

GESELLSCHAFT
FÜR INFORMATIK



Peter A. Henning, Michael Striewe, Matthias Wölfel (Hrsg.)

DELFI 2022
Die 20. Fachtagung Bildungstechnologien
der Gesellschaft für Informatik e.V.

12.-14. September 2022
Karlsruhe

Gesellschaft für Informatik e.V. (GI)

Lecture Notes in Informatics (LNI) - Proceedings

Series of the Gesellschaft für Informatik (GI)

Volume P-322

ISBN 978-3-88579-716-6

ISSN 1617-5468

Volume Editors

Prof. Dr. Peter A. Henning
Hochschule Karlsruhe
Postfach 2440
76012 Karlsruhe
peter.henning@h-ka.de

Dr. Michael Striewe
Univ. Duisburg-Essen
Gerlingstraße 16
45127 Essen
michael.striewe@uni-due.de

Prof. Dr. Matthias Wölfel
Hochschule Karlsruhe
Postfach 2440
76012 Karlsruhe
matthias.woelfel@h-ka.de

Series Editorial Board

Andreas Oberweis, KIT Karlsruhe,
(Chairman, andreas.oberweis@kit.edu)
Torsten Brinda, Universität Duisburg-Essen, Germany
Dieter Fellner, Technische Universität Darmstadt, Germany
Ulrich Flegel, Infineon, Germany
Ulrich Frank, Universität Duisburg-Essen, Germany
Michael Goedicke, Universität Duisburg-Essen, Germany
Ralf Hofestädt, Universität Bielefeld, Germany
Wolfgang Karl, KIT Karlsruhe, Germany
Michael Koch, Universität der Bundeswehr München, Germany
Peter Sanders, Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Germany
Andreas Thor, HFT Leipzig, Germany
Ingo Timm, Universität Trier, Germany
Karin Vosseberg, Hochschule Bremerhaven, Germany
Maria Wimmer, Universität Koblenz-Landau, Germany

Dissertations

Steffen Hölldobler, Technische Universität Dresden, Germany

Thematics

Agnes Koschmider, Universität Kiel, Germany

Seminars

Judith Michael, RWTH Aachen, Germany

© Gesellschaft für Informatik, Bonn 2022

printed by Köllen Druck+Verlag GmbH, Bonn



This book is licensed under a Creative Commons BY-SA 4.0 licence.

Vorwort

Die DELFI-Tagungsreihe der Gesellschaft für Informatik befasst sich interdisziplinär mit Bildungstechnologien und spannt dabei den Bogen von der praktischen Anwendung digitaler Werkzeuge bis zu den neuesten Forschungsergebnissen. Die 20. Fachtagung Bildungstechnologien im Jahr 2022 beschäftigt sich mit allen Informatik-Aspekten von digital unterstützten Lehr- und Lernformen in Schule, Hochschule, beruflicher und privater Aus- und Weiterbildung. Der Forschungsaspekt adressiert insbesondere Technologien, Werkzeuge, Infrastrukturen und organisatorische, soziale und technische Rahmenbedingungen für digitale Bildung, unabhängig von konkreten Anwendungsfeldern und Lerninhalten – insbesondere also auch außerhalb der Informatikfächer.

Während der Corona-Krise wurden diese Technologien auf vorher nicht antizipierte Weise auch bei solchen öffentlichen, kommerziellen und privaten Bildungsangeboten in den Fokus katapultiert, die bislang eher auf traditionelle Lehr- und Lernformen gesetzt hatten. Damit aber stellt sich die Frage, ob dies nur eine vorübergehende Krisenreaktion war, oder ob sich mindestens einige Arten des technologiegestützten Lernens auch nachhaltig etablieren werden. Das hängt einerseits von einer Verstetigung von Projekten und Fördermaßnahmen ab – und setzt natürlich andererseits voraus, dass sich auf digitalem Weg Bildung nachweisbar mindestens gleich gut wie mit den genannten traditionellen Methoden vermitteln lässt.

Das Motto der 20. Fachtagung Bildungstechnologien lautet deshalb „Digitale Lehre nachhaltig gestalten“ und wir haben in diesem Jahr insbesondere Beiträge ermutigt, die dieses Nachhaltigkeitsthema adressieren. Gleichzeitig wollen wir wieder brandaktuelle Themen aufgreifen, die auch die Bildungstechnologie umwälzen werden: Künstliche Intelligenz (KI) und natürlichsprachliche Schnittstellen sind die entsprechenden Stichworte.

Die eingereichten wissenschaftlichen Beiträge wurden im Doppelblind-Verfahren von je mindestens drei Mitgliedern des Programmkomitees begutachtet. Bei einer Programmkomitee-Sitzung wurde dann über die Annahme und Ablehnung von Beiträgen entschieden. Eingereicht wurden 23 Langbeiträge, von denen 6 angenommen wurden (Annahmequote 26%) sowie 18 Kurzbeiträge, von denen 5 angenommen wurden (Annahmequote 28%). Zusammen mit einigen gekürzten Langbeiträgen (und abzüglich zweier leider zurückgezogener Beiträge) werden insgesamt 8 Kurzbeiträge präsentiert, ferner 8 Praxisbeiträge, 2 Positionspapiere, 9 Demo-Sessions und 16 Poster. Die angenommenen Beiträge finden sich im vorliegenden Tagungsband, zusammen mit drei kurzen Statements der eingeladenen Keynote-Sprecher.

Zusammen mit dem Programmkomitee konnten wir so ein qualitativ hochwertiges, interessantes und abwechslungsreiches Programm zusammenstellen. Allen Autorinnen und Autoren sowie unserem Programmkomitee gilt unser herzlicher Dank.

Die 20. Fachtagung Bildungstechnologien ist eine Jubiläumstagung. Zwei Jahrzehnte der Kontinuität, aber auch der stetigen Weiterentwicklung begründen in unserem Fachgebiet schon eine besondere Tradition. Auch wenn mancherorts die Corona-Pandemie noch das Denken beherrscht und für Einschränkungen im Konferenzbetrieb und bei Dienstreisen

sorgt, haben wir deshalb den Schritt zurück in die Normalität getan und die Konferenz als Präsenzveranstaltung konzipiert. Wir freuen uns darüber, Sie auf der 20. Fachtagung Bildungstechnologien in Karlsruhe zu begrüßen!

Im August 2022

Peter A. Henning, Michael Striewe, Matthias Wölfel

Tagungsleitung

Gesamtleitung:	Peter A. Henning, Hochschule Karlsruhe
Leitung des Programmkomitees:	Michael Striewe, Universität Duisburg-Essen Matthias Wölfel, Hochschule Karlsruhe
Leitung des Workshop-Programms:	Martin Mandausch, Hochschule Karlsruhe
Special Chair KI: Organisationsleitung:	Steffen Kinkel, Hochschule Karlsruhe Daniel Hepperle, Hochschule Karlsruhe

Programmkomitee

Daniel Bodemer University Duisburg-Essen	Steffen Kinkel Hochschule Karlsruhe
Ralf Doerner Hochschule RheinMain	Johannes Konert Hochschule Fulda
Martin Ebner Technische Universität Graz	Helko Lehmann IMC information multimedia communication AG
Albrecht Fortenbacher HTW Berlin	Thiemo Leonhardt TU Dresden
Jörg M. Haake FernUniversität in Hagen	Andreas Lingnau Hochschule Ruhr West
Peter A. Henning Hochschule Karlsruhe	Ulrike Lucke Universität Potsdam
Daniel Hepperle Hochschule Karlsruhe und Universität Hohenheim	Martin Mandausch Hochschule Karlsruhe
Hartwig Holzapfel time4you GmbH	Alke Martens Universität Rostock
Dirk Ifenthaler Universität Mannheim	Agathe Merceron Berliner Hochschule für Technik
Andrea Kienle Fachhochschule Dortmund	Niels Pinkwart Humboldt-Universität zu Berlin

René Röpke
RWTH Aachen

Maren Scheffel
Ruhr University Bochum

Daniel Schiffner
DIPF | Leibniz-Institut für
Bildungsforschung und
Bildungsinformation

Ulrik Schroeder
RWTH Aachen

Sandra Schulz
Universität Hamburg

Niels Seidel
FernUniversität in Hagen

Sabine Seufert
Universität St. Gallen

Sven Strickroth
LMU München

Michael Striewe
Universität Duisburg-Essen

Alexander Tillmann
Goethe-Universität Frankfurt

Sarah Voß-Nakkour
Goethe-Universität Frankfurt

Matthias Wölfel
Hochschule Karlsruhe und
Universität Hohenheim

Raphael Zender
Humboldt-Universität zu Berlin

Inhaltsverzeichnis

Keynotes

Christian Swertz

The message of the method. Design principles for sustainable ideological communication in the digital classroom..... 17

Ulrike Cress

„Wissen“ im digitalen Zeitalter – Herausforderung für die akademische Bildung
..... 21

Christian Kohls

Lehren und Lernen in hybriden Lernräumen - zur gezielten Verknüpfung von physischen und digitalen Lernumgebungen 23

Best-Paper-Kandidaten

Dennis Menze, Niels Seidel, Regina Kasakowski

Interaction of reading and assessment behavior 27

Pascal Quindeau, Sayed Hoseini, Jens Kaufmann, Christoph Quix

Einsatz einer webbasierten Softwarelösung zur Echtzeitkollaboration in technisch-orientierten Studienfächern..... 39

Tobias Moebert

Zum Einfluss von Adaptivität auf die Interaktion mit Bildungstechnologien..... 51

Intelligente Lernsysteme

Johannes Schrumpf, Tobias Thelen

Re-thinking Transformer based educational resource recommendation engines for higher education..... 63

Niels Seidel

Mapping course text to hyperaudio 69

Lernverhalten

Bijan Khosrawi-Rad, Linda Grogorick, Paul Keller, Ricarda Schlimbach, Heidi Rinn, Susanne Robra-Bissantz

Do you trust the Bot? – Entwicklung und Evaluation eines Conversational Agents zur Klassifikation von Lernstilen 75

Jonas Stemme

Analyse des persönlichen Burnout-Niveaus von Studierenden während des digitalen Semesters – Eine Längsschnittstudie unter COVID-19-Bedingungen 81

Informatik Lehren und Lernen

Thiemo Leonhardt, David Baberowski, Nadine Bergner

Inside the Router: An interactive VR learning application to practice routing and network address translation 87

Anja Hawlitschek, Galina Rudolf, Sebastian Zug

Informatikstudierende als Teamplayer. Wie die Integration von Teamarbeit in die Lehre gelingen kann 99

Julian Winter

Organisation von GitLab-Projekten zur optimierten Betreuung von Programmierpraktika in der Online- und Hybrid-Lehre..... 105

Thomas Borys, Dirk Fox

Lernende an die Kryptologie heranführen: digital und haptisch zugleich – Praxisbericht über den Online-Adventskalender „Krypto im Advent“ 111

Virtual Reality

Jonas Deuchler, Matthias Wölfel

Lessons Learned from Transferring a Lecture on Virtual Reality into Immersive Virtual Reality 117

Andreas Zopff, Werner Kuhlmeier

Die Sanierung einer denkmalgeschützten Villa als Berufsbildungsprojekt im Rahmen einer virtuellen Lernumgebung 123

Christoph Braun, Fares Kayali, Thomas Moser

Erstellung und Einsatz von 360-Grad-Medien in der Lehre – leicht gemacht..... 129

Technologien

Johanna Hartmann, Hendrik Heuer, Andreas Breiter

Data Leakage Through Click Data in Virtual Learning Environments 135

Regina Kasakowskij, Thomas Kasakowskij, Niels Seidel

Generation of Multiple True False Questions using GPT-2..... 147

Alexander Streicher, Simon Schwarz

Findoo - Interoperable E-Learning Semantic Search and Content Authoring Assistance..... 153

Sven Judel, Erik Schnell, Ulrik Schroeder

Performantes xAPI Logging in Moodle..... 159

Gemeinsam lernen und reflektieren

Paul Rennecke, Matthias Ehlenz, Birte Heinemann, Ulrik Schroeder

Strukturierte Erfassung von individuellem Verhalten in Gruppensituationen mit xAPI..... 165

Axel Wiepke, Christina Hildebrandt, Noemi Hagen, Anita Krüger, Ulrike Lucke, Amitabh Banerji

Das VR-Labor-Klassenzimmer zur Professionalisierung von Lehramtsstudierenden der Chemie 177

Ulrike Lucke, Thomas Köhler, Galia Assadi, Tobias Moebert, Ina Müller, Johannes Kranz, Wilhelm Viehöver, Stefan Böschen, Arne Manzeschke

Interaktive Landkarten als ein Lernwerkzeug zur ethischen Exploration und Reflexion in Konstruktionsprozessen 183

Kensuke Akao

LIVE-Interaktion statt Videomaterial bei der Sensibilisierung für Inklusion und Computerzugänglichkeit! - Im E-Lecture fragen Studierende einen blinden Betroffenen..... 189

Positionspapiere

Yasamin Tahiri

Effektivität des Einsatzes von Virtual Reality & Augmented Reality im Geometrieunterricht..... 195

Natalie Kiesler, Daniel Schiffner

On the Lack of Recognition of Software Artifacts and IT Infrastructure in Educational Technology Research..... 201

Posterbeiträge

Sergej Görzen, Birte Heinemann, Ulrik Schroeder <i>Ein Konzept zur Unterstützung der Entwicklung von Virtual Reality Lernszenarien durch die Einbindung von Learning Analytics und Open Educational Resources</i>	209
Birte Heinemann, Deborah Hennig, Ali Ismail, Ulrik Schroeder <i>Das VR Klassenzimmer als Experimentallabor für die systematische Erforschung der Blickbewegungen von Lehrkräften.....</i>	211
Valentin Grimm, Laura Geiger, Jessica Rubart, Gudrun Faller <i>Requirements and Design of a Training System for Domestic Workers</i>	213
Dominik Giel <i>Physik durch Informatik- didaktisches Konzept für Selbsttests</i>	215
Klaas Brandt, Ulrike Scorna, Gunnar Voss, Rahim Hajji <i>Innovative, digitale Lehr-/Lernsettings mit Design Based Implementation Research entwickeln: Vorgehensweise und erste Erfahrungen.....</i>	217
Laurin Liebsch, Matthias Weise, Ulrike Lucke <i>Konzeption, Umsetzung und Evaluation einer Second-User-Komponente für eine VR-Lackierwerkstatt.....</i>	219
Maximilian Karl, Raphael Zender <i>Automated feedback on teamwork in programming courses</i>	221
Kevin Adamy <i>Trends of Augmented Reality to Support Cooperation of Learning Locations in Work-Integrated Study Programs - Outline of a Delphi Study</i>	223
Judith Schliephake, Barbara Hilgert, Andreas Heinen, Anja Cordes <i>Kompetenzen für Künstliche Intelligenz (KI) in kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) aufbauen</i>	225
Nadine Karsten, Uwe Nestmann <i>Beweiskompetenz durch Beweisassistentz</i>	227
Ana Donevska-Todorova, Katharina Simbeck, Katrin Dziergwa <i>Lecturer' reflections on adaptive feedback in learning management systems as input for sustainable instruction design</i>	229

Marc Sauer, Manuel Froitzheim, Michael Schuhen, Andreas Hoffmann
Kompetenzorientiertes digitales Prüfen am Beispiel der
Wirtschaftswissenschaften 231

Meike Ullrich, Peter Pfeiffer, Gunther Schiefer, Chantal Soyka, Tobias Stottrop, Michael Striewe, Peter Fettke, Peter Loos, Andreas Oberweis, Niclas Schaper
Piloteinsatz einer E-Assessment-Plattform für die grafische Modellierung 233

Matthias Berg, Tobias Dreesbach, Katharina Bonaventura, Julia Knopf, Oliver Thomas
Modellierung von Lernprozessen für Augmented-Reality-Brillen in der
technischen Aus- und Weiterbildung..... 235

Nathalie Rzepka, Katharina Simbeck, Hans-Georg Müller, Niels Pinkwart
Adaptive Learning as a Service – A concept to extend digital learning
platforms? 237

Trong Nghia Hoang, Andreas Reich, Matthias Wölfel
The first impression counts! The Importance of Onboarding for Educational
Chatbots..... 239

Demobeiträge

Marco Di Maria, Ralf Knackstedt, David Walter
THESIS DESIGNER – Eine Webanwendung zur Unterstützung von
Abschlussarbeiten 243

Jonas Blattgerste, Kristina Vogel, Carmen Lewa, Tabea Willmeroth, Matthias Joswig, Thorsten Schäfer, Nicola H. Bauer, Annette Bernloehr, Thies Pfeiffer
The Heb@AR App – Five Augmented Reality Trainings for Self-Directed
Learning in Academic Midwifery Education 245

Meike Ullrich, Peter Pfeiffer, Gunther Schiefer, Chantal Soyka, Tobias Stottrop, Michael Striewe, Peter Fettke, Peter Loos, Andreas Oberweis, Niclas Schaper
E-Assessment-Plattform für die grafische Modellierung..... 247

David Baberowski, Thiemo Leonhardt, Anne Hamann, Nadine Bergner, Matthias Ehlenz
Unterstütze den Lernprozess: Externe Steuerung des Ablaufs einer VR-
Lernanwendung 249

Patrick Stalljohann	
<i>Botolution - Plattform für Programmierspiele im akademischen Kontext</i>	251
Zora Wurm, Melanie Kreidenweis, Sven Strickroth	
<i>AgileBoard4Teaching: Ein interaktives Tool zur Unterstützung und Begleitung agiler Unterrichtsgestaltung</i>	253
Anika Westburg	
<i>An Improved E-Learning Tool for Parsing-as-Deduction.....</i>	255
Andreas Edler, Sebastian Hobert	
<i>Vermittlung von algorithmischer Denkweise mittels Game-based Learning...</i>	257
Jakob Czekansky, Clemens Haefke, Moritz Schauer, Diethelm Bienhaus	
<i>Remote-gestütztes Programmieren, Debuggen und Testen eines autonomen Modellfahrzeugs - Virtueller Zugriff auf verteilte ARM Cortex-basierte Versuchsaufbauten</i>	259
Verzeichnis der Autorinnen und Autoren.....	261

Keynotes

The message of the method. Design principles for sustainable ideological communication in the digital classroom

Christian Swertz ¹

1 Introduction

The sustainable establishment of digital bildung makes an important contribution to the development of the digital world. A key argument that can be used to justify the contribution of digital education is the proof of the quality of digital education. Proving that education can be taught with digital media as well as with traditional media is therefore an important goal for current research in the field of digital education.

It is quite funny that this goal cannot be achieved. Clark's argument "that media are delivery vehicles for instruction and do not directly influence learning" [Cl83; p. 453] and Russell's review paper published under the apt title "The no Significant Difference Phenomenon" [Ru01] provide prominent evidence for the fact that so far neither an influence of media on learning processes nor an improvement of learning processes through the use of media could be sustainably proven.

The fact that the goal cannot be achieved, but is nevertheless formulated, makes the goal a sustainable one. This is because a goal that cannot be achieved remains permanently. The disadvantage, however, is that the goal assumes that digital media are just as suitable for learning processes as digital media, which suggests that it is more effective and efficient to avoid the costs of changing media and stick with traditional media. Therefore, there may well be wit in seeing the goal not as a goal but as a problem.

One approach to the problem is to clarify the conceptual confusion. In the first paragraph, education and upbringing are confused, culture is falsely identified with the market, good and more are confused in a nonsensical way, and the distinction between teaching methods and teaching media is ignored. The fact that education cannot be digital at all and that talk of digital education is therefore meaningless is almost irrelevant.

However, the aim here is not to take the path of conceptual clarification. Instead, the problem is understood as a phenomenon. If the problem is understood as a phenomenon in the sense of a relevant empirical observation, the investigation of the goal becomes a goal of research. The question then becomes: how can the observation that a research goal is formulated that is known not to be achievable be explained?

¹ University of Vienna, Department of Education, Sensengasse 3a, 1090 Vienna, christian.swertz@univie.ac.at, <https://orcid.org/0000-0002-5050-1722>

A well-established method for investigating such phenomena is the procedure of ideology critique. An ideology-critical analysis shows that the intention to sustainably establish digital media in professional pedagogical intention is based on several ideologies. The intention of increasing the efficiency and effectiveness of learning processes goes back to the capitalist ideology in the versions of Smith [Sm76] and Hayek [Ha05]. The intention to control learning processes with digital technologies is based on Wiener's cybernetic ideology [Wi65]. This was combined with the esoteric ideology of the New Age movement [Ca82] and the capitalist ideology to form the Californian ideology [Ku92]. This can explain the phenomenon.

It is not possible to deduce what to do from the analysis. In order to determine what is to be done, there are two possibilities: The first possibility assumes that human beings are beings determined by history and the culture into which people are born. People are made what they are by circumstances in the course of subjectification processes. All the ideologies mentioned use this point of view. For example, in capitalist ideology, it is the market that determines how people should act. Whether a person's actions are good is not decided by the person, but by the market.

With the second possibility it is assumed that people are beings who can shape the history and culture into which they are born. As subjects, people can make themselves what they are. An example of this approach is human rights, according to which the dignity of every human being is inviolable. Whether a person's actions are good is a person's own decision, whereby it is clear that people who claim this freedom for themselves must also grant this freedom to other people.

Since these two alternatives have been discussed for at least 3000 years, it is plausible to assume that no systematic decision can be made between the alternatives. In this respect, choosing one of the alternatives is an inevitable ideological decision. I prefer the second alternative because the first alternative rejects the possibility of choice, which amounts to denying oneself freedom. But because this is an expression of the possibility of choice, the first alternative implies a self-contradiction and is to be rejected [Sw21b].

This puts the focus on people's ability to determine themselves. People are educated when they can determine themselves, they educate themselves when they work on determining themselves, and they are educated when they are offered opportunities for this work. The goal of digital education and the task of designing digital media for education should therefore be to offer people opportunities for self-determination [Sw21a].

Digital technologies are certainly suitable for this purpose [Me85]. Reasons for this include the fact that digital technologies are suitable for playing with language [Me04] or can be used to observe oneself [Sw17]. It is clear that it must be possible for people to determine for themselves how they want to play and what they want to observe. Another reason is that digital technology is well suited for creating diverse media realities. This offers people the possibility to move between media realities and to create media realities themselves. It is precisely this productive movement between media realities that is an expression of the formation of the self and therefore a sustainable principle for the design of digital educational media.

2 Bibliography

- [Ca82] Capra, Fritjof: *The Turning Point: Science, Society, and the Rising Culture*. London: Bantam, 1982.
- [Cl83] Clark, Richard E.: *Reconsidering Research on Learning from Media*. *Review of Educational Research* 53 (4): 445–59, 1983. <https://doi.org/10.3102/00346543053004445>.
- [Ha05] Hayek, Friedrich August von.: *Die Verfassung der Freiheit*. 4. Aufl (1. Aufl 1971, engl. 1960). Tübingen: Mohr Siebeck, 2005.
- [Ku92] Kurzweil, Raymond: *The Age of Intelligent Machines*. Cambridge, Mass: MIT Press, 1992.
- [Me85] Meder, Norbert: *Bildung im Zeitalter der neuen Technologien oder der Sprachspieler als Selbstkonzept des postmodernen Menschen*. *Vierteljahresschrift für wissenschaftliche Pädagogik*, Nr. 3: 325–39, 1985.
- [Me04] Meder, Norbert: *Der Sprachspieler. Der postmoderne Mensch oder das Bildungsideal im Zeitalter der neuen Technologien*. 2. wesentlich erweiterte Auflage. Würzburg: Königshausen und Neumann, 2004.
- [Ru01] Russell, Thomas L.: *The No Significant Difference Phenomenon: A Comparative Research Annotated Bibliography on Technology for Distance Education: As Reported in 355 Research Reports, Summaries and Papers*. Fishers: IDECC, 2001. <http://catalog.hathitrust.org/api/volumes/oclc/50199612.html>.
- [Sm76] Smith, Adam: *An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations*. London: Strahan & Cadell, 1776.
- [Sw21a] Swertz, Christian: *Bildung, Verantwortung und digitale Daten*. *Medienimpulse* 59 (3): 1–40, 2021. <https://doi.org/10.21243/MI-03-21-12>.
- [Sw21b] Swertz, Christian: *Korrelationale und retorsive Grundlagen der Realdialektik. Eine Erörterung des Ansatzes der relationalen Medienpädagogik*. *Aufklärung und Kritik* 28 (3): 57–72, 2021.
- [Sw17] Swertz, Christian, Alexsander Schmölz, Alessandro Barberi, und Alexandra Forstner: *Pedagogical Ontology and Reasoning*. In *Computer-Driven Instructional Design with INTUITEL.*, 15–22. Delft: River Publishers, 2017.
- [Wi65] Wiener, Norbert: *Cybernetics or Control and Communication in the Animal and the Machine*, 1965.

„Wissen“ im digitalen Zeitalter – Herausforderung für die akademische Bildung

Ulrike Cress ¹

Der Vortrag beschäftigt sich aus einer systemisch-kognitiven Perspektive mit der Frage, was „Wissen“ ist, und wodurch der einzelne wissen kann, was wahr ist. Er verweist auf die kognitive Arbeitsteilung bei der Wissenskonstruktion, auf die kollaborative und autopoietische Natur von Wissen und die Vielfalt von Wissenssystemen.

Im Vortrag wird gezeigt, wie die Digitalität Rezeption und Produktion von Wissen verändert und damit Laien und Experten unterschiedlicher Professionen in der Wissenskonstruktion verbindet. Vorgestellt werden u.a. eigene empirische Studien, die sowohl in hoch kontrollierten Laborbedingungen als auch im Feld (beispielsweise in Wikipedia) durchgeführt wurden.

Basierend auf diesen allgemeinen Anmerkungen zu Wissen und Wissenskonstruktion wird die Hypothese vertreten, dass akademische Bildung im digitalen Zeitalter verstärkt auch Metawissen über die Heterogenität von Expertise erzeugt werden sollte. Bildung darf es nicht dabei belassen, Fachexpertise zu erzeugen. Sie sollte auch ein Bewusstsein, das die Grenzen des eigenen Wissens erkennt und die Dialogfähigkeit mit weiteren Wissensträgern ermöglicht.

Aus der Hochschullehre werden Ansätze vorgestellt, in denen die Grenzen zwischen Disziplinen und Wissenskulturen überschritten werden. Beispiele dafür sind z.B. das Training der Arzt-Patientenkommunikation in der Medizinerbildung oder Lehrveranstaltungen, die interprofessionell ausgerichtet sind.

¹ Leibniz-Institut für Wissensmedien, Schleichstraße 6, 72076 Tübingen, u.cress@iwm-tuebingen.de

Lehren und Lernen in hybriden Lernräumen - zur gezielten Verknüpfung von physischen und digitalen Lernumgebungen

Christian Kohls ¹

Abstract: In Zukunft werden das Lernen auf dem Campus sowie an vielfältigen Orten dank digitaler Medien weiter ineinandergreifen. Die Gestaltung von Lernräumen hat dabei einen großen Einfluss auf die Lernaktivitäten [BP11] und sollte Möglichkeiten für ein flexibles Repertoire an Aktivitäten und sozialen Interaktionen bieten [Bo11]. In den vergangenen Semestern wurden zahlreiche Erfahrungen gesammelt, wie digitale Medien in der Lehre unterstützen können – angefangen bei vollständigen Online-Veranstaltungen bis hin zu hybriden Formaten, die weit über die reine Vorlesungsübertragung hinaus gehen. Während die Wissensvermittlung mit Lernvideos, Vorlesungsübertragung, Flipped Classrooms und anderen hybriden Formaten in den meisten Fällen gut funktioniert hat, zeigt sich zunehmend, dass das Hineinwachsen in Fachkulturen, die akademische Sozialisierung und Enkulturation oft unzureichend mit digitalen Medien erreicht werden. Bildung ist mehr als Wissenserwerb und so gibt es eine gewisse Sehnsucht nach Präsenzlehre und reichhaltigeren Interaktionsformen. Andererseits haben digitale Werkzeuge neue didaktische Möglichkeiten eröffnet. Dazu gehören die Flexibilisierung der zeitlichen Gestaltung von Veranstaltungen, das Zusammentragen von Informationen von unterschiedlichen Orten aus, die umfangreichen Bearbeitungs- und Transformationsfunktionen für digitale Objekte, das schnelle Wechseln von Kontexten (etwa in Break-Out-Session), das Persistieren von Arbeitsergebnissen, Entscheidungsprozessen und Entwicklungsschritten. Diese Funktionen lassen sich didaktisch nutzen, z.B. um über längere Zeiträume gemeinsam an einem Dokument zu arbeiten, mit Alternativen zu experimentieren, die Entwicklung in einem Projekt zu dokumentieren und darüber zu reflektieren. Es stellt sich die Frage, wie sich die reichhaltigen Interaktionsmöglichkeiten im physischen Raum mit denen des digitalen Raums verknüpfen lassen. Ein schlechtes hybrides Lehrszenario addiert die Einschränkungen der physischen Welt (etwa eingeschränkte Transformations- und Speichermöglichkeiten für Objekte) mit den Einschränkungen der digitalen Welt (z.B. eingeschränkte Kommunikationskanäle, fehlende haptische Erlebnisse). Leider ist dies oft der Fall bei einfachen hybriden Formen, wie etwa der Vorlesungs- oder Seminarübertragung. Ein gutes hybrides Lehrszenario verbindet hingegen die Vorteile beider Welten, indem digitale Medien in der Präsenzlehre für vielfältigere, flexiblere, individuellere und inklusivere Lernaktivitäten genutzt werden. So können z.B. Lernvideos auch vor Ort genutzt werden, um in Teams gemeinsam Anleitungen oder Hintergrundwissen aufzugreifen, wenn an einer Aufgabe gearbeitet wird. Auch Online-Whiteboards können sinnvoll im physischen Raum eingesetzt werden. Der Campus wird nicht an Bedeutung verlieren, denn er ist Ort der Begegnung und ermöglicht Partizipation. Dabei darf sich der Campus allerdings nicht von der digitalen Welt isolieren, sondern muss nahtlos an diese anknüpfen. Tradierte Räume wie Hörsäle, Seminarräume, Arbeitszimmer oder Labore sind in jahrhundertelanger Tradition entwickelt worden. Sie sind jedoch oft Orte, an denen Lernaktivitäten kaum ineinandergreifen [GJ09]. Digitale Medien können hier eine bessere Kopplung schaffen, da sie allgegenwärtig Informationen bereitstellen und

¹ TH Köln, Cologne Institute for Digital Ecosystems, Steinmüllerallee 1, Gammersbach, 51643,
christian.kohls@th-koeln.de

von physischen Raumgrenzen losgelöst transportieren können. Eine Voraussetzung hierfür ist allerdings, dass die Orchestrierung der verschiedenen Geräte, der Dokumente in der Cloud sowie den Aktivitäten der Lernenden ohne große Brüche erfolgt. Eine Aufgabe der Informatik wird es daher sein, ad-hoc Kollaborationsmöglichkeiten zu schaffen und das private Medienumfeld der Studierenden (etwa Instant-Messenger, Videokanäle oder Fotocommunities) mit den Medienangeboten der Hochschule (etwa Lernplattformen, Medienausstattung in Räumen) zu verknüpfen. Neben den tradierten Räumen bedarf es zudem Lernumgebungen, die für eine flexiblere und vielfältigere Nutzung bereits ausgelegt sind und den Wechsel zwischen Kollaborieren, Experimentieren, Diskutieren, Präsentieren, Produzieren, Konstruieren, Publizieren, Kommunizieren, Dokumentieren, Visualisieren und weiteren Lernaktivitäten fließend ermöglichen oder gar gleichzeitig erlauben. Beispiele hierfür sind Innovationsräume, Designstudios, Maker Spaces, Lernboxen für Teams oder Einzelarbeit, Videokonferenzräume, Lernkinos, Remote Labore, Coding Labs oder Lerncafés, in denen Hard- und Software niedrigschwellig und bedarfsorientiert bereitstehen. Eine solche Raumvielfalt unterstützt didaktische Szenarien, mit denen insbesondere wichtige Future Skills wie etwa Kommunikations-, Kooperations-, Gestaltungs-, oder Entscheidungskompetenzen [Eh20] aufgebaut werden können. Formate wie Hackathons, Design Sprints oder Service Learning im Rahmen interdisziplinärer, fakultätsübergreifender Projekte erfordern dabei auch das Experimentieren mit neuen Zeitrastern für eine optimale Raumnutzung, z.B. durch Blocktage und Blockwochen, einem angepassten Wechsel zwischen Lehr-, Lern- und Prüfungsphasen sowie der Verzahnung von digital unterstützter Präsenzlehre und Selbststudium. Im Rahmen des BMBF-Projekts „HybridLR - Wirkfaktoren und Good Practice bei der Gestaltung hybrider Lernräume“ Beitrag werden bestehende Lösungsansätze und Wirkfaktoren als Entwurfsmuster gesammelt. Grundlage hierfür sind einerseits prototypische Lernumgebungen, bei denen der physische und digitale Raum ineinandergreifen. Diese wurden nach dem Design Based Research Ansatz an der TH Köln entwickelt. Zum anderen basieren die Entwurfsmuster auf bestehenden Good Practices, die im Rahmen einer Bildungssafari an Hochschulen im deutschsprachigen Raum entdeckt und verallgemeinert wurden. Die Entwurfsmuster sollen dabei helfen, bei zukünftigen Raumplanungen hybride Szenarien besser zu unterstützen. Das Ziel ist die Schaffung einer Lernarchitektur, in der verschiedene Aktivitäten, Sozialformen, Lernphasen, informelle und formale Settings ineinandergreifen und nahtlos miteinander verknüpft werden.

Keywords: Hybride Lehre, Lernräume, Blended Spaces, Lernarchitektur, E-Learning

Bibliography

- [BP11] Bligh, B.; Pearshouse, I.: Doing learning space evaluations. In A. Boddington; J. Boys (Hrsg.), *Re-shaping learning: A critical reader: The future of learning spaces in post-compulsory education* (pp. 3–18). Sense Publishers, Rotterdam, 2011.
- [Bo11] Boys, J.: *Towards creative learning spaces: Re-thinking the architecture of post-compulsory education*. Routledge, New York, 2011.
- [Eh20] Ehlers, U.-D.: *Future Skills, Lernen der Zukunft - Hochschule der Zukunft*. Springer, 2020.
- [GY09] Goodyear, P.; Yang, D. F.: Patterns and Pattern Languages in Educational Design. In L. Lockyear, S. Bennett, S. Agostinho & B. Harper (Hrsg.), *Handbook of Research on Learning Design and Learning Objects: Issues, Applications, and Technologies*. IGI Global, Hershey, 2009.

Forschungs-, Praxis- und Positionsbeiträge

Interaction of reading and assessment behavior

Dennis Menze ¹, Niels Seidel ¹, and Regina Kasakowskij ¹

Abstract: Reading and assessment are elementary activities for knowledge acquisition in online learning. Assessments represented as quizzes can help learners to identify gaps in their knowledge and understanding, which they can then overcome by reading the corresponding text-based course material. Reversely, quizzes can be used to evaluate reading comprehension. In this paper, we examine the interactions between reading and quiz activities using scroll and log data from an online undergraduate course (N=142). By analyzing processes and sequential patterns in user sessions, we identified six session clusters for characteristic reading and quiz patterns potentially relevant for adaptive learning support. Using these session clusters, we further clustered students by their reading and quiz behavior over six time periods within the semester. The results hypothesize a personalization for seven groups of learners characterized by their temporal activity and predominant quiz and reading behavior.

Keywords: reading analytics; learning analytics; assessment; sequential pattern mining

1 Introduction

The acquisition of knowledge through reading and quizzes is a fundamental activity in online learning. Quizzes as formative assessments can help learners to identify gaps in their knowledge and understanding, which they can then overcome by reading the corresponding text-based learning material, e.g. eBooks or digital textbooks. The other way around, quizzes can be used to evaluate reading comprehension. Other than in video-based learning (e.g. MOOCs [Ko16]) or many printed textbooks, in common online courses, the quizzes are separated from text-based knowledge acquisition. This separation is probably caused by the modular design of learning systems providing e.g. HTML pages and test environments. However, teachers invest a lot of effort to provide useful quizzes that correspond to the provided text-based learning materials. The interaction of reading and quiz activities has hardly been investigated so far. We are using a Learning Analytics approach to analyze the interactions between reading and quiz activities. We aim to get further insights on how to adaptively support learners performing these activities at a time and over the course of a semester.

¹ FernUniversität in Hagen, Chair of Cooperative Systems, Universitätsstr. 1, 58097 Hagen, Germany
{dennis.menze, niels.seidel, regina.kasakowskij}@fernuni-hagen.de, <https://orcid.org/0000-0003-0002-868X>,
<https://orcid.org/0000-0003-1209-5038>, <https://orcid.org/0000-0003-2368-9851>

Regarding quizzes, events like attempt start, submission of solutions, and retries, among others are collected in the logs of an online learning environment, e.g. a Learning Management System. Similarly, reading activity can be indicated through scrolling events or page turns since eye tracking is not feasible in practice. To identify behaviors from these log events, sequences of events within individual user sessions have to be considered. Frequently occurring event sequences are referred to as sequential patterns. With regard to sequential patterns, we want to answer the first research question (RQ1): What sequential patterns can be identified in reading and quiz activities? Using proven sequential pattern mining algorithms, we are analyzing reading and quiz activities within the individual user sessions. From these patterns, we identified clusters of frequent learning behaviors. From this analysis, we expect insights about situations that may require an adaptive learning support.

We examine whether learners evolve in their learning behavior and thus also develop behaviors over the course of a semester that fit their particular life or study situation and their learning progress. To analyze these potential changes in behavior, we consider sequence patterns over six phases. Across these phases, we try to identify learners with similar behaviors using clustering approaches to answer the second research question (RQ2): What changes of reading and quiz patterns can be observed over time? Through this analysis, we aim to find hypotheses for personalized learning opportunities.

The remainder of the article is structured as follows. In section 2, we refer to related works. The applied methods are described in section 3, before we present the results and discussion in section 4 and 5. The article ends with a summary and outlook in section 6.

2 Related Works

The precise analysis of reading behavior is not very widespread in the field of learning analytics. Using eBooks, [BAO19] distinguished sequential and responsive reading behavior in a study (N=90) in order to determine engagement per page, content, and student. Reading engagement correlated with final grade while the proposed reading styles did not. The authors did not consider assessment and changes in the reading style over time. [SLC18] formed three groups from a cohort of 160 graduate students considering their reading motivation and reading duration with regard to four course texts. The learning behavior was coded into six sequential patterns: intensive reading, multi-tasking reading, skim-reading, passing a course unit test, not completing a test, and being inactive. Changes between these behaviors revealed differences between the three groups. After performing a test, the two groups with low reading duration bypassed reading material in favor of another test. Test performances did not correspond to the reading behavior. However, reading was roughly measured by page turns instead of paragraph views. [Yu13] modeled scrolling activities to predict the revisitation of short text sections to define implicit bookmarks. In comparison to the aforementioned works, scroll data was precisely recorded and analyzed over time.

The relationship between reading and quiz activities in higher education has only been examined in a few studies so far. [Fo14] analyzed respective relations using an interactive textbook. About 700 computer science students made use of mandatory quizzes and optional reading tasks. The majority of students directly performed the quizzes without reading any text. Those participants who were reading did it shortly before the due date of their homework and could not spend much time on reading. In an experimental design (N=36/38), [Ya21] compared reading comprehension using an eBook system with and without generated cloze items. Compared to the control group, the experimental group benefited from quiz items that effectively promoted their reading skills, reading engagement, and reading comprehension. The undergraduate participants could improve their reading comprehension through repeated tests.

Since learning processes in universities typically take place over several months, the question arises as how to analyze changes in learning activities and behaviors over time. [HDH21] analyzed collaborative writing behavior in small groups (N=65). The authors considered learners' individual sequences of defined behavior types (e.g. text contribution, monitoring, inactivity) as vectors. The distance of these vectors was used for clustering participants with similar behavior. However, co-occurring behaviors could not be considered and behavior types were considered as equivalent because of the applied Levenshtein distance measure. In a large study (N=13,362) of 412 courses in China, [Ch17] used transfer state diagrams to describe changes between interactions with the course material and among peers and the instructor. Longer interaction sequences have not been considered. Although the changes have been compared between three periods of one months, students have not been grouped based on behavioral similarities. [BD18] discovered temporal study patterns by coding activities related to video and quiz usage in a MOOC over a period of six weeks. Participants' activities were classified per week and then clustered on sequences of similar learning activities using an agglomerative clustering approach.

In summary, the interaction of reading and assessment has not been sufficiently explored. Especially reading analytics could be improved by precise scrolling measures. Methods like process mining and sequential pattern mining in combination with clustering has not been used to consider relations of reading and assessment.

3 Methods

3.1 Data

Participants and design: The study was conducted in the compulsory course "Operating Systems and Computer Networks" of a distance learning B.Sc. Computer Science study program (CS course) in the winter semester 2020/2021. For the enrolled students, a supplementary course was set up in a Moodle learning environment. The use of the learning environment was voluntary, but conditional on a two-step consent to use the platform and to participate in the study. As an incentive for students' participation, additional learning

opportunities such as self-assessments, assignments, semester planning support, and interactive course texts have been provided. These differences in the learning offers are comparable to different didactic offers of tutors in face-to-face teaching. Students not participating in the study had no disadvantages regarding the examination since the course texts provided to all enrolled students form the basis of the examination. 180 of the 534 CS course participants agreed to take part in the study and to use the Moodle environment. By the end of the semester, the same number of active participants had been recorded, but only 142 of them used the quizzes or texts offered in the course. The participating students were between 19 and 65 years old ($M=37.21$, $SD=9.03$). 128 were male and 52 female.

Material: The Moodle course contained four units including course texts, a newsgroup forum, recordings of live sessions, 30 assignments corrected by a tutor, and questions for exam preparation. For this study, 42 self-assessment questions [Ha21] and 23 multiple-choice questions were provided, both referred as quizzes.

Data collection & pre-processing: User interactions within the Moodle environment have been captured in the database, especially in the standard log store. To capture real usage data on users' reading behavior, we used the Intersection Observer API that is available in a modern web browser. The Intersection Observer fires log events as soon as a text section becomes visible within the viewport of the users' display. Text sections had a unique identifier and contained individual paragraphs, headlines, lists, images, and listings. The dataset consisted of 238,166 log entries from reading and quiz activities related to 1,359 individual user sessions. A user session is defined by a continuous sequence of consecutive log entries related to the quiz or reading activities of a user with a time difference between subsequent log entries of less than 45 minutes. Fig. 1 shows an example of a reading session indicating the beginning and end of sessions in comparison to shorter activity breaks. From these sessions, the events shown in Tab. 1 were derived (10,079 in total).

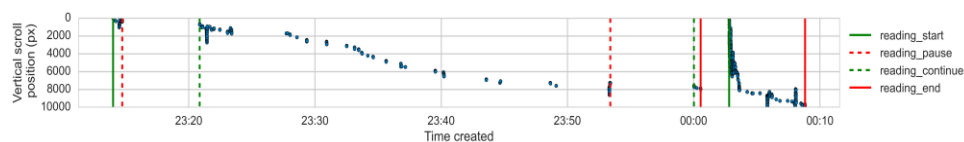


Fig. 1: Reading sessions derived from scroll events indicating begin, end, and activity breaks

3.2 Mining processes and sequences

To gain further insights into common patterns of user sessions, different methods may be used: trace or profile clustering ([SGV09; XL19], where a trace or profile could be the vector of frequencies of events per session, or the so-called hypothesis-driven approach from [BD18] of finding study patterns by labeling activity sub-sequences. The latter was used in this study. Thus, from each user session, nominal features were manually generated according to the following sequential properties: whether the sequences of events per session starts with, ends with and/or mainly consists of reading or quiz activities; and in which tertile the length of the sequence of reading events per session belongs (intervals:

[1, 3] < (3, 7) < (7, 84]). As there is no prior knowledge of how to best cluster the dataset, the unsupervised method k-means was used for clustering user sessions by their properties. The number of clusters was determined by the distortion score and silhouette score ([Ro87]). The distortion score is defined as the mean of the sum of squared distances of data points to the center of the cluster.

Event	Description	N
reading_start	first scroll event on page after at least 10 min without scrolling	987
reading_short	< 1min time window of scroll events on particular text page	576
reading_medium	1-5min time window of scroll events on particular text page	266
reading_long	> 5min time window of scroll events on particular text page	355
reading_pause	< 5min break without scroll events on particular text page	210
reading_continue	first scroll event after break on particular text page	210
reading_end	> 10min break without scroll events on particular text page	987
quiz_start	first time of opening particular quiz	2,785
quiz_repeat_same	repeated quiz attempt of same quiz after success or fail	567
quiz_repeat_other	repeated quiz attempt of a quiz unrelated to last success or fail	313
quiz_success	submitted a solution that is more than 80 % correct (cf. [Ma18])	1,473
quiz_fail	submitted a solution that is less than or equal to 80 % correct	1,350

Tab. 1: Definition of reading and quiz events within a session

Each cluster, containing a subset of user sessions, was further classified as to whether it contained mainly quiz activities or reading activities, or both. Next, on each cluster, HeuristicsMiner [WAM06] was used for visualizing the sessions as state transition charts. This method identifies state transitions between pairs of states A, B above a defined dependency threshold calculated as follows:

$$dependency(A, B) = \frac{|A \rightarrow B| - |B \rightarrow A|}{|A \rightarrow B| + |B \rightarrow A| + 1}$$

Since only pairwise activity sequences are considered when looking at state transitions, we also analyzed longer activity sequences using PrefixSpan algorithm [Pe01] for mining sequential patterns. To determine the most frequent sequences with a minimal length of three activities, the Support measure has been employed. The Support is defined as the proportion between the number of sequences containing a certain sequence and the number of all sequences. It ranges from 0 to 1, where 0 means that the sequence did not occur at all and 1 that the sequence occurred in all patterns.

3.3 Transitions over time

In the next step, the classified user sessions were assigned to six different time periods. As we considered due dates of course assignments as a natural temporal structure compared to equidistant periods (e.g. every 2 or 4 weeks) or periods with an equally distributed number of activities, the first four periods (P1–P4) were defined by due dates, whereas the remainder of the semester P5 and P6 stretched over one month each. For each period, the mode of user session classes was calculated, resulting in a table with 142 users (rows) and

6 periods (columns), each cell containing one of four values (“Mainly quiz”, “Mainly reading”, “Reading and quiz”, “No reading/quiz”). Using one-hot encoding on this table, k-means was used to cluster these dominant user session classes per time period.

4 Results

After presenting very brief results from a descriptive analysis, the results of the process and sequence mining of user sessions will be presented in the first part of the section. In the second part, the same activities are considered over time. The anonymized data and analysis scripts used are publicly available at <https://github.com/nise/delfi22>. For a descriptive analysis of the quiz activities, we refer to one of our previous papers [Ha21]. Fig. 2 shows how much of the estimated reading time (1006 characters per minute) students spent on the course unit (CU) texts during the whole semester. For CU1, for instance, 11% of students had reading sessions equal to or longer than 100% of the estimated CU reading time.

