

Digitales Unterrichtsmaterial im E-Learning

Konzeption aus informatikfachdidaktischer Perspektive

Thesis
zur Erlangung des akademischen Grades eines
Master of Education (M. Ed.)

Didaktik der Informatik
Studiengang Master of Education
Lehramt an Gymnasien und Gesamtschulen
der Bergischen Universität Wuppertal



Adrian Salamon
AdrianSalamon@gmail.com

Erstprüfer Herr Prof. Dr. Ludger Humbert
Zweitprüferin Frau Dorothee Müller



Version: 12.07.2015

»Bücher werden in Schulen bald obsolet sein [...] Es ist möglich, jeden Zweig des Wissens der Menschheit mit Filmen zu lehren. Unser Schulsystem wird innerhalb von zehn Jahren vollkommen verändert sein.«

Thomas Edison im Jahr 1913 in einer New Yorker Zeitung, zit. in: [Spitzer, 2012, S. 13]

»We shouldn't jump at a new technology simply because it has advantages; only time and study will reveal its disadvantages and show the value of what we've left behind.«

[Hollander, 2012]

Zusammenfassung

In dieser Arbeit wird analysiert, wie Lehrkräfte den Forderungen nach Medien- und Informatikkompetenzen, sowie Digitalisierung in der Informations- und Wissensgesellschaft mit dem Einsatz von E-Learning und Blended Learning nachkommen können. Dafür wird die Vereinbarkeit von E-Learning mit klassischen Lerntheorien geprüft. Daran anschließend werden generelle Eigenschaften und Funktionen von E-Learning untersucht und lernpsychologische Vorteile multimedialen Lernens vorgestellt. Der Fokus dieser Arbeit liegt auf der informatischen Gestaltung von E-Learning-Material und den Informatiksystemen, die ermöglichen, digitale Lernmaterialien zu erstellen und im Unterricht einzusetzen. Dafür werden Anforderungen und Kriterien aus bestehender Forschung zu E-Learning zusammengefasst und mit Blick auf den Einsatz von Informatiksystem im Unterricht ausgewertet. Didaktische und technische Anforderungen an Lehrmedien, wie digitale Schulbücher oder offene und freie Bildungsmedien werden dabei diskutiert. Die Rahmenbedingungen von Informatiksystemen im E-Learning, wie Infrastruktur, Hard- und Software und Dokumentenformate, werden dargestellt. Digitaler Mehrwert stellt sich dabei als wichtigstes Kriterium, neben fachlicher Korrektheit und didaktischen Überlegungen, für die Bewertung der Qualität und Mächtigkeit von E-Learning-Material heraus. Anschließend wird untersucht, mit welchen Mitteln E-Learning-Material erstellt werden kann. Dabei werden die Probleme bestehender Systeme analysiert und Ansätze für eine Weiterentwicklung aus der Perspektive der Fachdidaktik Informatik vorgestellt, die zukünftig umgesetzt werden müssen, um E-Learning mit digitalem und pädagogischem Mehrwert im Schulunterricht flächendeckend einsetzen zu können. Es zeigt sich, dass bereits bestehende Systeme erlauben, breit einsetzbares Material mit digitalen und pädagogischen Mehrwerten zu erstellen, jedoch noch einer Weiterentwicklung bedürfen, um auch auf mobilen Informatiksystemen einsetzbar zu sein.

Abstract

This master's thesis analyzes with how teachers can meet the demands for media and computer science skills in the information and knowledge based society in the digital age with the use of e-learning and blended learning. First, the compatibility of e-learning with classical learning theories is compared. Subsequently, general features and functions of e-learning will be examined and psychological benefits multimedia learning will be specified. The focus of this work is on the informatic design of e-learning material and informatic systems that allow to create digital learning materials for use in schools. Requirements and criteria of existing research on e-learning are summarized and evaluated focussing the use of informatic systems. Didactic and technical requirements for teaching media, such as digital textbooks or open educational resources are discussed. General conditions of e-learning, such as infrastructure, hardware and software and document formats are discussed as well. Digital added value is introduced as the most important criteria, in addition to content correctness and didactic considerations, for the evaluation of the quality and mightiness of e-learning material. Finally, tools for the creation of e-learning material will be presented. The problems of existing systems are analyzed and approaches for further development from the perspective of computer science didactics are presented to implement digital and educational added values in schools.

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1 Eingrenzungen und Einordnungen	1
1.1 Das Verhältnis der Informatikfachdidaktik zu digitalen Lernmedien	1
1.2 Methodendiskussion	3
1.2.1 Kurzer historischer Überblick über E-Learning	3
1.2.2 Grenzen der Literatur	4
1.2.3 Struktur der Arbeit	5
1.3 Begrifflichkeiten: E-Learning erklären	5
1.3.1 E-Learning-Systeme	9
1.3.2 E-Learning-Werkzeuge	10
1.3.3 E-Learning-Material	11
1.4 Notwendigkeit von E-Learning und Medienkompetenz in allgemeinbildenden Schulen .	12
1.4.1 Status quo der Nutzung von Informatiksystemen	12
1.4.2 Forderungen nach Lernen mit E-Learning	15
1.4.3 Computer Literacy als Kulturtechnik	15
2 Lerntheoretische Grundlagen von E-Learning	17
2.1 Abbildung klassischer Lerntheorien	17
2.1.1 Behaviorismus	18
2.1.2 Kognitivismus	18
2.1.3 Konstruktivismus	18
2.1.4 Konnektivismus	19
2.2 Didaktische Funktionen von E-Learning	20
2.2.1 Motivationssteigerung	20
2.2.2 Multimediale Informationsaufnahme	23
2.2.3 Distribution und Darstellung von Information	23
2.2.4 Erproben, Modellieren, Üben	24
2.2.5 Kollaboration zwischen Lernenden	25
2.2.6 Leistungsprüfung und Rückmeldung	25
2.2.7 Reflexion	27
2.2.8 Exkurs: Flipped Classroom	28
2.3 E-Learning und Informatikdidaktik	29
2.4 Notwendige Kompetenzen von Lehrkräften für den Einsatz von E-Learning	32
3 Anforderungen an E-Learning-Material	36
3.1 Didaktische Konzipierung von Bildungsmedien mit digitalen Mehrwerten	38
3.1.1 Aktualität	38
3.1.2 Darstellung	39
3.1.3 Interaktivität	41
3.1.4 Verfügbarkeit	44
3.1.5 Zwischenfazit: Was sind digitale Mehrwerte?	44
3.2 Digitale Schulbücher	44
3.2.1 Definitionen von E-Books und digitalen Schulbüchern	46
3.2.2 Verbreitung und Verwendung digitaler Schulbücher	48

3.3	Digitale Bildungsmedien	49
3.3.1	Freie Bildungsmedien	50
3.3.2	Rahmenbedingungen von OER	51
3.3.3	Notwendige Kompetenzen für die Verwendung und Erstellung von OER	54
3.4	Informatische und technische Rahmenbedingungen für effektives E-Learning	56
3.4.1	Infrastruktur und Zugriffsrechte bei Schulnetzwerken	57
3.4.2	Hardwarevoraussetzungen	59
3.4.3	Softwarevoraussetzungen	61
3.4.4	Anforderungen an Dokumentenformate für E-Learning	62
4	Erstellung von E-Learning-Material	65
4.1	Bestehende Autorensoftware	66
4.1.1	Zusammenfassung der Forschung	67
4.1.2	Die Plattform LOOP	67
4.1.3	Kritik an den Systemen	68
4.2	Ansätze ohne Autorensysteme	68
4.2.1	Vergleich der Formate \LaTeX und HTML	69
4.2.2	Interaktives Lehrmaterial mit \LaTeX und HTML durch MC- \LaTeX	71
4.2.3	teachTool – Ein \LaTeX Content Converter für das Matheprisma	71
4.3	Zwischenfazit zur Erstellung von E-Learning-Material	72
5	Fazit – Gesammelte Anforderungen an E-Learning	74
	Literatur	77

1 Eingrenzungen und Einordnungen

Für die Schulentwicklung wird Digitalisierung gefordert [Bonitz, 2013, S. 133]. Sie verspricht einen stärkeren Fokus auf Medienkompetenz, welche die Schülerinnen und Schüler auf das Lernen und Arbeiten mit digitalen Medien vorbereitet. Dafür ist auch Informatikkompetenz bei Lernenden und Lehrenden notwendig, um auch die Grenzen der eingesetzten Informatiksysteme einschätzen zu können, mit denen dabei gearbeitet wird. Die Aufgabe besteht darin, digitale Materialien für die eingesetzten Systeme zu entwickeln, die sowohl Multimedialität als auch Interaktivität bieten und darüber hinaus individuelles und binnendifferenziertes Lernen in schulischen Lerngruppen ermöglichen können. Auch soll mit dem Verständnis von mobilen Informatiksystemen als mächtiges Lernwerkzeug informelles Lernen im Alltag gefördert werden.

Lehrkräfte versprechen sich von der Digitalisierung der Lehrmittel auch einen leichteren Austausch mit Kolleginnen und Kollegen über das Internet. Zudem soll neues, flexibles Material mehr und andere Perspektiven auf einen Lerngegenstand bieten als klassische Schulbücher. Im Lehrablauf ist von Vorteil, dass digitales Material nicht unbedingt für alle Schülerinnen und Schüler kopiert werden muss und durch eine direkte Übertragung auf die Arbeitsgeräte der Schülerinnen und Schüler sowohl Papier, als auch Zeit spart. Geht es um die Integration digitaler Werkzeuge in den Lehrkontext, so sind Lehrkräfte jedoch oft auf sich allein gestellt und können diese aus Mangel an fachdidaktischen Hinweisen nicht effektiv einsetzen.

Dabei können digitale Werkzeuge und Lernmaterialien das Lernen von Schülerinnen und Schülern anreichern, indem diese multimedial arbeiten und dabei das eigene Arbeitstempo bestimmen können. Trotzdem bleiben sie dabei in ihrer Lerngruppe und können in der gewohnten Lernumgebung gemeinsam Aufgabenstellungen bearbeiten. Die Benutzung digitaler Lernmedien orientiert sich an leichter Handhabung und Editierbarkeit und bedarf der Unterstützung von verschiedenen Endgeräten. Aber auch fachdidaktische Ansprüche müssen erfüllt werden, um die Lerngegenstände angemessen zu präsentieren und interaktiv bearbeiten zu können. Langfristig betrachtet, sollen digitale Lern- und Arbeitsumgebungen auch in Prüfungssituationen eingesetzt werden [Petko, 2010, S. 10]. Um sie jedoch auch flächendeckend einsetzen zu können, bedarf es einer Erstellung mit geringem Aufwand und einem System, das sowohl digitales als auch analoges Lernmaterial produzieren kann. Die Einbindung von Multimedia und interaktiven Elementen soll dabei Mehrwerte generieren. Die dafür notwendige Konzeption von E-Learning-Material aus informatikfachdidaktischer Perspektive ist Gegenstand dieser Arbeit.

1.1 Das Verhältnis der Informatikfachdidaktik zu digitalen Lernmedien

Bildung ist niemals digital, sondern ein individueller Prozess [Eickelmann, Heinen u. a., 2015, S. 9]. Mit E-Learning¹ erhält das Lernen lediglich digitale Werkzeuge, die Wissensaufnahme und -konstruktion verändern, anreichern und erweitern können. Dabei gilt es, dass digitale Lernangebote niemals Lehrkräfte, die Lernen begleiten und anleiten, ersetzen können und es auch nicht sollen [Esken, 2015]. Viel mehr

¹Für die Begriffserklärung für »E-Learning« siehe Abschnitt 1.3, S. 5.

versucht E-Learning die Arbeit der Pädagogen mit Lehr- und Lernwerkzeugen zu erleichtern und zu stützen.

Bestehende Forschungen zu digitalen Lernmaterialien, digitalen Schulbüchern, sowie zu offenen Bildungsmedien im Kontext E-Learning sind noch nicht im Lehrbetrieb an deutschen Schulen angekommen. Überhaupt werden digitale Bildungsmedien noch nicht als Ersatz für auf Papier produzierte Schulbücher und Arbeitsblätter betrachtet, da ihre digitalen Mehrwerte konzeptuell noch nicht ausgereift sind und deswegen erst wenig neues Potential für Lernprozesse bieten. Der Konflikt dieses Zustandes mit den Forderungen nach einer Digitalisierung des Bildungssystems entspricht einer Abwägung von Lernen mit »analogen« gegenüber »digitalen« Medien, die jedoch nicht eine Gruppe ausschließen muss. Aufzuklären ist diese Situation durch *Medienkonvergenz*, die eine nicht verdrängende, sondern ergänzende Nutzung der »alten« und »neuen« Medien als Ziel betrachtet [Wiater, 2013, S. 24].

Für den effektiveren Einsatz von E-Learning im Unterricht an allgemeinbildenden Schulen müssen Lehrkräfte, sowie Schülerinnen und Schüler dazu befähigt sein, Informatiksysteme zu analysieren, einzusetzen und im bestimmten Rahmen auch zu konstruieren [Humbert, 2003b, S. 139]. Die bloße Rezeption bestehender Systeme und Lernmaterialien kann nicht ausreichen, um individuellen und binnendifferenzierten Unterricht zu gewährleisten. Viel mehr müssen im Rahmen von E-Learning theoretische und praktische Grenzen *real existierender* Systeme aus informatischer, pädagogischer und didaktischer Perspektive analysiert werden, sowie eigene Materialien und Lernsysteme für konkrete Lernkontexte geschaffen werden können.

»Die Fachwissenschaft Informatik ist für schulische Lehr- und Lernprozesse in zweifacher Hinsicht bedeutsam: einerseits Gegenstand der Erkenntnis, aber andererseits mit ihren Systemen Mittel der Erkenntnis im Informatikunterricht zu sein.«

[Humbert, 2003b, S. 137]

Der Informatikunterricht ist wegen seiner theoretischen und praktischen Anteile ein vielseitiges Fach mit hohen Ansprüchen an Informatiksysteme, Hard- und Software und auch an den Aufbau von Dokumenten. Schülerinnen und Schüler bedürfen während der theoretischen Konzeption und praktischen Implementation der individuellen Lösungswege vieler Freiräume im Lernverlauf, um die Lerngegenstände selbst erfassen zu können. Besonders weil die Implementation im informatischen Lernprozess der Schülerinnen und Schüler i. d. R. nur ein später Schritt in einer langen Kette von Überlegungen und Handlungen der Lernenden ist, stellt der Informatikunterricht Bedingungen an die Systeme, die individuelles und kreatives Lernen nicht nur innerhalb eines geschlossenen Informatiksystems gestalten sollen. Einschränkungen durch zu stricte E-Learning-Systeme, die keinen Raum für offene Gestaltungsmöglichkeiten durch Lehrende und Lernende haben, unterbinden die Einbindung von lernförderlichen digitalen Werkzeugen und Materialien.

»Es kommt nicht darauf an, daß eine Programmiersprache in kürzester Zeit erlernbar ist, sondern daß sie problemadäquate Sprachstrukturen zur Verfügung stellt, die der menschlichen Denkweise und dem menschlichen Problemlöseverhalten angepaßt sind.«

[Balzert, 1977, S. 77]

Die Universität Siegen hat ein »Institut für Didaktik der Informatik und E-Learning«, das die enge Verbundenheit von Informatik, Elektronik und Lernen bereits im Namen trägt. Dennoch sollte immer das Lernen im Vordergrund stehen, um technologiezentrierte Konzepte zu vermeiden [Hartmann u. a., 2006, S. 10]. Um diese Verbindung fruchtbar zu gestalten, reichen nicht nur Forderungen nach Medienkompetenz und *Programmieren als zweite Fremdsprache*, sondern E-Learning erfordert eine aktive Umsetzung in Schulen vor Ort und Produktion von entsprechendem Material [Eickelmann, Heinen u. a., 2015, S. 11].

Die Diskussion um E-Learning-Systeme ist für den Informatikunterricht besonders von Bedeutung, weil Informatiksysteme nicht als Unterrichtsziel, sondern als Werkzeug für die Implementierung einer Problemlösung verstanden werden sollen. Sie können jedoch auch den gesamten Lernprozess begleitend unterstützen und auch in anderen Schulfächern als Werkzeuge verstanden werden und den Unterricht mit neuen Möglichkeiten und Perspektiven anreichern. Von der Multimedialität der Systeme erhoffen sich viele Schulfächer eine Ergänzung von textzentrierten Unterrichtsmaterialien durch Bilder, Videos und Interaktivität. Ohne gutes E-Learning-Material lassen sich diese Ambitionen nicht umsetzen. Es gilt im Verlauf dieser Arbeit zu untersuchen, welche Anforderungen an E-Learning-Systeme und besonders an E-Learning-Material aus den Perspektiven der Fachinformatik, Pädagogik und (Fach-)Didaktik gestellt werden.

1.2 Methodendiskussion

Um die verschiedenen Facetten von E-Learning im Schulkontext erfassen zu können, ist es nötig auf die jahrzehntelange Entwicklung und Forschung zu diesem Themengebiet einzugehen. Auch wenn das Ziel dieser Arbeit ist, sich mit der Produktion und dem praktischen Umgang mit E-Learning-Materialien im Lehr- und Lernalltag auseinanderzusetzen, so gilt es im Vorfeld auf bestehende Definitionen, Untersuchungen und Erfahrungswerte aufzubauen.

Es ist deswegen unumgänglich, dass sich die Literatursichtung durch den gesamten Verlauf dieser Arbeit zieht, um alle Dimensionen des Themas auszuleuchten und wissenschaftlich korrekt zu belegen. Die Fülle der verfügbaren Literatur stellt auch gleichzeitig die Grenzen dieser Arbeit dar. Es folgt nun ein kurzer Überblick der verdeutlichen soll, woran angeknüpft werden soll.

1.2.1 Kurzer historischer Überblick über E-Learning

Eine frühe Überlegung zum automatengestützten Lernen findet sich schon 1958 bei SKINNER [Skinner, 1958], der mit linearen Lernprogrammen in mechanischen Lernmaschinen die Grundsteine für eine Umsetzung, wie auch eine lerntheoretische Untersuchung legte [Holten u. a., 2009, S. 10]. In den späten siebziger Jahren entwickelte sich das *Computer Based Training* mit Lernprogrammen an Personal Computern [Bun-

genstock, 2006, S. 15]. Jedoch blieben große Erfolge aus² und die Publikationen bezüglich elektronischen Lernens erlebten in den 1990er Jahren mit der Integration von multimediafähigen Informatiksystemen in Lernkontexten einen neuen Aufschwung [Meier, 2006, S. 41].

Ab den 2000er Jahren verschiebt sich der Fokus von Multimedia auf vernetztes Lernen durch Einbezug vernetzter Systeme und des Internets in den Lernkontext. Werke wie »Grundlagen hypermedialer Lernsysteme. Theorie – Didaktik – Design« [Schulmeister, 2002a] legten dabei Grundsteine für den heutigen E-Learning-Begriff, der immer noch offen und im Wandel ist (siehe Abschnitt 1.3, S. 5). Zusätzlich werden nun auch Lernplattformen und Lernmanagementsysteme thematisiert, die virtuelle Lernumgebungen schaffen. Dabei gibt es in der Forschung eine bis heute bestehende Fokussierung auf die Hochschullehre, die versucht, massentaugliche Onlinewerkzeuge für das Selbststudium zu entwickeln.

Seit etwa 2010 fokussieren sich die Veröffentlichungen zu E-Learning auf kollaboratives Lernen mit sozialen Medien und dem *Web 2.0*. Aus informatischer Perspektive bietet das Web 2.0 keine neuen Webtechnologien, sondern bezeichnet eine veränderte Benutzung von Webangeboten durch Partizipation des Nutzers, anstatt seiner bloßen Rezeption von Onlineinhalten. Dies wirkt sich auf den Grad der Interaktion von Lernenden und Lernwerkzeug aus. Weitere Schwerpunkte sind individualisiertes und selbstständiges Lernen, sowie mobiles und lebenslanges Lernen.

1.2.2 Grenzen der Literatur

Publikationen zu E-Learning wurden seit 1971 durch Forschungsmittel gefördert. Im Zeitraum 1999-2004 wurde Forschung nach der »Nutzung des weltweit verfügbaren Wissens für Aus- und Weiterbildung« mit etwa 71,6 Mio. Euro vom Bund unterstützt. Weitere 284 Mio. Euro wurden für Forschungen zu »Neuen Medien in der Bildung« an Hochschulen vergeben. Hinzu kamen weitere Initiativen der Bundesländer mit eigenen Etats [Wannemacher u. a., 2010, 14f]. Aus diesen Fördermitteln resultiert eine hohe Quantität an Veröffentlichungen zu E-Learning, wegen der es – im Rahmen dieser Arbeit – nicht möglich ist die Literatur auch nur ansatzweise vollständig zu berücksichtigen.

Außerdem gibt es viele Lehrkräfte, die mit Pioniergeist E-Learning in ihrem Unterricht ausprobieren und ihre Erfahrungen im Internet veröffentlichen, sowie Zeitschriften, die sich ganz dem Thema E-Learning verschrieben haben. Die Summe der hierüber publizierten Erfahrungswerte und Empfehlungen ist so immens, wie unüberschaubar.

Bei den jüngeren wissenschaftlichen Veröffentlichungen gibt es im Vergleich zu denen der 90er Jahre weniger Empfehlungen für bestimmte Lernprogramme, Geräte oder Systeme. Stattdessen werden Möglichkeiten, Chancen und Hindernisse von E-Learning in verschiedenen Kontexten untersucht und die Umsetzbarkeit einiger Ideen diskutiert. Dies ist auf der einen Seite lobenswert, da strukturiert und ohne die Vermarktung bestimmter E-Learning-Systeme argumentiert wird. Auf der anderen Seite fehlt oft der Praxisbezug auf die Umsetzung im konkreten Schulunterricht, den die »Lehrkraftblogger« versuchen aufzufangen. Damit sind keine Unterrichtsreihen, sondern (fach-)didaktische Konzepte gemeint, die erlauben, E-Learning effektiv in den Unterricht zu integrieren. Diese Integration unterscheidet sich von

²Der Vollständigkeit halber soll hier ein Verweis auf das PLATO und das TICCIT Projekt stehen [Flindt, 2005, S. 17 f.; Meier, 2006, S. 40; Niegemann u. a., 2008, S. 7 f.; Holten u. a., 2009, S. 11], die in den Kapiteln zur Geschichte des E-Learning häufig Verwendung finden. Für die Untersuchungen dieser Arbeit sind sie jedoch zu vernachlässigen.

den anfänglichen Ansätzen, die Lehrenden durch Maschinen zu ersetzen, indem nun der Lernprozess durch E-Learning gestützt wird, anstatt ihn ausschließlich darauf aufzubauen.

Auch mangelt es an aktuellen Kriterien für gutes E-Learning-Material, digitale Schulbücher und Systeme zum Austausch von digitalen Lehr- und Lernmaterialien aus informatikfachdidaktischer Perspektive.³ An dieser Stelle soll die vorliegende Arbeit ansetzen und ähnlich einer Metastudie die bestehende Literatur sichten und vergleichen und Ansätze zum Füllen der Lücken geben.

1.2.3 Struktur der Arbeit

Der grundlegende Aufbau dieser Arbeit lässt sich in vier Phasen, bzw. vier Kapitel einteilen. (1) Vor der inhaltlichen Beschäftigung steht die Erläuterung der wichtigsten Begrifflichkeiten. Es soll vorgestellt werden, warum verstärkt E-Learning an deutschen Schulen gefordert wird. Hieran anknüpfend soll auch untersucht werden, aus welchen Gründen diese Diskussion innerhalb der Didaktik der Informatik (mit-)geführt werden soll und welche Ziele dabei verfolgt werden. (2) Als Grundlage wird die lerntheoretische Vereinbarkeit von E-Learning mit bestehenden pädagogischen Konzepten geprüft, die den erfolgreichen Einsatz von E-Learning überhaupt erst erklären können. Didaktische Besonderheiten und Ziele von E-Learning werden in den schulischen Lernkontext gestellt und erläutert. Auch werden die benötigten Kompetenzen von Lehrkräften benannt, die nötig sind, um E-Learning in den Unterricht integrieren zu können. (3) Anhand der Kriterien dieser Lerntheorien und Besonderheiten werden die Anforderungen an verschiedene Formen von digitalen Lernmaterialien strukturiert dargestellt. Es sollen Konzepte von digitalen Schulbüchern und freien Bildungsmedien vorgestellt werden, sowie technische Voraussetzungen und Anforderungen an Infrastruktur, Hard- und Software sowie Dokumentenformate für vielseitige E-Learning-Angebote entwickelt werden. (4) Schließlich sollen die Möglichkeiten für die Erstellung von E-Learning-Material durch Verlage, Institutionen und Einzelpersonen aufgezeigt und bewertet werden, indem bestehende Autorensysteme mit den vorher aufgelisteten Kriterien verglichen werden und technische, wie didaktische Schwachstellen in der Software aufgezeigt werden.

Es wäre dabei wünschenswert, anschließend einen Ausblick auf die Unterrichtsmaterialproduktion der Zukunft geben zu können. Die Komplexität des Themas und die Vielfalt der Lernsysteme erschweren dabei, einen korrekten Pfad aufzuzeigen. Die im Verlauf dieser Arbeit gesammelten Kriterien und Utopien vom effizienten Einsatz von E-Learning sollen dabei helfen, einen kleinen Einblick in die weitere Entwicklung zu geben.

1.3 Begrifflichkeiten: E-Learning erklären

Zu Beginn der inhaltlichen Beschäftigung mit E-Learning⁴ muss der Begriff *E-Learning* selbst erklärt werden, da er in verschiedenen Kontexten manchmal weiter, manchmal enger gefasst wird. E-Learning bedeutet *electronic Learning*, elektronisches Lernen [Arnold u. a., 2013, S. 17]. Damit verbunden ist auch der Begriff des *E-Teaching*, der den Fokus auf das Lehren innerhalb einer vermittelnden Kommunikation

³Kriterien für Aspekte von E-Learning-Material geben u. a. [Schulmeister, 2002b] und [Hametner u. a., 2006].

⁴Die richtige Schreibweise im deutschen ist »E-Learning«, nicht etwa »eLearning« [Duden, 2006]. Es entspricht der Schreibweise der »E-Mail«, die im englischen klein und ohne Bindestrich geschrieben wird.

durch Benutzung von elektronischer Hilfe legt. Die noch geringe Verbreitung des Begriffs im deutschsprachigen Raum ist durch die Konnotation begründet, es würde sich hierbei nur um den Erwerb technischer Kompetenzen handeln [Petko, 2010, S. 9]. E-Learning ist besser zu verstehen als *computergestütztes Lernen*, was wiederum eine sehr breite Definition ist. Sobald digitale Medien Verwendung im Unterricht finden, ist ein Informatiksystem Teil eines Lernprozesses und die im Unterrichtszusammenhang entwickelten und umgesetzten Lösungen können als E-Learning bezeichnet werden [Humbert, 2006b, S. 2]. Dazu gehören Beamerpräsentationen ebenso wie interaktive Lernwelten und Simulationen. Die über E-Learning zu vermittelnden Wissensinhalte werden als *Lernobjekte* bezeichnet [Bungenstock, 2006, S. 15]. Sie benötigen eine auf ein System angepasste Form, um elektronisch verarbeitet werden zu können. Durch die Kombination mehrerer Lernobjekte entstehen Zusammenhänge für Unterrichtsabschnitte und -einheiten.

Kernelement von E-Learning ist die Benutzung von elektronischen/digitalen Medien und virtuellen Lernumgebungen zum Lernen und Lehren. Dabei werden neue Mittel, Räume und Verknüpfungen für individuelles und gemeinsames Lernen geschaffen, die durch elektronisch arrangierte digitale Lernmedien Lerngegenstände multimedial präsentiert und aufgearbeitet werden [Arnold u. a., 2013, S. 18]. Interaktive Bearbeitung von digitalem Lernmaterial ermöglicht hierbei eine höhere Lerndynamik und Einbeziehung des Lernenden mit mehr Freiheiten im Lehr-/Lernprozess. Der Grad der Interaktivität zwischen Lernenden und dem technischen System kann als Indikator für die didaktische Qualität genutzt werden [Gorsler, 2010, S. 1] (siehe Abschnitt 3.1.3, S. 41). Dabei sind im Schulkontext weniger geschlossene Prüfprogramme gewünscht, sondern Systeme, die offene und problemorientierte Lernformen unterstützen. Multimediale Lerninhalte bieten Informationsbausteine, Übungsprogramme aber auch Simulationen, Spiele und *komplexe Lernwelten*, die gemeinsam mit den Mitschülerinnen und Mitschülern erfahren und gestaltet werden können [Petko, 2010, S. 9].

Mit E-Learning wird es Lehrenden und Lernenden auch ermöglicht, eine Kombination aus visuellen und auditiven Information zu erhalten, die innerhalb eines didaktischen Konzeptes sequenziert, gestaltet und innerhalb eines Lernkontextes interaktiv Benutzbar sind [Petko, 2010, S. 9]. Dadurch lassen sich mehrere Zugänge oder *Kanäle* [Niegemann u. a., 2008, S. 48] zum Lerngegenstand nutzen und auch verschiedene Lerntypen ansprechen. Prinzipiell ist der Einsatz von E-Learning in allen Altersstufen möglich, auch in der Grundschule [Richter, 2013].

Durch den Einsatz von *Multimedia*, Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT) und der sogenannten *neuen Medien* sollen auch Medienkompetenzen gesteigert werden [Wiegand, 2014, S. 100]. Der Begriff der *neuen Medien* beschreibt in Lernkontexten seit den 1990er Jahren die »Wissensaufbereitung oder Informationsvermittlung, die in digitalisierter Form über Computer oder Internet erreichbar sind« [Aufenanger, 1999, S. 4]. Dabei ist der Begriff an sich unglücklich gewählt, weil »neu« ein Begriff der zeitlichen Perspektive ist und diese *neuen Medien* unter Umständen für die heranwachsende Generation nicht mehr ganz so neu sind [Peters, 2000, S. 35 f.]. Historisch betrachtet wurden als »neue Medien« ursprünglich auch Radio und Fernsehen⁵ bezeichnet, die nach aktueller Definition des Begriffs i. d. R. nicht dazu gezählt werden [Wikipedia, 2015c].

Neben Multimedia wird auch der Begriff *Hypermedia*, besonders in der wissenschaftlichen Beschäftigung mit E-Learning, verwendet. Er beschreibt die Vernetzung von Medien und ihre verknüpften

⁵Das Zitat von EDISON auf Seite I untermalt diese Betrachtungsweise noch mit der Perspektive auf Lernmedien.

Information, die letztlich auch in der jungen Lerntheorie des *Konnektivismus* (siehe Abschnitt 2.1.4, S. 19) münden und eine neue Sichtweise auf Multimedia erschließen. Nicht mehr bloßes Nebeneinander, sondern verbundenes Miteinander verschiedener Mediensorten sollen das Lernen erleichtern.

Oft wird E-Learning mit *virtuellem Lernen* synonym benutzt [Petko, 2010, S. 9]. Der begleitende Gedanke dabei ist, dass Virtualität in einem geschlossenen Raum, wie dem Internet oder anderen Informatiksystemen, verortet ist, jedoch auch hier *real* ist und zu echtem Lernen beiträgt [Arnold u. a., 2013, S. 14]. Die zu erwerbenden Kompetenzen verbleiben nicht innerhalb des geschlossenen virtuellen Lernsystems, sondern werden nach außen geführt und auf reale Probleme und Situationen übertragen.

Da E-Learning ein weiter, umfassender Begriff ist, der das große Gebiet des Lernens mit Hilfe elektronischer Werkzeuge umfasst, spezifiziert *Blended Learning* ein »verbundenes«, »gemischtes« oder »hybrides« Lernen, das E-Learning und nicht elektronisch gestützte Lernformen miteinander verbindet. Blended Learning beschreibt dabei eine Lernkultur, die »selbstständige Arbeitsphasen, Einzelaktivitäten und Gruppenphasen, herkömmliche Texte und multimediale Lernmaterialien sowie andere traditionelle und neue Elemente in sinnvoller Weise« verbindet [Petko, 2010, S. 11]. Informatiksysteme werden hierbei lediglich unterstützend eingesetzt und tragen nicht den alleinigen Fokus des Lernarrangements. Eine Kombination verschiedener Medien sowie *plugged* und *unplugged*⁶ Arbeitsformen sollen dabei Computer und Internet in das Lernen integrieren und neue Möglichkeiten eröffnen angestrebte Lernziele zu unterstützen. Eine Mischung von synchroner und asynchroner Kommunikation über Dienste im Internet, sowie vor Ort innerhalb der Lerngruppe zielen auf kooperatives und individuelles lernen ab [Niegemann, 2004, S. 247]. Blended Learning ist immer auch mit Präsenzunterricht verbunden. Wenn im weiteren Verlauf dieser Arbeit die Rede von E-Learning ist, dann ist damit immer auch Blended Learning gemeint, weil einerseits der Präsenzunterricht an allgemeinbildenden Schulen betrachtet wird und andererseits immer auch *unplugged* Elemente des Unterrichts einbezogen werden und die Lehrkraft nicht gänzlich durch ein Informatiksystem ersetzt werden soll. Auch ist Blended Learning ein Forschungsschwerpunkt innerhalb der Didaktik der Informatik [Schubert u. a., 2011, S. 205].

Nach PETKO und GORSLER lassen sich drei Stufen des Blended Learning klassifizieren [Petko, 2010, S. 14; Gorsler, 2010, S. 3 f.]:

- (1) E-Learning als optionale Ergänzung des Unterrichts. Hierbei werden Material, Aufgaben und Übungstexte unabhängig vom Präsenzunterricht für freiwilliges Lernen und Selbsttests bereitgestellt.
- (2) E-Learning in Phasen als notwendige Vor- oder Nachbereitung des Präsenzunterrichts. Dabei werden die E-Learning-Inhalte wie Präsentation, Diskussion digitales Feedback in die individuelle Hausarbeit einbezogen.
- (3) E-Learning als kontinuierliche Begleitung inner- und außerhalb des Unterrichts durch Lerntagebücher, Einbindung sozialer Netzwerke, Dokumentation von Projektarbeiten in kollaborativen Wikisystemen. Dazu gehört auch, dass einige Aufgaben sowohl mit als auch ohne Informatiksystem bearbeitet werden können.

⁶Mit »unplugged« ist Lernen und Arbeiten ohne die Unterstützung von Informatiksystemen durch das sinnbildliche Ausstöpseln des Netzsteckers gemeint. Die Begriffe sind angelehnt an *Computer Science unplugged* [Bell u. a., 2006].

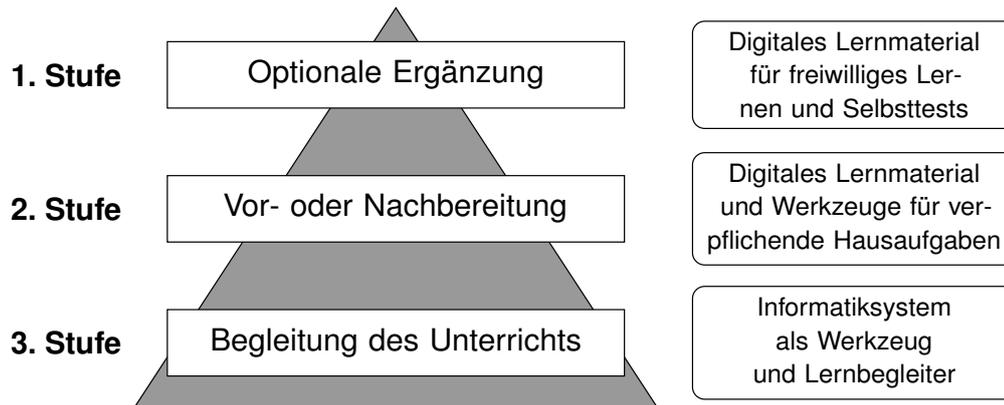


Abbildung 1.1: Stufen des Blended Learning nach [Petko, 2010, S. 14].

Diese Klassifikation umfasst bereits einige Funktionen und Ziele von E-Learning⁷, wie selbständiges individuelles Lernen, Unterstützung bei Vor- und Nachbereitung und Lerndokumentation und Feedback, lässt jedoch andere Aspekte des E-Learning, wie eine Unterscheidung von Werkzeugen und Material, außen vor. Sie gibt jedoch Indizien für eine stufenweise Integration von E-Learning in den Regelunterricht bzw. Präsenzunterricht.

E-Learning kann auch für Fernunterricht eingesetzt werden, um den Regelunterricht teilweise zu ersetzen oder zeitweise zu vertreten. Dies geschieht bei Schülerinnen und Schülern, die mit einem Orchester oder für einen Sportwettkampf unterwegs sind und deswegen eine längere Zeit nicht mit ihrer üblichen Lerngruppe in einer lokalen Schule lernen können. Das stellt für das Lehren und Lernen an allgemeinbildenden deutschen Schulen eine Ausnahme dar, auch wenn »elektronisches Lernen« nahelegt, dass man den gesamten Unterricht ausnahmslos über Informatiksysteme gestalten könnte [Drummer, 2009, S. 17; Drummer u. a., 2011, S. 204]. Erste Versuche an Sport- und Musikschulen zeigen die Möglichkeit einer Vermittlung von *Teilen* des schulischen Curriculums über E-Learning mit guten Ergebnissen [Börner u. a., 2010]. Abwesenheiten vom Unterricht können somit überbrückt werden. Eine komplett auf E-Learning basierende und das gesamte Curriculum umfassende Vermittlung der Unterrichtsgegenstände ist dabei aber weder untersucht, noch angestrebt. Wenn in den folgenden Kapiteln die didaktischen Ansprüche an E-Learning diskutiert werden, geht es immer auch um die Herausforderungen und neuen Möglichkeiten für die Lehrenden im Sinne eines nicht ausschließlich digitalen Unterrichts.

Es stellt sich nun die Frage, ob das Schulfach Informatik mit Blick auf die vorangegangene Definition von E-Learning selbst immer auch E-Learning ist. Aus den Lerngegenständen im Curriculum der Schul informatik scheint es naheliegend, dass Informatik, die sich mit Daten, Algorithmen, Informatiksystemen etc. befasst, leicht mit Unterstützung durch Informatiksysteme zu lernen sei. Lernwerkzeug und Lerngegenstand wären beide in dem Begriff des Informatiksystems verbunden und damit untrennbar auch E-Learning.

Nun ist es zum einen glücklicherweise nicht immer nötig innerhalb des Informatikunterrichts auch mit Informatiksystemen zu arbeiten. Gute Ansätze für die Vermittlung von grundlegenden Ideen und Kompetenzen der Informatik gibt *Computer Science unplugged* [Bell u. a., 2006] ganz ohne den Einsatz

⁷Für eine ausführlichere Beschreibung von Funktionen und Zielen des E-Learning siehe Abschnitt 2.2, S. 20.

von Informatiksystemen. Zum anderen soll der Unterricht zwar der »Lebensvorbereitung und Orientierung in einer von der Informationstechnologie geprägten Welt« [MSW-NW, 2013, S. 10] dienen, hat aber nicht die Benutzung eines Informatiksystems als Ziel. Vielmehr umfasst der Informatikunterricht »fundamentale und zeitbeständige informatische Ideen, Konzepte und Methoden«, sowie Aspekte der Sicherheit und dem Gebiet der *Informatik, Mensch und Gesellschaft*, die alle unabhängig von spezifischen Informatiksystemen thematisiert werden können und dadurch nicht zwingend E-Learning sein müssen.

Dennoch ist ein Teil des Informatikunterrichts per Definition E-Learning, wenn Programmierung bzw. Implementierung auf eine Phase der von Schülerinnen und Schülern gestalteten Prozessmodellierung folgt, da diese nur mit elektronischen Hilfsmitteln umgesetzt wird. Die Implementation des eigenen Entwurfs ist notwendiger Teil des Verstehens des eigenen modellierten Systems [Schubert u. a., 2011, S. 13].

»Wenn der Lösungsplan gefunden wurde, kann der Schüler mit ihm experimentieren – ihn implementieren und erproben –, bis die erzeugten Ergebnisse den anfangs formulierten Anforderungen entsprechen.«

[Schubert u. a., 2011, S. 34]

Die Implementation, die i. d. R. innerhalb eines Texteditors oder einer Programmierumgebung in einem Informatiksystem geschieht, gehört zu den praktischen Tätigkeiten im Informatikunterricht und ist wichtig für die Überprüfung und Veranschaulichung der Lösungsansätze der Lernenden und entscheidend für ihre Motivation [Hubwieser, 2007, S. 72]. Deswegen ist sie auch als Aufgabe und Ziel des Faches im Kernlehrplan gekennzeichnet und einer der fünf Kompetenzbereiche [MSW-NW, 2013, S. 10,15]. Die dabei von den Schülerinnen und Schülern gestalteten Lösungsansätze sind interaktiv und gestalterisch kreativ. Informatikunterricht ist durch diese Merkmale sogar qualitativ hochwertiges E-Learning.

Der Nutzen von E-Learning geht jedoch über die Implementation hinaus und kann wesentlich breiter eingesetzt werden, selbstverständlich auch in anderen Schulfächern. Dafür ist vor allem die »Herstellung von interaktiven und multimedialen Inhalten« für das Lernen wichtig [Petko, 2010, S. 9], sowie die Entwicklung passender didaktischer Konzepte, die E-Learning sinnvoll in den Lernkontext einbinden.

Wichtig für die Diskussion ist m. E. eine weitere Differenzierung des so umfassenden Begriffs des E-Learning. In der Literatur wird E-Learning oft mit *Computerbased Training* (CBT) oder *Web Based Training* (WBT) [Arnold u. a., 2013, S. 18] verbunden, deren Begriffe beide starken Bezug zu den Lernmaschinen der Skinnerschen Tradition zeigen. Außerdem wird E-Learning als Überbegriff für Lernplattformen verwendet, wohingegen etwa digitale Schulbücher oder Lernmaterialien mit echtem digitalen Mehrwert deutlich weniger diskutiert werden. Da aber all diese Bereiche des E-Learning unterschiedliche Funktionen im Lernkontext erfüllen, ist es sinnvoll zumindest grobe Kategorien zu finden. Dafür wird im weiteren Verlauf zwischen *E-Learning-Werkzeugen* und *E-Learning-Material* unterschieden, wobei letzteres in dieser Arbeit einen Schwerpunkt finden sollen.

1.3.1 E-Learning-Systeme

Der Begriff des E-Learning-Systems bedarf einer Erklärung. Im Kontext dieser Arbeit bezeichnet er einen übergeordneten Rahmen um Objekte im E-Learning Kontext. Der systemische Zusammenschluss verschiedener Elemente und Funktionen zeigt sich in Diensten, die etwa zum Lernmanagement eingesetzt

werden, aber auch in Sammlungen von Werkzeugen und Diensten in Form von Soft- oder Hardware. Im weiteren Sinne, können diese Systeme auch einen Rahmen für E-Learning-Material geben, indem sie fungieren wie ein digitales Bücherregal oder eine Lernplattform, die Materialien verwalten und bestimmte Zugriffe und Operationen erlauben.

1.3.2 E-Learning-Werkzeuge

Als E-Learning-Werkzeuge werden Programme und Systeme bezeichnet, die Lernende, Lehrende und Lernmaterialien zusammenführen [Lorenz u. a., 2011, S. 4] oder bei der digitalen Bearbeitung eines Lernobjektes den Lernprozess unterstützen. Sie können dabei Vermittlungs-, Lern- oder Kommunikationsmedium sein [Moser, 2008]. Dazu gehören sowohl Lernmanagementsysteme, Plattformen des Web 2.0 und Dienste zur Generierung, Anzeige oder Verknüpfung von Unterrichtsgegenständen.

Werkzeuge sind etwa auch kollaborative Kalendersysteme, Terminplaner, webbasierte Umfragen, Suchmaschinen- und Plattformen für Bild-, Video- und Audiodateien oder auch teilweise Präsentationssoftware [Magenheim u. a., 2011, S. 26]. Auch Programme zum Erstellen von Videoclips, Zeitleisten, Tagging Games oder Kreuzworträtseln sind Werkzeuge zur Erstellung oder Veranschaulichung von bestimmten Inhalten. Diese Werkzeuge können eingesetzt werden, um entweder von der Seite der Lehrenden Inhalte zu präsentieren, oder von der Seite der Lernenden Inhalte zu erarbeiten und in andere Formen zu übertragen.

