

Die Digitalisierung der Lehre und des Lernens als Forschungsgegenstand der TU Darmstadt

Dr. Ing. Christoph Rensing *
Prof. Dr.-Ing. Ralf Steinmetz **

* Technische Universität Darmstadt, Fachgebiet Multimedia Kommunikation, christoph.rensing@kom.tu-darmstadt.de

** Technische Universität Darmstadt, Fachgebiet Multimedia Kommunikation, ralf.steinmetz@kom.tu-darmstadt.de

Inhalt: Digitales Lehren und Lernen nimmt an der TU Darmstadt einen hohen Stellenwert ein. Dieser Beitrag gibt einen umfassenden Überblick über die Forschungsarbeiten der letzten zwei Jahrzehnte zum Thema Digitalisierung von Lehre und Lernen an der TU. Einleitend wird das Umfeld für diese Forschungsarbeiten an der TU skizziert. Abschließend werden kurz- und langfristige Perspektiven aufgezeigt.

Stichworte: E-Learning, Forschung, Digitalisierung der Lehre, TU Darmstadt

1 Einleitung

¹Die Technische Universität Darmstadt verfolgt seit 2001 nicht nur dezentral in den Fachbereichen und Instituten, sondern auch zentral signifikante Anstrengungen, Infrastrukturen und Beratungsangebote zur Digitalisierung von Lehre und Lernen zu schaffen. Diese Aktivitäten mündeten 2003 in der Formulierung der Vision der „Dual Mode TUD“ [1]. Ein weiterer Hinweis ist, dass die TU Darmstadt 2004 als erste deutsche Universität einen Preis für E-Learning bzw. E-Teaching zusammen mit der Carlo und Karin Giersch-Stiftung etablierte. Seitdem werden jährlich herausragende Beispiele für den Einsatz digitaler Medien in der Lehre mit dem „Best E-Teaching Award“² ausgezeichnet. Inzwischen hat der Einsatz digitaler Medien und Infrastrukturen in der Lehre der TU Darmstadt in allen Fachbereichen eine hohe Durchdringung erfahren.

Digitales Lehren und Lernen sind aber an der TU Darmstadt ebenso lange Gegenstand interdisziplinärerer Forschung. Dies drückte sich u.a. darin aus, dass das Präsidium schon im Jahre 2006 einen „Profilbildenden Entwicklungsschwerpunkt E-Learning“ einrichtete. Zwischen 2006 und 2009 waren viele E-Learning Forschungsaktivitäten im DFG Graduiertenkolleg 1223 „Qualitätsverbesserung im E-Learning durch rückgekoppelte Prozesse“ gebündelt. Auch nach Auslaufen dieser verbindenden Maßnahmen erfolgten weiterhin vielfältige Forschungsarbeiten. Ausdruck der verschiedenen Forschungsanstrengungen im E-Learning war – neben verschiedenen internen Veranstaltungen – die Ausrichtung von drei wissenschaftliche Tagungen, der 4. e-Learning Fachtagung Informatik der Gesellschaft für Informatik (DeLFI) im Jahre 2006, der 16th ACM Annual Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education (ITiCSE) im Jahre 2011 und des Jungen Forums Medien und Hochschullehre (JFMH) im Jahre 2016. Wie umfangreich und vielfältig die Forschungsaktivitäten an der TU Darmstadt weiterhin sind, wurde deutlich an einem vom Forum Interdisziplinäre Forschung (FIF) der TU Darmstadt im Juni 2017 ausgerichtetem Workshop „Lernen in der Digitalisierung – Veränderungen verstehen und gestalten“. Der vorliegende Beitrag verfolgt das Ziel, die verschiedenen Forschungsarbeiten zur Digitalisierung von Lehre und Lernen an der TU Darmstadt zusammenzufassen, zu klassifizieren und Perspektiven für die nächsten Jahre aufzuzeigen.

2 E-Learning Forschungsfelder an der Technischen Universität Darmstadt

Der Begriff „E-Learning“ hat sich Ende des vorherigen Jahrhunderts etabliert. Im Jahre 2002 gründete sich beispielsweise die Fachgruppe E-Learning der Gesellschaft für Informatik³ und im gleichen Jahr wurde in [2] die Bedeutung des E-Learning für die Hochschulen diskutiert. Schon einige Jahre früher erfolgte an der TU Darmstadt Forschung zu digitalem Lehren und Lernen.

