Sie dabei eingenommen? (z.B. Lernender, Konzeptentwickler, Autor, Lehrender, Tutor, Beobachter / Forscher) Mehrfachnennungen sind möglich.	Entwickler von Hochschulkonzepten, Leiter von E- Learning-Projekten, Entwickler von Content, Leh- render, Tutor, Forscher
Sofern Sie Autor / Lehrender etc. waren, in etwa wie viele Lernende haben Sie bisher mit Ihren Materialien erreicht?	ca. 150 in meinen eigenen Lehrveranstaltungen, darüber hinaus schwer abzuschätzen
Welche Form von E-Learning-Produkten haben Sie entwickelt, präsentiert oder angewendet?	Webbasierte Lernmodule (ohne/mit Lernplatt- form) zu Themen der Geoinformatik

# Tabelle C.10: Profil - Experte 8

In welchem Zeitraum waren / sind Sie im Bereich E-Learning tätig (gewesen)?	2006/2007
Welche Rolle haben Sie dabei eingenommen? (z.B. Lernender, Konzeptentwickler, Autor, Lehrender, Tutor, Beobachter / Forscher) Mehrfachnennungen sind möglich.	Lernender, Tutor
Sofern Sie Autor / Lehrender etc. waren, in etwa wie viele Lernende haben Sie bisher mit Ihren Materialien erreicht?	-
Welche Form von E-Learning-Produkten haben Sie entwickelt, präsentiert oder angewendet?	-

# Dank

An dieser Stelle möchte ich all jenen danken, die zu der Entstehung der vorliegenden Arbeit beigetragen haben.

Dies ist in erster Linie Frau Prof. Dr.-Ing. Monika Sester, die mir mit Überlassung des Themas sowie ihrer uneingeschränkten Unterstützung die Möglichkeit gegeben hat, ein spannendes Thema zu bearbeiten. Durch die Tätigkeit am Institut für Kartographie und Geoinformatik (ikg) der Leibniz-Universität Hannover konnte ich Einblick in die Fachwelt gewinnen und Kontakte knüpfen, die ohne die durch Frau Prof. Sester großzügig eingeräumten Möglichkeiten nicht möglich gewesen wären.

Den Mitberichtern Prof. Dr.-Ing. C. Heipke und Prof. Dr.-Ing. J. Schiewe danke ich für ihre wertvollen Hinweise sowie die zügige Begleitung des Promotionsverfahrens.

Prof. Dr. rer. nat V. Paelke möchte ich für die Begutachtung der Arbeit sowie die fachliche Begleitung während meiner Tätigkeit am ikg, die konstruktive Kritik beim Verfassen der Arbeit sowie die stetige Bestärkung danken.

Ein besonders herzlichen Dank geht an Dipl.-Inf. G. König, der mir stets beratend und bestärkend zur Seite stand. Durch seine Einladung zur Mitwirkung als Secretary der ISPRS-Commission VI/2 - E-Learning, der er als Chair vorsteht, ergab sich die Möglichkeit das Thema in einer internationalen Community zu beobachten und diskutieren. Seine Unterstützung hat die Durchführung des ISPRS-Short-Term-Projects "Analysis of E-Lerning Software and Guidelines for Quality Assurance in Photogrammetry, Remote Sensing and GIS" ermöglicht, aus dem Teile der vorliegenden Arbeit hervorgingen.

Kollegen und Freunden am ikg danke ich für den fachlichen Austausch, die gegebene Unterstützung sowie die gute Zeit.

Bei meinem Mann und meiner Familie möchte ich mich für die praktische Unterstützung sowie die stetige Ermutigung bedanken.

Christiane Katterfeld

# Lebenslauf

## ${\bf Christiane} \,\, {\bf Katterfeld}, \, {\bf geb}. \,\, {\bf Schneider}$

# Persönliche Angaben

Adresse Uhlandstr. 4, 39108 Magdeburg

Geburtsdatum 8.6.1977 Geburtsort Halle / Saale Staatsangehörigkeit Deutsch

# ${\bf Ausbildung}$

09/1984 - $08/1991$	N.KKrupskaja-Oberschule in Halle
09/1991 - 06/1996	Christian-Wolff-Gymnasium in Halle
06/1996	Abitur
10/1996 - $05/2002$	Studium der Geographie (Nebenfächer: Geologie und Botanik)
	an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
10/1998 - 08/1999	DAAD-gefördertes Auslandsstudium
	an der University of Edinburgh/ Department of Geography
05/2002	Diplomprüfung (DiplGeogr.)

## Tätigkeiten

Wissenschaftliche Hilfskraft in der Arbeitsgruppe Kartographie und Ferner-
kundung, Martin-Luther-Universität Halle
Wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Kartographie und Geoin-
formatik, Leibniz Universität Hannover
Wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Geobotanik, Martin-Luther-
Universität Halle-Wittenberg
Mutterschutz und Elternzeit
Angestellte Projektingenieurin bei der Spiekermann AG Düsseldorf, Nieder-
lassung Magdeburg

## Weitere Berufliche Erfahrungen / Aktivitäten

$ m seit \ 09/2004$	Secretary der ComissionVI/WG2 (E-Learning) der Internatinal Society for
	Photogrammetry and Remote Sensing - ISPRS
07/2004 - $12/2005$	Mitarbeit im Kompetenzzentrum für Geoinformatik (GiN)
10/2002 - $12/2006$	Mitarbeit im GIS-Zentrum der Leibniz Universität Hannover