Fachspezifische Werkzeuge wie Algebra-Pakete, Software zur Molekülmodellierung und Bildbearbeitungsprogramme sind in der Anwendung anspruchsvoller als übliche Bürosoftware. Für die Verwendung solcher Software im Unterricht werden Kompetenzen, die maßgeblich das fachliche Verständnis der Gegenstände in dem Bezugsfach bilden, mit der Bedienung komplexer Informatiksysteme kombiniert, deren effiziente Nutzung eine längere Einarbeitung voraussetzt. Eigens hierfür erstellte *Lernsoftware* versucht eine schülerfreundliche Mensch-Maschinen-Interaktion zu gewährleisten, die vom Vokabeltrainer bis hin zu interaktiven Lernumgebungen mit integrierten Simulationen reichen kann. Meist übernimmt die Lernsoftware dabei die Rolle der Lehrkraft und nutzt vorkonzipierte und vordefinierte Aufgabenanforderungen [Hartmann u. a., 2006, S. 4]. Die Integration solcher Lernsoftware in bereits von der Lehrkraft konzipierte Unterrichtseinheiten und -reihen ist daher recht unflexibel. Die Lehrkraft muss sich hier i. d. R. dem Programm anpassen, nicht umgekehrt.

Die vielleicht wichtigste Gattung von E-Learning-Werkzeugen sind die sogenannten *Autorenwerkzeuge*. Sie helfen den Autoren von Lernmaterialien (i. d. R. Lehrkräfte) bei der Erstellung und Strukturierung digitaler Lernbausteine [Hielscher, 2012, S. 1] in einem Lernkontext. Durch die Zusammenführung kleiner, modularer, multimedialer und/oder interaktiver Inhalte werden dabei digitale Lernmaterialien erstellt (siehe Abb. 1.2, S. 11).

Autorenwerkzeuge basieren auf verschiedenen Technologien und erstellen Material für bestimmte Geräte und Plattformen und sind damit nicht immer universell einsetzbar. So bringen Lernplattformen oft auch rudimentäre Autorensysteme für die eigene Plattform mit und können auch teilweise bestimmte Formate ineinander konvertieren, um fremdes Material zu integrieren [Hielscher, 2012, S. 3].

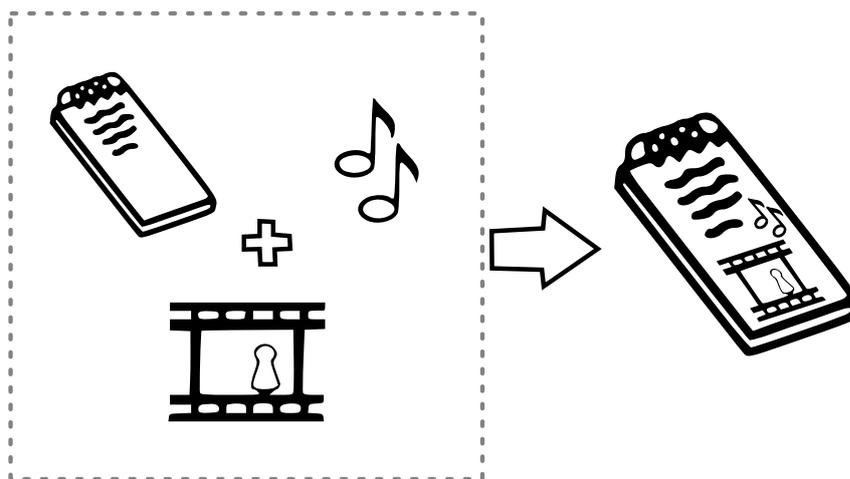


Abbildung 1.2: Illustration digitaler Autorenwerkzeuge nach [Lorenz u. a., 2011, S. 5].

Der wissenschaftliche Diskurs um E-Learning scheint weitestgehend werkzeugorientiert zu sein. Programme, Tools und Webdienste lassen sich leicht als einzelne Bausteine in den Unterricht integrieren und schaffen so erste Zugänge zur Integration von Informatiksystemen in die Lernumgebung.

1.3.3 E-Learning-Material

Aus dem Zusammenspiel verschiedener E-Learning-Werkzeuge, Multimedia und Autorenwerkzeugen resultiert E-Learning-Material. Dieses bildet einen digitalen Container für Wissensinhalte, Übungsaufgaben und Lernstandüberprüfungen. Dabei bezieht es sich auf ein Lernobjekt oder eine Lernaktivität, die nach einer bestimmten Zeit abschließbar ist [Kerres u. a., 2015, S. 28 f.].

Lernmaterialien bestehen wiederum aus kleineren Elementen wie Texten, Bildern, Videos oder interaktiven Programmen.⁸ Diese Lernobjekte können innerhalb eines strukturierten Lernmaterials modular eingesetzt, ausgetauscht oder in anderen Kontexten *remixed* werden. Lernmaterial wird üblicherweise von Lehrkräften für ihren eigenen Unterricht angelegt und verwaltet. Sie können dabei bestehende oder selbst konzipierte Unterrichtsreihen durch neue Elemente anreichern, um etwa das Material auf eine neue Lerngruppe anzupassen, oder Aktualität zu gewährleisten. Es ist dabei Lehrkräften gestattet, ihre Arbeiten mit anderen Kollegen und Kolleginnen zu teilen und zu diskutieren. Dies geschieht analog in jedem Lehrerzimmer und nun verstärkt innerhalb bestimmter Lizenzierungen auch im Internet. Die Urheber- und Nutzungsrechte müssen bei einer Veröffentlichung jedoch geprüft und beachtet werden. Hier muss auch die Verwendung von proprietärer und freier Medien und Software bedacht werden (siehe Abschnitt 3.2, S. 44).

Um im Unterrichtseinsatz eine erhöhte Effizienz gegenüber analogen Unterrichtsmaterialien zu erreichen, benötigt E-Learning-Material einen *digitalen Mehrwert*. Dieser besteht i. d. R. in der Verwendung von Multimedia, Interaktivität oder auch durch verbesserte Verfügbarkeit und Anpassungsmöglichkeiten (siehe Abschnitt 3.1, S. 38). Durch dieses Kriterium kann E-Learning von simplen Materialsammlun-

⁸Mit interaktiven Programmen sind z. B. Multiple Choice Aufgaben oder durch Parameter beeinflussbare Simulationen, sowie integrierte Entwicklungsumgebungen für Programmier- oder Scriptsprachen gemeint.

gen im Internet unterschieden [Flindt, 2005, S. 29] und Entscheidungen für die didaktisch begründete Integration von E-Learning-Material in den Unterricht getroffen werden.

1.4 Notwendigkeit von E-Learning und Medienkompetenz in allgemeinbildenden Schulen

In einer modernen Informations- und Wissensgesellschaft mit der Allgegenwärtigkeit von Informatiksystemen (*ubiquitous computing*) und der Nutzung digitaler Informations- und Kommunikationsmedien scheint es, als würde das Wissen über diese Gegenstände informell, also außerhalb einer Bildungsanstalt, im Alltag erlernt werden [Overwien, 2009, S. 26]. Die stetig wachsende Bedeutung der Informatik- und Medienkompetenzen fordert aber auch in den Bereichen des formalen Lernens die allgemeinbildenden Schulen dazu auf, sowohl die Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler, als auch die der Lehrkräfte in diesen Bereichen auszubauen.

Die Forderung nach Medienkompetenz meint in aktuellen Veröffentlichungen nicht etwa die intensive Auseinandersetzung mit Tafel und menschlicher Sprache, die ebenfalls *Medien*⁹ sind, sondern bezieht sich auf Kompetenzen für Informations- und Kommunikationstechnologien oder auch *Neue Technologien*. Um die »alten« von den »neuen« Medien zu trennen, schlägt HUBWIESER deshalb vor, zwischen »herkömmlichen und computerbasierten Medien« zu unterscheiden [Hubwieser, 2007, S. 45]. Letztere sind entsprechend immer Teil eines Informatiksystems [Humbert, 2003a, S. 24]. Dabei haben die »alten Medien« nicht an Bedeutung für Individuum, Gesellschaft und Kultur verloren, sondern ergänzen und verändern die Schwerpunkte der Medienwelt durch technologische Entwicklungen [KMK, 2012, S. 3].

Durch die Verwendung neuer Medien in Schulen wird versucht, einen modernen und zeitgemäßen Unterricht zu etablieren, der in seiner Konzeption vereinfacht mit dem Einsatz von Informatiksystemen, der Umsetzung des digitalen Schulbuches und mit Smartboards assoziiert wird [Fey u. a., 2013, S. 55]. Dabei wird echter digitaler Mehrwert leider nicht immer erreicht und die Steigerung der Medienkompetenz bislang nicht geprüft. Es bedarf zusätzlich noch didaktischer und pädagogischer Gesamtkonzepte, um die zu erwerbenden Kompetenzen gezielt zu fördern. Der Handlungsbedarf dafür ist groß, da internationale Studien große Defizite bei der Entwicklung dieser Kompetenzen in Deutschland aufzeigen.

1.4.1 Status quo der Nutzung von Informatiksystemen

Es folgt eine Darstellung und Interpretation zum Status quo des Umgangs mit Informatiksystemen im privaten und im schulischen Kontext. Information hierfür liefern besonders die internationale Vergleichsstudie ICILS (*International Computer and Information Literacy Study*) [Bos u. a., 2014] und die JIM-Studie (*Jugend, Information, (Multi-)Media. Basisstudie zum Medienumgang 12- bis 19-Jähriger in Deutschland*) [MPFS, 2014]. Beide Studien untersuchen den Umgang Jugendlicher mit Medien und Informatiksystemen.

Es zeigt sich, dass Deutschland im internationalen Vergleich bezüglich der Internetnutzung hinter anderen Staaten liegt [Groebel u. a., 2012, S. 5]. Daran gebunden ist auch ein deutlich niedrigeres Kompetenzniveau in Bezug auf den reflektierten Umgang mit digitalen Medien und dem Internet. Im Vergleich

⁹Medien fungieren als Vermittler: Sie speichern, verarbeiten, übertragen Daten und/oder Wissen [Humbert, 2011, S. 199].

mit anderen europäischen Ländern befinden sich deutsche Schülerinnen und Schüler im Mittelfeld [Eickelmann, Gerick u. a., 2014, S. 16]. Dabei ist das Vorbereiten der Schülerinnen und Schüler auf ein Leben in einer Informations- und Wissensgesellschaft durch den Zugang und die Befähigung zur strukturierten Nutzung von digitalen Technologien und Medien auch Aufgabe der Schule [Wiater, 2013, S. 19].

Vergleicht man das Privatleben und das schulische Leben, so lässt sich eine gewisse Diskrepanz erkennen: Während 100% der Schülerinnen und Schüler in ihrem Haushalt einen Computer oder Laptop haben, so findet sich in den Schulen nur in 36,4% der Fachräume mindestens ein PC. In Klassenräumen liegt die Quote sogar nur bei 25% (Stand 2011) [Bonitz, 2013, S. 134]. Hier sei das erste mal gezeigt, dass der Umgang mit Informatiksystemen zwar im Alltag angekommen ist, im Schulkontext aber weitaus weniger eingesetzt wird. Dabei kann noch nicht herausgestellt werden, ob pädagogische oder finanzielle und infrastrukturelle Gründe dazu beitragen.

Ein leichter Trend zu der Verwendung von mobilen Informatiksystemen im Unterricht bei etwa 12% der Schülerinnen und Schüler lässt dabei auf verstärkte zukünftige Veränderungen schließen. Momentan dürfen 2% der Schülerinnen und Schüler diese Geräte auch mit nach Hause nehmen und privat benutzen [MPFS, 2014, S. 33]. Betrachtet man allgemein die Verwendung von Informatiksystemen *für* die Schule, so geben 49% der Schülerinnen und Schüler an, ihr System zu Hause mehrmals pro Woche zu nutzen, um für die Schule zu arbeiten oder zu lernen [Hofmann u. a., 2013, S. 164 f.]. Sie benutzen es im Durchschnitt 51 Minuten pro Tag, wobei Mädchen etwas länger als Jungen arbeiten (57/46 min) [MPFS, 2014, S. 30] und die Dauer mit steigendem Alter zunimmt. Den größten Anteil hat dabei die Kommunikation mit Mitschülern über Hausaufgaben, das Nachlesen und Suchen von Information, gefolgt vom Schreiben von Texten und dem Durchführen von Berechnungen. Bei der Nutzung von Informatiksystem *in* der Schule ist Kommunikation mit anderen, sowie die Benutzung von Lernprogrammen eher unüblich, wohingegen das Recherchieren von Information und das Verfassen von Texten im Mittel etwa wöchentlich eingesetzt wird [MPFS, 2014, S. 32]. Eigene Präsentationen führt ein Großteil der Schülerinnen und Schüler mindestens gelegentlich durch. Es lassen sich hier teilweise Divergenzen zwischen privaten und schulischen Medienpraktiken finden [Hiller, 2013, S. 49]. Während Recherche und Präsentation von Information in Fließtext oder Beamerpräsentation üblich sind, so ist der Aspekt der Kommunikation oder Kollaboration innerhalb der schulischen Benutzung der Systeme gegenüber dem privaten Gebrauch des Internets unterrepräsentiert. Ein Erklärungsansatz für diese Divergenz ist, dass die Lernenden im Gegensatz zu vielen Lehrkräften *digital Natives* sind, also mit den neuen Medien aufgewachsen sind.

»Sie [die Schülerinnen und Schüler] verarbeiten extensiver und intensiver Informationen, bewegen sich in dichten Kommunikationsnetzen, leben sowohl online als auch offline wie in einer Hybrid-Existenz und wechseln zwischen beiden Sphären wie selbstverständlich hin und her.«

[Palfrey u. a., 2008, S. 5] zitiert in [Hiller, 2013, S. 44]

Bezüglich der Erfahrungswerte und Kompetenzen der Lehrkräfte spielen dabei jedoch viel mehr Aspekte eine Rolle, die in Abschnitt 2.4, S. 32 aufgegriffen werden. Viel mehr als einer individuellen Weiterbildung für die Verbesserung der Medienkompetenz bedarf es einem Umdenken für die effektive Integration von E-Learning im Unterricht als Gesamtkonzept. Hierfür bedarf es jedoch auch weiterer

Untersuchungen bezüglich des »optimalen Zeitraums von E-Learning-Sequenzen oder des Einflusses der externen Steuerung des Lernweges durch die Lehrkraft« [Drummer u. a., 2011, S. 204].

Letztendlich fehlt den deutschen Schülerinnen und Schülern trotz des vorhandenen Zugangs zu Informatiksystemen und computerbasierten Medien der reflektierte Umgang mit ihnen. Dazu gehört auch das Verständnis über die Funktionsweise dieser Systeme, das ein Teil der Informatikkompetenz darstellt [Kossel, 2015]. Differenziert man die Dimensionen der Computernutzung, so lässt sich unterscheiden zwischen der Nutzung von Medien mit passivem und abhängigem Charakter und der Gestaltung von Medien mit aktivem und selbständigem Charakter. Der Unterschied besteht auch in der Benutzung und dem Verstehen der Geräte [Schulte u. a., 2011, S. 98,105]. Für Letzteres ist der Informatikunterricht unabdingbar.

Die geforderten Informatik- und Medienkompetenzen gehen weit über die Nutzung von Diensten sozialer Medien, Spielen und Videos hinaus [Pilz, 2014], welche sich die Schülerinnen und Schüler informell aneignen. Der Lerngegenstand ist dabei aber auch das Internet und die digitale Gesellschaft [Groebel u. a., 2012] und erfordert strukturierten Unterricht mit einem didaktischen Konzept, der etwa die Befähigung zur Bewertung von Vertrauenswürdigkeit von Webseiten fördert. Nachholbedarf besteht auch im digitalen sozial verantwortlichen Handeln, um Cybermobbing zu verhindern [Hilbig, 2014], sowie bei der Lizenzkompetenz bezüglich digitaler Probleme des Urheberrechts [Salamon, 2013] und des Datenschutzes, die bei Schülerinnen und Schülern schlecht ausgeprägt sind und deswegen stärker im Informatikunterricht gefördert werden müssen [Babnik u. a., 2013, S. 3].

Da Informatik in mehreren Bundesländern, so auch in Nordrhein-Westfalen, kein Pflichtfach ist und deshalb nicht von allen Schülerinnen und Schülern der weiterführenden Schulen besucht wird, werden die hier geforderten Schlüsselkompetenzen für das Lernen und Leben mit Informatiksystemen nur unzureichend vermittelt. Während Medienbildung als »Querschnittsaufgabe« fächerübergreifend vermittelt werden soll [Wiegand, 2014, S. 101], kann nur das Schulfach Informatik den reflektierten Umgang mit (vernetzten) Informatiksystemen ausreichend thematisieren.

Betrachtet man IT-, Rechner-, Computer-, oder Informatikräume in Schulen [vgl. Wiegand, 2014, S. 100], die i. d. R. keine regulären Klassenräume sind, sondern als Fachräume abgesondert angelegt sind, so unterscheidet sich die ihre Nutzung von dem Vorgehen im anderen Unterricht [Pilz, 2014]. Während der reguläre Unterricht von der Lehrkraft strukturiert und geleitet wird, so erhalten die Schülerinnen und Schüler bei den seltenen »Ausflügen« in den Computerraum zur Recherche eines Lerngegenstandes weitestgehend Freiheiten durch die Mächtigkeit des Informatiksystems, die nicht auf das Lernen fokussiert und eingegrenzt werden. 43,7% der Schulen stellen transportable Informatiksysteme zur Verfügung, um diesen Missstand zu beheben [Eickelmann, Gerick u. a., 2014, S. 18], oder verfolgen den BYOD Ansatz¹⁰, bei dem Schülerinnen und Schüler ihre eigenen privaten Informatiksysteme mitbringen und nutzen können. Dadurch wird versucht, die Informatiksysteme besser in den Unterricht zu integrieren, anstatt sie auch räumlich vom gewohnten Lernort zu trennen. Durch E-Learning mit mobilen Endgeräten können gewohnte Lernumgebungen mit den Vorteilen der Informatiksysteme kombiniert werden und neue Möglichkeiten des Lernens und Lehrens erschaffen. Hier gibt es jedoch mit dem Fehlen von digitalen Arbeitsblättern, die digital verteilt, bearbeitet und präsentiert werden können weitere Hürden, die theoretisch technisch lösbar, jedoch praktisch nicht umgesetzt sind.

¹⁰BYOD: Bring-Your-Own-Device.

1.4.2 Forderungen nach Lernen mit E-Learning

Der Einsatz von E-Learning im Schulunterricht ist vielseitig gestaltbar und fördert dadurch verschiedene Kompetenzen, die weit über eine allgemein gefasste Medienkompetenz hinaus gehen. Aus pädagogischer Perspektive ist E-Learning in allen Schulfächern zur Unterstützung des handlungs- und kompetenzorientierten Unterrichts im Rahmen der Bildungsstandards und Kernlehrplänen einsetzbar. Zusätzlich zu der Förderung der Informatik- und Medienkompetenz sollen durch den Einsatz digitaler Werkzeuge kollaborativen Lernens auch die Basiskompetenzen, wie Sach-, Sozial- und Methodenkompetenz, erweitert werden. Weiterhin vereinfachen die Möglichkeiten des E-Learning Aspekte wie Binnendifferenzierung und den Umgang mit der Heterogenität einer Lerngruppe. Dafür können regelmäßig digitale Leistungsmessungen und die Dokumentation des Lernfortschritts in den Unterricht integriert werden. Eine genauere Untersuchung der Ziele von E-Learning findet sich in Abschnitt 2.2, S. 20. Um diese Ziele zu erreichen benötigt es auch zusätzliche Weiterbildungsangebote für Lehrkräfte und einen systematischen Wandel der Pädagogik. Dies ist dabei auch Teil der Abwandlung von »Wissen auf Vorrat« zur Kompetenzorientierung [Gorsler, 2010, S. 2].

Im Zusammenhang mit der Diskussion der digitalen Agenda im Bundestag wird für die Schulentwicklung eine verstärkte Digitalisierung bestimmter Bereiche und der Einsatz von E-Learning gefordert. Durch digitale Schulbücher, Lehr- und Lernmedien sowie deren Zugänglichmachung im Internet bzw. in schulischen Intranets und durch den verstärkten Einsatz mobiler Informatiksysteme sollen Schülerinnen und Schüler zukünftig Informatiksysteme als allgegenwärtige Arbeits- und Lernwerkzeuge verstehen [Bundestag, 2015, S. 4].

Das pädagogische Potential der Systeme wird auch von der Kultusministerkonferenz erkannt, die Medienbildung als eine »gesamt gesellschaftliche Aufgabe« bezeichnet, die nur in Kooperation von Schule, Familie, Politik, Wirtschaft und Kultur erfüllt werden kann [KMK, 2012, S. 3]. Ziel dieser Medienbildung ist dabei, Lernprozesse zu ermöglichen, die Wissen und Können, Anwenden und Gestalten sowie Reflektieren, Bewerten, Planen und Handeln umfassen [KMK, 2012, S. 4]. Die kommenden Entwicklungen einer stärker mit E-Learning verbundenen Schul- und Unterrichtsentwicklung müssen demnach auch die Förderung »computer- und informationsbezogener Kompetenzen« durch den Unterrichtsalltag beinhalten [Eickelmann, Gerick u. a., 2014, S. 17]. Dabei gilt es auch, das Leistungsniveau der Schülerinnen und Schüler für den deutschen Arbeitsmarkt zu steigern und die Anschlussfähigkeit an internationale Entwicklungen zu gewährleisten [Albers u. a., 2011, S. 7; Eickelmann, Gerick u. a., 2014, S. 17]. Die hier benötigte Informatikkompetenz spielt jedoch nicht nur für die *Employability* eine Rolle [Arnold u. a., 2013, S. 21], sondern auch für den privaten Gebrauch von Informatiksystemen und für Lernprozesse innerhalb des E-Learning.

1.4.3 Computer Literacy als Kulturtechnik

Im Kontext der Informatik- und Medienkompetenzen werden auch »computer- und informationsbezogenen Kompetenzen«¹¹ gefordert. Diese beschreiben die »individuelle Fähigkeit einer Person Informatiksysteme und neue Technologien zur Recherche, Gestaltung und Kommunikation von Information verwenden und bewerten zu können« [Eickelmann, Gerick u. a., 2014, S. 10].

¹¹Engl. computer and information literacy.

Der Begriff »Digital Literacy« wird verwendet, um die grundlegende Kompetenz für Kommunikation, Zugang zu Information, Erstellung von Inhalten, digitale Unterhaltung, Produktdesign, Logistik uvm. begründet durch ubiquitous computing zu beschreiben. Es bezeichnet dabei keine wissenschaftlichen, sondern praktische Grundkompetenzen, die ab der ersten Klasse in der Schule konsequent erworben und erweitert werden sollten [Gander u. a., 2013, S. 7].

»Any citizen of a modern country needs the skills to use IT and its devices intelligently. These skills, the modern complement to traditional language literacy in language (reading and writing) and basic mathematics, are called digital literacy.«

[Gander u. a., 2013, S. 7]

»Computer literacy« als vierte Kulturtechnik – nach Lesen, Schreiben und Rechnen – wird seit den 1980er Jahren diskutiert [Arlt, 1982] und kann nun mit einer Verankerungen eines digitalen Curriculums und der Integration von E-Learning in den Regelunterricht stärker gefördert werden. Dabei wird das Ziel verfolgt, dass Schülerinnen und Schüler im Alter von zwölf Jahren Grundfähigkeiten im Tippen an einer Tastatur, sowie in der Bearbeitung und Erstellung von Dokumenten, Präsentationen und Zeichnungen erworben haben. Hinzu kommt das Verständnis über grundlegende Eigenschaften verschiedener Dateiformate, Speicher-, Kopier- und Suchfunktionen, Operationen in Dateibäumen, Wege der Onlinekommunikation, sowie Kompetenzen zu Sicherheit und Ethik von und mit Informatiksystemen [Gander u. a., 2013, S. 7 f.]. Hierfür werden Konzepte zur Umsetzung und Gestaltung benötigt [Humbert, 2003b, S. 56], die mit E-Learning umgesetzt werden können.

Der Anspruch der schulischen Medienbildung, die sich als dauerhafter, pädagogisch strukturierter und begleitender Prozess der konstruktiven und kritischen Auseinandersetzung mit der Medienwelt versteht [KMK, 2012, S. 3], ist hoch. Eine Umsetzung allein durch die Anschaffung von Smartboards (siehe Abschnitt 3.4.2, S. 59) oder durch Einbindung Web 2.0 und *WebQuests*¹² in den Unterricht leistet dies nicht [Magenheim u. a., 2011, S. 36 f.]. Alle Fächer müssen versuchen, einen *pädagogischen Mehrwert* durch digitale Werkzeuge und Materialien zu erreichen und damit zur Verbesserung des Unterrichts beizutragen [Arnold u. a., 2013, S. 387; Matthes, Schütze u. a., 2013b, S. 7] und implizit Digital Literacy zu fördern.

Weit mehr noch müssen auch gesellschaftliche Aspekte von Digital Literacy, wie Ethik und Werte innerhalb der Informations- und Wissensgesellschaft, oder auch der *commons-based information society*, thematisiert werden [vgl. Kuhlen, 2008, S. 141,196]. Für deren Verständnis und Rezeption ist jedoch technisches und logisches Grundlagenwissen notwendig, das nicht durch den Zusammenschluss vieler Schulfächer aufgefangen, sondern nur durch die Strukturwissenschaft Informatik in den Schulen ausreichend vermittelt werden kann.

¹²WebQuests sind strukturiert angeleitete Rechercheaufgaben im Schulunterricht zu einem abgeschlossenen Thema.

2 Lerntheoretische Grundlagen von E-Learning

Lernen und Lehren verändert sich mit E-Learning [Arnold u. a., 2013, S. 99]. Zwar sind grundlegende Lerntheorien und Konzepte nicht außer Kraft gesetzt, doch der Einsatz neuer Technologien und Methoden erfordert neue Perspektiven auf Lehrende, Lernende und Lernziele. Trotz des Einsatzes von programmierten Informatiksystemen wird Lernen keineswegs standardisiert, sondern individueller, kommunikativer und selbstgesteuerter. Es sind aber nicht nur die E-Learning-Systeme, die angepasst werden müssen, sondern auch die Didaktik und die pädagogischen Konzepte, die einen reflektierten Einsatz von E-Learning im Unterricht fördern können. Dabei steht auch die Frage zur Diskussion, ob E-Learning in bestehende Lernkonzepte integriert werden kann oder ob es einer eigenen E-Learning-Didaktik bedarf.

Die ICILS hat gezeigt, dass es deutschen Schülerinnen und Schülern an Medienkompetenz mangelt [Eickelmann, Gerick u. a., 2014]. Dies resultiert auch daraus, dass es Lehrkräften, die nicht mit den neuen Medien sozialisiert wurden, noch mehr an mediendidaktischer Kompetenz mangelt. Dieser Mangel muss durch Weiterbildung und neue Lehrkonzepte kompensiert werden. Dies soll dabei nicht als Zusatzbelastung, sondern als untrennbarer Teil der Fachdidaktik begriffen werden, der den Unterricht weiter optimiert und auf lange Sicht auch erleichtern soll. Ziel ist immer besserer Unterricht, höherer Lernerfolg und Motivationssteigerung der Schülerinnen und Schüler [Albers u. a., 2011, S. 10].

Eine Neukonzipierung des Unterrichts mit E-Learning bedeutet die Chance einer Orientierung weg vom *Computergestützten Unterricht* durch die Integration handlicherer mobiler Informatiksysteme (Smartphones, Tablets, Notebooks) in die Lernumgebung. Die neuen Werkzeuge erlauben Zugang zu Wissen, Kulturgütern, zu Lerngegenständen und gleichzeitig zu Kommunikation [Esken, 2015]. Es gilt nun, die vielseitigen Eigenschaften zu untersuchen und mit Lernkonzepten zu verbinden, um mit der Mixtur von E-Learning und didaktischen Überlegungen besseren Unterricht gestalten zu können [Albers u. a., 2011, S. 13].

2.1 Abbildung klassischer Lerntheorien

Die Auswirkungen der Technisierung von Schulen auf Lernprozesse, bis hin zu den Voraussetzungen des *mobilen Lernens* [Spittank, 2012] müssen mit lernpsychologischen Theorien vereinbar sein, um grundsätzlich den Einsatz von Informatiksystemen im Lernkontext bewerten zu können. Dafür sollen im Folgenden kurz grundlegende Lerntheorien vorgestellt, und ihre Vereinbarkeit mit E-Learning im Klassenunterricht untersucht werden [Albers u. a., 2011, S. 8].

Im Laufe des zwanzigsten Jahrhunderts haben sich Behaviorismus, Kognitivismus und Konstruktivismus entwickelt, die verschiedene Ansätze verfolgen, um Lernen als Prozess zu erklären. Neuere Entwicklungen versuchen Konzepte zum lebenslangen Lernen, die aus dem Wandel von Technologie und Gesellschaft resultieren, auch verstärkt durch informelle Lernsituationen mit Lerntheorien zu verknüpfen [Drummer u. a., 2011, S. 197 f.; Wiegand, 2014, S. 100]. Da Lernen ein individueller Prozess ist, der unabhängig von seinen Werkzeugen und Medien besteht, muss untersucht werden, welche Auswirkungen die Einbindung von Informatiksystemen auf ihn hat.

2.1.1 Behaviorismus

Der Behaviorismus basiert auf einem Reiz-Reaktion-Schema von zu erwartenden Konsequenzen einer Aktion. Verhaltensweisen des Lernenden werden durch Belohnung oder Sanktion verstärkt oder abgeschwächt, wodurch sich das Verhalten in zukünftigen Situationen durch diese *Konditionierung* ändert.

Erste Ansätze in einer Umsetzung dieses Schemas mit E-Learning durch »Lehrmaschinen«, »Sprachlabore« [Albers u. a., 2011, S. 7] und »Programmierte Instruktion« in den 1960er Jahren schlugen fehl [Arnold u. a., 2013, S. 106]. Elektronisch gestützte Trainings funktionieren nicht nach den Prinzipien des operanten Konditionierens, wenn Kompetenzen erworben werden sollen [Niegemann, 2004, S. 229].

Der neuere Ansatz der *Gamification* versucht nicht direkt mit Reiz-Reaktion zu lehren, sondern damit zu motivieren. Gamification beschreibt den Einsatz von Spiel-Elementen in Tätigkeitsbereichen außerhalb von Spielen [Deterding u. a., 2011] mit dem Ziel, das Verhalten von Menschen zu beeinflussen [Breuer, 2011]. Die Übertragung von Spielzügen, Regeln oder Punkten auf Lernsituationen bedarf dabei nicht unbedingt Informatiksysteme. Mit digitalen Lernfortschrittsanzeigen und Abzeichen (»badges«) für erreichte Erfolge werden Lernprozesse begleitet und visualisiert [Rauch, 2013, S. 2]. Das Erreichen bestimmter Lernabschnitte soll zur Motivationssteigerung beitragen. Man könnte dies als leichtes E-Learning bezeichnen, da der eigentliche Lernprozess nicht an Informatiksysteme geknüpft ist, sondern nur der Lernfortschritt digital dargestellt wird. Die Übertragung dieser Elemente, die vornehmlich aus Computerspielen bekannt sind, auf Lernsituationen gelingt dabei nur bedingt, weil auch andere Aspekte, die im Spiel motivieren, auf die Lernsituation übertragen werden müssten [Gonzales-Scheller, 2014, S. 49]. Die Motivationssteigerung entsteht nicht allein durch Fortschrittsanzeigen, sondern durch ihre Knüpfung an echte Lern- und Arbeitserfolge.

2.1.2 Kognitivismus

Als Kognitivismus wird individuelle Informationsverarbeitung von objektiv vorhandenen Fakten durch selbständige Denk- und Verstehensprozesse bezeichnet [Arnold u. a., 2013, S. 106]. Dabei versucht das Individuum neue Erfahrungen und Strukturen anzugleichen und ggf. vorhandene Schemata zu modifizieren oder neue zu entwickeln [Humbert, 2003b, S. 37 f.].

Dieser Ansatz ist maßgeblich verantwortlich für die Konzipierung von künstlicher Intelligenz [Baumgartner, 2003, S. 3]. Durch die Umsetzung mit *Intelligenten Tutoriellen Systemen* sollen Lernprogramme Lernende zu entdeckendem Lernen und dem Finden von Problemlösungen bei offenen Lernwegen anleiten [Arnold u. a., 2013, S. 107]. Die Systeme passen dabei ihr Vorgehen dynamisch an das lernende Individuum an.

2.1.3 Konstruktivismus

Der Konstruktivismus geht davon aus, dass es kein objektives Wissen gibt, das aus sich heraus besteht, sondern Wissen wird als im sozialen Kontext kompatible Annahme betrachtet [Arnold u. a., 2013, S. 107]. Wissenskonstruktion bedarf einer subjektiven Interpretation des Individuums [Schulmeister, 2002a, S. 73]. Durch aktive Konstruktion von Gedanken und Modellen im konkreten sozialen Kontext lässt sich dieser Ansatz nicht mit tragem Wissen vereinbaren und ist prozessorientiert.

Damit das gelingt, bedarf es einem Anwendungskontext in einer authentische Lernumgebung, die nicht zu stark (didaktisch) reduziert ist [Arnold u. a., 2013, S. 107 f.]. Wichtig ist auch Artikulation und Reflexion innerhalb eines sozialen Kontextes, in dem die Konstruktion gilt, um multiperspektivische Sichtweisen auf einen Gegenstand einzuordnen. Das aktive und entdeckende Lernen bedarf genügend Freiräume in der Bearbeitung der Aufgaben durch Lernmaterial und der Lernumgebung. Meist gibt es eine offene Menge an Lösungswegen. Dies ist im Bereich des E-Learning unterstützbar, aber nicht immer durch ein Programm prüfbar. Verfolgen digitale Lernarrangements dieses Modell, so streben sie die Vermittlung von Expertentum durch die Präsentation einer Musterlösung an [Magenheim u. a., 2011, S. 28]. Das Fehlen von sozialem Kontext in diesem System reduziert den Ansatz auf Vor- und Nachmachen.

In der Informatik ist das Modellieren ein kreativer Prozess des konstruktivistischen Lernens, der diese Freiräume gewährt [Schubert u. a., 2011, S. 356]. Die Gestaltung eines Programmes kann auf unzähligen Wegen zum Ziel führen und verläuft nicht nach einer einzigen Musterlösung. Viel mehr können Lernende hier innerhalb ihres sozialen Kontextes, der u. a. von eigenen Erfahrungen und den Anforderungen der Lehrkraft bestimmt ist, agieren. Sie müssen dabei eigene Zielsetzungen finden und konkretisieren, selbstständig Probleme durch Konstruktion von Objekten, Klassen und Abläufen lösen und schließlich ihre Ergebnisse in der Lerngruppe präsentieren [Schubert u. a., 2011, S. 359 f.]. Informatische Modellierung ist nach dieser Definition immer konstruktivistisch.

»Missverständlich wird die konstruktivistische Lerntheorie so interpretiert, als wäre sie besonders leicht mit E-Learning zu realisieren. [...] Betont wird dabei das aktive Handeln der Schüler. Das ›Klicken‹ von Bedienelementen einer Bildungssoftware ersetzt oder erleichtert das Denken jedoch nicht.«

[Schubert u. a., 2011, S. 204]

E-Learning-Systeme, die offene Aufgaben anbieten, müssen genügend Freiräume in der Bearbeitung erlauben. Je aktiver und kreativer Schülerinnen und Schüler dabei vorgehen können, desto leichter wird der Verstehensprozess. Dabei können die Systeme aufgrund der Vielzahl der möglichen Lösungen keine automatische Auswertung des Lösungsweges vornehmen. Mit der Integration von sozialen Netzwerken in den Lernkontext können Lernende verstärkt auch digital innerhalb sozialer Kontexte operieren und die Lehrenden zunehmend eine Rolle als Lernbegleiter und Organisator der Lernumgebung einnehmen [Drummer u. a., 2011, S. 200].

2.1.4 Konnektivismus

Als »Lerntheorie des 21. Jahrhunderts« wird der noch junge Konnektivismus bezeichnet, der auf einer Annahme eines gemeinsamen Konstruktivismus basiert [Kropf, 2013]. Er passt dabei die Grundannahme des sozial verträglichen Wissens so an, dass Wissen nicht länger ein persönlich verinnerlichtes Gut ist, sondern als die Fähigkeit, Ordnung in Informationsüberfluss zu bringen, bezeichnet wird [Arnold u. a., 2013, S. 110 f.]. Konnektivismus versucht die Beeinflussung von Technologien auf die Kommunikation und das Lernen aufzugreifen und besagt, dass die Halbwertszeit von Wissen sich immer schneller verringert und das Individuum deswegen verstärkt lebenslanges Lernen benötigt, um Aktualität zu gewährleisten [Siemens, 2005a]. Dies setzt auch voraus, dass informelles Lernen einen größeren Teil im Lernprozess

übernehmen wird. *Wissen, wie* und *wissen, was* werden durch *wissen, wo* ergänzt. Die Einbindung von Technologie verändert die Arbeits- und Denkweise des Gehirns. So ist das Lesen von Hypertexten durch Querverbindungen und Sprünge psycholinguistisch leicht anders, als bei linear aufgebauten Büchern.

Lernen wird als Operation in einem Wissensnetzwerk betrachtet, das die Rolle des Wissenskontext betont. Dabei wird von *Learning as a Network* gesprochen [Siemens, 2005b], das ein persönliches Wissensnetzwerk als Basis betrachtet, und dies mit dem Wissensnetzwerk des sozialen Umfelds verknüpft. Daraus entsteht ein Lernen im sozialen Netzwerk.¹³ Lernen und Wissen bestehen im Konnektivismus aus einer Vielfalt von Meinungen und entstehen durch Verbindungen von Information. Diese Verbindungen müssen gepflegt werden, um kontinuierliches Lernen zu erleichtern. Die Kernfähigkeit dafür ist das Erkennen der Verbindungen und Beziehungen zwischen Wissenseinheiten, die zu möglichst genauem und aktuellem Wissen beitragen, sowie Entscheidungsfindung [Siemens, 2005a].

Innerhalb von E-Learning können Wissensnetze gestützt von Hypermedia aufgebaut werden. Soziales, kollaboratives, aber auch selbstständiges und informelles Lernen finden Entsprechungen in E-Learning-Konzepten und lassen sich daher sehr gut mit dem Konnektivismus verbinden.

2.2 Didaktische Funktionen von E-Learning

Damit sich E-Learning gegenüber Lernformen, die ohne elektronische Geräte auskommen, legitimieren kann, muss es eine Vielzahl von didaktischen und pädagogischen Aufgaben erfüllen können. Auch muss der digitale Mehrwert bestimmte Aufgaben besser, oder zumindest anders bewältigen können, als etwa rein analoge Lernmedien oder Lernumgebungen, damit sich der Mehraufwand der Neukonzipierung des Unterrichts und des dafür eingesetzten Materials lohnt. Es gilt nun, zu betrachten, welche Funktionen E-Learning erfüllen kann und wie sich dies in den Unterricht integrieren lässt. E-Learning kann eingesetzt werden als Vermittlungsmedium (Präsentation, Smartboard), Lernmedium (multimediale Lernhilfe, selbstgesteuertes Lernen), Kommunikationsmedium (Instant Messaging, Blog, Soziale Medien, E-Portfolio), sowie als Kanal für Rückmeldung [Babnik u. a., 2013, S. 3]. Dabei sind diese Gruppen voneinander nicht scharf trennbar, sondern ihre Grenzen verschwimmen ineinander.

Die Grafik Abb. 2.1, S. 21 fasst mehrere Komponenten von E-Learning zusammen und gliedert sie in ein strukturierendes didaktisches Dreieck zwischen Lernenden, Lehrenden und Inhalt ein. Jede Komponente hat eine bestimmte Funktion, die mit oder ohne digitale Medien umgesetzt werden kann. Für die Wahl der geeigneten Werkzeuge und Materialien muss situationsbedingt nach Mehrwerten und Potentialen entschieden werden.

2.2.1 Motivationssteigerung

Das Lernen mit Informatiksystemen soll Schülerinnen und Schüler durch einen größeren Spielraum in der Bearbeitung und der Anfertigung individueller Lösungswege und Präsentationen motivieren. Dafür kann grundsätzlich stärker als bisher problemorientiert an »Real Life-Problemen« gelernt werden, anstatt »Lernen auf Vorrat« als pädagogisches Ziel zu betrachten. Letzteres wird in bestimmten Berei-

¹³Mit »sozialem Netzwerk« ist hier nicht eine Webplattform gemeint, sondern die sozialen Ressourcen, die über Familie, Freunde und Bekannte erreichbar sind, im Sinne des Soziologen BOURDIEU [Bourdieu, 1983].

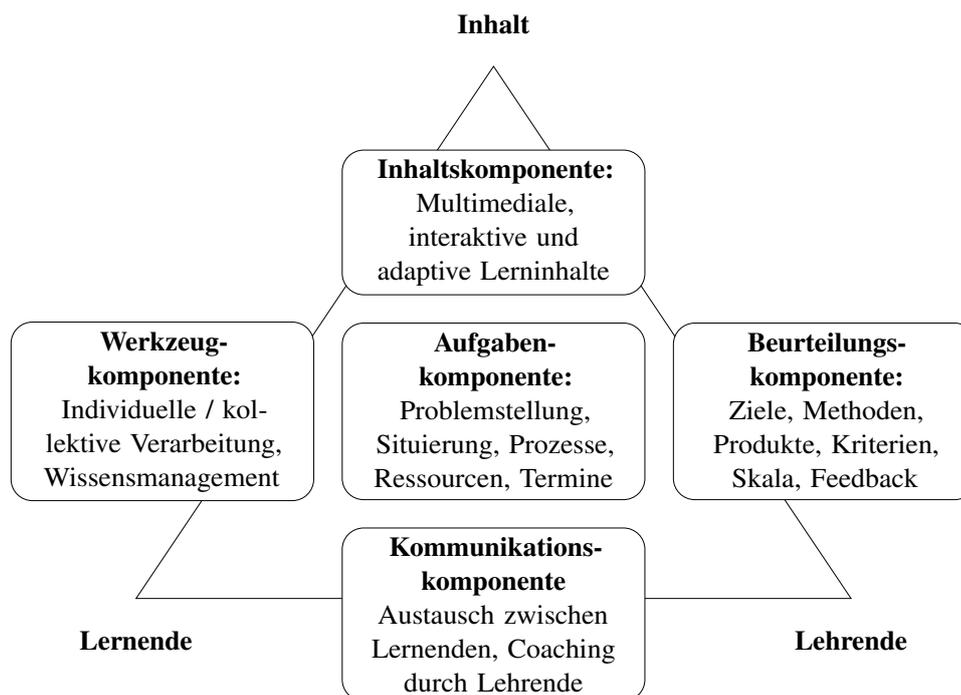


Abbildung 2.1: Aspekte der Gestaltung von E-Learning und Blended Learning nach [Petko, 2010, S. 15].

chen immer unwichtiger, da Information und Werkzeuge allezeit digital verfügbar sind. Wichtiger ist es, Logik und Konzepte von Lerngegenständen zu verstehen und Kompetenzen zu erwerben, um nicht nur Einzelprobleme, sondern Gruppen von ähnlichen Problemen lösen zu können. Die Akkumulation von problemorientiertem Wissen wird durch den Zugang zu *problemadäquaten Wissensressourcen* und die Fähigkeit ihrer Erschließung ersetzt [Magenheim u. a., 2011, S. 30]. Bestimmte Lerngegenstände, wie z. B. Vokabeln in Fremdsprachen müssen trotzdem weiterhin gelernt werden, weil diese Wissensbausteine grundlegende Elemente des Umgangs mit der Fremdsprache sind. Verständnis über Grammatik oder sprachenübergreifende Logiken bedürfen weiterer Kontextualisierung und Sammlung von Einzelinformation.

E-Learning ermöglicht leichter, das Lernen durch individualisierte personalisierte Übungen und Selbststeuerung anzureichern [Albers u. a., 2011, S. 9]. In einem selbstgesteuerten Unterricht definieren und bearbeiten die Schülerinnen und Schüler ihre Aufgaben selbstständig und werden dabei durch die Lehrkraft unterstützt. Durch den Einsatz von digitalen Hilfen und Werkzeugen kann diese den Erwerb von Fach-, Methoden-, Sozial-, und Medienkompetenzen gezielt fördern und bleibt untrennbares Element des Lernprozesses [Babnik u. a., 2013, S. 3].