2.1 Überblick

Versucht man die vielfältige E-Learning Forschung an der TU Darmstadt seit der Jahrtausendwende zu klassifizieren, so lassen sich drei grundlegende Bereiche erkennen, siehe Abbildung 1. Ausgangspunkt für die Forschung war und ist oftmals die eigene Hochschullehre. So finden sich im ersten Bereich „Lernen in der Vorlesung“ verschiedene, zumeist in den Jahren 2002 bis 2009 durchgeführte Arbeiten zur Nutzung digitaler Technologien in der Präsenzvorlesung im Hörsaal selbst oder zur Bereitstellung von Werkzeugen, mittels derer digital verfügbare Vorlesungsmaterialien annotiert werden können. Erneut betrachtet wurde die Umgestaltung der Vorlesung unter Verwendung digitaler Medien in den letzten Jahren unter dem Begriff „umgedrehte Vorlesung“ (Flipped Classroom).

¹ Im folgenden Text werden anstelle der Doppelbezeichnungen die Personen- und Funktionsbezeichnungen in männlicher Form verwendet, stehen aber jeweils für die weibliche und männliche Form.

² https://www.e-learning.tu-darmstadt.de/eteaching_award/index.de.jsp

³ <https://fg-elearning.gi.de/>

Ein zweites umfangreiches Feld ist „Multimediales Lernen“. Die digitale Aufbereitung von Lerninhalten erlaubt eine räumliche und zeitliche Flexibilisierung des Lernens. Multimedia bietet zudem Potenziale, die Motivation, das Verstehen, das Behalten und den Transfer des Wissens zu befördern. Diese Vorteile werden verstärkt in Forschungsarbeiten zur Visualisierung und Animation betrachtet, aber auch in fachdisziplinären Projekten wie beispielsweise den Sportwissenschaften. Daneben finden sich in diesem Bereich Forschungsarbeiten zur Erstellung und Wiederverwendung von multimedialen Objekten. Die Relevanz dieses Feldes ergibt sich daraus, dass deren Erstellung sehr aufwändig ist. Ein weiterer, seit ca. 2010 in den Betrachtungsfokus gerückter Teilbereich ist das spielerische Lernen.

Der dritte große Bereich, in dem E-Learning Forschung an der TU Darmstadt erfolgt und erfolgte, behandelt Fragestellung kollaborativen Lernens und hier insbesondere der Realisierung von Feedback als ein wesentliches Element von Lernprozessen. In diesem Bereich ist ein Wandel von einer Fokussierung auf die spezifische Gestaltung von Lernanwendungen hin zu einer Analyse der Verwendung bestehender Anwendungen zu erkennen.

Charakteristisch für die E-Learning Forschung an der TU Darmstadt ist zudem, dass sie seit Anbeginn von drei Gruppen getragen wird: Das ist einerseits die Informatik, die neue Lern- und Bildungstechnologien oder Methoden zur Erweiterung bestehender Lerntechnologien entwickelt. Andererseits sind es die Humanwissenschaften – und hier insbesondere die Pädagogik und Psychologie –, welche die Formen und Auswirkungen der Technologienutzung untersuchen. Die dritte Gruppe sind die verschiedenen Fachdisziplinen als Anwender der Methoden und Technologien. In Abbildung 1 ist dargestellt aus welchen dieser Gruppen die nachfolgend beschriebenen Forschungsarbeiten primär vorangetrieben wurden. Dies stellt eine Vereinfachung dar, erfolgte doch in den meisten Fällen eine interdisziplinäre Zusammenarbeit.