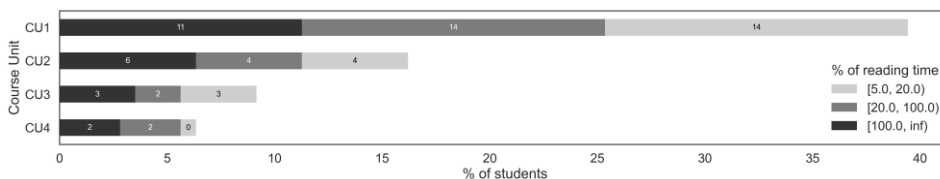


Fig. 2: Percentage of estimated reading time spent on page

4.1 Mining processes and sequences

For k ranging from 2 to 20, we used a silhouette analysis [Ro87] to find the best k representative clusters for the supplied dataset, using measurements of average distance inside the clusters and the average distance between the clusters. For $k = 6$, the best result was obtained (silhouette score = 0.89, distortion score = 111.63). As shown in Tab. 2, the size of the clusters is represented by the number of user sessions ranging from 94 to 394. The sessions covered by each cluster have been performed by a significant portion of participants (23.9% – 66.9%). For visualizing the transitions between the actions in a cluster, significant transitions are drawn in a transition state diagram using the HeuristicsMiner [WAM06] with a dependency threshold of 0.9. The action sequences in every cluster were further classified as to whether they contained mainly quiz activities (SC1, SC3, and SC4) or reading activities (SC2 and SC6), or both (SC5).

SC1 only contains quiz activities. 22% of those who call up a quiz continue to search other quizzes until they find one that suits them. If they fail a quiz, they continue with another one. The majority of those who accomplish a quiz successfully go for another one. Only a small fraction of 4% (72 cases) look for mastery and repeat the same quiz in order

to achieve the full score. Overall, the participants selectively go through the offered quizzes and perform some of them.

Session clusters	SC1	SC2	SC3	SC4	SC5	SC6	Total
Sessions (%)	234 (17.2)	207 (15.2)	394 (28.1)	261 (19.2)	169 (12.4)	94 (6.9)	1359 (100)
Users (%)	82 (57.8)	71 (50.0)	95 (66.9)	71 (50.0)	34 (23.9)	48 (33.8)	142 (100)

Tab. 2: Session clusters (SC)

Reading-only activities are part of SC2 (see an example session in Fig. 1). One-fifth each starts reading for a long and medium duration of time. 60 percent read only for a short time. No further findings could be derived from the three mined sequences. Since the learners do not interrupt their reading activities by pauses, another course unit, or quizzes, the activities shown in the sessions in SC2 indicate a directed and deliberate behavior shown by half of the participants.

SC3 is the largest cluster in size and the second quiz-only cluster. In almost half of the sessions, attempting a quiz will terminate the session without submitting a solution. 93 % of the sessions with a failed attempt will not be continued. Only 7 % who fail go for another quiz. 15 % of the successful attempts lead to the start of another attempt, but the majority terminate the session. For this session cluster, only sequences of length two were identified. SC3 is characterized by canceling quizzes after reading the quiz description or doing one attempt. About two-thirds of the participants showed this behavior.

SC4 as the third quiz-only cluster represents almost one-fifth of the sessions. About the same percentage of learners who start an attempt are successful or not. 42 % of those who fail try another quiz, while 45 % retry the same quiz to improve. After repeating the same quiz, 59 % are successful, but 35 % fail again. Only 5 % switch to another quiz. 4 % of those who successfully complete a quiz go for mastery to become even better. Half of the participants performed sessions as described in SC4. In these sessions, they intensively try to improve their quiz performance and aim to take multiple quizzes.

SC5 is related to both, reading and quiz activities, but almost all sessions (95 %) start with reading for a short (43 %), medium (22 %), or long (35 %) time. Quiz attempts are made after readings end (15 %) or during reading long (27 %) or a reading pause (12 %). 38 % of the quiz attempts are successful and 39 % of those are followed by another quiz attempt. 16 % continue to read the previously used text, while 34 % go for another text after the successful completion of a quiz. SC5 is characterized by a strong interaction of reading and quiz activities.

SC6 refers to reading-only activities and describes transitions between short, medium, and long reading phases after a reading break. Breaks from reading follow 29 % of the long and 14 % of short reading phases. After a reading break, one-third of each continued reading for a short, medium, and longer time. No further findings could be derived from the eight mined sequences. The user sessions assembled in this session cluster are characterized by reading multiple course units within a session.

4.2 Transitions over time

For $k=7$, the best result was obtained (silhouette score = 0.33, distortion score = 169.31). As depicted in Fig. 3, the size of the clusters C1 to C7 represents the number of learners with a similar learning behavior concerning quiz and reading activities. 9 to 31 learners have been assigned to a cluster. Tab. 3 provides an overview of the distribution of predominant activities in the individual clusters. The session clusters SC1–SC6 described in the previous subsection could be identified in each of the time-related clusters.

Clusters	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	Total
Learners	9	20	22	28	31	10	22	142
Quiz sessions	106	123	53	441	76	79	11	889
Reading sessions	125	25	47	51	12	13	28	301
Mixed sessions	108	8	20	24	5	0	4	169
Total sessions	339	156	120	516	93	92	43	1359

Tab. 3: Time-related clusters C1 to C7

The clusters are characterized by temporal activity patterns and the predominant activities in the corresponding user sessions. Temporal activity is represented by continuous learning activity for clusters C1 and C4. In contrast, the learners in cluster C5 have been active in hardly more than one period. Learners in clusters C3, C6, and C7 limited their activity to about two periods. The comparatively short activity span is related to an early course drop-out (C3, C5, C6), activity breaks (C2, C3, C5, C7), and a delayed start (C2 and partly C3). Preferences regarding quizzes and reading activities become apparent in Fig. 3. Learners in clusters C4 and C5 show a clear preference for quizzes. In contrast, the 10 learners in C6 started with reading in Moodle in the first two periods, but not all of them continued any activity in the subsequent periods. C1 is the only cluster with a clear preference for a combination of reading and quiz activities, while C2, C3, and C7 also show a considerable mix of activities within one period or over multiple periods. A change in behavior over time becomes partly apparent in C3, where learners move from reading to quizzes. In C1, the learners switched from a quiz to a combination of reading and quiz.

5 Discussion

For analysis, we applied methods like process mining, sequence mining, and clustering. In the particular context of online learning in distance education, the application of these methods and their results require a critical reflection. First of all, this analysis frames reading and quizzes as the main course activities but ignores other activities like newsgroup discussions, assignments, live sessions, and self-regulated learning support. Process mining better characterizes the whole session in abstract terms, while sequence mining identifies frequent shorter sequences of the sessions. By applying both methods, we could combine the advantages of both approaches. We considered the start, end, and proportion of reading and quiz activities as nominal features for clustering user sessions. Other approaches employed the frequency of activities (trace profile), process mining on each user session, and then clustering the dependency matrix. However, the selected features include

structural characteristics that indicate the intention for initiating and terminating a session. Furthermore, we were able to consider a comparatively large set of unique activities. Although the middle part of a session has been roughly mapped as a clustering feature, we employed sequential pattern mining to describe frequent patterns.

The second part of the analysis was concerned with behavioral changes over time. We decided on one-hot encoding for clustering user sessions over time. A more fine-grained timely similarity of user sessions as proposed by [HDH21] failed due to the large variety of different behaviors. Subsequent clustering of entire user sessions and user sessions over time with different features was caused by a different focus. Session clustering is aimed at answering RQ1 to identify general behavioral patterns about quiz and course text use. Therefore, the selected features represent structural differences in behavior regarding user sessions instead of creating static learner profiles showing a non-existing constant behavior. Since we identified a variety of six different session clusters, we were not able to consider all possible combinations of sessions over time for only 142 participants. The high number of clusters and comparatively small size indicates a limit for clustering over time using data of only 142 participants. As mentioned, the high dimensional data space derived from a few samples limits the significance of the analysis. For this reason, we reduced the number of features and increased the granularity of periods.

From an educational perspective, the results help to explain overall variations in learner participation in a distance learning course. Representative user sessions could be identified through clustering. Concerning quizzes, we found selective behavior to find preferred quizzes (SC1), canceling inappropriate quizzes (SC3), and intensive quiz sessions (SC4). Reading behaviors manifested in sessions with either a single course unit (SC2) or multiple course units (SC6). Also, interactions between reading and quiz activities could be observed (SC5). These behaviors can be associated with learning strategies indicating learning progress and difficulties and thus used for adaptive learning support.

Regarding RQ2, the analysis confirms the tendency to study independently of the temporal semester structure intended by the teacher. The students' life, work, and study circumstances require a high degree of temporal flexibility, which is reflected in delayed participation, early drop-out, and short trial periods in the session clusters. Teachers may attempt to further flex their teaching and, for example, avoid deadlines. However, teachers will not be able to accommodate too many different groups due to capacity constraints. Instead, personalized learning prompts and recommendations for learning activities could be created based on the groups and learning partners could be recommended.

The analysis underlines the importance of assessments in terms of quizzes. Even those groups who refused to read course texts in Moodle made use of the quizzes. The participants who refused the quizzes may have submitted other assignments that have been corrected by tutors. In the present analysis, we did not consider semantical relations between quizzes and course texts when clustering.

After quizzes, the provided reading facilities proved to be important for about one-third of the participants. Although the participants tend for short reading phases, considerable medium and long reading spans could be observed. However, some clusters of participants

seem to refuse to read course texts in Moodle. Likely, they do not refuse to read at all, since they successfully accomplished some of the quizzes. Instead, they may have used the print or PDF versions of the course texts. Note, that these materials contained QR-Codes pointing directly to quizzes in the Moodle course.

A strong interplay of reading and quizzes could not be confirmed by our analysis. Although some clusters of students used quizzes and course texts within the same user sessions, the mixture appears not as a predominant behavioral pattern concerning the user sessions and also over time. In a more detailed analysis, we could distinguish the paths from quiz to text and vice versa. For instance, the course texts contain several hyperlinks to corresponding quizzes, while the feedback to a submitted quiz included hyperlinks to the corresponding text sections. From the perspective of self-regulated learning, these cross-links are important.

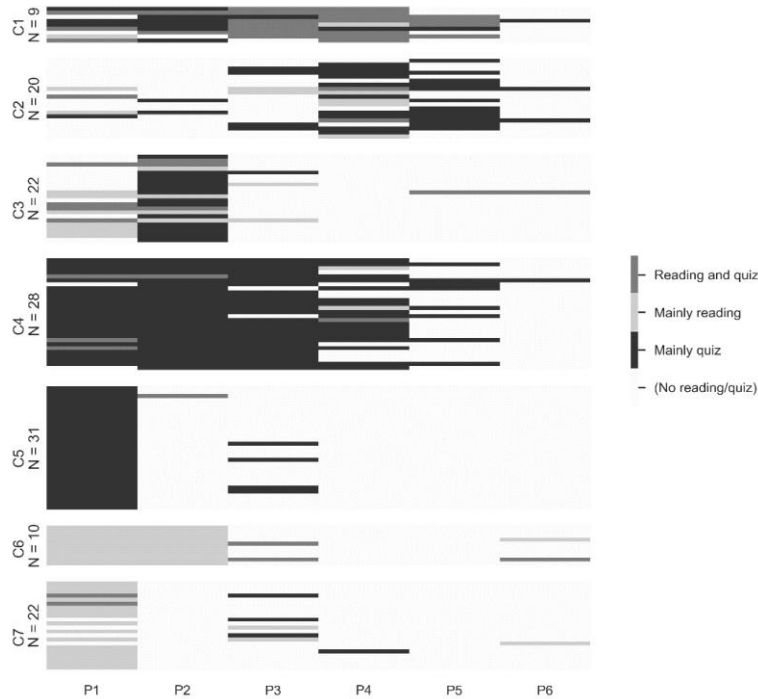


Fig. 3: Clustering users (one row per user) by their quiz and reading activity over six periods

6 Conclusion and Outlook

In this study, we aimed at analyzing interactions of reading and assessment that are potentially relevant to adaptively support learners. We could identify six session clusters of reading and quiz activities in our data (RQ1), which we further classified as comprising mainly quiz, mainly reading, or both reading and quiz activities. They showed subtle differences in their respective quiz and reading sequences: how many quizzes were tackled per session, if quizzes were repeated to deepen knowledge after a success or a fail, and how much reading per session and with or without breaks occurred. A strong relationship between reading and quiz activities per session could not be found. Some transitions between reading and quiz patterns could be observed over time (RQ2): early dropouts (C3, C5-C7), later-comers (C2), and a small cluster with some variance (first quiz, then more reading, C1), but the majority behaves like the big cluster (C4) with low variance (mostly quizzes).

In a further study, the found patterns (session clusters and activities over time) should be tried to be replicated in the following semester of the same course with different students. The prediction of clusters over time with machine learning methods, e.g. decision trees, could be elaborated, to investigate possible interventions more concretely. Correlations of found patterns with other factors like grades, assignment results and course re-enrollment should be studied. Furthermore, existing cross-links between quizzes and texts could be investigated. With the presented two step approach, we hypothesized groups of learners with similar reading and quiz behavior that could be provided with a personalized learning environment as well as adaptive support considering individual user sessions. Adaptation could scaffold flexible participation, self-regulation through the close interaction of reading and quiz, and maybe avoid drop-outs using predictions.

Acknowledgements This research was supported by the Research Cluster “Digitalization, Diversity and Lifelong Learning – Consequences for Higher Education” (D²L²) of the FernUniversität in Hagen, Germany.

Bibliography

- [BAO19] Boticki, I.; Akcapinar, G.; Ogata, H.: E-book user modelling through learning analytics: the case of learner engagement and reading styles. In: *Interactive Learning Environments* Bd. 27, Taylor & Francis (2019), pp. 754–765
- [BD18] Boroujeni, M. S.; Dillenbourg, P.: Discovery and temporal analysis of latent study patterns in MOOC interaction sequences. In: *Proc. of the 8th International Conference on Learning Analytics and Knowledge*. New York, NY, USA: ACM, 2018, pp. 206–215
- [Ch17] Cheng, H. N. H.; Liu, Z.; Sun, J.; Liu, S.; Yang, Z.: Unfolding online learning behavioral patterns and their temporal changes of college students in SPOCs. In: *Interactive Learning Environments* Bd. 25, Taylor & Francis (2017), pp. 176–188

- [Fo14] Fouh, E.; Breakiron, D. A.; Hamouda, S.; Farghally, M. F.; Shaffer, C. A.: Exploring students learning behavior with an interactive etextbook in computer science courses. In: *Comput. Hum. Behav.* Bd. 41, Elsevier (2014), pp. 478–485
- [Ha21] Haake, J. M.; Seidel, N.; Burchart, M.; Karolyi, H.; Kasakowskij, R.: Accuracy of self-assessments in higher education. In: *DELFI 2021 – Die 19. Fachtagung Bildungstechnologien der Gesellschaft für Informatik e.V.* (2021), pp. 97–108
- [HDH21] Hoppe, H.U.; Doberstein, D.; Hecking, T.: Using Sequence Analysis to Determine the Well-Functioning of Small Groups in Large Online Courses. In: *Int. J. Artif. Intell. Educ.* Bd. 31 (2021), Nr. 4, pp. 680–699
- [Ko16] Kovacs, G.: Effects of in-video quizzes on MOOC lecture viewing. In: *L@S 2016 - Proceedings of the 3rd 2016 ACM Conference on Learning at Scale, 2016*, pp. 31–40
- [Ma18] Maldonado-Mahauad, J.; Pérez-Sanagustín, M.; Kizilcec, R.F.; Morales, Nicolás; Munoz-Gama, Jorge: Mining theory-based patterns from Big data: Identifying self-regulated learning strategies in Massive Open Online Courses. In: *Computers in Human Behavior* Bd. 80 (2018), pp. 179–196
- [Pe01] Pei, J.; Han, J.; Mortazavi-Asl, B.; Pinto, H.; Chen, Q.; Dayal, U.; Hsu, M. C.: PrefixSpan: Mining sequential patterns efficiently by prefix-projected pattern growth. In: *Proceedings – Int. Conf. on Data Engineering* (2001), pp. 215–224
- [Ro87] Rousseeuw, P.; Rousseeuw, P.J.: Silhouettes: A Graphical Aid to the Interpretation and Validation of Cluster Analysis. *Comput. Appl. Math.* 20, 53-65. In: *Journal of computational and applied mathematics* Bd. 20 (1987), pp. 53–65
- [SGV09] Song, M.; Günther, C.W.; Van Der Aalst, W.M.P.: Trace clustering in process mining. In: *LNBIP* Bd. 17 LNBIP, 2009, pp. 109–120
- [SLC18] Sun, J. C.Y.; Lin, C.T.; Chou, C.: Applying Learning Analytics to Explore the Effects of Motivation on Online Students’ Reading Behavioral Patterns. In: *IRRODL* Bd. 19, Athabasca Univ Press (2018), pp. 209–227
- [WAM06] Weijters, A. J. M. M.; Aalst, W. M. P. van der; de Medeiros, A. K. A.: Process Mining with the HeuristicsMiner Algorithm, Technische Universiteit Eindhoven, Tech. Rep. WP, vol. 166, 2006, pp. 1–34
- [XL19] Xu, J.; Liu, J.: A Profile Clustering Based Event Logs Repairing Approach for Process Mining. In: *IEEE Access* Bd. 7, IEEE (2019), pp. 17872–17881
- [Ya21] Yang, A. C. M.; Chen, I. Y. L.; Flanagan, B.; Ogata, H.: Automatic Generation of Cloze Items for Repeated Testing to Improve Reading Comprehension. In: *Educational Technology & Society* Bd. 24, IFETS (2021), Nr. 3, pp. 147–158
- [Yu13] Yu, Ch.; Balakrishnan, R.; Hinckley, K.; Moscovich, T.; Shi, Y.: Implicit bookmarking: Improving support for revisitation in within-document reading tasks. In: *International journal of human-computer studies* Bd. 71, Elsevier (2013), pp. 303–320

Einsatz einer webbasierten Softwarelösung zur Echtzeitkollaboration in technisch-orientierten Studienfächern

Pascal Quindeau ¹, Sayed Hoseini ², Jens Kaufmann ³ und Christoph Quix ⁴

Abstract: Hochschulen stehen vor der Herausforderung, Kernkompetenzen mit zunehmend technischem Fokus zu vermitteln. Neben den fachlichen Aspekten gewinnen auch Schlüsselqualifikationen wie Kollaborationskompetenz an Bedeutung. Die durch die Corona-Pandemie zusätzlich gegebenen Herausforderungen für die Lehre rücken auch die Entwicklung neuer Lehr-/Lern-Konzepte in den Vordergrund. Dieser Beitrag zeigt, wie der Einsatz einer webbasierten Lehr- und Lernplattform für Echtzeitkollaboration die Gruppenarbeit zwischen Studierenden fördern kann und sie in der Lösung technisch-orientierter Aufgabenstellungen unterstützt. Die Lehr- und Lernplattform wurde zunächst in zwei technikhnen Veranstaltungen in unterschiedlichen Bachelor-Studiengängen integriert. Unter dem Ansatz des Scholarship of Teaching and Learning erfolgte eine Evaluation des eingeführten Lehr-/Lern-Konzeptes aus Lehrenden- und Studierendenperspektive über Erfahrungsberichte und ein Prä-/Post-Design. Der Beitrag stellt die Konzepte und Auswertungen dar. Diese zeigen, dass das Lehr-/Lern-Konzept unter Berücksichtigung des Vorbereitungsaufwandes eine messbare Verbesserung unterschiedlicher (in einem Fragebogen abgebildeter) Skalen hinsichtlich Kollaboration und Umgang mit technisch-orientierten Aufgabenstellungen mit sich bringt.

Keywords: Kollaboration, Scholarship of Teaching and Learning, Future Skills, Data Science

1 Einleitung

Wie der Stifterverband und McKinsey&Company in ihrer Studie darstellen, werden bis 2023 rund 700.000 neue Technologie-Spezialisten benötigt [Ki18]. Zu den aufgeführten ‚Future-Skills‘ zählen insbesondere grundlegende Fähigkeiten in der Datenanalyse sowie digitale Schlüsselqualifikationen, u.a. in den Kompetenzbereichen Kollaboration und digitales Lernen. Demgegenüber stehen die Auswirkungen der Corona-Pandemie auf die Lehrsituation an Hochschulen. Der von Studierenden beklagte mangelnde persönliche Austausch [BKS20] hemmt dabei potenziell die Ausbildung der Kollaborationsfähigkeiten. Vor diesem Hintergrund können Softwarelösungen eingesetzt werden, die dazu anregen, trotz räumlicher Distanz aktiv miteinander zusammenzuarbeiten und Aufgaben ge-

¹ Hochschule Niederrhein, Fachbereich für Elektrotechnik und Informatik, Reinarzstr. 49, 47798 Krefeld, pascal.quindeau@hs-niederrhein.de, <https://orcid.org/0000-0002-1286-7205>

² Hochschule Niederrhein, Fachbereich für Elektrotechnik und Informatik, Reinarzstr. 49, 47798 Krefeld, sayed.hoseini@hs-niederrhein.de, <https://orcid.org/0000-0002-4489-9025>

³ Hochschule Niederrhein, Fachbereich für Wirtschaftswissenschaften, Webschulstr. 41-43, 41065 Mönchengladbach, jens.kaufmann@hs-niederrhein.de, <https://orcid.org/0000-0002-0230-5575>

⁴ Hochschule Niederrhein, Fachbereich für Elektrotechnik und Informatik, Reinarzstr. 49, 47798 Krefeld, christoph.quix@hs-niederrhein.de, <https://orcid.org/0000-0002-1698-4345>

meinsam zu lösen. Angelehnt an Möglichkeiten zur gleichzeitigen Bearbeitung von Textdokumenten erfolgt die Aufgabenbearbeitung jedoch nicht nur durch das bloße Teilen eines Bildschirms, sondern durch eine gleichzeitige Bearbeitung aller Beteiligten.

Ausgehend von der in der Informatik etablierten Technik des *Pair Programming* können einer engen Kollaboration bei der Lösungserstellung von Programmieraufgaben positive Eigenschaften zugeschrieben werden, bspw. eine Steigerung der Lösungsqualität durch direktes Feedback der Gruppenmitglieder sowie größeres Selbstbewusstsein und mehr Spaß bei der Lösungserstellung [Ha09, Ha11]. Darüber hinaus setzen sich Studierende durch den kollaborativen Austausch intensiver mit den Inhalten der Aufgaben auseinander und ordnen diesen Effekt der engen Arbeit mit ihrem Gruppenmitglied zu [Va04].

In diesem Beitrag wird gezeigt, wie der kollaborative Austausch unter Studierenden durch den Einsatz einer webbasierten Lehr- und Lernplattform für Echtzeitkollaboration gefördert wird. Dazu wird nicht nur ein mit der Plattform einhergehendes neues Lehr- und Lernkonzept etabliert, sondern dieses auch lehrbegleitend evaluiert. Dieses Vorgehen entspricht dem *Scholarship of Teaching and Learning* (SoTL). SoTL umfasst „die wissenschaftliche Auseinandersetzung von Hochschullehrenden mit der eigenen Lehre und/oder dem Lernen der Studierenden durch Untersuchungen und systematische Reflexion mit der Absicht, die Erkenntnisse und Ergebnisse der interessierten Öffentlichkeit bekannt und damit dem Erfahrungsaustausch und der Diskussion zugänglich zu machen“ [Sz18, S. 21].

Unter Berücksichtigung der oben genannten Aspekte werden in diesem Artikel daher die folgenden Forschungsthemen mit Blick auf die Studierendenperspektive untersucht:

1. Der Einsatz einer webbasierten Softwareumgebung für Echtzeitkollaboration ermöglicht ein durch die Studierenden positiv wahrgenommenes Mehrwertempfinden von Gruppenarbeit.
2. Der Einsatz einer webbasierten Softwareumgebung für Echtzeitkollaboration erhöht die Bereitschaft der Studierenden zur Bearbeitung von technisch-orientierten Aufgabenstellungen.

Weiterhin wird auch die Lehrendenperspektive betrachtet, um den Integrationsaufwand der Softwareumgebung in bereits existierende Lehrveranstaltungen unter verschiedenen Voraussetzungen und Rahmenbedingungen zu beurteilen und den Mehrwert der Software subjektiv zu bewerten. Untersucht werden hier die Veranstaltungen Data Science und Datenbanken, die eine unmittelbare Nähe zu den oben erwähnten Future Skills aufweisen.

In Abschnitt 2 wird zunächst ein kurzer Überblick über verwandte Arbeiten bezüglich Pair Programming als enge Form der Kollaboration gegeben. Abschnitt 3 beschreibt die Anforderungen an eine mögliche Softwareumgebung und deren Auswahl sowie die gegebenen Lehr-/Lern-Szenarien im direkten Vergleich. Dort werden zudem die Erfahrungen aus der Lehrendenperspektive auf Grundlage der verschiedenen Lehrveranstaltungstypen betrachtet. Die Analyse der Studierendenperspektive folgt in Abschnitt 4. Abschnitt 5 diskutiert abschließend die Ergebnisse und fasst diese nochmals zusammen. Weiterhin wird ein Ausblick auf angestrebte Verbesserungen der Softwareumgebung gegeben.

2 Verwandte Arbeiten

Zacharis untersucht die Auswirkungen von Pair Programming in einem digitalen Lehr-/Lern-Szenario [Za09]. In einer ersten Studierendengruppe wurde allein gearbeitet, während die zweite Gruppe entsprechend ihrer Fähigkeiten in Paare eingeteilt wurden. Zur Zusammenarbeit nutzten sie digitale Kollaborationstools (Screensharing, Chat, Video). Wie auch beim klassischen Pair Programming erzeugten Paare höherwertige Lösungen und empfanden den Kollaborationsprozess als angenehm und förderlich für ihre Selbstsicherheit bei der Lösungserstellung. Hanks et al. [Ha08] fördern die Echtzeitkollaboration, indem sie einen Nutzercursor einführen, der direkt relevante Codestellen hervorheben kann. Zwei Gruppen wurden untersucht, wobei Studierende der ersten Gruppe im physischen und Studierende der zweiten Gruppe im digitalen Raum mithilfe des Softwaretools kollaborierten. Studierende der zweiten Gruppe trafen sich häufiger zur Zusammenarbeit, während die Bewertungen beider Gruppen gleich ausfielen. In [SS17] wird die Wirksamkeit von Pair Programming im Kontext eines Data-Science-Kurses untersucht. Auch dort erweist sich Pair Programming als vorteilhaft, indem besserer Code in weniger Zeit produziert wird. Weiterhin heben sie hervor, dass der beisitzende bzw. beobachtende Student neben den herkömmlichen Aktivitäten im Pair Programming zusätzlich die Rolle eines Researchers einnimmt und nach geeigneten Machine-Learning-Modellen bzw. Visualisierungsmethoden sucht, während der aktive Student weiterhin hauptsächlich programmiert.

3 Rahmenbedingungen des Lehrforschungsprojekts

3.1 Anforderungen und Auswahl einer Software für Echtzeit-Kollaboration

Für die Auswahl einer geeigneten Softwareumgebung sind Überlegungen bereits zu Beginn des Projekts gemacht worden [Ka21]. Unter Berücksichtigung von Anforderungen für die technische Einbindung wurde *CoCalc*⁵ ausgewählt. CoCalc baut auf der bekannten Notebook-Software Jupyter auf und setzt expliziten Fokus auf die Echtzeitkollaboration. Laut einer Studie [Wa19] zur Echtzeitkollaboration in Data-Science-Teams ist eine große Hürde das mangelnde Bewusstsein über die Aktivitäten aller Gruppenmitglieder. Damit einher geht die Beeinträchtigung zwischen Gruppenmitgliedern, z. B. durch die gleichzeitige Bearbeitung derselben Code-Segmente. CoCalc bietet als Lösung einen Benutzercursor, der die aktuelle Position aller Benutzer:innen im Code anzeigt, zusammen mit einer Änderungshistorie, die von allen Gruppenmitgliedern eingesehen werden kann. Dadurch erhöht sich die Sichtbarkeit vergangener und aktiver Änderungen aller Gruppenmitglieder. Beeinträchtigungen zwischen Gruppenmitgliedern können auch durch mangelnde Kommunikation entstehen. CoCalc bietet neben den Kollaborations- und Programmierfunktionen auch zusätzlich Kommunikationsfunktionalitäten um dies zu vermeiden.

⁵ <https://cocalc.com/> (Aufgerufen am 07.06.2022).

3.2 Verwendete Lehr-/Lern-Szenarien im Vergleich

Für den Einsatz der Softwareumgebung wurden Lehr-/Lern-Szenarien in zwei Veranstaltungen geschaffen, die beide technisch geprägte Studieninhalte vertreten, in ähnlicher Größe durchgeführt werden, aber verschiedene Studiengänge betreffen und in Intensität der Einbindung der Software variierten. Tabelle 1 stellt die Veranstaltungen gegenüber.

In beiden Veranstaltungen hatten die Studierenden die Möglichkeit, sich selbst zu Gruppen von drei bis vier Studierenden zusammenzufinden. Nach [Ch06] sind die Vorteile einer eigenständigen Gruppenwahl eine besser wahrgenommene Kommunikation sowie eine vertrauensvollere Zusammenarbeit. Die Gruppen ermöglichten über die Termine hinweg konsistente Zusammenschlüsse von Studierenden, die durch die Software eine neue Möglichkeit der Umsetzung ihrer Zusammenarbeit erhielten.

In der Veranstaltung *Data Science* erlernen die Studierenden die Grundlagen des Datenmanagements und der Datenanalyse. Dazu gehört die Arbeit mit SQL- und NoSQL-Datenbanksystemen, aber auch das Anwenden von Machine-Learning-Methoden in der Programmiersprache Python. Die Studierenden erhielten regelmäßig Übungsaufgaben, die im Zwei-Wochen-Rhythmus im Laufe des Semesters ausgegeben und bewertet wurden. Dadurch sollte eine kontinuierliche Beschäftigung mit dem Thema motiviert werden. Die Bearbeitung der Aufgaben fand außerhalb der Lehrveranstaltungstermine statt. In einer Präsenzübung wurden die Lösungen meist durch den Dozenten, aber auch durch Studierende präsentiert. Den Studierenden war freigestellt, ob sie zur Bearbeitung CoCalc benutzen oder sich über andere Systeme austauschen. Motiviert wurde die Nutzung der Softwareumgebung durch die darin integrierte Bereitstellung von Lernmaterialien in Form von Jupyter-Notebooks. Die Studierenden hatten somit die Möglichkeit, die Data-Science-Methoden direkt in einer Programmierumgebung auszuprobieren.

	Data Science	Datenbanken
Fachbereich	Elektrotechnik & Informatik	Wirtschaftswissenschaften
Studiengang	Informatik, B.Sc.	Wirtschaftsinformatik, B.Sc.
Semester	5. FS Wahlpflicht	3. FS Pflicht
Kursgröße	50-70	50-80
Veranstaltungstyp	Vorlesung / Übung	Vorlesung / Übung
Gruppengröße	3-4 Personen	3-4 Personen
Einsatzhäufigkeit und -art der Online-Plattform	semesterbegleitend, wöchentl., Präsenzübung bzw. Übungsaufgaben, eigenständigen Bearbeitung	3 Einzeltermine, je ca. 3-stündig, mögliche weitere Gruppenarbeit, z. B. zur Prüfungsvorbereitung
Themen / Aufgabenarten	Programmierung in Python für Data Science	Datenbankabfragen mit SQL

Tab. 1: Eigenschaften der Lehrveranstaltungen.

Die Veranstaltung *Datenbanken* kombiniert Vorlesungs- und Übungsinhalte, die etwa zur Mitte des Semesters die Vermittlung der Anwendung von SQL zur Abfrage von relationalen Datenbanken fokussieren. Im Rahmen des hier durchgeführten Lehr-Lern-Szenarios haben die Studierenden für die Übungselemente vorbereitete Jupyter-Notebooks erhalten, die Aufgabenstellungen und einzelne SQL-Befehle enthielten. Im Vergleich zu einer Präsenzveranstaltung, in der üblicherweise mehrere Studierende die zuvor lokal installierte Software auf dem Bildschirm eines Gruppenmitglieds betrachten und darüber diskutieren, erlaubt der Einsatz von CoCalc das gleichzeitige Bearbeiten der Inhalte. Die Studierenden konnten sich jederzeit aktiv in die Gestaltung der Lösung einbringen.

3.3 Bewertung aus Sicht der Lehrenden

In beiden Lehr-/Lern-Szenarien entfällt durch Bereitstellung der Lernplattform für die Studierenden eine Software-Installation, womit eine Verringerung der sonst häufigen Probleme mit der Installation und Konfiguration von Entwicklungsumgebungen einhergeht. Den Studierenden konnte während der Bearbeitungszeit auch direkt in ihrem Notebook Hilfestellung gegeben werden.

Wird CoCalc semesterbegleitend eingesetzt, so lässt sich der Prozess zur Ausgabe, Bearbeitung und Bewertung der Übungen direkt darin abbilden, da alle Daten (Aufgaben, Abgaben, Lösungen) über CoCalc ausgetauscht werden. Aus der Lehrendenperspektive war dies besonders vorteilhaft, da die Lösungen über die Plattform abgegeben wurden und dort auch direkt getestet und bewertet werden konnten.

Für einen Einsatz bei einzelnen Terminen bietet CoCalc im Kontext größerer Gruppen bzw. einer größeren Zahl von Kleingruppen weiterhin folgende Vorteile: (a) Studierende arbeiten gemeinschaftlich an einem interaktiven Notebook, was dazu führt, dass Rechtschreib- oder einfache Grammatikfehler beim „Abtippen“ von Lösungen entfallen. Die Lehrperson kann sich daher inhaltlichen Fragestellungen widmen. (b) Durch den Zugriff auf den Arbeitsstand aller Gruppen besteht eine Übersicht über den Fortschritt, der es erlaubt, gezielt einzelne Gruppen auf Förderbedarf anzusprechen und einen weitgehend homogenen Endbearbeitungsstand zu erreichen, der dann in der Großgruppe diskutiert wird.

Zur Erreichung der Vorteile bedarf es einer Vorbereitung und eines zumindest soliden Verständnisses der Softwareumgebung durch die Lehrenden. Eine Nutzung der Plattform zur eigenständigen Prüfungsvorbereitung wurde nicht quantitativ untersucht. Im Vergleich zu vorherigen Semestern ist aber festzuhalten, dass nahezu keine Rückfragen seitens der Studierenden zur bereitgestellten „Offline-Lösung“ gestellt wurden, dafür aber aktiv angefragt wurde, die Plattform bis zur Prüfung verfügbar zu halten. Die Zugriffszahlen blieben für beide Lehr-/Lern-Szenarien über das Semester hinweg relativ konstant.

4 Evaluation der Studierendenperspektive

4.1 Beschreibung des Forschungsdesigns

Um den Einfluss des neuen Lehr-/Lern-Konzeptes zu quantifizieren, empfiehlt sich ein Prä-Post-Design, bei dem die Versuchsteilnehmer zufällig in eine Versuchs- und eine Kontrollgruppe unterteilt werden [Bo00]. Dieses Design ist allerdings nicht ohne Weiteres auf die Lehre übertragbar. Einerseits sind die Teilnehmerzahlen für eine Aufteilung in zwei Gruppen nicht ausreichend. Andererseits können Studierende einer Gruppe nicht in ihren Lernmöglichkeiten benachteiligt werden, insbesondere wenn die Leistung benotet wird [BSM11]. Aus diesen Gründen wurde hier auf die Einführung einer Kontrollgruppe verzichtet, sodass ein quasi-experimentelles Forschungsdesign vorliegt.

Zur Betrachtung der Studierendenperspektive wurde ein Fragebogen⁶ anhand etablierter Empfehlungen konzipiert [DB16, MK20]. Die Reliabilität und insbesondere die interne Konsistenz wird hierbei über den Cronbach Alpha-Koeffizienten angegeben. Die Überprüfung der Validität kann im Kontext der vorliegenden Lehr-/Lern-Szenarien nur bedingt erfolgen. Der Fragebogen soll die zwei latenten Submerkmale „Mehrwertsempfinden von Gruppenarbeit“ (GWSCALE) sowie „Bereitschaft zur Bearbeitung von technisch-orientierten Aufgabenstellungen“ (TESCALE) durch Frage-Items operationalisieren. Dies wird im Folgenden am Beispiel der Inhaltsvalidität und Konstruktvalidität nachgewiesen.

Um die *Inhaltsvalidität* nach gutem Gewissen zu maximieren, wurde eine Literaturrecherche existierender Fragebögen sowie Ausarbeitungen zu den vorliegenden Themenschwerpunkten (insb. digitaler Kollaboration) durchgeführt. Hanks et al. [Ha11] gehen auf die positiven Effekte enger Kollaboration im Sinne des Pair Programming ein. Driver [Dr02] stellt einen Fragebogen zur Kollaboration und Kooperation zur Verfügung. Ebenso formuliert auch Zacharis [Za09] entsprechende Frage-Items. Wang et al. [Wa19] beziehen sich hingegen auf die positiven Effekte einer Zusammenarbeit bei der Bearbeitung von Data-Science-Aufgaben. Die Anzahl der Items wurde im vorliegenden Forschungsdesign auf fünf (Subskala GWSCALE) bzw. vier (Subskala TESCALE) reduziert, um einer Fragebogenermüdung vorzubeugen [GB09]. Zudem wurde der Wortlaut der Fragen auf die vorliegenden Forschungshypothesen angepasst. Die Frage-Items sind für Prä- und Post-Fragebogen gleich, wobei im Post-Fall ein Bezug zu den Lehrveranstaltungen vorangestellt wurde. Der Post-Fragebogen wurde um zwei offene Frageitems für Anmerkungen zur Gruppenarbeit sowie der Softwareumgebung und drei Frageitems ausschließlich zur Softwareumgebung erweitert. Alle Items wurden über eine siebenstufige Likert-Skala abgebildet, wobei nur die Randwerte vorgegeben waren. Der Fragebogen wurde den Studierenden zu Beginn der Lehrveranstaltungen und nach dem letzten vorgesehenen Einsatz der Softwareumgebung in der jeweiligen Lehrveranstaltung zur Verfügung gestellt.

⁶ <https://doi.org/10.5281/zenodo.6619431>

4.2 Aufbereitung der Fragebogenergebnisse

Zunächst wurden extreme Abweichungen zwischen den Prä- und Post-Fragebögen identifiziert und als Ausreißer entfernt, sofern ein systematisches bzw. fehlerhaftes Antwortverhalten vorlag. Ausnahmen von diesem Vorgehen waren nur zulässig, sofern dies zur Aufrechterhaltung datenschutzrechtlicher Vorgaben notwendig war; dieser Fall trat insgesamt nur einmal auf. Die korrigierten Rücklaufzahlen werden in Tabelle 2 dargestellt. In der Spalte „Zugeordnet“ finden sich diejenigen Fragebögen, bei denen eine Zuordnung zwischen Prä- und Post-Antworten möglich war. Studierende mussten zur Zuordnung einen Code generieren, der über die Fragebögen hinweg gleichblieb.

Um sicherzustellen, dass sich die Frage-Items tatsächlich zu zwei Subskalen zusammenfassen lassen, muss zunächst die Zwei-Dimensionalität der Frage-Items nachgewiesen werden (Konstruktvalidierung). Hierzu können faktoranalytische Verfahren angewandt werden [MK20]. Im Rahmen dieser Arbeit wurde dazu die explorative Faktorenanalyse einmal auf den Prä- und einmal auf den Post-Daten durchgeführt. Für einen ersten Einblick in eine mögliche Faktorenstruktur können die Korrelationen zwischen den Item-Antworten visualisiert werden. Abbildung 1 deutet tatsächlich auf eine Zwei-Faktor-Struktur hin.

Veranstaltung	Prä	Post	Zugeordnet
Data Science	38	19	10
Datenbanken	60	27	14

Tab. 2: Rücklaufzahlen der Fragebögen in den beiden Lehrveranstaltungen

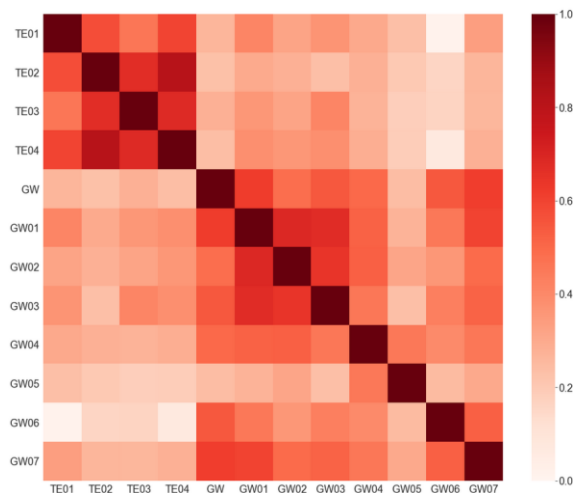


Abb. 1: Korrelogramm der Item-Antworten aus dem Prä-Fragenbogen. Für die Subskala GWSCALE wird bei den Items ein GW vorangestellt (respektive TE für TESCALE).

Durch das Kaiser-Meyer-Olkin-Kriterium (KMO) lassen sich die visuellen Eindrücke in einer gebündelten Kennzahl festhalten. In beiden Fällen liegt der KMO-Wert bei 0.86, was für eine „gute“ Eignung zur Faktorenanalyse spricht [Ho16]. Die Anzahl der zu extrahierenden Faktoren wurde mit Hilfe des Scree-Test und der Parallel Analysis (PA) ermittelt. Sowohl der Scree-Test als auch die PA sprechen für eine Zwei-Faktorstruktur.

Gemäß der in der Literatur geltenden Empfehlungen [Ho16] wurden Faktorladungen ≤ 0.4 herausgefiltert. Das Frage-Item GW05 („In einer Gruppenarbeit fällt es mir leicht, jederzeit den aktuellen Fortschritt unserer Gruppe einzuschätzen“) weist sowohl in den Prä- als auch in den Post-Daten ungeeignete Ladungen auf und wurde daher für die weitere Analyse ausgeschlossen. Schließlich wurde zur Betrachtung der internen Konsistenz noch der Cronbach Alpha-Koeffizient ermittelt. Die Berechnung erfolgt getrennt für die beiden Subskalen und ergibt Alpha-Werte zwischen 0.87 und 0.95, was auf eine gute interne Konsistenz hindeutet [TD11]. Auf Grundlage der vorangestellten Überlegungen werden die Frage-Items GW01 – GW07 (exklusive GW05) und TE01 – TE04 abschließend zu den beiden Subskalen GWSCALE und TESCALE über den Mittelwert der Items aggregiert.

4.3 Qualitative Betrachtung

Für ein besseres Datenverständnis wird zunächst eine qualitative Analyse durchgeführt. Zudem ermöglicht dies auch weitere Rückschlüsse, die für die Interpretation der quantitativen Analyse in Abschnitt 4.4 genutzt werden können. Die Verteilung der Prä- und Post-Scores kann Abbildung 2 entnommen werden. Zu sehen ist in beiden Veranstaltungen ein leichter Anstieg der Post-Scores gegenüber den Prä-Scores. Dieser Anstieg ist bei der Subskala TESCALE am größten. Ein leicht abgeschwächter Effekt lässt sich bei der Subskala GWSCALE beobachten, wobei dieser Effekt bei der Veranstaltung Data Science nochmal schwächer ausfällt. Insgesamt lässt die Abbildung also auf einen positiven Effekt von Co-Calc und dem damit einhergehenden Lehr-/Lern-Konzept schließen. Es ist allerdings zu

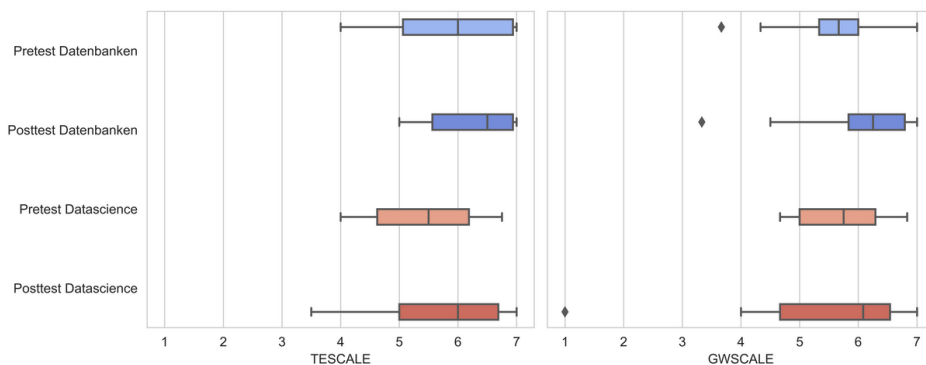


Abb. 2: Gegenüberstellung der Prä- und Post-Scores bzgl. der Subskalen TESCALE (links) und GWSCALE (rechts) aufgeteilt nach den Veranstaltungen Data Science und Datenbanken.

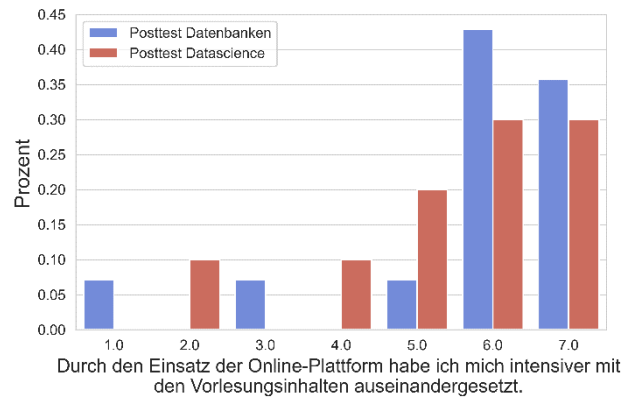


Abb. 3: Antworthäufigkeiten der Studierenden bei Frageitem OP03 für die Veranstaltungen Data Science und Datenbanken. (Antworthäufigkeiten [%], normiert je Veranstaltung).

berücksichtigen, dass zur Darstellung des Boxplots der Median genutzt wird, während zur Berechnung der Teststatistik beim t-Test Mittelwerte herangezogen werden.

In Abbildung 3 wird exemplarisch die Antwortverteilung der Studierenden in beiden Veranstaltungen für das Frageitem OP03 dargestellt. Durch das Item OP03 kann ein direkter Bezug zu CoCalc und den darin abgebildeten Vorlesungsinhalten erfolgen. Etwa 85% der Studierenden, die im Rahmen der Veranstaltung Datenbanken an der Befragung teilgenommen haben, stimmen demnach eher oder voll zu (5 bis 7 Punkte auf der Skala), dass sie sich durch Nutzung von CoCalc intensiver mit den Vorlesungsinhalten auseinandergesetzt haben. Bezogen auf die Veranstaltung Data Science lag dieser Wert bei 80% der Studierenden. Dies spricht erneut für einen Einsatz der Softwareumgebung.