Zu Beginn der Integration von Informatiksystemen im Unterricht stellen sich vier Typen von Benutzern heraus: »Enthusiasten«, »Spaßnutzer«, »Pragmatiker« und »Unerfahrene«. Diese ungleichen Einstiegsvoraussetzungen wirken sich im Umgang mit Informatiksystemen auf die daraus entstehenden Motivation aus [Schulte u. a., 2011, S. 99]. Hier gilt es besonders in der Anfangsphase auf eine Binnendifferenzierung und individuelle Förderung zu achten, damit allen Schülerinnen und Schülern ermöglicht wird, die neuen Lernwerkzeuge als solche kennen zu lernen und den Umgang mit ihnen zu erproben. Die Vielfalt der E-Learning-Werkzeuge und unterschiedliche Anforderungsniveaus unterstützen das individuelle und selbständige Lernen der unterschiedlichen Lerntypen durch die Anpassungsfähigkeit der Systeme an ihre

Nutzer. Notwendig sind hierfür auch Lernmaterialien, die solche Freiheiten einräumen und lernfördernd in den Lernkontext integrieren.

»Solche E-Learning-Phasen setzen eine Selbstregulation von Lernaktivitäten voraus, die für Experiment und Exploration typisch sind. Beide, Experiment und Exploration, erfordern besonderes Lernmaterial für die aktive Auseinandersetzung mit dem Lerngegenstand.«

[Schubert u. a., 2011]

Vorausgesetzt, der Unterricht ist gut von der Lehrkraft strukturiert und wird durch gutes Material gestützt, so lassen sich bei der Arbeit mit (mobilen) Informatiksystemen und digitalen Medien eine höhere Motivation, eine Zunahme der Selbstständigkeit, eine positive Auswirkung auf die soziale Kompetenz und weniger Disziplinprobleme feststellen [Herzig u. a., 2011, S. 77].

Für den Einsatz mobiler Informatiksysteme gibt es eine Reihe Belohnungskonzepte, die sich positiv auf die Motivation auswirken können [Groebel u. a., 2012, S. 6]:

- Die Verwendung attraktiver Anwendungen wirkt sich als emotionale Belohnung aus.
- Die Praxisnähe dieser Programme wird als Anwendungsbelohnung bezeichnet.
- Kommunikativer Austausch mit anderen Schülerinnen und Schülern, Lehrern und Eltern stellt soziale Belohnung dar.
- Mit persönlichen Geräten können auch individuelle Lerngeschwindigkeiten und damit Leistungsbelohnungen erreicht werden.

Produktorientiertes Lernen kann neben der Motivation auch die Schreibkompetenz und Kreativität der Schülerinnen und Schüler fördern [Albers u. a., 2011, S. 9]. Durch die Verwendung von Informatiksystemen bei der Konstruktion von Dokumenten und Medien wird auch die Fähigkeit zur Textproduktion und Rechtschreibleistung gesteigert [Herzig u. a., 2011, S. 73]. Dabei werden Schülerinnen und Schüler, die ungern handschriftlich schreiben, durch das Tippen am Informatiksystem zum Verfassen längerer Texte motiviert [Wiegand, 2014, S. 104]. Durch die Verwendung und Bearbeitung von multimedialen Inhalten zur eigenen Ergebnissicherung entstehen Produkte wie Präsentationen, Podcasts oder Kurzfilme, zu denen die Schülerinnen und Schüler zudem eine persönliche Bindung aufbauen und deswegen die Lerngegenstände stärker in ihrem eigenen Wissensnetz verankern können [Groebel u. a., 2012, S. 6].

Ähnliche Auswirkungen auf die Motivation kann das *forschende Lernen* haben, bei dem Schülerinnen und Schüler E-Learning zum Sammeln und Klassifizieren von Information einsetzen [Albers u. a., 2011, S. 9]. Dabei tragen sie Verantwortung für strukturiertes Vorgehen und die Validität ihrer Information. Dabei ist es wichtig, die Zusammenstellung und Schlussfolgerung der Schülerinnen und Schüler in den Vordergrund zu stellen, damit die Lernarbeit nicht auf das bloße Zusammenkopieren von Texten aus dem WWW¹⁴ reduziert wird. Ist die Eigenleistung zu gering, so bleibt auch die Motivation auf einem niedrigen Niveau. Das Informatiksystem sollte dabei nicht nur als Informationsressource, sondern auch als Multifunktionswerkzeug begriffen werden.

Kreatives Lernen, das Schülerinnen und Schüler zu visuell und akustisch gestaltenden Arbeiten anregt, kann motivationssteigernd sein [Babnik u. a., 2013, S. 3]. Im Informatikunterricht ist mit dem Begriff *Kreativität* eine kreative Leistung oder Tätigkeit gemeint, bei der die Lernenden eine kreative *Neuschöpfung*

¹⁴WWW: World Wide Web.

schaffen. Dazu gehört die Bildbearbeitung ebenso wie die Modellierung eigener Algorithmen [Schulte u. a., 2011, S. 110]. Dabei ist der Prozess, anders als in anderen Fächern, nicht durch »physikalische Eigenschaften der zugrundeliegenden Rohmaterialien« begrenzt und hat daher viel kreatives Potential [Schubert u. a., 2011, S. 358]. Prozesse der informatischen Modellierung basieren auf individuellen Fertigkeiten, Wissen und der »Freude am Schaffen schöner Software« [Knuth, 1974].

»We have seen that computer programming is an art, because it applies accumulated knowledge to the world, because it requires skill and ingenuity, and especially because it produces objects of beauty.«

[Knuth, 1974]

Durch die Mischung der »subjektiv menschlichen Ebene, den inhaltlichen Fachaspekten und der Nutzung der vorhandenen Technologien« entstehen unendliche Kombinationsmöglichkeiten für kreative und individuelle Lösungsansätze, nicht nur in der Informatik [Schulte u. a., 2011, S. 110]. Auch wenn der Einsatz von Informatiksystemen und E-Learning auf die meisten Lernenden einen positiven Effekt hat, so bedeutet dies nicht, dass sich alle Schülerinnen und Schüler für die Arbeit mit diesen Werkzeugen und Medien interessieren [Wessel, 2013, S. 165]. Es gibt keine allgemein nachgewiesene intrinsische Lernermotivation durch den Einsatz digitaler Medien. Wichtiger ist es, guten Unterricht zu gestalten [vgl. Hattie u. a., 2013].

2.2.2 Multimediale Informationsaufnahme

Beim Einsatz von Multimedia können Information multicodal (verschiedene Codierungen und Symbole) und multimodal (verschiedene Sinne) aufgenommen werden [Aufenanger, 1999, S. 4]. Die unterschiedlichen Repräsentationen gleicher und ergänzender Information hilft dabei dem kognitiven Verständnis von Inhalten durch eine verbesserte Informationsaufnahme für das Langzeitgedächtnis über einen visuell/bildhaften, sowie einen auditiv/verbalen Zugang [Niegemann u. a., 2008, S. 43].¹⁵

Multimedia hilft beim Vergleichen von Information, beim Generalisieren bzw. Verallgemeinern von Wissen, beim Aufzählen bzw. Zusammenstellen von Sachverhalten, sowie beim Klassifizieren bzw. Einordnen von Information [Niegemann u. a., 2008, S. 51]. Dabei gibt es auch Konsequenzen für das Lernen und für die Gestaltung von Lernmaterialien: Sobald dem Lernenden zu viel Information gemeinsam über einen Zugang (visuell/bildhaft oder auditiv/verbal) angeboten werden, ist das Arbeitsgedächtnis überlastet und der Wissenserwerb behindert. Den Zugang zu Variieren steigert demnach die Aufnahmefähigkeit. Dabei sollten auch nicht zu viel Information gleichzeitig auf beiden Zugängen verarbeitet werden. Auch soll der *Redundancy Effect* vermieden werden, der auftritt, wenn beide Zugänge die selbe Information simultan bieten [Niegemann u. a., 2008, S. 48].

2.2.3 Distribution und Darstellung von Information

Es ist sehr einfach mit vernetzten Informatiksystemen im Internet Information zu beschaffen. Das Durchsuchen von analogen Büchern und Lexika wird dabei durch digitale Äquivalente ersetzt. Für Recherchen

¹⁵Bei [Niegemann u. a., 2008] wird anstatt des Begriffs »Zugang« »Kanal« verwendet.

im Schulunterricht muss dieser Prozess jedoch durch die Lehrkraft angeleitet und eingeführt werden. Dabei bedarf es mehr, als nur den passenden Suchbegriff in die Suchmaske einzugeben und das erste Ergebnis auszudrucken. Untrennbarer Teil dieses Vorgangs ist auch eine gewisse Quellenkritik und die Strukturierung der gefundenen Information, sowie ihre Vernetzung mit vorhandenem Wissen. Dieses selbstständige Lernen ist bei der Verwendung von solchen Systemen zu fördern [vgl. Wiater, 2013].

Gefundene Information kann multimedial betrachtet werden und dabei das individuelle Lernen stützen. Dabei können die Darstellungsformen von Text, Sprache, Grafik oder Video variieren. So können vorgelesene Texte und Aufgabenstellungen im Bereich der Primarstufe eingesetzt werden, um bereits früh mit E-Learning viele Sinne anzusprechen [Niegemann u. a., 2008, S. 202]. Das Tempo bei der Betrachtung von Audio- und Videodateien können die Lernenden selbst bestimmen und Passagen nach Belieben wiederholen.

Verständnisfördernd ist auch die Hypermedialität, die durch die Verknüpfung von Information und Medien das individuelle Wissensnetz anreichert und verschiedene Anknüpfungspunkte finden kann [Niegemann u. a., 2008, S. 52 f.]. Eine Strukturierung und Auswertung dieser Informationsflut in eigene Darstellungsformen seitens der Lernenden führt dabei zur besseren Verarbeitung und Rezeption und zur Aufnahme in das Langzeitgedächtnis [Wiater, 2013, S. 23].

Für Lehrkräfte liegt der Vorteil digitalen Kopierens von Lerninhalten und Arbeitsmaterialien gegenüber ihrer analogen Pendanten auf der Hand: Es benötigt wenig Ressourcen (Speicherplatz, Zeitaufwand) und die Daten lassen sich schnell über vernetzte Systeme verteilen. Kopieren von Arbeitsblättern auf Papier und langsames Aushändigen des Materials in einer Lerngruppe wird dadurch unnötig. Die gesparte Zeit kann von der Lehrkraft für Unterrichtsvorbereitung und -durchführung eingesetzt werden. Ebenso können auch Lernende bei Vorträgen ihrer Erarbeitungen ihr gesammeltes oder erstelltes Material leichter mit der Lerngruppe und der Lehrkraft teilen. Auch wird dadurch die *echte Lernzeit* erhöht, von der die Qualität des Unterrichts maßgeblich abhängig ist [vgl. Meyer, 2004, S. 39 f.].

Schulisch eingesetzte Informatiksysteme sind dabei breit ausgestattete Präsentationsmedien, die über einen Bildschirm oder Beamer alle Inhalte für die gesamte Lerngruppe darstellen können. Denkbar und technisch umsetzbar sind auch direkte Datei- und Bildschirmübertragungen vom Präsentationssystem der Lehrkraft auf die mobilen Informatiksysteme der Schülerinnen und Schüler und umgekehrt [Pilz, 2014]. Durch Blätter-, Notiz- und Bearbeitungsfunktionen wird eine Präsentation vom Lehrerpult aus dezentralisiert und auf die persönliche digitale Lernumgebung der Lernenden übertragen. So sind Lernende in der Situation, weniger von der Tafel abschreiben zu müssen und haben dadurch mehr Zeit zum Mitdenken, während sie individuelle Notizen anlegen können.

2.2.4 Erproben, Modellieren, Üben

Prinzipiell gilt, dass sich Übungen und Wiederholungen im E-Learning genau so auf den Lernfortschritt auswirken, wie in regulären Lernphasen. Für die Anwendung von Handlungsvorschriften, das Erarbeiten von Lösungswegen und das Ausprobieren neuer Methoden bedarf es im E-Learning digitalen Entsprechungen der analogen Werkzeuge Schulbuch, Arbeitsheft, leeres Papier usw. Digitale Lernumgebungen müssen hierfür je nach Aufgabenstellung sowohl eng gefasste Anleitungen, z. B. für vorgeschriebene

Rechenoperationen, als auch Freiräume für konstruktivistisches Modellieren und Ausprobieren geben können.¹⁶

2.2.5 Kollaboration zwischen Lernenden

Bestandteil der »neuen Medien« ist nicht nur die Kommunikation zwischen Informatiksystemen, sondern auch zwischen ihren Nutzern. Über das Internet wird symmetrische und asymmetrische Kommunikation für unterschiedliche Anwendungsgebiete ermöglicht [Petko, 2010, S. 10], die von Schülerinnen und Schülern für ihre Lernzwecke benutzt werden (siehe Abschnitt 1.4.1, S. 12). Bei einer gezielten Integration dieser kommunikativen Technologien kann der produktive, reflektierte und kritische Umgang mit digitalen Medien gefördert [Magenheim u. a., 2011, S. 20] und gleichzeitig auch aktives selbständiges Erarbeiten von Unterrichtsgegenständen gelehrt werden. Die Lernenden entwickeln durch eigene Produktion von Inhalten und durch die Diskussion dieser Inhalte in der Lerngruppe Teilhabe an der gemeinsamen Arbeit und haben durch diesen persönlichen Bezug zum Lerngegenstand eine höhere Lernleistung [Drummer u. a., 2011, S. 199]. Die Verbalisierung von individuellen Meinungen lässt die Lernenden Wissen konstruieren und deklaratives Wissen erwerben [Hametner u. a., 2006, S. 14 f.]. Die kooperative Erarbeitung, sowie der individuelle und kollektive Wettbewerb unter den Lernenden tragen zur Motivation bei [Stiller, 2008, S. 20].

Wikis können in diesem Zusammenhang als kollaborative Dokumentationsprozesse eingesetzt werden. Diese Plattform erlaubt es mehreren Autoren, asynchron einfache versionskontrollierte Inhalte mit Einbindung von Multimedia ihre Lernergebnisse zu sichern und zu präsentieren. Die Lernenden können kognitive Strukturen anpassen, verändern und ausbauen und durch weitere Information oder Übungen anreichern [Kohls u. a., 2008, S. 8]. Das Übereinkommen und Zusammenführen der einzelnen Autorinnen und Autoren ist elementarer Teil dieses Prozesses, der den Aufbau einer »kollektiven Intelligenz« [Magenheim u. a., 2011, S. 25] als Summe der individuellen Wissensnetze fördert. Es entsteht ein virtualisierbares Konglomerat des darin verarbeiteten und erreichbaren *sozialen Kapitals* der Schülerinnen und Schüler [Nauck, 2011, S. 77]. Auch sind die *Fundamentalen Ideen der Informatik* nach [Schwill, 1993] im Konzept der Wikis zu finden, die sich damit auch selbst als Gegenstand im Informatikunterricht eignen [Finke, 2008, S. 28 f.].

Um soziales Problemlösen, eigenständige Wissenskonstruktion und individuelle Medienerfahrung seitens der Schülerinnen und Schüler zu ermöglichen, sind lernerfreundlich gestaltete Aufgaben nötig. In diesem Lernkontext ist die Lehrkraft Gestalter der Lernaufgaben, sowie Initiator und Betreuer des Lernprozesses [Arnold u. a., 2013, S. 104].

2.2.6 Leistungsprüfung und Rückmeldung

Die Messung von Lernerfolgen basiert auf der Messung von Lernvoraussetzungen und Vorwissen (*Diagnostisches Assessment*), der Auswertung und Optimierung des Lernprozess (*Formatives Assessment*) und der Messung der Lernleistung und Zertifizierung einer Kompetenzstufe (*Summatives Assessment*) [Arnold u. a., 2013, S. 248]. Diese drei Formen der Messung gilt es, auch innerhalb von E-Learning aufzugreifen und durchzuführen. Dabei ist Kompetenzorientierung [KMK, 2010, S. 22-25] bei den zu

¹⁶Mit den Anforderungen an digitale Lernmaterialien befasst sich das vierte Kapitel dieser Arbeit (siehe Abschnitt 4, S. 65).

überprüfenden Fähigkeiten entscheidend, da Problemlösekompetenzen und soziale Fähigkeiten sich nicht durch Wissensabfrage prüfen lassen [Arnold u. a., 2013, S. 241]. Die Umsetzung mittels E-Learning kann durch den Einsatz vernetzter Systeme und personenbezogene Accounts und halbautomatische Auswertung von Schülerabgaben geschehen. Die digitalen Aufgaben enthalten interaktive Formulare für die Schülerlösungen, die serverbasiert zentral für die Lehrkraft gespeichert werden. Bei Abgabetermin lassen sich die Schreibrechte entziehen und die Aufgabe gilt als geschlossen [Humbert, 2003b, S. 142 f.]. Dieses Verfahren kann innerhalb der Präsenzzeit summativ, oder auch als Hausaufgabe diagnostisch oder formativ eingesetzt werden.

Bezüglich der Mächtigkeit computergestützten Prüfens lassen sich drei Generationen voneinander abgrenzen:

- (1) Die Übertragung klassischer Prüfungen ins Digitale mit dem Ziel, den organisatorischen Aufwand zu minimieren. Dies betrifft schriftliche Prüfungen und schriftliche Hausarbeiten.
- (2) Digitaler Mehrwert durch die Einbindung von Multimedia und verknüpften Daten. Hierbei sind auch offene Frageformen möglich.
- (3) Die Einbeziehung interaktiver Simulationen in die Problemlösung, sowie haptisches Problemlösen, virtuelle Realität/argumented reality, Spracheingabe für Aussprachetraining und die automatische Auswertung des aktuellen Lernfortschritts [Bennet, 1998].

Die Auswertung der Schülerleistung muss in den meisten Fällen weiterhin von der Lehrkraft selbst übernommen werden. Die E-Learning-Systeme unterstützen hier lediglich den Verwaltungsaufwand des Verteilens und Einsammelns der Aufgaben. Eine Ausnahme bieten geschlossene Aufgabenformate wie Multiple Choice Tests oder Rechenaufgaben mit eindeutigen Lösungen. Diese können automatisch ausgewertet und in Fehlerpunkte umgerechnet werden. Spezialisierte Systeme sind sogar in der Lage, Feedback zu einzelnen Lernschritten in offenen Problemstellungen bei Informatikaufgaben zu geben [Drummer u. a., 2011, S. 201]. Eine komplett automatisierte Auswertung in Form einer Schulnote ist dabei nicht gewünscht, da höchstens die sachliche Bezugsnorm mit E-Learning umsetzbar ist. Die anderen Bezugsnormen *sozialer Vergleich* und die *individuelle Lernentwicklung*, sowie die pädagogische Funktion einer Zensur (»Motivationsnote«) müssen von der Lehrkraft bestimmt und angewendet werden [Ingenkamp u. a., 2008, S. 290 ff.].

Während bislang viele Lehrkräfte die Schülerleistungen in einer Tabelle im Tabellenkalkulationsprogramm verwalten, so kann dies nun auch mit mehr Funktionen teilautomatisiert in einer Datenbank auf dem Schulserver geschehen. Das System könnte Statistiken und Entwicklungen der Schülerinnen und Schüler darstellen, auf deren Grundlage die Lehrkraft Hinweise auf individuelle Förderungen und Binnendifferenzierungen herauslesen kann. Notwendig ist hierbei die Beachtung des Datenschutzes und die Sicherheit des Systems (siehe Abschnitt 3.4.1, S. 57).

Durch den Einsatz elektronisch gestützter Prüfsysteme besteht die Hoffnung, den »Medienbruch« von digitalem Lernen und analogem Prüfen zu verhindern. Die Leistungsüberprüfung kann dadurch enger mit dem Lernen verbunden werden und vereinfacht damit lernbegleitendes formatives Assessment. Momentan wird die klassische Leistungsüberprüfung in Form von Klassenarbeiten und Klausuren wegen Sorge um digitale Manipulation während der Prüfung [Arnold u. a., 2013, S. 242, 263] weiterhin analog oder in

zugeschnittenen Klausurprogrammen an vorkonfigurierten Prüfungsrechnern durchgeführt. Handlungsorientierte und haptische Aufgabenlösungen lassen sich jedoch mit mobilen Informatiksystemen Dank verschiedener Sensoren, Kamera und Mikrofon mit noch höheren digitalen Mehrwerten anreichern.

Unter den Bedenken gegenüber elektronischen Prüfungen wird angebracht, dass Schülerinnen und Schüler, die langsamer an Tastaturen tippen, einen Nachteil haben. Andererseits gibt es auch bei der Handschrift individuelle Geschwindigkeiten. Ausschlaggebender ist die Stabilität der Testsysteme für Klassenarbeiten und Hausaufgaben. Ein Absturz oder Fehlverhalten der Client- oder Serversoftware kann die Prüfung behindern oder nicht durchführbar machen, wohingegen bei Aufgaben auf Papier entsprechende Probleme nicht kurzfristig auftauchen können.

Andere Prüfungsformate, wie Referate oder mündliche Mitarbeit, haben nur eine geringe digitale Repräsentation [Arnold u. a., 2013, S. 249]. Das Sprechen und Vortragen vor einer Gruppe muss weiterhin analog geübt werden. Auch handwerkliche Aufgaben, wie Experimente in den Naturwissenschaften oder künstlerisch musische Aktivitäten, können nicht immer sinnvoll mit der Unterstützung von E-Learning-Systemen umgesetzt werden, weil eine zu starke Abstraktion notwendig wäre, um die digitale Repräsentation wieder auf haptische oder physische Entsprechungen abzubilden. Es ist in diesen Fällen schlicht einfacher und mindestens ebenso wirksam, Lernwerkzeuge nicht digital zu simulieren, sondern z. B. das Piano selbst zu spielen, anstatt es auf einem Display zu bedienen.

Denkbar wären Plattformen als E-Learning-Gesamtkonzept zur Verwaltung der Lerninhalte und des Lernfortschritts gemischt mit Schulmanagementsoftware für Stundenpläne, Fehlstundenlisten, Beurteilungen und Zeugnisnoten. Dies kann für Transparenz des Lernfortschritts und der Benotung gegenüber Schülerinnen und Schülern, sowie ihren Eltern sorgen [Petko, 2005, S. 56,58]. Außerdem verringern solche Systeme den administrativen Aufwand der Lehrkräfte, die bislang Noten mit Stift und Papier, oder innerhalb von Tabellenkalkulationsprogrammen führen. Die Übersichtlichkeit und Auswertungshilfen einer eigens zu diesem Zweck konzipierten Datenbank mit einfach zu bedienenden graphischen Schnittstellen würde hier Lehrkräfte weiter entlasten und Übertragungsfehler minimieren [Petko, 2005, S. 59; Petko, 2010, S. 16].

Dennoch dürfen solche Systeme nicht unreflektiert eingesetzt werden. Für Lehrkräfte und Lernende kann es erhöhten Leistungsdruck bedeuten, wenn jedes Verhalten und jede Unaufmerksamkeit im Unterricht protokolliert wird und in die Notengebung einfließt. Zudem kann die Lehrkraft durch Fokussierung auf Zahlen und Mittelwerte bei der Auswertung der Lernleistungen geblendet werden. Pädagogische Funktionen von Zensuren wie Rückmeldung/Berichtfunktion, Sozialisationsfunktion, Motivationsfunktion, Allokations- oder Selektionsfunktion und Legitimationsfunktion [Tent u. a., 2010] müssen von der Lehrkraft selbst gewählt und bewertet werden. Auch müssen die bereits angesprochen Bezugsnormen [Ingenkamp u. a., 2008, S. 290 ff.] beachtet werden. Damit können digitale Klassenbücher oder digitale Zensurhefte nur die Verwaltung von Teilleistungen übernehmen und der Lehrkraft mit Indikatoren für die Lernleistungen der Schülerinnen und Schüler dienen, nicht aber mit pädagogisch begründeten Zensuren.

2.2.7 Reflexion

Die Vorteile schnell zugreifbarer Information von E-Learning-Systemen macht es auch möglich, bei den Lernenden die Reflexion des eigenen Lernfortschritts anzuregen. Dabei können z. B. Mindmaps

und Wissensdatenbanken angelegt und im Lernverlauf immer wieder erweitert und kontrolliert werden. Durch regelmäßiges Führen von Lerntagebüchern oder E-Portfolios können Lernende ihre eigene Wissenskonstruktion strukturieren und sie damit der eigenen Reflexion besser zugänglich machen [Petko, 2010, S. 11].

Auch kann die digitale Kommunikation innerhalb der Lerngruppe durch Foren, Chats, und E-Mails gestützt werden, um durch gegenseitiges Erklären das eigene Verständnis der Lernenden zu reflektieren. Diese Kommunikationskanäle können auch dazu benutzt werden, die Lehrkraft einzubinden, indem Fragen gestellt werden können [Babnik u. a., 2013, S. 3].

Dieses Vorgehen überträgt jedoch einen großen Teil der Verantwortung für die Ausgestaltung auf die Lernenden. Die Lehrkraft muss die Schülerinnen und Schüler zur Langzeitbearbeitung des Portfolios motivieren und darf die Reflexion nicht gänzlich aus dem Unterricht in eigenverantwortliches Lernen auslagern.

2.2.8 Exkurs: Flipped Classroom

Als ein Beispiel für ein Gesamtkonzept zu E-Learning hat sich die Methode *Flipped Classroom* entwickelt. Die Integration von Informatiksystemen in den Lehr-/Lernprozess geht dabei soweit, dass die gesamte Unterrichtsstruktur modifiziert wird.

Im ersten Schritt der Beschäftigung mit einem neuen Lerngegenstand werden Unterrichtsinhalte nicht in der Präsenzphase, sondern als Hausaufgabe vorbereitend auf die nächste Unterrichtsstunde erarbeitet. Hierfür werden Onlinewerkzeuge, meist Lernvideos oder Mitschnitte einer Präsentationsphase, benutzt. Die Lernenden bearbeiten das Material begleitet mit Fragen oder Aufgaben. Dabei können sie ihr eigenes Lerntempo bestimmen, Passagen wiederholen und Denkpausen einlegen. Die Selbstständigkeit in dieser Erarbeitungsphase lässt einen hohen Grad an Individualisierung des Lernprozesses zu.

Im nächsten Schritt der gemeinsamen Präsenzphase im Unterricht, die im Wesentlichen ohne Informatiksysteme abläuft, besteht nun mehr Zeit für den »nicht-virtuellen sozialen Austausch« zwischen Lernenden untereinander und mit der Lehrkraft, da Inhalte nicht neu vermittelt, sondern nur angewendet, geübt, gefestigt und reflektiert werden müssen. Während Übungen und Diskussionen haben die Schülerinnen und Schüler genügend Zeit für das Stellen von Fragen und die Lehrkraft hat genügend Zeit, Feedback zu geben. Um den Übergang von der Lehrer- zur Lernerzentriertheit noch weiter voranzutreiben, können in dieser Phase auch soziale Methoden wie Think-Pair-Share, Gruppendiskussionen, Fallarbeiten, Projekte, Spiele und Plenumsdiskussionen eingesetzt werden [Spannagel, 2014].

Zur Wirksamkeit der Flipped Classroom Methode liegen noch keine wissenschaftlichen Ergebnisse vor [Spannagel, 2015, min. 3:15]. Auch ist nicht bekannt, welche Rahmenbedingungen an Alter und Motivation der Lernenden gestellt werden müssen, um mit der Methode erfolgreich lernen zu können. Zudem wird kritisiert, dass Konzepte wie Flipped Classroom zu sehr auf Videos setzen und den Einsatz dieses Mediums in diesem Kontext nicht kritisch auf die pädagogische Eignung prüfen. Auch sind solche »Lehrvideos« oft schlecht produziert und tragen nicht zur Medienvielfalt im Unterricht bei [Hansch u. a., 2015].

2.3 E-Learning und Informatikdidaktik

Unabhängig davon, welche Lerntheorie maßgeblich verfolgt wird, soll E-Learning das Lernen nachhaltig verbessern und anreichern. E-Learning als Konzept versucht dabei, weniger als der klassische Unterricht Faktenwissen zu vermitteln¹⁷, sondern will den Blick für das Ganze und Zusammenhänge durch Verknüpfung von Information und verschiedenen Darstellungsformen unterstützen.

Aus der Sicht der Informatik wird aus dem Zusammenschluss syntaktischer Daten semantische Information [Humbert, 2006a, S. 11]. Diese ist eine notwendige Voraussetzung für Wissen, das eine pragmatische, gelernte und anwendbare Sammlung von Information in einem Kontext ist [Fuchs-Kittowski, 2010, S. 37 f.]. In der Reihung »Daten, Information und Wissen« steigt nach CLARK dabei immer sowohl der Anteil des Kontextes, als auch der des Verstehens (siehe Abb. 2.2, S. 29), während HUMBERT anders sortiert und »Daten, Wissen, Information« in dieser Reihenfolge staffelt [Humbert, 2006a, S. 11].

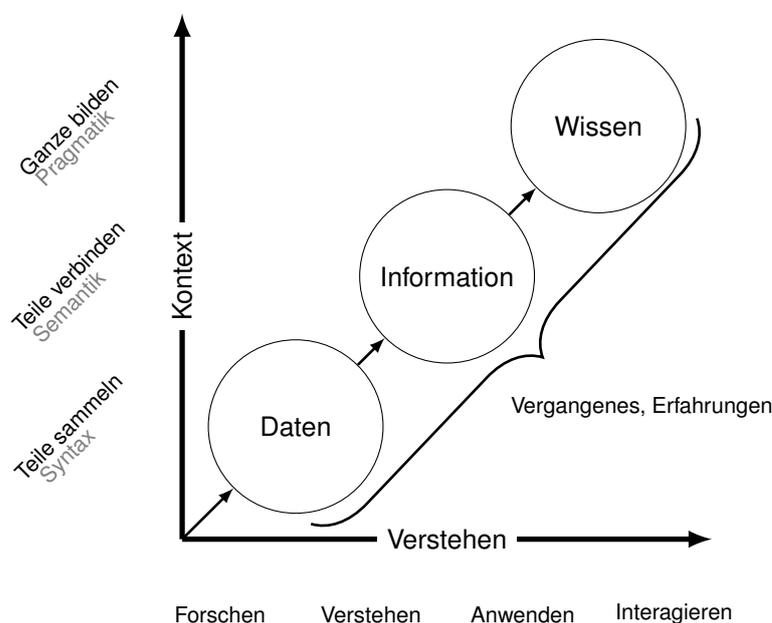


Abbildung 2.2: Zusammenhänge zwischen Daten – Information – Wissen. Bearbeitet und gekürzt nach [Clark, 2010] und [Cenker, 2012].

Der zu vermittelnde Kompetenzzuwachs soll sich nicht nur auf der untersten Ebene des Sammelns von Daten, sondern mehr auf der Wissens- und Wissen-Wie-Ebene befinden. Die Prozesse des semantischen Teilefindens und der pragmatischen Bildung von Ganzen durch Kontextualisierung führen zum Verstehen. E-Learning kann nur Informationsmedien bieten und Werkzeuge für die Stützung der Wissenskonstruktion in der Schule geben, während die Wissenskonstruktion selbst individuell ist. Vorteile und Mehrwerte bei diesem Prozess, die durch E-Learning erreicht werden können und wie E-Learning den Unterricht didaktisch bereichern kann, werden in diesem Abschnitt thematisiert.

Die frühen Versuche Lernmaschinen und *programmierte Unterweisung* einzusetzen haben Folgendes gezeigt: »Schlechte Didaktik ist leicht zu programmieren, und anspruchsvolle Didaktik ist schwer oder überhaupt nicht programmierbar« [Schubert u. a., 2011, S. 204]. Deswegen gibt es ein *Primat der Didaktik*

¹⁷Ausnahmen sind z. B. Vokabellernprogramme, die sich am behavioristischen Lernen orientieren.

gegenüber der Technik. Dies besagt, dass sich technische Potentiale erst entfalten können, wenn sie in didaktische Konzepte eingegliedert sind [Mayrberger, 2013, S. 28]. Bei der Konzeption von Lernszenarien zu einem Lerngegenstand sollte erst geprüft werden, welche Methoden eingesetzt werden sollen und erst danach mit welchen technischen Werkzeugen diese umgesetzt werden können.

Es wurde gezeigt, dass sich E-Learning nahtlos an bestehende Lerntheorien anknüpfen lässt, weil Lernen immer eine analoger und individueller Prozess ist. Die Umsetzung dieser Lerntheorien, besonders des radikalen Konstruktivismus, kann jedoch auch die Grenzen von E-Learning-Systemen aufzeigen, da die Einschränkungen der Informatiksysteme auch die Lernwege einschränken kann. Es stellt sich trotzdem die Frage, ob es bei der Integration von Informatiksystemen in den Unterricht einer eigenen E-Learning-Didaktik bedarf, die den Einsatz neuer Werkzeuge und ihre Verbindung mit der Lernumgebung besonders anleitet, oder ob die gleichen Regeln gelten, wie beim Regelunterricht [Drummer u. a., 2011, S. 198]. Einerseits gibt es durch E-Learning Veränderungen, weil die Vielfalt der möglichen Ausgestaltung von Lehr- und Lernprozessen unübersichtlich sein kann und anderer Entscheidungen bedarf. Andererseits wurden bislang keine neuen lerntheoretischen Regeln gefunden.¹⁸ Es gilt schließlich im E-Learning die Lehr- und Lernumgebung als sozio-teschnisches System zu verstehen, das sich zwischen vermittlungsorientierter und handlungsorientierter Didaktik flexibel einsetzen lässt. Freiräume in der Ausgestaltung müssen der Lehrkraft dabei eingeräumt werden können.

Durch den Einsatz von E-Learning und digitalen Medien wird nicht automatisch der Unterricht verändert [Mayrberger, 2013, S. 28]. Vielmehr wird der individuelle Lehrstil der Lehrenden auch mit dem Einsatz von Informatiksystemen fortgeführt [Herzig u. a., 2011, S. 83]. Dies zeigt, dass es nicht nur technischer Komponenten und Infrastruktur bedarf [Tulodziecki, 2011, S. 57], sondern auch einen Medieneinsatz erfordert, der auf curriculare Ansprüche angepasst ist und Lehrende, die mit Überzeugung E-Learning für die Verbesserung ihres Unterrichtes einsetzen [Magenheim u. a., 2011, S. 19]. E-Learning benötigt dabei die selben sorgfältigen Planungsschritte, wie andere Unterrichtsabschnitte [Petko, 2010, S. 14]. Sind die technischen und infrastrukturellen Rahmenbedingungen durch die Schule gegeben und ein didaktisches Konzept vorhanden, das Lernende mit ihren E-Learning-Werkzeugen in den Unterricht einbindet, dann ist auch ein positiver Effekt auf die Motivation der Lernenden und ihre kognitiven Lernerfolge messbar [Herzig u. a., 2011, S. 67]. Dabei gilt es, zu beachten, dass für den sach- und fachgerechten Umgang Chancen und Rahmenbedingungen von E-Learning von der Lehrkraft eingeschätzt und bewertet werden müssen. Dafür ist *Informatische Bildung* nötig, da ohne diese die Grenzen der eingesetzten Technologien, der pädagogischen Entscheidungen und die Qualitätsstufen der verwendeten Systeme nicht eingeschätzt werden können [Humbert, 2006b, S. 2]. Daraus lässt sich auch ableiten, dass »Informatik als Grundlagenfach in den Schulen [...] längst überfällig« ist [Wittke, 2015], weil alle Teilnehmenden informatische Kompetenzen benötigen.

Gerade wegen einer starken Bindung von Technik als Werkzeug für das Lehren und Lernen an die Didaktik solcher Systeme, betrachtet die Informatikwissenschaft E-Learning als Teilgebiet der Didaktik der Informatik mit der Aufgabe, Informatiksysteme als Lerngegenstand und Lernmedium zu untersuchen [Schubert u. a., 2011, S. 205]. So ist im Informatikstudium an der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen E-Learning als eines von vier Modulen gekennzeichnet (siehe Abb. 2.3, S. 31), das auch von Studierenden ohne das Studienziel Lehramt belegt werden kann. Zum einen werden

¹⁸Auch der Konnektivismus schließt lediglich an bestehende Lerntheorien an und falsifiziert diese nicht.

dort die theoretischen Grundlagen thematisiert, zum anderen auch praktische Übungen zu E-Learning vorgenommen. Beide Kurse bauen auf der Vorlesung »Einführung in die Fachdidaktik Informatik« auf.

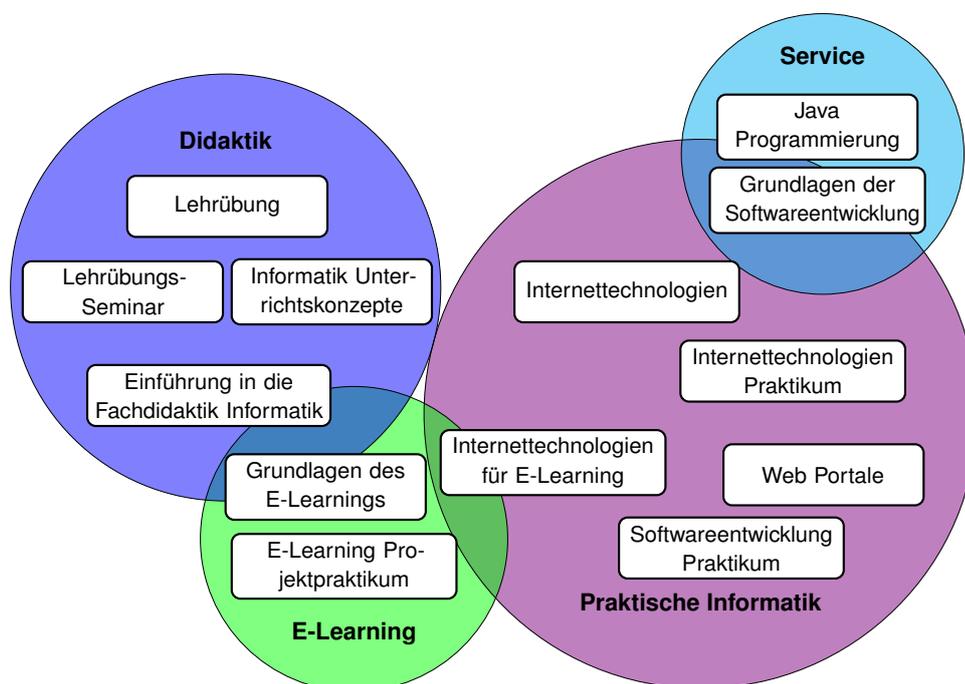


Abbildung 2.3: Module im Informatikstudium (Bachelor, Master, Diplom) und dem Lehramtstudiengang Informatik für Gymnasium und Gesamtschulen an der RWTH Aachen. Übernommen und übersetzt von [RWTH Aachen, 2012].

Dabei werden u. A. die »Fähigkeit zur Entwicklung interaktiver Lernkomponenten« und die »Fähigkeit zur Auswahl geeigneter Werkzeuge und Technologien für die Realisierung von eLearning Systemen« vermittelt [RWTH Aachen, 2006]. Die Verbindung der technischen und didaktischen Komponente ermöglicht den Studierenden der Informatikdidaktik das Erstellen von E-Learning-Werkzeugen und Material. Diese Zielgruppe scheint für diese Aufgabe gut geeignet, weil E-Learning-Systeme und Werkzeuge nur von Personen entwickelt werden können, die sowohl die technische, als auch die didaktische Komponente verstehen und mithilfe einer Programmiersprache praktisch umsetzen können. Es wäre zu untersuchen, welche Kompetenzen auch werdende Lehrkräfte anderer Fächer für die Erstellung und den Einsatz von E-Learning-Material für den eigenen Unterricht benötigen und wie diese erworben werden können.

Im Informatikunterricht existieren digitale Werkzeuge schon lange. Interpreter und Entwicklungsumgebungen für Programmcode sind fachspezifische Anwendungssoftware, die regelmäßig im Informatikunterricht eingesetzt wird. Damit lassen sich selbst gestaltete Algorithmen implementieren, deren Ergebnis teilweise selbst als eigenes E-Learning-Werkzeug aufgefasst werden kann. Die Schülerinnen und Schüler erstellen ein eigenes Programm zum Lösen ihrer Aufgaben, das (teil-)automatisierte Verarbeitung von Information ermöglicht und dem Verständnis informatischer Systeme dienlich ist. Das Erstellen dieser eigenen E-Learning-Werkzeuge ist selbst ein Prozess des Lernens mit Informatiksystemen.

Der Einsatz von E-Learning im Informatikunterricht übernimmt weniger das Ziel, die Medienkompetenz der Lernenden zu steigern, sondern hat die Förderung von Informatikfachkompetenzen zu verfolgen, weil die Arbeit mit Informatiksystemen durch die Implementierung von Modellierungen und Lösungen ein

wesentlicher Teil des Lernprozesses im Informatikunterricht ist. Dabei kann E-Learning auch für andere Schritte im Lernprozess eingesetzt werden, wie für die Unterstützung von Perspektivwechsel. So gilt es, den Abstraktionsprozess bei Objektorientierung durch Visualisierung von Objekt- und Klassendiagrammen zu stützen. Diese können mit digitalen Mitteln erstellt und bearbeitet werden. Für die Konstruktion von Lösungen können Informatiksysteme das Verknüpfen von Lösungselementen vereinfachen und durch das Modellieren mit abstrakten Strukturen Lernprozesse anregen. Nicht zuletzt unterstützen Visualisierung in Form von Diagrammen und Simulationen das Bewerten von Modellen [Schubert u. a., 2011, S. 205 ff.]. Diese Prozesse sind nicht automatisierbar, aber mit einem Informatiksystem unterstützbar.

Dabei ist der Umgang mit nicht rein fachlichen Anwendungsprogrammen, wie Bürosoftware, eben kein Schwerpunkt, weil dabei kaum informatische Kompetenzen gefördert werden, die zeitbeständigen Nutzen haben.¹⁹ E-Learning im Informatikunterricht bedeutet eben nicht die Bedienung bestimmter Software zu vermitteln, sondern übergreifende Konzepte der elektronischen Datenverarbeitung mit dem Informatiksystem als Werkzeug und Unterrichtsgegenstand²⁰ zu lehren.

»Wenn sich jemand als hilfloser Nutzer wahrnimmt und dann im Unterricht Fertigkeiten wie den Umgang mit Word erlernt, wird er sich danach als ›hilffloser Nutzer mit Word-Kenntnissen‹ wahrnehmen.«

[Schulte u. a., 2011, S. 107]

In deutschen Schulen werden Computer am häufigsten im Informatikunterricht eingesetzt und hier in 58,3% der Kurse [Eickelmann, Schaumburg u. a., 2014, S. 214]. Kann man der ICILS in diesem Punkt vertrauen²¹, dann bedeutet dieser Wert gleichzeitig, dass in über 40% der Informatikkurse gänzlich auf den Einsatz von Computern verzichtet wird [Eickelmann, Heinen u. a., 2015, S. 21]. Daraus lässt sich entweder schließen, dass alle Bereiche der im Kernlehrplan geforderten Kompetenzen auch ohne Informatiksysteme vermittelt werden können, oder dass die geforderten Kompetenzstufen nicht erreicht werden. Kausalitäten lassen sich an der Querschnittsstudie ICILS nicht erklären [Eickelmann, Heinen u. a., 2015, S. 19]. In Dänemark werden Informatiksysteme sogar am seltensten im Informatikunterricht eingesetzt, dafür stark regelmäßig in den anderen Unterrichtsfächern. Diese scheinen genug Raum zu haben, um Medienkompetenzen vermitteln zu können, während sich der Informatikunterricht auf die fachbezogenen Kompetenzen konzentrieren kann.

2.4 Notwendige Kompetenzen von Lehrkräften für den Einsatz von E-Learning

Die Schulentwicklung, die für einen flächendeckenden Einsatz von E-Learning nötig wäre, muss vor allem von den Lehrkräften getragen werden. Die Wirksamkeit von Ideen und Konzepten lässt sich nur durch die Schulpraxis bestätigen. Hierfür bedarf es seitens der Lehrkräfte (und auch der Eltern) zuerst

¹⁹Ob ein Lerngegenstand für den Informatikunterricht geeignet ist, lässt sich über die Anwendung von *Fundamentalen Ideen der Informatik* nach [Schwill, 1993] prüfen.

²⁰Das Informatiksystem kann auch Unterrichtsgegenstand sein, ist jedoch i. d. R. nur Werkzeug und nie »Ziel« des Unterrichts.