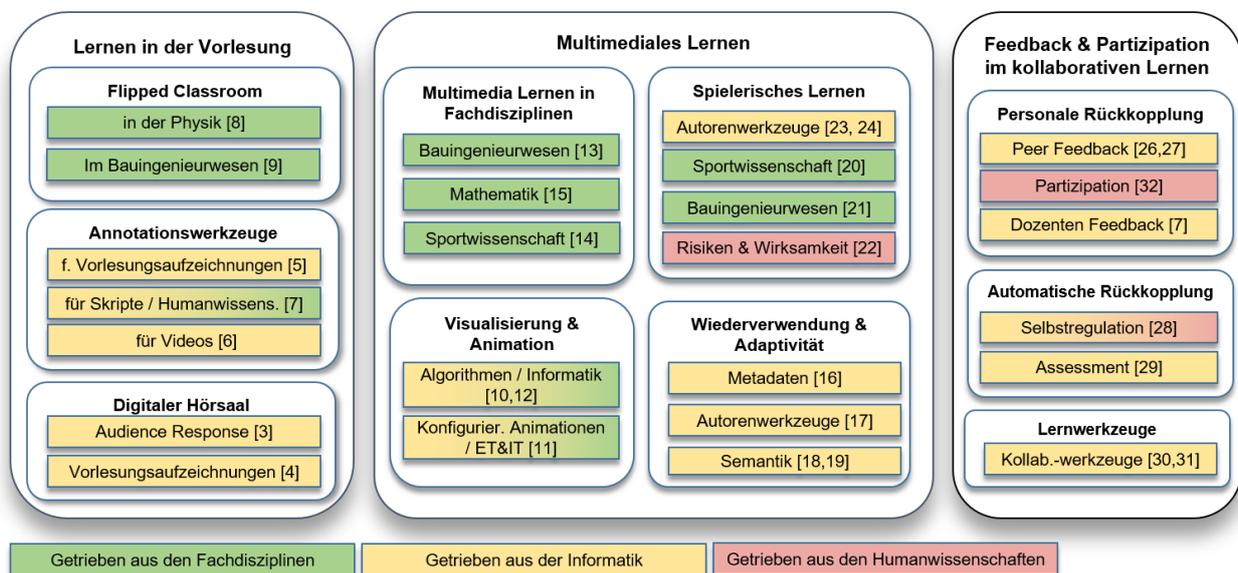


Bild 1: Überblick über die Forschungsarbeiten an der TU Darmstadt

2.2 Anreicherung von Vorlesungen

Die Vorlesung ist auch heute noch die zentrale Veranstaltungsform an Hochschulen. Sie weist aber gegenüber anderen Veranstaltungsformen häufig auch Nachteile auf. Diese Nachteile sind oftmals Ausgangspunkt für Forschungsarbeiten. Um die – gerade in Vorlesungen mit großen Teilnehmerzahlen – eingeschränkte Interaktivität zwischen Dozenten und Studierenden anzuregen und um die oftmals vorhandene Passivität der Studierenden zu durchbrechen, können sogenannte Audience Response Systeme eingesetzt werden. Bereits 2005 wurden an der TU Darmstadt erste Formen solcher Systeme entwickelt und erprobt [3]. Diese ermöglichten es den Studierenden, bereits digital Feedback zu geben, z.B. zum eigenen Verständnis oder zur Vorlesungsgeschwindigkeit, und von den Dozenten gestellte Quizfragen digital zu beantworten. So werden die Studierenden in der Vorlesung aktiviert und die Dozierenden erhalten umfangreichere Rückmeldung zur ihrer Lehre, die als Ausgangspunkt für Verbesserungen dienen können. Auch Systeme zur Aufzeichnung von Präsentationen im Hörsaal und deren Bereitstellung als Video [4], zur individuellen Annotation der Aufzeichnung durch Studierende [5] sowie zur kollaborativen Videoannotation [6] wurden an der TU Darmstadt entwickelt.

Das an der TU entworfene und erprobte interaktive Skript [7] stellt ein Zusatzangebot zur Vorlesung und deren Aufzeichnung dar. Im Gegensatz zum herkömmlichen Skript erlaubt es die diskursive Online-Arbeit am Text. Ausgangspunkt dafür ist die Möglichkeit, individuell und in digitaler Form Annotationen mit Symbolen wie Fragezeichen und Lesezeichen zu erstellen, aber auch schriftliche Anmerkungen zu einem Abschnitt des Skripts zu erfassen. Annotationen und Anmerkungen können mit der Lerngruppe und dem Dozenten geteilt werden. Damit ergeben sich neue Möglichkeiten der Kollaboration und des Feedbacks.

Die Möglichkeit der digitalen Aufzeichnung von Vorträgen und deren Bereitstellung über das Internet sowie die Nutzung zusätzlicher Lernmaterialien bildeten den Ausgangspunkt für die sogenannte „umgekehrte Vorlesung“ (engl. inverted

oder flipped classroom). Im Flipped Classroom Konzept erfolgt die Wissensvermittlung primär online unter Nutzung digitaler Angebote, häufig von Vortragsaufzeichnungen. Die Präsenzveranstaltung dient dann der Vertiefung und Anwendung des Wissens. Die Umsetzung dieser Lehrform erfolgt in ersten Lehrveranstaltungen auch an der TU Darmstadt. So wurden 2017 Prof. Jörg Lange und Dr. Felicitas Rädels für ihr Flipped Classroom Konzept mit dem Best E-Teaching Award ausgezeichnet. Die Umsetzung des Konzeptes ist aber auch Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchungen am Beispiel von Serviceveranstaltungen [8] und Spezialisierungsveranstaltungen im Masterstudium [9] an der TU Darmstadt. Die durchgeführten Evaluationen deuten unter anderem an, dass sich Flipped Classroom Konzepte positiv auf das konzeptuelle Verstehen auswirken können und hohe Akzeptanz der Studierenden finden können.