Einen weiteren Einblick in das Stimmungsbild der Studierenden ermöglichen die offenen Frageitems. Bezüglich der Gruppenarbeit haben sich die Studierenden in 8 von 17 Beiträgen positiv geäußert. Sie sprechen sich dabei für die Zusammenarbeit mittels CoCalc aus und loben die Plattform für die vereinfachte Koordination sowie die praktische und performante Nutzung der Jupyter-Notebooks. Drei Studierende sprechen sich negativ zur Gruppenarbeit aus. Dabei bedauern sie die fehlende Mitarbeit ihrer Gruppenmitglieder und wünschen sich mehr Einzelarbeit. Weiterhin durften die Studierenden auch Änderungsvorschläge einreichen. Zwei der Studierenden wünschen sich Zweier-Gruppen, vermutlich basierend auf dem zuvor genannten Kritikpunkt. Bezüglich der Plattform CoCalc wünschen sich die Studierenden eine verbesserte Übersicht der zu bearbeitenden Veranstaltungsinhalte. Dies betrifft vor allem die Veranstaltung Data Science, da hier viele Aufgaben über einen längeren Zeitraum bearbeitet werden mussten (vgl. Abschnitt 3.2).

4.4 Quantitative Auswertung

Die quantitative Auswertung erfolgt auf Grundlage der Subskalenwerte GWSCALE und TESCALE. Dazu wurden zunächst die Differenzen zwischen Prä- und Post-Werten berechnet. Anschließend wurde die Normalitätsbedingung des t-Tests über den Shapiro-Wilk-Test geprüft. Dieser ergibt für GWSCALE ein signifikantes ($p = 0.002$) und für TESCALE ein nicht signifikantes ($p = 0.558$) Ergebnis. TESCALE lässt sich demnach durch eine Normalverteilung beschreiben, GWSCALE nicht.

Nachdem die Annahmen für den t-Test geprüft wurden, wurde für GWSCALE ein Wilcoxon-Test und für TESCALE ein t-Test für verbundene Datenpaare durchgeführt. Zur Vermeidung einer Alpha-Fehler-Kumulierung wurden die Alpha-Werte durch die weniger konservative Bonferroni-Holms Prozedur [Ab10] angepasst. Als Signifikanz-Niveau wurde $\alpha = 0.05$ angesetzt.

Subskalen	Prä-Mean (SD)	Post-Mean (SD)	Test- Statistik	p-Wert	Hedge's g_{av}
GWSCALE	5.6 (0.47)	5.8 (1.42)	89.00	0.889	-
TESCALE	5.7 (1.01)	6.1 (0.96)	2.610	0.015	0.35

Tab. 3: Abschließende Ergebnisse der statistischen Tests und Effektstärkenberechnung. Für GWSCALE wurde ein Wilcoxon-Test durchgeführt, für TESCALE ein t-Test.

Tab. 3 fasst die statistischen Ergebnisse zusammen. Die Differenz der Prä-/Post-Werte stellt sich bzgl. TESCALE ($p = 0.015$) als signifikant heraus. Die Unterschiede bezüglich GWSCALE ($p = 0.889$) sind nicht signifikant. Für TESCALE ergibt sich weiterhin eine kleine Effektstärke (Hedge's $g_{av} = 0.35$) basierend auf den Benchmarks in [Co13]. Nach Cohen können kleine Effektstärken einen aussagekräftigen Effekt haben und sind in neuen Forschungsbereichen mit unkontrollierten Forschungsdesigns üblich [vgl. Co13, S. 25].

5 Zusammenfassung und Ausblick

Die Ergebnisse zeigen eine grundsätzlich positive Haltung der Studierenden gegenüber dem Lehr-/Lern-Konzept und der Softwareumgebung CoCalc. Die erste Forschungshypothese ließ sich zwar nicht durch einen statistischen Test belegen (Gründe hierfür können eine zu geringe Stichprobengröße oder eine zu geringe Effektstärke sein), doch zeigen insbesondere die offenen Antworten der Studierenden, dass die Softwareumgebung sie in ihrer Gruppenarbeit bestärkt und die Kommunikation und Koordination verbessert hat. Sie unterstützen nicht nur das neue Lehr-/Lern-Konzept, sondern fühlen sich auch selbstsicherer bei der Bearbeitung der technisch-orientierten Aufgaben, was das signifikante Testergebnis der zweiten Forschungshypothese nochmals betont. Der Einfluss der Aufgabenkomplexität wurde hier nicht untersucht. Auch aus Lehrendenperspektive bringt CoCalc einen großen Mehrwert, wobei insbesondere die erleichterte Bewertung von Lösungen und die Unterstützung der Studierenden beim eigentlichen Arbeitsprozess hervorzuheben sind.

Das positive Antwortverhalten der Studierenden könnte allerdings auch auf das Phänomen der „Sozialen Erwünschtheit“ zurückgeführt werden [DB16]. Demzufolge antworten die Studierenden positiver, um Erwartungen gerecht zu werden. Um dem entgegenzuwirken, wurde dem Fragebogen ein Verweis auf ein ehrliches Antwortverhalten und die Freiwilligkeit der Beantwortung vorangestellt.

Für die Zukunft ist eine weitere Entwicklung der Plattform CoCalc geplant sowie ein Einsatz in anderen Informatik-nahen Lehrveranstaltungen. Weiterhin wurden die Konzepte im Rahmen des Corona-bedingten Digital-Semesters erprobt und evaluiert. Eine Überführung in die Präsenzlehre kann hierbei beinahe nahtlos erfolgen und findet im aktuellen Semester auch statt. Überall, wo Studierende über größere Distanzen zusammenarbeiten müssen und ein Zusammenkommen nicht ohne weiteres möglich ist (bspw. eingeschränkte Bestuhlung in Veranstaltungsräumen oder Übungen außerhalb der Hochschule), kann CoCalc genutzt werden, um die Zusammenarbeit zu vereinfachen. Ein weiteres Ziel ist die Integration der Kollaborationsplattform in die Lernplattform Moodle, um Lerninhalte wie Aufgaben, Beispiele und Lösungen ohne manuellen Datei-Upload oder -Download direkt zwischen den verschiedenen Systemen übertragen zu können.

Danksagung: Die Arbeiten entstanden im Rahmen der Projekte *IoHubHN*, gefördert durch die Fellowships für Innovationen in der digitalen Hochschullehre (Träger: Ministerium für Kultur und Wissenschaft des Landes Nordrhein-Westfalen und der Stifterverband) und *KI-transdisziplinär*, gefördert durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (Förderkennzeichen: 16DHBKI070). Die Autoren danken darüber hinaus David Peters und Dr. Sylvia Ruschin für ihre Unterstützung.

Literaturverzeichnis

- [Ab10] Abdi H.: Holm's sequential bonferroni procedure. *Encyclopedia of Research Design*, 1(8): S. 1-8, 2010.
- [BKS20] Boros N., Kiefel K., K. Schneijderberg: Kurzbefragung der Studierenden: Gesamtbericht. Universität Freiburg, Freiburg, 2020.
- [Bo00] Bonate P. L.: *Analysis of pretest-posttest designs*. Chapman and Hall/CRC, 2000.
- [BSM11] Brockx B., Spooren P., Mortelmans D.: Taking the grading leniency story to the edge: The influence of student, teacher, and course characteristics on student evaluations of teaching in higher education. *Educational Assessment, Evaluation and Accountability*, 23(4), S. 289-306, 2011.
- [Ch06] Chapman K. J., Meuter M., Toy D., Wright L.: Can't we pick our own groups? The influence of group selection method on group dynamics and outcomes. *Journal of Management Education*, 30(4), S. 557-569, 2006.
- [Co13] Cohen, Jacob: *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. Routledge, 2013.
- [DB16] Döring N., Bortz J.: *Forschungsmethoden und Evaluation*. Springer, 5. Aufl., 2016.

- [Dr02] Driver M.: Exploring student perceptions of group interaction and class satisfaction in the web-enhanced classroom. *The Internet and Higher Education*, 5(1), S. 35-45, 2002.
- [GB09] Galesic M., Bosnjak M.: Effects of questionnaire length on participation and indicators of response quality in a web survey. *Public opinion quarterly* 73.2 (2009), S. 349-360.
- [Ha08] Hanks B.: Empirical evaluation of distributed pair programming. *International Journal of Human-Computer Studies*, 66, S. 530-544, 2008.
- [Ha09] Hannay J. E., Dybå T., Arisholm E., Sjøberg D.: The effectiveness of pair programming: A meta-analysis. *Information and software technology*, 51(7), S. 1110-1122, 2009.
- [Ha11] Hanks B., Fitzgerald S., McCauley R., Murphy L., Zander C.: Pair programming in education: A literature review. *Computer Science Education*, 21(2), S. 135-173, 2011.
- [Ho16] Howard M. C.: A review of exploratory factor analysis decisions and overview of current practices: What we are doing and how can we improve? *International Journal of Human-Computer Interaction*, 32(1), S. 51-62, 2016.
- [Ka21] Kaufmann J., Hoseini S., Quindeau P., Quix, C., Ruschin, S.: Bringing it all together - Gemeinschaftlich aktiv lernen am virtuell geteilten Bildschirm in der Hochschule und digital. *HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik* 58.6, S. 1378-1393, 2021.
- [Ki18] Kirchherr J. W., Klier J., Lehmann-Brauns C., Winde M.: Future skills: Welche Kompetenzen in Deutschland fehlen. *Future Skills - Diskussionspapier 1*, 2018.
- [MK20] Moosbrugger H., Kelava A.: *Testtheorie und Fragebogenkonstruktion*. Springer, 2020.
- [SNJ19] Saqr M., Nouri J., Jormanainen I.: A learning analytics study of the effect of group size on social dynamics and performance in online collaborative learning. *European Conference on Technology Enhanced Learning*, Springer, S. 466-479, 2019.
- [SS17] Saltz J. S. und Shamshurin I.: Does pair programming work in a data science context? An initial case study. *2017 IEEE Intl. Conf. on Big Data*. IEEE, 2017.
- [Sz18] Szczyrba B., Huber L., Vogel M., Sethe R., Pilniok A. (Eds.): *Forschendes Lehren im eigenen Fach: Scholarship of Teaching and Learning in Beispielen*. wbv, 2018.
- [TD11] Tavakol M., Dennick R.: Making sense of cronbach's alpha. *International Journal of Medical Education*, 2(53), 2011.
- [Va04] Van De Grift T.: Coupling pair programming and writing: learning about students' perceptions and processes. *Proc. 35th SIGCSE Tech. Symp. Comp. Sci. Education*. 2004.
- [Wa19] Wang A. Y., Mittal A., Brooks C., Oney S.: How data scientists use computational notebooks for real-time collaboration. *Proc. ACM Human-Computer Interaction*, 3(CSCW): S. 1-30, 2019.
- [Za09] Zacharis N.: Evaluating the Effects of Virtual Pair Programming on Student's Achievement and Satisfaction. *Intl. J. Emerging Tech. In Learning (IJET)*, 4(3), S. 34-39, 2009.

Zum Einfluss von Adaptivität auf die Interaktion mit Bildungstechnologien

Tobias Moebert ¹

Abstract: Verschiedenste sozio-technische Konstellationen finden momentan Einzug in unseren privaten, aber auch beruflichen Alltag. So wurde beispielsweise in den letzten 20 Jahren im Bereich der Bildungstechnologien vermehrt an adaptiven Lösungen geforscht. Ziel dieser Lehr-/Lernsysteme ist es, sich automatisch an die Bedürfnisse der Lernenden oder die Erfordernisse des Lehrszenarios anpassen. Eine Herausforderung ist dabei das Einbringen von Unvorhersehbarkeit in die Mensch-Computer-Interaktion. Als Folge wird die Interaktion mit solchen Systemen oft als komplex wahrgenommen. Ziel der in diesem Paper beschriebenen Arbeit war es, ein Modell und eine Herangehensweise zu entwickeln, die es ermöglichen, komplexitätsgebende Interaktionen zu identifizieren und den Einfluss von Adaptivität auf die Wahrnehmung von Komplexität herauszustellen. Für die Erprobung und Evaluation wurde die entworfene Heuristik an den Ergebnissen zweier Forschungsprojekte angewendet, die das Ziel hatten, adaptive bildungstechnologische Lösungen für unterschiedliche Problemstellungen zu entwickeln. Dadurch konnten Erkenntnisse gewonnen werden, die sich für den Einsatz von Adaptivität in Bildungstechnologien generalisieren lassen.

Keywords: Bildungstechnologien, Adaptivität, Interaktion, Komplexität, Analysewerkzeug

1 Einleitung

Verschiedenste sozio-technische Konstellationen finden momentan Einzug in unseren privaten, aber auch beruflichen Alltag. So auch im Bereich der Bildungstechnologien, in dem vermehrt an adaptiven Bildungstechnologien geforscht wird. Ziel ist es, Lehr-/Lernsysteme zu entwickeln, die sich automatisch an die Bedürfnisse des Lernenden oder die Erfordernisse des Lehrszenarios anpassen [Bru01, PL04]. Aber auch verschiedene Probleme und Herausforderungen werden mit adaptiven Anwendungen in Verbindung gebracht. Ein immer wieder behandeltes Thema ist das Einbringen von Unvorhersehbarkeit durch adaptive Anwendungen in die Mensch-Computer-Interaktion (MCI). [Alv+09] beschreibt, dass eine Anwendung, die sich anpasst und für die gleiche Eingabe nicht dieselbe Ausgabe produziert, für Nutzende sehr wahrscheinlich intransparent und unvorhersehbar erscheinen würde. Auch [Rus+03] stellt fest, dass das Verhalten adaptiver Systeme unvorhersehbar, undurchschaubar und kompliziert sein kann. Dieses potenziell unvorhersehbare Verhalten kann „magisch“ wirken, wenn keine klaren Ursache-Wirkungs-Beziehungen erkennbar sind. [Rus+03] spricht hierbei von

¹ Universität Potsdam, Institut für Informatik und Computational Science, An der Bahn 2, 14476 Potsdam, tobias.moebert@uni-potsdam.de, <https://orcid.org/0000-0001-9736-3470>

einem „Geist in der Maschine“, den die Nutzenden verstehen müssen, um mit dem System interagieren zu können. Oft wird deshalb bei der Interaktion mit adaptiven Systemen eine diffuse Komplexität wahrgenommen, die unaufgelöst zu einem Verlust des Vertrauens in das System führen kann. Um dem adäquat begegnen zu können, soll in dieser Arbeit eine Sichtweise auf das Konzept der Komplexität vorgestellt werden, nach der Komplexität nicht länger ausschließlich als eine Eigenschaft eines einzelnen Systems respektive Systembestandteils angesehen wird. Vielmehr wird auch der Interaktion mit dem System eine komplexitätsgebende Qualität zugeschrieben, die aus verschiedenartigen Wahrnehmungseffekten resultiert. Um diese Interaktionskomplexität sichtbar zu machen, wurde ein Analysewerkzeug entworfen, welches im Folgenden vorgestellt werden soll. Mittels dieses Werkzeugs wurde untersucht, welchen Einfluss Adaptivität auf die Wahrnehmung von Komplexität bei der Interaktion mit adaptiven Bildungstechnologien hat, was mögliche Ursachen sind und wie diesen begegnet werden könnte (vgl. [Moe21]).

Im Folgenden werden ausgesuchte Forschungen zu Komplexität herangezogen, um einerseits die Grenzen aktueller Konzepte und andererseits die wesentlichen Dimensionen der Konzeptualisierung von Interaktionskomplexität herauszustellen (Kap. 2). Aufbauend auf diesen theoretischen Überlegungen wird in Kapitel 3 ein Analysewerkzeug zur Sichtbarmachung von Interaktionskomplexität vorgestellt. Kapitel 4 wendet in einer qualitativen empirischen Untersuchung das Werkzeug auf zwei bereits entwickelte adaptive Bildungstechnologien an. Schlussendlich fasst Kapitel 5 die Untersuchungsergebnisse zusammen und zeigt ausblickend auf, welcher Nutzen aus dem vorgestellten Modell gewonnen werden kann.

2 Zur Wahrnehmung von Komplexität

Um die Wahrnehmung von Komplexität bei der Mensch-Technik-Interaktion (MTI) beschreibbar zu machen, bedarf es einer Definition ebendieser Komplexität und der für sie ausschlaggebenden Faktoren. Dies erweist sich jedoch als schwierig, denn weder im gesellschaftlichen Kontext noch im wissenschaftlichen Diskurs herrscht Konsens über die Verwendung des Begriffs. Ganz im Gegenteil: Der Begriff der Komplexität wird in der wissenschaftlichen Forschung, je nach Disziplin und gesellschaftlichem Kontext, unterschiedlich definiert, so dass nicht von einem einheitlichen Verständnis gesprochen werden kann [Sc14, Luh09, GRG17]. Fest steht, dass Komplexität ein mehrdimensionaler Begriff ist, der in verschiedenen Kontexten betrachtet und auf verschiedene Systeme angewendet wird. Welche Dimensionen jedoch bei der Betrachtung relevant sind und wie entsprechende Operationalisierungen aussehen, hängt von dem jeweiligen Erkenntnisinteresse ab (vgl. [Luh09]). In Mathematik und Informatik kennt man diverse Berechenbarkeitsgrade der Komplexität von Problemen, Prozessen, Algorithmen und Programmen [Mai08]. Oft stellt sich hierbei nicht nur die Frage, ob ein komplexes Problem gelöst werden kann, sondern auch wie lange dessen Berechnung dauert oder wie viele Ressourcen benötigt werden. Als Beispiele seien hier die *Zyklomatische Komplexität* oder die *Zeitkomplexität* genannt [Mc76, HS65]. Auch wenn diese und auch andere Verfahren sehr praktisch sind, um die informatischen Problemen innewohnende

Komplexität zu messen, so sind sie dennoch ungeeignet, um die Wahrnehmung von Komplexität in der MTI zu beschreiben. Um dies zu erreichen, wurden verschiedene Sichtweisen auf das Phänomen *Komplexität* betrachtet, die nicht dem informatischen Verständnis entsprechen. Einen Einblick in den Unterschied zwischen trivialen und nicht-trivialen (oder einfachen und komplexen) Maschinen hat dabei [SF93] gegeben. Darauf aufbauend wurde die Arbeit von [UP91] betrachtet, die sich mit der Unterscheidung von einfachen, komplizierten und komplexen Systemen sowie Problemsituationen auseinandersetzt. [SB07] konnte zeigen, wie Menschen in unterschiedlichen Situationen Entscheidungen treffen und [GRG17] lieferte Kriterien für die Komplexität in dynamischen Systemen. Zudem haben all diese Arbeiten wiederholt festgestellt, dass eine entscheidende Voraussetzung für Komplexität die **Dynamik** ist, also die Veränderlichkeit des Systems bzw. der Situation. Ebenso wurde in allen Arbeiten wiederholt darauf eingegangen, dass Komplexität immer dann von Menschen wahrgenommen wird, wenn durch diese Dynamik eine **Unvorhersehbarkeit** der Situation und eigener Handlungsfolgen entsteht. Diese beiden Merkmale und deren Zusammenspiel stellen die Grundlage für das in dieser Arbeit verwendete Verständnis von Komplexität dar. Mit diesem Verständnis konnte ergründet werden, wie und warum Menschen Komplexität in bestimmten Situationen wahrnehmen und wie sie mit dieser umgehen (vgl. [Moe21]). Dieses Verständnis soll an dieser Stelle wie folgt als *Interaktionskomplexität* definiert werden.

Von Interaktionskomplexität kann immer dann gesprochen werden, wenn aufgrund von Dynamik und der aus dieser resultierenden Unvorhersehbarkeit, den vielfältigen Verhaltensmöglichkeiten und den dynamischen Wirkungsverläufen das Verhalten des genutzten Systems, der Interaktionssituation sowie die Auswirkungen der einzelnen Handlungen nicht vorhergesagt, sondern lediglich im Nachhinein rekonstruiert werden können.

Auch wenn Interaktionskomplexität zwar nicht gemessen werden kann, kann sie dennoch analysiert und beschrieben werden, denn die Wahrnehmung von Komplexität geht auf erkennbare Systemeigenschaften zurück (vgl. [GRG17]). Um dies zu ermöglichen, bedarf es einer Klassifizierung, die Interaktionssituationen bezüglich der Wahrnehmung von Komplexität einordnet. Ähnlich wie in [UP91] und [SB07] werden auch in diesem Fall Interaktionssituationen hinsichtlich ihrer Dynamik und Vorhersagbarkeit betrachtet, um diese so hinsichtlich der **erkennbaren Ursache-Wirkungs-Beziehungen** und der **Vorhersagbarkeit der Auswirkungen eigener Handlungen** einzuordnen (siehe Abbildung 1). Wie leicht oder schwer eine Interaktion zu bewältigen ist, hängt dabei auch hier maßgeblich von unserem Wissen über das System, die Situation und ihre zukünftigen Zustände ab.

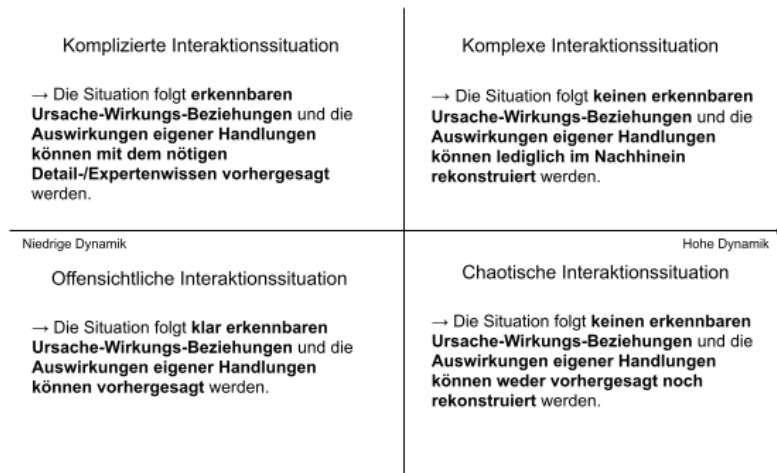


Abb. 1: Matrix zur Klassifizierung von Interaktionssituationen hinsichtlich der Erkennbarkeit von Ursache-Wirkungs-Beziehungen

- **Offensichtliche Interaktionssituation:** Sind meist so einfach zu lösen, dass uns kaum bewusst wird, dass wir Entscheidungen treffen. Diese Situationen verfügen über klar erkennbare Ursache-Wirkungs-Beziehungen, die immer gleichbleiben oder sich nur in vorhersehbarer Weise verändern. Dies ermöglicht es, Routinen für sie zu entwickeln, die bei Bedarf angewendet werden können. Beispiel: Betätigen des An-/Aus-Schalters am PC.
- **Komplizierte Interaktionssituationen:** Eindeutige Ursache-Wirkungs-Beziehungen sind vorhanden, jedoch nicht ohne weiteres erkennbar. Die Interaktion wird als schwierig oder problematisch empfunden. Dies kann jedoch auf fehlendes Detail- oder Expertenwissen über die (interne) Funktionsweise zurückgeführt werden. Durch den Erwerb dieses Wissens können die Situation bewältigt und neue Routinen aufgebaut werden. Entscheidend ist jedoch, wie leicht das erforderliche Expertenwissen in der konkreten Interaktion verfügbar ist (z.B. als Handbuch oder Tutorial). Nicht vorhandenes, erreichbares oder verfügbares Expertenwissen kann eine Interaktionssituation schnell hin zur Komplexität eskalieren lassen. Beispiel: Verwendung des richtigen Kommandos für eine Sprachsteuerung.
- **Komplexe Interaktionssituationen:** Hier lässt sich nicht genug Wissen anhäufen, um klare Ursache-Wirkungs-Beziehungen zu erkennen. Ursache ist, dass solche Situationen nicht statisch sind, sondern sich im stetigen Wandel befinden. Dies hat zur Folge, dass es unmöglich ist, im Vorhinein vollständig zu erkennen, welche Auswirkungen die Interaktion für einen selbst oder andere haben wird. Bei solchen Interaktionen bleibt Nutzenden oft nur übrig, verschiedene Lösungswege auszuprobieren und dann das Ergebnis dieser

auszuwerten, denn erst im Nachhinein kann vollständig verstanden werden, warum die Dinge auf eine bestimmte Art und Weise passiert sind. Beispiel: Sich adaptiv verändernde Startseite eines Social Media Accounts.

Der Vollständigkeit halber sind auch die chaotischen Interaktionssituationen in Abbildung 1 mit aufgeführt. Bei solchen turbulenten Interaktionen könnten keine Muster erkannt werden, es bliebe keine Zeit bewusst Entscheidungen zu treffen und man wäre gezwungen zu handeln, bevor eine Reflexion einsetzen könnte. Im Konstruktionsprozess sind solche chaotischen Interaktionssituationen nur schwer vorhersehbar, da es sich in der Regel um spontan auftretende „Krisen“ oder „Katastrophen“ handelt (z.B. „Blue screen of death“). Auf Grundlage dieser Klassifizierung konnte ein Analysewerkzeug erstellt werden, welches im folgenden Abschnitt vorgestellt wird.

3 Analysewerkzeug

Um die Wahrnehmung von Komplexität in der Interaktion sichtbar zu machen, wurde ein Analysewerkzeug entwickelt. Dieses ermöglicht es, während der Konstruktion zu antizipieren, wie zukünftig Nutzende Komplexität bei der Interaktion mit dem System wahrnehmen könnten. Zudem kann auch für bereits existierende Systeme die Wahrnehmung von Komplexität während der Nutzung sichtbar gemacht werden. Insgesamt wurden fünf Iterationen des Analysewerkzeugs entwickelt, die sich teilweise stark voneinander unterschieden. Bereits seit der ersten Version bezieht sich das Werkzeug immer auf ein zu untersuchendes System (vgl. [Moe21]). Im Folgenden soll das finale Analysewerkzeug beschrieben werden (siehe Abbildung 2).

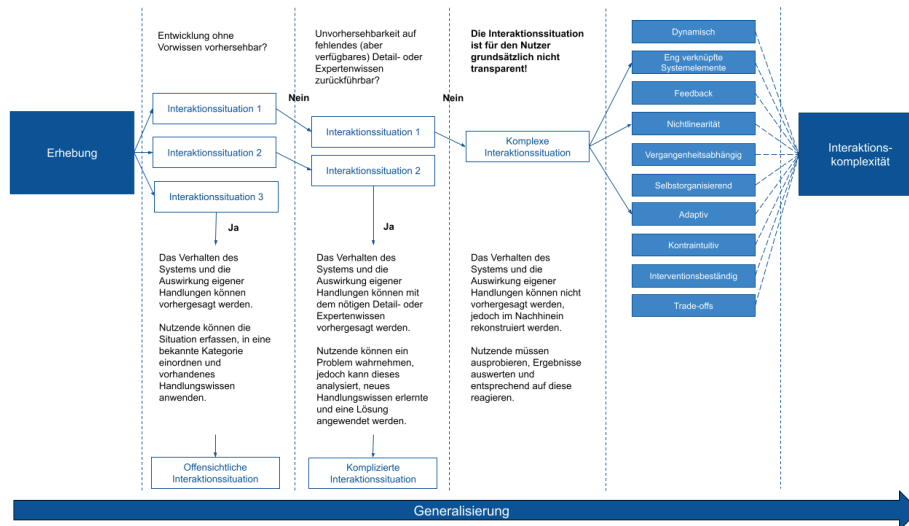


Abb. 2: Analysewerkzeug zur Bewertung von Interaktionskomplexität.

Es kommt durch die allmähliche Verallgemeinerung konkreter Interaktionssituationen hin zu den spezifischen Komplexitätskriterien aus [GRG17]. Es besteht aus den drei Generalisierungsstufen oder auch Arbeitsschritten:

1. Erhebung von Interaktionssituationen,
2. Einordnung dieser hinsichtlich ihrer Komplexität und
3. Zuordnung von Kriterien für Interaktionskomplexität.

Diese Arbeitsschritte sollen im Folgenden näher erläutert werden.

3.1 Erhebung von Interaktionssituationen

Die Analyse der Interaktionskomplexität beginnt mit der Erhebung von konkreten Interaktionssituationen. Je nach Betrachtungswinkel auf das System (antizipierend in der Entwicklung; retrospektiv in der Nutzung) können unterschiedliche Erhebungsmethoden zur Anwendung kommen.

- **Antizipierend:** Denkbare Interaktionssituationen werden direkt beim Entwurf und der Umsetzung des Systems gesammelt (z.B. beim Erstellen von Anwendungsfällen oder groben Einsatzszenarien).
- **Retrospektiv:** Erhebung von echten Interaktionen durch Interviews oder direkte Beobachtung.

Wichtig ist, dass hierbei sowohl die Perspektive der Nutzung als auch der Konstruktion abgebildet sind. Es müssen also zum einen diejenigen Personen involviert werden, die das System in ihrem Alltag oder im Rahmen ihrer Profession benutzen und zum anderen alle Personen, die am Konstruktionsprozess beteiligt sind (Entwicklung, Design, Management, Marketing etc.). Zudem sollte der Prozess regelmäßig wiederholt werden, da die antizipierten bzw. betrachteten Interaktionssituationen nicht immer korrekt oder vollständig sein werden. Eine bereits durchgeführte Analyse kann sich auf Grund von dynamischen Veränderungen später als fehlerhaft, unvollständig oder überholt erweisen.

3.2 Einordnung hinsichtlich Komplexität

Die erfassten Interaktionssituationen werden nun nacheinander hinsichtlich ihrer Komplexität eingeordnet. Dafür werden diese, basierend auf der Matrix aus Abschnitt 2, in die Kategorien *offensichtlich*, *kompliziert* und *komplex* eingeordnet. Jede Kategorie lässt andere Schlussfolgerungen hinsichtlich der Interaktion mit dem System zu. Wie auch in den zugrundeliegenden Arbeiten, spielt hierbei die (Un-)Vorhersagbarkeit der Folgen eigener Handlung sowie das Verhalten des Systems als Ganzes eine zentrale Rolle. Verschiedene Fragestellungen sollen bei der Einordnung behilflich sein, beginnend mit:

Konnten / Könnten die Nutzenden in der betrachteten Interaktionssituation, ohne spezielles Vorwissen zu besitzen, vorhersehen, wie sich das System auf sowohl technischer als auch sozialer Ebene verhalten wird?

Ist die Antwort auf diese Frage „Ja“, so handelt es sich um eine **offensichtliche Interaktionssituation**. Dies bedeutet, dass Nutzende die Interaktionssituation vollständig erfassen, in eine bekannte Kategorie einordnen und vorhandenes Handlungs- und Routinewissen anwenden können, ohne das nicht-intendierte Handlungsfolgen zu erwarten sind. Zudem ist es wahrscheinlich, dass sich diese Interaktionssituation auch in Zukunft auf die gleiche Weise verhalten wird, also stabil bleibt. Nach [SB07] gibt es eine *Best Practice*, die angewendet werden kann. Ist die Frage jedoch mit „Nein“ zu beantworten, so stellen sich im Anschluss die folgenden Fragen:

Kann diese Unvorhersehbarkeit der Ergebnisse der Interaktion auf fehlendes, aber verfügbares Detail- oder Expertenwissen zurückgeführt werden? Könnten Nutzende diese Unvorhersehbarkeit auflösen, wenn sie über mehr Informationen die Situationen betreffend verfügen würden? Wären diese Informationen für die Nutzenden mit vertretbarem Aufwand erreichbar?

Hier bedeutet ein „Ja“, dass es sich um eine **komplizierte Interaktionssituation** handelt. Die als Folge der Interaktion wahrgenommenen sozialen und/oder technischen Probleme können mit dem nötigen Detail- oder Expertenwissen vermieden oder zumindest gelöst werden. Mit anderen Worten, es ist möglich, neues Handlungswissen zu erwerben und so die zunächst als unvorhersehbar wahrgenommene Interaktion in Zukunft durch routinierte Anwendung des erlernten Handlungswissens vorhersehbar durchzuführen. Was zunächst komplex wirkte, ist lediglich kompliziert. Kann die Unvorhersehbarkeit der Interaktionssituation jedoch nicht auf fehlendes Wissen zurückgeführt werden oder ist das benötigte Wissen nicht verfügbar, so handelt es sich um eine **komplexe Interaktionssituation**. In diesem Fall muss attestiert werden:

Die Interaktionssituation ist für Nutzende grundsätzlich intransparent!

Die Situation folgt keinen erkennbaren Ursache-Wirkungs-Beziehungen und die Auswirkungen eigener Handlungen können lediglich im Nachhinein rekonstruiert werden. In einer solchen Situation bleibt Nutzenden nur noch das „Rumprobieren“, um zu beobachten, ob sich diese in die gewünschte Richtung bewegt (Trial-and-Error). Dabei sind Dynamik, Unvorhersehbarkeit und Intransparenz nicht zwangsläufig etwas Schlechtes, denn oft sind sie für das Funktionieren des Gesamtsystems unabdingbar. Diesem Gedanken folgend soll die Klassifikation einer Interaktionssituation als komplexe auch nicht zwangsläufige in eine Komplexitätsreduktion münden. Vielmehr sollen Konstrukteure dazu angeregt werden, Nutzenden beim Umgang mit Komplexität und somit der Bewältigung dieser Situationen bestmöglich zu unterstützen.

3.3 Kriterien

Wie bereits gezeigt, lässt die Feststellung einer komplexen Interaktionssituation bereits nützliche Schlussfolgerungen zu. Um die genauen Ursachen für diese Komplexität jedoch verstehen zu können, sollen jeder Situation die von [GRG17] vorgeschlagenen Kriterien für Komplexität zugeordnet werden. Auch hier soll darauf hingewiesen werden, dass sich durchaus nicht alle Kriterien für Komplexität in einer Interaktionssituation wiederfinden lassen müssen. So kann beispielsweise eine Interaktion zwar nichtlinear verlaufen, der Effekt der Interaktion ist also nicht proportional zu seiner Ursache, muss aber gleichzeitig nicht durch Rückkopplung auf sich selbst reagieren. Ebenso kann eine komplexe Interaktion Folge von Adaptivität und Selbstorganisation sein, muss aber nicht interventionsbeständig sein. Anhand dieser Kriterien können dann konkrete Hilfestellungen für Nutzende entwickelt werden, die beim Umgang mit der Interaktionssituation helfen können.

4 Betrachtung des Einflusses von Adaptivität

4.1 Untersuchungsgegenstand

Im Zuge der Arbeit konnten die Forschungsprojekte MOTIVATE² und EMOTISK³ beforscht werden, welche das Ziel hatten, adaptive bildungstechnologische Lösungen für unterschiedliche Problemstellungen zu entwickeln und zu erforschen. Konkret handelte es sich dabei um:

- **Ein Autorensystem für mobile adaptive Mikrolernanwendungen:** Im Forschungsprojekt MOTIVATE entstandenes Autorensystem zur Erstellung von Inhalten für mobile adaptive Mikrolernanwendungen [Moe+16].
- **Ein adaptives System zum Training von sozio-emotionalen Kompetenzen:** Die im Forschungsprojekt EMOTISK entwickelte mobile adaptive Trainingsanwendung E.V.A. dient dem Training von sozio-emotionalen Kompetenzen [ML19].

Beide Projekte dienten als Fallbeispiele, an denen sowohl Konstruktion als auch Nutzung beforscht werden konnte. Auf diese Weise konnten einerseits das entwickelte Analysewerkzeug und andererseits die Frage nach dem Einfluss von Adaptivität auf die Wahrnehmung von Komplexität in der MTI evaluiert werden.

² Mobile Training Via Adaptive Technologies

³ Emotionssensitive Systeme zum Training sozialer Kognition

4.2 Methodologische Positionierung

Wie bereits in Abschnitt 2 dargestellt, herrschen die unterschiedlichsten Verständnisse vom Begriff der Komplexität. Für eine Befragung musste sichergestellt werden, dass Befragte das Verständnis von Komplexität dieser Arbeit teilen. Zudem ist die Wahrnehmung etwas höchst Subjektives. Was dem einen komplex erscheint, kann für den anderen trivial sein. Diese Überlegungen ließen es unfruchtbar erscheinen, direkt nach der Wahrnehmung von Komplexität zu fragen. Sinnvoller erschien es, Wahrnehmung indirekt, über Erfahrungen während der Konstruktion oder Nutzung, zu erheben. Diese sind jedoch mit quantitativen Verfahren, wie beispielsweise standardisierten Fragebögen, schwer zu erheben. Des Weiteren lag es nicht im Interesse dieser Arbeit, einen Zusammenhang zwischen bestimmten Personenmerkmalen, wie Alter, Größe oder Geschlecht, und der Wahrnehmung von Komplexität zu untersuchen. Auch statistisch repräsentative Aussagen waren keine Zielgröße. Aus diesen Gründen wurde als Methode zur Datenerhebung und Auswertung ein qualitativer Ansatz gewählt. In Vorbereitung auf die empirische Auswertung wurden unterschiedliche Methoden aus der empirischen Sozialforschung zur qualitativen Datenerhebung und -auswertung untersucht. Bei der Auswahl einer Methode wurde sich auf die Arbeit von [Pr14] gestützt. Von den in Betracht gezogen Interviewformen fiel die Wahl auf das Offene Leitfadenterview. Für die Auswertung der Interviews wurde die Qualitative Textanalyse nach [May08] angewendet.

4.3 Sampling

Für die Erstellung der Stichprobe wurden aus jedem Fallbereich, jeweils zur Konstruktion und Nutzung, drei bis fünf Probanden und Probandinnen befragt, um so dann auf eine Stichprobengröße zwischen 12 und 20 Versuchspersonen zu kommen. Es wurde auf keine besondere Verteilung der Geschlechter geachtet, da auch keine Unterscheidung in dieser Hinsicht untersucht werden sollte. Insgesamt konnten für die Beforschung des adaptiven Lehr-/Lernsystems MOTIVATE sieben ($n=7$, $w=2$, $m=5$) und des adaptiven Trainingssystems E.V.A. fünf Versuchspersonen ($n=5$, $w=3$, $m=2$) gewonnen werden. Insgesamt konnten durch das Sampling 12 Versuchspersonen ($n=12$, $w=5$, $m=7$) gewonnen werden. Davon sind neun der Perspektive der Konstruktion ($n=9$, $w=4$, $m=5$) und drei der Perspektive der Nutzung ($n=3$, $w=1$, $m=2$) zuzuordnen. Durch die von der COVID-19-Pandemie verursachten Verzögerungen konnten leider keine Nutzenden der E.V.A.-Anwendung befragt werden.

4.4 Identifizierte komplexe Interaktionssituationen

Durch die Befragung und Anwendung des Analysewerkzeugs konnten in beiden Projekten verschiedene potenziell komplexe Interaktionssituationen aufgedeckt werden. Da oft ähnliche oder identische Situationen beschrieben wurden, wurden diese zusammengefasst und generalisiert. Im Folgenden sind jene Interaktionen hervorgehoben, für die Adaptivität als eines der Kriterien für die Wahrnehmung von Komplexität identifiziert wurde.

- MOTIVATE – Autorensystem für adaptive Lernanwendungen
 - **Antizipieren von Lernsituationen**
 - **Umgang mit fehlerhafter Kontexterfassung oder Adaptivität**
 - **Erfassen und Sicherstellen von Lernerfolg**
- EMOTISK – Adaptive Trainingsanwendung
 - **Anpassung des Schwierigkeitsgrades**
 - Fehlende Möglichkeit zur Einschätzung der Qualität des Trainingsmaterials
 - Unvorhersehbare Konsequenzen des Trainings
 - Fehlende Bearbeitung von Verständnisfragen
 - Unflexible Anwendung des Gelernten

Die vier Interaktionssituationen mit dem Kriterium Adaptivität wurden näher ausgewertet, um generelle Aspekte herauszulesen, die im Zusammenhang mit Adaptivität zur Wahrnehmung von Komplexität führen.

4.5 Einfluss von Adaptivität auf die Wahrnehmung von Komplexität in adaptiven Bildungstechnologien

Für den Großteil der identifizierten komplexen Interaktionen war, unabhängig von Adaptivität, das Kriterium **Konstraintuitiv** zutreffend. Dies konnte in der Regel darauf zurückgeführt werden, dass entscheidendes Wissen über die zugrundeliegenden Zusammenhänge der Situationen nicht verfügbar oder durch die Intransparenz des Systems versteckt war. Als Folge konnten die Beteiligten in den betroffenen Situationen oft nicht intuitiv zielführend handeln, ohne dass unerwartete Handlungsfolgen auftraten. Bezogen auf Adaptivität zeigte die Untersuchung, dass in beiden Projekten versucht wurde, Orientierung darüber zu finden, inwieweit das Systemverhalten transparent für die Nutzenden dargestellt werden soll (vgl. [Moe21]). Auch wenn in beiden Anwendungen grundsätzliche Bemühungen vorgenommen wurden, um die basale Funktionsweise des Adaptierungsmechanismus sichtbar zu machen, blieben viele konkrete Details jedoch im Verborgenen (z.B. Auswahl von Lehrinhalten, getroffene Annahmen etc.). Dies führt dazu, dass ein unerreichbares Detailwissen geschaffen wurde, das den Nutzenden nicht zur Verfügung stand. Als direkte Folge fiel es Nutzenden schwer, die Adaptierungen nachzuvollziehen. Dies traf besonders dann zu, wenn diese fehlerhaft funktionierten. Auch in Hinblick auf die Fähigkeit zur Selbststeuerung des Lernens, und somit um die Aufrechterhaltung von Motivation, zeigte sich fehlendes Wissen über die Wirkung von Adaptivität als hinderlich. Auf der Seite der Lehrinhaltserstellung kann das Entwerfen von kontextsensitiven Lehrinhalten zur Wahrnehmung von Komplexität führen. Dies erweist sich besonders dann als schwierig, wenn eine breite Palette an möglichen Kontextinformationen zur Verfügung steht. Viele Kontextinformationen bedeuten zwar mehr Freiheiten, Lernanwendungen zu gestalten, oft geht jedoch mit diesen einher, dass die

Darstellung und Beschreibung von kontextsensitiven Lerneinheiten sehr abstrakt stattfinden. Dies verlangt wiederum von den Autoren und Autorinnen eine immense Abstraktionsleistung. Nicht nur müssen relevante Kontextinformationen ausgewählt werden, sondern auch konkrete Lernsituationen definiert werden. Diese Lernsituationen müssen unter Umständen zusätzlich logisch zu einem oder mehreren Lernpfad(en) verknüpft werden. Durch die schiere Menge an möglichen Kombinationen aus Kontextinformationen und Situationen kann es dann passieren, dass Lernsituationen falsch eingeschätzt oder vergessen werden. Zudem ist sicherzustellen, dass Lernende ganz bestimmte Lehrinhalte konsumiert haben, um einen möglichst gleichmäßigen Wissensstand zu garantieren. Die Qualität und der Umfang der erfassten Kontextinformationen sind jedoch sehr individuell und stark von bestimmten Faktoren, wie verwendetem Gerät oder dem Verhalten des Lernenden, abhängig. Infolgedessen kann es zu einer sehr inhomogenen Bearbeitung der Lehrinhalte kommen. Für Lehrende ist es dann schwer nachzuvollziehen, welche Lehrinhalte wirklich bearbeitet wurden. Für Lernende kann es schwer zu erkennen sein, dass womöglich noch weitere Lerninhalte existieren, die zu bearbeiten wären.

5 Fazit

Ziel der Arbeit war es, ein Werkzeug zur Analyse der Wahrnehmung von Komplexität bei der Interaktion mit sozio-technischen Konstellationen zu entwickeln. Das Werkzeug wurde mit dem Gedanken einer leichten Operationalisierung entworfen, so dass nur das Reflektieren über wenige Fragen nötig ist, um eine Interaktionssituation zu kategorisieren. Es wurde gezeigt, dass dieses Werkzeug erfolgreich operationalisiert werden kann, um zwei adaptive Bildungstechnologien zu analysieren. Hierfür wurden Konstruktionskonsortien und Nutzende in einer qualitativen Interviewstudie befragt. Auf diese Weise konnten komplexe Interaktionssituationen aufgedeckt werden, die von den Konstruierenden erdacht beziehungsweise von den Nutzenden erlebt wurden. Diese Situationen wurden auf die Effekte von Adaptivität hin untersucht. Basierend auf diesen Untersuchungen konnten konkrete Ursachen identifiziert werden, die auf Adaptivität zurückzuführen sind und bewirken können, dass Nutzende adaptive Bildungstechnologien als komplex wahrnehmen. Diese Ergebnisse könnten genutzt werden, um Empfehlungen für die Konstruktion adaptiver Bildungstechnologien zu formulieren (vgl. auch [Moe21]). Zudem kann das Werkzeug in Zukunft eingesetzt werden, um existierende oder in der Entwicklung befindliche Anwendungen hinsichtlich Interaktionskomplexität zu untersuchen.

Literaturverzeichnis

- [Alv+09] Victor Alvarez-Cortes, Victor H., Jorge A. Ramirez Uresti und Benjamin E. „Current Challenges and Applications for Adaptive User Interfaces“. In: Human-Computer Interaction. Hrsg. von Inaki Maurtua. [S.l.]: InTech, 2009. doi: 10.5772/7745.

- [Bru01] Peter Brusilovsky. „Adaptive Hypermedia“. In: *User Modeling and User-Adapted Interaction* 11.1/2 (2001), S. 87–110. issn: 1573-1391. doi: 10.1023/A:1011143116306.
- [GRG17] Grösser, S.N.; Reyes-Lecuona, A.; Granholm, G. Hrsg.: *Dynamics of Long-Life Assets. From Technology Adaptation to Upgrading the Business Model*. Springer International Publishing, Cham, 2017.
- [HS65] Hartmanis, J.; Stearns, R. E.: On the computational complexity of algorithms. *Transactions of the American Mathematical Society* 117, S. 285, 1965.
- [Luh09] Luhmann, N.: Zur Komplexität von Entscheidungssituationen. *Soziale Systeme* 1/15, S. 3–35, 2009.
- [Mai08] Mainzer, K.: *Komplexität*. UTB, Paderborn, 2008.
- [May08] Philipp Mayring. *Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken*. 10., neu ausgestattete Aufl., Dr. nach Typoskr. Beltz Pädagogik. Weinheim: Beltz, 2008. isbn: 978-3-407-25501-3.
- [Mc76] McCabe, T. J.: A Complexity Measure. *IEEE Transactions on Software Engineering* 4/SE-2, S. 308–320, 1976.
- [ML19] Tobias Moebert und Ulrike Lucke. „E.V.A. – Emotionen Verstehen und Ausdrücken“. In: *DELFI 2019*. S. 289–290. doi: 10.18420/delfi2019_324.
- [Moe+16] Tobias Moebert, Julius Höfler, Helena Jank, Hanna Drimalla, Thiemo Belmega, Raphael Zender und Ulrike Lucke. „Ein Autorensystem zur Erstellung von adaptiven mobilen Mikroleranwendungen“. In: *DeLFI 2016*, S. 155–166. isbn: 9783885796565. url:<http://subs.emis.de/LNI/Proceedings/Proceedings262/article40.html>
- [Moe21] Moebert, T.: *Zum Einfluss von Adaptivität auf die Wahrnehmung von Komplexität in der Mensch-Technik-Interaktion*, 2021.
- [PL04] Alexandros Paramythis und Susanne Loidl-Reisinger. „Adaptive Learning Environments and e-Learning Standards“. In: *Electronic Journal on e-Learning* 2.1 (2004), S. 181–194. url: <http://www.ejel.org>
- [Pr14] Przyborski, A.; Wohrab-Sahr, M.: *Qualitative Sozialforschung. Ein Arbeitsbuch*. DE GRUYTER, München, 2014.
- [Rus+03] D. M. Russell, P. P. Maglio, R. Dordick und C. Neti. „Dealing with ghosts: Managing the user experience of autonomic computing“. In: *IBM Systems Journal* 42.1 (2003), S. 177–188. issn: 0018-8670. doi: 10.1147/sj.421.0177.
- [SB07] Snowden, D. J.; Boone, M. E.: A leader's framework for decision making. *Harvard business review* 11/85, 68-76, 149, 2007.
- [Sc14] Schoeneberg, K.-P.: *Komplexität – Einführung in die Komplexitätsforschung und Herausforderungen für die Praxis*. Springer Gabler, Wiesbaden, S. 13–27, 2014.
- [SF93] Schmidt, S.J.; Foerster, H. von Hrsg.: *Wissen und Gewissen. Versuch einer Brücke*. Suhrkamp, Frankfurt am Main, 1993.
- [UP91] Ulrich, H.; Probst, G. J.: *Anleitung zum ganzheitlichen Denken und Handeln. Ein Brevier für Führungskräfte*. Haupt, Bern, 1991.