²¹Denkbar wäre eine misslungene Übersetzung der Fragebögen aus dem Englischen, oder dass auch Schülerinnen und Schüler zum Einsatz von Informatiksystemen im Informatikunterricht befragt wurden, die selber keinen Informatikunterricht besuchen. Dieser Punkt sollte m. E. erneut geprüft werden.

einer Überwindung der Technologieskepsis [vgl. Groebel u. a., 2012, S. 6]. Diese Skepsis in Verbindung mit Unwissenheit ist in Deutschland größer als in anderen EU-Staaten. Hemmend ist vor allem die Angst vor unreflektierten Kopieren von Inhalten aus dem Internet von Schülerinnen und Schülern [Eickelmann, Gerick u. a., 2014, S. 19]. Dies zeigt gleichzeitig, dass es den Lehrkräften selbst an Bewusstsein über den Gegenstand der *neuen Medien* fehlt, und diese trotz Relevanz für den Alltag aus Sorge um eigene fachliche Fehler nicht einbinden. Besonders ältere Lehrkräfte zweifeln noch generell an dem pädagogischen Nutzen des Einsatzes von Informatiksystemen: Nur 10% der über 51 Jährigen Lehrkräfte halten sie für motivierend [Hofmann u. a., 2013, S. 164]. Es zeigt sich, dass Lehrkräfte für den Einsatz von E-Learning im Unterricht mehr Überzeugung, Erfahrung und Kompetenzen benötigen.

Beginnend bei der Vermittlung von *neuen Technologien* und *neuen Medien* benötigen Lehrkräfte eigene Medienkompetenz. Sie müssen sich selbst mit Medien und Software auskennen, sie angemessen nutzen, sie gestalten können und ihre Vor- und Nachteile, sowie Authentizität und Reliabilität einschätzen können [Gorsler, 2010, S. 6]. Die heterogene medial-digitale Vorbildung der Lehrkräfte kann schulintern und kollegial aufgebaut und/oder durch Schulungs- und Fortbildungsmaßnahmen gefördert werden [Groebel u. a., 2012, S. 78].

Zusätzlich zu diesem Grundwissen über Mediennutzung, benötigen Lehrkräfte aber auch *medienpädagogische Kompetenzen*, um die Entwicklung von Medienkompetenz gezielt fördern zu können [KMK, 2012, S. 7]. Diese befähigen »zur reflektierten Verwendung von Medien und Informationstechnologien in geeigneten Lehr- und Lernformen und deren Weiterentwicklung« [Blömeke, 2000, S. 157] und sind Teil der professionellen pädagogischen Kompetenz [Mayrberger, 2013, S. 28]. Dazu gehört es auch, den Stellenwert von, und den Umgang mit bestimmten Medien bei Schülerinnen und Schülern zu erfassen und dies als Voraussetzung für das Lernen aufzufassen [ZfsL NRW, 2015]. Darauf aufbauend gilt es, Medien sinnvoll in den Unterricht einzubinden und auch die Schülerinnen und Schüler dazu zu motivieren und zu befähigen, selbst Medien im Lernkontext zu verwenden. Zur medienpädagogischen Kompetenz gehört es, u. A. folgende Grundfragen für den eigenen Unterricht beantworten zu können:

- Welche medialen Darstellungsformen sind für welche Inhalte und für welche Lerngruppen geeignet?
- Was ist bei der Darstellung von Inhalten durch Medien zu beachten?
- Wie können Motivation und Aufmerksamkeit während E-Learning-Phasen aufrechterhalten werden [Hametner u. a., 2006, S. 11]?
- Wie müssen E-Learning-Systeme/-Werkzeuge/-Materialien an die Bedürfnisse der Zielgruppe angepasst werden?

Für eine erfolgreiche Implementierung der *neuen Medien* ist eine »umfassende mediendidaktische und medienpädagogische Ausbildung« der Lehrkräfte nötig [Müller u. a., 2011]. Etwa zwei Drittel von ihnen fühlen sich dazu in der Lage, Unterricht vorbereiten zu können, in dem digitale Medien eingesetzt werden [Eickelmann, Gerick u. a., 2014, S. 19].

Der Einsatz neuer Geräte und Systeme verlangt auch, dass die Systeminvestitionen, -handhabung und -pflege von Lehrkräften, welche die Systeme dann praktisch im Unterricht einsetzen, begleitet werden müssen. Zwar können auch externe Dienstleister anstatt der Informatiklehrkräfte die Systeme administrieren und warten, dennoch sollten grundlegende Funktionen und auch Probleme und Grenzen der Geräte von allen Anwendern verstanden werden [Groebel u. a., 2012, S. 6]. Dabei gilt es nicht nur,

den Umgang mit Technik und Medien zu bewältigen, sondern auch didaktische Herausforderungen anzunehmen und zu meistern.

Mit E-Learning kann sich die Rolle der Lehrkraft in bestimmten Phasen des Unterrichts vom Wissensvermittler zum Lernbegleiter verändern, was auch als »zeitgemäßes Lehrerleitbild« bezeichnet wird [MSW NRW, 2011, S. 4]. Dieser Wandel resultiert aus den Möglichkeiten des handlungsorientierten Lernens mit Informatiksystemen, die spezifische medienbezogene Lernerfahrungen unterstützen können [Mayrberger, 2013, S. 27 f.]. Dabei werden offene und problemorientierte Lernumgebungen gefördert, in denen die Schülerinnen und Schüler verstärkt eigenständig lernen können [Petko, 2010, S. 16]. Dies beinhaltet auch eine schülerorientierte Gestaltung des Unterrichts, dessen Phasierung komplexer und feinfühlicher als das klassische dreiteilige »Einstieg – Erarbeitung – Sicherung« Schema sein kann. Inbegriffen ist dabei die Kompetenz, den Schülerinnen und Schülern zu vermitteln, E-Learning-Werkzeuge selbstständig nutzen zu können.

Schließlich sind sowohl pädagogische, als auch fachdidaktische Überlegungen notwendig, um E-Learning sinnvoll in den Unterricht zu integrieren. Die Fachdidaktik stellt eigene Kriterien an den Lernprozess im eigenen Fach, setzt eigene Lernziele und Schwerpunkte, die durch digitale Medien und Informatiksysteme gestützt werden sollen. Lehrkräfte müssen sich über den aktuellen Stand der Forschung im eigenen Fach zu E-Learning informieren und daraus fachdidaktisch begründete Hinweise und Anleitungen für die praktische Umsetzung im Unterricht ableiten können.

In der Informatik werden digitale Medien nicht nur betrachtet und eingesetzt. Viel mehr noch wird eine »Analyse, Modellierung und Implementierung« von Informatiksystemen durchgeführt [MSW-NW, 2013, S. 10]. Diese informatische Kompetenz ist auf einer Ebene über der Medienkompetenz, die es im Vorfeld als Voraussetzung zu erwerben gilt. Auch wenn der Einsatz von Informatiksystemen im Informatikunterricht üblich²², sinnvoll und fachlich notwendig²³ ist, so kann ihr didaktischer Einsatz weiter optimiert werden. Ergebnisse informatikfachdidaktischer Forschung, etwa zu persönlichen Lernumgebungen oder kollaborativer Programmierung, liegen noch nicht vor. Hinweise für die strukturelle Realisierung eines modernen Informatikunterrichts mit mobilen Informatiksystemen finden sich bei [Heming, 2009] und [Spittank, 2012]. Für jahrgangsstufenübergreifende Gesamtkonzepte mit diesen Systemen wäre eine Öffnung der Programmiersprache in der gymnasialen Oberstufe notwendig, deren Abituraufgaben aktuell nur in Java-Syntax formuliert sind [vgl. MSW NRW, 2015b].

Als Kür sollten Lehrkräfte mithilfe fachdidaktischer Begründungen aufbauend auf den vorangegangenen Kompetenzen in der Lage sein, technisch und didaktisch qualitativ hochwertiges Lernmaterial zu erstellen. Unter Beachtung des Urheberrechts, Lizenzen, technischer Hürden und Grenzen der zu verwendenden Informatiksysteme, sowie der heterogenen Voraussetzungen einer Lerngruppe sollten sie in der Lage sein, für den eigenen Unterricht multimediale Darstellungen von Information, digitale Arbeitsblätter und interaktive Lernaufgaben zu erstellen. Zusätzlich sollten Lehrkräfte auch die Erstellung von digitalen Medien und Programmen durch Schülerinnen und Schüler anleiten können.

Sind alle Kompetenzen erreicht, so ist die Lehrkraft den neuen Technologien gegenüber aufgeschlossen, kann selbst mit Medien umgehen, sie sinnvoll in den Unterricht einbinden und den Umgang mit ihnen

²²Der Einsatz von Informatiksystemen ist mit Einschränkungen üblich. Siehe dafür Abschnitt 2.3, S. 32 mit Verweis auf die Ergebnisse der ICILS Studie [Eickelmann, Schaumburg u. a., 2014, S. 214].

²³Der Einsatz von Informatiksystemen ist wegen der Implementierungsphase, die auf die Modellierung der Schülerinnen und Schüler aufbaut, notwendig.

Kompetenz	Literatur
Überwindung von Technologieskepsis	
Medienkompetenz	[Rae u. a., 2012]
Mediendidaktische Kompetenzen	[ZfsL NRW, 2015]
Technische Handhabung und Wartung	
Selbstwahrnehmung als Lernbegleiter	
Fachdidaktische Einbindung von E-Learning	Für Informatik [Heming, 2009; Spittank, 2012]
Erstellung von E-Learning-Material mit Mehrwerten	Siehe Kapitel 3, S. 36

Tabelle 2.1: Kompetenzkatalog für Lehrkräfte für digitale Medien und E-Learning.

vermitteln, Geräte und Systeme einschätzen und verwalten, Schülerinnen und Schüler dabei unterstützen E-Learning-Werkzeuge selbstständig zu nutzen, den Lernprozess begleiten und schließlich ihr Handeln fachdidaktisch begründen und darauf aufbauend eigenes E-Learning-Material oder gar Werkzeuge erstellen.

3 Anforderungen an E-Learning-Material

Lehr- und Lernmittel sind Kernelemente der schulischen Vermittlungsarbeit. Sie dienen der Planung, Strukturierung, Initiierung, Unterstützung und Evaluation unterrichtlicher Informations- und Kommunikationsprozesse [Matthes, 2011, S. 1]. Es ist daher naheliegend, dass die Besonderheiten von digitalen Lehr- und Lernmaterialien gründlich untersucht und herausgestellt werden müssen, um Funktionen, Qualitäten und Grenzen von digitalen Schulbüchern und digitalisierten Lernprogrammen einschätzen zu können. Bevor qualitativ hochwertiges E-Learning-Material erstellt werden kann, muss geprüft werden, welche pädagogischen, didaktischen und technischen Anforderungen an E-Learning-Systeme gestellt werden, wie digitale Lernmedien eingesetzt werden sollen und wie digitales Unterrichtsmaterial gestaltet werden kann.

Das Ziel einer solchen Konzeption soll sein, Grundlagen und Richtlinien für die Erstellung von E-Learning-Material und Systeme aufzuzeigen, die Lehrkräfte, Bildungsinstitutionen und Schulbuchverlage dazu befähigen, ausgearbeitete Unterrichtsmaterialien und Unterrichtsentwürfe für den Einsatz in einer Unterrichtseinheit mit elektronischen Lernmitteln zu gestalten [Fey u. a., 2013, S. 59]. Besondere Ansprüche der Informatikfachdidaktik sollen hier weitere Berücksichtigung finden. Die Leitfrage dieses Kapitels ist die Suche nach dem *digitalen Mehrwert* von E-Learning-Materialien und nach eventuellen Nachteilen, die aus der Nutzung der elektronischen Hilfsmittel entstehen könnten.

Schließlich soll E-Learning eine aktive Wissenskonstruktion in der Auseinandersetzung mit der Umwelt ermöglichen [Bonitz, 2013, S. 133]. Dafür werden nicht nur einzelne digitale Bausteine, sondern Gesamtkonzepte benötigt, die das Lernen besser mit E-Learning-Systemen verknüpfen können. Diese sind notwendig, weil elektronische Lernmaterialien für bestimmte Informatiksysteme entwickelt werden und nur auf ihnen richtig darstellbar und benutzbar sind, wohingegen sie auf anderen Geräten nicht nativ unterstützt werden. So sind Materialien, die für einen großen PC-Bildschirm ausgelegt sind, optisch und von den Benutzerschnittstellen anders geartet, als Lernmedien für einen Smartphonebildschirm. Es bedarf einer Abstimmung von Hardware, Software und Inhalten aufeinander innerhalb eines E-Learning-Systems oder Konzepts. Deswegen müssen entweder die Materialien auf bestimmte Nutzungskonzepte zugeschnitten oder so offen gestaltet werden, dass sie breite Einsatzmöglichkeiten auf diversen Geräten erfahren können.

Ein mögliches Szenario eines Gesamtkonzepts ist die Integration von Informatiksystemen in die reguläre Lernumgebung der Schülerinnen und Schüler. Durch das Lernen mit mobilen und persönlichen Informatiksystemen [Drummer u. a., 2011, S. 202] lässt sich E-Learning in den Klassenraum holen, ohne dass die Lerngruppe sich aus der gewohnten Lernumgebung in einen »Computerraum« begeben muss. Daraus resultiert auch eine neue Form der Bewegungsfreiheit bei Gruppenarbeiten im Klassenraum, Fachraum, Sporthalle etc. Auch können die Geräte Exkursionen mit digitalem Mehrwert anreichern, wie als Dokumentationswerkzeug durch die Kamera, als Vermessungswerkzeug per Sensoren und GPS²⁴, als Informationsquelle per *Argumented Reality* oder als digitaler Notizblock [Mayrberger, 2013, S. 35]. Mobile Informatiksysteme ermöglichen individuelles Lernen nicht nur durch Anpassung der Aufgaben-

²⁴GPS: Global Positioning System.

schwierigkeit an ein Individuum, sondern auch durch eine Anpassung des eigenen digitalen Werkzeugs an persönliche Vorlieben, Bedürfnisse, Vorkenntnisse, Lernumgebung und Lernziele. Mobiles Lernen ist dabei nicht nur technisches, sondern auch ein soziales Phänomen [Witt u. a., 2013, S. 41-44].

Die Benutzung von Smartphones und Tablets im Unterricht und Lernkontext muss jedoch geübt werden. Einerseits muss die Lehrkraft erfassen können, in welchen Phasen die Geräte eingesetzt werden können und zu welchem Zweck. Zum anderen müssen die Schülerinnen und Schüler lernen, zu einem bestimmten Grad eigenverantwortlich mit den Geräten umzugehen und selbstständig mit ihnen zu arbeiten, ohne sich von den Kommunikations- und Unterhaltungskanälen ablenken zu lassen. Nach einer Einführungsphase durch Ausprobieren und praktischer Erfahrungen können sich mobile Endgeräte mit ihren verschiedenen Verwendungsformen als Werkzeug neben dem Taschenrechner, Atlas und Lexikon etablieren und somit zum fachlichen Kompetenzerwerb beitragen [Mayrberger, 2013, S. 27].

Durch den didaktischen Einsatz von Smartphones können Schülerinnen und Schüler neue Facetten ihrer eigenen Geräte erfahren. Während etwa das Smartphone im Alltag ein allgegenwärtiger Begleiter und Multifunktionswerkzeug beim Bahnfahren, Einkaufen, Fotografieren und Kommunizieren Kanälen ist, so wird es in den meisten Schulen fast komplett vom Unterricht ausgeschlossen und der didaktische Mehrwert seiner Funktionen verkannt. Mit einer Betrachtung des persönlichen Smartphones als Lernwerkzeug wird auch informelles Lernen in Alltagssituationen ermöglicht [Wiater, 2013, S. 21]. Die Möglichkeit, Grenzen zwischen Alltag und Schule verwischen zu lassen bzw. stärker miteinander zu verbinden, gestattet wiederum die Förderung der Selbständigkeit beim Lernen, sowie dem Nachgehen des individuellen Lerninteresses [Mayrberger, 2013, S. 35].

Dennoch können die Chancen, die mobile Informatiksysteme für das Lernen haben, nicht ausgiebig genutzt werden, wenn keine oder nur qualitativ minderwertige digitale Lernmaterialien vorhanden sind. Es fehlt hier bislang an Breite, da es zwar einige Materialien ambitionierter Lehrkräfte gibt, die jedoch leider nicht den Weg in alle Klassenräume finden. Auch werden nicht alle Themen und Fächer bedient. E-Learning-Systeme und Werkzeuge sind hingegen vorhanden. [Spittank, 2012] gibt Kriterien und Entscheidungshilfen für die Wahl von mobilen Informatiksystemen für den Informatikunterricht und achtet gleichsam auf Anforderungen anderer Fächer, damit sie unter der Ausmusterung des antiquierten Computerraums nicht leiden, sondern ebenfalls davon profitieren können. Die Umsetzung des Lehrplans Informatik der Sekundarstufe II mithilfe von mobilen Informatiksystemen ist nachgewiesen möglich [Heming, 2009].²⁵

Die Ansprüche an die verschiedenen Formen von digitalen Lernmaterialien sind vielfältig. Schließlich sollen sie die didaktische Ziele von E-Learning (siehe Abschnitt 2.2, S. 20) unterstützen und dabei das Lernen verbessern. Es folgen nun Überlegungen zur Definition, Konzeption und Aufbereitung digitaler Schulbücher und E-Learning-Material, die neben einer sinnvollen Konzeption des Unterrichts wichtig für die Qualität des Unterrichts sind [Arnold u. a., 2013, S. 100]. Herausgestellt soll der Funktionsumfang werden, der benötigt wird, um sie als Mehrwert im Unterricht einsetzen zu können. Technische und organisatorische Hürden von E-Learning sollen dabei aufgegriffen werden.

²⁵Die Untersuchung von HEMING bezieht sich auf den vorherigen Lehrplan. Eine Übertragung auf den aktuellen Kernlehrplan [MSW-NW, 2013] ist jedoch ebenfalls möglich.

3.1 Didaktische Konzipierung von Bildungsmedien mit digitalen Mehrwerten

Ein Lernmedium ermöglicht Kommunikation zwischen Lehrenden und Lernenden über einen Unterrichtsgegenstand. Es liefert dabei Information, Problemstellungen, Aufgaben und Tests. Betrachtet man elektronische Lernmaterialien, so gilt es zusätzlich zu den inhaltlichen und mediendidaktischen Qualitätskriterien auch technische Standards zu beachten [Gorsler, 2010, S. 5]. Bei der Konzipierung von Lernmaterialien gilt es, zu untersuchen, welche Kompetenzen bei der Bearbeitung des Materials erworben werden sollen. Darauf folgt die Wahl der Sozialform (Einzelarbeit, Partnerarbeit, Gruppenarbeit) [Arnold u. a., 2013, S. 116]. Bevor nun mit der Konzipierung begonnen werden kann, muss die Position des Materials im Lernzusammenhang bestimmt werden [Niegemann, 2004, S. 167 ff.]. Als Orientierungshilfe eignet sich der Lehrplan und bereits bearbeitete Abschnitte einer Unterrichtsreihe.

Die Prüfung des digitalen Mehrwerts von E-Learning-Material sollte unbedingt vollzogen werden, da sonst E-Learning gegenüber regulären Lernmethoden keinerlei Vorteile hat. Dabei müssen auch nicht alle denkbaren Eigenschaften elektronischer Lernmedien bei jedem Einsatz vertreten sein. Es gilt den digitalen Mehrwert soweit zu schaffen, zu nutzen und auszubauen, dass es den organisatorischen und finanziellen Mehraufwand gegenüber dem Einsatz analoger Medien wie Papier und Kreidetafel rechtfertigen kann. Mehrwert kann etwa durch interaktive Bearbeitung von E-Learning-Material in Schulnetzwerken und einer direkten Übermittlung der (Zwischen-)Ergebnisse an die Lehrkraft entstehen, die dadurch eine schnelle Rückmeldung zum Lernfortschritt der Schülerinnen und Schüler geben kann. E-Learning-Systeme sollten gemeinsames Lernen, Vergleichen und Kommunizieren möglichst unterstützen.

Ebenso kann die Übermittlung von Hilfestellung und Musterlösungen zur eigenen Reflexion der Aufgaben ebenfalls über das Netzwerk geschehen. Dabei ist es jedoch auch wichtig, die kursinterne Kommunikation nicht auf das Transferieren von Ergebnissen von Schülerinnen und Schülern zur Lehrkraft zu reduzieren, sondern auch gemeinsame Sicherungsphasen in den Unterrichtsverlauf zu integrieren. Hierbei sollen auch Ergebnisse digital präsentiert werden können, etwa dadurch, dass die Oberfläche jedes Schülerarbeitsplatzes über einen Beamer für alle im Klassenraum sichtbar projiziert werden kann [Humbert, 2006a, S. 116]. Somit können die vielseitigen Funktionen der Informatiksysteme breit im Unterricht eingesetzt werden.

3.1.1 Aktualität

Übliche Kriterien von gutem Unterrichtsmaterial sind inhaltliche Vollständigkeit, sowie Korrektheit, Objektivität und Aktualität [Niegemann, 2004, S. 167 ff.]. Während die ersten drei Gesichtspunkte sich nicht von analogen Unterrichtsmaterialien unterscheiden, so haben digitale Lernmedien bei der Aktualität den Vorteil, dass sie Regelmäßig über vernetzte Systeme von einer Lehrkraft oder einem Verlag verändert werden können. Somit ist es möglich, neue wissenschaftliche Erkenntnisse einzubringen oder Fehler im Lehrmaterial per Update auszubessern, ohne dass das Lernmaterial komplett ausgetauscht werden muss.

3.1.2 Darstellung

Information und Argumentationen in Lernmedien müssen nachvollziehbar und im Sprachstil angepasst sein. Denkbar wäre in digitalen Lernmaterialien den Sprachstil auf die Lerngruppen anpassen zu können, etwa durch die Verwendung des Personalpronomens »Du« in der Sekundarstufe I und »Sie« in der Sekundarstufe II. Leider ist dies im Deutschen nicht leicht umsetzbar, da sich hier auch der Satzbau ändert.²⁶ Eine automatisierte Anpassung von Aufgabentexten an die jeweilige Altersstufe ist also nicht möglich.

Sinnvolle Struktur und Darstellungsformen können sich bei digitalen Lernmedien leicht von den analogen Pendanten unterscheiden, da letztere hier weniger Möglichkeiten haben [Niegemann, 2004, S. 167 ff.]. Durch Hyperaktivität kann Information schnell zugreifbar sein, oder bei Bedarf ein- und ausgeblendet werden. Lernhilfen und Tipps für die Bearbeitung einer Aufgabe können von den Schülerinnen und Schülern selbständig angefordert werden, während die Lehrkraft zeitgleich darüber informiert werden könnte. Durch den Einsatz von Audio, Video und Animationen werden übliche text- und bildbasierte Materialien multimedial angereichert und finden auch hier einen digitalen Mehrwert [Bonitz, 2013, S. 132] (siehe Abschnitt 2.2.2, S. 23). Dabei ist jedoch zu beachten, dass das Lernmaterial nicht überfrachtet werden sollte, um die Kapazität der menschlichen Informationsbearbeitung nicht zu überfordern [Niegemann, 2004, S. 189].

Auch Ästhetik und typographische Regeln haben didaktische Aspekte, die für die Konstruktion von Lernmaterialien zu beachten sind. Sie gelten für Papierarbeitsblätter [Neumann, 2012], ebenso wie für ihre digitale Form im *Portable Dokument Format* (PDF), *Open Document Format* (ODF) oder einem anderen Dateiformat. Auch das \LaTeX -Paket »Schule« versucht ein gleichmäßiges Bild für Informations- und Arbeitsblätter, Klausuren und weitere schultypische Dokumente zu erstellen [Pieper u. a., 2015]. Zu beachten ist hierbei, dass Papier und seitenbasierte PDF-Dokumente immer eine feste Form haben, während die Darstellung der Dateiformate je nach Gerät und Displayauflösung variieren kann.

Bei diesen und auch bei anderen Darstellungsformen von Dokumenten, wie Webseiten, ist Ästhetik wichtig, weil beim Betrachter emotionale Konstrukte als Konglomerat von Ästhetik, Usability und Inhalt entstehen [Thielsch, 2008, S. 1]. Es ist denkbar, dass Lernen mit optisch ansprechenden Medien leichter bzw. angenehmer ist. Nachgewiesen ist, dass »Ästhetik bei mangelhafter Usability sogar eine kompensatorische Wirkung« hat [Thielsch und Jaron, 2009, S. 7]. Usability hängt wiederum stark mit der Navigation und Interaktivität zusammen, die bei statischen Dokumenten wie PDF oder Papier nicht gegeben sind.

Die strukturierte Erstellung von Dokumenten im Lernkontext hilft auch, ein *Corporate Design* der Schule, Fachgruppe oder Lehrkraft zu etablieren. Sehen die Dokumente einheitlich aus (Schriftbild, Kopfzeile, etc.), so Hilft es den Schülerinnen und Schülern, diese auf den ersten Blick als Arbeitsmaterial wahrzunehmen.

3.1.2.1 Lesen mit E-Learning-Systemen

Selbstverständlich müssen auch E-Learning-Inhalte sprachlich und gestalterisch an die Zielgruppe angepasst sein [Gorsler, 2010, S. 5]. Damit Lesen und Verstehen mit E-Learning-Systemen genauso gut

²⁶Z. B. »Schreibe einen Text« wird zu »Schreiben Sie einen Text«. Nicht nur Personalpronomen, sondern auch Prädikat und Satzstellung ändern sich.

funktioniert wie mit analogen Medien, sollen nun Ergebnisse zur digitalen Darstellung auf Displays und ihre Eigenschaften für das Lesen und Lernen kurz vorgestellt werden.

Es ist zu beachten, dass das Lesen von langen Texten an Bildschirmen sehr anstrengend ist [Niegemann, 2004, S. 160]. Dies ist jedoch auch von der Darstellungsform und Displaytechnik abhängig. So kann man am Computer beliebig lange HTML-Seiten durchscrollen, bzw. rollend blättern, während man etwa bei Dokumenten mit festem Layout, wie bei E-Books auch *seitenweise*, bzw. *bildschirmweise* blättern kann [Sohrabi, 2012, S. 50]. Diese Lesevarianten werden als *Scrolling* und *Paging* bezeichnet. Unterschiede in der kognitiven Informationsaufnahme wurden bislang nicht nachgewiesen [e-teaching.org, 2015]. Generell sind Lese- und Verstehensprozesse am Bildschirm nicht anders, als bei gedruckten Texten [Shapiro u. a., 2004]. Jedoch hält das Lesen am beleuchteten Bildschirm wegen der Beeinflussung des Hormons Melatonin den Lesenden und die Lesende wach [Chang u. a., 2015]. Dies bezieht sich auf private und abendliche Benutzung und hat wenig Auswirkung auf die Arbeit in und für die Schule.

Bezüglich der Displaytechnik fand eine Lesestudie der Johannes Gutenberg-Universität Mainz heraus, dass E-Ink Displays von E-Book-Readern ähnliche Leseigenschaften wie Papier besitzen [Füssel u. a., 2011]. Weitere Ergebnisse der Studie sind folgende:

- »Das Lesen auf Tablets ist [...] aus einer neuronalen Perspektive leichter. Unterschiede zwischen jüngeren und älteren Probanden gab es dabei nicht.« [Füssel u. a., 2011, S. 2]
- Jüngere Probanden lesen auf allen Medien²⁷ gleich schnell.
- Inhalte können bei allen Medien in etwa gleich gut gemerkt werden.
- Papier hat mit Abstand den größeren »Wohlfühlfaktor«, wenn es darum geht längere Texte zu lesen.

Zu beachten ist auch, dass das Lesen von Dokumenten mit Hyperlinks sich von dem linearen Leseprozess eines Buches unterscheidet. Es besteht die Gefahr, dass Hyperlinks die Wahrnehmung eines *roten Fadens* erschwert und dadurch zu Unaufmerksamkeit und oberflächlichen Lesen führen kann [Wiater, 2013, S. 22].

Weitere Untersuchungen liegen nicht vor. Eine aktuellere Studie über die Auswirkungen der neueren und höher auflösenden Bildschirme mit LCD-²⁸ oder AMOLED-Technologie²⁹ in Bezug auf die menschliche Informationsaufnahme wäre interessant. Für genaue Vergleiche mit analogen Druckmedien müsste jedoch auch das Papier und der Druck standardisiert sein, da auch hier der Kontrast zwischen der Papierfarbe und Intensität der schwarzen Tinte das Ergebnis verfälschen könnten. Generell lässt sich sagen, dass sich das Lesen an Bildschirmen mit den heutigen Standards von Darstellungsformen und Technologien ähnlich wie das Lesen von gedruckten Werken verhält.

3.1.2.2 Barrierefreiheit

Etwa jeder zehnte Deutsche hat eine anerkannte Behinderung. E-Learning-Material sollte deswegen möglichst barrierefrei gestaltet werden. Dazu gehört »Texthinterlegung für Multimedia, (deutliche) Kontraste,

²⁷Verglichen wurden Papiermedien, zwei verschiedene E-Ink-Reader und ein Tablet-PC mit hochauflösendem Display.

²⁸LCD: Liquid Crystal Display.

²⁹AMOLED: Active-Matrix Organic Light-Emitting Diode.

Farben, lesbares Schriftbild, Skalierbarkeit der Schrift, Geräteunabhängigkeit, klare Navigationsmöglichkeiten, verständliche Sprache, und sinnvolle Strukturelemente« [Arnold u. a., 2013, S. 172 ff.]. Inhalte müssen so angelegt sein, dass sie per Sprachausgabe ausgegeben werden können [Vlaj, 2014, S. 18]. Rechtlich geordnet sind die Anweisungen zur Barrierefreiheit in [BMJV, 2011].

Bei der Verwendung von »gutem« HTML/XML für webbasiertes Material gibt es zusätzlich auch einen positiven Effekt für alle Nutzergruppen, da die bessere Strukturierung und valide und standardkonforme HTML Auszeichnungen eine verbesserte Darstellung auf allen zu nutzenden Endgeräten ermöglicht.

3.1.3 Interaktivität

Entscheidend für die Bewertung des digitalen Mehrwertes von E-Learning-Material ist auch systemisch die Interaktivität zwischen Lehrenden (Ausgabe des Materials und Betreuung des Lernprozesses), Lernmaterial (direkte Bearbeitung, leicht Übertragbar, direktes Feedback) und den Lernenden (Bearbeiten des Materials, Präsentation der eigenen Lösungen). Interaktion ist dabei definiert, als die Handlung mit Lernobjekt und die Handlungsfreiheiten in diesem Prozess [Schulmeister, 2002b, S. 194].

Interaktivität lässt sich weiter durch eine Taxonomie hierarchisieren und kategorisieren. SCHULMEISTER benutzt in seinem Modell sieben Stufen, nach denen der Grad der Interaktion für elektronische Medien eingeordnet wird. Im weiteren Verlauf wird hier das leicht vereinfachte Modell mit sechs Stufen verwendet.³⁰

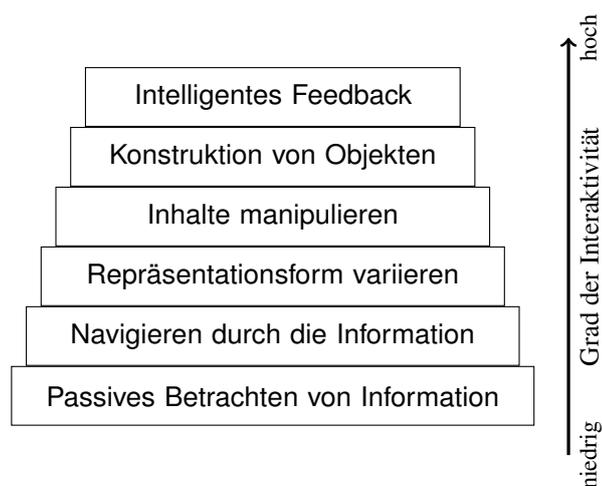


Abbildung 3.1: Taxonomie von Interaktivitätsstufen nach [Hielscher, 2012, S. 12] und [Schulmeister, 2002b].

Die 1. Stufe bezeichnet ein Medium mit unveränderlichem Inhalt. Möglich ist dabei nur die bloße Betrachtung des Gegebenen. Die 2. Stufe erlaubt aktive Navigation innerhalb der Betrachtung. Dies ist jedoch noch keine richtige Interaktion, da sich der Inhalt nicht ändert und immer dieselbe Darstellung besitzt. Die Navigation steuert Abläufe und wechselt zwischen Ansichten [Schulmeister, 2002b, S. 194]. Hypertextualisierung ist bei elektronischen Lernmitteln daher Grundlage von Interaktion und notwendiges Mindestmaß. Die 3. Stufe beinhaltet mehrere Darstellungsformen für eine Information und eine eigene

³⁰SCHULMEISTER unterscheidet bei der »Variation der Repräsentationsformen« noch weiter in einer »Variation von Blickwinkeln«. Dies ist jedoch für die Betrachtung von allgemeinem E-Learning-Material zu vernachlässigen.

Auswahl an Medien und Beispielen. Als Reaktion auf die Eingabe des Nutzers werden multiple Repräsentationformen angezeigt. Als grundlegende Funktion sollten digitale Lernaufgaben und Lernmaterialien verknüpfte Information und Suchfunktionen für Texte beinhalten, damit unklare Sachverhalte von den Schülerinnen und Schülern schnell gefunden und nachgelesen werden können. Einen höheren Grad der Interaktion gibt es auf der 4. Stufe, bei der Daten und Parameter variierbar und der Inhalt modifizierbar sind. Auf der 5. Stufe der Interaktivität lassen sich ganze Objekte und Inhalte produzieren. Die letzte 6. Stufe fügt dem noch automatische Auswertung und intelligente Rückmeldung der Bearbeitung hinzu.

Diese Taxonomie lässt sich auch auf Interaktivität im Informatikunterricht übertragen. Dies ist sinnvoll, weil interaktive Systeme selbst Gegenstände der Informatik sind und deswegen auch im Informatikunterricht mit anderen Blickwinkeln betrachtet werden, als in anderen Unterrichtsfächern. Auch wird der Werkzeugcharakter von Informatiksystemen hier als ein Werkzeug aufgefasst, das noch formbar ist, entgegen Werkzeugen, die so benutzt werden müssen, wie sie vorliegen. Kategorisiert man Interaktivität also mit den üblichen Taxonomien, so fehlt der verschärfte Blick auf die Ansprüche der Informatikfachdidaktik. Die Grundbausteine der allgemeinen und der speziellen Taxonomie sind dabei identisch, während sich die höheren Interaktionsstufen stärker an Fachinhalten orientieren (vgl. Abb. 3.2, S. 42). Die angepassten Stufen umfassen folgende Eigenschaften:

4. Stufe: Modifizierung von Objekten, etwa durch Veränderungen von Parametern, Lückentextprogrammierung oder Ergänzung von Funktionen.
5. Stufe: Selbständige und individuelle Modellierung eines Lösungsweges durch freiere Implementierung.
6. Stufe: Lösungswegüberprüfung, Auswertung von Lernschritten, Fehlversuchen und Ergebnissen, Softwaretests zur Validierung des Lösungsweges, Anweisungen zur Optimierung des weiteren Lernweges.

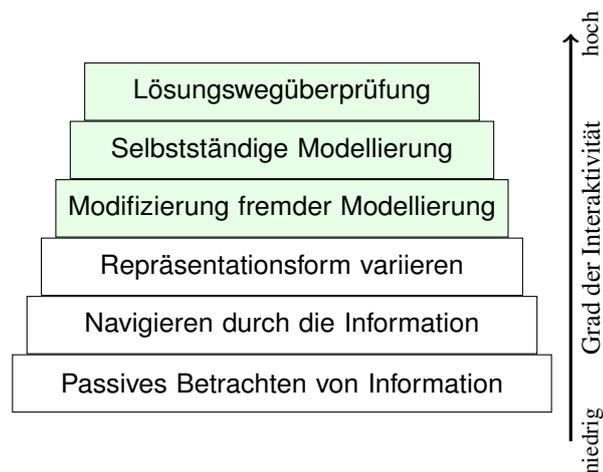


Abbildung 3.2: Taxonomie von Interaktivitätsstufen für E-Learning im Informatikunterricht. Angepasst vom Autor nach [Hielscher, 2012, S. 12] und [Schulmeister, 2002b].

Das interaktive Werkzeug muss auf der 4. Stufe in der Lage sein, den Lernenden beschränkte Eingriffe in Algorithmen und Darstellungen zu geben. Es bedarf eines Compilers oder Interpreters, der die Schülerlösungen verarbeitet und darstellt. Die 5. Stufe soll hingegen bereits größtmögliche Gestaltungsfreiräume

lassen und Raum für freie informatische Modellierung bieten. Ein Beispiel für diesen Grad der Interaktion sind Simulationen von Schülerlösungen, etwa durch die Auswertung von selbstgeschriebenen Programmcodes im Informatikunterricht. Ähnliche Visualisierungen findet man bei Geometrieprogrammen im Mathematikunterricht. Dabei wird informatische oder mathematische Modellierung direkt umgesetzt und graphisch oder textbasiert dargestellt. Ein Beispiel für eine Visualisierung von Algorithmen ist in Abb. 3.3, S. 43 zu sehen. Rechts kann der Quellcode zunächst durch eine Anpassung der Parameter durch Drop-Down Menüs vorgenommen werden, deren Rahmen durch selbst wählbare oder teilweise vorgegebene Kontrollstrukturen der Programmierung, wie Schleifen und Abfragen, bestimmt ist. Die Schülerinnen und Schüler können damit Algorithmen zur Lösung einer vorgegebenen Aufgabenstellung selbst gestalten und sehen bei der Ausführung des Algorithmus auf der linken Seite optisch, ob die eigene Modellierung die Vorgabe erfüllt oder nicht.



Abbildung 3.3: Die Eiskunstläuferin tanzt den rechts eingegebenen Algorithmus nach. Bearbeitetes Bildschirmfoto von [Code.org, 2015].

Durch die Visualisierung des Algorithmus ist weniger Abstraktion nötig, um von der bisherigen Modellierung auf Fehler zu schließen. Über die Optik lassen sich logische Schritte leichter erfassen, sowie neue Programmschritte und Parameteranpassungen besser nachvollziehen.

Auch wenn in dem Beispiel von Abb. 3.3, S. 43 bereits geprüft werden kann, ob das Ergebnis der Schülerleistung einer Lösung der Aufgabe entspricht, so kann hier noch nicht von einer intelligenten Evaluation des Lösungsweges gesprochen werden. Für diese 6. Stufe der Taxonomie muss das E-Learning-System nicht nur die Ergebnisse, sondern den gesamten Lernweg der Schülerinnen und Schüler betrachten und darauf basierend Hinweise geben können, welche Kompetenzen, die zur Lösungsfindung notwendig sind, noch weiter ausgebaut werden müssen. Daraufhin können etwa weitere Übungsaufgaben für Kontrollstrukturen oder Information zur Syntax angezeigt werden, die für den weiteren individuellen Lernverkauf nützlich sein sollen. Auch kann die Lehrkraft darüber informiert werden, welche Schülerinnen und Schüler noch Probleme bei bestimmten Punkten haben und welche Gegenstände gemeinsam mit der Lerngruppe erläutert und erarbeitet werden sollen. Bei diesem höchsten Grad der Taxonomie von Interaktivität im Informatikunterricht geht es nicht darum, dass das E-Learning-System die Informatiklehrkraft ersetzt, sondern Lernende und Lehrende mit diagnostischer Information zum Lernstand unterstützt.

Generell sollte nicht nur die Darstellung des Ergebnisses, sondern auch der Lernweg mit digitalen Unterrichtsmaterialien möglichst interaktiv gestaltet sein. Dabei können neben Text auch Bilder durch Benutzung einer digitalen (Smartphone-)Kamera, Töne und Sprache durch das Mikrofon oder Sensordaten (Magnetfeld, Bewegungssensor, GPS) einbezogen werden [Bonitz, 2013, S. 133]. Man könnte bspw. den Algorithmus der Eiskunstläuferin aus Abb. 3.3, S. 43 auf dem Schulhof nachlaufen lassen und die Positionsdaten per GPS oder einer kamerabasierten Erfassung mitschneiden und auswerten lassen. Die Benutzung verschiedener Werkzeuge reichert die Bearbeitung des Materials dadurch weiter an.

3.1.4 Verfügbarkeit

Es ist erstrebenswert die digitalen Vorteile von E-Learning-Materialien auch dahingehend zu nutzen, dass sie sich leicht verteilen und kopieren lassen. Dies umfasst Bildungsmedien, die explizit für Unterrichtszwecke hergestellt werden, aber auch »andere bildungsrelevante Medienangebote, insbesondere Angebote der öffentlich-rechtlichen Rundfunk- und Fernsehanstalten« [KMK, 2012, S. 8]. Sie sollten über das Internet verfügbar gemacht werden, sofern die Werke für den »freien«³¹ Gebrauch in Lern- und Lehrkontexten verwendet werden können, ohne durch das Urheberrecht in der Nutzung und Bearbeitung eingeschränkt zu werden. Die Ausgestaltung der Verfügbarmachung von Lehr- und Lernmedien als freie Kulturgüter wird in Abschnitt 3.3.1, S. 50 thematisiert.

3.1.5 Zwischenfazit: Was sind digitale Mehrwerte?

Die Qualität von E-Learning-Material wird gemessen an der inhaltlichen und didaktischen Qualität und ihrem *digitalen Mehrwert*. Dieser Mehrwert bildet sich aus einzelnen oder mehreren Eigenschaften digitaler Bildungsmaterialien. Dazu gehören die *Aktivität* mit *Multisensualität* und den verschiedenen Stufen der *Interaktivität*, *Aktualität* und *Hypertextualisierung* der Inhalte, sowie eine breite *Verfügbarkeit* der Materials. *Multimedialität* schließt sich dabei an eine Variation der technischen und didaktischen *Darstellungsformen* an (siehe Abb. 3.4, S. 45).

3.2 Digitale Schulbücher

Das für die Schule vielleicht wichtigste Lehrmedienformat ist das Schulbuch. Eine kurze Beschreibung dieses klassischen Mediums ist hier notwendig, um darauf aufbauend seine digitalisierte Form zu untersuchen.

Das Schulbuch ist gleichzeitig *Politicum*, *Informaticum* und *Paedagogicum*, denn es wird von politischen Rahmenbedingungen zugelassen, gibt inhaltlich weiter, was als Schulwissen für wichtig erachtet wird und will schließlich »Einfluss auf das Denken, Fühlen, Wollen und Können von Kindern und Jugendlichen [nehmen], sie [...] erziehen und [...] bilden, so wie die Zeit und die gesellschaftlichen Umstände es mit sich bringen« [Stein, 1977]. Schulbücher sind Vor- und Nachbereitungsmedien, mit dessen Information und didaktisch angeordneten Aufgaben Schülerinnen und Schüler ihre Fähigkeiten üben, vertiefen und prüfen können. Es ist eine in einer Quelle vereinte Wissenssammlung eines Fachs, die

³¹Die Definition von »frei« ist in diesem Zusammenhang gemeint nach [Lessig, 2002, S. 12]: »Eine Ressource ist frei, wenn man sie ohne Erlaubnis nutzen kann; oder die Erlaubnis, sie zu nutzen, neutral vergeben wird.«

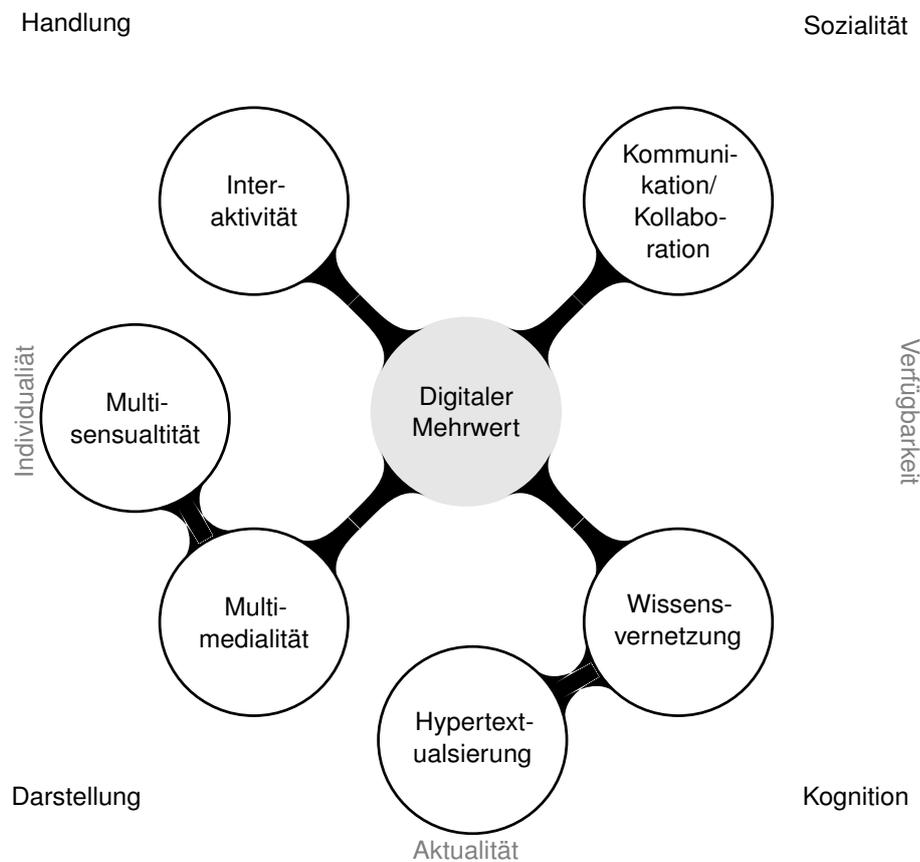


Abbildung 3.4: Übersicht zu digitalen Mehrwerten in der didaktischen Konzipierung von E-Learning.

auf einen bestimmten Lernabschnitt der Schullaufbahn zugeschnitten ist. Die Schülerinnen und Schüler müssen dadurch Lerninhalte nicht von der Tafel abschreiben oder anderweitig besorgen, sondern können sie im ihrem Buch finden [Finke, 2008, S. 5]. Schulbücher konservieren, strukturieren und standardisieren dabei Wissenselemente für den Schulunterricht, die innerhalb eines bestimmten Zeitabschnittes erlernbar sind [Matthes, 2011, S. 2].