2.3 Multimediales Lernen

Die digitale Aufbereitung und Bereitstellung von Lerninhalten bietet den großen Vorteil der Nutzung unabhängig von Raum und Zeit. Beim Einsatz multimedialer Elemente, wie Animationen oder Videos, zeigen sich weitere Potenziale im Vergleich zum Skript oder Lehrbuch. Diese Potenziale – durch eine umfassende Erstellung und Nutzung digitaler Lehr- und Lernmaterialien – aufzuzeigen, war ab 2001 Zielsetzung der BMBF Förderlinie „Neue Medien in der Bildung“. Forschende und Lehrende der TU Darmstadt beteiligten sich intensiv an diesem und nachfolgenden Förderprogrammen des Bundes und des Landes Hessen. Dabei lassen sich vier Betätigungsschwerpunkte an der TU erkennen:

Visualisierungen. Visualisierungen und Animationen bieten die Möglichkeit, komplexe Abläufe anschaulich darzustellen und somit Verstehensprozesse zu befördern. Die gilt beispielhaft für die Visualisierung von Algorithmen. Bereits seit 2000 erfolgte an der TU eine Beschäftigung mit Algorithmenanimationen. Das primäre Forschungsinteresse lag dabei auf der Gestaltung von Technologien zur Erstellung solcher Visualisierungen bzw. Animationen. In [10] wird ein Ansatz basierend auf Java in Form von Applets realisiert. Die Konfigurierbarkeit der Animationen ist in [11] und [12] wichtige Zielsetzung. Damit soll ermöglicht werden, dass einmal erstellte Animationen durch Parametrisierung angepasst und damit mehrfach durch einen Lernenden genutzt werden können.

Erprobung in Fachwissenschaften. Die Nutzung digitaler Lernmaterialien für ein ergänzendes Selbststudium wurde an der TU Darmstadt neben den bereits genannten Beispielen aus der Informatik und Informationstechnik auch in verschiedenen anderen Disziplinen untersucht. Beispielsweise wurde im Projekt Wibanet ein umfassendes multimediales Informationsportal für die Inhalte des Faches „Werkstoffe im Bauwesen“ geschaffen [13]. Bestandteil dieses Portals sind wiederum verschiedene Animationen. In den Sportwissenschaften lag ein der Schwerpunkt auf der Erstellung umfassenderer zusammenhängender Kurse zum Selbststudium der Studierenden [14]. Hier spielen neben Animationen annotierte Videos zur Veranschaulichung von Bewegungsabläufen eine große Rolle. In den Sportwissenschaften erfolgte eine umfangreiche Kooperation mit den anderen hessischen Universitäten. Ein überaus umfassendes Angebot von Lernmaterialien wurde in der Mathematik geschaffen. Diese digitalen Lernmaterialien werden in Brückenkursen für Studienanfänger bis heute erfolgreich verwendet [15].

Wiederverwendung und Adaptivität. Die Erstellung von digitalen Selbstlernmaterialien, insbesondere von multimedialen Elementen, ist überaus aufwändig. Daher wurde an der TU Darmstadt frühzeitig an Methoden geforscht, eine Wiederverwendung einmalig erstellter Elemente zu ermöglichen. Zu diesem Zweck wurden beispielsweise Repositorien entwickelt und digitale Lernressourcen mit Metadaten beschrieben [16][17]. Diese Idee findet heute in Form von Open Educational Resources neues Gehör. Um auch Lehrenden an Hochschulen, die in der Regel Fachexperten ohne Multimedia-Know-how sind, die Entwicklung von digitalen Lernmaterialien zu ermöglichen, arbeiteten Forscher der TU zudem an einfachen Autorenwerkzeugen. Das Web-basierte Autorenwerkzeug docendo erfüllt diese Anforderung und befördert zudem eine Wiederverwendung von einzelnen Assets [17]. Eine Form automatischer Wiederverwendung von Elementen eines umfassenden Kurses wurde mittels einer adaptiven Zusammensetzung der Elemente zu individuellen Kursen realisiert [18][19]. Dazu müssen die einzelnen Elemente nicht nur inhaltlich, sondern auch semantisch beschrieben und durch semantische Relationen in Beziehung zueinander gesetzt werden. Die adaptiv zusammengesetzten Kurse berücksichtigen die unterschiedlichen Zielgruppen und unterschiedlichen Lernstilpräferenzen der Nutzer.