Re-thinking Transformer based educational resource recommendation engines for higher education

Johannes Schruppf ¹ and Tobias Thelen ²

Abstract: Digital Study Assistant (DSA) systems for higher education seek to support learners in identifying, structuring and pursuing their personal educational goals. One strategy to achieve this is to galvanize learner interest in engaging with educational resource beyond the scope of their known, pre-determined curriculum. For this purpose, DSA systems may provide a recommendation engine that matches learner interests in natural language to an educational resource covering the topic of interest. To offer a rich assortment of educational resources, these resources need to be fetched from multiple sources such as MOOC and OER repositories or from the learning management system of a local University. In a previous publication, we have presented SidBERT, a BERT-based natural language processing neural network for educational resource classification and recommendation which has been in active use in a prototypical Digital Study Assistant system. This work seeks to follow up on the SidBERT architecture, by introducing an evolution of SidBERT, SemBERT, that is capable of comparing educational resources on a more fine-grained level, thereby addressing multiple shortcomings of the SidBERT architecture and its application within the DSA software. We present network architecture, training parameters and evaluate SemBERT on two datasets. We compare SemBERT to SidBERT and discuss the implications of SemBERT for DSA systems at large.

1 Introduction

In German higher education, students typically engage with educational content through the attendance of on-campus courses. With the emergence of external educational resource repositories, 21st century students now have the opportunity to learn with a variety of heterogenous educational resources, ranging from traditional on-campus courses over Books to MOOCs and OERs. The Digital Study Assistant SIDDATA is an LMS-integrated software that aims at supporting students to formulate, reflect upon and ultimately pursue their personal educational goals during their studies [We21]. The DSA achieves this by providing a universal platform for recommendations where specific recommendation features are available to the user. One such feature is the so-called “academic interest” recommendation feature. This feature provides a natural language interface where students can enter their professional interests and subsequently get recommendations for educational resources such as courses, MOOCs and OERs. The

¹ University of Osnabrück, Institute of Cognitive Science, Wachsbleiche 27, 49090 Osnabrück, jschrumpf@uni-osnabrueck.de, <https://orcid.org/0000-0002-0068-273X>

² University of Osnabrück, Institute of Cognitive Science, Wachsbleiche 27, 49090 Osnabrück, tobias.thelen@uni-osnabrueck.de, <https://orcid.org/0000-0002-3337-6093>

functions of this feature are provided through means of an artificial neural network called SidBERT [SWT21] that is capable of processing input queries and categorize them into one of 905 knowledge categories derived from the Dewey Decimal Classification system (DDC). In a previous study investigating the popularity of the DSA’s features, the “academic interest” feature already enjoyed high popularity with users [SSWS21].

However, the performance of SidBERT in this application domain is inherently limited by its architecture. Because SidBERT seeks to classify input text into pre-defined categories, the granularity with which resources can be recommended ultimately depends on the total number of classes and the range these classes cover. Further, all student requests and educational resources that have been classified into a class hold no further information about their relationship to one another. Therefore, the DSA is not able to produce any ranked list of recommended resources. Finally, SidBERT exhibits a somewhat mediocre classification performance with 45.6% accuracy on a test dataset.

To address these shortcomings, we therefore introduce SemBERT, a BERT-based conjoined neural network for natural language semantic distance estimation.

2 Methods

In this section, we present our training dataset, network architecture and evaluation methodology.

2.1 Dataset, network architecture and training

We create our training dataset from a set of 1.3 million book titles and their corresponding DDC code. Each training sample consists of three book titles: the base sample, the positive sample and the negative sample. Here, base and positive samples are taken from the same DDC class, while the negative sample is taken from a different DDC class. When it comes to training conjoined neural networks, negative samples need to be balanced in terms of their difficulty: negative samples that are too different from the base sample lead to poor network performance, as the network can easily distinguish between them. Due to the hierarchical nature of the DDC, we generate negative samples from the bases’ DDC classes sister DDC classes with a ratio of 0.2 and from their respective parent class with a ratio of 0.1. This leads to at least 30% of negative samples originating from the base sample’s related DDC classes, making these samples more difficult for the network to learn. We sample from the original dataset twice with random permutation, resulting in a training dataset of 1,206,512 training triplets with samples from 53,650 unique DDC classes.

SemBERT is a BERT-based conjoined neural network for educational resource semantic distance estimation. Conjoined networks seek to form embeddings representing semantic differences from input data that then can be compared through linear mathematical operations [SKP15]. SemBERT consists of three fully-connected layers attached to a

BERT model. The layers attached contain 300, 200 and 50 neurons. BERT layers are frozen, meaning that their weights are not updated during training. To compute a triplet loss, at each training step, the encoded samples are compared with the following Euclidean distance formula:

$$\max(\|f(\mathbf{B}) - f(\mathbf{P})\|^2 - \|f(\mathbf{B}) - f(\mathbf{N})\|^2 + \alpha, 0) \quad (1)$$

Equation 1; Triplet-loss function. $f(\mathbf{X})$ describes the embeddings resulting from passing a sample \mathbf{X} through the neural network f . \mathbf{B} is the base sample, \mathbf{P} the positive sample and \mathbf{N} the negative sample. α denotes a margin constant.

A margin parameter α is chosen before training which adds a positive bias to the loss computation to avoid overfitting of simple examples. SemBERT is trained with a maximum sequence length of 300 tokens, a learning rate of $1e-5$ and a batch-size of 32. We set the margin parameter α to 0.5. After 3 epochs, the mean loss is 0.62.

2.2 Evaluation

We evaluate SemBERT’s performance on two datasets: A dataset consisting of 7081 course titles and their association with a faculty taken from the LMS database from Osnabrück University and another dataset consisting of 113 DDC classes of DDC level four with 300 random samples each.

We define our evaluation metric as the class-retention rate: The rate with closest samples belong to the same class. We do so for two evaluation cases: in a one-to-one comparison, we compare samples from two classes only. In a one-to-all comparison, we compare samples from one class with all samples from all other classes. For the one-to-all analysis, we present results in relation to an error-margin parameter “top- n ”, which selects the n closest samples to compare. If one of the samples in the set of n closest samples belongs to the same class as the investigated sample, it is counted as a successful class retention case. For the application of SemBERT as a resource recommendation system, top- n denotes the number of resources that are allowed to be miss-recommended.

3 Results

We first analyse the faculty membership dataset. Figure 1 shows the semantic class overlap matrix from the one-on-one comparison between classes.

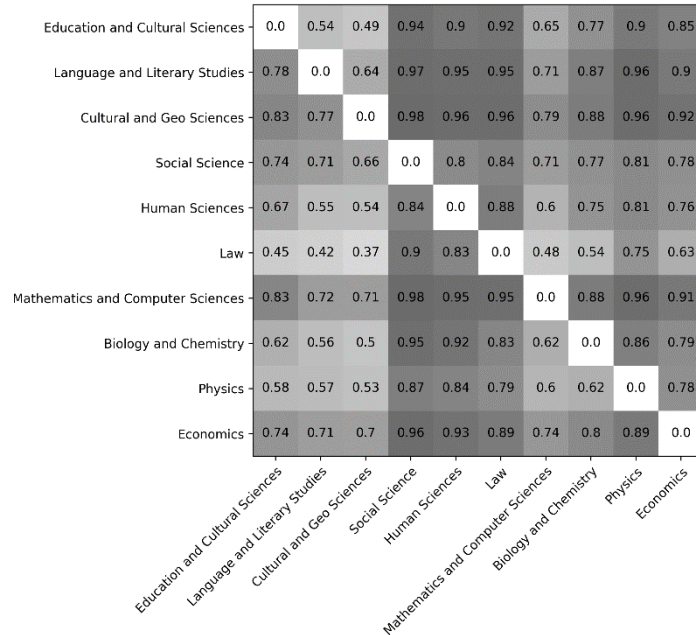


Figure 1: Retention decimal factor between classes. Each row represents the decimal number of samples that are closer to a sample of its own class compared to all samples from the column class.

Next, we compare classes within the one-to-all framework:

Table 1 shows the retention rate for the faculty membership dataset when comparing samples of one class against samples from all other classes.

Faculty	top-n	1	2	3	4	5
Social Sciences		32.7	45.3	52.1	58.5	64.5
Geo and Cultural Sciences		48.9	60.5	69.4	74.7	80.2
Education and Cultural Sciences		54.2	69.9	79.7	86.5	90.0
Physics		60.0	65.9	68.9	69.6	70.4
Biology / Chemistry		43.8	49.4	53.8	56.9	60.6
Mathematics and Computer Sciences		25.7	31.2	35.5	38.3	42.1
Language and Literature		53.6	65.7	74.2	81.1	84.8
Human Sciences		38.7	44.7	51.0	55.3	60.2
Economics		43.4	48.5	52.5	53.5	60.1
Law		61.4	66.6	69.3	72.0	72.6
Unweighted Mean		51,4	60,9	67,4	71,8	76,2
Weighted Mean		49.4	61.3	69.3	75.1	79.3

Tab 1: Class rendition rate for the faculty dataset one-to-all comparison in relation to top-n

With 25,7% retention rate for top-n = 1, courses from the Mathematics and Computer Science faculty experiences the least class retention ratio. As an illustration, we present top and bottom 3 samples in terms of average inter-class distance from the Mathematics and Computer Science class in table 2.

Lowest average distance	Highest average distance
Introduction to Analysis	6.1 Opportunities and perspectives through professional independence: Thinking and Acting as an Entrepreneur
App development for mobile devices	Relaxation during lunchtime (Oct. – Dec 2014) fully booked
Introduction to Computer Science	6.1 With university degree towards professional independence: Entrepreneurs introduce themselves

Tab 2: Illustration of the 3 top and bottom samples in terms of average distance from the "Mathematics and Computer Sciences" class. Translated from German.

We perform the same evaluation for the DDC evaluation dataset. Table 3 shows general statistics from the one-to-one comparison between DDC classes.

Operation	Value
Minimum	0.543
Maximum	0.993
Variance	0.004
Mean	0.864

Tab 3: Statistics for the one-on-one comparison between 113 DDC classes

With a low variance of 0.004 and a mean of 0.864, the one-to-one comparison between DDC classes reveals a high retention rate. Table 4 shows statistical information for the one-to-all analysis for the DDC class evaluation dataset.

Metric	top-n				
	1	3	5	8	10
Min	0.16	0.21	0.26	0.29	0.31
Max	0.75	0.76	0.76	0.78	0.79
Mean	0.53	0.56	69.3	75.1	79.3

Tab 4: One-to-all retention rate analysis between 113 DDC classes

4 Discussion

For the one-to-one comparison, both datasets result in a high retention ratio. This implies that SemBERT indeed is able to heterogeneously model topics. This is especially reflected when investigating the effect of distractor classes for the faculty membership dataset: Samples from Physics, Biology and Chemistry and Mathematics and Computer Sciences lead to high retention values for all classes they are compared with, meaning that they

occupy distinct regions in SemBERT's embeddings. Conversely, we achieve mixed results for the one-to-all comparison: On the one hand, even for the most constrained case with top-n = 1, both datasets show an average retention rate of 50% with only the weighted mean of the faculty dataset residing just below 50%. This means that, overall, SemBERT is able to form embeddings that are sufficiently heterogenous to model nuanced differences in themes covered within an educational resource, even under the presence of a high count of distractor samples. On the other hand, we observe a low retention rate for specific classes: With a class retention ratio of 0.163, SemBERT fails to represent the lowest performing DDC class adequately. Similarly, samples from the Mathematics and Computer Sciences faculty exhibit a low retention rate. This comes as a surprise as, intuitively, topics in these fields should be easily distinguishable from topics in Cultural Sciences or Social Sciences. As supported by our qualitative highlight, we hypothesize that the Mathematics and Computer Science class contains a high number of course titles that can be considered as noise. Within the SIDDATA DSA, the introduction of SemBERT addresses multiple shortcomings of the established SidBERT model. With its ability to estimate semantic distances between input sequences, SemBERT offers a more precise functionality to map educational resources to user interests. Future studies will investigate user experience with the system.

Bibliography

- [SKP15] Schroff, Florian ; Kalenichenko, Dmitry ; Philbin, James: FaceNet: A unified embedding for face recognition and clustering. In: *Proceedings of the IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition* Bd. 07-12-June (2015), S. 815–823 — ISBN 9781467369640
- [SWT21] Schrupf, Johannes ; Weber, Felix ; Thelen, Tobias: A Neural Natural Language Processing System for Educational Resource Knowledge Domain Classification. In: KIENTLE, A. ; HARRER, A. ; HAAKE, J. M. ; LINGNAU, A. (Hrsg.): *DELFI 2021*. Bonn : Gesellschaft für Informatik e.V., 2021, S. 283–288
- [SSWS21] Schurz, Katharina ; Schrupf, Johannes ; Weber, Felix ; Seyfeli, Funda ; Wannemacher, Klaus: Towards a User Focused Development of a digital Study Assistant Through a Mixed Methods Design. In: SAMPSON, D. G. ; IFENTHALER, D. ; ISAÍAS, P. (Hrsg.): *18th International Conference on Cognition and Exploratory Learning in the Digital Age, CELDA 2021* : IADIS Press, 2021 — ISBN 9789898704337, S. 45–52
- [We21] Weber, Felix ; Schurz, Katharina ; Schrupf, Johannes ; Seyfeli, Funda ; Wannemacher, Klaus ; Thelen, Tobias: Digitale Studienassistenzsysteme Von der Idee zur Umsetzung im Projekt SIDDATA. In: WOLLERSHEIM, H.-W. ; KARAPANOS, M. ; PENGEL, N. (Hrsg.): *Medien in der Wissenschaft, Band 78, Bildung in der digitalen Transformation*. Münster, New York : Waxmann Verlag, 2021, S. 239–244

Mapping course text to hyperaudio

Niels Seidel ¹

Abstract: Informal knowledge transfer through podcasts, audiobooks, and radio documentaries enjoys great popularity. However, informal learning settings at schools or universities auditory learning resources are rarely used. This is due to the high cost of producing and updating auditory resources. Furthermore, some learning resources can hardly be presented auditorily. In this paper, we present an approach to convert rich-text course material from LaTeX or MS Word format into interactive hyperaudio documents. For text to speech (TTS) conversion, we make use of common TTS web services. Text-specific design is mapped to audible effects and enriched by time-based interactive visual material. In a dedicated Moodle plugin we provide a basic hyperaudio player to be used within a course or as a stand-alone web application. With this approach, existing course texts can be transferred into hyperaudio within minutes.

Keywords: Hyperaudio; Multimedia Learning; Text to Speech

1 Introduction

Informal knowledge transfer through podcasts, audiobooks, and radio documentaries enjoys great popularity. However, in formal learning settings at schools or universities auditory learning resources are rarely used. On the one hand, this may be caused by the high production and update costs. On the other hand, visual learning content can not be presented auditorily. In teaching, the text is likely to be the dominant learning medium due to a long tradition. Modern textbooks or scripts or comparable e-books contain not only text but also illustrations, tables, and, depending on the discipline, formulas and program code. In principle, text-based media are just as legitimate as video-based or auditory learning media. From the learner's point of view, there are several advantages to offering auditory learning media: In addition to primarily text-based learning resources, learners receive an additional representation in the form of enriched audio documents. The use of the auditory channel can be a relief for learners who were previously confronted with a lot of visual information (e.g. after screen work). The auditory information can be received and processed in parallel to other activities, e.g. during sports as well as while sitting on a bus or train). Through auditory communication, technical terms and their correct pronunciation are conveyed.

To be able to use the audio to its full extent for the presentation of rich-text learning resources, it is advisable to prepare it as a hypermedia document so that figures, links, etc.

¹ FernUniversität in Hagen, Chair of Cooperative Systems, Universitätsstr. 1, 58097 Hagen, Germany Land
niels.seidel@fernuni-hagen.de, <https://orcid.org/0000-0003-1209-5038>

can be integrated. This particular type of audio-based hypermedia is called hyperaudio. In this paper, we present an approach to converting rich-text course material from LaTeX to interactive hyperaudio documents. The goal of this paper is to share insights into (i) the auditory design of longer speeches, (ii) the selection and configuration of text to speech (TTS) systems, and (iii) the design of a hyperaudio player to be used in Learning Management Systems (LMS).

2 Related works

This section summarizes related work regarding the auditory design of text-based resources and hyperaudio players. Different TTS systems will be discussed later in section 4. Donker; Blenn [DB07] laid a foundation for the use of audio in hypermedia applications with the Hyperaudio Encyclopedia. In this project, unlike the use of screen readers, articles in the encyclopedia were not just recorded and read to the listener. The users were able to interact with the audio document. For instance, links, headings, and other salient text passages were highlighted by auditory markers and recognizably presented to the listener. In terms of learning, Reinmann [Re09] encouraged receptive processes for listening rather than equating them with passivity. Receptive processes, such as listening to podcasts, must be contrasted with productive learning processes. Reinmann suggests improving the quality of storytelling and listening through modern technologies. In a study, [ZS14] compared textually and auditorily represented information in linear and non-linear forms. The non-linear representation increased cognitive load compared to linear representations. [Mo10] showed in a study with 100 participants that offering podcasts and assessments in addition to the usual lecture materials have a positive learning effect compared to a control group without these additional materials.

In terms of hyperaudio technology, existing frameworks such as popcorn.js, waivsurfer.js, or timesheet.js [CQR11] can be used for implementation. Also, several commercial services like Soundcloud or YouTube offer the possibility to markup continuous audio documents similar to hyperaudio players. To the best of our knowledge, no hyperaudio player is yet available that enables audio design through effects and augmented content.

3 Audio design

For the conversion of text into speech, it would be insufficient to merely transfer the written sentences and words into spoken words, because the semantics expressed in the design of the text should be translated using acoustic means. Therefore, possibilities of designing the auditory space are described as audio design Raffaseder [Ra10].

Using non-fiction texts as an example, five design areas can be identified, each of which is considered in different ways in audio design: (i) text passages such as bulleted lists, examples, tasks, definitions, or quotations; (ii) text insertions such as footnotes, literature references, expressions in parentheses, and marginalia texts; (iii) text representation such

as tables, figures, formulas, program code; (iv) navigational support such as table of contents, page numbers, outline levels, cross-references, keyword indexes; and (v) highlighting (e.g., bold, italic, underline, small caps, color backgrounds, font color). There are several possibilities for implementing these textual design elements using acoustic means. However, text representations and elements do not have a direct auditory counterpart and in some cases can only be conveyed via the visual channel.

The accentuation when reading aloud can partly be derived from the written word based on punctuation marks, paragraphs, and headings. However, how individual words or parts of sentences are accentuated cannot be deduced from the text. The emphasis depends on the person reading the text. Rhetorical skills, voice training, and also subject knowledge of the content influence the pronunciation and emphasis when reading aloud. For synthesized speech production this contextual information is not available, but there are other design possibilities. Pauses and variations in pitch are among the simplest, but at the same time most effective, auditory effects. Beyond the spoken language, additional sounds and acoustic cues, so-called audio cues, can be integrated, which, however, can only be experienced for a short time compared to background music.

An audio cue is an acoustic indication. This can take the form of a tone, a sequence of tones, a melody, music, noise, speech, or a change in volume, frequency, timbre, or the addition of effects such as echo, reverb, modulation, and so on. In addition, the time and duration of the fade-in can be varied. An audio cue has semantics that must be conveyed to the listener. Although there are many design possibilities, listeners will only be able to differentiate between a limited number (< 7) of different audio cues. Audio cues must therefore be sufficiently distinct from each other. They should not interfere with or even overlay the speech output. At the same time, audio cues should be perceptible and not overheard. Also, “no sounds should be used that could also be heard in the user’s environment” [DB07]. In the literature, three types of audio cues are distinguished: (i) Auditory Icons use (nonverbal) sounds and noises from the user’s natural environment [BF11], (ii) Earcons as nonverbal, abstract, synthetic sounds [VA03], and (iii) Hearcons as the smallest unit of an auditory environment that represents an object through a sound characterized by volume, position, and extent in space [BG95]. The acoustic perception of audio cues and other acoustic design elements is always subject to the perception in space. Spatial effects can be generated artificially and used purposefully.

With regard to Audio Augmented Reality [Ba19] spatial hearing helps people to orient themselves in space. Level and frequency differences of direct and indirect sound sources enable localization of sound sources as well as an idea of the size and shape of the surrounding space. Sound sources can also be artificially generated in a virtual room in this way, so that a spatial sense of sound is created, at least by using stereo headphones. For the creation of a spatial listening experience one can make use of certain psychoacoustic properties like especially (i) interaural time differences, (ii) interaural level differences, (iii) reverb, and (iv) auto-pan effects. One way to realize these effects provides the Resonance Audio SDK from Google².

² See <https://resonance-audio.github.io/resonance-audio/> (retrieved 04/14/2022).

In Tab. 1 a proposal of auditory representations for the text-based design elements is presented. The implementation of the auditory design was done on the one hand by the TTS system and on the other hand by audio cues and sound effects during the playback of the resulting audio document as well as by complementary interactive elements of the hyperaudio player.

Text design element	Hyperaudio representation
Headline	Short break before, pronounced with lower pitch
Chapter/section start	Moving audio source from bottom to top
Lists numbered/unnumbered	Switching pan from right to left per item
Blocks, e.g. examples, definitions	Audio cues per type of block
Quotes	Higher pitch
Footnotes	Audio cue
References	Audio cue
Expressions in brackets	Converted to speech with pronounced brackets
Cross-references	Audio cue
Tables, figures formulas, code	Audio cue indicating visual representation
Marginalia texts, table of contents, page numbers, index	(not considered)

Tab. 1: Mapping text design to auditory representations

4 Text to speech to hyperaudio

Hyperaudio is a special type of hypermedia in which hyperlinks and multimedia content are associated with the carrier medium audio. In our case, the basis for the carrier media is the course texts. These texts are transformed into an artificial speech output with the help of a TTS system. The conversion requires a special markup language, the Speech Synthesis Markup Language (SSML). Therefore, the conversion is performed in two steps: First, generation of the SSML from the text source. Second, generation of the audio from the SSML. In addition, the annotation of time markers will be automated to allow navigation and augmentation of the audio document with figures, tables, and links.

For the creation of the SSML document, a parser for LaTeX was written. Indirectly, Word or Writer documents can also be processed after a conversion to LaTeX using the LibreOffice extension `Writer2LaTeX`³ in the Terminal. The task of the parser was on the one hand to transfer semantic and structural information like headings, citations and literature references to SSML and on the other hand to remove superfluous syntax commands from LaTeX. The BibTeX keys contained in the text could be converted into a readable form of author names using the Node.js module `biblatex-csl-converter`. Speech output of figures, tables, formulas, and program code was not pursued in favor of a visual representation in the hyperaudio player. From the LaTeX sources, these elements could

³ See <https://extensions.libreoffice.org/en/extensions/show/writer2latex-1> (accessed 2022-06-14)

be extracted and converted to PNG image files using pdflatex.

Common cloud services considered as TTS were Google's TTS, Amazon Web Services (AWS) Polly, and Microsoft Azure. Microsoft Azure could not be used due to a lack of sufficient documentation. Google TTS supported far fewer SSML commands and especially fewer intonations than AWS Polly at the time of development (2021). For example, AWS Polly could be used to mark up English language citations in SSML so that they could be pronounced in English instead of German. The audio documents created with AWS Polly were of much better quality, both sonically and linguistically, than the audios created with Google TTS.

Worth noting is the `<mark>` markups, which are not included in the speech generation but allow the generation of a JSON file with timestamps of each sentence, word, or customized marks. This eliminates the need to manually identify the temporal positions of particular text elements. Cross-references to tables, figures, and text sections contained in LaTeX sources could also be declared as customized marks for later integration in the hyperaudio player. Using the `<mark>` markups, it was possible to set triggers for acoustic playback effects. Finally, word and sentence level marks enable precise navigation between the written words in the text and the corresponding speech.

The Hyperaudio Player was developed in an activity plugging for the Moodle LMS. The player allows teachers to upload audio files and associated SSML and mark files from AWS Polly. Learners can play, pause and adjust the playback speed of the audio file. During playback, the corresponding sentences in the text are highlighted, and if necessary, the text scrolls to the position. Visual material that could not be represented as audio is displayed in the text. Audio cues provide users with an acoustic cue to available visual content and allow them to view visual content and use hyperlinks on-demand using the display. By clicking on a sentence in the text, the user can navigate to the corresponding position in the audio document. The horizontal timeline known from audio players is thus replaced here by the vertical scroll bar available in the browser. In summary, the audio design has been realized as proposed in Tab. 1.

5 Summary and outlook

In this paper, we shared insights on how to design auditory representations of text-based learning material in higher education. For the audio design features of the TTS systems, audio cues, and audio effects have been used to create a spatial listening experience. Beyond the audio, a hyperaudio player was developed that incorporates interactive and multimedia elements. The audio documents generated with AWS Polly have been used in the winter semester 2019/20 and 2020/21 Moodle courses for 82 and 67 students, respectively, of a master's program in computer science. Learners were asked in the course forum and also in the virtual classroom sessions to assess the linguistic quality and individual usefulness of the audio course texts. The feedback was largely positive. Only a few people were bothered by the occasional imprecise pronunciation and the comparatively limited tonal variation. The Hyperaudio Player will be used in the coming

winter semester. Until then, we are going to improve the usability and user experience as well as enable a collaborative use.

Acknowledgement: This research was supported by the Research Cluster Digitalization, Diversity and Lifelong Learning – Consequences for Higher Education (D²L²) of the FernUniversität in Hagen, Germany.

Bibliography

- [Ba19] Bauer, V.; Nagele, A.; Baume, C.; Cowlshaw, T.; Cooke, H.; Pike, C.; Healey, P.G.T.: Designing an Interactive and Collaborative Experience in Audio Augmented Reality. In (Bourdot, P.; Interrante, V.; Nedel, L.; Magnenat-Thalmann, N.; Zachmann, G., eds.): *Virtual Reality and Augmented Reality*. Springer International Publishing, Cham, pp. 305–311, 2019.
- [BF11] Brazil, E.; Fernström, M.: Using and Creating Auditory Icons. In (John G. Neuhoff Thomas Hermann, A. H., ed.). Logos Publishing House, 2011.
- [BG95] Bölke, L.; Gorny, P.: Direkte Manipulation von akustischen Objekten durch blinde Rechnerbenutzer. In (Böcker, H.-D., ed.): *Software-Ergonomie '95 Mensch-Computer-Interaktion Anwendungsbereiche lernen voneinander*. B.G.Teubner, Stuttgart, pp. 93–106, 1995.
- [CQR11] Cazenave, F.; Quint, V.; Roisin, C.: Timesheets.js: When SMIL Meets HTML5 and CSS3. In: *Proceedings of the 11th ACM Symposium on Document Engineering*. ACM, New York, NY, USA, pp. 43–52, 2011.
- [DB07] Donker, H.; Blenn, N.: Gestaltung von Hyperlinks in einer Hyperaudio-Enzyklopädie. In (Gross, T., ed.): *Mensch & Computer 2007: Konferenz für interaktive und kooperative Medien*. Vol. 7, Oldenbourg Verlag, München, pp. 139–148, 2007.
- [Mo10] Morris, N. P.: Podcasts and Mobile Assessment Enhance Student Learning Experience and Academic Performance. *Bioscience Education* 16/1, pp. 1–7, 2010.
- [Ra10] Raffaseder, H.: *Audiodesign*. Hansa Verlag, München, 2010.
- [Re09] Reinmann, G.: iTunes statt Hörsaal? Gedanken zur mündlichen Weitergabe von wissenschaftlichem Wissen Mündliche Weitergabe wissenschaftlichen Wissens. *E-Learning – Lernen im digitalen Zeitalter* 5/1, pp. 256–267, 2009.
- [VA03] Vargas, M. L. M.; Anderson, S.: Combining speech and earcons to assist menu navigation. In. 2003.
- [ZS14] Zumbach, J.; Schwartz, N.: Hyperaudio learning for non-linear auditory knowledge acquisition. *Computers in Human Behavior* 41, pp. 365–373, 2014.

Do you trust the Bot? – Entwicklung und Evaluation eines Conversational Agents zur Klassifikation von Lernstilen

Bijan Khosrawi-Rad¹, Linda Grogorick¹, Paul Keller¹, Ricarda Schlimbach¹, Heidi Rinn²
und Susanne Robra-Bissantz¹

Abstract: Personalisiertes Lernen ermöglicht es Lernenden, nach ihren eigenen Lernpräferenzen und -stilen zu lernen. Conversational Agents (CAs) bieten eine vielversprechende Möglichkeit zur Unterstützung der Lernenden. CAs können Lernstile im Dialog mit den Nutzer:innen erkennen sowie passende Lern-Empfehlungen bereitstellen. Eine Herausforderung besteht jedoch darin, dass Lernende diese neuartige Technologie positiv wahrnehmen und ihr vertrauen. In diesem Beitrag wird die Entwicklung des CAs Vicky vorgestellt, welcher Lernstile anhand eines Fragebogens sowie eines Quiz ermittelt. Vicky verhält sich dabei menschenähnlich, um als virtueller Companion wahrgenommen zu werden. In einem Experiment wird untersucht, ob und inwiefern die Lernenden Vicky vertrauen und die Interaktion als freundschaftlich empfinden, sowie ob eine Variante der Lernstil-Erkennung bevorzugt wird. Insgesamt leistet der Artikel einen Beitrag zu Wissenschaft und Praxis, indem gezeigt wird, wie CAs zur Klassifikation von Lernstilen gestaltet werden sollten, damit diese ihr Potenzial entfalten.

Keywords: Conversational Agent, Virtual Companion, Vertrauen, Freundschaft, Lernstil

1 Einleitung und Motivation

Lernende zeigen individuelle Unterschiede bezüglich ihres Lernverhaltens, welche als „Lernstile“ bezeichnet werden. Erfolgt gestützt durch Technologie eine Anpassung des Lehrens und Lernens an Lernstile, kann ein höherer Lernerfolg erzielt werden [La11]. Im Bildungskontext gewinnt der Einsatz von Conversational Agents (CAs) wie Chatbots oder Sprachassistenten an Bedeutung [Kh22]. Im Dialog mit einem CA können Lernstile entweder durch die Integration eines Fragebogens oder durch Beobachtung des Lern-Verhaltens erkannt werden [La11]. CAs entwickeln sich aktuell stark weiter, so können diese durch die Integration menschenähnlicher Gestaltungselemente eine langfristige Beziehung zu ihren Nutzer:innen aufbauen, wie das Beispiel der App „Replika“ zeigt [Sk21]. CAs werden daher zunehmend als „virtuelle Companions“ bezeichnet, die freundschaftlich mit ihren Nutzer:innen interagieren, proaktiv handeln und als gleichberechtigte Partner auftreten, um Interaktionen ansprechend zu gestalten [St21]. Allerdings schöpfen viele CAs ihr volles Potenzial nicht aus, sodass Interaktionen als wenig anregend empfunden werden und viele CA-Projekte scheitern [Be22]. Die Verwendung von Spielelementen (Gamification) erzielt in der Bildung bereits seit Jahren

¹ TU Braunschweig, Inst. für Wirtschaftsinformatik, Mühlentorstraße 23, 38106 Braunschweig, b.khosrawi-rad@tu-bs.de; l.grogorick@tu-bs.de; p.keller@tu-bs.de; r.schlimbach@tu-bs.de; s.robra-bissantz@tu-bs.de

² AKAD University, IDEA, Heilbronner Str. 86, 70191 Stuttgart, heidi.rinn@akad.de

positive Effekte hinsichtlich Spaß und Motivation [De11] und wird als große Chance betrachtet, um langfristige Nutzung zu ermöglichen [Be22]. Nach bestem Wissen der Autor:innen existiert bislang jedoch noch kein CA zur Lernstil-Klassifikation, der sowohl wie ein Companion interagiert, als auch Gamification verwendet. Vor diesem Hintergrund wird der CA „Vicky“ entwickelt, der als virtueller Companion auftritt und Lernstile über einen Fragebogen und in einem Quiz ermittelt. Da Vertrauen und Freundschaft relevante Faktoren für den Erfolg eines virtuellen Companions sind [SKR22, St21], wird in einem Experiment durch einen Vergleich der Gestaltungsoptionen (Fragebogen und Quiz) die Wahrnehmung von Vicky bzgl. dieser beiden Konstrukte untersucht. Das Experiment trägt dazu bei, folgende **Forschungsfrage** zu beantworten: *Inwiefern nehmen Lernende einen CA zur Klassifikation von Lernstilen als vertrauensvoll sowie freundschaftlich wahr?*

2 Entwicklung des Conversational Agents

Technologie & Gestaltung: Der CA wurde mit der Plattform „Rasa“ sowie dem Classifier „DIET“ entwickelt und in den Messenger „Telegram“ integriert, sodass plattformunabhängig Dialoge geführt werden können (text-basiert und in englischer Sprache). Vicky fragt dabei proaktiv nach bestimmten Informationen [St21] und erst sobald der/die Nutzer:in darauf antwortet, leitet Vicky zur nächsten Frage über, sodass die Fragen in der richtigen Reihenfolge wiedergegeben werden. Zur Gewährleistung einer korrekten Lernstil-Klassifikation wurden zudem Python-basierte Hilfsskripte entwickelt. Der CA nutzt menschenähnliche Elemente, um zu fördern, dass Lernende sich sozial gegenüber diesem verhalten und den CA als glaubwürdig wahrnehmen [Fe19, NSS94]. So besitzt dieser einen menschlichen Namen (Vicky) und kommuniziert menschenähnlich, um als virtueller Companion wahrgenommen zu werden [LV20, Si12, St21]. Um eine persönliche Bindung aufzubauen sowie Interesse an der Persönlichkeit der Nutzer:innen zu bekunden, fragt Vicky bewusst nach den Interessen und Vorlieben im Lernprozess [LV20]. Zur Gewährleistung der Transparenz und des Vertrauens erklärt Vicky während des Dialogs, dass sie dazu dient, den Lernstil der Person zu ermitteln und dass hierfür das Erheben persönlicher Daten nötig ist [SKR22]. Zudem wurde berücksichtigt, dass der CA auf „Killerphrasen“ reagiert [St21]. D.h. wenn Lernende den Sinn und Zweck des Gesprächs hinterfragen oder sich wundern, ob das Gespräch gerade mit einem Menschen oder einer Maschine stattfindet, klärt Vicky diese Fragen auf. Darüber hinaus wurde ein Small Talk Gespräch in den Dialog integriert, sodass Nutzer:innen z. B. mit Vicky plaudern und nach Witzen fragen können [WSL20].

Lernstil-Klassifikation: Zunächst erfolgt die Klassifikation auf Basis des **FS-Modells** [FS88] durch den „Index of Learning Styles“ Fragebogen (17 Items) [FS91], welcher in das Gespräch integriert ist. Das Modell ist wissenschaftlich validiert und wurde bereits vielfach zur Lernstil-Erkennung verwendet [Cr06, FS88]. Um das Interesse der Lernenden zu wecken, stellt Vicky persönliche Fragen und registriert die Antworten. Ein Python-basiertes Hilfsskript wird verwendet, welches jeweils die entsprechende Lernstil-Dimension aufsummiert. Sofern Lernende sich bei einer Frage unsicher bzgl. der Antwort sind, weist Vicky darauf hin, dass es zur Erfassung des Lernstils notwendig ist, sich für eine Tendenz zu entscheiden [FS88, FS91, La11]. Nach der Interaktion teilt Vicky

dem/der Lernenden das Ergebnis der Lernstil-Klassifikation mit, erklärt dieses, um Transparenz zu zeigen [SKR22], und gibt passende Lern-Tipps. Besonders an dem Gespräch ist, dass der Fragebogen in ein lebhaftes Gespräch integriert ist. So schafft Vicky eine gemeinsame Gesprächsbasis, um Sympathie auszustrahlen [St21], z. B. durch Ausdrücke wie „I'm interested in your personality“. Zudem greift Vicky zuvor geäußerte Antworten auf und geht auf diese ein, um als aktiver Zuhörer empfunden zu werden [LV20, St21]. Als weitere Option zur Lernstil-Erkennung verwendet Vicky ein **Quiz**. Dieses orientiert sich an der Lehrmethode des „Scaffoldings“ [VC78], welche es vorsieht, Lerninhalte sukzessive durch Hilfestellungen einer Lehrkraft zu erarbeiten. Der CA bietet Lernenden dabei verschiedene Hilfestellungen an (Videos, Bilder, Texte). Je nachdem, welche Hilfestellungen Lernende präferieren und wie diese mit dem CA interagieren, werden anhand definierter logischer Regeln die Lernstile hergeleitet [FS88, La11]. Vicky verwendet dafür vier Fragetypen [ebd.]: *Praktische Fragen* (Üben von praktischen Problemen), *Theoretische Fragen* (Testen des Wissens und Verständnisses), *Prozess-Fragen* (Herausfinden, inwiefern Lernende Scaffolding präferieren) sowie *Trick-Fragen* (Überprüfen der Aufmerksamkeit). Direkte Antworten auf praktische Fragen deuten an, dass die Person einen *aktiven sowie sensorischen Lernstil* besitzt. Möchten Lernende durch den Prozess geführt werden, trägt dies zu der *sequenziellen sowie reflektiven* Lernstil-Dimension bei. Sofern Lernende auf Theorie-Fragen korrekt antworten, spricht dies für einen *reflektiven sowie intuitiven* Lernstil. Lernende beweisen, dass sie gut ihre Aufmerksamkeit fokussieren können, wenn diese bei Trick-Fragen weniger dazu neigen, fremde Hilfe in Anspruch zu nehmen – Dies deutet auf einen *sensorischen sowie verbalen* Lernstil hin. Abb. 1 verdeutlicht das Design des CAs.

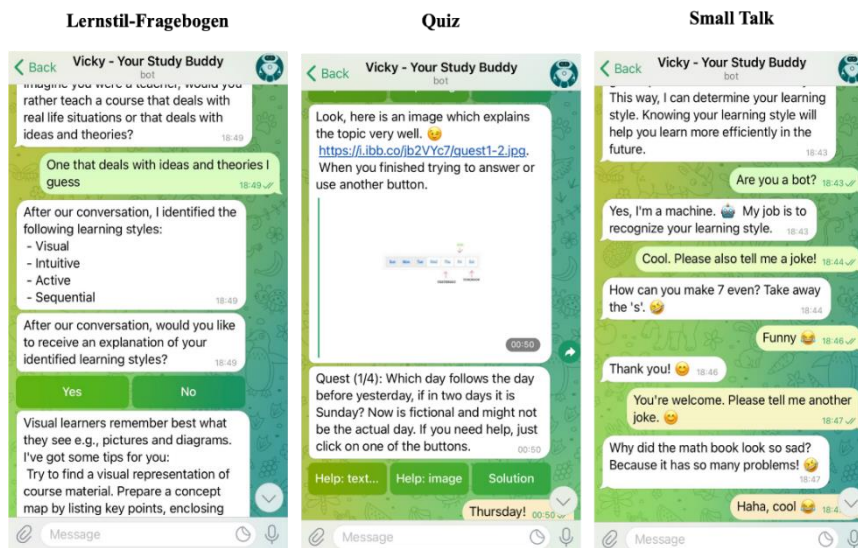


Abb. 1: Ausschnitte aus der Konversation mit Vicky

3 Evaluation

Es wurde eine Online-Umfrage durchgeführt, in welcher die Teilnehmenden zu beiden Gestaltungsoptionen ein Demo-Video ansahen und Fragen zur Wahrnehmung von Vicky beantworteten (Fragebogen: <https://youtu.be/4DcVeST3uMQ>; Quiz: <https://youtu.be/lyi-DkYYVYw>). Alle verwendeten Konstrukte stammen aus dem Modell für „Virtual Companionship“ [St21] und wurden mit einer 7-stufigen Likert-Skala (1 = trifft überhaupt nicht zu; ...; 7 = trifft voll und ganz zu) erhoben: „Vertrauenswürdigkeit“, „Vertrauen und Zuverlässigkeit“, „Freundschaft: Hilfsbereitschaft“ und „Freundschaft: Kameradschaft“. Darüber hinaus wurden zur umfangreichen Interpretation offene Fragen gestellt. Von 176 Teilnehmenden haben 110 Personen (62.5 %) den Fragebogen mit einer Dauer von ca. 15-20 Minuten vollständig ausgefüllt (weiblich: 76; männlich: 33; divers: 1). Das Durchschnittsalter betrug 27 Jahre. Es haben Studierende (80.9 %), Berufstätige (17.3 %) sowie sonstige Personen (1.8 %) an der Studie teilgenommen. Eine Reliabilitätsanalyse sowie eine konfirmatorische Faktorenanalyse bestätigten, dass der Datensatz zur Auswertung geeignet ist (Cronbachs Alpha für alle Konstrukte > 0.8; korrigierte Item-Skala-Korrelation durchgängig > 0.3). Zur Analyse der Ergebnisse wurden die Mittelwerte (MW) und Standardabweichungen (SD) für die einzelnen Dimensionen berechnet. Zudem wurde ein t-Test durchgeführt, um zu überprüfen, ob die Unterschiede zwischen beiden Gestaltungsoptionen signifikant sind ($\alpha = 0.05$). Tab. 2 fasst die Ergebnisse zusammen.

Konstrukt	Fragebogen		Quiz		Alpha	t-Test	
	MW	SD	MW	SD	α	T	p
Vertrauen und Zuverlässigkeit	4.74	1.37	4.72	1.37	0.88	0.22	0.83
Vertrauenswürdigkeit	5.37	1.17	5.31	1.21	0.95	0.80	0.43
Freundschaft: Hilfsbereitschaft	4.71	1.28	4.82	1.27	0.91	1.33	0.19
Freundschaft: Kameradschaft	4.02	1.53	3.85	1.49	0.94	1.74	0.08

MW = Mittelwert; SD = Standardabweichung; α = Cronbachs Alpha; p = Signifikanz; T = t-Wert

Tab. 2: Mittelwerte, Standardabweichungen, Reliabilität und t-Test

Für die Dimensionen „Vertrauen und Zuverlässigkeit“ sowie „Vertrauenswürdigkeit“ wurden beide Varianten ähnlich bewertet. In Bezug auf die Hilfsbereitschaft wurde das Quiz besser eingeschätzt, wohingegen die Kameradschaft beim Fragebogen etwas besser beurteilt wurde. Die bessere Bewertung des Quiz bezüglich der Hilfsbereitschaft könnte darin begründet sein, dass Lernende sich in diesem mit tatsächlichen Lerninhalten befassen und dabei Hilfestellungen nutzen. So wurde in den offenen Fragen geäußert, dass „man hierbei während des Chattens gleichzeitig etwas lernt“. Die bessere Wahrnehmung der Kameradschaft bei der Klassifikation durch den Fragebogen liegt womöglich daran, dass die Fragen in ein Small Talk Gespräch eingebunden sind und so der Effekt eines freundschaftlichen Gesprächspartners deutlicher wird [St21, WSL20]. So wurde bspw. für das Quiz das Risiko gesehen, dass zu viele und zu komplexe Fragen demotivieren könnten.

Auch wenn die MW leichte Unterschiede bei der Einschätzung der beiden Gestaltungsoptionen zeigen, sind diese nach dem t-Test für die vier Dimensionen nicht signifikant. Zu beachten ist, dass die SD in beiden Fällen recht hoch sind, sodass sich die Präferenzen der Lernenden stark unterscheiden. Zudem wurde geäußert, dass „eine Mischung aus beiden Versionen“ sowie die Anpassbarkeit des CAs erwünscht sind [St21], um eine passende Lösung für alle Lernenden zu gestalten. Bemerkenswert ist jedoch, dass die einzelnen Konstrukte stark unterschiedlich bewertet wurden. Besonders positiv wurde die Vertrauenswürdigkeit eingeschätzt, was darauf hindeutet, dass die Mehrheit dem CA sowie der Lernstil-Klassifikation vertraut (bspw. aufgrund der Transparenz) [St21]. Zudem weist der CA in Hinblick auf das Vertrauen und die Zuverlässigkeit sowie Hilfsbereitschaft eine positive Tendenz auf, was sich darauf zurückführen ließe, dass Vicky die einzelnen Lernstile erklärt, passende Tipps bereitstellt, sowie in der Quiz-Version bei der Bearbeitung der Aufgaben unterstützt. Die Kameradschaft wurde am schlechtesten beurteilt. Dies könnte darauf zurückzuführen sein, dass es sich um einen initialen Prototyp handelt. Genannte Ideen zur Weiterentwicklung waren bspw. offenere Konversationen, weitere Emojis sowie zusätzliche Spiel- und Kollaborationselemente.

4 Fazit

In diesem Beitrag wurde ein CA entwickelt, welcher Lernstile durch ein Quiz und einen Fragebogen erkennt sowie Lern-Tipps bereitstellt. Beide Gestaltungsoptionen wurden überwiegend positiv wahrgenommen, wobei keine der Varianten die andere eindeutig dominiert. Insgesamt differenzieren die Einschätzungen zu beiden Varianten, sodass das Anbieten beider Optionen sowie die Anpassbarkeit des CAs relevant sind. Zudem sollte beachtet werden, dass trotz positiver Erkenntnisse über die Erkennung von Lernstilen [Cr06, La11] die Notwendigkeit einer Adaption an Lernstile diskutiert wird [Pa08, RCT15] und Lernende nicht nur durch „Labels“ klassifiziert werden sollten, sodass eine vielfältige Erfassung von Lernendendaten relevant ist [SKR22]. Dieser Beitrag demonstriert die grundlegende Machbarkeit der Erkennung von Lernendendaten über einen CA, wobei die Erweiterung um die (dynamische) Erfassung weiterer Variablen (z. B. Lern-Herausforderungen) geplant ist. Der Beitrag weist einige Limitationen auf. Die Evaluation erfolgte auf Basis eines Videos anstatt einer echten Interaktion. Zudem ist die Stichprobe sehr divers und Missinterpretationen aufgrund der englischen Sprache können nicht ausgeschlossen werden. Die Erkenntnisse sollten folglich in einem Realszenario validiert werden. Im Sinne der iterativen Forschung ist zudem die Erweiterung von Vicky um zusätzliche Funktionalitäten (z. B. Vermittlung von Lerninhalten) geplant. Insgesamt zeigt dieser Beitrag, wie CAs zur Lernstil-Klassifikation gestaltet werden können.