Da sich Schulbücher immer an Lehrplänen eines Bundeslandes orientieren müssen, gibt es eine Reihe von Richtlinien, die ein Schulbuch erfüllen muss, um als solches für den Schuleinsatz angeschafft zu werden. »Lernmittel dürfen an Schulen nur eingeführt werden, wenn sie zugelassen sind. [...] Alle ergänzenden Medien, die kurzfristig im Unterricht eingesetzt werden, gelten ebenfalls als pauschal zugelassene Lernmittel« [MSW-NW, 2014b]. Nach den Anforderungen von [MSW-NW, 2014a] an Lernmaterialien müssen diese ...

- den Richtlinien, Lehrplänen und weiteren Unterrichtsvorgaben entsprechen,
- Kinder ganzheitlich ansprechen und individuelle Lernwege eröffnen, entdeckendes Lernen und selbstständiges Arbeiten durch methodische und mediale Vielfalt fördern,
- auf dem Stand der Fachwissenschaften sein,
- mit der verfassungsmäßigen Ordnung und den rechtlichen Vorgaben für die Schulen vereinbar sein,
- volle Schuljahre hindurch die Schülerin und den Schüler versorgen, in der gymnasialen Oberstufe volle Halbjahre.

Diese Kriterien fokussieren noch stark analoge Schulbücher und müssten für den verstärkten Einsatz digitaler Bildungsmedien stärker medienspezifische Besonderheiten berücksichtigen, wie z. B. »die Neutralität der Perspektive, Authentizität [...] oder die Haltbarkeit der Inhalte« [Hiller, 2013, S. 50].

Die Zeitspanne von Planung bis Ausgabe eines Schulbuchs dauert etwa drei Jahre [Veritas, 2015; Vljaj, 2014, S. 52]. Daraus resultiert ein *cultural lag* [Matthes, 2011, S. 2], durch den wissenschaftliche oder gesellschaftliche Neuerungen erst zeitversetzt in den Unterricht einbezogen werden. In Deutschland kommt das Schulbuchverleihsystem hinzu, das dafür sorgt, dass Schulbücher von mehreren Schülergenerationen benutzt werden und erst nach einer bestimmten Nutzungsdauer erneuert werden. Dies ist kostengünstiger und ökologischer, als jedes Jahr neue Bücher anzuschaffen. Weiterhin ist aber auch die Anschaffung eines etablierten Schulbuches wahrscheinlicher als die eines neu erschienenen Buches [Fey u. a., 2013, S. 56 f.]. Der daraus resultierende zeitliche Versatz zwischen einer neuen wissenschaftlichen Erkenntnis und ihrer Vermittlung im Schulunterricht durch ein Schulbuch lässt sich damit nur schwer abschätzen.³²

Den langen Entwicklungs- und Gebrauchszyklen der Schulbücher könnte über digitale Lernmedien entgegen gewirkt werden [Fey u. a., 2013, S. 65]. Wären an deren Erstellung sind Fachexperten, didaktische und technische Berater, Designer und Programmierer beteiligt [Arnold u. a., 2013, S. 100], so könnten digitale Schulbücher flexibler und aktueller sein, da regelmäßig inhaltliche oder technische Updates vorgenommen werden könnten. Auch ist eine kollaborative Erstellung und Wartung von digitalen Schulbüchern im Stile eines Wikis denkbar und teilweise bereits umgesetzt [Bonitz, 2013, S. 131 f.].

3.2.1 Definitionen von E-Books und digitalen Schulbüchern

Was ist nun genau ein digitales Schulbuch? Die Definition ist besonders in Deutschland schwer, da die Schulbuchverlage ihre Medien selbst definieren. Aus didaktischer und informatischer Perspektive ist das nicht unbedingt sinnvoll, da es schon schwer fällt, ein elektronisches Buch zu definieren.

Ein E-Book ist eine Datei mit Textinhalten im speziellen Format, die von einer Software auf einem Informatiksystem visuell dargestellt werden kann. Auch wenn das ePub-Format³³ ein offener Standard für elektronische Bücher ist, so fehlt für E-Books eine klare Abgrenzung zu Plaintextdateien und Dateiformaten wie PDF, DOC, ODT, oder HTML [Sixtus, 2014]. Technisch betrachtet basiert ePub3 im Wesentlichen auf XHTML. Demnach müsste auch jede Website als E-Book gelten, weil diese ein ähnliches Format hat und von der selben oder ähnlicher Software dargestellt werden kann. Wirtschaftliche Unterschiede zum

³²Ein Beispiel für den *cultural lag* ist, dass einige aktive Geschichtsschulbücher noch immer davon berichten, dass die ägyptischen Pyramiden der Antike von Sklaven erbaut worden wären.

³³ePub: Electronic publication.

Papierbuch finden sich noch in der Buchpreisbindung und der Mehrwertsteuer, die bislang bei 19% liegt (Stand 1.4.2014), während Papierbücher, die als Kulturgut gelten, mit 7% MwSt. besteuert werden [Sixtus, 2014]. Letztendlich wird das E-Book vom Börsenverein des deutschen Buchhandel nicht näher definiert.

Die Mediendidaktik definiert E-Books als digitalen Nachbau von Büchern mit linearem Aufbau und Hypertextualisierung, durch die Sprünge inner- und außerhalb des Dokumentes möglich sind [Schulmeister, 2002a, S. 299]. Dabei lassen sich nach [Sanguo u. a., 2012] drei Stufen des E-Books unterscheiden. Die erste Stufe umfasst die Digitalisierung eines gedruckten Buches. Dies beinhaltet auch den Mindeststandard der Texterkennung, Hypertextualisierung und Suchfunktionen. Die zweite Stufe bezeichnet digitale Bücher, die keine Printvorlage haben und als digitales Werk konzipiert wurden. Das Bedienkonzept passt sich an technische Gegebenheiten an. Die dritte und letzte Stufe wird auch als *enhanced E-Book* bezeichnet. Es hat einen hohen digitalen Mehrwert durch eingebundene Multimediaelemente und einen hohen Grad an Interaktivität. Auch das Dazuladen neuer Inhalte ist Teil dieser Stufe.

Der Einsatz von E-Books als digitale Schulbücher erfordert zu dem noch weitere Funktionen zum Bearbeiten von Aufgaben, Hinzufügen von Notizen und Vernetzung für kollaboratives Arbeiten.

»Digital Textbooks³⁴ offer various interactive functions, and provide the learner with a combination of textbooks, references books, workbooks, dictionaries, and multimedia contents such a video clips, animations, and virtual reality. «

[KERIS, 2012]

Da Hypertextualisierung die rudimentärste aller Eigenschaften von digitalen Schulbüchern ist, benötigen diese in den Lektionen Verweise auf bereits erlerntes und zukünftiges Wissen, alternative Erklärungen und spezielle Hilfen, Kommunikationsplattformen für persönliche Hilfe, Lerntechniken, Methoden, verschiedene Problemstellungen und Anwendungssituationen. Bei einem höheren Interaktionsgrad sind auch vernetzte adaptive Lernwegempfehlung und vernetztes Feedback für Äußerungen und Rückmeldungen seitens der Lehrkraft denkbar. Auch andere Vergleiche, wie Auszeichnungen (siehe Gamification Abschnitt 2.1.1, S. 18) und Ranglisten für den direkten Vergleich mit anderen Lernenden lassen sich in die Systeme implementieren [Wedenic, 2013, S. 152 f.]. Eine erweiterte Lehrkraftausgabe des digitalen Schulbuchs kann bestimmte ergänzende Anwendungen oder Inhalte im Präsentationsformat und Tests, aber auch fachwissenschaftliche Literaturhinweise beinhalten [Bonitz, 2013, S. 135].

Bei der Gestaltung dieser E-Learning-Systeme ist darauf zu achten, dass die Arbeit mit den Schulbüchern flüssig ist. Dazu gehört, dass wenig zwischen verschiedenen Programmen oder Fenstern gewechselt werden muss [Wiegand, 2014, S. 104]. Das Schulbuch sollte möglichst viel in sich selbst umsetzen können und über Programmschnittstellen Funktionen externer Programme oder Plug-ins aufnehmen können.

In Deutschland sind digitale Schulbücher der Schulbuchverlage nur in einem proprietären Format und nicht im offenen ePub3-Format erhältlich [Wedenic, 2013, S. 156]. Die dafür notwendigen *virtuellen Bücherregale* sind eigens dafür angepasste Verwaltungs- und Leseprogramme und unterscheiden sich aufgrund proprietärer Software ohne offene Schnittstellen von Verlag zu Verlag. Unterstützt werden dabei teilweise nur »gängige Betriebssysteme (außer Windows 8)«. GNU/Linux Systeme werden dabei unter Umständen ausgeschlossen und auch für mobile Betriebssysteme ist die Auswahl eingeschränkt [Europa-Lehrmittel.de, 2015].

³⁴»Digital Textbook« lässt sich als »digitales Schulbuch« übersetzen.

Andere »digitale Schulbücher« basieren ganz auf Webtechnologien und lassen sich von jedem System aus per Browser benutzen [VBM Service GmbH, 2015]. Dadurch resultiert eine Unabhängigkeit vom Betriebssystem, die notwendig ist, um digitale Bildungsmedien bei der Heterogenität der privaten und schulischen Geräte einsetzen zu können. Eine Plattform vom Verband Bildungsmedien e. V. versucht deswegen eine gemeinsame infrastrukturelle Basis für die E-Books verschiedener Schulbuchverlage zu gestalten, damit nicht für jedes Schulbuch eine andere Software installiert werden muss. Digitale Mehrwerte sind auch hier nur in geringem Ausmaß zu finden, da es sich hierbei i. d. R. um PDF-Ausgaben der alten Schulbücher handelt. Momentan sind auf der Plattform nur wenige digitalisierte Bücher zu finden, die online und offline gelesen werden können [Vlaj, 2014, S. 38]. Außerdem werden wegen des festen Layouts nur mobilen Endgeräten ab einer Bildschirmdiagonalen von 7" empfohlen [VBM Service GmbH, 2015], was die meisten Smartphones von Schülerinnen und Schülern ausschließt.

In Deutschland bleiben digitale Schulbücher »proprietär und verfügen – im Gegensatz zu anderen Ländern – über keine offenen Schnittstellen für einen Daten- und Informationsaustausch. Sie werden als ergänzendes medienpädagogisches Werkzeug genutzt« [Wedenig, 2013, S. 150]. Auch sind sie noch weitestgehend ohne digitalen Mehrwert [Wiegand, 2014, S. 103], sondern sind i. d. R. digitale Kopien von bestehenden Schulbüchern und entsprechend damit E-Books der ersten Stufe nach [Sanguo u. a., 2012]. Meist verhalten sich die digitalen Schulbücher wie PDF-Dokumente mit Notiz-, Such- und Verweisfunktionen, die ein erweiterter PDF-Reader auch mit sich bringt. Sie sind oft schlecht lesbar und Aufbau und Gestaltung entsprechen nicht den mediendidaktischen Standards [Wedenig, 2013, S. 156]. Ein solches Schulbuch rechtfertigt aus Mangel an digitalem Mehrwert nicht seine Anschaffung und Wartung für den Gebrauch im Schulunterricht. Eine Neukonzipierung digitaler Schulbücher mit echtem digitalen Mehrwert seien aktuell nicht im ökonomischen Interesse der Schulbuchverlage [Wiater, 2013, S. 22].

3.2.2 Verbreitung und Verwendung digitaler Schulbücher

Für Lehrkräfte waren digitale Schulbücher im Jahr 2008 noch schwer vorstellbar [Finke, 2008, S. 54 ff.]. Ihre wichtigsten Kriterien für die Einführung der digitalen Lehrmittel sind schnelle Aktualisierbarkeit, leichte Erweiterbarkeit und breite Verfügbarkeit. Auch wenn die deutschen Schulbuchverlage versuchen, Lehrkräften einen einfachen Einstieg in die Welt des digitalen Lehrmaterials zu ermöglichen, so ist der Preis der veränderten Haptik und der neuen rudimentäre Funktionen, wie die Hypertextualisierung, die Skepsis der Lehrkräfte, die keinen Mehrwert in den neuen Materialien sehen.

Hinzu kommt ein gewisser Mehraufwand für die Lehrkräfte, da Soft- und Hardware eingerichtet und gepflegt werden müssen, und die Lizenzen der digitalen Schulbücher gekauft und verwaltet werden müssen [Wiegand, 2014, S. 102]. Dafür und auch für den passenden Einsatz im Unterricht brauchen Lehrkräfte bestimmte nicht selbstverständliche Kompetenzen.

Andere Staaten haben bereits mehr Erfahrung mit dem Einsatz digitaler Schulbücher gemacht. In Südkorea wurden gedruckte Bücher aller Schulfächer in wenigen Jahren komplett durch E-Books ersetzt [Vlaj, 2014, S. 44]. Die meisten der eingesetzten Systeme besitzen Multimediafunktionen, integrierte Wörterbücher, interaktive und kommunikative Elemente mit Mitlernenden und Experten, Lernmanagement, Lernwegempfehlungen und Autorenwerkzeugfunktionen [Wedenig, 2013, S. 153]. Damit kann das E-Learning-System das analoge Schulbuch und auch Schulhefte ergänzen und ersetzen.

Dafür hat Südkorea bis 2015 jedes digitale Schulbuch praktisch erprobt und wissenschaftlich begleitet, seine Schulbuchverordnung rechtlich für digitale Schulbücher angepasst und Leitlinien für Entwickler und Distributoren herausgegeben [Wedenig, 2013, S. 153]. Notwendig waren auch Investitionen in die Netzwerkinfrastrukturen der Schulen, in ein Cloud-Computing-System, sowie in Endgeräte, für finanziell benachteiligte Schülerinnen und Schüler [Vlaj, 2014, S. 45].

Der Einsatz digitaler Schulbücher muss nicht zwangsläufig gedruckte Schulbücher ersetzen. Wichtiger ist es, technische Möglichkeiten möglichst unkompliziert in den Unterricht zu integrieren und ihn dadurch mit Mehrwert anzureichern [Bonitz, 2013, S. 136]. Dies muss nicht unbedingt mit rein digitalen Mitteln geschehen, sondern kann auch über hybride Verweise gestaltet werden, die aus einem gedruckten Schulbuch per QR-Code vom Smartphone der Lernenden ausgelesen werden, um webbasierte Anwendungen, Wissensangebote, Simulationen und digitale Arbeitsblätter in den Unterricht zu integrieren.

3.3 Digitale Bildungsmedien

Die Entwicklung der digitalen Schulbücher ist ein großer und wichtiger Teil der Entwicklung der digitalen Bildungsmedien. Dabei wirken sich jedoch das föderale Bildungssystem und alte Kooperationen mit Schulbuchverlagen bremsend auf den Einzug der Technologien in die Schule aus [Pilz, 2014]. Letztendlich werden Schulbücher zentral legitimiert und auf die Standards eines Bundeslandes zugeschnitten. Ministerien und Verlage entscheiden über Inhalte und Aufarbeitung der Gegenstände. Daraufhin können Schulen i. d. R. genau eine Ausgabe eines Schulbuchs je Fach und Jahrgangsstufe anschaffen und jeder Fachlehrer ist dazu angehalten, das angeschaffte Material zu benutzen.

Ein anderer großer Teil von E-Learning-Material ist jedoch kein vollständiges digitales Schulbuch, sondern eine Menge fragmentierter Einzelmaterialien, die Texten, Bildern, Videos, Arbeitsblättern, Simulationen, Programmen und sogar Unterrichtsreihen umfassen. Diese Bildungsmedien werden im Internet oft frei angeboten, entziehen sich der zentralen Kontrolle der Verlage und der Bildungspolitik [Hiller, 2013, S. 45] und ersetzen staatliche Einflussnahme durch Fachmeinungen der pädagogischen, fachlichen und fachdidaktischen Gemeinschaft. Die Qualität des Lernens betrifft dies jedoch nicht direkt. Lehrkräfte sind dadurch lediglich dazu angehalten, selbst zu prüfen, welche Kompetenzen mit dem Lernmaterial erworben werden können und müssen weiterhin prüfen, ob dies mit dem Lehrplan kompatibel ist.

Eine Ergänzung des Schulbuchs durch weitere Bildungsmedien ist keine Besonderheit des digitalen Zeitalters. Seit Jahrzehnten werden zusätzlichen Materialien, wie u. a. von Verlagen bereitgestellte Zusatzmaterialien, Tandembögen, Übungsaufgaben aber auch selbst erstellte Arbeitsblätter, fremde Unterrichtseinheiten und Videomedien regelmäßig verwendet [Bonitz, 2013, S. 131]. Dabei müssen Lehrkräfte bereits die Qualität der Materialien selbst bewerten, unabhängig davon, ob die Materialien kostenlos oder kostenpflichtig sind. Ähnliche Anforderungen gibt es bei der Bewertung und Auswahl des geeigneten Schulbuchs, die gemeinsam von der schulischen Fachkonferenz vorgenommen werden.

Mit unabhängigen, digitalen Bildungsmedien entsteht eine Vielfalt an Wissensperspektiven, die jedoch durch hohe Eigendynamik und fehlende Standards die Stabilität der zu erwerbenden Kompetenzen gefährden. Onlineangebote weisen zudem oft hohe Spezialisierungen auf, die über das erforderliche Niveau der schulischen Allgemeinbildung hinausgehen [Hiller, 2013, S. 46]. Zusätzlich bieten solche

dynamisch arrangierbaren Lernmedien auch eine Alternative zum statischen Schulbuch, welches das »Lernklima und die Lernmotivation in der Schulklasse negativ beeinflusst« [Fey u. a., 2013, S. 56].

3.3.1 Freie Bildungsmedien

Als Bildungsmedien werden alle Medien bezeichnet, die zum Lehren und Lernen in informellen und formalen Bildungskontexten eingesetzt werden können [Mayrberger, 2013, S. 28]. Dazu gehören ganze Unterrichtskonzeptionen, aber auch einzelne Unterrichtsmaterialien, freie Schulbücher, Videos, Tests, Software und weitere Techniken, die den Zugang zu Wissen unterstützen [vgl. Atkins u. a., 2007, S. 4].

Offene Bildungsmedien (kurz: OER³⁵) sind Lehr- und Lernmedien, die unabhängig erstellt wurden, frei verfügbar sind und das Ziel haben, Bildung und Wissen unbeschränkt verfügbar zu machen [Mayrberger, 2013, S. 33]. Das System der offenen Bildungsmedien findet unter Lehrkräften immer mehr Anhänger. Nicht selten wird OER auch in direkter Verbindung mit Open Source gefordert, aus deren Entwicklung sie stammt [Geser u. a., 2007].

»Frei« bedeutet in diesem Zusammenhang, dass OER-Materialien benutzt und weitergegeben werden können, ohne den Urheber oder eine Verwertungsgesellschaft um Erlaubnis fragen zu müssen. Auch ist die Bearbeitung, Veränderung und Adaption gestattet. Dafür benötigen offene Bildungsmedien eine entsprechende Lizenzierung für freie Kulturgüter, für die meist eine passende Creative Commons Lizenz gewählt wird. Dank dieser Lizenzierung sind die Medien veränderbar und lassen sich auf die individuelle Lerngruppe und die eigene Lehrerpersönlichkeit zuschneiden. Die freie Verfügbarkeit erleichtert das Finden und Verbreiten, während offene und freie Dokumentformate und Quellcode eine lange Nutzungsdauer garantieren. OER-Materialien sind nicht unbedingt immer elektronisch. Durch die digitale Verbreitung im Internet und dem Computer, als wichtiges Werkzeug bei der Erstellung von Lehrmaterial wird OER i. d. R. mit digitalen Materialien verbunden. Es bietet dabei die Chance für langfristig zukunftsorientiertes Lehr- und Lernmaterial, das den Ansprüchen eines E-Learning-Unterrichts auch in Zukunft gewachsen ist, weil es sich durch seine Offenheit und Freiheit an verändernde inhaltliche, pädagogische und technische Bedürfnisse anpassen kann.

Für Lehrkräfte besteht ein fast natürlicher Reiz an »fertigem« Unterrichtsmaterial, das Arbeitsentlastung durch bereits konzipierte und – im Idealfall getestete – Unterrichtsentwürfe bedeutet. Auch der professionelle kommunikative Austausch über Unterrichtsmaterial kann Motivationscharakter haben, da alle Teilnehmenden an der Entwicklung der Materialien i. d. R. gleichwertig behandelt werden [Wessel, 2013, S. 162]. Jeder kann gestalterisch oder redaktionell in diesem Prozess tätig werden. OER dient in erster Linie als Ressourcenpool für Lehrende, aber auch als Informationsquelle für Lernende, die ebenfalls freien Zugriff auf entsprechende Lernmaterialien haben [Arnold u. a., 2013, S. 202 f.].

Die Erstellung von OER-Materialien unterliegt dabei auch einem gewissen Gemeinnützigkeitsgedanken, da das selbst erstellte Material kostenlos anderen Kollegen zur Verfügung gestellt wird. Es wäre zu diskutieren, ob es nicht Teil der alltäglichen professionellen Arbeit einer Lehrkraft ist, Unterrichtsmaterialien zu erstellen, für die sie vom Staat bezahlt wird und ob dieses staatlich finanzierte Material nicht grundsätzlich auch für die möglichst breite Verwendung innerhalb des OER Kontextes veröffentlicht werden sollte. Eine solche Verpflichtung zum Teilen gibt es in Deutschland bislang nicht.

³⁵Engl. *Open Educational Resources*.

Es gibt sie jedoch an dem Oerestad Gymnasium in Kopenhagen, das seit 2008 von traditionellen Schulbüchern auf digitale Lernmaterialien umgestiegen ist. Als Infrastruktur dient eine 1:1 Ausstattung aller Schülerinnen und Schüler mit Laptops oder Tablets. Um Probleme mit Urheberrechtsverletzungen bei der Digitalisierung von bestehendem Material zu umgehen, werden gemeinsam von Lehrkräften, Schülerinnen und Schülern eigene Lehrmedien mit freien Ressourcen und Materialien erstellt [Wimmer, 2013].

»Das kann allerdings nur funktionieren, wenn Lehrer ihre eigenen Lernmaterialien zusammenstellen und mit anderen Lehrern teilen. Wir haben die Regel eingeführt, dass Lehrer im ersten Jahr das Material von anderen Lehrern verwenden dürfen, ab dem zweiten Jahr müssen sie selbst Materialien produzieren und mit anderen teilen. Das ist obligatorisch.«

[Wimmer, 2013]

Dafür kooperieren die Lehrkräfte der Schule in Gruppen, teilen ihr fachliches und didaktisches Wissen, unterstützen sich gegenseitig beim Planen des Unterrichts und tauschen digitale Lehrmaterialien aus. Es zeigt sich, dass sich dieses Vorgehen nach einer Phase der Umstellung positiv auf das Arbeitsklima und die Arbeitsentlastung auswirkt.

Neben Dänemark investieren auch andere europäische Länder in die Produktion von OER. Norwegen verfolgt seit 2007 ein Projekt, das hochwertiges, freies und flächendeckendes Unterrichtsmaterial in allen Fächern für das Gymnasium³⁶ erstellt und ebenfalls auf Kooperation zwischen Lehrkräften basiert [Karlsen, 2015]. Verwendet wird hierbei eine CC-BY-SA Lizenz. Auch Polen investiert seit 2012 etwa dreizehn Millionen Euro in die technische Ausstattung und Entwicklung von OER unter CC-BY Lizenz [Vlaj, 2014, S. 40 f.].

Langfristig gesehen wäre die Übertragung solcher Konzepte auf Deutschland wünschenswert, um die Lernmaterialien, die täglich von 750.000 Lehrerinnen und Lehrern [vgl. Statista GmbH, 2015] erstellt werden, besser nutzen zu können, doppelte Arbeit zu vermindern und dabei individuell angepassten Unterricht mit hochwertigen und kostengünstigen Materialien gestalten zu können. Die Wiederverwendbarkeit und Verteilbarkeit des elektronischen Materials sind dabei weitere Vorteile [Petko, 2010, S. 10]. Die Arbeitszeit, die durch das Verwenden von OER eingespart wird, kann so anderweitig für die Vor- und Nachbereitung des Unterrichts genutzt werden und hilft damit der Qualität des Unterrichts.

3.3.2 Rahmenbedingungen von OER

Tatsächlich findet OER langsam Einzug in das deutsche Bildungssystem. Seit 2015 existiert ein staatlicher Fördertopf für freie Bildungsmaterialien in Höhe von zwei Millionen Euro [Esken, 2015]. Während bei kommerziellen digitalen Schulbüchern viele Personen bei der Entwicklung beteiligt sind (siehe Abschnitt 3.2, S. 46), werden OER oft nur von einer Person oder einer sehr kleinen Personengruppe, meist von Lehrkräften ohne ausgeprägte Programmier- oder Designkenntnis, erstellt. Um flächendeckend Material zu erstellen, werden jedoch mehr als einzelne, engagierte Lehrkräfte benötigt [Drummer u. a., 2011, S. 204]. Die Innovationskraft von OER steckt in der kollaborativen Entwicklung und Weiterentwicklung der Materialien [Arnold u. a., 2013, S. 202]. Entstehen kann dies nach dem »Prinzips der kollegialen

³⁶Die Schulform wird als »upper secondary school level« bezeichnet.

Hilfe« [Fey u. a., 2013, S. 55] in Schulen, wenn Lehrkräfte untereinander Ideen, Inspiration, Materialien und Unterrichtskonzepte teilen, und auch an die Kollegen und Kolleginnen anderer Schulen weitergeben.

Dennoch gibt es eine Qualitätsdebatte um OER. Die Materialien können Inhalte, Methoden, Sozialformen, Aufgabenformate und Medien bieten, nicht aber Kerncurricula, Lehrpläne und Kompetenzmodelle ändern [Bernsen, 2015b]. Die didaktische Idee von OER-Material besteht vor allem in der Offenheit gegenüber Innovation und Weiterentwicklung, indem Inhalte, Methoden oder äußere Form angepasst werden [Arnold u. a., 2013, S. 203]. Die Vereinbarkeit mit den strengen Vorgaben der Ministerien ist aus mehreren Gründen nicht immer möglich.

Erstens orientieren sich die hochspezialisierten Schulbuchverlage sehr stark an den Vorgaben der Ministerien und umgekehrt. Da OER-Materialien i. d. R. keine kompletten Schulbücher sind, scheint es, als würden sie diese Funktion den Schulbuchverlagen überlassen. Eine Ausnahme stellt hierbei etwa das OER-Schulbuch Biologie 1 [Caruso u. a., 2014] dar, das für den Berliner Lehrplan konzipiert wurde und das erste offene und freie Schulbuch dieser Art in Deutschland ist. Es zeigt, dass qualitativ hochwertige Materialien zu verhältnismäßig geringen Kosten³⁷ entstehen können, die zur freien Verfügung stehen [Bonitz, 2013, S. 131 f.]. Zweitens bedarf der breite Einsatz von OER auch Debatten über neue Lernkonzepte, Lehrpläne und Prüfungen [Bernsen, 2015b]. Die Entfaltung innovativer technischer oder sozialer Implikationen von digitalen Lernmedien ist erst möglich, wenn pädagogische Prinzipien in innovativen Lehr- und Lernszenarien zum Tragen kommen können [Mayrberger, 2013, S. 39]. Entsprechend müsste hier ausgehend von den Schulministerien Raum für Innovation geschaffen werden. Drittens sind offene Bildungsmedien meist individueller, da sie oft von Einzelpersonen verfasst werden und auch inhaltlich spezieller, weil sie oft aus der Not geboren werden, dass es zu einem bestimmten Sachverhalt kein oder, aus der Perspektive des Autors oder der Autorin, nur ungeeignetes Lernmaterial gab. Viertens fehlt es bei OER an Qualitätskontrollen, Qualitätsmerkmalen und auch Standards. Einheitliche Standards sind auch gar nicht möglich, weil die OER-Gemeinschaft, Schulbuchindustrie und Bildungsinstitutionen unterschiedliche Interessen und Anforderungen an Lernmaterialien Material haben [Arnold u. a., 2013, S. 340]. Ein Ansatzpunkt für Leitlinien zur Erstellung von OER-Material könnten austauschbare Pflicht- und Wahlmodule für bestimmte Lernkontexte. Mit Blick auf die Standardisierung des Bolognaprozesses im Hochschulkontext könnte dies möglich sein, wäre jedoch trotz Zentralabitur nicht für die Schule sinnig, weil dies eine weitere Verengung des Lehrplans bedeuten würde und den Lehrkräften dadurch weiteren Raum für individuelles Lernen nehmen würde. Auch würde sich eine Standardisierung wie eine Hürde für freiwilliges Engagement bei OER auswirken.

Bezüglich der Qualität von offenen Bildungsmedien ist anzumerken, dass jeder Material erstellen und im Internet veröffentlichen darf, unabhängig davon, ob die Person eine didaktische, pädagogische oder fachliche Ausbildung hat. Die heterogene Gruppe der Ersteller und Bearbeiter, die von Professoren über Lehrkräfte, Studenten bis hin zu Schülerinnen und Schülern reicht, kann aber auch der Qualität des Materials förderlich sein, da mehrere Perspektiven auf das Material einbezogen werden.

³⁷Das Biologie Schulbuch benötigte etwa 10.000 Euro Kapital.

»Schulbücher werden von Verlagen mit Fachteams aus Schule und Wissenschaft entwickelt und den Kultusministerien zur Prüfung vorgelegt. Dies ist ein aufwändiger, aber qualitätssichernder Prozess, dem sich die Anbieter kostenloser Online-Lehr und Lernmaterialien nicht selten stellen (müssen).«

[Brill, 2013, S. 147]

Im Vergleich zu Schulbüchern lassen sich aber keine großen Qualitätsunterschiede feststellen, da auch klassische Schulbücher fachliche Fehler und didaktische Schwachstellen beinhalten können [Stiftung Wartentest, 2007]. Wie auch bei professionell erstelltem Material können OER in falschen Kontexten eingesetzt den Eindruck einer geringen Qualität erwecken, wenn das Material nicht exakt zum eigenen Unterrichtsvorhaben passt. Es bedarf deswegen seitens der Lehrkräfte Übung, Erfahrung und Kompetenzen, um OER auch für E-Learning effektiv einzusetzen.

Da der Informatikunterricht besondere Ansprüche an die Mächtigkeit und Bedienbarkeit seiner Systeme hat, erscheint auch hier eine Verbindung aus mehreren Werkzeugen, die angepasst an die jeweilige Lerngruppe ausgewählt werden muss, als sinnvoll. Informatikschulbücher müssen entweder Werkzeuge und Programmiersprachen vorgeben oder sie sind nicht in der Lage, die Unterrichtsgegenstände über ein ganzes Schuljahr sinnvoll zu unterstützen. Mit der Nutzung von eigenen oder freien Materialien haben Informatiklehrkräfte größere Handlungsfreiräume und können ein persönliches Lehrkonzept verfolgen.

Für den Informatikunterricht gibt es nicht nur Texte, Aufgaben und fertige Unterrichtsreihen, sondern auch eine Vielzahl an kostenlosen Miniprogrammierungsumgebungen, die es ermöglichen, Algorithmen interaktiv zu erfahren und zu entwickeln. Auf diese Werkzeuge und Materialien, die nicht immer durch eine freie CC- oder GPL-Lizenz anpassbar sind, greifen auch deutsche Schülerinnen und Schüler zurück, wenn das Fach Informatik an ihrer Schule nicht angeboten wird [Bauer u. a., 2015].

Website	Lizenz
http://www.learnpython.org/	©
http://code.org/	©
https://trinket.io/	©
https://open.hpi.de/courses/pythonjunior2014	©
http://www.inf-schule.de/	CC BY-NC-SA 3.0
http://ddi.uni-wuppertal.de/material/materialsammlung	CC BY-NC-SA 4.0

Tabelle 3.1: Übersicht über kostenlose Materialsammlungen der Informatik und ihrer Lizenzen.

Die Auflistung in Tab. 3.1, S. 53 zeigt, dass es einige kostenlose E-Learning-Angebote für Informatik gibt. Auffällig ist dabei jedoch, dass alle amerikanischen Dienste hier ein striktes Copyright haben und einen Dienst auf ihrer Plattform anbieten, während die deutschen Seiten i. d. R. *freies* Material und keine Werkzeuge anbieten. Die Einsetzbarkeit dieser Angebote im Kontext des Informatikunterrichts muss im Einzelfall untersucht werden.

»Viele der Informatiksysteme, die entwickelt wurden, um Lernprozesse zu unterstützen, sind nicht für den Anwendungsfall ›Schule‹, sondern für individuelles Lernen erstellt worden und eignen sich daher nur bedingt für den Einsatz im Unterricht.«

[Humbert, 2003b, S. 137]

3.3.3 Notwendige Kompetenzen für die Verwendung und Erstellung von OER

Zwar bietet OER unmittelbare und kurzfristig zugängliche Unterrichtsmaterialien, deren Einsatz jedoch bestimmte vorbereitende Maßnahmen mit sich bringt und Kompetenzen voraussetzt. Es reicht für eine Lehrkraft nicht, OER-Material im Internet zu finden und für den Unterricht auszudrucken [Wessel, 2013, S. 161,169]. Sie muss vor dem Einsatz im Unterricht das Material auf Inhalt und Form analysieren und bewerten, weil dieses, anders als Schulbücher oder Material der Schulbuchverlage, nicht durch eine Redaktion geprüft wurde. Die Redaktion der OER ist die Gemeinschaft der Autoren und Autorinnen, sowie die Nutzer und Nutzerinnen der freien Bildungsmaterialien selbst.

»Das heißt, dass Grundkenntnisse über die Funktionsweisen und Ordnungsprinzipien des Internets sowie Strategien erworben werden müssen, um das Medium nicht nur zu bedienen, sondern zielgerichtet zu einem bestimmten Zweck einzusetzen und eine qualifizierte Bewertung der Ergebnisse und damit kompetente Auswahl zu verwendender Informationen vorzunehmen.«

[Wessel, 2013, S. 163]

Dafür wird für die Navigation im World Wide Web und in den Materialien eine grundlegende Lesekompetenz für Hypertexte benötigt, sowie Grundregeln der Netiquette innerhalb der OER-Community bekannt sein [Wessel, 2013, S. 163]. Auch informatische Kompetenzen über Bedienung und Funktionsweise von vernetzten Informatiksystemen, sowie »Kompensationsstrategien für den Fall technischer Unzuverlässigkeiten wie Verbindungsprobleme und nicht mehr verfügbare Seiten« sind essentielle Fähigkeiten für die Arbeit mit OER-Materialien [Wessel, 2013, S. 164].

Letztendlich benötigt der Einsatz von OER von der Lehrkraft eine fundierte mediendidaktische Kompetenz. Dies mag wie eine Hürde klingen, ist aber der Anspruch, den sich jede Lehrkraft stellen sollte, um einerseits den eigenen Unterricht zu verbessern und andererseits den Schülerinnen und Schülern genügend Medienkompetenz vermitteln zu können. Es sind Teile professionellen Lehrhandelns, die Rahmenbedingungen der Lerninhalte, Lernorte, Lernzeiten, Urheberrecht usw. zu beachten und zusammenzubringen [Mayrberger, 2013, S. 38].

Der Prozess des Suchens, Auswählens und Bewertens von Materialien nimmt einen hohen Zeitbedarf in der Vorbereitung des Unterrichts in Anspruch. Wissenschaftlich ausgebildete Lehrkräfte sind jedoch i. d. R. dazu befähigt [Bernsen, 2015a]. Zudem müssen Lernmaterialien auch auf ihren Inhalt überprüft werden. Dazu gehört auch die Vereinbarkeit des Unterrichtsgegenstandes mit dem Lehrplan und die Prüfung der Aktualität des Materials. Dafür sollte es mit neuen fachwissenschaftlichen, fachdidaktischen und pädagogischen Erkenntnissen verglichen werden und bei Bedarf angepasst und ergänzt werden. Auch müssen Glaubwürdigkeit und Korrektheit des Materials abgeschätzt werden, um Information einordnen und bewerten zu können. Dieser klassischen Quellenkritik sollte sich jedes im Unterricht eingesetztes

Material unterziehen. Dabei muss vor dem Einsatz abgeschätzt werden »wer mit welchen – nicht selten auch politischen und weltanschaulichen – Zielen, Inhalten und methodischen Umsetzungsvorschlägen Eingang in die Köpfe unserer Schülerinnen und Schüler anstrebt« [Matthes, Schütze u. a., 2013b, S. 7]. Dies sind jedoch *traditionelle* Kompetenzen, die unabhängig von der digitalen oder freien Gestalt des Materials auch für die Erschließung und Überprüfung anderer Materialien gelten und auch für den Einsatz des klassischen Schulbuchs nötig sind [Wessel, 2013, S. 169].

»Die Fähigkeit, die Qualität von Unterrichtsmaterialien zu bewerten, ist [...] eine Selbstverständlichkeit für Lehrkräfte und dafür sind sie auch ausgebildet.«

[Bernsen, 2015a]

Für die Erstellung von E-Learning-Materialien gelten ebenfalls die selben Regeln, wie für ähnliche Druckmedien. Die zu vermittelnde Information muss gut strukturiert sein und Texte müssen an das Sprachniveau der Zielgruppe angepasst werden. Schließlich müssen alle Elemente in ein Layout eingegliedert werden und es muss auf Typografie geachtet werden [Wessel, 2013, S. 169]. Dabei ist auch das Zielmedium des Materials zu beachten, da ein Arbeitsblatt auf Papier andere Ansprüche hat, als eine Aufgabensammlung die für Handy- oder Computerbildschirme gedacht ist.

Es gibt bei offenen Bildungsmedien keine zentralisierte Steuerung, Bewertung oder Selektion außer durch die Lehrkraft, die entscheidet, ob und wie das Material in ihrem Unterricht eingesetzt wird. Deswegen gibt es eine Fülle an Materialien von heterogener Qualität, die von »sehr gut« bis »unbrauchbar« einzuschätzen ist. Zudem haben OER auch einen offenen Rahmen und orientieren sich nicht nur an Lehrplänen und Schulhalten [Hiller, 2013, S. 46]. Dies führt einerseits zur bereits thematisierten Spezialisierung und Individualisierung, andererseits schweifen die Materialien weit von den definierten schulischen Lernzielen ab.

Um OER leichter einsetzen zu können, bräuchte es fachlich- und mediendidaktische Standards, sowie ein Peer-Review System, das ermöglicht das, Stärken und Schwächen im frei verfügbaren Material für bestimmte Lernkontexte einschätzen zu können [Mayrberger, 2013, S. 33]. Peers wären dabei im Wesentlichen andere Lehrkräfte. Dadurch könnte Transparenz geschaffen werden, die den Lehreralltag in Hinblick auf die Materialnutzung, -erstellung, und -bearbeitung vereinfacht.

Neben der Heterogenität der Materialien ist auch ihre Auffindbarkeit ein Problem [Arnold u. a., 2013, S. 204]. Es gibt im Internet vereinzelte Portale, die fachspezifische oder allgemeine Lehrmaterialien unter freier Lizenz online anbieten. Diskussion, Feedback und direkte Bearbeitung sind jedoch meistens nicht möglich. Auch wenn das dezentrale Erstellen von OER-Materialien eine Stärke ist, so wäre für die Konsumenten eine zentrale Anlaufstelle wünschenswert. Denkbar wäre, dass z. B. das Schulministerium eine Plattform für alle Lehrkräfte NRWs anbietet, die entweder eine erweiterbare Sammlung von OER enthält, oder zumindest über eine Datenbank auf freies Material an anderen Servern verweist. Hierfür müssten Materialien, die extern gelagert werden, leicht erreichbare und automatisch durchsuchbare Metadaten enthalten, damit alle Materialien über die zentrale Anlaufstelle gefunden werden können.

3.4 Informatische und technische Rahmenbedingungen für effektives E-Learning

Nicht nur Informatiklehrkräfte, sondern die gesamte Schulgemeinde leidet unter falschen Entscheidungen bezüglich Informatiksystemen und Infrastruktur [Humbert, 2006a, S. 140]. Deswegen thematisiert dieser Abschnitt Anforderungen an Informatikmittel für effektives E-Learning, die technische Infrastruktur, Software und Hardware umfassen.

Das »neue« Lernen in der Wissensgesellschaft mit Informatiksystemen erfordert die Ausgestaltung neuer Lernarrangements und Lernumgebungen [Schubert u. a., 2011, S. 202]. Für den vermehrten Einsatz von Multimedia und E-Learning werden spezielle Informatiksysteme benötigt, um Konstruktion und Verwendung digitaler Lernmaterialien zu ermöglichen. Schließlich sollen die Wissensinhalte zwischen Einzelpersonen und Lerngruppen in Lernkontexten ausgetauscht werden.

Für die Wahl der Informatiksysteme gibt es keine pauschale Empfehlung, da sich der Stand der Technik weiterentwickelt, und sich damit auch die Ansprüche an das Lehren und Lernen mit neuen Technologien verändert. Spezialisierte Lernmaschinen und Lerncomputer scheinen sich weniger für den Einsatz in der Schule zu eignen, weil das Interesse der Schülerinnen und Schüler eher auf »real existierenden« Informatiksystemen liegt [Humbert, 2003b, S. 138]. Entsprechend eignen sich Privatgeräte, oder mindestens Geräte, die den Alltagsgeräten sehr nahe sind und einen möglichst großen Funktionsumfang haben.

Neben den Endnutzengeräten sind für E-Learning auch Dienste in Computernetzwerken relevant. Information soll in den Geräten so verarbeitet und dargestellt werden, dass die Lernenden bei der »Erfassung, Übertragung, Transformation, Speicherung und Bereitstellung von Informationen verschiedenster Art« unterstützt werden [Lorenz u. a., 2011, S. 2]. Solche netzwerkbasierenden Systeme verwalten zu diesem Zweck Lernressourcen für Lehrende und Lernende. Das Endgerät ermöglicht dabei die Datenein- und -ausgabe, während über das Netzwerk aktuelle Aufgaben und Information beschafft werden können und Gruppenarbeiten mit anderen Lernenden angefertigt oder Ergebnisse kommuniziert werden können.

Ein Rechnernetzwerk im Lernkontext kann die Endgeräte direkt miteinander verbinden (Peer-to-Peer-Netzwerk), einen verwaltenden (Schul-)Server als zentralen Kommunikationsknotenpunkt einsetzen oder über verschiedene Knoten und externe Server im Internet miteinander kommunizieren. Die letzten beiden Netzwerkstrukturen bauen auf einem Client-Server-System auf [Tanenbaum, 2003, S. 18 f.]. Der Server ist Teil der Infrastruktur des E-Learning-Systems und bietet Dienste für andere Informatiksysteme an. Der Client nimmt diese Dienste in Anspruch und ist (vereinfacht) ein Endgerät, mit dem die Lernenden lokal arbeiten. Durch die Kommunikation zwischen Client und Server können nun Inhalte übermittelt werden. Der Vorgang ist in lokalen Netzwerken und dem Internet im Wesentlichen identisch.

Client-Server-Systeme dienen in der Schule besonders der Vereinfachung von Verwaltungsaufgaben. Durch zentrale Speicherung und Steuerung, also durch eine notwendige Verbindung mit genau einem logischen Server, der die E-Learning-Dienste anbietet, kann jederzeit durch Zugriff auf das Netzwerk auch der Zugriff auf die Daten gesichert werden, vorausgesetzt, der Nutzer hat die nötigen Schreib- und Leserechte dafür. Mit mehreren physischen Servern, die einen logischen Zusammenschluss zu einem Cluster bilden und für die Clients als einzelner Server sichtbar ist, lassen sich mit redundanter Verteilung der Daten Serverausfälle kompensieren und nötige Rechengeschwindigkeiten anpassen, ohne

den laufenden Betrieb zu unterbrechen [Lorenz u. a., 2011, S. 4]. Auf Seiten der Endgeräte muss der Zugang zum Schulnetzwerk dafür ermöglicht werden.