Spielerisches Lernen. Eine besondere Form multimedialen Lernens stellt das spielerische Lernen dar. Im spielerischen Lernen findet Lernen während des Spielens oder in spielerischer Form statt. Lernaspekte werden dazu in eine digitale Spielumgebung integriert. Häufig nimmt der Lernende im Spiel eine Rolle ein, beispielsweise die eines Sportlehrers [20] oder einer Rettungskraft [21]. Im Spiel existiert dann eine digitale Repräsentation des Lernenden und diese Repräsentation muss Aufgaben bewältigen. Durch die Nutzung spielerischer Elemente lassen sich einerseits die Lernmotivation steigern und andererseits lässt sich erworbenes Wissen unmittelbarer anwenden. Dieser Nutzen, aber auch mögliche Risiken spielerischen Lernens [22], wurden an der TU untersucht. Ein weiterer Forschungsschwerpunkt sind auch in diesem Bereich Autorenwerkzeuge und Adaptionsmechanismen. Innovative Werkzeuge zur Erstellung von Serious Games, zu denen auch Lernspiele zählen, werden in [23][24] vorgestellt, Konzepte zur automatischen Adaptation und Personalisierung von Spielen in [25].

2.4 Feedback und Partizipation

Feedback, mittels dessen der Lernende Rückmeldung über seinen Lernprozess bekommen kann, ist ein zentrales Element von Lernprozessen. Mittels Feedback bekommt der Lernende Hilfestellung innerhalb des Lernprozesses und es lässt sich häufig die Motivation und damit letztendlich die Qualität des Lernprozesses steigern. Feedback kann zudem bei der persönlichen Reflektion des individuellen Lernprozesses unterstützen. An der TU Darmstadt war Feedback zur

Verbesserung der Qualität im E-Learning Gegenstand des gleichnamigen DFG Graduiertenkollegs (2006 bis 2009), aber auch verschiedener individueller Forschungsarbeiten. Feedback muss nicht zwingend durch einen Lehrenden, sondern kann auch durch andere Mitglieder der Lerngruppe erfolgen. Verschiedene Formen dieses Peer-Feedbacks wurden in Forschungsarbeiten entwickelt und erprobt. Ein erstes Beispiel ist die Erstellung von Wiki-Artikeln durch Studierende im Bauingenieurwesen und der Rückmeldung zu den Artikeln durch anderer Studierende [26]. Ein zweites, sehr komplexes Beispiel erlaubt Feedback zur Korrektheit von Rechenwegen und Lösungen in der Mathematik in der Schule [27].

Neben dem Feedback durch den Dozenten oder den Peer-Lernenden wird an der TU aber auch an Verfahren zur automatisch Generierung von Feedback gearbeitet. Ein Beispiel hierfür ist eine statistische Auswertung des Lernverhaltens in einer kollaborativen Lernumgebung zur Unterstützung der Selbstregulation [28]. Wird durch die Auswertung ein Verhalten detektiert, welches nicht zielführend erscheint, werden die Lernenden durch sogenannte Prompts geführt. Verfahren des Natural Language Processing werden zur automatische Bewertung von Posts in Diskussionsforen in [29] verwendet.

Kollaboratives Lernen war bereits sehr früh Gegenstand der Forschung an der TU Darmstadt. Beispielsweise wurden in [30] Erweiterungen zu Chats in Form von Referenzen zwischen Chatbeiträgen entwickelt oder in [31] ein Tool für den Wissensaustausch in Gruppen bzw. kollaborative Wissenskonstruktion vorgestellt. Die Entwicklung von spezialisierten Tools für kollaboratives Lernen ist sehr charakteristisch für frühe Arbeiten in diesem Bereich. Aufgrund der breiten Verfügbarkeit sogenannter Social Software ändert sich dies. Social Software, ursprünglich für andere Anwendungsbereiche entwickelt, wird auch in Lernszenarien genutzt. Deren Verwendung steht damit stärker im Fokus des wissenschaftlichen Interesses. Beispielsweise werden in [32] der Einsatz von Social Software an Hochschulen und Hindernissen beim Einsatz analysiert.