Literaturverzeichnis

- [Be22] Benner, D. et.al.: Level-Up your Learning – Introducing a Framework for Gamified Educational Conversational Agents. In: WI2022 Proceedings. Nürnberg, 2022.

- [Cr06] Creß, U.: Lernorientierungen, Lernstile, Lerntypen und kognitive Stile. In (Mandl, H.; Friedrich, H. F. Hrsg.): Handbuch Lernstrategien. Göttingen, S. 365–377, 2006.
- [De11] Deterding, S. et.al.: From game design elements to gamefulness: defining „gamification“. In: MindTrek '11 Proceedings. Tampere, S. 9-15, 2011.
- [Fe19] Feine, J. et.al.: A Taxonomy of Social Cues for Conversational Agents. In: International Journal of Human-Computer Studies, Bd. 132, S. 138–161, 2019.
- [FS88] Felder, R.M.; Silverman, L.K.: Learning and teaching styles in engineering education. In: Engineering education, Bd. 78, Nr. 7, North Carolina, S. 674–681, 1988.
- [FS91] Felder, R.M.; Soloman, B.A.: Index of learning styles. 1991, <https://www.webtools.ncsu.edu/learningstyles/>, Stand: 10.04.2022.
- [Kh22] Khosrawi-Rad, B. et al.: Conversational Agents in Education – A Systematic Literature Review. In: ECIS Proceedings. Timișoara, 2022.
- [La11] Latham, A.M.: Personalising Learning with Dynamic Prediction and Adaptation to Learning Styles in a Conversational Intelligent Tutoring System. Dissertation. Manchester Metropolitan University, 2011.
- [LV20] Liebrecht, C.; Van Hooijdonk, C.: Creating Humanlike Chatbots: What Chatbot Developers Could Learn from Webcare Employees in Adopting a Conversational Human Voice. In: CONVERSATIONS 2019 Proceedings, S. 51-64, 2020.
- [NSS94] Nass, C.; Steuer, J.; Siminoff, E.: Computer are social actors. In: Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, S. 72–78, 1994.
- [Pa08] Pashler, H. et.al.: Learning Styles: Concepts and Evidence. In: Psychological Science in the Public Interest Bd. 9, Nr. 3, S. 105–119, 2008.
- [RCT15] Rogowsky, B. A., Calhoun, B. M. & Tallal, P.: Matching learning style to instructional method. Effects on comprehension. In: Journal of Educational Psychology Bd. 107, Nr. 1, S. 64–78, 2015.
- [Si12] Silvervarg, A. et.al.: The effect of visual gender on abuse in conversation with ECAs. In: International conference on intelligent virtual agents. Springer, S. 153–160, 2012.
- [Sk21] Skjuve, M. et.al.: My Chatbot Companion - a Study of Human-Chatbot Relationships. In: International Journal of Human-Computer Studies, Bd. 149, S. 1-14, 2021.
- [SKR22] Schlimbach, R.; Khosrawi-Rad, B.; Robra-Bissantz, S.: Quo Vadis: Auf dem Weg zu Ethik-Guidelines für den Einsatz KI-basierter Lern-Companions in der Lehre? In: HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik Bd. 59, Nr. 2, S. 619-632, 2022.
- [St21] Strohmman, T.: From Assistance to Companionship-Designing Virtual Companions. Dissertation. Technische Universität Braunschweig, 2021.
- [VC78] Vygotsky, L.S.; Cole, M: Mind in society: Development of higher psychological processes. Harvard university press, 1978.
- [WSL20] Wambsganss, T.; Söllner, M.; Leimeister, J. M.: Design and evaluation of an adaptive dialog-based tutoring system for argumentation skills. In: ICIS Proceeding. Hyderabad, India, 2020.

Analyse des persönlichen Burnout-Niveaus von Studierenden während des digitalen Semesters

Eine Längsschnittstudie unter COVID-19-Bedingungen

Jonas Stemme ¹

Abstract: In der nachfolgenden Panelstudie werden in einem induktiven Verfahren mithilfe von Interviews Belastungsfaktoren identifiziert, die Studierende (Erst- und Drittsemester) im digitalen Semester als besonders belastend empfunden haben. Insgesamt konnten sechs Dimensionen festgestellt werden, die in drei quantitativen Erhebungen weiter analysiert wurden. Zusätzlich wurde das persönliche Burnout-Niveau bei beiden Gruppen von Studierenden zu drei Zeitpunkten gemessen, um Veränderungen zu erkennen. Zusammenfassend lässt sich bei den Belastungsfaktoren feststellen, dass diese stark mit dem persönlichen Burnout-Niveau korrelieren. Zudem konnte zum Zeitpunkt Z3 bei beiden Gruppen ein höheres persönliches Burnout-Niveau als zum Zeitpunkt Z1 festgestellt werden.

Keywords: Burnout, digitale Lehre, Längsschnittstudie, Studierende, COVID-19

1 Einleitung

Innerhalb kürzester Zeit mussten die Universitäten ihre bisher in Präsenz abgehaltenen Vorlesungen in digitale Formate transformieren. Dabei kam es sowohl für die Lehrenden, aber auch für die Studierenden zu umfassenden Veränderungen [BVH20]. In einer systematischen Literaturanalyse wurden die Folgen von Isolation bedingt durch eine angeordnete Quarantäne untersucht. Die häufigsten psychosozialen Folgen stellen Ängstlichkeit, gefolgt von Sorgen um die Gesundheit anderer, Sorgen um die Gesundheit von Familienmitgliedern, Einsamkeit, Schlaflosigkeit, Wut und Stress dar [Rö20]. Die Quarantäne kann mit der sozialen Isolation von Studierenden verglichen werden, da Studierende keinen persönlichen Kontakt zu anderen Studierenden haben, den Campus nicht betreten dürfen und Lehr- und Lernformate sowie Prüfungen ausschließlich digital stattfinden [Ne19]. Bisherige Forschungen liefern erste Anhaltspunkte, dass die soziale Isolation der Studierenden von ihnen als besonders belastend empfunden wurde [Tr20]. Belastungen stellen die erfassbaren äußeren Einflüsse auf Menschen (Ursachen) dar, wohingegen die Beanspruchung die Auswirkungen auf die Menschen (Wirkung) darstellt. Bedingt durch unterschiedliche Moderatorvariablen reagieren Individuen unterschiedlich stark auf die Belastungen [RR75]. Der Beitrag versucht einen Teil der Forschungslücke

¹ Universität Osnabrück, Betriebswirtschaftslehre, Organisation und Wirtschaftsinformatik, Katharinenstraße 1, 49074 Osnabrück, jonas.stemme@uni-osnabrueck.de, <https://orcid.org/0000-0002-0095-4758>

mithilfe der nachfolgenden drei Forschungsfragen (**FF**) zu schließen, indem Faktoren identifiziert werden, die sich im Rahmen der digitalen Lehre unter COVID-19-Bedingungen verändert haben und zu einer größeren Belastung für die Studierenden geworden sind.

FF1: Welche veränderten Belastungen lassen sich bei Studierenden im digitalen Semester unter COVID-19-Bedingungen identifizieren?

FF2: Wie entwickelt sich das persönliche Burnout-Niveau von Studierenden während des digitalen Semesters unter COVID-19-Bedingungen?

FF3: Haben die identifizierten Belastungsfaktoren unter COVID-19 einen Einfluss auf das persönliche Burnout-Niveau von Studierenden?

2 Literaturanalyse

Grundlage für die durchgeführte Untersuchung bildet das Belastungs- und Beanspruchungs-Modell nach Rohmert und Rutenfranz aus dem Jahr 1975. Das Modell beschreibt wertneutral die Zusammenhänge zwischen psychischer Belastung und den daraus entstehenden Beanspruchungen. Dabei können sowohl positive als auch negative Belastungen und Beanspruchungen (Beanspruchungsfolgen) gemeint sein [Ha16]. Belastungen stellen äußere Einflüsse dar, die auf ein Individuum einwirken. Mögliche Belastungsfaktoren können unter anderem Unter- bzw. Überforderung, eine ungeeignete Arbeitsumgebung oder auch die soziale Situation von Menschen, die Mobbing ausgesetzt sind, sein [Tr19]. Die Beanspruchung stellt somit das zeitnahe Ergebnis dar, dass bedingt durch die Belastungsfaktoren geprägt wird, wie bspw. Arbeitsstress. Dabei kommt es nicht nur auf die Intensität der Belastung an, sondern auch auf die individuellen Leistungsvoraussetzungen des Menschen, wie dieser mit den Belastungsfaktoren umgehen kann [Ha16]. Bei einer Betrachtung der Belastungsfaktoren sollten sowohl zu starke Belastungen als auch zu geringe Belastungen betrachtet werden, da diese zu einer Fehlbelastung führen können [Ne19]. Häufig werden Belastungsfaktoren mit Stressoren gleichgesetzt, dies soll auch für die folgende Arbeit gelten. Stress ist ein bestimmter Zustand, der als kritisch oder bedrohlich empfunden wird [Tr19]. Eine Möglichkeit Stress messbar zu machen wurde bspw. bereits in den 70er Jahren von Freudenberger in Form des Konzeptes von Burnout in die psychosoziale Forschung eingeführt [Fr89]. Burnout soll in diesem Beitrag als ein Prozess verstanden werden, bei dem ein engagiertes Individuum seine Arbeitsleistung reduziert aufgrund einer Reaktion auf eine bzw. unterschiedliche Belastungen [Ch80]. Zur Messung des persönlichen Burnout-Niveaus wird in der Studie der CBI-Test (Copenhagen Burnout Inventory) verwendet [Kr05].

3 Methodik

Die Längsschnittstudie wurde unter COVID-19-Bedingungen im Wintersemester (WS) 20/21 bei Studierenden im ersten Semester (Studienanfänger:innen) und im dritten Semester (fortgeschrittene Studierende) durchgeführt. Das Ziel der Studie war es, die

Belastungen und Beanspruchung der Studierenden, bedingt durch die Veränderungen in der digitalen Lehre, aufzuzeigen. Das nachfolgende Untersuchungsdesign basiert auf einem Mixed-Methods Ansatz, bestehend aus 89 quantitativen Interviews zum Anfang des Semesters, drei monatlichen Erhebungen während des Semesters und einer online Ausgangsbefragung zum Abschluss des digitalen Semesters. Für die Interviews wurden folgende Fragestellungen verwendet: „Erwarten Sie eine zusätzliche Belastung im WS 20/21 bedingt durch die Pandemieeinschränkungen? Wenn ja, welche zusätzlichen Belastungen erwarten Sie?“. Ausgehend von den erhobenen Daten aus der offenen Fragestellung erfolgte eine Inhaltsanalyse [MF19]. In drei monatlichen Erhebungen wurde das Konstrukt des persönlichen Burnouts von Studierenden über das digitale Semester hinweg erhoben. Die Studierenden mussten sechs Fragen zur persönlichen Belastung auf einer fünf-stufigen Skala beantworten: In dieser Woche fühlte ich mich: A) ...gehetzt, B) ...unter Druck, C) ...müde, D) ...erschöpft, E) ...überfordert, F) ...tatkraftig. Die sechste Fragestellung stellt eine positiv ausgerichtete Frage da, um mögliche Antwortmuster bei den Studierenden zu identifizieren, anders als im ursprünglichen Fragebogen. Für die nachfolgende Auswertung wurde die Variable (vorher=tatkraftig; nachher=lustlos) umcodiert, um einheitliche Skalen zu erzeugen. Zur Analyse des persönlichen Burnout-Niveaus standen insgesamt 69 Datensätze zur Auswertung zur Verfügung. Grundlage der vierten Erhebung bilden die Interviews am Anfang des Semesters und die Studierendenbefragung aus dem Jahr 2020 [SI20]. Ausgehend von den identifizierten Dimensionen wurden bereits getestete Fragestellungen verwendet, um Korrelationen zwischen dem persönlichen Burnout-Niveau der Studierenden und den erwarteten Belastungen zu identifizieren. Die Studierenden mussten in einer einmaligen Abschlussbefragung auf einer fünf-stufigen Likert-Skala angeben, als wie stark sie die jeweiligen Belastungen empfunden haben. Eine Beschreibung der verwendeten Items kann in Tabelle 3 der Spalte Fragestellung entnommen werden.

4 Ergebnisse

Die nachfolgenden Tabellen (Tab. 1 und Tab. 2) stellen die Entwicklung des persönlichen Burnout-Niveaus zu unterschiedlichen Zeitpunkten anhand der sechs Fragen dar. Die Graustufen zeigen die stärksten und schwächsten Ausprägungen an. Je dunkler eine Zelle eingefärbt ist, desto mehr Studierende können diesem Burnout-Niveau zugeordnet werden. Bei den Erstsemester-Studierenden kam es im Laufe des Semesters bei allen Fragestellungen zu einer immer höheren Belastung bis zum Ende des Semesters. Lediglich bei der Fragestellung 2 konnte vom Zeitpunkt Z1 ein gleichbleibendes Niveau bis zum Zeitpunkt Z2 festgestellt werden. Die Drittsemester-Studierenden waren im Semester weniger gehetzt, erschöpft und überfordert als am Anfang des Semesters. Jedoch konnte zum Zeitpunkt Z3 eine stärkere wöchentliche Belastung aller betrachteten Dimensionen festgestellt werden als zum Zeitpunkt Z1. Die Drittsemester-Studierenden waren im Semester weniger gehetzt, erschöpft und überfordert als am Anfang des Semesters. Jedoch konnte zum Zeitpunkt Z3 eine stärkere wöchentliche Belastung aller betrachteten Dimensionen festgestellt werden als zum Zeitpunkt Z1. Beide Gruppen von Studierenden fühlten sich am Ende des Semesters gelegentlich gehetzt. Während das gehetzte Gefühl

bei Erstsemester-Studierenden von Z1 bis Z3 dauerhaft stieg, sank bei Drittsemester-Studierenden während des Semesters das gehetzte Gefühl und stieg erst zum Zeitpunkt Z3 wieder an. Sowohl die Erstsemester- als auch die Drittsemester-Studierenden standen gelegentlich unter Druck, zum Ende des Semesters mehr als zu Beginn des Semesters.

I	Z	1	2	3	4	5	S	M
A	Z1	7	8	12	7	0	1,05	2,56
	Z2	8	4	9	13	0	1,20	2,79
	Z3	4	5	10	12	3	1,16	3,15
B	Z1	2	7	5	19	1	1,03	3,29
	Z2	4	2	9	13	5	1,31	3,29
	Z3	3	0	11	12	8	1,12	3,65
C	Z1	4	4	7	15	4	1,20	3,32
	Z2	2	5	9	11	7	1,16	3,47
	Z3	2	2	8	13	9	1,11	3,74
D	Z1	2	9	8	13	1	1,14	2,97
	Z2	2	6	10	14	2	1,02	3,24
	Z3	2	3	12	12	4	1,17	3,29
E	Z1	6	10	14	4	0	0,93	2,47
	Z2	7	9	11	7	0	1,05	2,53
	Z3	5	8	12	6	3	1,17	2,82
F	Z1	2	12	11	8	1	0,97	2,82
	Z2	1	6	12	13	2	0,93	3,26
	Z3	0	2	15	15	2	0,71	3,50

I	Z	1	2	3	4	5	S	M
A	Z1	4	6	10	11	4	1,19	3,14
	Z2	6	4	14	10	1	1,11	2,89
	Z3	4	7	6	9	9	1,37	3,34
B	Z1	0	4	13	10	8	0,97	3,63
	Z2	2	4	8	12	9	1,17	3,63
	Z3	2	4	8	10	11	1,21	3,69
C	Z1	2	3	10	14	6	1,07	3,54
	Z2	2	3	9	14	7	1,09	3,60
	Z3	1	1	16	10	7	0,95	3,60
D	Z1	3	4	7	11	10	1,26	3,60
	Z2	2	6	11	9	7	1,17	3,37
	Z3	2	3	6	17	7	1,08	3,69
E	Z1	4	7	15	7	2	1,05	2,89
	Z2	9	10	7	7	2	1,25	2,51
	Z3	4	6	12	9	4	1,17	3,09
F	Z1	2	7	12	12	2	1,00	3,14
	Z2	2	5	14	10	4	1,04	3,26
	Z3	1	8	10	12	4	1,05	3,29

I = Fragestellung; A) gehetzt; B) unter Druck; C) müde; D) erschöpft; E) überfordert; F) lustlos; N = Anzahl; S = Standardabweichung; M = Mittelwert; Skala: 1 = nie; 2 = selten; 3 = teils/teils; 4 = häufig; 5 = immer; Z = Zeitpunkt

Tab. 1: Entwicklung des Burnout-Niveaus von Studienanfänger:innen

Tab. 2: Entwicklung des Burnout-Niveaus von fortgeschrittenen Studierenden

Sowohl die Erstsemester als auch die Drittsemester fühlten sich gelegentlich bis oft müde und erschöpft. Zudem waren beide Gruppen von Studierenden zum Ende des Semesters gelegentlich überfordert und lustlos. Erstsemester-Studierende begannen ihr Studium mit einem niedrigeren Burnout-Niveau als Studierende im 3. Semester. Zum Zeitpunkt Z3 konnte ein fast identisches Niveau der Erstsemester-Studierenden mit den Studierenden aus dem 3. Semester zum Zeitpunkt Z1 festgestellt werden. Es konnte keine Korrelation zwischen Studierenden in unterschiedlichen Semestern und einem besonders hohen oder niedrigen persönlichen Burnout-Niveau festgestellt werden. Somit werden für die folgenden Berechnungen die Studierenden ganzheitlich betrachtet. Insgesamt konnten sechs Dimensionen (*Organisation, Arbeitsplatz, Lehr- und Lernformate, Prüfungen, Kontakt und Gesundheit*) in der offenen Fragestellung identifiziert werden. Die nachfolgende Tabelle stellt die Korrelationen der sechs Dimensionen mit dem persönlichen Burnout-Niveau der Studierenden dar. 12 der 15 gemessenen Items weisen eine starke Korrelation auf, ein Item (4.3) eine mittlere Korrelation und bei zwei Items (1.2 & 5.2) konnte keine Korrelation festgestellt werden. Probleme mit dem

Auslandsaufenthalt oder der eingeschränkte Kontakt zu Studierenden korrelieren nicht signifikant mit dem gemessenen persönlichen Burnout-Niveau der Studierenden.

Dimensionen	Fragestellungen	r	p
1. Organisation	1.1 Probleme mit der Selbstorganisation	,497**	0,000
	1.2 Probleme beim Auslandsaufenthalt	0,063	0,615
2. Arbeitsplatz	2.1 Ablenkung am Arbeitsplatz	,471**	0,000
	2.2 Mangelnde technische Ausstattung	,344**	0,004
	2.3 Mangelnde sonstige Ausstattung	,335**	0,006
3. Lehr- und Lernformate	3.1 Gestiegener Arbeitsaufwand	,492**	0,000
	3.2 Größere Stoffmenge in Lehrveranstaltungen	,523**	0,000
4. Prüfungen	4.1 Probleme mit Prüfungsterminen	,375**	0,002
	4.2 Zu viele Prüfungen	,584**	0,000
	4.3 (Geänderte) Prüfungsformate	,292*	0,016
	4.4 Einhaltung von Bewerbungs-/Abgabefristen	,335**	0,006
5. Soziales Lebensumfeld	5.1 Familiäre Zusatzbelastungen	,363**	0,003
	5.2 Eingeschränkter Kontakt zu Studierenden	0,101	0,414
6. Gesundheitsbedenken	6.1 Sorgen um meine Gesundheit	,444**	0,000
	6.2 Sorgen um die Gesundheit anderer	,350**	0,004

r = Korrelation; ** = hoch signifikant; * signifikant; r = r-Wert; p = p-Wert

Tab. 3: Identifizierte Stressoren und ihre Korrelationen mit dem persönlichen Burnout-Niveau




5 Fazit

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass in einem induktiven Verfahren insgesamt sechs Dimensionen identifiziert werden konnten. Auf der Basis von 15 Items konnten die Veränderungen für die Studierenden im digitalen Semester messbar gemacht werden. In der Panelstudie konnte festgestellt werden, dass es zu einer Steigerung des persönlichen Burnout-Niveaus bei den Studierenden im Laufe des Semesters sowohl bei Studierenden aus dem 1. Semester als auch aus dem 3. Semester gekommen ist. Zudem konnte nachgewiesen werden, dass die identifizierten Dimensionen positiv mit dem persönlichen Burnout-Niveau der Studierenden korrelieren. Die Limitationen dieser Arbeit bestehen zum einen darin, dass nur Studierende aus einer Universität befragt wurden. Zukünftige Forschungen könnten an anderen Universitäten durchgeführt werden, um die identifizierten Stressoren langfristig zu untersuchen und die Auswirkungen sichtbar zu machen. Das vorgestellte Untersuchungsdesign könnte zudem in Lehrveranstaltungen eingesetzt werden, um frühzeitig Studierende zu identifizieren, deren persönliches Burnout-Niveau kritisch ist und zielgerecht Hilfestellungen bspw. Unterstützungsangebote für die betroffenen Studierenden bereitzustellen.

Literaturverzeichnis

- [BVH20] Blömer, L.; Voigt, C.; Hoppe, U.: Corona-Pandemie als Treiber digitaler Hochschullehre. In (Zender, R. et al. (Hrsg.): DELFI 2020 – Die 18. Fachtagung Bildungstechnologien der Gesellschaft für Informatik e.V. Gesellschaft für Informatik, Bonn, S. 343-380, 2020.
- [Ch80] Cherniss, C.: Professional Burnout in Human Service Organizations, Praeger, New York, 1980.
- [Fr89] Freudenberger, H. J.: Burnout. Past, present, and future concerns, Loss, Grief & Care, 3/1989, S. 1-10, 1989.
- [Ha16] Hacker, W.: Belastung–Tätigkeit–Beanspruchung. In (Vortrag auf dem 50. Kongress der Deutschen Gesellschaft für Psychologie Hrsg.): Ein ungeklärtes Wirkungsgefüge, S. 33-40, 2016.
- [Kr05] Kristensen, T. S. et al: The Copenhagen Burnout Inventory: A new tool for the assessment of burnout. Work and Stress 19/3, S. 192-207, 2005.
- [MF19] Mayring, P., Fenzl, T. (2019). Qualitative Inhaltsanalyse. In (Baur, N., Blasius, J. Hrsg.): Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung. Springer VS, Wiesbaden.
- [Ne19] Neuner, R.: Psychische Gesundheit bei der Arbeit. Gefährdungsbeurteilung und Betriebliches Gesundheitsmanagement, 3. Auflage, Springer Gabler, Wiesbaden, 2019.
- [Nü05] Nübling, M. et al.: Methoden – Durchführung. In (Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin): Methoden zur Erfassung psychischer Belastungen. Erprobung eines Messinstrumentes (COPSOQ), Wirtschaftsverlag NW, Dortmund u. a., S. 16-23, 2005.
- [RR75] Rohmert, W., Rutenfranz, J.: Arbeitswissenschaftliche Beurteilung der Belastung und Beanspruchung an unterschiedlichen industriellen Arbeitsplätzen, Bundesministerium für Arbeit und Sozialordnung, Bonn, 1975.
- [Rö20] Röhr, S. et al.: Psychosoziale Folgen von Quarantänemaßnahmen bei schwerwiegenden Coronavirus-Ausbrüchen: ein Rapid Review. Psychiatr. Prax. 47/2020, S. 179–189, 2020).
- [SI20] Servicestelle Lehrevaluation, Studierendenbefragung zum digitalen Sommersemester 2020, https://www.psychologie-cms.uni-osnabrueck.de/fileadmin/doc-lehreval/Bericht_Studierendenbefragung-2020.pdf, Abrufdatum 20.06.2022.
- [Tr20] Traus, A. et al.: Stu.di.Co.-Studieren digital in Zeiten von Corona. Universitätsverlag Hildesheim, Hildesheim, 2020.
- [Tr19] Treier, M.: Gefährdungsbeurteilung psychischer Belastungen, 2. Auflage, Springer Fachmedien, Wiesbaden, 2019.

Inside the Router: An interactive VR learning application to practice routing and network address translation

Thiemo Leonhardt ¹, David Baberowski ¹ und Nadine Bergner ¹

Abstract: This paper presents the evaluation of a VR learning application to practice routing and network address translation of a home router. The main didactical design feature of the application is the Inside the System approach, which lets the learners become part of the information system by performing the tasks themselves. Accordingly, process knowledge is to be built up and practiced and thus the competence level of Apply according to Krathwohl and Anderson is to be achieved by the learners. For comparability of evaluation results of VR learning apps, we introduced an evaluation design based on usability, VR specific design, and learning performance.

Keywords: VR, VR learning model, NAT, Router, Process Knowledge.

1 Introduction

One strength of a VR learning application (VRLA) is the ability to actively repeat sequences of actions by allowing the user to move freely and perform hand gestures such as pointing and grasping. By incorporating physical activities, interactions with objects within the application can be made more complex than is the case in desktop applications, for example. Since simulations also allow to visualize abstract learning content, we pursue the thesis that it is beneficial to practice procedural knowledge of abstract learning content through VRLAs.

The topic of networks and the Internet is an integral part of the school curricula for the subject of computer science (CS) in the German states as well as in the curricula of universities. A typical lesson in this field in vocational schools is the subject of Network Address Translation (NAT) in home networks. In exchanges with CS teachers seconded to our chair at the university, the problem was mentioned that tasks of the taxonomy level *Apply* are not always solved correctly in school and university and thus no competence is built up. Since desktop simulations like Filius² have already been used in teaching, the thesis is that a VRLA can be a successful digital support tool here. To test the thesis, we (1) reviewed VRLAs in the network domain, (2) analyzed study designs of VRLAs in the field of CS education, (3) designed and implemented our own VRLA, (4) created a

¹ TU Dresden, Didaktik der Informatik, Nöthnitzer Straße 46, 01187 Dresden, {thiemo.leonhardt | david.baberowski | nadine.bergner}@tu-dresden.de, {<https://orcid.org/0000-0003-4725-9776> | <https://orcid.org/0000-0001-6308-4334> | <https://orcid.org/0000-0003-3527-3204>}

² <https://www.lernsoftware-filius.de/>

transferable model of a study design for VRLAs, and (5) evaluated the VRLA regarding the users' competence enhancement.

2 Related Work

The game Network Collapse is intended to help students learn concepts according to K-12 CS Standards from the CS Teachers Association [Pa19]. In the game, the player takes a central role within the router and must regulate network traffic. Unfortunately, the learning objectives are not listed and thus have not been traced back to the K-12 curriculum. An evaluation or scientific publication has not taken place. Meena Jah et al. developed a VR simulation that focuses on the computation to determine the target network. In the learning design, four steps are given for learners to perform as an activity: (1) reads the destination host address into memory from the incoming data packet, (2) performs a calculation on that address to determine its destination network, (3) determines whether the destination network is listed in its table and the associated exit, (4) Moves the data packet out of the appropriate exit [Jh20]. The paper presents a work in progress and does not contain any evaluation or further details on the learning design. Another approach is shown by the VR app BeTheRouter from Cisco Systems [Yu17]. Here, the aim is to interact directly with the network packets as 3D objects. The VR application has so far only been demonstrated at Cisco Live events.

In a systematic paper review of virtual reality applications related to CS education Pirker et. al. listed seven content areas in which a total of 13 applications could be assigned [Pi20]. To be included, the paper must be from a peer-reviewed conference or journal, be written in English, be published after 2013, focus on CS education topic and use VR technology. The identified papers were assigned to the categories of CS concepts, learning objectives, didactic design, and technology used. A comparison of the study design and methodology used was not made. However, this is a key aspect to make the research of VRLA in CS comparable and to comply with quality standards regarding technology and usability. Therefore, we analyzed and categorized the specific study design of all papers³. As part of the learning design the in-game performance (number of tasks solved, time to solve tasks) was measured by [Be19], [Ta19], [NSP18], [VIG15]. The self-assessment of the users regarding the achievement of the learning objectives was analyzed by [Ho19], [SS17], [VIG15], [Vi18], [Ta19]. Motivation was measured by [VIG15] and Joy of Use by [Ho19]. As VR specific factors in presence and immersion were analyzed in [Pa16]. Usability as part of the evaluation was surveyed by [SS17], [Pa16], [Vi18]. The paper [PVH17] analyzed the system performance. Only the paper [SS17] uses a standardized test for the evaluation. Otherwise, all other evaluations referred to self-formulated items or analysis of interviews. A broad approach to study design in terms of learning outcome, learning design, VR design, and usability is not found in any of the studies examined. None of the evaluations of VRLA addressed actual learning gains or competence gains.

³ Of the 13 papers, two were discarded because their content did not address a CS topic (Project skills, Document Organization), one because no evaluation was done and one because the evaluated follow-up paper was also present in the analysis.

For this reason, our study presents an evaluation design that focusses on learning gain with the user interface design and the VR design as control variables.

3 Learning Application Design of Inside the Router

The VRLA is designed to support and not replace a teaching unit on the topic of NAT. Thus, teaching of factual and contextual knowledge below the learning taxonomy level *Apply* is not a learning objective of the application. In the scenario of a home router there are three main cases for routing IP packages, which all can be associated with everyday use cases: *Internal Packages*, *Outgoing Packages*, and *Incoming External Packages*. In the application all three occur and need to be handled by the user. Expected learned competencies are: One can (1) forward a network package from a local source to a local destination address, (2) assign an outgoing local network packet to the WAN port and forward them, and (3) map incoming external packets to a local destination address based on the destination port using the NAT table.

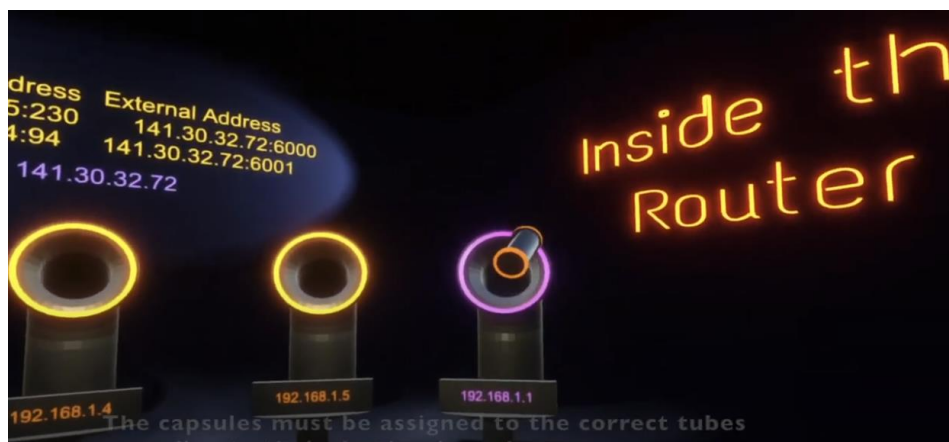


Fig. 1 – VR Design of Inside the Router

The didactic reduction in reference to the German educational standards of CS for *Inside the Router* is described in detail in [Ba22]. To exercise an abstract task like routing a concept for a metaphor to access the task haptically is needed. For *Inside the Router* this metaphor is a pipe post system in which the routes to the different network components are the pipes (fig. 1). The IP packages are symbolized by capsules that are transported by the pipes. Information like the NAT table must be visible but not interactive, which is realized by displaying it in the background. The main interaction as part of the game mechanics are the three steps: *Catch*, *Decide*, *Throw*. First a package must be caught, then the player must analyze the information on the package, chose a target, and then throw the package. Game mechanics and gamification elements of *Inside the Router* are discussed in [Ba22]. In short (fig. 2), whenever a package comes in, a sound alerts the user to get ready for the catch. The package follows a fixed trajectory, that makes it possible for the

user to catch the package mid-flight. If the user misses the catch, the package lands on a desk and can be picked up. On the package the source and destination IP addresses can be found. If a package lands in a tube, the tube gives visual and audio feedback whether the assignment was correct. If the assignment was correct there will be a green flash and the catch - decide - throw cycle will start with the next package. If a given number of packages was assigned correctly the application ends and presents the player a score.

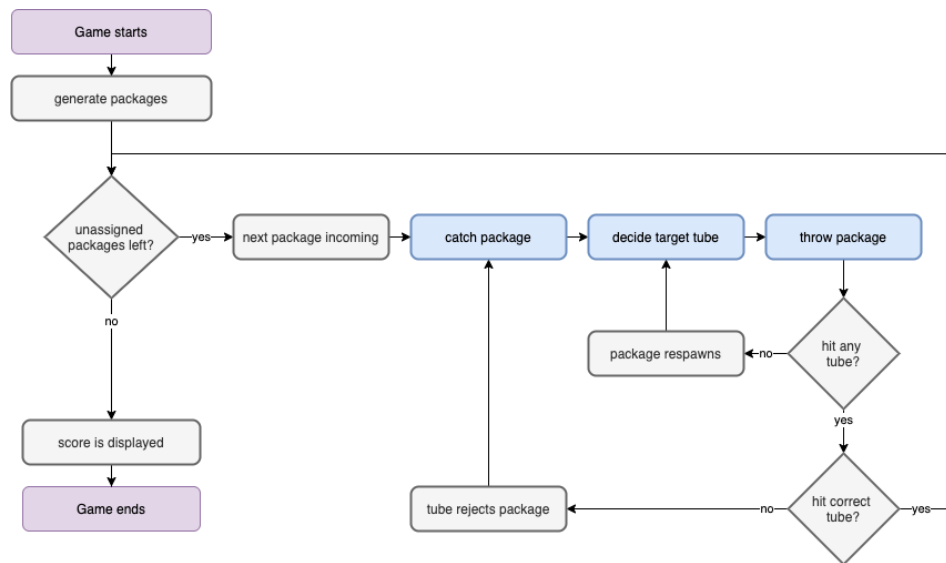


Fig. 2 – Game schedule of Inside the Router

4 Evaluation Design

To determine the quality of the VRLA Inside the Router, it needs to be examined from usability perspectives, VR specific learning design decisions, and learning growth or competency gain as the main feature. Since none of the studies examined in the related work included an appropriate study design, an evaluation design was developed in accordance with a general study design for measuring virtual reality shopping experience [SCK17]. The evaluation design is based on the three evaluation components: *3D User Interface*, *Virtual Reality* and *Learning Performance* (fig. 3).

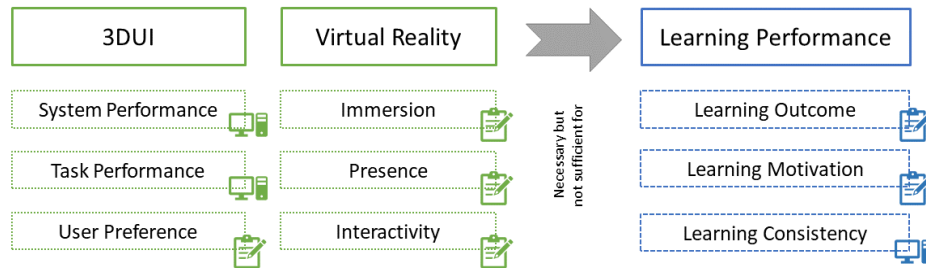


Fig. 3 - Structure of the evaluation design

To measure the quality of the user interface for VR applications, [SCK17] recommends the 3DUI Evaluation Metrics. This is based on the evaluation metrics: *system performance*, *task performance*, and *user preference*. System performance here refers to all system characteristics that can count towards negatively impacting the application experience (average frame rate, average system latency). Task performance includes quantitative measurements such as time, error rate, and accuracy of interactions. For example, in the study, this could be grabbing a package. Delays due to cognitive hurdles regarding a learning step is explicitly not meant here. One way of measuring user experience is the User Experience Questionnaire⁴ (UEQ). With this standardized questionnaire (26 items), comparisons can be achieved even to non-VR applications. User preference can be surveyed according to [SCK17] about user experience, usability and as VR specific motion sickness. To evaluate usability, the System Usability Scale (SUS) is suggested as this is a reliable and valid measure of perceived usability. To measure motion sickness the Motion Sickness Assessment Questionnaire (MSAQ) is proposed as a valid instrument to assess motion sickness.

Immersion, presence, and interactivity are important characteristics of VR [SCK17]. The distinction and definition of immersion and presence is still part of the scientific discourse [BA19]. We follow Slater here in defining immersion as an objective property of a system [S118]. Lower or higher immersion therefore is to be specified as aspects such as display resolution, field of view, sound, and similar relevant system components. Definitions of immersion via user engagement or a flow state [P121] should be rejected due to the strong interrelationship with psychological constructs and learning design. Creating detailed virtual environments or, conversely, using poor quality 3D models certainly influences the quality of the VRLA and the factors being studied, but desktop 3D learning environments are subject to similar influence. Mayer's Immersion Principle [Ma21] should therefore be investigated as a principle of the depth of detail of the representation. Therefore, we do not consider the design of the VR environment as part of the definition of immersion. Plotzky et. al. found no scientific consensus regarding the influence of presence on learning effects [P121], mainly because of the low number of studies. As argued by learning theories a positive relationship between feeling presence and learning motivation

⁴ <https://www.ueq-online.org/>

and learning effect are suspected. Presence is defined as the impression of being part of the virtual environment. According to Slater, the illusion is perceptible, but is only slowly identified by the cognitive system as the perceptual system recognizes events and objects as well as the brain-body system automatically reacts to changes in the environment [Sl18]. Schwind et. al. provide an overview of 15 presence questionnaires published between 1995 and 2009 [Sc19]. As a result, the IPQ was recommended as the questionnaire that best reflects the construct of presence. Interactivity indicates the extent to which a VR application design allows users to participate in the actions of tasks in real time. For a general consideration, the perspective of the interactions in the learning situations of the application (number, type) on the one hand and the assessment of the interactivity by the user on the other hand must be considered. To build competencies related to procedural knowledge, learners must be placed in situations where they can repeatedly apply the actions and sequences. To measure the user's impression of the application's interactivity, [Mü18] theoretically derived and evaluated a 3-item scale (IS) with very good internal reliability.

To circumscribe learning performance as a concept and make it measurable, motivation in the learning process, consistency of learning steps, and gain in competence as learning outcome are defined. A direct influence on performance is the learner's motivation to actively participate in the learning process. A related psychological construct is the flow state. This, in conjunction with the Flow Short Scale (FSS), predicts performance [ER08]. The flow state describes a balance between the perception of one's own abilities and the perception of the difficulty of the activity (task demand). This is characterized by coherence of the activity, concentration on a limited stimulus field, change in time experience, and merging of self and activity [ER08]. In addition to the definition of flow as the balance between skills and challenge, the perceived importance of the activity and the individual achievement motive are also important components. According to [ER08] other influencing factors are likely, and flow should be measured in its multidimensionality in the future. Situational interest should be measured as one way of supplementing. Situational interest is defined as a multidimensional construct in the interaction between person and activity. Chen et. al. developed a 24-item scale (SIT) to measure Situational Interest in the 5 dimensions Novelty, Challenge, Exploration Intention, Instant Enjoyment, and Attention Demand [CDP99]. We propose the term learning consistency as another component for determining learning performance. Particularly Especially VR applications offer a new perspective to explore the learning process with reference to the research field of learning analytics due to technical possibilities of data recording (direction of gaze, sequences of actions). The Framework EduXR.xAPI offers extensive support here [HGS22]. Thereby, contradictory requirements, the logical structure, and instructions for action within the application can be measured. Learning outcome refers to the gain in competence about the intended learning goal of the VRLA. For this purpose, sub-objectives must be defined and operationalized in corresponding tasks. This step is difficult to generalize because learning content and learning objectives are tailored to specific curricula and learning settings. Collections of standardized competency tasks on specialized topics exist only to a limited

extent in the school context. Thus, the development of specific test items to measure competency gains is necessary for each study.

5 Study Design

To conduct the study, a seminar room at the university was provided with a fixed experimental setup. This consisted of a 4 by 4-meter area as a free VR surface and an HTC Vive Pro Eye with wireless connector and two HTC Vive controllers as devices. A period of 60 minutes was reserved for each participant. The experimental procedure consisted mainly of the phase's pre-questionnaire, tutorial, implementation of the application and post questionnaire [TDN22]. A guided tutorial is part of the VRLA and introduces the user to the game elements and interactions as part of the game mechanics [TDN22]. The observed run consists of 21 packets, 7 each local, incoming, and outgoing in mixed order.

The participants should already have basic knowledge about the structure of IP addresses and network components before using the VRLA, but they should not already have expert knowledge about the topic of networks. The participants were mainly recruited from the first semester of the teacher training program in CS. The experiment was conducted after a unit on networks, in which the school basics of the topic of networks (layer models, client-server architecture, transport protocols, IPV4, IPV6) were presented and worked on in a 90-minute lecture and two 90-minute exercises. The topics of routing and NAT were not covered. Participation in the experiment was voluntary for the students. Of the 38 students in the course, 18 participated in the experiment. 6 participants of the experiment were students of the teaching CS of higher semesters and 4 were employees of the University, but who had not completed any further specialized course regarding the topic. In total, the study has 28 participants.

To evaluate the VRLA Inside the Router, the user interface was analyzed with the 3DUI Evaluation Metrics. System Performance and Task Performance were determined by system data. User Preference was mapped by the SUS and MSAQ scales. The Virtual Reality component was captured by Immersion (via system data), Presence (IPQ), and Interactivity (IS). The Learning Performance component was divided into Learning Motivation (FSS, SIT), Learning Consistency (xAPI-compliant Learning Analytics data from the system), and Learning Outcome (pre-post design of competency tasks). Regarding learning consistency, the xAPI-compliant data included which object was viewed and when, the user's interactions with the packets, and the assignment of packets to tubes. The pre-post-design referring to the learning outcome consist of 3 tasks. The 3 tasks were identical in each of the pre-version and the post-version. In the first task, the destination must be specified for 4 packages (1 internal-internal, 2 internal-external, 1 external-internal). The structure of the network with IP addresses, a NAT table and the packet with source address and destination address including port are given. In the second task, the structure of a network was sketched and then a sequence of packets arriving at the router was given. Based on this, the resulting NAT table was to be specified. Only outgoing packets should be included in the NAT table and addresses and ports had to be

assigned correctly. In task 3, a network structure was specified, and an existing NAT table was given for this purpose. The task is to identify the three errors internal-external address, internal IP as external address of the router and double allocation of an outgoing port of the router.

6 Results

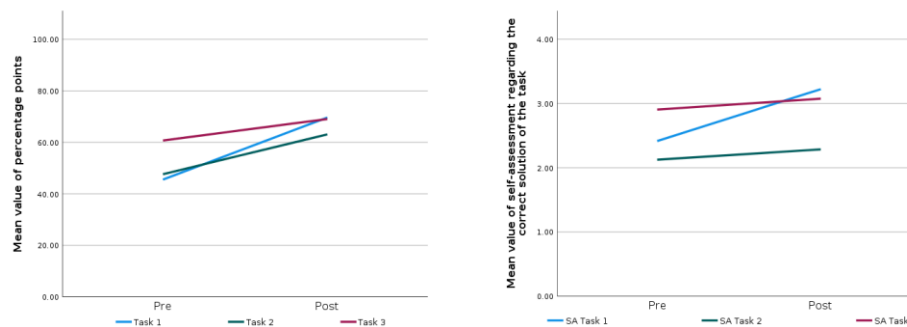
System performance was consistently adequate (average delay 8ms, jitter below 11ms, no frame drop). There was no controller or wireless kit connection failure. As task performance gripping and throwing were observed. Gripping the packages was not a handicap for any of the users. However, the participation of 3 left-handers showed a display error, since the snap zones optimized for right-handers displayed the writing upside down for left-handers. A total of 1190 packages were thrown of which 968 hit the tubes in 42 runs (time $M=2:55\text{min}$ $SD=1:23\text{min}$). The initial error rate in throwing the packages decreased sharply during the game. The sound was disabled for 3 users due to configuration errors.

User preference can be surveyed about user experience (UEQ), usability (SUS) and as VR specific motion sickness (MSAQ) [SCK17]. Since the UEQ was conducted as part of the usability test, the abbreviated UEQ-S was applied. The UEQ-S provides less detailed information regarding the possible improvements of the application, but it offers a good basis for ranking the user experience by a benchmark [SHT17]. Overall, the user experience was rated at 2.058 ($SD=0.612$) on average on a scale between -3 to 3 (Subscales: Pragmatic Quality $M=2.036$ $SD=0.863$, Hedonic Quality $M=2.080$ $SD=0.736$). The UEQ benchmark contains the data from 21175 persons from 468 studies. The benchmark classifies Inside the Router into category excellent (range of 10% best results). Please note that the UEQ comparison is based on data from business software, web pages, web shops and social networks. A direct comparison is therefore difficult to classify here. According to the usability the overall SUS score was $M=84.732$ $SD=11.083$. SUS scores can be converted into percentile ranks based on dataset of SUS scores. The SUS score of 84.723 is at the 96th percentile, this scoring better than 96% of the scores in the database. The results on the MSAQ for measuring motion sickness gave a total score $M=16.0218$ $SD=5.402$ on a scale between 11.11 (no motion sickness) to 100 (severely motion sickness). In the subscales, there is a slight upward deviation in the peripheral scale $M=18.386$ $SD=12.116$. This may be due to the movement of the user, as the application requires continuous movement, which can result in heat sensation and sweating. Overall, no to little motion sickness can be detected among the users.

Characteristics regarding VR of the application are considered in factors immersion, presence, and interactivity. As values for immersion, the HTC Vive Pro Eye offers a resolution of 1440x1600 per eye, a field of view of 110 degrees and a wireless kit for wireless use of the VR goggles. The IPQ to measure presence consists of 13 items on a scale between 1 to 6. 12 of the items are divided into 3 subscales (Spatial Presence 5 items, Involvement 4 items, and Experienced Realism 3 items). The last item (G1) loads on all

three factors and simultaneously represents the General Presence factor. The IPQ evaluation resulted in a General Presence of $M=5.21$ $SD=.791$, on the Spatial Presence subscale $M=5.357$ $SD=.791$, on the Involvement subscale $M=4.473$ $SD=1.163$, and on the Experienced Realism subscale $M=3.179$ $SD=1.128$. The Interactivity Scale (IS) by [Mü18] consists of 3 Items on a scale between 1 and 7. The results show an interactivity score of the application of $M=1.571$ $SD=.753$. Thus, users perceive the application as highly interactive.

Learning performance is investigated by considering motivation in the learning process, consistency of learning steps, and gain in competence as learning outcome. FSS consists of 13 items on a scale between 1 and 7. The items are divided into 3 subscales (Fluency of Performance, Absorption by activity, Concern). The first two subscales together form the general flow factor. The FKS evaluation shows a general Flow factor of $M=5.714$ $SD=.753$, a Fluency of Performance of $M=5.768$ $SD=.809$, an Absorption by activity $M=5.634$ $SD=.883$, and on the Concern subscale $M=2.202$ $SD=1.090$. Compared to the midpoint of the scale, users indicate a high level of flow. The SIT shows on the subscales Novelty ($M=4.048$ $SD=.768$), Attention quality ($M=4.392$ $SD=.621$), Instant Enjoyment ($M=4.50$ $SD=.461$), and Exploration intention ($M=4.089$ $SD=.720$) high scores (scale between 1 to 5). The subscale Challenge ($M=2.080$ $SD=.589$) describes the classification of the perceived complexity of the activity and should be located around the midpoint of the scale.