Auf der Softwareseite gilt es, eine Lernumgebung für eingesetzten Geräte zu gestalten [Drummer u. a., 2011, S. 202]. Um gerade im Informatikunterricht Informatiksysteme als Medium, Werkzeug und Gegenstand zu betrachten [vgl. Leutner, 1998], bedarf es unterschiedlicher Blickpunkte, die eine einzelne, eng gestaltete Plattform nicht bieten kann. Sie muss dafür offen und erweiterbar sein, oder gar nicht den Anspruch erheben, eine Komplettlösung für die Integration von E-Learning in den Regelunterricht zu bieten. Das Ziel der Integration von E-Learning kann nicht sein, eine Plattform zu erstellen, die alle potentiellen Schulaufgaben abdeckt. Programmieraufgaben müssen in einer Programmierumgebung bearbeitet werden. Ebenso muss sich der Sportunterricht im Wesentlichen mit Bewegung beschäftigen und bedarf eigener Anforderungen an E-Learning-Geräte. Wichtiger ist es, digitale Möglichkeiten zur Motivationssteigerung, Kommunikation und Kooperation zu ermöglichen [Schubert u. a., 2011, S. 202], während sonstige Aspekte, die sonst mit Stift, Papier, Büchern und anderen analogen Hilfsmitteln bearbeitet wurden, nun durch digitale Werkzeuge gestützt bearbeitet werden können.

3.4.1 Infrastruktur und Zugriffsrechte bei Schulnetzwerken

Um digitale Lernmedien in der Schule auch außerhalb der klassischen »Computerräume« einsetzen zu können [KMK, 2012, S. 7 f.], bedarf es einer anforderungsgerechten flexiblen Ausstattung und Einrichtung eines Schulnetzwerks, auf das von möglichst vielen Lernorten in der Schule zugegriffen werden kann. Die Benutzung mobiler Informatiksysteme in Kombination mit kabellosen Netzwerkschnittstellen bietet sich hierfür an [Gorsler, 2010, S. 6]. Eine sichere und stabile Netzarchitektur und Infrastruktur ist notwendiges Mindestmaß, um möglichst viele Vorteile der digitalen Materialien und Werkzeuge nutzen zu können.

Setzt das System auf die starke Integration eines Schulservers im Intranet anstatt auf webbasierte E-Learning-Konzepte, so genügt die lokale Vernetzung der Clients untereinander und mit dem Schul- bzw. Clusterserver. Dies ermöglicht auch die vereinfachte Verwaltung der Geräte über das Netzwerk, da Software und Dateisysteme direkt über das Netzwerk geladen werden können, ohne dass lokal an den Systemen etwas geändert werden muss [Gorsler, 2010, S. 7]. Da alle Schulen im deutschsprachigen Raum einen Internetzugang besitzen [Babnik u. a., 2013, S. 1], lässt sich überlegen, ob man den Schülerinnen und Schülern generell für Unterricht und Pausen den Zugang zum Internet an ihren eigenen Geräten gewähren sollte [Heinen, 2014, S. 113]. Der Zugriff der Schülerinnen und Schüler auf das Internet ist eine aus pädagogischer Perspektive sinnvolle Erweiterung, da das Internet zum alltäglichen Kommunikationsmedium geworden ist, und deshalb nicht aus dem schulischen Leben und Lernen herausgehalten werden, sondern lernfördernd integriert werden sollte. Ein zu stark geschütztes Umfeld entspricht nicht der Alltags- und Anwendungsrealität der Systeme und ihrer Benutzer und Benutzerinnen [Rüsberg, 2015]. Etwa 50% der deutschen Schulen verfolgen im Jahr 2014 ein solches Konzept mit Netzzugang für Schülerinnen und Schüler [Cornelsen Schulverlage, 2015, S. 8].

Zu beachten sind bei der Konzipierung und Einrichtung des Netzwerkes Aspekte des Datenschutzes, des Jugendmedienschutzes und Sicherheitsstandards. Bei der Installation von E-Learning-Systemen ist auch auf Persönlichkeitsschutz und informationelle Selbstbestimmung zu achten. Dafür dürfen keine Daten über das Login- und Nutzungsverhalten der Schülerinnen und Schüler gesammelt und von Lehr-

kräften überwacht werden [MSW NRW, 2015a]. Verwaltungsnetzwerk und pädagogisches Netzwerk sollten voneinander logisch getrennt sein [vgl. Grepper u. a., 2001, S. 8] und den Benutzerinnen und Benutzern eingeschränkte Zugriffsmöglichkeiten gestatten, durch die unterschiedlichen Personengruppen (Schülerinnen und Schüler, Lehrkräfte, Administratoren) unterschiedliche Rechte auch temporär erhalten können [Heinen, 2014, S. 113]. Dennoch sollte der Zugriff auf das Internet generell nicht zu stark eingeschränkt werden, etwa durch die Blockierung bestimmter Ports, die Zugänge der Netzwerkschnittstelle zu bestimmten Programmen und Diensten darstellen, da viele E-Learning-Systeme nicht nur über HTTP nach außen kommunizieren.

Starke Restriktionen schaden dem Informatikunterricht sogar noch mehr, da hier verschiedene Ports für die unterrichtliche Realisierung eigener Netzwerke, virtueller und privater Netzwerke (VPN), Routing, für die Implementierung einer NTP-Schnittstelle usw. benötigt werden. Gibt es hier Einschränkung zugunsten der Sicherheit, stellt dies eine Hürde für den Aufbau von Verständnis wegen nicht funktionierender Beispiele und Aufgaben dar. Gleiches gilt auch für die Informatiksysteme selbst, an denen mindestens die (Informatik-)Lehrkraft genügend Rechte haben sollte, um die Kommandozeile mit Grundlegenden Befehlen der Lokal- und Netzwerkadministration nutzen und notwendige Werkzeuge bereitstellen zu können.

In diesem Zuge stellt sich die Frage, welches Bild der Lehrkraft vermittelt wird, wenn sie selbst an ihrem Arbeitsplatz keine Rechte auf den Systemen besitzt und auf andere Lehrkräfte/Dienstleister/-Stadtverwaltung angewiesen ist. Wie sollten Schülerinnen und Schüler sich dann selbst in der Lage fühlen, Informatiksysteme nicht nur bedienen, sondern auch beherrschen zu können? Die Betreuung der Informatiksysteme und der dazugehörigen Infrastruktur bedarf zeitintensiver Arbeit, die Lehrkräfte auch wegen der Komplexität der Systeme oft nicht leisten können. Selbst Informatiklehrkräfte sind nicht dafür ausgebildet. Es ist daher sinnvoll und wünschenswert, dass externe Fachleute die Systeme einrichten und warten [Wiegand, 2014, S. 104], aber die Anforderungen der Lehrkräfte dabei beachten und mit entsprechenden Rechten ausstatten, um selbst kurzfristig die Systeme verändern zu können. Nur durch eine enge Kooperation zwischen Dienstleistern und Lehrkräften können pädagogische, didaktische und technische Anforderungen erfüllt und Lehrkräfte effektiv vom Verwaltungsaufwand entlastet werden [KMK, 2012, S. 8].

Neben dem Zugang zum Netz stellt sich die Frage, über welche Kanäle Inhalte verwaltet und Kommunikation betrieben werden können. Dabei sind besonders Aspekte des Datenschutzes zu beachten. Lernhinweise oder gar Zensuren dürfen nicht über Cloudspeicherdienste übermittelt werden, deren Sicherheitsstufe unbekannt ist und dabei noch den Firmensitz im Ausland haben. Dabei nutzen momentan viele Lehrkräfte und auch Zentren für schulpraktische Lehrerausbildung diese Dienste, um Material zwischen Lehrkräften, aber auch mit Schülerinnen und Schülern auszutauschen. Auch die Kommunikation von Zensuren ohne durch Open Source abgesicherte Ende-zu-Ende-Verschlüsselung über soziale Netzwerke verletzt die datenschutzrechtlichen Ansprüche der Schülerinnen und Schüler täglich. Es ist aus diesen Gründen notwendig, dass der dienstliche Gebrauch dieser Dienste unterbunden wird, so wie es auch in einigen Bundesländern angeordnet ist [Dufeu u. a., 2013, S. 28 f.]. Streng genommen müsste der Datenschutz noch ernster thematisiert werden, wie in Niedersachsen, wo Noten auch auf den privaten Informatiksystemen von Lehrkräften höchstens drei Monate gespeichert werden dürfen [LFD, 2012, S. 1].

Daran zeigt sich jedoch, dass Bedarf danach besteht, Materialien und Zensuren zu kommunizieren und auch für die eigenen pädagogisch notwendigen Aufzeichnungen der Lehrkräfte zu sichern. Wünschenswert wäre hier eine schulische Infrastruktur, die erlaubt, über sichere, verschlüsselte Kanäle diese Funktionen zu übernehmen. Eine »Schulcloud«, die lokal installiert und kontrolliert wird, jedoch über sichere VPN- und SSH-Verbindungen auch von außerhalb des lokalen Netzwerkes angesprochen werden kann, würde nicht nur diese alltäglichen Datenübermittlungsaufgaben der Informatiksysteme von Lehrkräften absichern, sondern auch zur verbesserten schulinternen Kommunikation beitragen [Petko, 2005, S. 56]. Auch der dienstliche E-Mail Verkehr sollte in diesem Zuge per PGP³⁸ oder S/MIME³⁹ verschlüsselt werden, sowie auf dem Server gespeicherte personenbezogene Daten verschlüsselt werden müssen, um Vertraulichkeit gewährleisten zu können [Metz, 2013]. Denkbar wäre aufbauend auf einer solchen Infrastruktur auch die Einführung des elektronischen Klassenbuches, Notenübersichten für Schülerinnen und Schüler, elektronische Vertretungspläne etc.

»Im Hinblick auf die momentane Lage [der Infrastruktur] an Schulen wäre eine flächendeckende Einführung digitaler Schulbücher noch nicht zu realisieren.«

[Bonitz, 2013, S. 136]

3.4.2 Hardwarevoraussetzungen

Auch wenn Hardware nur ein Glied in der Kette der Umsetzung von E-Learning-Konzepten im Regelunterricht ist, so ist der Ausstattungsgrad der Schule neben der didaktischen Überlegungen und der Kompetenzen der Lehrenden eine beeinflussende Größe der Qualität von E-Learning [Hofmann u. a., 2013, S. 163]. Während dieser Diskussion sollte das Primat der Didaktik über der Technik nicht vergessen werden.

»Eine technische Vollausrüstung der Schülerinnen und Schüler sowie der Schulen macht wenig Sinn, wenn keine Ausbildung der Lehrkräfte erfolgt und entsprechende Bildungskonzepte nicht zur Verfügung stehen.«

[Bundestag, 2015, S. 4]

Betrachtet man die mediale Ausstattung eines typischen Klassenzimmers, so besteht diese im Wesentlichen aus einer Kreidetafel, einem Overheadprojektor und nun vereinzelt auch einem Beamer [Babnik u. a., 2013, S. 2]. Um digitale Inhalte direkter in den Unterricht einbinden zu können, werden häufig Smartboards verwendet, die aus Beamer und interaktive Tafelfläche kombinieren und 2011 an 62% der deutschen Schulen vorhanden sind [Bonitz, 2013, S. 134]. Mit im Durchschnitt 5,5 Smartboards pro Schule der Sekundarstufe I liegt Deutschland unter dem EU-Durchschnitt von 8,5 Geräten pro Schule. Wie viele Schülerinnen und Schüler effektiv in Klassenräumen mit Smartboards lernen, kann anhand dieser Zahlen jedoch nicht abgelesen werden.

Die Lehrkraft kann mit Smartboards multimediale Tafelbilder erstellen, die gespeichert, weiterentwickelt, modifiziert, weitergegeben und mehrfach verwendet werden können. Dabei wird das Digitale

³⁸PGP: *Pretty Good Privacy* ist ein Publik-Key-Verschlüsselungsverfahren für Dateien und E-Mails.

³⁹S/MIME: *Secure / Multipurpose Internet Mail Extensions* ist ein zertifikatbasiertes Verschlüsselungssystem für E-Mails.

auch haptisch gemacht, indem mit Händen und Stiften Elemente markiert, bewegt und verändert werden können. Die Verbindung von Tafel und Technik hilft dabei auch Schülerinnen und Schülern, ihre Angst vor der Tafel zu überwinden [Wiater, 2013, S. 21].

In Kombination mit einer klassischen Kreidetafel besitzt ein Klassenraum mit Smartboard eine Mischung aus analogen und digitalen, statischen und dynamischen, sowie spontanen und geplanten Medien, die sich in einer Vielzahl von Unterrichtssituationen eignen [Babnik u. a., 2013, S. 2]. Eingesetzt werden Smartboards jedoch meist nur als digitaler Overheadprojektor, für Präsentationen vom Informatiksystem der Lehrkraft, statt von der Folie [Pilz, 2014]. Für einen stärkeren digitalen Mehrwert müssen einerseits die Lehrkräfte die Vorteile der Geräte stärker aufgreifen, sie benötigen andererseits dafür auch mehr und bessere Inhalte und interaktive Software, die es auch erlaubt, Lerninhalte an die Geräte der Schülerinnen und Schüler zu übermitteln und umgekehrt die Schülerergebnisse zentral an der elektronischen Tafel interaktiv präsentieren zu können. Ohne ausgearbeitetes E-Learning-Material können Smartboards ihr Potential an digitalen Mehrwerten nicht auskosten. Momentan unterstützen Smartboards im Wesentlichen lehrkraftzentrierten Frontalunterricht und weniger eine moderne Pädagogik mit E-Learning.

Andere verwendete Informatiksysteme wie Desktop-PCs, Thinclients, Laptops, Tablet-PCs oder Smartphones sind nicht einheitlich und können auch innerhalb einer Schule in Hard- und Software variieren [Humbert, 2003b, S. 140]. Der BYOD Ansatz, nach dem Lernende ihre privaten mobilen Informatiksysteme in den Unterricht mitbringen und integrieren dürfen, treibt diese Vielfalt in die Extreme und stellt E-Learning vor Verwaltungsprobleme, die jedoch lösbar sind, indem möglichst betriebssystemunabhängige Software, wie webbasierte Lösungen benutzt werden. Um hardware-spezifische Eigenschaften wie Sensoren und Kamera zu benutzen, wird jedoch eine Schnittstelle zur E-Learning Software benötigt. Dennoch gibt es einige Grundregeln an Hardwareanforderungen für Informatiksysteme, die im Schulbetrieb eingesetzt werden sollen:

Generell ist eine 1:1 Ausstattung der Schülerinnen und Schüler wünschenswert. Mit der Benutzung eines eigenen Gerätes durch BYOD entsteht eine persönlich emotionale Bindung und Verantwortung gegenüber dem Gerät. Je stärker personalisiert die Geräte sind, desto eher kann eine schülerzentrierte Arbeitsweise erreicht werden. Außerdem stellt dies eine ökonomische und ökologische Ressourceneinsparung durch Nutzung bereits vorhandener Geräte dar. Ohne den Lernraum wechseln, oder die Geräte reservieren zu müssen, können so die Geräte jeder Zeit verfügbar sein. Zudem müssen sie nicht für die Benutzung ausgeteilt werden, was wiederum Unterrichtszeit einspart [Groebel u. a., 2012, S. 15, 20]. Auch zu Hause können die Geräte weiter für den Schulkontext benutzt werden und ermöglichen an allen Lernorten individualisiertes Lernen [Mayrberger, 2013, S. 27; Groebel u. a., 2012, S. 15]. Lernende, die aus sozioökonomischen Gründen keine, oder für den Lerneinsatz deutlich ungeeignere mobile Informatiksysteme besitzen, benötigen schulische Leihgeräte, die sie ebenfalls mit nach Hause nehmen können.

Die allgemeine didaktische Herausforderung bei BYOD ist, neue Aufgabenstellungen zu entwickeln, da mehr inhaltliche Zusammenhänge und fachliche Kompetenzen gefördert werden sollen, anstatt die Geräte nur für die Informationsrecherche einzusetzen. Das eigenständige, selbstverantwortliche Lernen und Arbeiten in kooperativen und kollaborativen Unterrichtsszenarien soll dabei gefördert werden [Babnik u. a., 2013, S. 2].

Ein Hindernis sind dabei bestehende Schulordnungen, die das Mitbringen und/oder die Benutzung von Handys und Smartphones auf dem Schulgelände oder im Klassenraum untersagen. Die Bedenken der Schulleitungen und Lehrkräfte beziehen sich auf soziale Aspekte wie Vereinsamung, Ausgrenzung und Mobbing, aber auch auf Ablenkung vom Unterricht und Täuschungsversuche bei Prüfungen [Rüsberg, 2015].

Während mit Leihgeräten dem sozioökonomischen Argument entgegen gekommen werden kann, und Cybermobbing auch trotz Smartphoneverbot mit Schülerinnen und Schülern thematisiert werden muss [vgl. Hilbig, 2014], so ist das Argument der Ablenkung im Unterricht zu vernachlässigen, da die Faszination für die neue Technik schnell nachlässt [Groebel u. a., 2012, S. 14] und das Gerät bald als übliches Werkzeug im Lernkontext betrachtet wird.

Bei der Wahl von Hardware für E-Learning-Kontexte ist darauf zu achten, dass eingebaute Sensoren, Kamera und Netzwerkschnittstellen vorhanden sind, um einen möglichst hohen digitalen Mehrwert für viele Unterrichtsvorhaben zu sichern. Auch sollte der Aspekt der Nachhaltigkeit, die aus Langlebigkeit und Robustheit der Geräte resultiert, beachtet werden. Einerseits sollen die Geräte stabil sein und den Anforderungen des Alltags standhalten. Andererseits ist die Verfügbarkeit von Ersatzteilen und einfachen Reparaturmöglichkeiten wichtig. Mobile Geräte sollten zusätzlich über einen auswechselbaren Akku verfügen [Spittank, 2012, S. 39].

3.4.3 Softwarevoraussetzungen

Neben der Hardware ist die Software für die Rahmenbedingungen von E-Learning entscheidend, da sie die Benutzerschnittstelle für Lerninhalte darstellt. Einzelne Lernprogramme und Lernsysteme basieren dabei auf einem Betriebssystem, das bereits viele Möglichkeiten eröffnet oder einschränken kann. So kommt SPITTANK zu dem eindeutigen Ergebnis, dass besonders das mobile Betriebssystem iOS »derzeit für den Informatikunterricht als unbrauchbar gewertet werden« müsse, da das System sich nur schwer durch selbstgeschriebene Programme erweitern lässt und selbst wenige offene Schnittstellen besitzt [Spittank, 2012]. Die Wahl eines breit einsetzbaren Betriebssystems erweist sich aus vielseitigen Gründen als schwierig.

Generell muss bei der Wahl der Hard- und Software überlegt werden, ob eher geschlossene oder offene Ökosysteme angestrebt werden sollten. Geschlossene Systeme könnten für E-Learning ein runderes Nutzungskonzept mitbringen, weil alle Programme vom selben Hersteller mit dem selben graphischen Interfaces und den selben Strukturmerkmalen konzipiert sind. Jedoch selbst wenn die eigentliche Software von hoher Qualität und auch didaktisch sinnvoll angelegt ist, so schließt sie Erfahrungen mit anderen Geräten und Software aus, die evtl. andere Schwerpunkte oder Spezialisierungen besser bedienen [Kerres u. a., 2015, S. 31]. Offene Ökosysteme mit dem Einsatz von Open Source Software erlauben die Installation und Integration neuer Aspekte, bieten Anpassbarkeit auf die sich verändernden Anforderungen der Lehrkraft, des Lernkonzeptes oder der Lerngruppe [Humbert, 2003b, S. 140], Unabhängigkeit vom Support der Hersteller und sind i. d. R. kostengünstiger, weil keine Lizenzen eingekauft oder erneuert werden müssen. Bildungstheoretisch sollte jede Schule bereit sein, für gute Bildung zu zahlen. Die Anpassbarkeit der zu verwendenden Systeme auf didaktische und pädagogische Ansprüche ist jedoch

Kernelement und sollte ausschlaggebend sein für die Verwendung von Open Source Lösungen. Zu bedenken sei hier, dass deren Einrichtung und Wartung Zeit und damit auch Geld kostet [Pilz, 2014].

Die Softwareschnittstellen der E-Learning-Systeme sollte so gestaltet sein, dass von allen möglichen Endgeräten auf Lernmaterialien zugegriffen, und diese angemessen auf dem Gerät dargestellt werden können. Hierfür bieten sich besonders mit Blick auf BYOD und der daraus resultierenden Diversität der Geräte nur wenige Auswahlmöglichkeiten. Auch sollten weitere Funktionen nachrüstbar sein, etwa durch Plug-Ins oder parallel installierbare Software [Humbert, 2006a, S. 140].

Der *digitale Werkzeugkasten* enthält dabei idealerweise ein Lernmanagementsystem für die Verwaltung der Lernprozesse und die Verteilung des E-Learning-Materials, sowie Autorenwerkzeuge, mit denen die Lehrkraft E-Learning-Material gestalten kann, aber auch Schülerinnen und Schüler eigene Dokumente und Medien erstellen können [Lorenz u. a., 2011, S. 4]. Offene Export- und Ausgabeformate sollten Möglichkeiten bieten, auf verschiedenen Bildschirmgrößen gut darstellbar zu sein und Veränderungen zulassen. Auch feste Layouts für die Ausgabe auf Papiermedien sind wünschenswert.

Für eine konsistente Darstellung, sollten vordefinierte Formatierungen und typographische Einstellungen für jedes Zielmedium definiert und angepasst werden können. Wünschenswert wäre eine Entkopplung der Inhalte von ihrer grafischen Repräsentation, damit die Unterrichtsgegenstände in neue, modernere Formen leicht übertragen werden können. Durch solch eine logische Trennung der »Erscheinungs- und Darstellungsebene« kann das »Look & Feel« an die jeweilige benutzte Oberfläche angepasst werden [Humbert, 2003b, S. 139]. Dies ist z. B. mit Beschreibungssprachen wie HTML/CSS oder \LaTeX möglich, während typische Büroanwendungssoftware diese Funktion nur stark eingeschränkt unterstützt.

3.4.4 Anforderungen an Dokumentenformate für E-Learning

Es stellt sich nun die Frage, in welchem Format E-Learning-Material erstellt und verwaltet werden sollte. Diese sollten mindestens die folgenden Kriterien⁴⁰ erfüllen:

Unabhängigkeit Das Dokumentenformat sollte vom Betriebssystem und kommerziellen Herstellern unabhängig sein und offene Standards nutzen, um die langfristige Verwendung auf anderen Geräten zu gewährleisten [Vlaj, 2014, S. 18].

Zugänglichkeit Das Dokumentenformat sollte ohne eine spezielle Produktionsumgebung lesbar und änderbar sein [Humbert, 2003b, S. 140], um Modifikationen des Inhaltes zu gewährleisten. Hierfür eignen sich textbasierte Formate (wie z. B. XML, HTML, \TeX) besser als bereits kompilierte binäre Formate (wie z. B. PDF).

Interoperabilität Das Dokumentenformat sollte möglichst durch offene Schnittstellen erweiterbar sein, um auch zukünftige interaktive Elemente aufnehmen zu können, wie integrierte Programmierumgebungen, Webinhalte oder die Einbindung externer Programme.

Multimedialität Das Dokumentenformat sollte neben Texten und Pixelgrafiken auch skalierbare Vektorgrafiken darstellen können [Humbert, 2003b, S. 140]. Zudem sollten in- und extern eingebundene Audio- und Videoformate abgespielt werden können.

⁴⁰Eine ähnliche Auflistung für Kriterien von Autorenwerkzeugen bietet [Hielscher, 2012, S. 33].

Vielseitigkeit Das Dokumentenformat sollte in verschiedenen Medien wie Print und Web darstellbar sein, ohne das ein großer Mehraufwand notwendig ist. Die Lehrkraft soll entscheiden können, ob ein von ihr erstelltes Arbeitsblatt auf Papier oder mit einem Informatiksystem bearbeitet werden soll. Eine Exportfunktion des E-Learning-Systems muss dafür die Quelldatei in entsprechende Formate umwandeln können.

E-Learning-Material sollte über einen grafischen Editor Texte und Multimediaformate problemlos miteinander verbinden können und dabei keine oder nur geringe Programmierkenntnisse voraussetzen, im Idealfall jedoch erlauben, selbstgeschriebene Programme über Schnittstellen zuzulassen.

Bestehende proprietäre Formate wie DOC werden aktuell für E-Learning benutzt, weil sie als inoffizieller »Industriestandard« weit verbreitet sind und damit Verfügbarkeit und Verwendbarkeit in verschiedenen Lernkontexten suggerieren. Aus der pragmatischen Perspektive vieler Lehrkräfte scheinen diese Formate aufgrund ihrer Einfachheit gut händelbar und in ihren Lehralltag integrierbar zu sein. Sie lassen sich jedoch schwer in andere Lehr- und Lernkontexte integrieren, da sie Interoperabilität mit anderer Software und Betriebssystemen unterbinden. Zur Erstellung und Anzeige dieser Formate werden oft spezielle Programme benötigt, die kostenpflichtig und nicht für alle Betriebssysteme zur Verfügung stehen. Dadurch kommt es zu Einschränkungen, die zu Lasten der Lernenden gehen. Diese Formate eignen sich auch nicht, wenn Strukturdaten wie Kapitel, Überschrift oder Absatz fehlen, und sich diese nur in Formatvorlagen wie Schriftart und -größe ausdrücken [Bungenstock, 2006, S. 31].

Das PDF-Format ist statisch und layoutgebunden. Der seitenbasierte Aufbau mit festen Schriftgrößen eignet sich nicht für eine Darstellung auf unterschiedlichen Endgeräten, sondern ist für Papierformate konzipiert. Texterkennung, Suche und Hyperlinks geben einen geringen digitalen Mehrwert, der Grad der Interaktivität ist gering und Multimediainhalte lassen sich hier nur sehr beschränkt einbinden [Vlaj, 2014, S. 78].

Eine bessere Anpassung an diverse Endgeräte bietet das offene und freie ePub-Format, das Texte an verschiedene Bildschirmgrößen der Lesegeräte anpassen kann, und deswegen auch für mobile Informatiksysteme gut geeignet ist. Hier sind sowohl dynamische, für alle Geräte flexible Layouts, als auch fixe Layouts mit fester Seitengeometrie für Schulbuchlayouts möglich. Da ePub3 ein Container für HTML5, CSS3 und JavaScript ist, können auch »live-Inhalte« aus dem Netz nachgeladen oder kleine Programme direkt im Dokument ausgeführt werden [Wedenig, 2013, S. 150 f.]. Skalierbare Grafiken, Audio- und Videoformate sind hier ebenfalls darstellbar. Möglich in der Aufgabengestaltung ist die Einbindung interaktiver Web-Widgets für Lückentexte, Quiz, Kreuzworträtsel, Multiple Choice Aufgaben, Reihenfolgen, Bilder-Baukasten, Zuordnungen per Drop-Down Listen, Memory und Gruppenzuordnung. Diese und mehr sind nach dem ePub-Standard möglich, werden jedoch nicht von allen Lesesystemen unterstützt [Gailer u. a., 2013, S. 16]. Es lassen sich per HTML und JavaScript auch kollaborative Editoren realisieren⁴¹. Ihre Einbindung in ePub-Dokumente und die Vernetzung mit anderen Geräten wurde jedoch noch nicht geprüft.

Das flexible Layout von ePub bringt jedoch auch typografische Probleme bei der Darstellung durch die Lesesoftware mit, welche die Information rendert: Löcher im Text, verrutschte und geteilte Elemente, sowie unglückliche Zeilenumbrüche und Silbentrennungen führen zu einer optisch wenig ansprechenden

⁴¹Der kollaborative Editor Etherpad ist Open Source und basiert auf HTML und JavaScript [Etherpad, 2015].

und kognitiv anstrengenden Informationsaufnahme [Panoz, 2012]. Durch die Anpassung der Darstellung in Abhängigkeit von Gerät, Software und Einstellungen des Lesenden wird die typografische Ausgestaltung aus der Hand des Textsetzers genommen.

3.4.4.1 E-Learning-Standards

Um nachhaltige E-Learning-Materialien zu erzeugen, bedarf es Standards, die Wiederverwendbarkeit erleichtern. Dafür werden Metadaten verwendet, die eine Beschreibung der Dateien und ihrer Inhalte erlaubt, die nicht direkt zum Inhalt selbst gehören [Bungenstock, 2006, S. 33]. Somit können vereinfacht plattform- und webseitenübergreifende Suchen ermöglicht werden [Kerres u. a., 2015, S. 29]. Der Zugang zu Information und Material soll dadurch weiter erleichtert werden.

Für die Verwaltung und den Austausch von E-Learning-Elementen zwischen verschiedenen E-Learning-Systemen wurde das Sharable Content Object Reference Model (SCORM) von der »advanced Distributed Learning Initiative« entwickelt [Rensing, 2013, S. 4]. Die Ziele dieses Referenzmodells für austauschbare elektronische Lerninhalte sind Zugänglichkeit, Anpassungsfähigkeit, Erschwinglichkeit, Beständigkeit, Interoperabilität und Wiederverwendbarkeit im E-Learning zu gewährleisten [Blankenagel, 2006, S. 57]. Im Wesentlichen stellt SCORM ein Bindeglied zwischen E-Learning-Material und E-Learning-Werkzeugen, wie Lernmanagementsoftware, in einem vordefinierten XML-Format dar. Dabei müssen nicht nur komplette Aufgaben oder Abschnitte, sondern auch einzelne Teile, wie z. B. Testergebnisse aus Kursdateien exportiert und an die Bewertungswerkzeuge des Lernmanagementsystems übergeben werden [Lorenz u. a., 2011, S. 6].

SCORM wird nicht von allen E-Learning-Systemen unterstützt und es gibt auch weitere Standards, die jedoch in der Praxis weniger Verwendung finden [Baumgartner u. a., 2002, S. 3]. So werden der Datenaustausch und Suchen zwischen den deutschen Bildungsservern über ELIXIER (Elaborated Lists in XML for Internet Educational Ressources) realisiert [Deutsche Bildungsserver, 2015]. Bei diesem Standard wird in den Metadaten der damit ausgestatteten E-Learning-Materialien auch die verwendete Lizenz gespeichert. So können freie OER Materialien leicht serverübergreifend aufgefunden werden.

Weitere Standards für Metadaten von E-Learning-Materialien sind Dublin Core, der u. A. Titel, Autor, Thema, Beschreibung, Beteiligte, Erstellungsdatum, Typ, Format, Quelle, Sprache, zeitlichen Rahmen und Lizenz von Hypertextdokumenten speichert, und IEEE Learning Object Metadata (LOM), das ebenfalls Datenstrukturen für Eigenschaften von Lernobjekten in noch feinere Unterteilung von Attributen bereitstellt [Bungenstock, 2006, S. 41].

»Mit Hilfe von E-Learning-Standards lässt sich also die Recherchierbarkeit, Austauschbarkeit und Wieder- bzw. Weiterverwendung von Lernressourcen gewährleisten, indem sie mit Metadaten nach einem einheitlichen Muster in maschinenlesbarer Form beschrieben werden. Diese Standards sind eine zwingende Voraussetzung für die Interoperabilität von Lernressourcen und Lernsystemen, da sie die Schnittstellen und Referenzmodelle für den E-Learning-Bereich definieren.«

[Niegemann, 2004, S. 270]

4 Erstellung von E-Learning-Material

E-Learning soll Lehrkräften ermöglichen, leicht an bestehendes Material zu gelangen und dieses besser an die Lerngruppen anpassen zu können, als es mit analogen Materialien der Fall ist. Eher selten haben sie jedoch genug Kapazitäten, um selbst komplexes E-Learning-Material zu entwickeln [Petko, 2010, S. 12]. Dennoch brauchen sie Werkzeuge, mit denen es möglich ist, Materialien zu erstellen und zu bearbeiten [Gorsler, 2010, S. 5]. Dazu gehören in erster Linie die Autorenwerkzeuge, die im beträchtlichen Umfang festlegen, wie weit und in welchem Rahmen E-Learning didaktisch und methodisch gestaltet werden kann [Blankenagel, 2006, S. 13].

E-Learning-Material besteht aus digitalen Lernobjekten, die dadurch wiederverwendbar, verteilbar und – ausgestattet mit guten standardisierten Metadaten – auch entdeckbar sind. Dabei sind Lernobjekte modular und stellen abgeschlossene inhaltliche und didaktische Einheiten dar. Durch Interoperabilität lassen sie sich mit anderen Lernobjekten verbinden und tragen somit zum Lernkontext eines Lerngegenstandes bei [Bungenstock, 2006, S. 22]. Das E-Learning-System muss dafür ein Framework anbieten, das für verschiedene Aufgabentypen einzelne interaktive Programmmodule so implementiert, dass sie später möglichst innerhalb des resultierenden Lerndokumentes aufgerufen werden können. Wie in Abschnitt 3.4.4, S. 62 erläutert, sollten mit Blick auf den digitalen Mehrwert hierfür im Wesentlichen die Formate HTML und ePub verwendet werden, die per CSS mit Layoutvorlagen anpassbar sind und per JavaScript oder Python interaktive Elemente erhalten.

Damit ist das System in der Lage, den Autoren von Lernobjekten Rahmen und Vorlagen für ihre interaktiven Aufgaben zu geben. Die Autoren können nun Wissensinhalte, Medien, didaktische Anweisungen, Aufgaben usw. in die Vorlagen des Frameworks einarbeiten und daraus Lernobjekte erstellen. Diese werden bei Wunsch über eine Schnittstelle oder Austauschplattform veröffentlicht und mit anderen Autoren und Lehrenden geteilt.

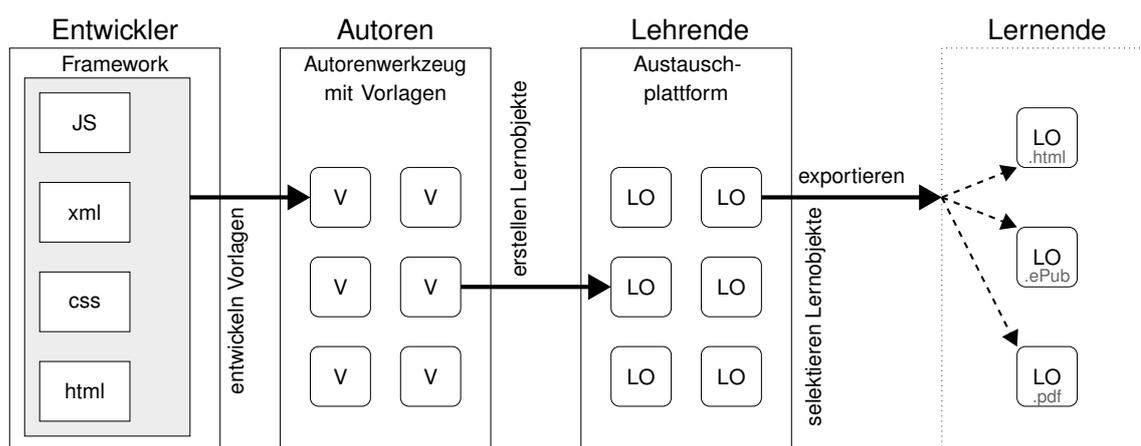


Abbildung 4.1: »Nutzerrollen und zugehörige Aufgabenfelder« nach [Hielscher, 2012, S. 46], angepasst und erweitert.

Lehrende, die selbstverständlich auch zur Gruppe der Autoren gehören können, suchen, finden, selektieren und kombinieren nun einige Lernobjekte aus dem Pool der Austauschplattform zu ihrem

Unterrichtskontext, wie einem Arbeitsblatt oder einer Unterrichtsstunde. Sie sind auch in der Lage, die Lernobjekte inhaltlich weiter zu modifizieren. Da die Endgeräte und Unterrichtssituation variieren, müssen die Lehrenden entscheiden, in welchem Format das Material bearbeitet werden kann. Dabei kann etwa das HTML-Format für die Bearbeitung am Smartphone gewählt werden, oder aber auch Arbeitsblätter für den Druck auf Papier erstellt werden, um ohne Informatiksysteme bearbeitet zu werden. Die Lernenden erhalten schließlich auf sie und ihren Lernkontext angepasstes Material, das in unterschiedlichen Formaten darstellbar und verwendbar ist [vgl. Hielscher, 2012, S. 47].

Zusammenfassend aus dem vorangegangenen Kapitel werden hier noch einmal die Eigenschaften aufgelistet, die E-Learning für den Schuleinsatz optimaler Weise mitbringen sollte.

E-Learning-Material ...

- ... muss digitale Mehrwerte für den Unterricht generieren.
- ... muss auf vielen Geräten durch dynamische Layouts richtig darstellbar sein.
- ... muss leicht anpassbar sein.
- ... sollte über ein grafisches Interface erstellt werden können.
- ... sollte Interaktivität ermöglichen.
- ... sollte ein konsistentes Layout durch Trennung von Inhalt und Formatierung besitzen.
- ... sollte ohne spezielle Software gelesen und bearbeitet werden können.
- ... sollte in verschiedene Formate exportiert werden können.
- ... sollte kollaborativ bearbeitet werden können.
- ... kann Standards wie SCORM erfüllen.
- ... kann freie Lizenzen für die erstellten Dokumente benutzen.
- ... kann auf freier und offener Software basieren.

4.1 Bestehende Autorensoftware

Eine Autorensoftware, die für die Erstellung von E-Learning-Inhalten geeignet ist, sollte möglichst einen grafischen WYSIWYG-Editor⁴² mit sich bringen, der benutzerfreundliche Formatierungen erlaubt, und für interaktive Aufgaben vordefinierte Schnittstellen, Programmmodule oder Plug-Ins bereitstellen [Bungenstock, 2006, S. 46]. In diesem Abschnitt sollen nun einige Programme dieser Gattung kurz vorgestellt werden. Dabei wird geprüft, ob die Anforderungen an modernes E-Learning erfüllt werden und an welchen Stellen Nachholbedarf besteht.

⁴²WYSIWYG: What You See Is What You Get.

4.1.1 Zusammenfassung der Forschung

Im Jahr 2012 untersuchte HIELSCHER die Programme und Dienste PowerPoint, HotPotatoes, Matchix, JCLic, eXe-Learning⁴³, Moodle, Educaplay und DocsTeach auf ihre Eignung als Autorenwerkzeug für E-Learning. Dafür wurde der mögliche Grad an Interaktivität, Multimedialität, Interoperabilität, Austauschbarkeit und Zugänglichkeit untersucht und mit einem Punktesystem gewertet [Hielscher, 2012, S. 34]. Dabei erzielens eXe-Learning und Moodle mit jeweils 57% der erfüllten Anforderungen die besten Ergebnisse und versuchen ein möglichst breites Spektrum an möglichen Einsatzszenarien abzudecken, während viele andere Programme und Dienste stärker auf bestimmte Anwendungsfälle spezialisiert sind. Das Ergebnis zeigt aber auch, dass über 40% der Anforderungen von keinem Programm erfüllt werden. Zudem floss nicht in die Bewertung ein, wie benutzerfreundlich die Handhabung der Programme ist und unter welcher Lizenz sie arbeiten und vertrieben werden. Außerdem werden z. B. die Programme HotPotatoes und auch eXe-Learning nicht mehr weiterentwickelt und werden deswegen langfristig keine Rolle bei der Erstellung von E-Learning-Material spielen können, auch wenn das Quelloffene eXe-Learning mehrfach geforkt⁴⁴ wurde.

4.1.2 Die Plattform LOOP

Als auf der Programmiersprache PHP basierendes Onlinetool für die Erstellung von E-Learning-Material wurde LOOP⁴⁵ von der Fachhochschule Lübeck entwickelt [Vlaj, 2014, S. 86]. Es ist eine auf der MediaWiki Software basierende Webplattform, die unter der GPL steht, darüber kollaboratives Erstellen und Bearbeiten ermöglicht. Ausgegeben wird das Material als Webseite auf der Plattform selber. Für die Benutzung ist keine lokale Installation notwendig, da alle Funktionen über den Webbrowser erreichbar sind [Muschal u. a., 2013, S. 1341]. Dabei ist die Darstellung für Mobilgeräte optimierbar und erlaubt so auch eine angenehme Betrachtung und Bearbeitung auf Smartphones und Tablets. LOOP bietet eine Kombination von Texten und Multimedia, die durch Verlinkungen und dynamische Informationseinblendungen angereichert werden. Echte interaktive Aufgaben werden nur durch die Einbindung externer Dienste wie LearningApps.org oder Quizlet.com realisiert [LOOP, 2014]. Die webbasierte *Cross-Plattform-Strategie* erlaubt Erweiterbarkeit auf Kosten von Abhängigkeit gegenüber dieser externen Dienste. Die Navigation durch E-Learning-Module ist dem linearen Aufbau von Büchern nachempfunden. Mathematische Formeln werden durch $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ generiert und als Bilder eingebunden. Für die weitere Verwendung des Materials gibt es teilweise fehlerhafte Exportfunktionen für PDF und ePub. Ein $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ -Export ist über das Plug-In *Wiki2LaTeX* nachrüstbar. Offline-Fähigkeit und Ausdruckbarkeit »verlieren in LOOP an Bedeutung« [Muschal u. a., 2013, S. 1342], was die Verwendbarkeit im Schulkontext negativ beeinflussen kann.

Zwar ist der WYSIWYG-Editor noch instabil und auch der SCORM-Standard wird nicht von LOOP eingehalten, so zeigt das OER Schulbuch Biologie-1 [Caruso u. a., 2014], welches mit diesem Tool erzeugt wurde, dass über die Plattform unterrichtstaugliches und fortschrittliches Material erstellt werden kann [Vlaj, 2014, S. 86].

⁴³eXe: eLearning XHTML editor.

⁴⁴Als »Fork« wird in der Softwareentwicklung eine neue Abspaltung eines Projektes bezeichnet [Wikipedia, 2015a].

⁴⁵LOOP: Learning Object Online Platform, <http://loop.oncampus.de/loop/>.

4.1.3 Kritik an den Systemen

Auch wenn hier nicht alle Programme für die Erstellung von E-Learning-Material untersucht und vorgestellt wurden, so zeigt sich dennoch, dass es an guter, freier Autorensoftware fehlt, die weiterentwickelt wird. Projekte wie LOOP zeigen Ambitionen in dem Bereich, hadern aber, wenn es um echte Interaktivität geht. Auch ist im Schulkontext das Ausdrucken von Materialien immer noch ein notwendiges Merkmal, da aus technischen oder didaktischen Gründen in einigen Unterrichtsabschnitten bewusst auf elektronische Geräte verzichtet wird.

Es wäre zu untersuchen, ob eine Autorensoftware den eingangs genannten Anforderungen überhaupt entsprechen kann. Besonders, weil viele webbasierten Werkzeuge intern mit Datenbanken arbeiten und selten in einem Textformat wie HTML oder $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ gespeichert werden und echte digitale Mehrwerte wie echte Interaktion oder kollaborative Bearbeitung auf der Seite der Lernenden nicht im Fokus der Entwicklung liegen.

4.2 Ansätze ohne Autorensysteme

Als Alternative zu Autorensystemen, die als Editor für E-Learning fungieren, gibt es das Konzept der *Content Converter*, die eine Umwandlung bestehender Dokumente in für E-Learning geeignete Formate vornehmen. So kamen die Projekte UnIbELT⁴⁶ und KoSEL⁴⁷, die den Übergang von Schule zu Studium unterstützen, für die Erstellung ihrer Materialien mit einem gängigen Open Source Textsatzsystem aus. Mit Hilfe einer vorgefertigten, einheitlichen Dokumentvorlage wurden Arbeits- und Informationsblätter erstellt und danach nach XML exportiert. Durch die Einbindung von CSS Stilen konnten die Dateien als Website dargestellt und von dort aus von den Lernenden bearbeitet werden [Hofmann u. a., 2013, S. 169]. Dieser Vorgang ändert die Darstellungsform in ein offeneres und von allen Endgeräten lesbares Format, schafft jedoch noch wenig digitalen Mehrwert, da keine Interaktivität aus rein textbasierten Inhalten möglich ist.