3 Forschung heute und morgen

Der Nutzung digitaler Technologien innerhalb der Bildung werden auch nach rund 20 Jahren Forschung in diesem Bereich vielfältige Potenziale zugesprochen. Dass diese Potenziale aber noch nicht ausreichend ausgeschöpft sind, drückt sich unter anderem in der aktuellen Förderpolitik des Bundes und der Länder aus. So existieren derzeit Förderlinien des BMBFs zur Digitalen Hochschulbildung⁴, zu digitalen Medien in der Beruflichen Bildung⁵ und der Digitalpakt Schule⁶. Digitale Bildung wird dabei nicht nur als Gegenstand von Bildung sondern auch als Instrument verstanden [33]. Auch das Land Hessen sieht im Einsatz elektronischer Medien und neuer Lehr- Lernarrangements Möglichkeiten zur Steigerung der Qualität in der Lehre. Hessen hat gerade, basierend auf einem Landtagsbeschluss, ein durch den htcc e.V. begleitetes Projekt „Plattform digitalisierte Lehre“ aufgesetzt. Weiterentwicklungen im Bereich digitalen Lernens werden auch aufgrund des technologischen Fortschritts erfolgen. In den letzten Jahren erlaubte die breite Verfügbarkeit mobiler Endgeräte neue Lernszenarien des sogenannten mobilen Lernens. Verschiedene nationale und internationale Studien [34][35][36] sehen zukünftige Forschungs- und Entwicklungsschwerpunkte in der Gestaltung adaptiver Lernanwendungen, in der Nutzung maschinellen Lernens, in der Nutzung von Augmentierter und Virtueller Realität, in der Verknüpfung mit dem „Internet of Things“ sowie im Bereich Learning Analytics.

Zunehmende Bedeutung gewinnt auch das Lernen am Arbeitsplatz mit digitalen Medien. Nicht nur Lernen in der Hochschule und Schule sind Gegenstand der Betrachtung der Wissenschaftler der TU. Auch zum Lernen am Arbeitsplatz gibt es bereits Forschungsarbeiten an der TU. Dazu zählen beispielsweise die Gestaltung von Lernfabriken, in denen neue Formen der Qualifizierung in Produktionszusammenhängen erprobt werden [37], oder die Gestaltung von Lernanwendung für kollaboratives informelles Lernen [38][39] in Betrieben.

Wissenschaftler an der TU Darmstadt beschäftigen sich auch aktuell mit der Gestaltung digitalen Lehrens und Lernens und mit den mit der Digitalisierung von Lehre und Lernen verbundenen Fragestellungen. In dem vom Forum Interdisziplinäre Forschung (FIF) der TU Darmstadt im Juni 2017 ausgerichteten Workshop „Lernen in der Digitalisierung – Veränderungen verstehen und gestalten“⁷ wurden als derzeit betrachtete Themen beispielsweise genannt: Adaptive Lernanwendungen, Analyse des Lernverhaltens, Übergänge zwischen Bildungsphasen, Umgang mit Heterogenität sowie kooperatives und kollaboratives Lernen. Neben den Potenzialen der Digitalisierung wurden aber auch die Risiken diskutiert, wie beispielsweise eine Überforderung der Lernenden oder Kontrolle der Lernenden.

Insgesamt ist die TU Darmstadt – gerade durch ihre interdisziplinäre Beschäftigung mit dem Thema – hervorragend aufgestellt, um die die komplexe Thematik der Digitalisierung in Bezug auf das Lernen und Lehren zukunftsweisend weiter voranzutreiben. Selbstverständlich benötigt dies weiterhin das substantielle persönliche Engagement, die Unterstützung der Universitätsleitung sowie auch langfristig angelegte koordinierte Drittmittelvorhaben.

⁴ <https://www.bmbf.de/de/digitale-hochschullehre-2417.html>

⁵ <https://www.bmbf.de/de/digitale-medien-in-der-bildung-1380.html>

⁶ <https://www.bmbf.de/de/mit-dem-digitalpakt-schulen-zukunftsfahig-machen-4272.html>