The analysis of the learning outcomes was carried out by assigning points to the 3 tasks as well as the respective assessment of the participants as to how confident they considered their own solution to be correct. According to the results of the dependent t-test the participants score significantly higher on task 1 (Pre: $M=1.821$ $SE=.206$, Post: $M=2.786$ $SE=.220$, $t(27)=-4.484$, $p<.05$, $r=1.138$)⁵ and on task 2 (Pre: $M=1.43$ $SE=.158$, Post: $M=1.89$ $SE=.157$, $t(27)=-2.931$, $p<.05$, $r=.838$)⁶ on average. There was no significant change in task 3⁷. In the self-assessment on the correct solution of the tasks, the participants indicated significantly higher confidence in task 1 (Pre: $M=2.415$ $SE=.157$,

⁵ 1 reduction of points, 11 times unchanged, 16 times improvement of points.

⁶ 3 reduction of points, 12 times unchanged, 13 times improvement of points.

⁷ 5 reduction of points, 14 times unchanged, 9 times improvement of points.

Post: $M=3.223$ $SE=.119$, $t(27)=-5.421$, $p<.05$, $r=-.789$). There was no significant change in the confidence on task 2 and task 3.

7 Discussion

Inside the Router as a VR application shows an excellent usability with the participants (high UEQ, high SUS, low MSAQ, adequate system performance, increasing task performance over the application duration). The VR-specific observation showed a strong sense of presence of the participants (high IPQ) as well as a high sense of interactivity (high IS). Immersion was supported using the HTC Vive Pro Eye with wireless kit as a current high-end system. Both components (3DUI, VR) of the evaluation design are necessary but not sufficient conditions for creating VRLA, as negative experienced or distracting factors interfere with the learning process. Keeping this influence on a minimum through the didactic and learning design seems to have succeeded with the participants.

The most important contribution of a VRLA is the learning performance of the participants. Participants gave very good scores for the app in the Learning Motivation categories Flow Experience and Situational Interest (high FSS, high SIT especially on the crucial Instant Enjoyment and Exploration Intention subscales). In task 1, which directly deals with the intended competence of assigning the 3 types of packages to the correct targets, a significant improvement in the subtasks as well as in confidence could be observed. Task 2 dealt with the creation of a NAT table and was only observed by the participants during the execution and not executed by them. Here, the participants achieved a significantly higher average score, but the confidence of the correct solution did not increase significantly. The thesis is that the execution of the tasks has a direct influence on the confidence of the participants. In task 3, a NAT table had to be analyzed for errors. There were no significant changes in the participants. This could be due to the task construction, since 2 errors were schematically recognizable and only the third error required a knowledge transfer.

The evaluation design aims to achieve comparability of VRLA to enable meta-analysis in learning design and learner skill growth. This requires the use of standardized learning psychological constructs and related test instruments, as well as a general exchange of research data. Especially the provision of measurement instruments for subject-specific competencies is one of the most important prerequisites to support joint research. In support of this, Inside the Router is released under MIT License and all project data and test instruments in this study are accessible in the Open Science Framework [TDN22]⁸.


⁸ The project data are released under the CC-BY Attribution 4.0 license International.

Bibliography

- [BA19] Berkman, M. I.; Akan, E.: Presence and Immersion in Virtual Reality. In (Lee, N. Ed.): Encyclopedia of Computer Graphics and Games. Springer International Publishing, Cham, pp. 1–10, 2019.
- [Ba22] Baberowski, D. et al.: Inside the Router. eled 2/14, 2022.
- [Be19] Bebis, G. et al. Eds.: Advances in Visual Computing. Springer International Publishing, Cham, 2019.
- [CDP99] Chen, A.; Darst, P. W.; Pangrazi, R. P.: What Constitutes Situational Interest? Validating a Construct in Physical Education. *Measurement in Physical Education and Exercise Science* 3/3, 157-XXX, 1999.
- [ER08] Engeser, S.; Rheinberg, F.: Flow, performance and moderators of challenge-skill balance. *Motivation and Emotion* 3/32, pp. 158–172, 2008.
- [HGS22] Heinemann, B.; Görzen, S.; Schroeder, U.: Systematic Design of Effective Learning Scenarios for Virtual Reality: 2022 International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT), Bucharest, Romania, 2022.
- [Ho19] Horst, R. et al.: FunPlogs – A Serious Puzzle Mini-game for Learning Fundamental Programming Principles Using Visual Scripting. In (Bebis, G. et al. Eds.): Advances in Visual Computing. Springer International Publishing, Cham, pp. 494–504, 2019.
- [Jh20] Jha, M. et al.: Work-in-Progress—Designing a Virtual Reality Simulation to Teach Elements of Network Routing: 2020 6th International Conference of the Immersive Learning Research Network (iLRN). IEEE, pp. 279–282, 2020.
- [Ma21] Mayer, R. E.: Multimedia learning. Cambridge University Press, Cambridge, 2021.
- [Mü18] Mütterlein, J.: The Three Pillars of Virtual Reality? Investigating the Roles of Immersion, Presence, and Interactivity. In (Bui, T. Ed.): Proceedings of the 51st Hawaii International Conference on System Sciences. Hawaii International Conference on System Sciences, 2018.
- [NSP18] Nicola, S.; Stoicu-Tivadar, L.; Patrascioiu, A.: VR for Education in Information and Tehnology: application for Bubble Sort: 2018 International Symposium on Electronics and Telecommunications (ISETC). IEEE, pp. 1–4, 2018.
- [Pa16] Parmar, D. et al.: Programming moves: Design and evaluation of applying embodied interaction in virtual environments to enhance computational thinking in middle school students: 2016 IEEE Virtual Reality (VR). IEEE, pp. 131–140, 2016.
- [Pa19] Pacific Northwest National Laboratory: Network Collapse - Teachers guide. https://www.pnnl.gov/sites/default/files/media/file/Network_Collapse_Teachers_Guid_eIR_05-21-2019.pdf, accessed 11 Apr 2022.
- [Pi20] Pirker, J. et al.: Virtual Reality in Computer Science Education: A Systematic Review. In (Teather, R. J. et al. Eds.): 26th ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology. ACM, New York, NY, USA, pp. 1–8, 2020.
- [PI21] Plotzky, C. et al.: Virtual Reality in Healthcare Skills Training: The Effects of Presence on Acceptance and Increase of Knowledge. *i-com* 1/20, pp. 73–83, 2021.

- [PVH17] Puttawong, N.; Visoottiviseth, V.; Haga, J.: VRFiWall virtual reality edutainment for firewall security concepts: 2017 2nd International Conference on Information Technology (INCIT). IEEE, pp. 1–6, 2017.
- [Sc19] Schwind, V. et al.: Using Presence Questionnaires in Virtual Reality. In (Brewster, S. et al. Eds.): Proceedings of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems. ACM, New York, NY, USA, pp. 1–12, 2019.
- [SCK17] Speicher, M.; Cucerca, S.; Krüger, A.: VRShop. Proceedings of the ACM on Interactive, Mobile, Wearable and Ubiquitous Technologies 3/1, pp. 1–31, 2017.
- [SHT17] Schrepp, M.; Hinderks, A.; Thomaschewski, J.: Design and Evaluation of a Short Version of the User Experience Questionnaire (UEQ-S). International Journal of Interactive Multimedia and Artificial Intelligence 6/4, p. 103, 2017.
- [Sl18] Slater, M.: Immersion and the illusion of presence in virtual reality. British journal of psychology (London, England 1953) 3/109, pp. 431–433, 2018.
- [SS17] Stigall, J.; Sharma, S.: Virtual reality instructional modules for introductory programming courses: 2017 IEEE Integrated STEM Education Conference (ISEC). IEEE, pp. 34–42, 2017.
- [Ta19] Tanielu, T. et al.: Combining Analogies and Virtual Reality for Active and Visual Object-Oriented Programming. In (Zhang, M. et al. Eds.): Proceedings of the ACM Conference on Global Computing Education. ACM, New York, NY, USA, pp. 92–98, 2019.
- [TDN22] Thimeo Leonhardt; David Baberowski; Nadine Bergner: Evaluationinstruments and data of Inside the Router: An interactive VR learning application to practice routing and network address translation. Open Science Framework, 2022.
- [Vi18] Visoottiviseth, V. et al.: Lord of Secure: the Virtual Reality Game for Educating Network Security: 2018 Seventh ICT International Student Project Conference (ICT-ISPC). IEEE, pp. 1–6, 2018.
- [VIG15] Vallance, M.; Ibayashi, K.; Goto, Y.: Engineering Active Learning in 3D Virtual Worlds. In (Uden, L.; Liberona, D.; Welzer, T. Eds.): Learning Technology for Education in Cloud. Springer International Publishing, Cham, pp. 268–282, 2015.
- [Yu17] Yusuf Bhajji: CCIE Virtual Reality (VR) Experience. <https://www.linkedin.com/pulse/ccie-virtual-reality-vr-experience-yusuf-bhajji>, accessed 11 Apr 2022.

Informatikstudierende als Teamplayer. Wie die Integration von Teamarbeit in die Lehre gelingen kann

Anja Hawlitschek ¹, Galina Rudolf² und Sebastian Zug²

Zusammenfassung: Die Integration von Teamarbeit in die Lehre ist aus vielerlei Gründen didaktisch wünschenswert. In der Praxis zeigt sich jedoch oftmals, dass effektive Teamarbeit ein sorgfältiges didaktisches Design voraussetzt. Nachdem wir bei der DELFI 2021 das (partielle) Scheitern der Integration von Teamarbeit in eine Online-Lehrveranstaltung zur Softwareentwicklung vorgestellt und Gründe dafür analysiert haben, wollen wir in diesem Beitrag die didaktische Weiterentwicklung der Lehrveranstaltung in den Fokus nehmen. Wir beschreiben die durchgeführten didaktischen Analysen und das resultierende didaktische Design in Bezug auf Gruppenbildung, Lernaktivitäten und Strukturierung der Teamarbeit sowie die Umsetzung. Ergebnisse einer Logfileanalyse zeigen, dass die Studierenden in der weiterentwickelten Lehrveranstaltung signifikant mehr Teamarbeit beim Programmieren zeigen, GitHub-Funktionen signifikant öfter nutzen und signifikant mehr bearbeitete Aufgaben einreichen. Auf der Basis unserer Ergebnisse ziehen wir Rückschlüsse zur Integration von Teamarbeit in Lehrveranstaltungen der Informatik.

Keywords: kooperatives Lernen, Collaboration Scripts, didaktisches Design

1 Einleitung

Die Integration von Teamarbeit in Lehrveranstaltungen der Informatik ist nicht nur aufgrund der Vorteile für Lernprozesse sinnvoll, sondern auch aufgrund der Relevanz von Teamfähigkeiten in IT-Unternehmen [Ga19]. Die Integration von Teamarbeit kann jedoch scheitern – dann ist die Arbeitslast ungleich verteilt oder Teams brechen auseinander. Ein solches Scheitern beschrieben wir in unserem Beitrag zur DELFI 2021 [HRZ21]. Unsere damaligen Analysen ergaben, dass unsere Studierenden wenig Erfahrungen in der Teamarbeit hatten, sich eine didaktische Unterstützung der Teamarbeit wünschten, zugleich Vorbehalte gegenüber Teamarbeit hatten und den Mehrwert nicht sahen. Im Anschluss an diese Auswertung entwickelten wir das didaktische Design des Kurses systematisch weiter und führten die angepasste Lehrveranstaltung 2021 erneut durch. Zielstellung war es, die Anzahl der gelösten Aufgaben in GitHub und insbesondere der gelösten Aufgaben im Team aber auch die Nutzung von GitHub-Funktionen (z.B. Branches, Issues, Pull Requests) zu erhöhen. Die systematische Weiterentwicklung des Kurses stellen wir in diesem Artikel vor. Mittels ANOVAs vergleichen wir die Teamarbeit in beiden Kursen

¹ Otto-von-Guericke-Universität, Zschokkestr. 32, 39104 Magdeburg, anja.hawlitschek@ovgu.de,
<https://orcid.org/0000-0001-8727-2364>

² TU Bergakademie Freiberg, Institut für Informatik, Bernhard-von-Cotta-Straße 2, 09596 Freiberg,
Galina.Rudolf@informatik.tu-freiberg.de & Sebastian.Zug@informatik.tu-freiberg.de

(2020 und 2021), um Rückschlüsse auf den Erfolg unserer Intervention ziehen zu können. Wir fokussieren dabei auf Teamarbeit im Sinne des kooperativen Lernens [RT95].

2 Didaktisches Design

Bei der Weiterentwicklung des didaktischen Designs des Kurses folgten wir dem Vorgehensmodell von [HBS21]. Ausgehend von didaktischen Analysen zu Lehr-Lernzielen, Lernendencharakteristika und Rahmenbedingungen leiteten wir unter Rückbezug auf diesbezügliche empirische Studien didaktische Designentscheidungen zur Gruppenbildung, zu Lernaktivitäten und zur Strukturierung der Zusammenarbeit ab.

2.1 Didaktische Analysen

Die Lehr-Lernziele des Kurses unterscheiden sich zwischen Vorlesung und Übung. Während in der Vorlesung das Verstehen des Domänenwissens zur Programmierung in C# im Vordergrund steht, geht es in den Übungen um die Anwendung des Domänenwissens und der Programmierfertigkeiten. Die Studierenden sollen zudem Kenntnisse und Fertigkeiten erwerben, die für das Mikromanagement von Projekten in der Softwareentwicklung wichtig sind. Dabei steht die Verwendung von Versionsverwaltungswerkzeugen, um einen effizienten Programmierprozess in einem Team zu gewährleisten, im Vordergrund, aber auch übergeordnete Teamfähigkeiten wie die Koordination von Teamarbeit und die Kommunikation im Team. Auf diese Weise wollen wir die Studierenden auf Programmierprojekte in IT-Unternehmen vorbereiten.

Hinsichtlich der Lernendencharakteristika haben wir die Anzahl der Semester im Studiengang sowie die Vorerfahrungen der Studierenden berücksichtigt. Wie wir aus der Vorbefragung wissen (vgl. Kapitel 3), waren die Studierenden in unserem Kurs überwiegend im zweiten Semester (B.A.), mittelmäßig erfahren im Programmieren und unerfahren in der Arbeit mit GitHub.

Die Rahmenbedingungen stellten sich wie folgt dar: Der Kurs fand online statt, Moodle und GitHub waren verfügbar, kollaborative Prüfungen waren laut Prüfungsordnung möglich, wurden 2020 aber nicht angeboten. Die Rahmenbedingungen wurden durch die Covid19-Pandemie beeinflusst. Die Studierenden beider Kohorten mussten online interagieren, persönliche Treffen an der Universität waren nicht vorgesehen. Da kooperatives Online-Lernen einen höheren Koordinationsaufwand für die Teamarbeit mit sich bringt [Wi21], musste dies bei der Kursgestaltung berücksichtigt werden.

2.2 Entscheidungen zum didaktischen Design

Hinsichtlich der Gruppenbildung entschieden wir uns, die Gruppengröße von zwei Personen aus 2020 beizubehalten [HRZ21], um den Aufwand für die Gruppenkoordination nicht zu erhöhen. Die Ergebnisse der empirischen Forschung zur optimalen

Gruppierung von Studierenden in Programmierkursen sind uneinheitlich [HBS22]: Es lässt sich z.B. nicht eindeutig ableiten, ob es besser ist, Studierende mit heterogenen oder homogenen Programmierkenntnissen in Gruppen zusammenzufassen. Studien zur Wahl von Teampartner*innen weisen darauf hin, dass Studierende die Zusammenarbeit mit Freund*innen bevorzugen [HBS22]. Da unsere Studierenden im zweiten Semester sind, haben sie ggf. bereits Freund*innen unter ihren Kommiliton*innen gefunden. Aufgrund der Einschränkungen wegen der Covid19-Pandemie ist jedoch zu vermuten, dass dies nicht auf alle Studierende zutrifft. Deshalb haben wir entschieden, (1) die Studierenden selbst entscheiden zu lassen, mit wem sie zusammenarbeiten aber (2) die Gruppenarbeit erst nach einer Eingewöhnungsphase beginnen zu lassen. Auf diese Weise wird sichergestellt, dass die Studierenden bei Bedarf in den Online-Übungen noch Kontakte zu möglichen Teampartner*innen knüpfen können und ihnen zudem die Zeit gegeben, ohne den zusätzlichen Aufwand der Gruppenkoordination in den Kurs einzusteigen. Eine Selbstselektion von Teampartner*innen kann jedoch auch mit Problemen einhergehen [Fr17], zur Problemlösung standen die Lehrenden per Mail zur Verfügung.

Hinsichtlich der Lernaktivitäten fokussierten wir auf die Gestaltung der Aufgaben, auf den Mehrwert von Teamarbeit und auf die Gestaltung der Prüfungen. Aus der empirischen Forschung ist bekannt, dass Programmieraufgaben nicht zu leicht oder zu schnell zu lösen sein sollten, um die Teamarbeit nicht ineffizient zu machen bzw. erscheinen zu lassen [HBS22]. Die Studierenden 2020 begannen mit der Teamarbeit bereits in den ersten Aufgaben. Diese waren von den Lehrenden als einfache Einstiegsaufgaben gestaltet worden, um Grundlagen der Programmiersprache zu vermitteln. Diese Aufgaben wurden für 2021 als individuelle Lernaktivitäten konzipiert. Die Teamarbeit startet nun erst ab der dritten Aufgabe. Um den Mehrwert der Teamarbeit für die Studierenden zu verdeutlichen, wurden die damit verbundenen Lernziele sowie diesbezügliche didaktische Entscheidungen in der Einführungsvorlesung besprochen. Zudem wurden Schlüsselfaktoren für die erfolgreiche Softwareentwicklung sowie GitHub vertiefend vorgestellt³. Darüber hinaus war es unser Ziel, Prüfungen, Lernaktivitäten und Lernziele besser aufeinander abzustimmen (Constructive Alignment). Da die Studierenden lernen sollen, Programmierprojekte im Team durchzuführen, wurde neben der 2020 angebotenen individuellen, mündlichen Prüfung ein kollaboratives Programmierprojekt als Prüfungsleistung eingeführt.

Hinsichtlich der Strukturierung der Teamarbeit wird in der empirischen Forschung deutlich, dass Studierende mit wenig Vorerfahrung in der Teamarbeit von der Nutzung von Kollaborationsskripten, d.h. Anleitungen, wie die Teammitglieder miteinander interagieren und zusammenarbeiten sollen, profitieren. Ein Kollaborationsskript kann mit Fokus auf den Ablauf der Zusammenarbeit entworfen werden, aber Lernende auch dazu anzuleiten ihre Zusammenarbeit selbst zu organisieren und zu reflektieren [No13]. Im Vergleich zu nicht angeleiteter Teamarbeit können Skripte die domänenspezifischen Lernergebnisse, das Wissen über Prinzipien für erfolgreiches kollaboratives Lernen und die diesbezüglichen Kompetenzen verbessern [RS05]. Mit zunehmender Kompetenz der Lernenden wird empfohlen, deren Autonomie in der Zusammenarbeit zu erhöhen. Dies

³ <https://bit.ly/3ybdFLY> , <https://bit.ly/3N8EXqx>

kann durch eine schrittweise Reduktion der Anleitung erreicht werden [WF11]. Für die Teamarbeit in unserer Lehrveranstaltung entwarfen wir ein Kollaborationsskript mit einem Fokus auf den Ablauf der Zusammenarbeit. Die Studierenden schlüpfen in die Rolle des Maintainers bzw. des Entwicklers. Anschließend werden sie strukturiert durch die Phasen der Zusammenarbeit geleitet, von der Initialisierung des Projekts in GitHub bis hin zum Deploy. Im Kollaborationsskript werden für Aufgabe 3 für jeden Schritt des Prozesses die Interaktionen zwischen den beiden Gruppenmitgliedern und die GitHub-Funktionen, die die Studierenden verwenden sollen, festgelegt. In den Aufgaben 4-7 war der Ablauf nur noch teilweise vorgegeben, in den Aufgaben 8-9 gar nicht mehr⁴.

3 Studie

3.1 Vorgehen

In den Lehrveranstaltungen konnten von 29 Studierenden (2020) bzw. 34 Studierenden (2021) Logfiles und von 18 Studierenden (2020) bzw. 26 Studierenden (2021) Fragebogen erhoben werden. Zunächst wurde jeweils zu Beginn des Semesters eine Online-Vorbefragung durchgeführt. Dabei wurde neben den Basisdaten, wie Alter, Studiengang und Anzahl der Fachsemester, auch Vorkenntnisse und Jahre der Programmiererfahrung erhoben. Die Studierenden bewerteten ihr Vorwissen und ihre praktischen Fertigkeiten im Programmieren sowie ihre Erfahrungen mit Git auf einer Likert-Skala von 1 (sehr gering) bis 5 (sehr hoch). Mit sechs inhaltlichen Fragen wurde das domänenspezifische Vorwissen erfasst. Zur Analyse der Zusammenarbeit wurden Logfiles verwendet. Dafür wurden die Git-Repositories der Teams automatisch erfasst, anonymisiert und gefiltert. Die Umsetzung erfolgte auf der Grundlage des Python-Pakets `github2pandas`⁵. Aus den Logdateien wurde ermittelt, wie viele Aufgaben die Studierenden in GitHub insgesamt gelöst haben und wie viele Aufgaben in Teamarbeit gelöst wurden. Zu letzteren zählten wir alle Aufgaben, bei denen jede/r Partner*in mindestens eine Codeänderung beigetragen hat. Außerdem wurde erhoben, wie oft GitHub-Funktionen, wie Commits to Branches, Issues und Pull Requests, genutzt wurden und welche Abschlussnoten die Studierenden erreichten.

3.2 Ergebnisse

Die Studierenden im Kurs 2021 (Alter M: 20,5; SD: 2,6) befanden sich überwiegend im zweiten Semester eines IT-Bachelor-Studiengangs einer technischen Universität. Sie gaben im Durchschnitt an, über 3,2 Jahre (SD: 2,4) Programmiererfahrung zu verfügen. Sie schätzten ihre theoretischen Vorkenntnisse (M: 2,5, SD: 1,1) und ihre praktischen Fertigkeiten im Programmieren (M: 2,6; SD: 1,1) als eher mittelmäßig und ihre Vorerfahrungen mit Git (M: 1,7; SD: 0,8) als relativ gering ein. Die Selbsteinschätzung

⁴ https://github.com/SebastianZug/Delfi_2022_Aufgabenblaetter

⁵ <https://pypi.org/project/github2pandas/>

spiegelt sich in den Ergebnissen des Vorwissenstests. Von sechs möglichen Punkten erreichten die Studierenden im Durchschnitt 3,1 (SD: 1,6). Signifikante Mittelwertunterschiede zwischen den Studierendengruppen 2020 und 2021 ergaben ANOVAs für keine der Variablen.

Mit ANOVAs berechneten wir Mittelwertunterschiede zwischen den Kohorten bzgl. der Anzahl der gelösten Aufgaben in GitHub, der Anzahl der Aufgaben in Teamarbeit, der Abschlussnoten und der Nutzung von GitHub-Funktionen. Bezüglich letzterer schlossen wir Aufgabe 3, bei der die Nutzung der GitHub-Funktionen im Kollaborationsskript vorgegeben war, aus der Analyse aus. Signifikante Unterschiede ergaben sich hinsichtlich der Anzahl der gelösten Aufgaben ($F(1,61) = 7,1, p = ,01, \text{Eta}^2 = ,11$), der Anzahl der Aufgaben in Teamarbeit ($F(1,61) = 16,7, p < ,001, \text{Eta}^2 = ,22$) und der Anzahl der Commits to Branches ($F(1,61) = 12,4, p < ,001, \text{Eta}^2 = ,17$) sowie der Pull Requests ($F(1,61) = 4,6, p = ,03, \text{Eta}^2 = ,07$). Die Studierenden im Kurs 2021 lösten mehr Aufgaben in GitHub ($M_{2020}: 3,0, SD_{2020}: 2,2; M_{2021}: 4,5, SD_{2021}: 2,1$) und im Team ($M_{2020}: 1,5, SD_{2020}: 1,5; M_{2021}: 3,5, SD_{2021}: 2,2$), nutzen mehr Commits to Branches ($M_{2020}: 3,3, SD_{2020}: 3,0; M_{2021}: 9,5, SD_{2021}: 8,9$) und Pull Requests ($M_{2020}: 2,1, SD_{2020}: 4,0; M_{2021}: 4,6, SD_{2021}: 4,8$). Auch die Abschlussnoten der Studierenden 2021 war im Durchschnitt besser ($M_{2020}: 2,4, SD_{2020}: 1,1; M_{2021}: 2,0, SD_{2021}: 1,0$), jedoch nicht signifikant ($F(1,41) = 1,4, p = ,24, \text{Eta}^2 = ,03$).

4 Fazit

Die Weiterentwicklung des didaktischen Designs der Lehrveranstaltung kann vor dem Hintergrund der beschriebenen Zielstellungen als Erfolg angesehen werden. Auch wenn von den erhobenen Parametern nicht direkt auf die tatsächliche Qualität der Teamarbeit geschlossen werden kann, ist die gestiegene Nutzung der GitHub-Funktionen und die gestiegene Zusammenarbeit in GitHub ein wichtiger Schritt in Richtung einer erfolgreichen Integration von Teamarbeit in die Lehrveranstaltung. Da wir mehrere Änderungen am didaktischen Design der Lehrveranstaltung vorgenommen haben, lässt sich keine Aussage dazu treffen, ob eine bestimmte Veränderung besonders wirksam war oder ob die Summe der Änderungen zum gewünschten Effekt führte. Die in Abschnitt 2 beschriebene Vorgehensweise bei der Integration von Teamarbeit eignet sich aus unserer Sicht als Handlungsempfehlung für Lehrende. Sie ermöglichte uns eine intensive Auseinandersetzung mit Teamarbeit in unserer Lehrveranstaltung sowie ein an empirischen Evidenzen ausgerichtetes didaktisches Design. Auf diese Weise konnten wir zugleich den Studierenden die Hintergründe von Entscheidungen zum didaktischen Design sehr transparent kommunizieren.

Eine Limitation der Studie ist das methodische Design. Zwar wurden die beiden Kohorten auf systematische Unterschiede bezüglich Variablen wie Vorwissen geprüft und die grundsätzlichen Rahmenbedingungen (Lehrende, Inhalte) nicht verändert, es lässt sich jedoch nicht ausschließen, dass es dennoch systematische Unterschiede zwischen den Gruppen im Vorfeld der Intervention gegeben haben könnte.

Literaturverzeichnis

- [Ga19] Garousi, V.; Giray, G.; Tüzün, E.; Catal, C.; Felderer, M.: Aligning software engineering education with industrial needs: A meta-analysis. *Journal of Systems and Software*, 156, S. 65-83, 2019.
- [Fr17] Freeman, S.; Theobald, R.; Crowe, A. J.; Wenderoth, M. P.: Likes attract: Students self-sort in a classroom by gender, demography, and academic characteristics. *Active Learning in Higher Education*, 18/2, S. 115-126, 2017.
- [HBS21] Hawlitschek, A.; Berndt, S.; Schulz, S.: Towards a Framework of Planning Collaborative Learning Scenarios in Computer Science. In (Seppälä, O.; Petersen, A. Hrsg.): *Proc. 21st Koli Calling International Conference on Computing Education Research*, ACM, New York, S. 1-5, 2021.
- [HBS22] Hawlitschek, A.; Berndt, S.; Schulz, S.: Empirical research on pair programming in higher education: a literature review, *Computer Science Education*, 2022.
- [HRZ21] Hawlitschek, A.; Rudolf, G.; Zug, S.: Herausforderungen bei der Integration von Teamarbeit in die Lehre am Beispiel einer Lehrveranstaltung aus der Informatik. In (Kienle, A.; Harrer, A.; Haake, J.M.; Lingnau, A. Hrsg.): *Die 19. Fachtagung Bildungstechnologien (DELFI). Lecture Notes in Informatics*, Gesellschaft für Informatik, Bonn, S. 247-252, 2021.
- [No13] Noroozi, O.; Teasley, S.; Biemans, H.J.A.; Weinberger, A.; Mulder, M.: Facilitating learning in multidisciplinary groups with transactive CSCL scripts. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning* 8/2, S. 189–223, 2013.
- [RS05] Rummel, N.; Spada, H.: Learning to collaborate: An instructional approach to promoting collaborative problem solving in computer-mediated settings. *The Journal of the Learning Sciences* 14/02, S. 201–241, 2005.
- [RT95] Roschelle, J.; Teasley, S. D.: The construction of shared knowledge in collaborative problem solving. *Proceedings of the NATO Advanced Research Workshop on Computer Supported Collaborative Learning*, Springer, Berlin, Heidelberg, S. 69-97, 1995.
- [WF11] Wecker, C.; Fischer, F.: From guided to self-regulated performance of domain-general skills: The role of peer monitoring during the fading of instructional scripts. *Learning & Instruction*, 21/6, S. 746–756, 2011.
- [Wi21] Wildman, J. L.; Nguyen, D. M.; Duong, N. S.; Warren, C.: Student Teamwork During COVID-19: Challenges, Changes, and Consequences. *Small Group Research* 52/2, S. 119–134, 2021.

Organisation von Gitlab-Projekten zur optimierten Betreuung von Programmierpraktika in der Online- und Hybrid-Lehre

Julian Winter¹

Abstract: Je höher die Zahl an Studierenden, desto höher der Organisationsaufwand für Praktikumsgruppen in der akademischen Programmierausbildung. Insbesondere bei einer notwendigen Online-Durchführung von Programmierpraktika ist eine effiziente und effektive Organisation ohne geeignete Werkzeuge kaum möglich. Zu diesem Zweck wurde eine Webanwendung entwickelt, die die Organisation, Überwachung und Übersicht studentischer Gitlab-Projekte erleichtert. Erfahrungen bei der Steuerung von hundert Git-Repositories in einem Modul mit starkem Programmier-Fokus während der Pandemie führen nun zum weiteren Einsatz in der Hybrid- und Präsenz-Lehre.

Keywords: E-Learning, Werkzeuge, Programmierpraktika, Organisation, Stapelverarbeitung

1 Kontext

In dem Modul Höhere Programmierkonzepte des Bachelorstudiengangs Informatik an der FH Münster beschäftigen sich die Studierenden in insgesamt fünf Praktikumsterminen mit verteilten und nebenläufigen Implementierungen ausgewählter Algorithmen in Java. Die Studierenden entwickeln darin sukzessiv ein eigenes Java-Projekt unter Berücksichtigung der Anforderungen der einzelnen Aufgabenstellung im jeweiligen Termin ihres Praktikums. Die Bearbeitung dieser Aufgaben wird in Präsenz mit Tutor*innen besprochen und am Bildschirm kontrolliert. Dadurch, dass mehrere Teams in einem Laborraum präsent sind, brauchen explizite Korrekturen oder Änderungsanforderungen nur einmal erläutert werden. Während des Abtestens eines ersten Teams hören alle anderen Teams ebenfalls zu und verbessern direkt das eigene Projekt. Außerdem halten die Studierenden ihre aktuellen Lösungen immer am eigenen Bildschirm oder Laborrechner parat. Diese sind für die Tutor*innen direkt einsehbar. Auch die in diesem Praktikum zu entwickelnde Kooperationskompetenz im Zusammenspiel mit den zu lösenden Problemstellungen kann leicht kontrolliert werden.

Seit der Corona-Pandemie wird dieses Praktikum online durchgeführt. Im Wintersemester 21/22 nahmen über 110 Studierende daran teil. Um die Kollaboration der Studierenden trotz des Online-Formates zu fördern, wurde auf folgende Weise vorgegangen: Ein bis drei Studierende bildeten ein Team. Vier bis sechs Teams wurden in einer sogenannten Parallelgruppe (PG) zusammengefasst. Insgesamt gab es acht Parallelgruppen. Zwei

¹ FH Münster, Labor für Softwarearchitektur, Stegerwaldstraße 39, 48565 Steinfurt,
julian.winter@fh-muenster.de

Parallelgruppen wurden pro Online-Praktikumstermin in einem Zeitslot (vier Std.) von zwei bis drei Tutor*innen kontrolliert. Die Studierenden mussten zur kollaborativen Weiterentwicklung des eigenen Projekts ihren Code mithilfe eines FH-internen Gitlabs² regelmäßig versionieren. Vor jedem Online-Abtestat muss der aktuelle Stand des Codes im jeweiligen Git-Repository abgelegt worden sein. Dieser Stand wird von Tutor*innen im Webbrowser überprüft und mit dem jeweiligen Team per Zoom-Konferenz besprochen. Außerdem muss jedes Team einen erfolgreichen Durchlauf einer Continuous Integration (CI) Pipeline vorweisen. In dieser Pipeline wird auf den Servern des Gitlabs das aktuelle Code-Projekt bei jeder Versionierung automatisch kompiliert und getestet³. (Siehe [GL22].) Dies motiviert die Studierenden zur Einspielung einer stets funktionierenden Code-Basis. Weiterhin werden Tutor*innen im Gitlab auf Teams aufmerksam, wenn deren Pipeline fehlschlägt.

2 Problem

Für das initiale Erstellen und Zuordnen vieler Gitlab-Gruppen gibt es keine bekannten Werkzeuge: Eine Stapelverarbeitung der Teilnehmerdaten zur automatischen Abarbeitung dieser umfangreich organisatorischen Schritte ist nicht vorhanden. Je höher die Zahl der Studierenden, desto mehr Arbeitsschritte (oder Klicks) wiederholen sich. Zwar bietet das FH-interne Gitlab im entspr. Administrationsbereich Listen mit Hyperlinks zu den Gruppen an, diese erstrecken sich jedoch über mehrere Seiten (Paginierung). Dadurch neigen Tutor*innen dazu sich zu beobachtende Projektseiten (Repositories inkl. Pipeline-Status) in vielen Browser-Tabs offen zu halten und sich in der Informationsflut aus wichtigen Implementierungsdetails zu verlieren.

In Zoom-Konferenzen können Informationskanäle via Tonfall, Mimik und Gestik gestört und dadurch schwieriger zu deuten sein, wenn z. B. nicht genügend Bandbreite für hochauflösende Video- u. Audiodaten zur Verfügung steht. Diese Kanäle sind aber wichtig, denn Tutor*innen können darüber erfahren, wie es den Studierenden bei der Bearbeitung der Aufgaben ergangen ist oder ob sie Schwierigkeiten gehabt haben. Etwaige Lernmisserfolge können unentdeckt bleiben und können nicht immer einem "Gesicht" (einem Team) zugeordnet werden. Wenn leistungsschwächere Teilnehmer*innen in der Praktikumsmasse untergehen, können Tutor*innen sie nur schwer unterstützen und fördern. In diesen Online-Praktika wären also (maschinell erzeugte) Hinweise auf Teams, die mehr Hilfestellung benötigen als andere, hilfreich.

² Siehe <https://git.fh-muenster.de/>.

³ CI-Pipeline und Unit-Tests wurden vom Professor vorgegeben.

3 Ziel

Das FH-interne Gitlab spielt eine bedeutende Rolle für die Organisation der Gruppen und Beobachtung der jeweiligen Projekte in Online-Veranstaltungen.

Es gibt bereits automatische Evaluierungssoftware, die sich mit Git(hub) verknüpfen lässt. Siehe [Fl22], [GH22] oder [Ha22]. Diese funktionieren jedoch nicht mit internen oder selbst-betriebenen *Gitlabs*. Weiterhin macht eine vollautomatische Benotung von Praktikumsleistungen im oben genannten Kontext keinen Sinn, da Verständnis und Vollständigkeit der Praktikumslösungen individuell überprüft werden.

Die Gewinnung neuer Daten aus den Praktikumsabgaben ist nicht neu: Rios et al. stellen dazu Methoden vor. (Siehe [Co19].) Sie empfehlen ebenfalls eine Daten-Extrahierung aus CI-Pipelines. Außerdem hat Bolivar in seinem Paper (s. [Bo19]) bereits gezeigt, dass die generelle Nutzung von Gitlab die akademische Lehre von kollaborativen Programmierarbeiten fördert.

Um die im zweiten Abschnitt genannten Probleme zu lösen, wird eine Anwendung/Erweiterung benötigt, die folgende Anforderungen erfüllt:

- Stapelverarbeitung von Teilnehmerdaten (im CSV-Format) zur automatischen Erzeugung von Praktikums Teams (inklusive Repositories) im Gitlab
- übersichtliche Auflistung aller Teammitglieder und deren Code-Projekte
- Anzeige des jeweiligen Projektstatus (siehe Continuous Integration unter 1)
- direkte Hyperlinks zu den Gitlab-Teams und deren Mitgliedern, zu den Repositories und zu den Build-Pipelines
- Eine (gefilterte) Auflistung aller Dateien aller Repositories
- maschinelle Erzeugung neuer Informationen für die Tutor*innen, zum Beispiel den Quelltextverwandtschaftsgrad zwischen den Teams, um umfangreiche Kopien aufzuspüren
- Export der aktuellen Ansicht in ein übersichtliches HTML-Dokument, um den Status aller Teams (wöchentlich) zu protokollieren

Eine Web-App (s. [MC22]) soll mit diesen Anforderungen mit HTML5, CSS3 und JavaScript entwickelt werden. Sie soll im Webbrowser per asynchronem JavaScript (AJAX⁴) mit der gegebenen Gitlab-Schnittstelle (API⁵) kommunizieren. Durch ihre Funktionen sollen die Tutor*innen unterstützt werden.

⁴ Siehe <https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Glossary/AJAX>.

⁵ Siehe <https://docs.gitlab.com/ee/api/>.

4 Umsetzung

Das Campus Management System (kurz CAMS⁶) bietet eine Abbildung der akademischen und administrativen Geschäftsprozesse der FH Münster auf einer Website an. Daraus können CSV-/Exceltabellen mit sämtlichen Teilnehmer*innen exportiert werden. Solch eine Tabelle muss nur noch mit Gruppennummern (links) ergänzt werden:

```
PG1_G1, "Martina Musterfrau", mm12345@fh-muenster.de
PG1_G1, "Martin Mustermann", mm56789@fh-muenster.de
PG1_G2, (und so weiter)
```

Diese Informationen werden für das vielzählige Erzeugen von Teams und deren Projekten benötigt. Später kann die Anwendung all dies in eine Übersicht bringen:

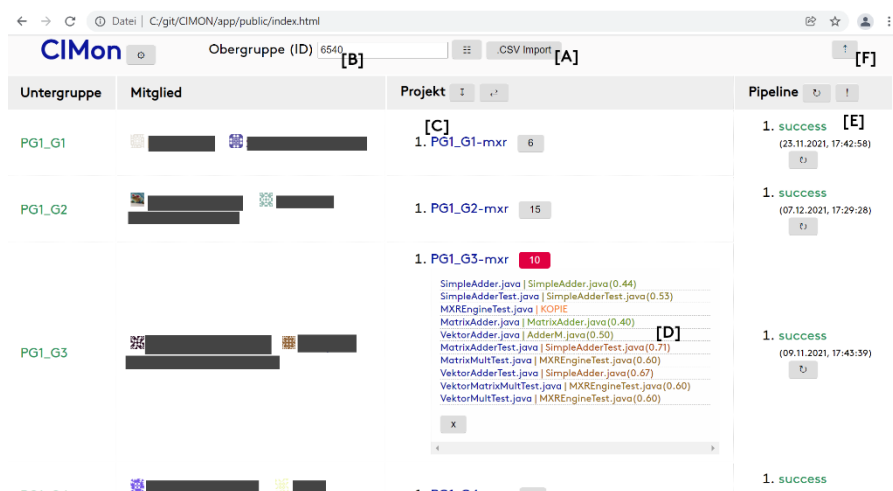


Abb. 1: Screenshot des Prototyps

Abb. 1 zeigt die Anwendung und ihre wichtigsten Funktionen, welche mit einem jeweiligen Buchstaben [X] gekennzeichnet sind. Im Folgenden werden diese Punkte kurz erläutert. Die im dritten Abschnitt beschriebene Web-App kann die obige CSV-Datei importieren ([A]). Aktuelle Daten werden in einer Tabelle dargestellt. Dies gibt eine Übersicht über alle Teilnehmer*innen des Moduls ([B], ID) und bietet den BenutzerInnen direkte Hyperlinks ([C]) zu den Teams im Gitlab. Die Kosinus-Ähnlichkeit ([D], s. [NI22]) zwischen den Lösungen der Teams kann berechnet und zusätzlich farblich hervorgehoben werden. (Je rötlicher der Farbton, desto höher der Verwandtschaftsgrad⁷).

⁶ Siehe <https://fh-muenster.de/hochschule/organisation/campus-management-system.php>.

⁷ Parallelität der Häufigkeitsvektoren ausgewählter Dokumente/Dateien

CI-Pipelines können kontrolliert und neugestartet ([E]) werden. Die aktuelle Ansicht kann exportiert ([F]) werden.

5 Bewertung

Die im vorherigen Abschnitt beschriebene Web-App wurde bereits im Praktikum des Moduls Höhere Programmierkonzepte (s. ersten Abschnitt) eingesetzt. Folgende Punkte hatten (nach Einschätzung des Autors) einen positiven Einfluss auf die Praktikumsorganisation:

- Die Stapelverarbeitung der CSV-Listen (s. vierten Abschnitt) erspart Zeit. Testweise wurden 100 mal 100 Gitlab-Gruppen inkl. Git-Projekten erstellt. Im Schnitt dauerte das 25,43 Sekunden.
- Die Zuordnung der Praktikumssteilnehmer*innen zur Gruppe und zum Gitlab-Projekt ist immer einsehbar. Sämtliche Praktikumsgruppen werden in einer einzigen Web-Ansicht (Singlepage) dargestellt.
- Hyperlinks der tabellarischen Übersicht führen direkt zu den entsprechenden Detailseiten im Gitlab. (Spart Browser-Tabs ein.)
- Anzeige der Fehlschläge der automatischen Build-Pipeline (s. Continuous Integration im ersten Abschnitt) gibt Hinweise auf Fehler in der Praktikumlösung und lenken die Aufmerksamkeit der Tutor*innen auf eventuell leistungsschwächere Studierende.

Die Web-App zeigt aber auch folgende Grenzen auf:

- Durch die sehr enge Anlehnung ans Gitlab, ist ein detailliertes Verständnis der Gitlab-Webanwendung notwendig. (Zum Beispiel zur Erstellung eines Authentifizierungstokens.)
- Ein Ausfall oder eine Störung im Gitlab-System macht die in diesem Paper vorgestellte Web-App überflüssig.
- Eine vollautomatische Organisation und Durchführung, wie zum Beispiel bei GitHub Classroom (vgl. [GH22]), bietet die Web-App nicht.

6 Fazit und Ausblick

Durch die Teilnehmerdatenlisten und der abtestierten Quelltexte entstehen viele Daten. Es gilt darin nicht die Übersicht zu verlieren, sondern sich die Daten computergestützt zu Nutze zu machen. Dies ermöglicht ein gezieltes Navigieren zu den entscheidenden Quelltextstellen der Praktikumlösungen.

Die in diesem Paper dargestellte Lehrsituation wurde zusammen mit diesem Software-Projekt als Chance während der Corona-Pandemie genutzt, um neue Ideen und Erfahrungen im Bereich digitales Lernen zu gewinnen. Insgesamt erweist sich die hier beschriebene, computergestützte Betreuung als sinnvoll zur Verbesserung der Praktikumsveranstaltung, was aber noch in einer Nutzerstudie mit Tutor*innen gezeigt werden muss.

Auch nach der Pandemie ist die Web-App nützlich. Schließlich muss auch in Präsenz zur Praktikumszeit in den Laboren kollaborativ Software entwickelt werden. (Siehe Problem bzgl. Gitlab-Gruppen im zweiten Abschnitt.) Möglich wäre sogar die Organisation und Durchführung von Programmierklausuren. Dies wirft aktuell aber noch juristische Fragen auf, die zunächst umfangreich geklärt werden müssten.

Literaturverzeichnis

- [GH22] GitHub Inc.: Github Classrooms, <https://classroom.github.com> (Stand: 01.03.2022).
- [GL22] Gitlab B.V.: CI/CD pipelines, <https://docs.gitlab.com/ee/ci/pipelines/>, Stand: 28.02.2022.
- [Ha22] Hamrick, J.B.: nbgrader, <https://nbgrader.readthedocs.io/en/stable/>, Stand: 03.03.2022.
- [Fl22] Fleming, J.: git-grade, <https://devpost.com/software/git-grade>, Stand: 02.03.2022.
- [Co19] Cortés Ríos, J et.al.: A Methodology for Using Gitlab for Software Engineering Learning Analytics, IEEE/ACM 12th International Workshop on Cooperative and Human Aspects of Software Engineering, 2019
- [MC22] Mozilla Corporation. Progressive web apps (PWAs), https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/Progressive_web_apps, Stand 03.03. 2022
- [NI22] National Institute of Standards and Technology: COSINE SIMILARITY, <https://www.itl.nist.gov/div898/software/dataplot/refman2/auxillar/cosdist.htm>, Stand 27. 02. 2022
- [Bo19] Bolivar Valdivia, R.G.: Collaborative Learning Using Git with Gitlab in Students of the Engineering Programming Course, International Congress on Educational and Technology in Sciences, 2019

Lernende an die Kryptologie heranführen: digital und haptisch zugleich – Praxisbericht über den Online-Adventskalender „Krypto im Advent“

Thomas Borys¹ und Dirk Fox²

Abstract: Die Kryptologie ist eine sehr alte Wissenschaft und war bis vor wenigen Jahrzehnten nur für Regierungen und Geheimdienste von Interesse. Heute findet sich die Kryptologie fast überall in unserem Leben. Trotz ihrer immensen Bedeutung für unsere moderne Kommunikations- und Informationstechnologie, derer sich fast jeder bedient, ist das Verständnis über die Funktionsweise, ihre Möglichkeiten und Grenzen nach wie vor wenig verbreitet. In diesem Praxisbericht wird gezeigt, wie man auf spielerische Weise Lernenden insbesondere der Primar- und Sekundarstufe I die fundamentalen Methoden der Kryptologie nahebringen kann. Dazu wurde der Online-Adventskalender „Krypto im Advent“ (<https://krypto-im-advent.de>) entwickelt. Der besondere Ansatz dieser Webseite besteht darin, digital und haptisch zugleich vorzugehen, d. h. es werden digitale Vermittlungsformate dazu verwendet, Lernende haptisch an eine kognitive Wissenschaft - hier die Kryptologie - heranzuführen. In diesem Beitrag werden die Ziele, die Kernelemente und ein Überblick zu den Teilnehmenden, sowie deren Lösungserfolge vorgestellt.