Im schulischen Lehrbetrieb ist die Konstruktion von papierbasierten Arbeitsblättern der Standard. Aktuell wird von der Didaktik der Informatik der Bergischen Universität Wuppertal das Schule-Paket für $\text{L}_{\text{A}}\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ weiterentwickelt, das einheitlich gestaltete Dokumente für den Schulgebrauch setzen kann. Es umfasst dabei Dokumentvorlagen für »Klausuren, Lernzielkontrollen, Unterrichtsbesuche, Arbeits-, Informations- und Lösungsblätter, sowie spezielle Elemente, wie Struktogramme, Syntax-, Sequenz-, Objekt- und Klassendiagramme« [Pieper u. a., 2015, S. 1]. Es soll im Folgenden untersucht werden, ob dieser Standardisierungsansatz benutzt werden kann, um durch Formatkonvertierung und der Zugabe von Programmmodulen ein höherer digitaler Mehrwert erzeugt werden kann.

Die Ausgabe von $\text{L}_{\text{A}}\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ ist in der Regel eine PDF-Datei, immer jedoch ein seitenbasiertes Format. Da das PDF-Format auch digitale Formulare unterstützt, könnten diese genutzt werden, um Schülerinnen und Schülern direkt im Dokument Antwortmöglichkeiten zu geben. Leider wären hier im Wesentlichen Checkboxen und offene Antwortfelder möglich, nicht jedoch echt interaktive Aufgaben mit multimedialer Unterstützung.

⁴⁶UnIbELT: Übergang Schule-Hochschule mit Unterstützung Internet-basierter E-Learning-Tools.

⁴⁷KoSEL: Kompetenzentwicklung und Studienorientierung mit E-Learning.

Ein Lösungsansatz für das Problem der fehlenden Multimedialität und mangelnder Interaktion im PDF-Format ist die Konvertierung von \LaTeX zu einem HTML-Dokument. Dieses könnte automatisiert per Skript so editiert werden, dass Multimediaelemente eingebunden und Aufgaben durch JavaScript und/oder Python direkt im Dokument interaktiv werden. Ein »nice to have« wäre dabei eine Schnittstelle, die einen Rückkanal von den bearbeiteten Dokumenten der Schülerinnen und Schüler an einen Schulserver mit Schülerdatenbank und digitalem Klassenbuch erlaubt, um eine Verknüpfung aller einzelnen Abgaben für Punkte und Noten zu ermöglichen. Hierfür müsste ein solcher Konverter geschrieben werden, der idealerweise jedes entsprechend formatierte \LaTeX -Dokument, aber im speziellen auch die Dokumente mit Schule-Paket E-Learning tauglich machen kann.

4.2.1 Vergleich der Formate \LaTeX und HTML

Eine Konvertierung vom \LaTeX -Format zu ePub setzt ein valides HTML oder XML-Format voraus. Sowohl HTML als auch \LaTeX sind Auszeichnungssprachen, die Wert auf die Struktur von Dokumenten legen. Auf dem ersten Blick scheint eine Übertragung von dem einen zum anderen Quelltext logisch umsetzbar, dennoch gibt es zwischen den Formaten grundsätzliche Unterschiede, welche die Prozedur erschweren. Die folgende Auflistung erläutert die wichtigsten Probleme. Dabei ist unter HTML immer die Kombination von HTML und CSS zu verstehen.

- (1) Die Ausgabe von \LaTeX ⁴⁸ ist seitenbasiert und orientiert sich an physischen Rahmenbedingungen des Layouts von Papierformaten, während HTML unendlich breite und lange Seiten darstellen kann. Davon hängt auch die Darstellung von Eigenschaften einer Seite ab, wie Kopf- und Fußzeilen, sowie Fußnoten.
- (2) Dokumentenklassen in \LaTeX sind optimierte Vorlagen für Papierformate, für die es keine direkte Entsprechung in HTML gibt. Hier könnten jedoch verschiedene Stile über CSS verwendet werden.
- (3) Das Layout kann in beiden Sprachen aus absoluter und (in \LaTeX beschränkter) relativer Positionierung bestehen. Die Angabe von festen Abständen in Zentimetern kann bei DIN A4 Dokumenten in \LaTeX sinnig sein, während diese Einheit bei HTML-Webseiten, die auf unterschiedlich großen Bildschirmen angezeigt werden, weniger hilfreich ist.
- (4) Fließumgebungen (Abbildungen, Tabellen) verhalten sich in beiden Systemen unterschiedlich.
- (5) \LaTeX enthält keine abgeschlossene Menge an Befehlen, sondern ist beliebig mit veröffentlichten oder selbstgeschriebenen Paketen und Stilen erweiterbar, die keine direkte Entsprechung in HTML finden. Dazu gehören u. v. a. . . .
 - (i) hoch anpassbare Bibliografien mit $\text{Bib}\TeX$
 - (ii) Grafiken und Diagramme mit TikZ
 - (iii) Hieroglyphen mit Hieroglf

⁴⁸Übliche Ausgabeformate nach der Kompilierung eines \LaTeX -Dokumentes sind PostScript (PS), Device independent file format (DVI) und PDF.

- (6) \LaTeX verwendet eine sehr umfangreiche Umgebung für das Setzen mathematischer Formeln. Diese konnten früher innerhalb von HTML nur als Bilder dargestellt werden. Neuere Spezifikationen der Mathematical Markup Language (MathML) erlauben mathematische Darstellungen direkt in HTML. Diese sind jedoch stark vom verwendeten Webbrowser abhängig und benötigen teilweise zusätzliche Plug-Ins [Wikipedia, 2015b].

Allgemein ist zu dieser Liste noch hinzuzufügen, dass Webbrowser beim Rendern die Darstellung der HTML Datei beeinflussen, während PDF-Betrachter sehr wenig bis gar keine Einfluss nehmen [Maranget, 2004, S. 24].

Einige der hier aufgezählten Punkte können mehr oder weniger automatisiert von \LaTeX nach HTML übertragen werden. Für mathematische Formeln ist in HTML mit MathML eine recht aufwändige Bearbeitung von Zeichenketten notwendig, andere Punkte wie Bib \TeX brauchen Kompilierzwischenstufen, die mit JavaScript oder Python realisiert werden können. Wieder andere, wie Fußzeilen, lassen sich nicht sinnvoll automatisiert übertragen, weil die Zielmedien zu unterschiedlich sind.

Da \LaTeX für den Druck auf Papier konzipiert wurde, enthält das System keinerlei interaktiver Elemente. Bei einer Übertragung von E-Learning-Material müsste für echten Mehrwert Interaktivität in HTML zusätzlich durch JavaScript- oder Python-Elemente nachgerüstet werden. Gleiches gilt für die Integration von Audio, Video, bewegten Bildern und Simulationen. Zudem benötigt HTML stärkere Navigationselemente für die Navigation durch einzelne Abschnitte, die über ein Blättern hinausgehen.

Es existieren diverse Konverter, die \LaTeX -Dokumente in HTML umwandeln. Diese sind jedoch aufgrund der oben genannten Schwierigkeiten nicht umfassend funktionsfähig. Kein Konvertierungsprogramm arbeitet fehlerfrei und alle benötigen »out-of-the-box« manuelle Anpassungen. Besonders wegen der Einbindung von \LaTeX -Paketen, die für die optimale Darstellung auf Papier benutzt werden, können die Dokumente nicht automatisch verarbeitet werden. Die folgende Liste zeigt die wichtigsten Vertreter dieser Programme. Ihre Probleme bei der Konvertierung von \LaTeX -Dateien zu HTML werden in [Ferber u. a., 2012] genauer erläutert.

Konverter	Letzte Aktualisierung
Hyperlatex	2006-11-20
\TeX 4ht	2009-06-11
\LaTeX 2HTML	2008-09-23
\LaTeX XML	2015-02-17
tth (\TeX to HTML translator)	2015-02-20
Hevea	2015-03-08
Pandoc	2015-06-02

Tabelle 4.1: Übersicht zu \LaTeX -zu-HTML-Konvertern. Stand: 26. Juni 2015.

Man müsste für nahezu jedes \LaTeX -Paket einen Konverter schreiben, der den Code in valides und lesbares HTML umwandelt, und gegebenenfalls direkt interaktive Funktionen einbaut. Pandoc erlaubt zwar solche Anpassungen, es mangelt jedoch noch an entsprechenden Plug-Ins [Hodgson, 2014]. Auch erzeugen die meisten Konverter äußerst unleserlichen HTML Code, da viele Elemente durch Workarounds umgesetzt sind.

Es zeigt sich, dass die Entwicklung der Konverter nicht mit der Entwicklung von HTML5, CSS3 und MathML mitgehalten hat. Technisch gesehen ist es jetzt möglich, viele typografische Eigenschaften, die in \LaTeX definiert sind, auch in webbasierten Dokumenten umzusetzen. Besonders die älteren, etablierten Konverter wie \TeX ht und \LaTeX 2HTML werden aktuell nicht mehr weiterentwickelt und können sich somit nicht mehr an modernen HTML5- und CSS3-Standards orientieren oder neuere \LaTeX -Pakete verarbeiten.

Neue Projekte, wie \LaTeX 2HTML5, versuchen quelloffen mathematische Formeln, Funktionen und grafische Darstellungen mit dem \LaTeX -Paket pstricks in HTML zu konvertieren, und mit Javascript automatisiert Interaktivität durch die Anpassung von Parametern zu erlauben.⁴⁹ Leider hat auch dieses Programm einen stark eingeschränkten Funktionsumfang und produziert selbst bei implementierten Funktionen teilweise »Math Processing Error[s]« [Lynch, 2014].

4.2.2 Interaktives Lehrmaterial mit \LaTeX und HTML durch MC- \LaTeX

Die ETH-Zürich hat in dem Projekt LEMUREN⁵⁰ einen Konverter namens MC- \LaTeX entwickelt, der ein plattformunabhängiges und flexibles Werkzeug zur Erstellung von Lehrmaterial und dessen Veröffentlichung in unterschiedlichen Szenarien darstellt [Caspar u. a., 2012, S. 397]. Dabei werden \LaTeX -Quellen nach HTML übersetzt und auf Webseiten veröffentlicht. Die Darstellung mathematischer Symbole wird dabei per eingebundenen Grafiken realisiert, die zuvor über pdf \LaTeX kompiliert wurden. Zusätzlich ist ohne Mehraufwand die Erstellung einer Druckversion des Lehrmaterials möglich. Die Quellen stehen dabei als reine Textdateien zur Verfügung.

Die erstellten Webseiten enthalten dabei teilweise interaktive Funktionen. So werden Quizze und Multiple-Choice-Aufgaben direkt aus den \LaTeX -Quellen in anklickbare und auswertbare HTML-Form gebracht. Darüber ist auch eine »automatische Korrektur und Lösung« möglich⁵¹. Andere Export-Plug-Ins, wie für ePub, wären mit mittlerem Aufwand implementierbar. Realisiert wird die Konvertierung über das QuestionTeX Paket in \LaTeX , sowie über einen auf PHP basierenden Export von \LaTeX zu Formaten der Lernplattform Moodle. Innerhalb des \LaTeX -Codes sind angeblich alle Kommandos verwendbar, außer `\label{}` und `\ref{}` für interne Verweise.

Da MC- \LaTeX für den Hochschulgebrauch konzipiert wurde, ist eine Übertragung für den Schulgebrauch nur stark eingeschränkt möglich. Nachteilig wirkt sich aus, dass das System nur geschlossene Frageformen unterstützt. Außerdem ist das Projekt von Seiten der ETH-Zürich abgeschlossen und wird nicht mehr aktualisiert, während QuestionTeX quelloffen mit der letzten Aktualisierung vom 17.03.2014⁵² frei zur Verfügung steht.

4.2.3 teachTool – Ein \LaTeX Content Converter für das Matheprisma

teachTool ist ein in Java geschriebenes Autorenwerkzeug mit grafischer Oberfläche, das für die eigentliche Generierung des Lernmaterials als *Content Converter* fungiert. Es wurde zur Erstellung modulbasierter Lerninhalte für das E-Learning-Projekt Matheprisma der Bergischen Universität Wuppertal entwickelt

⁴⁹Dies entspricht der Interaktionsstufe 4 nach [Schulmeister, 2002b].

⁵⁰LEMUREN: Lernen Multimedial.

⁵¹Die automatische Auswertung wird in der Dokumentation des Projektes erwähnt, jedoch nicht technisch erklärt [vgl. ETH Zürich, 2009].

⁵²Stand: 26. Juni 2015.

und hält den SCORM Standard ein. Lernmodule werden im \LaTeX -Format gespeichert [Blankenagel, 2006, S. 2] und anschließend mit \LaTeX 2HTML und dem Paket latex2mp⁵³ nach HTML übersetzt. Das resultierende E-Learning-Material ist mit allen Webbrowsern und Betriebssystemen (mit gewissen Einschränkungen) nutzbar. Ein Export in PDF ist möglich, nicht jedoch nativ in das ePub-Format.

Latex2mp ist dabei ein notwendiger Wrapper, bzw. eine Sammlung von Makros für vordefinierte Stile, wie Frage, Merksatz, Theorem, Kapitel, Seite etc., für Medien (Bild, Video, HTML-Quelltext) und Programme (JavaApplet, Diashow). Durch die direkte Integration von JavaApplets lassen sich hochgradig interaktive Funktionen und Programme direkt in das Dokument integrieren. Diese werden jedoch immer weniger unterstützt und sind i. d. R. nicht auf mobilen Informatiksystemen lauffähig. teachTool ist dabei auch in der Lage, mathematische Formeln und Objekte in HTML darzustellen, indem sie vorher von \LaTeX nach GIF umgewandelt werden [Blankenagel, 2006, S. 52]. Andere \LaTeX -Pakete, wie z. B. TikZ können eingebunden, jedoch nicht einfach in HTML übersetzt werden. Dafür müsste mit mittlerem Aufwand für jedes zu verwendende Paket eine Anpassung an latex2mp vorgenommen werden.

Betrachtet man das Konzept von teachTool so werden viele Anforderungen an modernes E-Learning erfüllt. Leider wurde das System in den letzten Jahren nicht weiterentwickelt und bedarf einiger Überholungen im Funktionsumfang. Wünschenswerte Aktualisierungen wären:

- Anpassbare CSS Stile für moderneres Look & Feel und optimale Darstellung auch auf mobilen Endgeräten.
- Unterstützung weiterer \LaTeX -Pakete, damit auch Elemente wie TikZ im HTML – optimaler Weise als skalierbare Vektorgrafik – dargestellt werden.
- Die Benutzung von MathML für Formeln innerhalb der zu generierenden HTML Datei, anstatt der Verwendung von gerenderten GIF-Bildern.
- Das Einbinden von Pythonscripts und integrierten Programmierumgebungen für Python vereinfacht möglich machen. Dies ist im Webbrowser mit JavaScript umsetzbar [vgl. Graham, 2015].
- Eine Exportfunktion zum ePub-Format.
- Vollständige Kompatibilität mit dem \LaTeX -Schule-Paket.

Werden diese Anforderungen erfüllt, so könnte sich das teachTool auch für den alltäglichen Gebrauch in der Schule eignen. Dafür müssten die oben aufgelisteten für \LaTeX spezifischen Anpassungen und Pakete, sowie die Integration weiterer interaktiver Programme und Programmmodule implementiert werden.

4.3 Zwischenfazit zur Erstellung von E-Learning-Material

Es gibt eine Vielzahl von Systemen zur Erstellung von E-Learning. Neuere Autorenwerkzeuge werden dabei immer stärker webbasiert und suchen direkte Anbindungen an Lernplattformen, welche die

⁵³Latex2mp: \LaTeX zu Matheprisma.

Verwaltung von E-Learning-Inhalten und auch von Lerngruppen vereinfachen sollen. *Content Converter* geben etwas mehr Freiräume, zeigen aber auch deutlich die Probleme der Konvertierung von einer Auszeichnungssprache zur anderen.

Die Verwendung des \LaTeX -Schule Pakets für die Erstellung von E-Learning-Material mit echten digitalen Mehrwerten wäre für vereinfachte Integration von E-Learning-Inhalten in den Schulunterricht sehr hilfreich. Dafür müssten jedoch viele einzelne Funktionen in einen Content Converter wie teachTool, bzw. latex2mp implementiert werden.

Es zeigt sich auch, dass kein E-Learning-System Kollaboration beim Bearbeiten des E-Learning-Materials unterstützt. Das gemeinsame und gleichzeitige Bearbeiten eines digitalen Arbeitsblattes würde eine Plattform voraussetzen, die Lernmanagement noch etwas enger betrachtet als gängige Plattformen wie Moodle. Auch haben die vorgestellten Systeme keinen Antwortkanal von der bearbeiteten Aufgabe zurück zur Lehrkraft.

5 Fazit – Gesammelte Anforderungen an E-Learning

Die Fülle der Veröffentlichungen rund um das Thema E-Learning zeigt, dass E-Learning als zukunftsfähiges Konzept in den modernen Schulunterricht einziehen könnte. Dabei wird E-Learning hier so verstanden, dass es den Präsenzunterricht an deutschen allgemeinbildenden Schulen unterstützen und nicht ersetzen soll. Der Bedarf seitens Gesellschaft und Politik ist vorhanden, nicht nur weil Lernen mit Informatiksystemen auf das Leben in einer digitalen Informations- und Wissensgesellschaft vorbereitet, sondern auch, weil Lernprozesse mit E-Learning verbessert, individualisiert und erleichtert werden können. Einerseits wird der Umgang mit digitalen Medien und Informatiksystemen stärker im Unterricht erprobt, andererseits werden aber auch Lernprozesse optimiert, so dass einzeln und in Lerngruppen besser gelernt werden kann.

Bildung ist ein individueller Prozess und niemals digital [Eickelmann, Heinen u. a., 2015, S. 9]. Dennoch wurde untersucht, wie weit sich digital gestütztes Lernen mit klassischen Lerntheorien vereinbaren lässt. Es zeigen sich dabei aus lernpsychologischer Perspektive keine Unterschiede. Jedoch können mit Hilfe des E-Learning andere Schwerpunkte und Lernkonzepte fokussiert werden. Diese erfordern neue fachdidaktische und pädagogische Überlegungen.

Um die weitere Entwicklung von E-Learning zu stützen, bedarf es aus mehreren Perspektiven geeignete Rahmen. Zwar sind aktuelle Lehrpläne und -konzepte generell mit E-Learning vereinbar, sie benötigen aber noch eine bessere Abstimmung und Anpassung durch ein digitales Curriculum, das stärker auf mediale Bedürfnisse der Lernenden, Lehrenden und der veränderten Lernumgebung eingeht. Diesen Prozess müssen Lehrkräfte unterstützen, da sie die ausführenden Kräfte in der Implementierung von E-Learning-Phasen im Regelunterricht sind. Dafür benötigen sie weitere didaktische Hinweise, technische Unterweisungen und neues Lern- und Lehrmaterial, das auf die neuen Anforderungen angepasst ist. Die dafür notwendigen Kompetenzen von Lehrkräften für diese Implementierung sind Medienkompetenz und mediendidaktische Kompetenz, um neue Lernmittel passend integrieren zu können, informatische Kompetenzen, um die Grenzen von E-Learning-Systemen einschätzen zu können und auch Kompetenzen zur (fach-)didaktisch konformen Einbindung von neuen Medien, Informatiksystemen und digitalen Lernumgebungen in den Unterricht.

Momentan scheidet die verstärkte Einbindung von E-Learning noch an fehlendem digitalen Lernmaterial. Was früher Buch und Aufgabenheft waren, werden nun Software und Dateien, die eigene didaktische Ansprüche haben. Kriterien an E-Learning-Material aus verschiedenen Perspektiven begleiteten diese Arbeit, da die elektronische Variante der Lernmaterialien »besser« sein muss, als ihr analoges Äquivalent, um den Mehraufwand zu rechtfertigen. Dabei hilft die Suche nach den digitalen Mehrwerten von E-Learning-Material, die sich u. a. in Aktualität, Darstellungsformen, Multimedialität, Interaktivität, Verfügbarkeit und Anpassbarkeit widerspiegeln. Hier sollten besonders die Taxonomien interaktiver Lernmaterialien betrachtet werden, die es gestatten, die Mächtigkeit von Lernumgebungen auch für den Informatikunterricht einzuschätzen. Dieser bedarf großer Freiheiten für Modellierung und Implementierung von Schülerlösungen innerhalb des digitalen Materials. Folglich dürfen nicht ausschließlich geschlossene

Aufgabenformate Verwendung finden, sondern es müssen auch offene und gestaltende Aufgaben mit E-Learning umsetzbar sein.

Sind die didaktischen Anforderungen an E-Learning-Material geprüft, so stellt sich die Frage, wie es im Unterricht eingesetzt werden kann. Schulen müssen dafür eine geeignete Infrastruktur schaffen, die kabellosen Netzzugang gewährt, damit Schülerinnen und Schüler mobile Informatiksysteme als mächtiges Werkzeug im Lernalltag verstehen lernen können. Für die einzusetzende Hardware können keine generellen Empfehlung gegeben werden, da E-Learning-Material auf möglichst vielen Geräten nutzbar sein soll. Dies schließt auch private Geräte der Schülerinnen und Schüler in dem BYOD Ansatz ein. Die Loslösung von einer konkreten Hardware erlaubt auch den Austausch von Materialien mit Lehrkräften von anderen Schulen.

Dies erfordert geräteunspezifische Softwarelösungen, die wahrscheinlich kein umfassendes Gesamtkonzept darstellen können, sondern als Zusammenschluss der benötigten Teilfunktionen bestehen und als Dokumentenrahmen fungieren. Das zu verwendende Dokumentformat hat ebenfalls eigene Anforderungen, muss offen sein und Interaktivität ermöglichen, um einen hohen Grad an digitalem Mehrwert zu erlauben. Einfache Verbindungen über Programmschnittstellen zu externen Diensten und Programmen wären dabei notwendig. Die Hoffnungsträger unter den Dokumentenformaten sind hier HTML5 und ePub, da letzteres ein Wrapper für HTML5, CSS3 und JavaScript ist. Sind diese Anforderungen erfüllt, so kann es digitale Lernmaterialien geben, die breit im Schulbetrieb einsetzbar und von vielen Geräten aus benutzbar sind.

Die sich anschließende Frage ist, wie Lehrkräfte an solches E-Learning-Material gelangen können. Dafür können sie auf Sammlungen der offenen und freien Bildungsmedien zurückgreifen, die bereits viele Materialien umfassen, pflegen und voraussichtlich auch in Zukunft erstellen und teilen werden. Um E-Learning-Material zu erstellen, bedarf es Autorensoftware, die mittlerweile meist webbasiert ist. Dies macht sie leicht erreichbar und sogar kollaborativ benutzbar, ist aber für einige Aufgabenfelder weniger geeignet, weil sie oft stark text- und multimedia zentriert ist. Nur selten werden interaktive Elemente wie integrierte Programmierumgebungen eingebunden. Dies wäre flächendeckend wünschenswert. Wichtig bei den Autorensystemen sind die Exportformate für digitale Repräsentation etwa im HTML-Format, aber auch für die analoge Repräsentation zum Ausdrucken, wenn die Lehrkraft eine Unterrichtsphase mit dem Material ohne Informatiksystem gestalten möchte.

Als »alternative« zur Softwaregattung der Autorensysteme können Content Converter benutzt werden, um bereits vorliegende Materialien für die digitale Bearbeitung aufzubereiten. Die Idee ist dabei, in \LaTeX geschriebene Arbeitsblätter mit Anpassungen als interaktive Webseite nachzubauen und somit stärkere digitale Mehrwerte schaffen zu können. Diese Umsetzung kann gelingen, allerdings mangelt es noch an Erweiterungen, da die Systeme seit mehreren Jahren nicht mehr weiterentwickelt wurden. Dies führt zur fehlerhaften Darstellung und mangelnden Funktionen auf mobilen Informatiksystemen. Hier wäre die Implementation neuer technischer Standards und didaktischer Funktionen notwendig.

Zusammenfassend wurde gezeigt, ...

- (1) warum E-Learning für die Lernende, Lehrende und Gesamtgesellschaft von Bedeutung ist.
- (2) wie E-Learning lerntheoretisch funktioniert und welche weiteren Funktionen E-Learning im Schulkontext erfüllen kann.

(3) welche Anforderungen es an ...

- digitalen Mehrwert,
- Infrastruktur, Hardware,
- Software, Dokumentenformate
- und Erstellung des E-Learning-Materials

gibt.

Zum Abschluss sei noch einmal betont, dass E-Learning kein Selbstzweck ist, sondern eben immer digitalen Mehrwert benötigt. Voraussichtlich werden in Deutschland die alten Lehrmedien nicht verdrängt, sondern durch neue Medien und neue Lernformen mit Informatiksystemen ergänzt. Damit E-Learning aber echter Teil schulischen Lernens wird, müssen Schulen sich weiterentwickeln, Lehrkräfte sich weiterbilden und auch die Lehrerbildung mit Chancen und Herausforderungen der digitalen Werkzeuge konfrontiert werden.

Damit sich E-Learning mit seinen vielseitigen Vorteilen mittelfristig durchsetzen kann, bedarf es engagierter Lehrkräfte, die sowohl bereit sind, neue Lehrkonzepte mit E-Learning zu entwickeln und zu erproben, als auch digitales Unterrichtsmaterial mit echtem digitalen und pädagogischen Mehrwert zu erstellen. Dabei ist es weniger entscheidend, mit welchen Autorenwerkzeugen dieses erstellt wird, als damit effizientes Arbeiten zu ermöglichen und somit zur erhöhten Lehrqualität, sowie zur Nachhaltigkeit und Langlebigkeit des Materials beizutragen.

Literatur

Printmedien

- [Albers u. a., 2011] Carsten Albers, Johannes Magenheimer und Dorothee M. Meister (2011). »Der Einsatz digitaler Medien als Herausforderung von Schule – eine Annäherung«. In: *Schule in der digitalen Welt. Medienpädagogische Ansätze und Schulforschungsperspektiven*. Hrsg. von Carsten Albers, Johannes Magenheimer, Dorothee M. Meister, Uwe Sander und Johannes Fromme. Medienbildung und Gesellschaft. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften / Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, Wiesbaden, S. 7–18. ISBN: 978-3-531-16687-2.
- [Arlt, 1982] Wolfgang Arlt (1982). »Einführung in die Schulinformatik«. In: *Informatik für Lehrer – Studententexte und Handreichungen für den Unterricht*. Hrsg. von Hans W. Haas und Detlef Wildenberg. Bd. 1 : Einführung in die Schulinformatik. München: Oldenbourg Verlag, S. 1–61. ISBN: 3-4862-6911-9.
- [Arnold u. a., 2013] Patricia Arnold, Lars Kilian, Anne Maria Thilloßen und Gerhard M. Zimmer (2013). *Handbuch E-Learning: Lehren und Lernen mit digitalen Medien*. 3., aktualisierte Aufl. Bielefeld: WBV, Bertelsmann. ISBN: 978-3-7639-5182-6.
- [Atkins u. a., 2007] Daniel E. Atkins, John Seely Brown und Allen L. Hammond (2007). *A review of the Open Educational Resources (OER) movement: Achievements, challenges, and new opportunities*. URL: <http://www.hewlett.org/uploads/files/ReviewoftheOERMovement.pdf> (besucht am 13. 04. 2015).
- [Aufenanger, 1999] Stefan Aufenanger (1999). »Lernen mit neuen Medien – Was bringt es wirklich? Forschungsergebnisse und Lernphilosophien«. In: *Medien praktisch. Zeitschrift für Medienpädagogik* 4, S. 4–8.
- [Babnik u. a., 2013] Peter Babnik, Johannes Dorfinger, Klaus Meschede, Stephan Waba, Marc Widmer und Ursula Mulley (2013). »Technologieeinsatz in der Schule. Zum Lernen und Lehren in der Sekundarstufe«. In: *Lehrbuch für Lernen und Lehren mit Technologien*. Hrsg. von Sandra Schön und Martin Ebner. URL: <http://l3t.eu/homepage/das-buch/ebook-2013/kapitel/o/id/106/name/technologieeinsatz-in-der-schule> (besucht am 27. 01. 2015).
- [Balzert, 1977] Helmut Balzert (1977). *Informatik: 1. Vom Problem zum Programm – Lösungsband mit methodisch-didaktischer Einführung*. München: Hueber-Holzmann Verlag. ISBN: 3-8096-9827-X.
- [Bauer u. a., 2015] Markus Bauer und Tatjana Heid (2015). »Java, PHP, Python: Digitale Alphabeten? Darum sollte Programmieren Pflichtfach sein«. In: *FOCUS* 4, S. 52–54. ISSN: 0943-7576. URL: http://www.focus.de/familie/schule/politik-und-gesellschaft-wir-digitalen-analphabeten_id_4409641.html (besucht am 28. 01. 2015).
- [Baumgartner, 2003] Peter Baumgartner (2003). »E-Learning: Lerntheorien und Lernwerkzeuge«. In: *Österreichische Zeitschrift für Berufsbildung (ÖZB)* 21.3, S. 3–6. URL: <http://peter.baumgartner.name/publikationen/liste-abstracts/abstracts-2003/e-learning-lerntheorien-und-lernwerkzeuge/?aid=1630&sa=1> (besucht am 22. 05. 2015).

- [Baumgartner u. a., 2002] Peter Baumgartner, Hartmut Häfele und Kornelia Maier-Häfele (2002). »E-Learning Standards aus didaktische Perspektive«. In: *Die Virtuelle Hochschule in der Konsolidierungsphase*. Hrsg. von Gudrun Bachmann und Odette Kindt Michael Haefeli. Münster: Waxmann, S. 277–286. ISBN: 9783830911913. URL: http://peter.baumgartner.name/wp-content/uploads/2013/08/Baumgartner_etal_2002_E-Learning-Standards-aus-didaktischer-Perspektive.pdf (besucht am 09. 06. 2015).
- [Bell u. a., 2006] Tim Bell, Mike Fellows und Ian H. Witten (2006). *Computer Science unplugged*. URL: <http://csunplugged.org/> (besucht am 16. 10. 2011).
- [Bennet, 1998] Randy E. Bennet (1998). *Reinventing Assessment. Speculations on the future of large-scale educational testing*. Techn. Ber. Princeton: Educational Testing Service Policy Information Center. URL: <https://www.ets.org/Media/Research/pdf/PICREINVENT.pdf> (besucht am 17. 02. 2015).
- [Blankenagel, 2006] Karsten Blankenagel (2006). »teachTool«. Diss. Bergische Universität Wuppertal. URL: <http://elpub.bib.uni-wuppertal.de/servlets/DerivateServlet/Derivate-938/dc06f1.pdf> (besucht am 18. 02. 2015).
- [Blömeke, 2000] Sigrid Blömeke (2000). *Medienpädagogische Kompetenz. Theoretische und empirische Fundierung eines zentralen Elements der Lehrerbildung*. KoPäd Hochschulschriften. München: KoPäd-Verlag. ISBN: 9783934079038.
- [Bonitz, 2013] Anika Bonitz (2013). »Digitale Schulbücher in Deutschland – ein Überblick«. In: Hrsg. von Eva Matthes, Sylvia Schütze und Werner Wiater. Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt, S. 127–138. ISBN: 978-3-7815-1934-3.
- [Börner u. a., 2010] Claudia Börner, Thomas Köhler und Jens Drummer (2010). »Sind Leistungssport und Schulunterricht miteinander zu vereinbaren? Ergebnisse eines Schulversuches zur Lernunterstützung von Sportschülern.« In: Hrsg. von Sybille Hambach, Alke Martens, Djamshid Tavangarian und Bodo Urban. Rostock: Fraunhofer Verlag, S. 324–333.
- [Bos u. a., 2014] Wilfried Bos, Birgit Eickelmann, Julia Gerick, Frank Goldhammer, Heike Schaumburg, Knut Schwippert, Martin Senkbeil, Renate Schulz-Zander und Heike Wendt, Hrsg. (2014). *ICILS 2013. Computer- und informationsbezogene Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern in der 8. Jahrgangsstufe im internationalen Vergleich*. Münster, New York. URL: http://www.waxmann.com/fileadmin/media/zusatztexte/ICILS_2013_Berichtsband.pdf (besucht am 19. 05. 2015).
- [Bourdieu, 1983] Pierre Bourdieu (1983). »Ökonomisches Kapital, kulturelles Kapital, soziales Kapital«. In: *Soziale Ungleichheiten*. Hrsg. von Reinhard Kreckel. 2. Göttingen: O. Schwarz, S. 183–198. ISBN: 978-3-509-01341-2.
- [Brill, 2013] Hartmuth Brill (2013). »Medien aus Verlagssicht – dargestellt am »Deutschbuch««. In: Hrsg. von Eva Matthes, Sylvia Schütze und Werner Wiater. Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt, S. 139–147. ISBN: 978-3-7815-1934-3.
- [Bundestag, 2015] Deutscher Bundestag (2015). *Handlungsempfehlungen*. URL: http://webarchiv.bundestag.de/archive/2013/1212/internetenquete/dokumentation/Sitzungen/20120625/A-Drs_17_24_052_-_PG_Bildung_und_Forschung_Handlungsempfehlungen.pdf (besucht am 08. 04. 2015).
- [Bungenstock, 2006] Michael Bungenstock (2006). »Entwurf und Implementierung einer vollständigen Infrastruktur für modulare E-Learning-Inhalte.« Diss. Universität Paderborn. URL: <http://nbn->

- resolving.de/urn:nbn:de:hbz:466-2006010135;%20http://digital.ub.uni-paderborn.de/ubpb/urn/urn:nbn:de:hbz:466-2006010135;%20http://d-nb.info/980108136/34.
- [Caruso u. a., 2014] Celestine Caruso u. a. (2014). Hrsg. von Heiko Przyhodnik und Hans Hellfried Wedenig. Version 1.3. Schulbuch-O-Mat. URL: <http://schulbuch-o-mat.de/biobuch/> (besucht am 16. 02. 2015).
- [Caspar u. a., 2012] Alexander Caspar und Damian Miller (2012). »MC-LaTeX-Weblikationen. Online-Multiple-Choice-Aufgaben in der mathematischen Grundausbildung der ETH Zürich«. In: *Digitale Medien – Werkzeuge für exzellente Forschung und Lehre*. Medien in der Wissenschaft 61. Münster: Waxmann, S. 393–400.
- [Chang u. a., 2015] Anne-Marie Chang, Daniel Aeschbach, Jeanne F. Duffy und Charles A. Czeisler (2015). »Evening use of light-emitting eReaders negatively affects sleep, circadian timing, and next-morning alertness«. In: *Proceedings of the National Academy of Sciences* 112.4, S. 1232–1237. DOI: 10.1073/pnas.1418490112. eprint: <http://www.pnas.org/content/112/4/1232.full.pdf+html>. URL: <http://www.pnas.org/content/112/4/1232.abstract> (besucht am 05. 02. 2015).
- [Cornelsen Schulverlage, 2015] Cornelsen Schulverlage (2015). *Cornelsen-Trendstudie zur »Medienausstattung an Schulen in Deutschland«*. URL: <http://www.cornelsen-schulverlage.de/fm/1272/Cornelsen-Trendstudie%20Medienausstattung%20an%20Schulen%202014.pdf> (besucht am 19. 06. 2015).
- [Deterding u. a., 2011] Sebastian Deterding, Dan Dixon, Rilla Khaled und Lennart Nacke (2011). »From Game Design Elements to Gamefulness: Defining »Gamification««. In: *Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference: Envisioning Future Media Environments*. MindTrek '11. Tampere, Finland: ACM, S. 9–15. ISBN: 978-1-4503-0816-8. URL: <http://doi.acm.org/10.1145/2181037.2181040>.
- [Drummer, 2009] Jens Drummer (2009). »Einfluss verschiedener Typen online basierter Lernplattformen auf die Kompetenz- und Leistungsentwicklung von Schülern«. Diss. Dresden: Technische Universität Dresden. URL: <http://www.qucosa.de/fileadmin/data/qucosa/documents/512/1232884068861-1432.pdf> (besucht am 20. 01. 2015).
- [Drummer u. a., 2011] Jens Drummer u. a. (2011). »Forschungsherausforderungen des E-Learning«. In: *DeLFI 2011: Die 9. e-Learning Fachtagung Informatik*. Hrsg. von Holger Rohland, Andrea Kienle und Steffen Friedrich. Bonn: Gesellschaft für Informatik, S. 197–208. ISBN: 978-3-885-79282-6. URL: <http://cs.emis.de/LNI/Proceedings/Proceedings188/197.pdf> (besucht am 12. 01. 2015).
- [Duden, 2006] Duden (2006). *Duden. Deutsches Universalwörterbuch*. 6. Aufl. Eintrag: E-Learning. Mannheim: Bibliographisches Institut. ISBN: 978-3-411-04650-8. URL: http://www.duden.de/rechtschreibung/E_Learning (besucht am 27. 01. 2015).
- [Dufeu u. a., 2013] Antonia Dufeu und Judith Hartig (2013). »Baustein 2: Pädagogisches Schulnetzwerk – Internet – Intranet«. In: *SCHULE.MEDIEN.RECHT*. Hrsg. von Ministerium für Bildung, Wissenschaft, Jugend und Kultur Rheinland-Pfalz. URL: <http://www.datenschutz.rlp.de/de/aktuell/2013/images/SMR-B2-7.pdf> (besucht am 20. 06. 2015).
- [Ebner u. a., 2013] Martin Ebner, Sandra Schön und Jennifer C. Frey, Hrsg. (2013). *Lehrbuch für Lernen und Lehren mit Technologien*. URL: <http://l3t.eu/homepage/das-buch/ebook-2013>.
- [Eickelmann, Gerick u. a., 2014] Birgit Eickelmann, Julia Gerick und Wilfried Bos (2014). »Die Studie ICILS 2013 im Überblick – Zentrale Ergebnisse und Entwicklungsperspektiven. Computer- und

- informationsbezogene Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern in der 8. Jahrgangsstufe im internationalen Vergleich«. In: Hrsg. von Wilfried Bos, Birgit Eickelmann, Julia Gerick, Frank Goldhammer, Heike Schaumburg, Knut Schwippert, Martin Senkbeil, Renate Schulz-Zander und Heike Wendt. Münster, New York: Waxmann. ISBN: 978-3-8309-3131-7. URL: http://www.waxmann.com/fileadmin/media/zusatztexte/ICILS_2013_Berichtsband.pdf (besucht am 19. 05. 2015).
- [Eickelmann, Heinen u. a., 2015] Birgit Eickelmann, Richard Heinen, Uwe Lübking, Jörg Müller-Lietzkow und Daniel Seitz (2015). *Öffentliches Fachgespräch zum Thema »Digitale Bildung und Medienkompetenz«*. Wortprotokoll der 30. Sitzung. Hrsg. von Forschung und Technikfolgenabschätzung Ausschuss für Bildung. Protokoll-Nr. 18/30. BT-Drucksache 18/4422.
- [Eickelmann, Schaumburg u. a., 2014] Birgit Eickelmann, Heike Schaumburg und Kerstin Drossel und Ramona Lorenz (2014). »Schulische Nutzung von neuen Technologien in Detuschland im internationalen Vergleich. Computer- und informationsbezogene Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern in der 8. Jahrgangsstufe im internationalen Vergleich«. In: Hrsg. von Wilfried Bos, Birgit Eickelmann, Julia Gerick, Frank Goldhammer, Heike Schaumburg, Knut Schwippert, Martin Senkbeil, Renate Schulz-Zander und Heike Wendt. Münster, New York: Waxmann. ISBN: 978-3-8309-3131-7. URL: http://www.waxmann.com/fileadmin/media/zusatztexte/ICILS_2013_Berichtsband.pdf (besucht am 19. 05. 2015).
- [Ferber u. a., 2012] Thomas Ferber und Dominik Wagenführ (2012). *Vom \LaTeX -Dokument zum E-Book. Ein steiniger Weg*. Dante-Tagung in Leipzig. URL: http://www.deesaster.org/latex/Von_LaTeX_zum_Ebook.pdf (besucht am 23. 06. 2015).
- [Fey u. a., 2013] Christian Fey und Dominik Neumann (2013). »Bildungsmedien Online – Kostenlos angebotene Lehrmittel aus dem Internet«. In: Hrsg. von Eva Matthes, Sylvia Schütze und Werner Wiater. Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt, S. 55–74. ISBN: 978-3-7815-1934-3.
- [Finke, 2008] Christian Finke (2008). »Konzept für ein Wikibook als Lehrbuch für den Informatikunterricht«. Schriftliche Hausarbeit zur Prüfung für das Lehramt Sek. II/I. Münster: Westfälische-Wilhelms-Universität – Fachbereich Mathematik und Informatik (FB 10) – Institut für Didaktik der Mathematik und der Informatik. URL: http://ddi.uni-muenster.de/ab/pu/dok/Wikibook_als_Informatikschulbuch.pdf (besucht am 08. 02. 2015).
- [Flindt, 2005] Nicole Flindt (2005). »E-Learning – Theoriekonzepte und Praxiswirklichkeit«. Diss. Universität Heidelberg.
- [Fuchs-Kittowski, 2010] Klaus Fuchs-Kittowski (2010). »Wissens-Ko-Produktion – Organisationsinformatik. Verarbeitung, Verteilung und Entstehung von Informationen in kreativ-lernenden Organisationen«. In: *Organisationsinformatik und Digitale Bibliothek in der Wissenschaft*. Hrsg. von Klaus Fuchs-Kittowski, Heinrich Parthey, Walther Umstätter und Roland Wagner-Döbler. 2. Aufl. Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2000. Gesellschaft für Wissenschaftsforschung, S. 9–88. URL: http://www.wissenschaftsforschung.de/JB00_9-88.pdf (besucht am 10. 07. 2015).
- [Füssel u. a., 2011] Stephan Füssel, Matthias Schlesewsky, Jana Hosemann, Franziska Kretzschmar und Dominique Pleimling (2011). *Nähere Informationen zur Lesestudie: Unterschiedliche Lesegeräte, unterschiedliches Lesen?* Techn. Ber. Johannes Gutenberg-Universität Mainz. URL: https://www.uni-mainz.de/downloads/medienkonvergenz_lesestudie.pdf.

- [Gailer u. a., 2013] Christian Gailer, Martin Ebner und Walther Nagler (2013). *E-Book Machbarkeitsstudie – Erstellung einer Demo-Version in den Formaten ePub 3.0 und iBooks für Digi.Kom.* URL: <https://ebook.tugraz.at/digikomp/reports/bericht.pdf> (besucht am 17. 06. 2015).
- [Gander u. a., 2013] Walter Gander u. a. (2013). *Informatics education: Europe cannot afford to miss the boat.* Report of the joint. URL: <http://www.informatics-europe.org/images/documents/informatics-education-europe-report.pdf>.
- [Geser u. a., 2007] Guntram Geser und Sandra Schaffert (2007). *Open Educational Practices and Resources – OLCOS Roadmap 2012.* Techn. Ber. Salzburg.
- [Gonzales-Scheller, 2014] Philipp Gonzales-Scheller (2014). »Trendthema Gamification: Was steckt hinter diesem Begriff?« In: *Recrutainment: Spielerische Ansätze in Personalmarketing und -auswahl.* Hrsg. von J. Diercks und K. Kupka. Springer, S. 33–52. ISBN: 978-3-6580-1570-1.
- [Gorsler, 2010] Hans-Jürgen Gorsler, Hrsg. (2010). *E-Learning in der Schule. Arbeitspapier der Gemischten Kommission Schulfunk/Schulfernsehen/KMK/ARD/ZDF/DRadio.* Dresden. URL: <http://www.pedocs.de/volltexte/2011/3567;%20http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0111-opus-35678> (besucht am 20. 02. 2015).
- [Grepper u. a., 2001] Yvan Grepper und Beat Döbeli (2001). *Empfehlungen zu Beschaffung und Betrieb von Informatikmitteln an allgemeinbildenden Schulen (Leitfaden).* URL: <http://beat.doebe.li/publications/berichte/wartung/docs/wartung.pdf> (besucht am 09. 07. 2015).
- [Groebel u. a., 2012] Jo Groebel und Julia Wiedermann (2012). *Digitale Lernwerkzeuge. Eine Metastudie der BSP Business School Berlin Potsdam.* Potsdam.
- [Hametner u. a., 2006] Karin Hametner, Thorsten Jarz, Werner Moriz, Jutta Pauschenwein, Heimo Sandtner, Irmgard Schinnerl, Anastasia Sfiri und Martin Teufel (2006). *Qualitätskriterien für E-Learning. Ein Leitfaden für Lehrer/innen, Lehrende und Content-Ersteller/innen.* Hrsg. von Robert Kristöfl, Heimo Sandtner und Maria Jandl. URL: http://www.bildung.at/files/downloads/Qualitaetskriterien_E-Learning.pdf (besucht am 09. 07. 2015).
- [Hansch u. a., 2015] Anna Hansch, Lisa Hillers, Katherine McConachie, Christopher Newman, Thomas Schildhauer und Philipp Schmidt (2015). *Video and Online Learning: Critical Reflections and Findings from the Field.* HIIG Discussion Paper Series 2015-02. Alexander von Humboldt Institut für Internet und Gesellschaft. URL: http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2577882 (besucht am 10. 07. 2015).
- [Hartmann u. a., 2006] Werner Hartmann, Michael Näf und Raimond Reichert (2006). *Informatikunterricht Planen und Durchführen.* 1. Aufl. 2006. Korr. Nachdruck 2007. Berlin: Springer. 180 S. ISBN: 978-3-540-34484-1.
- [Hattie u. a., 2013] John Hattie, Wolfgang Beywl und Klaus Zierer (2013). *Lernen sichtbar machen.* 1. Aufl. Baltmannsweiler: Schneider Verlag GmbH. ISBN: 9783834011909.
- [Heinen, 2014] Richard Heinen (2014). »Handy erlaubt! Smartphones & Co erobern das Klassenzimmer«. In: *c't 14*, S. 112–115.
- [Heming, 2009] Matthias Heming (2009). »Einsatzszenarien von Mobiltelefonen im Informatikunterricht«. Masterarbeit – Master of Education. Wuppertal: Bergische Universität – Fachbereich Mathematik und Naturwissenschaften. URL: <http://blog.familie-heming.de/?p=111> (besucht am 07. 02. 2015).