⁷ <http://bit.ly/2E7I3dy>

4 Quellenangaben

- [1] Offenbartl, S., Rensing, C., & Steinmetz, R. (2004). Die Technische Universität Darmstadt auf dem Weg zur Dual Mode TUD. (2004): E-Learning-Strategien und E-Learning-Kompetenzen an Hochschulen. Bielefeld. S. 231-242.
- [2] Encarnação, J. L., Guddat, H., & Schnaider, M. (2002). Die Hochschule auf dem Weg ins E-Learning Zeitalter. E-Learning: Märkte, Geschäftsmodelle, Perspektiven. Bertelsmann-Stiftung, Gütersloh.
- [3] Mühlhäuser, M.: Digitale Hörsäle: Wo Präsenz- und Cyber-Universität sich treffen. In: Studieren im Cyber space?, Reihe: Bildung und Technik. LIT Verlag Münster, Germany, 2005.
- [4] Höver, K. M., von Bachhaus, G., Hartle, M., & Mühlhäuser, M. (2012). DLH/CLLS: an open, extensible system design for prosuming lecture recordings and integrating multimedia learning ecosystems. In Multimedia (ISM), 2012 IEEE International Symposium on (S. 477-482). IEEE.
- [5] Steimle, J., Brdiczka, O., & Muhlhauser, M. (2009). CoScribe: integrating paper and digital documents for collaborative knowledge work. IEEE Transactions on Learning Technologies, 2(3), 174-188.
- [6] Hofmann, C., Hollender, N., & Fellner, D. W. (2009). Workflow-based architecture for collaborative video annotation. In International Conference on Online Communities and Social Computing (S. 33-42).
- [7] Sesink, W., Geraskov, D., Göller, S., Rüsse, W., & Trebing, T. (2005). Transformation einer Vorlesung durch E-Learning-Elemente. MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung, 10, 1-28.
- [8] Enders, J. (2016). Peer Instruction und Flipped Classroom in der Service-Lehre Physik. In: PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung, Hannover.
- [9] Rädels, F., & Lange, J. (2017). Lerner aktivierende Lernformen für Bauingenieure–Beispiele für den Einsatz digitaler Medien in der universitären Lehre. Stahlbau, 86(8), 741-747.
- [10] El Saddik, A., Seeberg, C., Steinacker, A., Reichenberger, K., Fischer, S., & Steinmetz, R. (2000). A component-based construction kit for algorithmic visualizations. In Proceedings of the Conference on Integrated Design and Process Technology.
- [11] Aschenbrenner, P., & Schurr, A. (2003). Generating interactive animations from visual specifications. In Proceedings IEEE Symposium on Human Centric Computing Languages and Environments; S. 169-176.
- [12] Rößling, G., & Freisleben, B. (2002). ANIMAL: A system for supporting multiple roles in algorithm animation. Journal of Visual Languages & Computing, 13(3), 341-354.
- [13] Grübl, P., Schnittker, N., & Schmidt, B. (2003). Gibt es den „elektronischen Nürnberger Trichter? Das Konzept des Blended Learning, dargestellt am Lernnetz WiBA-Net. In Digitaler Campus: Vom Medienprojekt zur nachhaltigen Mediennutzung auf dem Digitalen Campus (S. 127-138).
- [14] Wiemeyer, J., & Hansen, J. (2010). Hessische E-Learning-Projekte in der Sportwissenschaft. Das Verbundprojekt „HeLPS“. Köln: Sportverlag Strauß.
- [15] Bausch, I., Biehler, R., Bruder, R., Fischer, P. R., Hochmuth, R., Koepf, W., & Wassong, T. (2014). VEMINT– Interaktives Lernmaterial für mathematische Vor-und Brückenkurse. In Mathematische Vor-und Brückenkurse (S. 261-276). Springer Fachmedien Wiesbaden.
- [16] El Saddik, A., Fischer, S., & Steinmetz, R. (2001). Reusable multimedia content in Web based learning systems. IEEE MultiMedia, 8(3), 30-38.
- [17] Hoermann, S., Rensing, C., Steinmetz, R., & Kommunikation, F. M. (2005). Wiederverwendung von Lernressourcen mittels Authoring by Aggregation im ResourceCenter. In DeLFI (Vol. 3, S. 153-164).
- [18] Steinacker, A., Faatz, A., Seeberg, C., Rimac, I., Hormann, S., El Saddik, A., & Steinmetz, R. (2001). MediBook: Combining Semantic Networks with Metadata for Learning Resources To Build a Web Based Learning System.
- [19] Seeberg, C., Steinacker, A., & Steinmetz, R. (2000). Coherence in modularly composed adaptive learning documents. In Adaptive Hypermedia and Adaptive Web-Based Systems (S. 375-379). Springer Berlin/Heidelberg.
- [20] Kliem, A., Wendel, V., Winter, C., Wiemeyer, J., & Göbel, S. (2012). Virtual sports teacher—a serious game in higher education. Int J Comput Sci Sport, 10, 100-110.
- [21] Rüppel, U., & Schatz, K. (2011). Designing a BIM-based serious game for fire safety evacuation simulations. Advanced Engineering Informatics, 25(4), 600-611.
- [22] Bösch, W., & Kattner, F. (2011). Fear of (serious) digital games and game-based learning?: Causes, consequences and a possible countermeasure. International Journal of Game-Based Learning (IJGBL), 1(3), 1-15.
- [23] Mehm, F., Göbel, S., & Steinmetz, R. (2013). An authoring tool for educational adventure games: concept, game models and authoring processes. International Journal of Game-Based Learning (IJGBL), 3(1), 63-79.