Keywords: Kryptologie, Online-Lernen, Adventskalender, Digital Escape Rooms, Digital Storytelling Learning

1 Einleitung

Die Geheimhaltung von Informationen spielt in der Geschichte der Menschheit schon immer eine Rolle. So reichen erste überlieferte Beispiele weit in die Vergangenheit zurück z. B. finden sich auf ägyptischen Steintafeln Hieroglyphen, die leicht verändert wurden und so den Lesenden verwirrten [PF07]. Aus der Antike berichtet Herodot von einer Nachricht, die unter den Haaren eines Sklaven versteckt wurde [He91], und Julius Cäsar verschlüsselte seine private Korrespondenz [Su93]. Aber auch das Entziffern einer Verschlüsselung spielte in der Zivilisationsentwicklung eine wichtige Rolle, beispielsweise trug die Entschlüsselung der Enigma durch die Alliierten wesentlich zur Verkürzung des zweiten Weltkriegs bei. An den historischen Beispielen ist die schon immer große Bedeutung der Geheimhaltung und Sicherung von Informationen ablesbar.

¹ Pädagogische Hochschule Karlsruhe, Institut für Mathematik, Bismarckstr. 10, Karlsruhe, 76133, thomas.borys@ph-karlsruhe.de

² Secorvo Security Consulting GmbH, Ettlinger Straße 12-14, 76137 Karlsruhe

In der modernen Gesellschaft spielt die Sicherheit von Daten eine immer größere Rolle. Diese wachsende Bedeutung der Informationssicherheit findet ihren Niederschlag in den Bildungsplänen der Länder. Für das Land Baden-Württemberg findet sich beispielsweise in der Leitperspektive Medienbildung das grundlegende Feld „Datenschutz“ [BB6a]. Allerdings steht dieses Feld in Konkurrenz mit 11 weiteren grundlegenden Feldern. Detaillierter wird das Thema der Informationssicherheit in den inhaltsbezogenen Kompetenzen für das Wahlfach Informatik ab Klasse 8 aufgeführt [BB6b]. Leider werden mit dem Wahlfach nur wenige Lernende erreicht, die so direkt in den Kontakt mit der Kryptologie kommen. Innerschulisch lässt sich das Wissen über Ver- und Entschlüsselung von Informationen auch beispielsweise durch Projekte, das Angebot von Arbeitsgemeinschaften oder eine stärkere Integration in andere Unterrichtsfächer vermitteln. So gibt es einen Vorschlag für die integrative Ergänzung des Mathematik-Curriculums mit Themen aus der Kryptologie [vgl. Bo11]; außerdem wurde an der PH Karlsruhe eine „Lern-Box“ mit Lernmaterialien zur Kryptologie entwickelt. Neben diesen schulischen Wegen können auch außerschulische Wege beschrritten werden, wie z. B. das Modul „Schatzsuche“ am Schülerlabor der RWTH Aachen. Aus den Erfahrungen in Karlsruhe entstand 2015 die Idee, einen jährlichen Online-Adventskalender „Krypto im Advent“ (<https://krypto-im-advent.de>) ins Leben zu rufen, wie es ihn bereits für andere naturwissenschaftliche Fächer wie Mathematik und Physik mit „Mathe im Advent“ und „Physik im Advent“ gibt.

2 Zielsetzung und Inhalte des Online-Adventskalenders

2.1 Ziele und didaktische Überlegungen

Mit dem Online-Adventskalender sollen Lernende möglichst aller Altersstufen an die fundamentalen Methoden der Kryptologie herangeführt werden. Dabei handelt es sich um einen Adventskalender, bei dem sich hinter den Türchen keine süßen Überraschungen, sondern Krypto-Rätsel befinden, die von den Lernenden gelöst werden sollen. Der Kalender kann mit unterschiedlichen Zielsetzungen bei der primären Zielgruppe der Schülerinnen und Schüler der Primar- und Sekundarstufe I eingesetzt werden. So können interessierte Schülerinnen und Schüler motiviert werden, sich spielerisch den Herausforderungen des Ver- und Entschlüsselns zu stellen. Der Kalender kann auch im Rahmen der thematischen Vorbereitung und Ergänzung des schulischen Unterrichts eingesetzt werden, z. B. wenn das grundlegende Feld „Datenschutz“ im Rahmen der Leitperspektive Medienbildung [Mi16a] behandelt wird.

Die Einführung in die Kryptologie erfolgt digital und haptisch. Auf den ersten Blick scheinen sich die beiden Methoden gegenseitig auszuschließen. So bedeutet digital „Signale, Daten in Ziffern darstellend“ und haptisch „den Tastsinn betreffend“ [We05]. Hier ist gemeint, dass die Kryptologie haptisch erfahrbar mittels digitaler Vermittlungsformate wird.

Dem Haptischen kommt dabei eine große Bedeutung zu, denn schon Johann Amos

Comenius (1592-1670) fordert ein „Lernen durch Tun“ [Sc09]. Insbesondere wenn sich das Lernangebot auch an Lernende der Primarstufe richtet, die sich nach der Stufentheorie von Piaget in ihrer kognitiven Entwicklung meist auf dem „konkret-operativen Stadium“ befinden [Wi81], also ausgehend von konkreten Objekten lernen. So findet sich die Forderung nach einem handlungsorientierten Unterricht in vielen Handreichungen für die Gestaltung des Unterrichts. Gerade für das abstrakte Thema „Kryptografie“ ist die haptische Vermittlung besonders wichtig und kann, wie unsere Erfahrung mit einer „Krypto-Box“ in der Primarstufe gezeigt hat, Schülerinnen und Schüler für das Thema begeistern.

Die Aufgabentypen für den Adventskalender wurden daher so gewählt, dass ihre Lösung die Nutzung von kleinen Hilfsmitteln aus Papier oder Pappe erfordert, deren Herstellung in Schriftform und Videos erläutert wird. Die konkrete Umsetzung erfolgt beispielsweise solcherart, dass die Lernenden mittels eines Erklärvideos in die Lage versetzt werden, eine Verschlüsselungsscheibe herzustellen, die sie anschließend für die Lösung von Ver- und Entschlüsselungsaufgaben verwenden können.

2.2 Inhalte

In der Kryptologie werden grundsätzlich zwei Methoden der Geheimhaltung verwendet [Ka96]. Die erste Methode besteht im Verbergen der Existenz einer Information (Steganografie), d. h. alleine durch das Verstecken der Information wird diese geschützt. In den Aufgaben des Adventskalenders wird das z. B. mit Bilderverschlüsselungen umgesetzt. Eine zweite Methode besteht im Verschlüsseln der Information. Dabei unterscheidet man symmetrische und asymmetrische Verschlüsselungen. Da die primäre Zielgruppe der Aufgaben nicht über die für asymmetrische Verschlüsselungen notwendigen mathematischen Kenntnisse verfügt, werden nur symmetrische Verschlüsselungsverfahren behandelt. Bei symmetrischen Verschlüsselungsverfahren werden grundsätzlich zwei verschiedenen Basistransformationen verwendet – einerseits die Änderung der Zeichenreihenfolge (Transposition), andererseits die Ersetzung von Zeichen (Substitution). In den Aufgaben des Kalenders werden insbesondere die folgenden (historischen) symmetrischen Verschlüsselungsverfahren behandelt:

- Monoalphabetische Substitutionsverschlüsselungen: Freimaurer-Code, Cäsar-Verschlüsselung
- Polyalphabetische Substitutionsverschlüsselungen: Vigenère-Verschlüsselung, Trithemius-Verschlüsselung
- Transpositions-Verschlüsselungen: Skytale, Fleissner-Schablone.

Neben den Verschlüsselungsverfahren wird auch eine einfache Möglichkeit der Kryptoanalyse, d. h. zur Entschlüsselung einer Nachricht ohne Kenntnis des Schlüssels, vorgestellt.

3 Umsetzung

Für den Online-Adventskalender wurde eine eigene digitale Lernplattform unter Verwendung von Moodle erstellt. Die Lernenden können darüber die notwendigen Informationen herunterladen und ihre Lösungen hochladen. Sie erhalten eine automatisierte Rückmeldung über die Korrektheit ihrer Lösungen und können ihren aktuellen Punktestand abfragen. Nach dem Ende der Abgabefrist werden ausführliche Lösungen zur Verfügung gestellt. Für die Aufgaben an Wochenenden wurde auf Wunsch vieler Teilnehmenden ein bis Montag verlängerter Abgabezeitraum konfiguriert.

Als zusätzlicher Teilnahme-Anreiz werden einige hundert Preise (Spiele, Eintrittskarten etc.) im Wert von mehreren Tausend Euro ausgelobt. Für die Hälfte der Preise ist der erreichte Punktestand am Ende entscheidend; die andere Hälfte wird unter allen Teilnehmerinnen und Teilnehmern verlost, um das weitere Mitmachen unabhängig von der erreichten Punktezahl zu motivieren.

Die Krypto-Rätsel, die von den Lernenden im Verlaufe des Advents zu lösen sind, werden nicht als einfache „Liste“ von Aufgaben dargeboten, sondern sind in eine zusammenhängende Rahmengeschichte eingebunden, ganz im Sinne des „Digital Storytelling Learning“ [Ro08]. Die Rahmengeschichte wird in verschiedenen Formaten dargeboten, um unterschiedliche Lernmethoden zu unterstützen. So wird sie jeweils mit einem Video zu Beginn eröffnet und am 24. mit einem Video beschlossen; dazwischen wird sie textuell und in Form von Podcasts erzählt.

In kurzen Erklärvideos werden die für das Lösen der Krypto-Rätsel notwendigen Ver- und Entschlüsselungsverfahren bereitgestellt, bei deren Entwicklung didaktische Kriterien für gute Erklärvideos [DW20] berücksichtigt wurden.

Der Nachbau der haptischen Elemente wird durch die Bereitstellung entsprechender Bastelbögen und detaillierter Anleitungen zur Verfügung gestellt. So gibt es beispielsweise einen Bastelbogen für eine Cäsar-Scheibe, eine Fleissnersche Verschlüsselungsschablone, Tableaus für die Trithemius- und Vigenère-Verschlüsselung oder Tabellen für die Four-Square- und Polybios-Verschlüsselung.

Der Heterogenität der Gruppe der Lernenden wird durch eine Differenzierung in zwei Niveaustufen begegnet. So ist die Stufe der Einsteiger für Schülerinnen und Schüler der Klassen 3-6 und die Stufe der Fortgeschrittenen für Schülerinnen und Schüler der Klassen 7-9 gedacht. Die Begleitgeschichten und die Aufgaben für die Fortgeschrittenen lehnen sich dabei stark an die Konzepte der „Digital Escape Rooms“ [MVM21] an.

Nach dem Ende der Adventszeit werden die Aufgaben, Erklärvideos und Hilfsmittel auf einer eigenen Unterseite zusammengefasst, damit sie im Jahresverlauf auch im Unterricht eingesetzt werden können. So können die Aufgabe direkt auch für den offline Einsatz heruntergeladen werden. Die Videos sind auch direkt über den Youtube-Kanal „Krypto im Advent“ erreichbar.

4 Auswertung

Der Online-Adventskalender wird seit dem Jahr 2015 jährlich angeboten. Die Anzahl der Teilnehmenden hat sich seitdem auf rund 4.300 Anmeldungen vervielfacht. Diese verteilen sich etwa in gleichen Teilen auf die Gruppe der Einsteiger und der Fortgeschrittenen. Die Verteilung der aktiven Teilnehmenden hinweg über die Klassen 3-9 war relativ gleichverteilt, wobei die Teilnehmenden der Klassen 5 und 6 die größten Gruppen stellten. Von den angemeldeten Teilnehmenden für den Durchgang 2021 haben ca. 70% das erste Türchen geöffnet und eine Lösung der Aufgabe abgegeben; das letzte Türchen wurde von 40% der Teilnehmenden der Gruppe der Einsteiger und 30% der Gruppe der Fortgeschrittenen geöffnet und eine Lösung abgegeben. An den Daten wird deutlich, dass die Gruppe der Einsteiger über eine höhere Persistenz verfügt. Von den abgegebenen Lösungen waren in der Gruppe der Einsteiger im Schnitt 85% der Lösungen richtig, 7% falsch und 8% konnten nicht bewertet werden. Das zeigt, dass das Niveau der Aufgaben und der Erläuterungen gut an die Teilnehmenden angepasst und (nach den abschließenden Bewertungen der Teilnehmenden) die Aufgabenstellungen dennoch herausfordernd waren.

Die Datenerhebung bei der Anmeldung beschränkt sich auf die Abfrage der E-Mail-Adresse, daher sind Aussagen beispielsweise über die genaue Herkunft der Teilnehmenden oder den Schultyp, den sie besuchen, nicht möglich. Nur bei den Preisträgerinnen und Preisträgern ist der Wohnort bekannt. Im Durchgang 2021 kamen die Preisträger aus allen Bundesländern, die meisten aus Baden-Württemberg. Außerdem gab es Preisträgerinnen und Preisträger aus Schweden, Österreich, der Schweiz, Italien und England. Aus den Rückmeldungen, die von etwa 230 Teilnehmenden geschickt wurden, war ablesbar, dass die Aufgaben zum Freimaurer-Code am besten gefallen hatten, gefolgt von der B-Sprache und dem Weihnachtsspecial.

5 Schlussbetrachtung

Inzwischen hat sich der Online-Adventskalender etablieren können. Damit dieser Adventskalender eingerichtet werden konnte, war eine intensive und arbeitsteilige Zusammenarbeit der beiden herausgebenden Institutionen, der Pädagogischen Hochschule Karlsruhe (PHKA) und der Karlsruher IT-Sicherheitsinitiative (KA-IT-Si) notwendig. So werden von den Studierenden der PHKA die Erklärvideos, die Rahmengeschichte und die Krypto-Rätsel für die Gruppe der Einsteiger erstellt. Die KA-IT-Si ist für die Webseite, den Wettbewerb inklusive der Einwerbung der Preissponsoren und der Benachrichtigung der Gewinner sowie für die Entwicklung der Rahmengeschichte und der Aufgaben der Fortgeschrittenen zuständig.

Als weiterer Entwicklungsschritt ist geplant, auch die Anmeldung von Schulklassen zu ermöglichen. Das ist bisher nur möglich, wenn sich die Lehrenden in Vertretung der Klasse anmelden.

Daher soll noch zum Schluss auch eine Lehrende aus der Grundschule zu Wort kommen: „Liebes Krypto-Team, ich habe schon mehrfach mit meiner Grundschulklasse (3. oder 4. Schuljahr) teilgenommen. Die Kinder waren dieses Jahr mal wieder sehr angetan und haben sogar eigene Nachrichten verschlüsselt verschickt, die von den anderen entschlüsselt werden mussten... Ich fand es sehr gut, dass manche Verschlüsselungen kombiniert wurden oder auch kompliziertere Verfahren wie die Four-Square-Chiffre oder die Bifid-Chiffre verwendet wurden. Die Kinder empfanden diese Aufgabe zwar als schwer, hatten aber eine hohe Motivation und ein Erfolgserlebnis, wenn sie diese verstanden hatten.“

Literaturverzeichnis

- [BB6a] Bildungspläne Baden-Württemberg, Stand: <https://www.bildungsplaene-bw.de/Lde/LS/BP2016BW/ALLG/LP/MB>, 14.06.22.
- [BB6b] Bildungspläne Baden-Württemberg, Stand <http://www.bildungsplaene-bw.de/Lde/LS/BP2016BW/ALLG/SEK1/INFWF/IK/8/04>, Stand: 14.06.22.
- [Bo11] Borys, T.: Codierung und Kryptologie – Facetten einer anwendungsorientierten Mathematik im Bildungsprozess. Vieweg+Teubner, Wiesbaden, 2011.
- [DW20] Dorgerloh, S.; Wolf, D.: Lehren und Lernen mit Tutorial und Erklärvideos. Beltz, Weinheim, 2020.
- [He91] Herodot: Historien V-IX. Deutscher Taschenbuch Verlag, Artemis Verlag, München, Zürich, 1991.
- [Ka96] Kahn, D.: The Codebreakers. Scribner, New York, 1996.
- [MVM21] Makri, A., Vlachopoulos, D., Martina, R.: Digital Escape Rooms as Innovative Pedagogical Tools in Education: A Systematic Literature Review. Sustainability 13/08, 4587, 2021.
- [PF07] Pincock, S.; Frary, M.: Geheime Codes. Lübbe, Bergisch Gladbach, 2007.
- [Ro08] Robin, B.: The Effective Uses of Digital Storytelling as a Teaching and Learning Tool. In (Flood, J. et al ed.): Research on Teaching Literacy through the Communicative and Visual Arts. Routledge, New York, S. 429-440, 2008.
- [Sc09] Schipper, W.: Handbuch für den Mathematikunterricht an Grundschulen. Schroedel, Hannover, 2009.
- [Su93] Sueton, G.: Kaiserbiographien. Akademie Verlag, Berlin, 1993.
- [We05] Wermke, M. (Hrsg.): Fremdwörterbuch. 8. Auflage, Dudenverlag, Mannheim, 2005.
- [Wi81] Wittmann, E.: Grundfragen des Mathematikunterrichts. 6. Auflage, Vieweg, Wiesbaden, 1981.

Lessons Learned in Transferring a Lecture on Virtual Reality into Immersive Virtual Reality

Jonas Deuchler ¹ und Matthias Wölfel ²

Abstract: Immersive virtual reality offers novel approaches on live-teaching by challenging the idea of the physical classroom. Here we present our experiences and learnings from our work-in-progress on transferring a real-life lecture about immersive virtual reality to the medium itself, employing a custom-implemented social virtual reality application. We highlight how students benefit from virtual lectures through a higher form of student participation and individual customisation, employing learning frameworks in accordance with the specificities of virtual reality like experiential learning and game-based learning. In addition, we show how the custom virtual environment allows to exploit the pedagogic potential of virtual reality to a great extent by enabling to intervene and control a virtual classroom at a deeper level and to respond to evaluations quickly and in an iterative incremental way, especially in comparison to currently available public social virtual reality platforms.

Keywords: Virtual Reality, Education, Immersive Learning

1 Introduction

With the growing popularity of public *social virtual reality* (SVR) platforms for recreational or business use, their application in education is also being increasingly explored. SVR refers to virtual spaces where multiple users can join via *head-mounted displays* (HMD) and are embodied via avatars and can meet, interact, and participate in shared activities while focusing on the aspect of in-environment communication [LS21]. Especially during the Covid-19 pandemic, SVR opened a promising alternative approach to distance teaching compared to web conferences, which are sometimes reportedly plagued by *Zoom fatigue* [Ri21]. In comparison to many current *virtual learning environments*, which are mostly singleplayer experiences focusing on individual education, SVR offers to transfer social learning spaces – spaces where students can come together to explore content with one another, exchange ideas, and ask questions – from reality to virtuality. These *social virtual learning environments* (SVLE) can be seen as a virtual counterpart to real-life lectures and seminars, and their design and deployment is subject of our research.

¹ Karlsruhe University of Applied Sciences, Faculty of Computer Science and Business Information Systems, Moltkestraße 30, 76133 Karlsruhe, jonas.deuchler@h-ka.de, <https://orcid.org/0000-0001-8804-1752>

² Karlsruhe University of Applied Sciences, Faculty of Computer Science and Business Information Systems, Moltkestraße 30, 76133 Karlsruhe matthias.woelfel@h-ka.de; University of Hohenheim, Schloß Hohenheim 1, 70599 Stuttgart, <https://orcid.org/0000-0003-1601-5146>

We argue that the peculiarities of *virtual reality* (VR) offer a potential far greater than merely adopting the same lecture strategies from the real world as it is often the case in web-conferencing. Publicly hosted and freely available SVR platforms like *VRChat*³, *Horizon*⁴, or *AltspaceVR*⁵, enable to create a SVLE via an easy transfer of the classical teacher-centered learning environment. However, to provide content-specific design within the SVLE and to take full advantage of the specific features of VR that distinguish it from web conferencing, such as the interaction, embodiment, and presence, and to fully exploit the pedagogical potential of VR, we had to develop our own SVLE, including some features not yet available in alternative SVR platforms. Our SVLE is developed in the *Unity* engine and distributed via 50 available *Meta Quest 2* HMDs.

2 Specificities of Social Virtual Learning Environments and their Potential in Education

Teaching VR in the realm of higher education encompasses a wide range of aspects that are difficult to elucidate in a lecture outside of the medium itself. While practical classes on VR mostly rely on education outside of the medium (building virtual applications), we are currently focusing on the usage of VR as a medium to augment and improve theoretical lectures through hands-on experiences to convey a deeper understanding. In this process of transferring a lecture from reality to virtuality, mere adoption of real-world lectures is not sufficient. For example, simply presenting slides in a virtual space in front of avatars in contrast to presenting slides in a real space in front of students is, at best, maintaining the status quo. At the moment, it is not even that, because the technology is suffering from significant shortcomings, like latency, uncanniness, impracticable note taking, or pixel resolution (readability challenges), which makes communication more complicated. Similar to a theoretical driving lesson, the learning is limited and lacks many facets involved in the actual experience.

2.1 Experiential Learning Opportunities

In a virtual environment, the life-long rehearsed forms of movement and interaction do not apply as they do in the physical world, either due to limitations of VR or due to entirely new methods of interactions that replace the interactions one is accustomed to. While, for example, biped motion can be realized in VR, it is often restricted to a limited area. Thus, many virtual experiences free users from their spatial limitations by employing artificial locomotion like teleportation, controller bound, and triggered movements. Similarly, the interaction with objects or interfaces in VR differs vastly from the real world or from 2D interfaces, enabling many new methods specific to immersive VR such as direct interaction with objects that have no haptics or weight, raycasts, or occlusion-based techniques. The description of these interaction techniques

³ <https://hello.vrchat.com/>

⁴ <https://www.oculus.com/horizon-worlds/>

⁵ <https://altvr.com/>

outside of VR, like describing colours to the blind, is a difficult task and the interactions have in common that their subtleties are best to be experienced rather than described.



Fig. 1: Teaching and experiential learning of movement techniques in a SVLE.

Thus, to teach such new concepts of interactions specific to VR that are very unfamiliar to most students, we opted to implement different interactions in a common virtual classroom and allowed students to apply and experience these with all their facets and in a variety of settings during the lecture. This form of experiential learning was found to be highly beneficial as students became quickly proficient in their virtual interactions. Additionally, this experiential learning can be easily connected to a game-based learning approach to foster the experience and individual evaluation of these techniques in small competitions. In a lecture on movement in virtual spaces, for example, we created a parkour with elements that challenge different forms of movement to show advantages and disadvantages, as shown in Figure 1, and included a leaderboard to incorporate gamification elements. The use of a dedicated SVLE platform enabled deep control for implementing and intersecting interaction techniques, which is not possible via the developer interfaces in most currently available public SVR platforms. The imparted knowledge via experiential learning and game-based approaches in VR is yet under our empirical evaluation and compared to the classical lecture format in reality.

2.2 Individualized Learning Environment and Education

To support the educational content in a SVLE, the intervention in the perception of VR allows a high level of individualization regarding the experience and learning environment. For example, as we anticipated VR-sickness to be a problem, we offered students to individually activate various VR-sickness remedies such as dynamically reduced peripheral vision [FF16] or a virtual nose [Wh15]. Another example of individualization that we implemented is a control option for the environmental colour temperature, a factor previously shown to be subject to different individual preferences [SW19]. Next to the streamlined lecture, students are enabled to return at any time to repeat different virtual demonstrations individually and in their own pace by providing an always-online lecture server. These individualization possibilities were well received among students and especially the option to repeat and experience lecture content under their own control – and without our supervision – was highly appreciated.

2.3 Social Virtual Learning

The multiuser interaction in a virtual classroom adds social exchange and discussion to the educational concept. This is a unique feature usually not addressed in immersive learning scenarios, as they are, at least currently, mainly single user applications. This allows to not only utilize VR experiences supplementary to traditional in-person lectures but to potentially fully replace the teaching process. Without transitioning between real-life and virtuality, content can be presented and experienced at the same time. For a lecture on VR, the educational process in VR and the virtual interactions themselves are valuable experiences for an understanding of the medium.

We found, that in comparison to real-life lectures, social interactions during virtual lectures are differing in their occurrence which has hence to be considered in the pedagogic design. To our first impressions, the freedom and playfulness of the VR interactions led to much lower inhibitions for world interaction and movement during lectures. Movement between various positions in the classroom as well as small non-verbal plays between some participants could be observed, which would not be seen in a real-life counterpart. This might stem from the world's similarity to gaming experiences of the participants but is currently under observation. At the same time, verbal communication appeared to be more reserved. We hypothesize, that this could be traced back to missing social and environmental cues regarding the speech or volume and distance able to be heard by others as well as the probability of an information overload. As the current implementation of the virtual classroom does not allow for one-to-one communication, we assume that small verbal interactions between students are partly replaced by the small game interactions, however, this is further element of research.

3 Evaluation and Response

Essential for establishing a novel lecture format is continuous evaluation and improvement. While some information on the design of VR lectures can be taken from current research on this topic, there are many questions regarding the individual lecture design and content yet to be explored. Every lecture is designed with regular evaluation elements either in the form of in-VR questionnaires [Al20] for already considered elements like motions sickness or in verbal discussion to explore other areas of improvement that were not anticipated. Furthermore, knowledge transfer is of particular interest in evaluating the concept of SVLE teaching. Pairing the feedback with an iterative incremental improvement model and a custom implemented SVLE provides a flexible opportunity to intervene in the lecture design.

For example, as virtual exposure time is a critical factor for VR-sickness [Sa20], we anticipated that this would also be a crucial factor in our design and duration of lectures. By utilizing a SVLE and web-conferencing hybrid lecture model, we enabled a flexible response opportunity to move content from one medium to the other in the case of VR-sickness problems. In order to adjust lecture duration according to the well-being of the participants, students were given individual virtual questionnaires at a 10-minute interval

containing the *Fast Motion Sickness Scale* (FMS), a measure ranging from 0 (no sickness at all) to 20 (frank sickness) [KH11] to quickly capture motion sickness data. Fig. 2 shows the evolution of motion sickness over time for 22 students, which was also the first experience with VR for many of them.

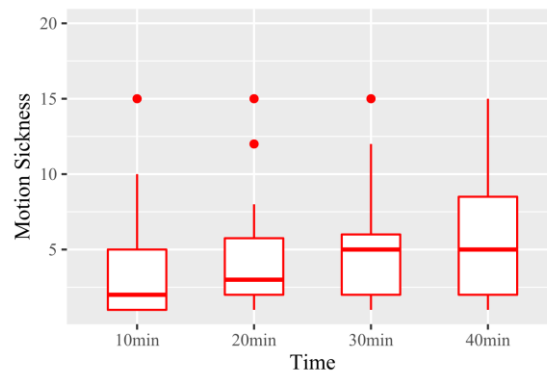


Fig. 2: Fast Motion Sickness Scale responses of 22 students over one virtual lecture.

This observation allows for deriving improvement for the same lecture in the next semester and guidelines for the design of the following lectures. In our evaluation in the initial VR lecture, a clear increase in motion sickness over the duration of the lecture can be seen, and combined with verbal feedback, we opted not to increase or decrease the virtual lecture duration of 45 minutes for the following lecture. Furthermore, we could trace back some students who already reported a high level of motion sickness in the first minutes of the lecture. The investigation revealed that this was caused by improperly attached HMDs, which lead to an update of the instructions for HMD use prior to the following lecture.

Next to empirical evaluations, the qualitative interview and feedback are also useful tools and, in our case, revealed a common desire for autonomy regarding the control of the virtual world. For example, participants wished to be able to have further controls regarding their audio (muting, activation markers), movement, and content experience.

4 Conclusion and Outlook

Harnessing the full potential of VR in education is and will be the subject of research in the coming time. We can report valuable ideas and observations by not only transferring content from a real-life lecture into virtuality but by augmenting virtual lectures with hands-on experiences that would otherwise only be possible by switching back and forth between HMD put on and HMD removed. The futuristic prospect of a purely virtual lecture and social learning space still holds unknowns as to how far educational concepts of the real world can be applied and what new educational concepts can be employed. We report the observation of some of these challenges like the vastly differing social

behaviour or motion sickness, but also experiences with social and experiential learning, as well as the individualization possibilities in VR and their potential in education.


Our simple implementation of a content-specific SVLE has already demonstrated the great potential SVLE can offer. Simply using given SVR platforms to teach cannot leverage the full potential SVLE has to offer. The use of a specially implemented SVLE platform enables the observation of a large variety of different virtual education concepts. Especially a lecture on VR itself benefits from having access to the SVLE platform on a code level to have the educational freedom needed not only to educate about the various possibilities of VR but also to continuously improve the lecture itself.

Funding This work was funded by the Stiftung Innovation in der Hochschullehre.

Bibliography

- [AI20] Alexandrovsky, D.; Putze, S.; Bonfert, M.; Höffner, S.; Michelmann, P.; Wenig, D.; Malaka, R.; Smeddinck, J.: Examining Design Choices of Questionnaires in VR User Studies. S. 1–21, 04 2020.
- [FF16] Fernandes, A. S; Feiner, S. K.: Combating VR sickness through subtle dynamic field-of-view modification. In: 2016 IEEE Symposium on 3D User Interfaces (3DUI). S. 201–210, 2016.
- [KH11] Keshavarz, B.; Hecht, H.: Validating an Efficient Method to Quantify Motion Sickness. *Human factors*, 53:415–26, 08 2011.
- [LS21] Liu, Q.; Steed, A.: Social Virtual Reality Platform Comparison and Evaluation Using a Guided Group Walkthrough Method. *Frontiers in Virtual Reality*, 2, 2021.
- [Ri21] Riedl, R.: On the stress potential of videoconferencing: definition and root causes of Zoom fatigue. *Electronic Markets*, Dec 2021.
- [Sa20] Saredakis, D.; Szpak, A.; Birkhead, B.; Keage, H. A. D.; Rizzo, A.; Loetscher, T.: Factors Associated With Virtual Reality Sickness in Head-Mounted Displays: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Frontiers in Human Neuroscience*, 14, 2020.
- [SW19] Siess, A.; Wölfel, M.: User color temperature preferences in immersive virtual realities. *Computers and Graphics*, 81:20–31, 2019.
- [Wh15] Whittinghill, D. M.; Ziegler, B.; Case, T; Moore, B: Nasum virtualis: A simple technique for reducing simulator sickness. In: Games developers conference (GDC). Jgg. 74, 2015.

Die Sanierung einer denkmalgeschützten Villa als Berufsbildungsprojekt im Rahmen einer virtuellen Lernumgebung

Andreas Zopff ¹ und Werner Kuhlmeier²

Abstract: Im vorliegenden Beitrag werden die ersten Erkenntnisse aus dem Forschungs- und Entwicklungsprojekt „Gewerke übergreifende Qualifizierung im Rahmen energetischer Gebäudesanierung“ (GESA) vorgestellt. Im Zentrum stehen Ergebnisse, die während der Entwicklung, Erprobung und Evaluierung einer virtuellen Lernumgebung für Lernende in der Berufsbildung unter der gemeinsamen Berücksichtigung von Berufsbildung für nachhaltige Entwicklung (BBNE), Gewerke übergreifender Qualifizierung und Denkmalschutz erzielt wurden. Die didaktisch-methodischen Grundlagen werden skizziert und erste Ergebnisse der Forschungsarbeit vorgestellt.

Keywords: Virtuelle Lernumgebung, Berufsbildung für nachhaltige Entwicklung (BBNE), Denkmalschutz, Gewerke übergreifendes Arbeiten, Design-Based-Research, Baukörper als Lehrkörper

1 Einleitung

In Hamburg wird zwischen 2019 und 2022 eine einmalige Bildungschance genutzt: Die denkmalgeschützte ‚Villa Mutzenbecher‘ wird im Rahmen eines Berufsorientierungs- und (Aus)Bildungsprojektes saniert und restauriert. So können Aspekte des Denkmalschutzes mit der Beruflichen Bildung für nachhaltige Entwicklung verknüpft werden. Jugendliche und Erwachsene aus allen Bildungsgängen und aus den Bau- und Ausbauhandwerken können in einem Netzwerk Gewerke und Bildungsgang übergreifend lernen. So erwerben sie Kompetenzen zur Mitgestaltung der Energiewende unter Berücksichtigung des Denkmalschutzes [vgl. Zo19].

Im Projektverlauf führte die Corona-Pandemie zu weitreichenden Einschränkungen in der ursprünglich geplanten intensiven Beteiligung der Auszubildenden an den Sanierungsarbeiten in der Villa. Um die Sanierungsarbeiten trotzdem als Lernanlässe – auch im online-Format – nutzen zu können, wurde zunächst ein virtueller Rundgang entwickelt: In den Innenräumen der Villa wurden 360° Panoramabilder vor und nach den Sanierungsarbeiten aufgenommen und zu einem virtuellen Rundgang zusammengefasst. So ist es nun mög-

¹ Institut für Berufs- und Betriebspädagogik (IBBP), Fakultät für Humanwissenschaften, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Zschokkestraße 32, 39104 Magdeburg, <https://orcid.org/0000-0002-3687-7408>

² Institut für Berufs- und Wirtschaftspädagogik (IBW), Universität Hamburg, Sedanstraße 19, 20146 Hamburg

lich, die Villa virtuell zu besuchen und die im Rahmen der Sanierung vollzogenen Veränderungen zu erkunden. In der virtuellen Lernumgebung ‚Villa Mutzenbecher‘ sind Lernaufgaben für die einzelnen Gewerke hinterlegt und eine berufsorientierende Rallye abrufbar. Die Beta-Version ist auf der Projekthomepage zu finden [GE22].

2 Forschungsmethodisches Vorgehen zur Entwicklung, Erprobung und Evaluation einer virtuellen Lernumgebung

Das Forschungsvorhaben orientiert sich methodologisch am holistischen Design-Based Research Ansatz für die Hochschuldidaktik [vgl. Re20]. Durch die Einschränkungen im Zuge der Covid-19-Pandemie sind zwei unterschiedliche Handlungsstränge im Vorgehen entstanden: Zum einen werden 15 Qualifizierungsmodule zur BBNE, Gewerke übergreifenden Qualifikationen und zum Denkmalschutz erarbeitet. Diese werden für Lerngruppen an den Beruflichen Schulen in der Metropolregion Hamburg genutzt. Eine Exkursion zur Villa Mutzenbecher ist nötig, um alle Aufgaben vor Ort bearbeiten zu können. Zum anderen wird eine virtuelle Lernumgebung entwickelt, in der Teile der analogen Qualifizierungsmodule genutzt werden, um auch im Distanzunterricht Lernanlässe anzubieten. In den virtuellen Rundgang werden außerdem Aufgaben zur Berufsorientierung eingebunden. Neben der Entwicklung von analogen und digitalen Lernarrangements werden im Forschungsprojekt theoretische Erkenntnisse zur Förderung von beruflichen Fähigkeiten im Kontext energetischer Sanierungsarbeiten im Denkmalschutz bei Lernenden generiert. Außerdem wird das virtuelle Lernformat systematisch evaluiert und kontinuierlich weiterentwickelt.

Der Forschungsprozess im Projekt GESA beinhaltet fünf semantische Felder, die in einem iterativ-zyklischen Zusammenhang stehen. Für die virtuelle Lernumgebung bedeutet dies:

Die Zielsetzung: Es wird eine virtuelle Lernumgebung ‚Villa Mutzenbecher‘ entwickelt, in der verschiedene Informationen und Lernaufgaben zu entdecken und digital zu bearbeiten sind.

Die Entwürfe: Die Entwicklung der virtuellen Lernumgebung verbindet fachwissenschaftliche, berufsfachliche, und didaktische Aspekte. Fachwissenschaftlich sind die spezifischen technischen Anforderungen einer denkmalgeschützten energetischen Sanierung relevant. Aus berufsfachlicher Perspektive stehen die Schnittstellen der unterschiedlichen am Bau beteiligten Gewerke im Kontext einer nachhaltigen Entwicklung sowie die Gewerke übergreifende Zusammenarbeit im Fokus. Die didaktischen Ansätze werden unter 3.1 und 3.2 beschrieben.

Die Entwicklung: In die virtuelle Lernumgebung werden Aufgaben aus den Qualifizierungsmodulen integriert. Die Herausforderung besteht darin, die Aufgaben aus den Modulen so zu transformieren, dass sie nicht nur eine Substitution im Sinne Puenteduras [Pu06] darstellen, sondern auch die Ebenen der ‚augmentation‘, ‚modification‘ und ‚redefinition‘ erreichen.

Die Erprobung: Die virtuelle Lernumgebung wird zunächst in Experten-Workshops hinsichtlich ihrer Stimmigkeit und Praktikabilität beurteilt und ggf. modifiziert. Anschließend nutzen Lernende die virtuelle Lernumgebung und geben Rückmeldungen zu ihren Erfahrungen. Außerdem wird erprobt, inwiefern die virtuelle Lernumgebung das Bearbeiten eines Qualifizierungsmoduls ermöglicht, ohne die Villa besuchen zu müssen.

Die Analyse: Parallel zur Erprobung der Qualifizierungsmodule und des virtuellen Rundganges werden unterschiedliche sozialwissenschaftliche Methoden zur Evaluation eingesetzt. Im Sinne des Design Based Research-Ansatzes befindet sich das Forschungsvorhaben zur Zeit der Erstellung dieses Beitrags in den beschriebenen Spielfeldern ‚Erprobung‘ und ‚Analyse‘ [vgl. Re20, 8].

3 Didaktische Grundlagen der virtuellen Lernumgebung ‚Villa Mutzenbecher‘

Im Projekt GESA ist die Berufsbildung für nachhaltige Entwicklung (BBNE) die zentrale Leitidee zur Gestaltung der Lernarrangements. Die Didaktik der BBNE verbindet Bildung, Beruflichkeit und Nachhaltigkeit. Die Herausforderung besteht darin, Lernende zu befähigen, in beruflichen, betrieblichen, gesellschaftlichen und privaten Kontexten die Auswirkungen des eigenen beruflichen Handelns auf die Welt zu verstehen und verantwortungsvolle Entscheidungen zu treffen. Die Lernenden sind dann in der Lage sachgerecht nachhaltig und zukunftsfähig (sachkompetent), gesellschaftlich verantwortlich (sozialkompetent) sowie sinnstiftend und selbstverantwortlich (selbstkompetent) zu handeln [vgl. SZK20, 20].

In Rahmen der Begleitung von diversen Modellversuchen entstanden Überlegungen zur Modellierung der didaktisch-methodischen Gestaltung von BBNE [SKZ20]. Diese bildeten seitdem für verschiedene Lernarrangements eine angemessene Gestaltungshilfe:

(A priori) Aktive Entscheidung für BBNE: Die Akteure müssen ausreichend motiviert sein, die Umsetzung von BBNE in die eigene Ausbildung integrieren zu wollen. Auf der Grundlage eines solchen Entschlusses sind die anschließenden vier Schritte zu beachten:

(I) *Identifizierung von Anknüpfungspunkten für BBNE.* Die Lernprozesse für BBNE sollten an Arbeitsprozesse des beruflichen Alltags, die Ordnungsmittelvorgaben und bestehende Lernaufgaben anknüpfen.

(II) *Eröffnung von nachhaltigkeitsorientierten Perspektiven.* Um bei den Lernenden eine lösungsorientierte Sichtweise zu befördern, sind weitreichende und langfristige Wirkungen für sie erkennbar zu machen, alternative und innovative Lösungen entdecken zu lassen und Widersprüche als Lern- und Entwicklungschancen zu eröffnen.

(III) *Gestaltung transformativer Lernprozesse.* BBNE erfordert eine Didaktik, die ganzheitliche Lernprozesse initiiert, d.h. dass neben der Wissensvermittlung auch handlungsmotivierende, wahrnehmungssteigernde und werteorientierte Aspekte relevant sind.

(IV) *Entwicklung nachhaltiger Lernorte*. Sowohl Ausgangs- als auch Endpunkt für die Umsetzung von BBNE bilden die Handlungs- und Gestaltungsräume der Lernorte selbst. BBNE sollte kontinuierlich zur Mitgestaltung eines nachhaltigkeitsorientierten Lernortes befähigen.

Neben einer Didaktik einer BBNE sind mit Blick auf den virtuellen Rundgang die vier Zielperspektiven für die didaktische Nutzung digitaler Medien von Eickelmann & Gerick [EG20, 156ff] hilfreich, um eine erfolgreiche Umsetzung zu unterstützen.

„Vermittlung von Fertigkeiten im Umgang mit digitalen Medien“
„Die Nutzung digitaler Medien zur Verbesserung des fachlichen Lernens“
„Die Entwicklung und Umsetzung neuer Formen des Unterrichtens mit digitalen Medien“
„Die Förderung des Medienkompetenzerwerbs bzw. des Erwerbs ‚digitaler Kompetenzen als Querschnittskompetenz“

Die vier Zielperspektiven verdeutlichen die Chancen des Lernens mit digitalen Medien: Lehrende können Lerninhalte multimedial und interaktiv und somit motivierend gestalten. Komplexe, handlungsorientierte Lernsituationen können auf verschiedene Art und Weise geschaffen werden, sodass die Lernenden sich aktiv mit dem Lerninhalt auseinandersetzen können. Außerdem können die Lernenden durch die digitalen Medien eher ihrem individuellen Arbeitstempo gemäß lernen. Ihre Bedürfnisse, Voraussetzungen und Interessen, die in der beruflichen Bildung sehr heterogen sind, können beachtet und neues Wissen besser in die vorhandenen Strukturen eingebettet werden. Die selbstständige Auseinandersetzung mit den digitalen Medien, die Kommunikation und das Arbeiten über „vernetzte Arbeitsräume“ können dazu führen, dass die digitalen Kompetenzen der Lernenden gefördert werden [Sc15, 33f].

4 Energetische Ertüchtigung im Bestand als Inhalt der Beruflichen Bildung

Die Sanierung des Gebäudebestands – auch denkmalgeschützter Bauwerke – ist ein wesentlicher Beitrag, um das gesteckte Klimaziel in Deutschland erreichen zu können. Die Energieeffizienzstrategie 2050 hat als Ziel den gesamten Gebäudebestand (nicht nur im Denkmalschutz) in Deutschland bis 2050 nahezu klimaneutral zu gestalten [vgl. Bm15, 9].

Die energieeffiziente Sanierung von denkmalgeschützten Gebäuden, erfordert von den baubeteiligten Gewerken spezielle fachliche und Gewerke übergreifende Fähigkeiten: Eine Investition in eine energieeffiziente Gebäudetechnik ist umso lohnender, wenn gleichzeitig die Gebäudehülle wärmedämmend und luftdicht ausgerüstet wird. Fachkräfte müssen wissen, dass es in einem Gebäude durch unsachgemäße Ausführungen der Arbeiten an der Gebäudehülle und der Gebäudetechnik sowie fehlende Abstimmung zwischen den Gewerken zu Energieverlusten und Baufehlern kommt. Zudem braucht denkmalgerechtes Sanieren besondere individuelle handwerkliche Fähigkeiten, die von der Kenntnis

der Eigenschaften der seinerzeit genutzten Materialien bis hin zu den historischen Arbeitstechniken reichen.

5 Die virtuelle Lernumgebung

Die verschiedenen Aufnahmen des virtuellen Rundgangs wurden in einem aufwändigen fotografischen Verfahren angefertigt. Die 3D-Panoramaaufnahmen vor und nach der Sanierung ermöglichen einen Vergleich des jeweiligen Bauzustandes. Um auch Details der Bauausführungen sichtbar zu machen sind die Aufnahmen mit einer besonders hohen Auflösung vorgenommen und in den virtuellen Rundgang Zoommöglichkeiten integriert worden. Außerdem wurden in einigen Räumen bewusst einzelne Elemente in einem ursprünglichen Zustand belassen, um den „Baukörper als Lehrkörper“ zu nutzen. So sind z.B. Teilflächen der Wände unbehandelt, um unmittelbaren Vergleich des ursprünglichen mit dem sanierten Zustand zu ermöglichen und den Aufbau des Wandanstrichs sichtbar zu machen.

Ein spezifischer Rundgang zur Berufsorientierung richtet sich explizit auch an Schülerinnen und Schüler aus den Abschlussklassen allgemeinbildender Schulen. Für diese Zielgruppe sind kleinere Lerneinheiten als „Learning-Snacks“ in die Lernumgebung integriert. Schließlich sind sowohl der Rundgang für die Auszubildenden aus den Bauhandwerksberufen als auch der Rundgang für die Berufsorientierung einschließlich der Bearbeitung aller Lernaufgaben sowohl online als auch offline möglich.

6 Fazit

Die Orientierung an der Sanierung eines realen Gebäudes ist aus berufsfachlicher, fachwissenschaftlicher und didaktischer Perspektive eine vielversprechende Grundlage für die Gestaltung von anregenden beruflichen Lernsituationen. Zudem lohnt sich die didaktisch-methodische Einbindung von Gewerke übergreifender Kooperation und Denkmalschutz im Kontext einer Berufsbildung für nachhaltige Entwicklung für alle Beteiligten. Aus praktischer Sicht lassen sich wesentliche Aspekte herausstellen, die für die Konzeptionierung von authentischen Lehr-/Lernsituationen entscheidend sind. Insbesondere bei der Identifizierung von Anknüpfungspunkten für BBNE lässt sich jetzt schon deutlich herausstellen, dass die bedeutenden Widersprüchlichkeiten zwischen kulturellem Erhalt und zukunftsfähiger Technik relevante Lern- und Entwicklungschancen beinhalten. Die daraus resultierenden Bildungsmaßnahmen erweitern eine auf gewerblich-technische Fachrichtung ausgewiesene BBNE.

Die Herausforderungen des Lernens unter Pandemiebedingungen führten im Projekt GESA zu der Entwicklung einer virtuellen Lernumgebung ‚Villa Mutzenbecher‘. Die didaktischen Überlegungen bilden eine gute Grundlage für die Gestaltung von anregenden Aufgaben. Das Ziel die Ebenen ‚modification‘ und ‚redefinition‘ zu erreichen stellt sich

in der konkreten Umsetzung als ambitioniert dar. Es sollte gelingen passende Designprinzipien [vgl. Eu14] zu entwickeln, die eine echte Transformation der Lernprozesse durch das Nutzen digitaler Medien unterstützen.