- [Herzig u. a., 2011] Bardo Herzig und Silke Grafe (2011). »Wirkungen digitaler Medien«. In: *Schule in der digitalen Welt. Medienpädagogische Ansätze und Schulforschungsperspektiven*. Hrsg. von Carsten Albers, Johannes Magenheim, Dorothee M. Meister, Uwe Sander und Johannes Fromme. Medienbildung und Gesellschaft. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften / Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, Wiesbaden, S. 67–95. ISBN: 978-3-531-16687-2.
- [Hielscher, 2012] Michael Hielscher (2012). »Autorenwerkzeuge für digitale, multimediale und interaktive Lernbausteine im Web 2.0«. Diss. Johannes Gutenberg-Universität Mainz. URL: <http://ubm.opus.hbz-nrw.de/volltexte/2013/3313/pdf/doc.pdf> (besucht am 19. 05. 2015).
- [Hilbig, 2014] André Hilbig (2014). »Entwicklung informatischer Kompetenzen zur Verhinderung von Mobbing«. Master-Thesis. Wuppertal: Fachgebiet Didaktik der Informatik – Bergische Universität. URL: <http://www.ham.nw.schule.de/pub/bscw.cgi/4912964> (besucht am 24. 06. 2015).
- [Hiller, 2013] Andreas Hiller (2013). »Der Einfluss des Internet auf das Steuerungspotenzial von Staat und Schulbuch in der Schulbildung«. In: Hrsg. von Eva Matthes, Sylvia Schütze und Werner Wiater. Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt, S. 42–52. ISBN: 978-3-7815-1934-3.
- [Hodgson, 2014] Thomas Hodgson (2014). *Diagrams with TikZ using Pandoc filters*. Thomas William Strickland Hodgson. URL: <http://blog.twshodgson.co.uk/2014/12/14/diagrams-with-tikz-using-pandoc-filters/> (besucht am 26. 06. 2015).
- [Hofmann u. a., 2013] Sven Hofmann, Steffen Friedrich, Andrea Lißner, Sindy Riebeck und Michael Rudolph (2013). »E-Learning in der Schule – die Rolle des Lehrer als E-Teacher«. In: *INFOS 2013, 15. GI-Fachtagung »Informatik und Schule«, Praxisband*. Hrsg. von Thomas Wilke Norbert Breier Peer Stechert. Kiel Computer Science Series 2013-03. Department of Computer Science, CAU Kiel, S. 161–170.
- [Holten u. a., 2009] »Auf dem Weg zu einer interdisziplinären Forschungskultur?« (2009). In: *E-Learning in Hochschule und Weiterbildung. Einsatzchancen und Erfahrungen*. Hrsg. von Roland Holten und Dieter Nittel. Erwachsenenbildung und lebensbegleitendes Lernen. Bertelsmann, S. 9–18. ISBN: 9783763933426.
- [Hubwieser, 2007] Peter Hubwieser (2007). *Didaktik der Informatik. Grundlagen, Konzepte, Beispiele*. 3., überarbeitete und erw. Auflage. Berlin: Springer. ISBN: 3-540-72477-X.
- [Humbert, 2003a] Ludger Humbert (2003a). *Veranstaltung »Didaktik der Informatik für die Sekundarstufe I« – Wintersemester 2003/2004; Vorlesungsskript mit Übungen und ausgewählten Lösungen*. Kopie: <http://hdl.handle.net/2003/21344>. URL: <http://www.ham.nw.schule.de/pub/bscw.cgi/d51120/> (besucht am 24. 06. 2015).
- [Humbert, 2003b] — (2003b). *Zur wissenschaftlichen Fundierung der Schulinformatik*. zugl. Dissertation an der Universität Siegen. Witten: pad-Verlag. ISBN: 3-88515-214-2. URL: <http://www.ham.nw.schule.de/pub/bscw.cgi/d38820/> (besucht am 06. 02. 2015).
- [Humbert, 2006a] — (2006a). *Didaktik der Informatik – mit praxiserprobtem Unterrichtsmaterial*. 2., überarbeitete und erweiterte Aufl. Leitfäden der Informatik. Wiesbaden: B.G. Teubner Verlag. ISBN: 3-8351-0112-9.
- [Humbert, 2006b] — (2006b). »E-Learning«. In: *If Fase 13*, S. 2. URL: <http://www.rhinodidactics.de/Ausgaben/ausgabe-13.pdf> (besucht am 29. 01. 2015).

- [Humbert, 2011] Ludger Humbert (2011). »Schülerinnen konstruieren informatische Bildung«. In: *Informatik und Schule – Informatik für Bildung und Beruf – INFOS 2011 – 14. GI-Fachtagung 12.–15. September 2011, Münster*. Hrsg. von Marco Thomas. GI-Edition – Lecture Notes in Informatics – Proceedings P 189. Bonn: Gesellschaft für Informatik, Köllen Druck + Verlag GmbH, S. 197–206. ISBN: 978-3-88579-283-3. URL: <http://subs.emis.de/LNI/Proceedings/Proceedings189/197.pdf> (besucht am 24. 06. 2015).
- [Ingenkamp u. a., 2008] Karl-Heinz Ingenkamp und Urban Lissmann (2008). *Lehrbuch der pädagogischen Diagnostik*. Beltz Pädagogik. Beltz. ISBN: 978-3-407-25503-7.
- [Kerres u. a., 2015] Michael Kerres und Richard Heinen (2015). »Open Informational Ecosystems: The Missing Link for Sharing Educational Resources«. In: *The International Review of Research in Open and Distributed Learning* 16.1, S. 24–29. URL: <http://www.irrodl.org/index.php/irrodl/article/view/2008> (besucht am 18. 05. 2015).
- [KMK, 2010] KMK (2010). *Konzeption der Kultusministerkonferenz zur Nutzung der Bildungsstandards für die Unterrichtsentwicklung*. Dokumentation. Köln: KMK – Ständige Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland. URL: http://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2010/2010_00_00-Konzeption-Bildungsstandards.pdf (besucht am 17. 02. 2015).
- [KMK, 2012] — (2012). *Medienbildung in der Schule. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 8. März 2012*. Kultusminister Konferenz. URL: http://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2012/2012_03_08_Medienbildung.pdf (besucht am 29. 04. 2015).
- [Knuth, 1974] Donald E. Knuth (1974). »Computer Programming as an Art«. In: *Communications of the ACM* 17. Bd. 12, S. 667–673. URL: <http://www.paulgraham.com/knuth.html> (besucht am 11. 06. 2015).
- [Kohls u. a., 2008] Christian Kohls und Joachim Wedekind (2008). »Die Dokumentation erfolgreicher E-Learning Lehr/Lernarrangements mit didaktischen Patterns«. In: *Offener Bildungsraum Hochschule – Freiheiten und Notwendigkeiten*. Hrsg. von S. Zauchner, Peter Baumgartner, E. Blaschitz und A. Weissenböck. Münster: Waxmann Verlag, S. 217–227. URL: <http://joachim-wedekind.de/Downloads/DidaktischePatterns.pdf> (besucht am 14. 03. 2012).
- [Kropf, 2013] Dorothy C. Kropf (2013). »Connectivism: 21st Century’s New Learning Theory«. In: *European Journal of Open, Distance and e-Learning* 16.2, S. 14–42. ISSN: 1027-5207. URL: <http://www.eurodl.org/?p=archives&year=2013&halfyear=2&article=579> (besucht am 29. 04. 2015).
- [Kuhlen, 2008] Rainer Kuhlen (2008). *Erfolgreiches Scheitern – eine Götterdämmerung des Urheberrechts?* Bd. Band 48. Schriften zur Informationswissenschaft. Boizenburg: vwh – Verlag Werner Hülsbusch – Fachverlag für Medientechnik und -wirtschaft. ISBN: 978-3-940317-21-6. URL: http://www.inf-wiss.uni-konstanz.de/RK2008_ONLINE/node/18 (besucht am 22. 02. 2008).
- [Lessig, 2002] Lawrence Lessig (2002). *The Future of Ideas - The Fate of the Commons in a Connected World*. Reprint. Knopf Doubleday Publishing Group. ISBN: 978-0-375-72644-6.
- [Leutner, 1998] Detlef Leutner (1998). »Programmierer und computerunterstützter Unterricht«. In: *Handwörterbuch Pädagogische Psychologie*. Hrsg. von Detlef H. Rost. Weinheim: Beltz Psychologie Verlags Union, S. 404–409. ISBN: 362127491-X.

- [LFD, 2012] LFD (2012). *Verarbeitung personenbezogener Daten auf privaten Informationstechnischen Systemen (IT-Systemen) von Lehrkräften*. Runderlass des Niedersächsischen Kultusministeriums vom 01.02.2012. Techn. Ber. Der Landesbeauftragte für den Datenschutz Niedersachsen. Kultusministerium Niedersachsen. URL: http://www.lfd.niedersachsen.de/download/57654/Verarbeitung_personenbezogener_Daten_auf_privaten_Informationstechnischen_Systemen_von_Lehrkraeften.pdf (besucht am 02. 06. 2015).
- [Lorenz u. a., 2011] Anja Lorenz, Christian Safran und Martin Ebner (2011). »Informationssysteme - Technische Anforderungen für das Lernen und Lehren«. In: Hrsg. von Martin Ebner und Sandra Schön. URL: <http://l3t.tugraz.at/index.php/LehrbuchEbner10/article/view/41> (besucht am 13. 04. 2015).
- [Magenheim u. a., 2011] Johannes Magenheim und Dorothee M. Meister (2011). »Potenziale von Web 2.0-Technologien für die Schule«. In: *Schule in der digitalen Welt. Medienpädagogische Ansätze und Schulforschungsperspektiven*. Hrsg. von Carsten Albers, Johannes Magenheim, Dorothee M. Meister, Uwe Sander und Johannes Fromme. Medienbildung und Gesellschaft. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften / Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, Wiesbaden, S. 19–42. ISBN: 978-3-531-16687-2.
- [Maranget, 2004] Luc Maranget (2004). »On using HEVEA, a fast L^AT_EX to HTML translator«. In: *Eutypon* 12, S. 23–42. ISSN: 1108-4170. URL: <http://www.eutypon.gr/eutypon/pdf/e2004-12/e12-a04.pdf> (besucht am 26. 06. 2015).
- [Matthes, 2011] Eva Matthes (2011). »Lehrmittel LehrmitteLehrmittel in Europa. Einleitung in das Thema«. In: *Bildung und Erziehung* Band 64. Hrsg. von Walter Georg u. a.
- [Matthes, Schütze u. a., 2013a] Eva Matthes, Sylvia Schütze und Werner Wiater, Hrsg. (2013a). *Digitale Bildungsmedien im Unterricht*. Bad Heilbrunn.
- [Matthes, Schütze u. a., 2013b] »Digitale Bildungsmedien in der Schule. Einleitung« (2013b). In: Hrsg. von Eva Matthes, Sylvia Schütze und Werner Wiater. Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt, S. 7–16. ISBN: 978-3-7815-1934-3.
- [Mayrberger, 2013] Kerstin Mayrberger (2013). »Digitale Bildungsmedien – eine kritische Sicht aus mediendidaktischer Perspektive auf aktuelle Entwicklungen«. In: Hrsg. von Eva Matthes, Sylvia Schütze und Werner Wiater. Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt, S. 26–41. ISBN: 978-3-7815-1934-3.
- [Meier, 2006] Rolf Meier (2006). *Praxis E-Learning. Grundlagen, Didaktik, Rahmenanalyse, Medienauswahl, Qualifizierungskonzept, Betreuungskonzept, Einführungsstrategie, Erfolgssicherung*. Forum : Personalmanagement. GABAL. ISBN: 9783897495951.
- [Meyer, 2004] Hilbert Lühr Meyer (2004). *Was ist guter Unterricht?* Berlin: Cornelsen Scriptor. ISBN: 358922047-3.
- [Moser, 2008] Heinz Moser (2008). *Einführung in die Netzdidaktik: Lehren und Lernen in der Wissensgesellschaft*. Zitiert nach [Babnik, Dorfinger, Meschede, Waba, Widmer und Mulley, 2013, S. 3]. Baltmannsweiler: Schneider-Verl. Hohengehren u.a. ISBN: 978-3-8340-0403-1.
- [MPFS, 2014] MPFS (2014). *JIM 2014: Jugend, Information, (Multi-)Media. Basisstudie zum Medienumgang 12- bis 19-Jähriger in Deutschland*. Forschungsbericht. MPFS – Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest. Stuttgart: mpfs. URL: http://www.mpfs.de/fileadmin/JIM-pdf14/JIM-Studie_2014.pdf (besucht am 20. 05. 2015).

- [MSW-NW, 2013] MSW-NW (2013). *Kernlehrplan Informatik für die gymnasiale Oberstufe*. MSW-NW – Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen. URL: <http://tny.im/6gTy3> (besucht am 23.02.2015).
- [MSW-NW, 2014a] — Hrsg. (2014a). *Zulassung von Lernmitteln*. MSW-NW – Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen. URL: <https://www.schulministerium.nrw.de/docs/Schulsystem/Medien/Lernmittel/Kontext/Zulassung.pdf> (besucht am 16.06.2015).
- [Müller u. a., 2011] Lucia Müller und Rudolf Kammerl (2011). »Das Hamburger Netbook-Projekt und dessen Evaluation durch die Universität Hamburg«. In: *DeLFI 2011: Die 9. e-Learning Fachtagung Informatik – Poster, Workshops, Kurzbeiträge*. Hrsg. von Steffen Friedrich, Andrea Kienle und Holger Rohland. Dresden: TUDpress.
- [Muschal u. a., 2013] Thomas Muschal, Andreas Wittke, Marc Vorreiter und Holger Hinrichs (2013). »Cloud Learning mit dem quelloffenen Autorensystem LOOP - Konzepte und Erfahrungen«. In: *Informatik 2013, 43. Jahrestagung der Gesellschaft für Informatik e.V. (GI), Informatik angepasst an Mensch, Organisation und Umwelt, 16.-20. September 2013, Koblenz*. Hrsg. von Matthias Horbach. Bd. 220. LNI. GI, S. 1339–1349. ISBN: 978-3-88579-614-5. URL: <http://subs.emis.de/LNI/Proceedings/Proceedings220/1339.pdf> (besucht am 25.06.2015).
- [Nauck, 2011] Bernhard Nauck (2011). »Kulturelles und soziales Kapital als Determinante des Bildungserfolgs bei Migranten?«. In: *Integration Durch Bildung – Bildungserwerb Von Jungen Migranten in Deutschland*. Hrsg. von Rolf Becker. 2012. Aufl. Berlin: Springer DE, S. 71–93. ISBN: 978-3-531-93232-3.
- [Neumann, 2012] Günther Neumann (2012). *Gestaltung von Arbeitsblättern für den Einsatz im Unterricht*. Landesbeauftragter für Computereinsatz im Deutschunterricht. URL: https://www.isb.bayern.de/download/11079/kurzhandreichung_gestaltung_von_arbeitsblaettern.pdf (besucht am 10.06.2015).
- [Niegemann, 2004] Helmut Niegemann (2004). *Kompodium E-Learning*. X.media.press. Berlin u.a.: Springer. ISBN: 978-3-642-62241-0.
- [Niegemann u. a., 2008] Helmut Niegemann, Steffi Domagk, Silvia Hessel, Alexandra Hein, Matthias Hupfer und Annett Zobel (2008). *Kompodium multimediales Lernen*. X.media.press / publishing. Springer. ISBN: 9783540372257.
- [Overwien, 2009] Bernd Overwien (2009). »Informelles Lernen. Definitionen und Forschungsansätze«. In: *Informelles Lernen und Bildung für eine nachhaltige Entwicklung: Beiträge aus Theorie und Praxis*. Hrsg. von Michael Brodowski. Schriftenreihe "Ökologie und Erziehungswissenschaft" der Kommission Bildung für eine nachhaltige Entwicklung der DGfE. Budrich. ISBN: 9783866492332.
- [Palfrey u. a., 2008] John Palfrey und Urs Gasser (2008). *Generation Internet. Die Digital Natives: Wie sie leben - Was sie denken - Wie sie arbeiten*. 1. Aufl. Hanser Wirtschaft. ISBN: 3446414843.
- [Peters, 2000] Klaus Peters (2000). »Veränderte Unterrichtswelten«. In: *Im Netz der Neuen Medien. Unterrichtswelten in Veränderung I*. Hrsg. von Karl Lehner und Josef Seiter. schulheft. Wien: Verein der Förderer der Schulhefte, S. 34–57. ISBN: 3-901655-19-0. URL: <http://www.schulheft.at/fileadmin/1PDF/112-1/schulheft-099.pdf> (besucht am 29.04.2015).
- [Petko, 2005] Dominik Petko (2005). »Das virtuelle Klassenbuch. Offener Unterricht und Elternmitarbeit mit Schülerinformationssystemen«. In: *Neue Schulpraxis*, S. 56–59. URL: http://www.sil-tagesschule.ch/wp-content/uploads/2012/07/Das-virtuelle-Klassenbuc1_6.pdf (besucht am 26.01.2015).

- [Petko, 2010] Dominik Petko (2010). »Lernplattformen, E-Learning und Blended Learning in Schulen. Ansätze für E-Learning und Blended Learning in Präsenzklassen«. In: *Lernplattformen in Schulen*. Hrsg. von Dominik Petko. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, S. 9–27. ISBN: 978-3-531-16718-3.
- [Rae u. a., 2012] Esther Rae und Bettina Zeidler (2012). *Praxisleitfaden Medienkompetenz für Lehrkräfte an Ganztagschulen. Mit Medienarbeit Schülerinnen und Schüler wirkungsvoll fördern – Beispiele aus einem Pilotprojekt an neun Ganztags Hauptschulen in NRW*. Hrsg. von Landesanstalt für Medien Nordrhein-Westfalen. ISBN: 978-3-940929-22-8. URL: http://lfmpublikationen.lfm-nrw.de/modules/pdf_download.php?products_id=288 (besucht am 08. 06. 2015).
- [Rauch, 2013] Jens Rauch (2013). »Wirkungsweise und Implementierung von Gamification«. Bachelorthesis. Department für Informatik – Carl von Ossietzky Universität Oldenburg. URL: https://www.uni-oldenburg.de/fileadmin/user_upload/f2inform-parsys/BA_Jens_Rauch_Gamification.pdf (besucht am 12. 02. 2015).
- [Rensing, 2013] Christoph Rensing (2013). »Standards für Lehr- und Lerntechnologien. Metadaten, Inhaltsformate und Beschreibung von Lernprozessen«. In: Hrsg. von Martin Ebner, Sandra Schön und Jennifer C. Frey. URL: <http://l3t.eu/homepage/das-buch/ebook-2013>.
- [Richter, 2013] Andrea Richter (2013). »Digitale Medien im Grundschulunterricht. Orientierungshilfen für ihre Nutzer«. In: Hrsg. von Eva Matthes, Sylvia Schütze und Werner Wiater. Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt, S. 191–203. ISBN: 978-3-7815-1934-3.
- [Salamon, 2013] Adrian Salamon (2013). »Urheberrecht als Unterrichtsgegenstand im Informatikunterricht«. Bachelorarbeit. Wuppertal: Fachgebiet Didaktik der Informatik – Bergische Universität. URL: <http://www.ham.nw.schule.de/pub/bscw.cgi/4958660> (besucht am 23. 06. 2015).
- [Sanguo u. a., 2012] Cheng Sanguo, Ma Xuehai und Lin Chenglin (2012). »The Pace of Ebook Development in China«. In: *Logos* 23.2, S. 14–20. ISSN: 0957-9656.
- [Schubert u. a., 2011] Sigrid Schubert und Andreas Schwill (2011). *Didaktik der Informatik*. 2. Aufl. Spektrum. ISBN: 978-3-8274-2652-9.
- [Schulmeister, 2002a] Rolf Schulmeister (2002a). *Grundlagen hypermedialer Lernsysteme. Theorie – Didaktik – Design*. 3. Aufl. München, Wien: Oldenbourg.
- [Schulmeister, 2002b] — (2002b). »Taxonomien der Interaktivität von Multimedia. Ein Beitrag zur aktuellen Metadaten-Diskussion«. In: *it+ti - Informationstechnik und Technische Informatik* 44.4. URL: <http://www.zhw.uni-hamburg.de/pdfs/interaktivitaet.pdf> (besucht am 20. 05. 2015).
- [Schulte u. a., 2011] Carsten Schulte und Maria Knobelsdorf (2011). »Medien nutzen, Medien gestalten. eine qualitative Analyse der Computernutzung«. In: *Schule in der digitalen Welt. Medienpädagogische Ansätze und Schulforschungsperspektiven*. Hrsg. von Carsten Albers, Johannes Magenheimer, Dorothee M. Meister, Uwe Sander und Johannes Fromme. Medienbildung und Gesellschaft. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften / Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, Wiesbaden, S. 97–115. ISBN: 978-3-531-16687-2.
- [Schwill, 1993] Andreas Schwill (1993). »Fundamentale Ideen der Informatik«. In: *ZDM* 25.1. ZDM – Zentralblatt für Didaktik der Mathematik, S. 20–31. ISSN: 0044-4103. URL: <http://www.informatikdidaktik.de/Forschung/Schriften/ZDM.pdf> (besucht am 08. 02. 2015).
- [Shapiro u. a., 2004] Amy Shapiro und Dale Niederhauser (2004). »Learning from hypertext: Research issues and findings«. In: *Handbook of research on educational communications and technology*.

- Hrsg. von David H. Jonassen. 2. Aufl. Mahwa, New Jersey: Lawrence Erlbaum, S. 605–620. URL: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.329.1236&rep=rep1&type=pdf> (besucht am 13. 02. 2015).
- [Skinner, 1958] B. F. Skinner (1958). »Teaching Machines«. In: *Science*. New Series 128.3330, S. 969–977. ISSN: 0036-8075. URL: <http://www.jstor.org/stable/1755240> (besucht am 19. 05. 2015).
- [Sohrabi, 2012] Parvaneh Sohrabi (2012). *Strategisches Lesen lernen für die Rezeption fremdsprachiger Hypertextstrukturen*. Tübinger Beiträge zur Linguistik. Narr. ISBN: 9783823367413.
- [Spannagel, 2014] Christian Spannagel (2014). »Flipped Classrooms: Raum für Interaktionen schaffen«. In: *Der vhsMOOC 2013. Wecke den Riesen auf*. Hrsg. von Eva Klotmann, Christoph Köck, Martin Lindner, Nina Oberländer, Joachim Sucker und Beatrice Winkler. Bielefeld: wbv, S. 41–42. URL: https://www.wbv.de/openaccess/stoeborn-a-bis-z/shop/detail/name/_/0/1/6004409w/nb/1.html#single-24010a4d11e3ad53 (besucht am 12. 01. 2015).
- [Spittank, 2012] Daniel Spittank (2012). »Auswahl und Gestaltung mobiler Informatiksysteme für den Einsatz im Informatikunterricht«. Erste Staatsarbeit für das Lehramt für Gymnasium, Gesamtschule – Informatik. Wuppertal: Fachgebiet Didaktik der Informatik – Bergische Universität. URL: <https://edu.spittank.net/downloads/mobile/examensarbeit.pdf> (besucht am 25. 06. 2015).
- [Spitzer, 2012] Manfred Spitzer (2012). *Digitale Demenz. Wie wir uns und unsere Kinder um den Verstand bringen*. 1. Aufl. München: Droemer eBook. ISBN: 978-3-426-41706-5.
- [Stein, 1977] Gerd Stein (1977). *Schulbuchwissen, Politik und Pädagogik - Untersuchungen zu einer praxisbezogenen und theoriegeleiteten Schulbuchforschung*. Zur Sache Schulbuch. Bd. 10. Düsseldorf: Henn. ISBN: 978-3-450-20908-7.
- [Stiller, 2008] Edwin Stiller (2008). »Unterrichtsentwicklung neu denken! Überlegungen aus salutogenetischer Perspektive«. In: Hrsg. von Gerold Brägger, Georg Israel und Norbert Posse. h.e.p- Verlag. URL: <https://www.iqesonline.net/download.cfm?id=d974921b-e0c6-b4e6-2305-4df115342ed0> (besucht am 09. 07. 2015).
- [Tanenbaum, 2003] Andrew S. Tanenbaum (2003). *Computernetzwerke*. 4. Aufl. Pearson Studium. ISBN: 978-3-8273-7046-4.
- [Tent u. a., 2010] Lothar Tent und Peter Birkel (2010). »Zensuren«. In: *Handwörterbuch pädagogische Psychologie*. Hrsg. von Detlef H. Rost. Weinheim: Beltz, S. 902–908. ISBN: 978-3-621-27690-0.
- [Thielsch, 2008] Meinald T. Thielsch (2008). *Jenseits von Usability: Website-Ästhetik*. URL: http://www.thielsch.org/download/UP08_Thielsch_2008.pdf (besucht am 11. 06. 2015).
- [Thielsch und Jaron, 2009] Meinald T. Thielsch und Rafael Jaron (2009). »Die dritte Dimension: Der Einfluss der Ästhetik auf die Bewertung von Websites«. In: *Planung & Analyse*. URL: <http://www.nordlight-research.com/index.php/component/phocadownload/category/3-forschungsmethoden-zum-thema-usability?download=5:die-3-dimension-zum-einfluss-der-aesthetik-auf-die-bewertung-von-websites-in-planung-analyse-02-09>. (besucht am 11. 06. 2015).
- [Tulodziecki, 2011] Gerhard Tulodziecki (2011). »Handeln und Lernen in einer von Medien mitgestalteten Welt. Konsequenzen für Erziehung und Bildung«. In: *Schule in der digitalen Welt. Medienpädagogische Ansätze und Schulforschungsperspektiven*. Hrsg. von Carsten Albers, Johannes Magenheimer, Dorothee M. Meister, Uwe Sander und Johannes Fromme. Medienbildung und Gesellschaft. Wies-

- baden: VS Verlag für Sozialwissenschaften / Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, Wiesbaden, S. 43–66. ISBN: 978-3-531-16687-2.
- [Vlaj, 2014] Gernot Vlaj (2014). *Das OER-Schulbuch. Machbarkeitsstudie zum Einsatz zur Umsetzung von Schulbüchern als freie Bildungsressource*. Hrsg. von Martn Ebner und Sandra Schön. ISBN: 9783735721518. URL: <http://o3r.eu> (besucht am 03. 04. 2015).
- [Wannemacher u. a., 2010] Klaus Wannemacher und Bernd Kleimann (2010). »Frühere Bundes- und Landesinitiativen zur Förderung von E-Learning an deutschen Hochschulen«. In: *Landesinitiativen für E-Learning an deutschen Hochschulen*. Hrsg. von Claudia Bremer, Marc Göcks, Paul Rühl und Jörg Stratmann. Bd. 57. Medien in der Wissenschaft. Waxmann, S. 13–27. ISBN: 978-3-8309-2393-0. URL: <http://www.waxmann.com/fileadmin/media/zusatztexte/2393Volltext.pdf> (besucht am 09. 07. 2015).
- [Wedenig, 2013] Hans Hellfried Wedenig (2013). »Netzbasierende Interaktionsfunktionen in digitalen Schulbüchern. Eine vergleichende Analyse des Angebotes in deutschen und ausgewählten internationalen Schulbüchern«. In: Hrsg. von Eva Matthes, Sylvia Schütze und Werner Wiater. Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt, S. 148–160. ISBN: 978-3-7815-1934-3.
- [Wessel, 2013] Katri Annika Wessel (2013). »Digitale Lehrmaterialien – effiziente Selbstläufer oder didaktische Herausforderung?« In: Hrsg. von Eva Matthes, Sylvia Schütze und Werner Wiater. Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt, S. 161–171. ISBN: 978-3-7815-1934-3.
- [Wiater, 2013] Werner Wiater (2013). »Schulbuch und digitale Medien«. In: Hrsg. von Eva Matthes, Sylvia Schütze und Werner Wiater. Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt, S. 17–25. ISBN: 978-3-7815-1934-3.
- [Wiegand, 2014] Dorothee Wiegand (2014). »Für das Leben lernen. Schulen auf dem Weg zum zeitgemäßen Computereinsatz«. In: *c't 14*, S. 100–105. URL: www.ct.de/1414100 (besucht am 14. 01. 2015).
- [Witt u. a., 2013] Claudia de Witt und Christina Gloerfeld (2013). *Mobile Learning – prozessbezogenes Informieren und Lernen in wechselnden Arbeitsumgebungen*. Abschlussbericht. URL: <http://mlearning.fernuni-hagen.de/wp-content/uploads/2013/06/1-BMBF-Fkz01PF07039A.pdf> (besucht am 25. 06. 2015).

Onlinequellen

- [Bernsen, 2015a] Daniel Bernsen (2015a). *OER als offenes Tor für Lobbyismus?* URL: <https://geschichtsunterricht.wordpress.com/2015/01/15/oer-als-offenes-tor-fur-lobbyismus/> (besucht am 18. 06. 2015).
- [Bernsen, 2015b] — (2015b). *Open Educational Resources – nur ein Buch 2.0?* URL: <https://geschichtsunterricht.wordpress.com/2015/01/29/open-educational-resources-nur-ein-buch-2-0/> (besucht am 31. 01. 2015).
- [BMJV, 2011] BMJV (2011). *Barrierefreie-Informationstechnik-Verordnung*. Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz. URL: http://www.gesetze-im-internet.de/bitv_2_0/BJNR184300011.html (besucht am 13. 02. 2015).
- [Breuer, 2011] Markus Breuer (2011). *Was ist Gamification?* URL: <http://intelligent-gamification.de/2011/05/11/was-ist-gamification/> (besucht am 12. 02. 2015).

- [Cenker, 2012] Christian Cenker (2012). *KMB-PR Praktikum aus Knowledge Management im Bildungsbereich*. Universität Wien. URL: https://cewebs.cs.univie.ac.at/mid-kmb/ss12/index.php?m=D&t=wikis&c=show&CEWebS_c=a0826037 (besucht am 30. 06. 2015).
- [Clark, 2010] Donald Clark (2010). *Understanding and Performance*. URL: <http://nwlink.com/~donclark/performance/understanding.html> (besucht am 30. 06. 2015).
- [Code.org, 2015] Code.org (2015). *Programmiere mit Anna und Elsa*. Bildschirmfoto. URL: <https://studio.code.org/s/frozen/stage/1/puzzle/6> (besucht am 11. 06. 2015).
- [Deutsche Bildungsserver, 2015] Deutsche Bildungsserver (2015). *Datenaustausch zwischen den deutschen Bildungsservern. Elaborated Lists in XML for Internet Educational Resources*. Stand: 12. 11. 2014. URL: <http://www.bildungsserver.de/elixier/elixier.pdf> (besucht am 22. 06. 2015).
- [Esken, 2015] Saskia Esken (2015). »Bildungssystem muss fit für Digitalisierung werden!« In: *Der Tagesspiegel*. URL: <http://www.tagesspiegel.de/politik/deutschland-ist-schlusslicht-bei-medienunterricht-bildungssystem-muss-fit-fuer-digitalisierung-werden/11689414.html> (besucht am 18. 05. 2015).
- [e-teaching.org, 2015] e-teaching.org (2015). *Seitenlänge: Scrollen oder Klicken?* URL: <https://www.e-teaching.org/didaktik/gestaltung/screendesign/sroll/> (besucht am 15. 06. 2015).
- [ETH Zürich, 2009] ETH Zürich (2009). »Interaktive TeX-Weblikationen«. In: URL: <http://www.lemuren.math.ethz.ch/projects/texweb> (besucht am 26. 05. 2015).
- [Etherpad, 2015] Etherpad (2015). *Etherpad: Really real-time collaborative document editing*. GitHub. URL: <https://github.com/ether/etherpad-lite> (besucht am 22. 06. 2015).
- [Europa-Lehrmittel.de, 2015] Europa-Lehrmittel.de (2015). *Digitale Schulbücher von Europa*. URL: www.europa-lehrmittel.de/digital (besucht am 31. 03. 2015).
- [Graham, 2015] Scott Graham (2015). *Skulpt. Python. Client side*. URL: <http://www.skulpt.org/> (besucht am 26. 06. 2015).
- [Hollander, 2012] Justin B. Hollander (2012). »Long Live Paper«. In: *The New York Times*. URL: <http://www.nytimes.com/2012/10/10/opinion/long-live-paper.html> (besucht am 06. 04. 2015).
- [Karlsen, 2015] Tor-Martin Karlsen (2015). *About NDLA*. Hrsg. von Kirsti Slettevoll. Norwegian Digital Learning Arena. URL: <http://om.ndla.no/about-ndla> (besucht am 10. 04. 2015).
- [KERIS, 2012] KERIS (2012). *Digital Textbook*. Korean Education & Research Information Service. URL: www.dtbook.kr/renew/english/sub/dt_book_introduce.htm (besucht am 17. 04. 2013).
- [Kossel, 2015] Alex Kossel (2015). »Datenschutzbeauftragter: Schülern fehlt Medienkompetenz«. In: *heise.de*. URL: <http://heise.de/-2543695> (besucht am 09. 02. 2015).
- [LOOP, 2014] LOOP (2014). *LOOP-Learning Object Online Platform*. URL: <http://loop.oncampus.de/loop/LOOP> (besucht am 25. 06. 2015).
- [Lynch, 2014] Dan Lynch (2014). *LaTeX2HTML5. Author interactive math equations and diagrams online using L^AT_EX and PSTricks*. URL: <http://latex2html5.com/> (besucht am 26. 06. 2015).
- [Metz, 2013] Berthold Metz (2013). »Datenschutz in der Schule nach PRISM. Wie Ministerien und Schulämter reagieren müssen«. In: *Lehrerfreund.de*. URL: <http://www.lehrerfreund.de/schule/1s/schule-datenschutz-prism/4406> (besucht am 02. 06. 2015).
- [MSW NRW, 2011] MSW NRW, Hrsg. (2011). *Beruf mit Perspektive. Die Lehrerausbildung Nordrhein-Westfalen im Überblick*. MSW NRW – Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes

- Nordrhein-Westfalen. URL: <https://broschueren.nordrheinwestfalendirekt.de/herunterladen/der/datei/1916-msw-neue-lehrerausbildung-a5-v6-druck-pdf-1/von/beruf-mit-perspektive-die-lehrerausbildung-nordrhein-westfalen-im-ueberblick/vom/msw/937%7D> (besucht am 08. 06. 2015).
- [MSW NRW, 2015a] MSW NRW, Hrsg. (2015a). *Datenschutz im Schulbereich*. MSW NRW – Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen. URL: https://www.schulministerium.nrw.de/docs/Recht/Schulrecht/Verordnungen/Kontext/Datenschutz/index.html#A_1 (besucht am 10. 07. 2015).
- [MSW NRW, 2015b] — Hrsg. (2015b). *Zentralabitur NRW – Informatik*. MSW NRW – Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen. URL: <https://www.standardsicherung.schulministerium.nrw.de/abitur-gost/fach.php?fach=15> (besucht am 08. 06. 2015).
- [MSW-NW, 2014b] MSW-NW, Hrsg. (2014b). *Zulassung von Lernmitteln in NRW*. MSW-NW – Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen. URL: <https://www.schulministerium.nrw.de/docs/Schulsystem/Medien/Lernmittel/index.html> (besucht am 16. 06. 2015).
- [Panoz, 2012] Jiminy Panoz (2012). *eBook & Typographie*. URL: <http://jiminy.chapalpanoz.com/ebook-typographie/> (besucht am 10. 07. 2015).
- [Pieper u. a., 2015] Johannes Pieper, Johannes Kuhaupt, Ludger Humbert, André Hilbig, Adrian Salamon und Daniel Spittank (2015). *LaTeX-Klassen und Pakete für den Einsatz im Bereich der Schule*. URL: <http://ctan.org/pkg/schule> (besucht am 19. 05. 2015).
- [Pilz, 2014] Thomas Pilz (2014). *Deutsche Schulen hinter dem eMond*. Interview. Interview von Sandra Stalinski. URL: <http://www.tagesschau.de/inland/e-learning-interview-101.html> (besucht am 16. 01. 2015).
- [Rüsberg, 2015] Kai Rüsberg (2015). »Das Verbot wird verboten. Smartphones an Schulen«. In: *Deutschlandfunk*. URL: http://www.deutschlandfunk.de/smartphones-an-schulen-das-verbot-wird-verboten.680.de.html?dram:article_id=311475 (besucht am 22. 06. 2015).
- [RWTH Aachen, 2006] RWTH Aachen (2006). *Grundlagen des eLearning (Diplom/M.Sc. Informatik)*. URL: <http://learntech.rwth-aachen.de/eLearning> (besucht am 03. 06. 2015).
- [RWTH Aachen, 2012] — (2012). *i9 Course Guide*. URL: <http://learntech.rwth-aachen.de/CourseGuide> (besucht am 04. 05. 2015).
- [Siemens, 2005a] George Siemens (2005a). *Connectivism: A Learning Theory for the Digital Age*. URL: http://www.itdl.org/Journal/Jan_05/article01.htm (besucht am 29. 04. 2015).
- [Siemens, 2005b] — (2005b). *Connectivism: Learning as Network-Creation*. URL: <http://www.elearnspace.org/Articles/networks.htm> (besucht am 30. 06. 2015).
- [Sixtus, 2014] Mario Sixtus (2014). *Das Phantom namens eBook*. URL: <http://sixtus.net/das-phantom-ebook/> (besucht am 01. 04. 2015).
- [Spannagel, 2015] Christian Spannagel (2015). *Flipped Classroom und Wirksamkeitsstudien*. Video. URL: https://www.youtube.com/watch?t=195&v=FJ_3-R5zVII (besucht am 30. 06. 2015).
- [Statista GmbH, 2015] Statista GmbH (2015). *Anzahl der voll- und teilzeitbeschäftigten sowie stundenweise beschäftigten Lehrkräfte an allgemeinbildenden Schulen in Deutschland im Schuljahr 2013/2014 nach Schulart*. URL: <http://de.statista.com/statistik/daten/studie/162263/umfrage/anzahl-der-lehrkraefte-nach-schularten/> (besucht am 18. 06. 2015).

- [Stiftung Wartentest, 2007] Stiftung Wartentest (2007). *Schulbücher: Schlechtes Zeugnis*. Berlin. URL: <https://www.test.de/Schulbuecher-Schlechtes-Zeugnis-1577822-0/> (besucht am 12. 01. 2015).
- [VBM Service GmbH, 2015] VBM Service GmbH (2015). *Auf welchen Geräten/Plattformen kann ich »Digitale Schulbücher« nutzen?* Hrsg. von Verband Bildungsmedien e.V. URL: http://digitale-schulbuecher.de/faq_questions/auf-welchen-geraetenplattformen-kann-ich-digitale-schulbuecher-nutzen/ (besucht am 16. 06. 2015).
- [Veritas, 2015] Veritas (2015). *Ein Schulbuch entsteht*. Hrsg. von VERITAS Verlags- und Handelsges.m.b.H. & Co. OG. URL: <http://www.veritas.at/about/schulbuch> (besucht am 12. 01. 2015).
- [Wikipedia, 2015a] Wikipedia (2015a). *Abspaltung (Softwareentwicklung)*. URL: [https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Abspaltung_\(Softwareentwicklung\)&oldid=141834426](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Abspaltung_(Softwareentwicklung)&oldid=141834426) (besucht am 23. 06. 2015).
- [Wikipedia, 2015b] — (2015b). *Mathematical Markup Language*. URL: https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Mathematical_Markup_Language&oldid=143027485 (besucht am 26. 06. 2015).
- [Wikipedia, 2015c] — (2015c). *Neue Medien — Wikipedia, Die freie Enzyklopädie*. URL: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Neue_Medien&oldid=140559952 (besucht am 29. 04. 2015).
- [Wimmer, 2013] Barbara Wimmer (2013). *Smarte Schule: »Schulbücher vermisst keiner«*. Hrsg. von FUTURZONE.at. URL: <http://futurezone.at/digital-life/smarte-schule-schulbuecher-vermisst-keiner/24.595.335> (besucht am 30. 03. 2015).
- [Wittke, 2015] Andreas Wittke (2015). *Prof. Eickelmann: »Informatik als Grundlagenfach in den Schulen ist längst überfällig«*. Statement auf dem Kongress der CDU/CSU-Fraktion im Deutschen Bundestag: Bildung 2.0 – Digitale Bildung neu denken – Teil 1 Video: <http://is.gd/84e1fU> 1:10:26–1:10:39. URL: <http://tny.im/9wkdS> (besucht am 02. 07. 2015).
- [ZfsL NRW, 2015] ZfsL NRW (2015). *Die sechs Bereiche medienpädagogischer Kompetenz*. Zentren für schulpraktische Lehrerbildung des Landes Nordrhein-Westfalen. URL: http://www.zfsl.nrw.de/Konzepte/Portfolio_Medien_Lehrerbildung/medienpaedagogische_Kompetenz/ (besucht am 08. 06. 2015).

Abbildungsverzeichnis

1.1	Stufen des Blended Learning nach [Petko, 2010, S. 14].	8
1.2	Illustration digitaler Autorenwerkzeuge nach [Lorenz u. a., 2011, S. 5].	11
2.1	Aspekte der Gestaltung von E-Learning und Blended Learning nach [Petko, 2010, S. 15].	21
2.2	Zusammenhänge zwischen Daten – Information – Wissen. Bearbeitet und gekürzt nach [Clark, 2010] und [Cenker, 2012].	29
2.3	Module im Informatikstudium (Bachelor, Master, Diplom) und dem Lehramtstudiengang Informatik für Gymnasium und Gesamtschulen an der RWTH Aachen. Übernommen und übersetzt von [RWTH Aachen, 2012].	31
3.1	Taxonomie von Interaktivitätsstufen nach [Hielscher, 2012, S. 12] und [Schulmeister, 2002b].	41
3.2	Taxonomie von Interaktivitätsstufen für E-Learning im Informatikunterricht. Angepasst vom Autor nach [Hielscher, 2012, S. 12] und [Schulmeister, 2002b].	42
3.3	Die Eiskunstläuferin tanzt den rechts eingegebenen Algorithmus nach. Bearbeitetes Bildschirmfoto von [Code.org, 2015].	43
3.4	Übersicht zu digitalen Mehrwerten in der didaktischen Konzipierung von E-Learning. . .	45
4.1	“Nutzerrollen und zugehörige Aufgabenfelder” nach [Hielscher, 2012, p. 46], angepasst und erweitert.	65

Tabellenverzeichnis

2.1	Kompetenzkatalog für Lehrkräfte für digitale Medien und E-Learning.	35
3.1	Übersicht über kostenlose Materialsammlungen der Informatik und ihrer Lizenzen. . . .	53
4.1	Übersicht zu \LaTeX -zu-HTML-Konvertern. Stand: 26. Juni 2015.	70

Lizenz



»Digitales Unterrichtsmaterial im E-Learning« ist lizenziert unter einer Creative Commons Namensnennung – Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0 International Lizenz.

BibTeX-Eintrag für diese Arbeit:

```
@mastersthesis{Salamon2015,  
  title      = {Digitales Unterrichtsmaterial im E-Learning},  
  subtitle   = {Konzeption aus informatikfachdidaktischer Perspektive},  
  author     = {Adrian Salamon},  
  year       = {2015},  
  institution = {{Fachgebiet Didaktik der Informatik -- Bergische Universit\"{a}t}},  
  note       = {Master-Thesis},  
  date       = {2015-07-12},  
}
```



BibTeX-Code für QR-Scanner