- [24] Göbel, S. (2017). Autoren Umgebung für Serious Games - StoryTec: Eine Autoren Umgebung und narrative Objekte für personalisierte Serious Games. Technische Universität Darmstadt, Habilitation.
- [25] Göbel, S. & Wendel, v. (2016). Personalization and Adaptation. In: R. Dörner, S. Göbel, W. Effelsberg und J. Wiemeyer (Hrsg.): Serious Games; Springer; S. 161-210.
- [26] Tittel, S., Merle, H., Burgaß, R., Rensing, C., Lange, J., & Schläfer, S. (2011). Mobile Inhaltserfassung und mobiles Lernen mit dem Semantic Wiki im Bauingenieurwesen. In DeLFI Workshops.
- [27] Konert, J., Richter, K., Mehm, F., Göbel, S., Bruder, R., & Steinmetz, R. (2012). Pedale-a peer education diagnostic and learning environment. *Journal of Educational Technology & Society*, 15(4), 27.
- [28] Scholl, P., Benz, B. F., Böhnstedt, D., Rensing, C., Schmitz, B., & Steinmetz, R. (2009). Implementation and Evaluation of a Tool for setting Goals in self-regulated Learning with Web Resources. In *European Conference on Technology Enhanced Learning (S. 521-534)*.
- [29] Weimer, M., Gurevych, I., & Mühlhäuser, M. (2007). Automatically assessing the post quality in online discussions on software. In *Proceedings of the 45th Annual Meeting of the ACL on Interactive Poster and Demonstration Sessions (S. 125-128)*.
- [30] Mühlpfordt, M., & Wessner, M. (2005). Explicit referencing in chat supports collaborative learning. In *Proceedings of th 2005 conference on Computer support for collaborative learning: learning 2005: the next 10 years! (S. 460-469)*.
- [31] Miao, Y., & Haake, J. M. (2001). Supporting problem based learning by a collaborative virtual environment: a cooperative hypermedia approach. In *System Sciences, 2001. Proceedings of the 34th Annual Hawaii International Conference on (S. 10-20)*.
- [32] Grell, P., & Rau, F. (2011). Partizipationslücken-Social Software in der Hochschullehre. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung*, 21, 1-23.
- [33] BMBF (2016). Bildungsoffensive für die digitale Wissensgesellschaft - Strategie des Bundesministeriums für Bildung und Forschung, online verfügbar unter https://www.bmbf.de/pub/Bildungsoffensive_fuer_die_digitale_Wissensgesellschaft.pdf (Abruf am 25.01.2018)
- [34] Freeman, A., Adams Becker, S., Cummins, M., Davis, A. & Hall Giesinger, C. (2017). NMC/CoSN Horizon Report: 2017 K-12 Edition. Austin, Texas: The New Media Consortium.
- [35] Adams Becker, S., Cummins, M., Davis, A., Freeman, A., Hall Giesinger, C., and Ananthanarayanan, V. (2017). NMC Horizon Report: 2017 Higher Education Edition. Austin, Texas: The New Media Consortium.
- [36] Woolf, B. P. (2010). A roadmap for education technology.
- [37] Abele, E.; Chryssolouris, G.; Sihn, W.; Metternich, J.; ElMaraghy, H.; Seliger, G.; Sivard, G.; ElMaraghy, W.; Hummel, V.; Tisch, M.; Seifermann, S.: Learning Factories for Future Oriented Research and Education in Manufacturing. In: *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, Published by Elsevier Ltd on behalf of CIRP, 66 (2) S. 803-826.
- [38] Rensing, C., Hellriegel, J., Prescher, T., Osranek, R., & Schulz, F. (2016). Eine Lernanwendung für arbeitsprozessintegriertes und-orientiertes Lernen zur Steigerung der beruflichen Handlungskompetenz mittels einer stärkeren Orientierung der Ausbildung an beruflichen Handlungssituationen. DeLFI 2016--Die 14. E-Learning Fachtagung Informatik.
- [39] Rensing, C., & Diaconita, I. (2014). A Q&A System Considering Employees' Willingness to Help Colleagues and to Look for Help in Different Workplace-Related Situations: An Analysis in the Automotive Sector. In *Advanced Learning Technologies (ICALT), 2014 IEEE 14th International Conference on (S. 701-705)*.
- [40] Rensing, C. (2017). Adaptationsmechanismen für technologiegestütztes Lernen - Unterstützung informeller Formen des Lernens am Arbeitsplatz. Technische Universität Darmstadt, Habilitation.