Literaturverzeichnis

- [Bm15] BMWi: Energieeffizienzstrategie Gebäude: Wege zu einem nahezu klimaneutralen Gebäudebestand. Verfügbar unter https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/energieeffizienzstrategie-gebaeude.pdf?__blob=publicationFile&v=25, Zugriff am: 2.1.2022, 2015.
- [EG20] Eickelmann, B., Gerick, J.: Lernen mit digitalen Medien. Zielsetzungen in Zeiten von Corona und unter besonderer Berücksichtigung von sozialen Ungleichheiten. "Langsam vermisste ich die Schule ...". Schule während und nach der Corona- Pandemie, S. 153-162, 2020.
- [Eu14] Euler, D.: Design Principles als Kristallisationspunkt für Praxisgestaltung und wissenschaftliche Erkenntnisgewinnung. In: Euler, D. Sloane, P. F. E. (Hrsg.): Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik, Beiheft 27, Design-Based Research, 97-112, Steiner, Stuttgart, 2014.
- [GE22] GESA, Gewerke übergreifende Qualifizierung im Rahmen energetischer Gebäudesanierung, <https://bbne-mutzenbecher.blogs.uni-hamburg.de>, Stand 11.4.2022.
- [Pu06] Puentedura, R. R.: Transformation, Technology and Education. http://www.hippasus.com/resources/tte/puentedura_tte.pdf, Zugriff am 9.4.2022, 2006
- [Re20] Reinmann, G.: Ein holistischer Design-Based Research-Modellentwurf für die Hochschuldidaktik. EDeR, Educational Design Research, 4(2), Verfügbar unter <https://doi.org/10.15460/eder.4.2.1554>, 2020
- [Sc15] Schaumburg, H.: Chancen und Risiken digitaler Medien in der Schule. https://www.berthelmann-stiftung.de/fileadmin/files/BSt/Publikationen/GrauePublikationen/Studie_IB_Chancen_Risiken_digitale_Medien_2015.pdf, Zugriff am 2.1.2022, 2015
- [SZK20] Schütt-Sayed, S., Zopff, A. & Kuhlmeier, W. (2020). Didaktik gewerblich-technischer Berufsbildung im Kontext der Bildung für nachhaltige Entwicklung. *berufsbildung - Zeitschrift für Theorie-Praxis-Dialog*, 74, 184, S. 20–22, 2020.
- [Zo19] Zopff, A.: Gewerke übergreifende Zusammenarbeit im Rahmen der energetischen Gebäudesanierung. In: Kuhlmeier, W., Meyser, J., Schweder, M. (Hrsg.): *Bezugspunkte beruflicher Bildung – Tradition, Innovation, Transformation. Ergebnisse der Fachtagung Bau, Holz, Farbe und Raumgestaltung 2019*, S. 116-126, Publiqation, Norderstedt, 2019

Erstellung und Einsatz von 360-Grad-Medien in der Lehre – leicht gemacht

Praxisbeispiel einer Distanz-Laboreinschulung

Christoph Braun ¹, Fares Kayali ² und Thomas Moser ³

Abstract: Seit dem Wintersemester 2020 werden an der österreichischen Fachhochschule St. Pölten in Form einer synchron abgehaltenen Online-Laborlehreinheit, Inhalte zur Ausstattung und Funktionsweise der im Makers' Lab vorzufindenden Maschinen, mit Unterstützung von 360-Grad-Ansichten, vermittelt. Abseits von technisch aufwändig erstellten Projektarbeiten im Bereich Virtual-Reality, soll mit diesem Beitrag bewusst gezeigt werden, wie auch bereits mit Grundkenntnissen der Medientechnik sowie wenig Zeit- und Ressourcenaufwand, für die Lehre sinnvoll einsetzbare Lehrmaterialien erstellt werden können. Anhand eines Praxisbeispiels werden dazu technische und didaktische Gestaltungsentscheidungen sowie Aufwände präsentiert.

Keywords: 360-Grad, Online, VR, Einsatzszenarien, Laborlehre

1 Einleitung

Im Rahmen der Lehrveranstaltung Labor Maschinenbau, werden im Bachelorstudiengang Smart Engineering Inhalte zum Thema der digitalen Produktionstechnologien vermittelt. Konkret werden dabei Vorbereitungs- und Produktionsschritte in der additiven Fertigung (3D-Druck) sowie im Laserschneidverfahren (Lasercutter) behandelt. Als unterstützende Maßnahme in der Aktivierung der Studierenden als auch in der Vermittlung der Inhalte, werden diese Lehreinheiten räumlich im sogenannten Makers' Lab der Fachhochschule St. Pölten abgehalten. Es handelt sich dabei um einen thematisch angepassten Raum, welcher als eine Art Werkraum bzw. Werkstatt konzipiert ist und den Studierenden einen Zugang zu Handwerkzeug als auch digitalen Produktionsmaschinen bieten soll. Bedingt durch die Covid-19 Pandemie, wurden dabei, die zuvor noch in Präsenz im Labor abgehaltenen Kennenlern- und Einschulungs-Lehrveranstaltungen nun als Online-Variante ausgearbeitet und seit dem Wintersemester 2020 wiederholt durchgeführt.

¹ Fachhochschule St. Pölten, Institut für Creative\Media\Technologies, Campus-Platz 1, 3100 St. Pölten, christoph.braun@fhstp.ac.at, <https://orcid.org/0000-0003-1676-119X>

² Universität Wien, Institut für Lehrer*innenbildung, Porzellangasse 4, 1090 Wien, fares.kayali@univie.ac.at, <https://orcid.org/0000-0002-0896-4715>

³ Fachhochschule St. Pölten, Institut für Creative\Media\Technologies, Campus-Platz 1, 3100 St. Pölten, thomas.moser@fhstp.ac.at, <https://orcid.org/0000-0002-9220-649X>

1.1 Ausgangslage und Ziel

Ein wesentliches Element in der Vermittlung stellt dabei ein auf die Zielgruppe sowie auf die Lehr-Lernziele abgestimmter virtueller Rundgang, der sich aus mehreren 360-Grad-Panoramamedien zusammensetzt, dar. Obwohl heutzutage 360-Grad-Abbildungen nicht mehr als neuartig bezeichnet werden können, erlangten diese Medien mit Aufkommen des Begriffs Virtual Reality (VR = Virtual Reality) und den voranschreitenden Entwicklungen von Aufnahme- und Wiedergabegeräten wie z.B. 360-Grad-Kameras, Laserscanner oder Datenbrillen und Smartphones, neue Bekanntheit. Dabei werden diese Medien aktuell auch wie bei [Fr20], in Verbindung mit der Digitalisierung in der Aus- und Weiterbildung gebracht und damit die Möglichkeiten zur gefahrlosen und dezentralen Besichtigung von nicht erreichbaren Orten in den Vordergrund gestellt [HC18]. Oft sind, wie in [PPG20] gezeigt, bei Forschungsprojekten im Bereich der VR-Medien mehrere Personen involviert die aus den jeweiligen Kompetenzbereichen deren Wissen, z.B. aus Didaktik, Medien und Technologie einbringen. Erarbeitet, durchgeführt und evaluiert werden dabei wie in [KL19] präsentiert, Lehreinheiten zur empirischen Erforschung von Lernerfolgen. Beispielsweise werden Motivation und Ablenkung und deren Auswirkung auf den Lernerfolg im Einsatz von VR-Medien untersucht wobei Ergebnisse dann wie bei [BKM22] und [CE18] in Form von eher komplexen Rahmenbedingungen resultieren. In Bezug auf die Praxis sollte allerdings, wie bei [KC19] beschrieben, die Gestaltung und Produktion von auf 360-Grad-Abbildungen basierenden lernunterstützenden Materialien, günstig, stabil, anwendungsfreundlich, flexibel, schnell und effizient sein. Jedoch wird zumindest bei den genannten Publikationen, nur wenig auf die tatsächlich für Lehrende in der Praxis entstehenden Aufwände zur Anfertigung und dem Einsatz von VR-Medien eingegangen. Mit diesem Beitrag soll nun basierend auf dem Praxisbeispiel der Distanz-Laboreinschulung und unter Anwendung der in [BKM22] ausgearbeiteten Gestaltungsempfehlungen gezeigt werden, wie Lehrende mit wenig technischem als auch zeitlichem Aufwand bereits erste selbst produzierte 360-Grad-Medien zur Unterstützung in die Lehre einbinden können. Es stellt sich die Frage: Welche zeitlichen und technischen Aufwände sollten von Lehrenden für die Konzeption, Produktion sowie Einbindung von 360-Grad-Medien in der Vorbereitung einer Lehrveranstaltung eingeplant werden? Um die Frage zu beantworten, wurde die Vorgehensweise der didaktischen Konzeption als auch der technischen Umsetzung dokumentiert und mögliche Herausforderungen und Potentiale identifiziert.

2 Praxisbeispiel: Online-Laborlehreinheit

Mit diesem Kapitel sollen nun das didaktische Szenario sowie die dafür geplanten 360-Grad Materialien näher beschrieben werden. Der dokumentierte Prozess zur Anfertigung der Lernmaterialien soll dabei ebenfalls aufgeführt und mit einer kurzen Beschreibung dargestellt werden.

2.1 Konzeption der Lehreinheit

Zur Konzeption und Gestaltung der Lehreinheit (Dauer 90 Minuten), orientierte man sich an der in [Re15] beschriebenen Ausarbeitung eines didaktischen Szenarios, welches Elemente der Vermittlung (Lehr-Lernmaterialien), Aktivierung (Aufgabenstellungen) und Betreuung (Kommunikation mit den Lernenden) enthält. Ausgerichtet wird dieses Szenario an die Zielgruppe sowie auf die bereits vordefinierten Lehr-Lernziele.

- **Zielgruppe:** Erstes Semester im dualen Bachelorstudium - Lehrveranstaltung Labor Maschinenbau - ca. 20 Studierende mit keiner bis wenig Erfahrung im Bereich digitaler Technologien und Maschinenbau.
- **Lehrziel 1 (L1):** Die Lernenden kennen das Labor und deren Ausstattung (Maschinen sowie der Aufstellungsort im Raum).
- **Lehrziel 2 (L2):** Die Lernenden verstehen die Funktionsweise eines 3D-Druckers und des additiven Fertigungsprozesses sowie die praktische Anwendung des Lasercutters im Labor.

Durchgeführt werden soll das Szenario in Form einer synchron abgehaltenen Videokonferenz wobei neben Präsentationsfolien, auch wie bereits erwähnt, ein virtueller Rundgang als Lehr-Lernmaterial eingebaut werden soll. Die Abbildungen sollen dabei wie bei [Br21] beschrieben, per Screensharing von den Lehrenden gezeigt werden, um so einen kontrollierten Ablauf zur Betrachtung des virtuellen Rundgangs zu ermöglichen. Gemeint ist damit, dass zeitgleich alle Studierenden die gleiche Ansicht des Labors vermittelt bekommen und so eine mögliche Ablenkung der Studierenden vermieden wird. Der Vorteil einer 360-Abbildung soll dabei erhalten bleiben, da der Bildausschnitt der Abbildung dynamisch an die Fragen und Interessen der Lernenden schnell und ohne Verzögerung verändert werden kann.

2.2 Produktion der 360-Grad-Lehrmaterialien

Zusätzlich zur alltäglichen Ausstattung (HP EliteBook 840 G3, Windows 10), kam zur Anfertigung der Aufnahmen noch eine heutzutage auch als Actioncam bezeichnete 360-Grad-Kamera zum Einsatz. Dabei verwendete man wie ebenfalls in [Fe18] beschrieben, eine mit zwei Linsen ausgestattete, günstige und einfach zu bedienende (click and record) Kamera. Die Wahl fiel dabei auf eine Insta 360 ONE X, da hierbei die Aufnahme, das Stitching (Erstellung eines Kugelpanoramafotos aus mehreren Einzelfotos) und die Nachbearbeitung (Videoschnitt, Helligkeits- und Farbanpassung) direkt in einer Smartphone-App erledigt werden können. Wie auch in [Pf19] verdeutlicht, soll eine einfache Handhabung, die Kosten und den Produktionsaufwand reduzieren, wobei Technik und Bildqualität als zweitrangig angesehen werden, da der Inhalt der Medien sowie deren kreative und schnelle Inszenierung im Vordergrund stehen. Aufgenommen wurden lediglich vier 360-Grad-Standpunkte, wobei darauf geachtet wurde, dass die Aufnahmen möglichst viele inhaltlich relevante Informationen bieten.

Abbildung zur Orientierung (Lehr-Lernziel L1): Damit eine räumliche Vorstellung (wo und wie wurden die Maschinen im Raum installiert) an die Studierenden vermittelt werden kann, platzierte man die Kamera auf einem Stativ mittig im Raum. Man achtete dabei darauf, dass die Kamera sich dazu auch in der Nähe des Lasercutters befand, da somit das gleiche Bild auch für die Detailansicht des Lasercutters verwendet werden kann. Zudem wurde der Lasercutter in geöffneten Zustand (Deckel offen) aufgenommen, so ist es ebenfalls mit einem einzigen Bild möglich, bereits einige im Innenraum befindliche Teile des Lasercutters zu betrachten.

Detailaufnahme der Maschinen (Lehr-Lernziel L1): Der 3D-Drucker als auch der Lasercutter sollen auch als detailliertere Abbildung dargestellt werden. Dadurch dass der Lasercutter bereits in der Orientierungsaufnahme abgebildet wurde, platzierte man somit für das zweite Kugelpanorama die Kamera ebenfalls im Raum, allerdings diesmal mit einer geringeren Entfernung (1,00m) zum 3D-Drucker. Hervorzuheben ist dabei auch, dass die Höhe der Kameraposition etwa 0,50m höher als die Oberkante des 3D-Druckers gewählt wurde, da somit zusätzlich zur Maschinen-Frontansicht auch eine Einsicht in die Maschine von oben (wo sich der Druckkopf befindet) ermöglicht wird. Mit dieser einzigen Kameraeinstellung ist es daher möglich, essenzielle inhaltliche Details, wie z.B. Druckmaterial, Druckbett, Druckkopf, Touchscreen zur Bedienung, etc. für die Studierende als räumliche und realistisch dargestellte Abbildung zu vermitteln.

Abbildung des Maschinen-Innenraums (Lehr-Lernziel L2): Wie auch bereits in [NPS21] angemerkt wurde, ist zumindest im Einsatz von einfachen technischen Setups (Actioncam), ein virtueller Rundgang auf die jeweiligen Kamerastandpunkte beschränkt. Daher gilt es ganz besonders zu bedenken, welche Aufnahmepositionen eine möglichst hohe Relevanz zum Einsatz im didaktischen Szenario mit sich bringen. Um die Prozesse bzw. Abläufe des 3D-Drucks, als auch des Laserschneidens noch deutlicher zu veranschaulichen, platzierte man daher die Kamera für jeweils eine Aufnahme in beiden Maschinen. Als besonderes Merkmal sei hier genannt, dass im Innenraum kein Standbild aufgenommen, sondern die Kamera direkt auf Videoaufnahme gesetzt wurde. Während der Videoaufnahme wurden mehrere, für die Arbeitsprozesse wichtigen Aktivitäten, wie z.B. Autofocus des Lasers, Platzierung des Lasermaterials sowie der Laserschneidprozess (siehe Abbildung 1) gefilmt und in Videosequenzen aufgeteilt.



Abb. 1: 360-Grad-Aufnahme und Position der Actioncam im Innerraum des Lasercutters

Nachbearbeitung und Veröffentlichung (Lehr-Lernziel L2): Nachdem die Fotos und Videos in der Helligkeit sowie in der Farbe angepasst als auch in einzelnen Sequenzen geteilt wurden, konnten diese in der Insta360 App exportiert und auf das Notebook (per USB-Verbindung) übertragen werden. Die im Format 2:1 exportierten Aufnahmen hatten jeweils eine Auflösung von 5760x2880 Pixel und konnten bereits bei der erstmaligen Wiedergabe direkt per VLC-Player (3.0.16 Vetinari) oder auch sogar in der Windows 10 Anwendung Filme & TV betrachtet werden und somit auch per Microsoft Teams Screenshare-Funktion den Studierenden gezeigt werden.

3 Resultat und Fazit

Wie bereits beschrieben, soll dieser Beitrag Lehrende dazu ermutigen, selbst erste Erfahrungen mit VR-Medien (im Beitrag 360-Grad-Abbildungen) zu sammeln, Medienkompetenzen zu erweitern und damit die eigene Lehre unterstützen. Alle im Beitrag gezeigten Schritte können bereits mit grundlegenden Kompetenzen der Medientechnik umgesetzt werden. Dabei hält sich der zeitliche Aufwand nach einer ersten Einarbeitungsphase sehr gering. So sollten für das erste Kennenlernen der Kamera und der zugehörigen App ca. 8 Stunden eingeplant werden. Wurden bereits erste Testaufnahmen erfolgreich durchgeführt und bearbeitet, so lassen sich die vier im Praxisbeispiel gezeigten Aufnahmen in einer Gesamtdauer von nur einer Stunde bis zum finalen Einsatz (Wiedergabe per Player und Screensharing) ausarbeiten. Interessant ist dabei jedenfalls, dass mit nur einer Kugelpanoramaaufnahme im Praxisbeispiel, mehrere Foto-Einzelaufnahmen (z.B. ein Bild pro Maschine) ersetzt werden konnten, da vereinfacht gesagt, bereits alles im Bild war und es keiner weiteren Ausrichtung der Kamera benötigte. Die Fragestellungen, welche zeitlichen und technischen Aufwände von Lehrenden für die Konzeption, Produktion sowie Einbindung von 360-Grad-Medien eingeplant werden sollten, kann vorerst folglich beantwortet werden: Lehrende die bereits Grundkenntnisse in der Bedienung einer Kamera und der Medienbearbeitung haben, bedarf es lediglich wenige Stunden zur Einarbeitung und Anwendung der Actioncam. Für die Lehre können so selbstständig und bereits in einer Stunde mehrere Fotos oder sogar Videos angefertigt werden. Es bedarf dazu aber einer vorherigen Überlegung welche Abbildungen überhaupt eine inhaltliche Relevanz für die Vermittlung darstellen. Die Identifizierung und Planung vor der eigentlichen Produktion der Medien kann dabei wesentlich mehr Zeit in Anspruch nehmen als die Aufnahme selbst. Hat man den entsprechenden Zugang zu Notebook, Smartphone und Kamera, gelingt eine Anfertigung von flexibel einsetzbaren Medien sehr schnell, wobei mit einer Aufnahme sogar mehrere fix platzierte Fotos ersetzt werden. Wie bereits geschrieben, kann die Technologie in dieser eingesetzten Form nicht als neu bezeichnet werden, jedoch soll das im Beitrag gezeigte Beispiel veranschaulichen, dass damit dennoch neuartig wirkende Lehrmaterialien (Animationen im Innenraum eines Lasercutters) produziert werden können. Zukünftig soll basierend auf dem Praxisbeispiel, eine erweiterte Evaluierung unter Anwendung von Methoden der empirischen Bildungsforschung erfolgen.

Literaturverzeichnis

- [BKM22] Braun, C.; Kayali, F.; Moser, T.: Einsatz von virtuellen Rundgängen in der Distanz-Laborlehre. In (Buchner, J.; Mulders, M.; Dengel, A.; Zender, R. Hrsg.): *Immersives Lehren und Lernen mit Augmented und Virtual Reality – Teil 1. MedienPädagogik*, S.151-174, 2022.
- [Br21] Braun, C.: Projekt Lab4home - Praxisbeispiele zur Gestaltung von Distanz-Laborlehre. In (Wollersheim, H.; Karapanos, M.; Pengel, N. Hrsg.): *Bildung in der digitalen Transformation*. Waxmann, Münster New York, S. 155-160, 2021.
- [CE18] Ceulemans, D. S.; Klaassen, R. G.; de Kreuk, M. M.; Douma, J.; Beerens, M. J. J.: 360-degree virtual tour for educational purposes. An exploration on the design considerations and decisions. In: *Proceedings of the 14th international CDIO Conference*, Kanazawa Institute of Technology, Kanazawa, 2018.
- [Fe18] Feurstein, M. S.: Towards an Integration of 360-degree Video in Higher Education. In (Schiffner, D. Hrsg.): *Proceedings der Pre-Conference-Workshops der 16. E-Learning Fachtagung Informatik (DeLFI-WS 2018)*, Frankfurt, 2018.
- [Fr20] Frank, T. B.: Erstellung und Anwendung von 360°-Videos. In (Orsolits, H.; Lackner, M. Hrsg.): *Virtual Reality und Augmented Reality in der Digitalen Produktion*. Springer Fachmedien, Wiesbaden, S. 263-273, 2020.
- [HC18] Hellriegel, J.; Čubela, D.: Das Potenzial von Virtual Reality für den schulischen Unterricht – Eine konstruktivistische Sicht. *MedienPädagogik*, S.58-80, 2018.
- [KC19] Koumaditis, K.; Chinello, F.: Virtual Immersive Educational Systems: The case of 360° video and co-learning design. In: *25th ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology (VRST '19)*, New York, 2019.
- [KL19] Klingauf, A.; Funk, J.; Lüüs, A.; Schmidt, L.: Wirkung von interaktiven 3D-360°-Lernvideos in der praktischen Ausbildung von Handwerkern. In (Pinkwart, N.; Konert, J. Hrsg.): *DELFI 2019. Gesellschaft für Informatik e.V.*, Bonn, S. 145-156, 2019.
- [NPS21] Nowotny, F.; Plötner, K.; Steinke, L.: 360-Grad- und Virtual Reality-Anwendungen im Fremdsprachenunterricht. In (Kienle, A.; Harrer, A.; Haake, J. M.; Lingnau, A. Hrsg.): *DELFI 2021. Gesellschaft für Informatik e.V.*, Bonn, S. 85-90, 2021.
- [Pf19] Pfennig, A.: Lehrfilme einfach einfach machen – erfolgreiche Konzeptionierung von Peer-to-Peer Lehrfilmen. In (Pinkwart, N.; Konert, J. Hrsg.): *DELFI 2019. Gesellschaft für Informatik e.V.*, Bonn, S. 277-282, 2019.
- [PPG20] Pirola, C.; Peretti, C.; Galli, F.: Immersive virtual crude distillation unit learning experience: The EYE4EDU project. *Computers & Chemical Engineering* 140, S.1-11, 2020.
- [Re15] Reinmann, G.: Studententext Didaktisches Design, https://gabi-reinmann.de/wp-content/uploads/2018/07/Studententext_DD_Sept2015.pdf, 14.04.2022, Hamburg, 2015.

Data Leakage Through Click Data in Virtual Learning Environments

Johanna Hartmann¹, Hendrik Heuer ² und Andreas Breiter ³

Abstract: Unsupervised machine learning techniques are increasingly used to cluster students based on their activity in virtual learning environments. It is commonly assumed that clusters formed by click data merely represent the actions of users and do not allow inferring personal information about individual users. Based on an analysis of 18,660 students and 5.56 million data points from the Open University Learning Analytics Dataset, we show that clusters trained on "raw" click data are highly correlated with personal information like student success, course specifics, and student demographics. Our analysis demonstrates that these clusters allow conclusions about demographic variables like the previous education and the affluence of the residential area. Our investigation shows that apparently, objective click data can leak private attributes. The paper discusses the implications of this for the design of virtual learning environments, especially considering the legal requirements posed by the principle of data minimization of the EU GDPR.

Keywords: learning analytics, machine learning, algorithmic bias, clustering, student performance

1 Introduction

Learning Analytics (LA) is an increasingly relevant area of research with diverse real-world applications, ranging from supporting students, predicting academic performance, and improving programs to broader economic, institutional, and political interests, such as (inter)national competitiveness [Da15, GDS15, Se19]. Cluster analysis is a subfield of machine learning, which is, e.g., applied to study groups of students in virtual learning environments (VLE) [PE14]. Such approaches are applied to improve participants' learning experience, personalize course features, and prevent course dropout [PE14, KPS13, FC15]. So far, studies about cluster analysis have mainly focused on interpreting student groups as learning types [KPS13, FC15, KE17].

In this paper, we explore how much information about a student's achievement and their demographics as well as specifics about a course can be inferred from click data in VLEs. This focus is motivated by prior work from researchers like Perrotta and Williamson, who

¹ University of Bremen, Bibliothekstrasse 1, 28359 Bremen, johanna.hartmann@gmx.de

² University of Bremen, Institute for Information Management Bremen (ifib) and Centre for Media, Communication and Information Research (ZeMKI), Am Fallturm 1, 28359 Bremen, hheuer@ifib.de, <https://orcid.org/0000-0003-1919-9016>

³ University of Bremen, Institute for Information Management Bremen (ifib) and Centre for Media, Communication and Information Research (ZeMKI), Am Fallturm 1, 28359 Bremen, abreiter@ifib.de, <https://orcid.org/0000-0002-0577-8685>

criticized cluster analysis approaches in LA [PW18]. They argue that approaches often wrongly assume that the learning data and the methodology are neutral. They urge researchers to critically reflect on the assumption that learners can get mapped and fully represented as data constructs [PW18]. Our work can be situated in the emerging field of datafication of higher education, which describes the growing collection and processing of data from all areas of educational institutions [JB19, WBS20]. We believe that it is increasingly important to analyze and characterize the students in the clusters more deeply.

For our investigation, the click data of 18,660 students in the VLE of the Open University in the UK [KHZ17] was used. The click data was summed up by weeks, log-transformed, and clustered. We related the clusters of click data to student data on academic success, demographics, and modules, and evaluated them statistically. By only using click data, we implement the principle of data minimization of the European Union's General Data Protection Regulation (GDPR). The principle states that person-related data should be "limited to what is necessary for the purposes for which it is processed". In this paper, we show that clustering students based on click data can reveal a lot about them. We address the following research questions: To what extent do clusters of student click data reflect academic achievement (RQ1), course specifics (RQ2), and student demographics (RQ3)?

Even though only data-minimized click data was used for creating the clusters, we find data leakage of sensitive information like academic achievement, module-specific characteristics, and demographic variables. Generally, data leakage refers to not legitimately introduced information in data mining and supervised learning, which limits the predictive power of a model [Ka12]. In our case, we use the term data leakage to highlight that certain information about a student can be inferred from click data. Investigating data leakage in unsupervised learning is especially important because unsupervised learning is commonly used as a pre-processing step for supervised learning tasks [Ka12]. If data leakage happens at this stage, it might influence the downstream task in a way that is hard to detect. Our findings are especially concerning since the comparison between the socioeconomic status and the academic achievement of STEM clusters across separate parts of the OULAD dataset are indicative of the academic achievement gap recognized in the literature [Ku06, Ju17, Le17]. Thus, data leakage could lead to discrimination based on the data [BS16] and, therefore, could reinforce existing power relations and discrimination in higher education contexts [Se15]. Our analysis shows that the clusters formed with this data do not neutrally represent groups of learners, but rather leak private attributes. Practitioners should, therefore, carefully consider the ethical implications when using cluster analysis on VLE data.

2 Related Work

LA describes the scientific study of learners and the learning process based on data [MS13]. Learning, in this context, must be understood as a complex, multi-layered process [MS13]. VLE are an important source of data about learners [KHZ17]. LA can help make informed decisions in higher education and transform academic processes, especially regarding learning and teaching [Da15]. The potential of LA in higher education includes

improving learning outcomes and supporting learners [Da15]. The growing datafication of education motivated a variety of critical accounts [JB19]. Selwyn, for instance, argues that educational data can be used for economic purposes that do not serve learners [Se19]. Therefore, LA should not be viewed as objective and neutral, but as embedded in political and social contexts [Se19, Se20]. He asks whether and how LA systems can be improved so that it does not discriminate against or oppress marginalized students [Se20]. In the context of the datafication of Higher Education, new "fears with respect to surveillance and control, privacy issues, power relations and (new) inequalities" arise [JB19]. That motivated us to critically examine click data in VLEs, which are commonly regarded as a neutral proxy for student learning [PW18, WBS20, HB18, Se20]. Especially in the wake of rapidly deployed educational technologies during the Covid-19 pandemic [Te20], it is crucial to focus on students and to critically reflect on the benefits of LA [GDS15, Se19] and educational technologies in general [Te20].

Cluster analysis is one of the most popular analysis methods in LA [PE14]. The term is used for unsupervised machine learning methods in which data (in the case of LA, mostly learners) get classified into groups that are similar to each other. The groups, which are also called clusters, are often formed by different features of the interactions with the VLE [KPS13, FC15, KE17]. According to Martin and Sherin, one of the most interesting applications of LA in the learning sciences is the characterization of learning processes [MS13]. A frequently addressed example is Kizilcec et al., who categorized Massive Open Online Course students into "completing", "auditing", "disengaging" and "sampling" [KPS13]. They describe that this classification could, e.g., be used to identify students whose academic success is at risk and who can thus be recognized and supported at an early stage. Ferguson and Clow [FC15], as well as Khalil and Ebner [KE17], report similar findings. Approaches like these are criticized by Perrotta and Williamson, who argue that clusters in LA co-construct the realities they are supposed to represent and are, as such, "performative" [PW18]. This paper uses the Open University Learning Analytics Dataset (OULAD) [KHZ17], which has been used for a variety of cluster analyses. Kuzilek et al. formed clusters with click data from a specific module of OULAD and found that the midterm grades differed between the clusters [Ku19]. Liu and D'Aquin identified clusters of students from OULAD data using demographic data as well as numerical data describing clicks in VLE [LD17]. They found that successful clusters had a higher proportion of students with high levels of prior education, affluent residence, and/or more activity with the VLE [LD17]. In contrast to this prior work, our paper does not use demographic data to form the clusters, but simply uses totals of clicks in the VLE to ensure data minimization. We demonstrate that click data is sufficient to infer personal information like student success and demographics.

3 Methodology

This paper investigates data leakage through click data in VLE. For this, we used k-Means++ clustering on the log-transformed sum of weekly clicks from the Open University Learning Analytics Dataset (OULAD). We compare the data of students in the summer and the winter term. Following an exploratory data analysis, different clustering

algorithms and data preprocessing methods were carried out and compared. The clustering of the sum of weekly clicks, logarithmic transformation of these sums, and the k-Means++ algorithm with ten clusters for each summer and winter term proved to be the most suitable based on our exploratory data analysis in which we compared different parameters. The students in the clusters were then linked back with data about student success, course specifics, and demographics on an individual level.

3.1 Dataset

OULAD contains data from seven modules taught in 2013 and 2014. The modules were taught up to twice a year and had a significant failure rate [KHZ17]. Each module lasted about nine months. The dataset includes the number of clicks of students in the modules with specific pages of the VLE, assigned to days [KHZ17]. It contains detailed information about the field of study of the modules, student grades in the midterm examinations, final results, and the type of examination for both final and midterm examinations. Moreover, there is individual demographic information, for example, information on gender, age, whether the student registered a disability, their highest level of education, and which area they live in [KHZ17]. For the residential area, the discretized Index of Multiple Deprivation (IMD) of 2010 is given, which calculates a relative value from different weights for each postcode in the UK. In the dataset, the student data are directly linked to platform interactions per student by unique identifiers.

3.2 Procedure

In the explorative data analysis, the clicks in the VLE were considered first. For each student-click-combination, we had an identification number, the date, the identification number of the page, and the total number of clicks on that page. This formed the raw data of the cluster analysis. We formed an observation series for each student with the sum of their clicks per day. This yielded a table with 295 columns, where each column chronologically represents a day. Before day 0, the first day, the VLE of the module was already open and students could access it [KHZ17]. This table format is meaningful for our research because it allowed the interaction pattern to be compared over time. We included 18,660 of the available 32,593 students by excluding those who took multiple courses or withdrew. Building on the recommendation of Kuzilek et al. [KHZ17] students are separated at the beginning of modules in February (summer term, $n=6,962$ students) and August (winter term, $n=11,698$ students).

We used the k-Means++ clustering algorithm, a widely used algorithm in the LA field [KPS13, FC15, KE17, HB18] which allows clusters to have a uniform size. K-Means is a non-deterministic clustering algorithm. We clustered the data for the winter term and the summer term separately and compared the results to corroborate our findings. The initial centers were found using k-Means ++, which provides improved seeding to optimize convergence [AV07]. We compared different clustering algorithms and data preparation methods in this study. As internal cluster validation, such as Calinski-Harabasz Index or

Silhouette Coefficient, did not produce applicable results for this dataset, the clustering processes were evaluated concerning the context of its application [vLWG12]. Based on the goal of this cluster analysis, a central criterion was that the clusters show clear and distinctive interaction patterns. For validating this criterion, we review the unprocessed click data of each cluster as a heatmap to understand the patterns. If distinctive patterns are recognizable, this criterion is met. To preprocess the data before clustering, we used a data binning method to reduce the dimensionality of the 295-dimensional data [JMF99]. Data binning by weeks added up the clicks of seven consecutive days, beginning from the modules' starting point (day 0). The first four and the last three days of the click numbers are each combined into one number, these numbers in each case represent one week. This reduction to 42 dimensions from days to weeks had the advantage of alleviating problems that arise in clustering in high-dimensional spaces [JMF99]. In terms of context, data binning according to weeks was suitable, as during this time a certain interaction pattern in VLE emerges, which is at least as meaningful as the usage pattern of individual days. The summed weekly clicks per student had a highly right-skewed distribution. Almost half of the clicks in a week were zero (39.33%, $n = 631,154$), as many students did not use the VLE every week. The maximum number of clicks in a week was 6,999. Since k-Means uses the Euclidean distance to measure similarity between data points, large values would exaggerate the similarity to other values [ZCL19]. We addressed this risk by performing a logarithmic transformation, which maps all values to ranges of exponential size and thus reduces the distances between the large counter values [ZCL19]. Following Jain, we used the gap statistic to determine 10 as the smallest optimal number of clusters [Ja10]. We confirmed this number by visually inspecting the heatmaps of the clusters and found distinct structures that support this number. After computing the clusters, the click data per cluster was related to student information.

3.3 Analysis

For the analysis, we named the clusters based on the rank of their average daily clicks per student. We compare the clusters of summer and winter terms, which we evaluated separately. For the statistical analysis, some characteristics were quantified or had to be adjusted to make them comparable. The weighted sub-grades in the individual midterm examinations were summed up for each student. Students in one specific social-science module ("module G") could not be considered when evaluating mid-term grades since neither subgrades nor final exam grades are given. Regarding the highest previous education, students without formal qualifications (0.85%, $n = 159$) were ignored, as it is not necessarily indicative of the real qualification level. Since IMD is not comparable across regions [Mc11], we only used students from England for the statistical evaluation of IMD values.

For nominal and dichotomous attributes (module, field of study, gender, disability) the chi-squared contingency analysis was applied. For the post-hoc analysis, the paired comparison of the frequencies of the clusters with a chi-squared test was used. The ordinal attributes (final result, educational background, IMD, age) were quantified and the non-parametric Kruskal-Wallis test and the Dunn test as post-hoc analyses were conducted

[Ma13]. Additionally, the interpolated median of the ranks of the ordinal attributes was used. For the interval scaled attribute (midterm grades), we conducted the single factor analysis of variance with the pairwise t-test [Ma13]. We applied the Bonferroni correction for each post-hoc analysis. To answer the research question, an interpretation of the clusters based on the statistical analysis was also necessary. In this context, the interaction patterns of the clusters were examined more closely and related to the structure of the modules. Moreover, the clusters from the summer and winter terms were compared to enable a broader interpretation and to identify particularly striking interaction patterns or demographic characteristics.

4 Results

In the following, we will present the results of our three research questions. The extent to which the click data clusters reflect academic achievement (RQ1), course specifics (RQ2), and demographics (RQ3) is described. As explained, the clusters are named according to the order of their average daily clicks per student ("0" to "9"). Clusters from the summer term are prefixed with an "S" and those from the winter term are prefixed with a "W", e.g., W9 and S9 for the clusters with the highest average clicks per day.

4.1 Academic Achievement (RQ1)

The first research question was "To what extent do clusters of students' click data reflect academic achievement?" (RQ1). We found that academic achievement can be clearly distinguished based on click data alone. For both, the summer and the winter term, a factor analysis of variance with a pairwise t-test found that the mean values of the midterm grades (summer term: $F=3564$, $p<.001$, $\mu^2=0.360$; winter term: $F=6732$, $p<.001$, $\mu^2=0.383$) and the mean values of the final ranks (summer term: Kruskal-Wallis $\chi^2=2667.45$ (9), $p<.001$, Cramer's $V=0.383$; winter term: Kruskal-Wallis $\chi^2=4076.43$ (9), $p<.001$, Cramer's $V=0.348$) differ between the clusters, with a strong effect. In particular, the clusters in which most students failed (S2 with 93.94%, $n=574$, W1 with 90.46%, $n=787$, S0 with 83.43%, $n=760$; W0 with 66.87%, $n=1076$) show that the clusters largely reflect academic achievement, as can be seen in Fig 1. Surprisingly, the average number of daily clicks in cluster S1 (1.2, $SD=0.9$) was lower than in cluster S2 (1.7, $SD=2.6$), in which almost all students failed. Nevertheless, the students mostly passed in this cluster. The interpolated median of the final result at 1.97 is higher than that of clusters S3 (1.78) and S6 (1.90), which have a higher average number of daily clicks (S3: 2.4, $SD=2.2$; S6: 4.6, $SD=4.8$). This means that a low click rate does not always coincide with low academic achievement. Overall, our results show that clusters of students' click data reflect academic achievement, thus answering RQ1.

4.2 Course Specifics (RQ2)

Our second research question is "To what extent do clusters of student click data reflect course specifics?" (RQ2). Since academic achievement is related to course specifics, we also report the academic achievement when describing the clusters in this step. Based on our analysis of the click data, we find that course specifics can also be differentiated based on the click data alone. The chi-square contingency analysis of course specifics are significant, i.e. they show that specific modules (summer term: $\chi^2=4615$ (45), $p<.001$, Cramer's $V=0.364$; winter term: $\chi^2=7467.55$ (54), $p<.001$, Cramer's $V=0.326$) and the field of study (summer term: $\chi^2=1876.35$ (9), $p<.001$, Cramer's $V=0.519$; winter term: $\chi^2=2278.4$ (9), $p<.001$, Cramer's $V=0.441$) can be differentiated based on click data for both summer and winter term.

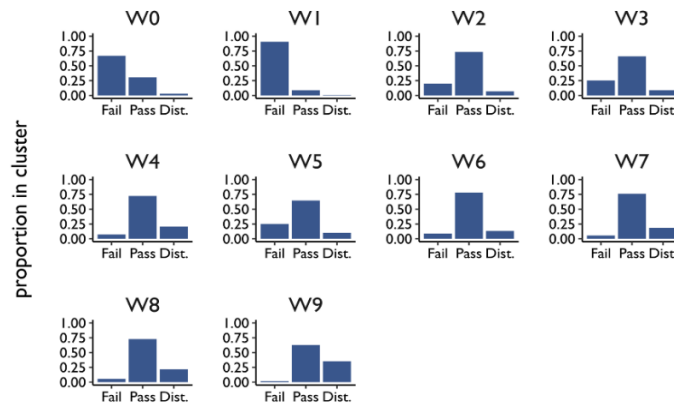


Fig. 1: Final results of students in clusters in the winter term. The proportion of students in each cluster who failed (Fail), passed (Pass), and passed with Distinction (Dist.) in modules. Clustering click data in the VLE resulted in large differences in academic performance among students in the clusters.

In general, the strong influence of the module on the clusters is apparent. In most clusters, a small number of modules dominate; while in some clusters, even students from a single module make up more than half of this cluster. These results are remarkable since there are a total of seven possible modules. When looking at the exact click patterns as well as the average numbers of clicks, it becomes apparent that the maximum of average clicks in some clusters (S1, W3, S4, W6, S6) are strongly related to the dates of module-specific exams. An example of this is cluster S6. 87.83% ($n = 303$) of students in this cluster are from STEM module F. The exam dates in this module coincide closely with the days following the local maxima of the average number of clicks of this cluster. Between exam dates, the average number of clicks in the cluster drops below five, indicating that students did not use the VLE between exams. In this cluster, most students passed their module, but significantly fewer passed with distinction (6.38%, $n=22$) than in all other clusters in the summer term except the low-achieving clusters (W0, S0, W1, S2), as our post-hoc analysis with a pairwise chi-squared test showed.

For clusters that consisted of students who did not perform so well, the average number of clicks dropped to almost zero after the first 19 days (W0, S0) respectively after the first 51 days (W1, S2). These periods can be directly linked to the first and second assessment periods of the predominant modules in each cluster, which might indicate a connection between these tests and the outcome. The clusters with the highest number of daily clicks were clusters S9 (15.4, SD=7.9) and W9 (15.9, SD=7.1). Here, individual students clicked a lot by the end of the module. In those clusters, we find mostly STEM students. The students in these clusters are successful in terms of their grades on the midterm examinations and the final result. Overall, we find that the clusters of students' click data reflect course specifics (RQ2).

4.3 Student Demographics (RQ3)

In addition to investigating the relationship between click data and academic achievement (RQ1) as well as course specifics (RQ2), we also examined the third research question: "To what extent do student demographics differ between clusters of click data?" (RQ3). Here, again, we find that significant statistical differences between the ten clusters of student click data exist. Tab. 1 shows that all demographic characteristics differ between the clusters, albeit with different effect sizes.

Term	Test	Results for Variables				
		Gender	Disability	Education [♦]	IMD (Eng.) [♦]	Age [♦]
Summer	X ²	647.51**	27.56*	164.09**	98.74**	112.23**
	V	0.305	0.063	0.024	0.018	0.013
Winter	X ²	657.49**	38**	278.05**	113.72**	375.32**
	V	0.237	0.057	0.024	0.013	0.032

Tab. 1: Result and effect size (Cramer's V) of chi-squared contingency analysis or Kruskal-Wallis test of demographic attributes in clusters to examine to what extent student demographics differ between clusters (RQ3). *p = .001, **p < .001, ♦ Kruskal-Wallis χ^2 . df=9.

The highest effect size can be observed regarding gender. The four low-achieving clusters (W0, S0, W1, S2) have a similar pattern of interaction and comparable demographic characteristics as indicated by the post-hoc analysis, even though the course specifics differ. In those clusters, the IMD of the place of residence and the previous education of a student are significantly lower than in other clusters. The proportion of students with reported disabilities is comparatively high. The interpolated median age is among the lowest. The low-achieving clusters are different from the high-achieving STEM clusters S7 - S9 and W7 - W9, especially from W9 and S9. Like with other STEM modules, most of the students are male. The students in clusters W9 and S9 are also older than in the other clusters. In addition to that, students tend to come from more affluent areas compared to the IMD of lower-achieving clusters (esp. W1, W2, S0, S1, and S2) as can be seen in Fig. 2. The prior education of students is high, every fifth to sixth student already has a degree.

Clusters W4 and S5, whose average daily number of clicks is neither low nor high, still belong to the most successful clusters. Most students come from social science modules (S5: 52.62%, $n=433$, W4: 89.01%, $n=768$). In both clusters, the interpolated median of the IMD of the region is close to average. The interpolated median of the highest level of prior education in cluster W4 (1.48) is the lowest in the winter term and is significantly lower than all but those of clusters W0 and W1. The proportion of students with disabilities in this cluster is higher (W4: 11.37, $n=98$; S5: 10.81, $n=89$) than that in other clusters.

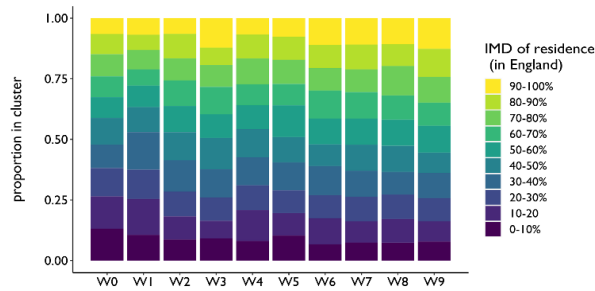


Fig. 2: Proportion of IMD of the residence of students in clusters in the winter term. The IMD calculates a relative value for each zip code in the UK. A value of 10%, e.g., means that the area belongs to the least affluent 10% of the residential areas in this region. Clustering students with click data in VLE resulted in significantly different IMD between clusters.

5 Discussion

In this paper, we showed that student click data can provide important insights into student academic achievement (RQ1), course specifics (RQ2), as well as student demographics (RQ3). Our findings pose important questions regarding the GDPR's principle of data minimization, which urges practitioners to limit data to use only what is necessary for a specific purpose.

We found that academic achievement differed between clusters, which indicates that cluster analysis can be valuable for LA. While a higher click rate was mostly linked to higher academic achievement, cluster S1 was an exception to this. A possible explanation could be external digital or analog environments where the students studied and learned in ways that are not captured in our dataset. Even though we followed that principle and only used the sum of weekly clicks for clustering, this click data contained enough information to permit inferences on private attributes. Prior work by Gašević et al. [Ga16] showed that course specifics such as exam dates can also shape the interaction pattern with the VLE and thus the clusters. In our work, this contextuality is particularly evident in clusters dominated by students from a small number of modules (W4, S4, S6). Also, the high effect size for gender could be explained by the described fact that course specifics influence the interaction pattern. If a field of study dominates a cluster and if a certain course is taken predominantly by a certain gender, the differences in click data can be indicative of gender. Our analysis showed that clusters allow conclusions about student demographics, including inferences and interpretations of a student's social context. For

example, we find that in clusters of high-achieving students, the students lived in affluent regions and had higher prior education, while in clusters with low-achieving students, these characteristics were significantly lower. That is especially true for clusters that contained many STEM students. For clusters consisting of mostly social science students, the characteristics are similar to those of low-achieving clusters. However, these characteristics are not related to their academic performance in these clusters. Our analysis indicates that in such social science modules, students who must overcome obstacles in their studies are successful. Our results are indicative of the academic achievement gap [Ku06] in STEM modules. They also point to an increased early abandonment of interaction by students with less prior education or from less affluent regions. This achievement gap of students with a lower socioeconomic status at distance and on-campus universities directly connects to prior work [Ku06, Ju17, Le17, Ca04].

Our findings show that the clusters of click data infer private attributes, even if they were formed independently of them with minimized click data. Therefore, it is evident, that the interaction patterns are not neutral data detached from other contexts. This finding is closely related to critical data studies and poses ethical risks, especially in the context of the "datafication" of higher education [JB19, WBS20]. Gitelman et al. [Gi13] state that data is not objective but should always be understood as "framed and framing," and "abstract". They argue that data "need to be imagined as data to exist." In the same way, the data in our cluster analysis is only a temporary approximation of individual learning processes [PW18] in addition to being highly contextual [PW18, Ga16]. We argue that click data is not a neutral proxy for learning types.

The potential of LA systems to leak private attributes poses important questions on how to ensure that LA systems do not become an unintentional source of unfairness or discrimination. For this, we make several recommendations. First, we encourage practitioners to perform exploratory data analysis to better understand their data. Second, the traceability and explainability of the models should be improved. The system and the data need to be transparent to the students involved, with the option to provide feedback or to opt out of the data processing [Se19]. Third, we recommend following a participatory approach to develop LA systems together with students and users from vulnerable groups [Se20]. Fourth, we recommend training or customizing machine learning (ML) models for different courses and not using the same ML model across institutions and modules [Ga16] as instructional conditions such as exam dates influenced click data strongly. Fifth, we urge practitioners to critically assess interventions based on interaction patterns like click data. Even a generalized motivational address based on cluster membership or a prediction outcome may have the opposite effect if it does not correspond to the reality of a student's life [Se19]. Such a request can demotivate, pressure, or frustrate students, which can further lower achievement, especially for students from low socioeconomic status. More drastic interventions such as academic restraints, dis-enrollment, or financial restrictions based on click data, either as part of cluster analyses or used in other downstream tasks, could have serious negative consequences for students.

A limitation of this work is that we adapted the method for the dataset and later analyzed it for the same dataset. While we used common cluster algorithms and validated them

through an analysis of the patterns, it would have been optimal to use existing clusters of learners with our methodology. The results are limited to the individual context of the OULAD dataset and Open University as an online university. As discussed, the results nevertheless offer insights into data leakage in VLEs. In the statistical analysis, each demographic variable was evaluated separately. Hence, we did not evaluate the intersectionality of the attributes statistically [Bo08]. Instead, parts of the interpretation were also done from an intersectional perspective, for example, by making inferences about socioeconomic status.

Early work on data leakage has focused on supervised machine learning [Ka12]. In this paper, we showed that it is also necessary to examine unsupervised approaches, e.g., based on click data in VLEs. Considering the threat posed by biased data and discrimination based on this data [BS16], we invite other researchers to investigate this topic in depth. In addition to that, our cluster analysis could be applied to other datasets of (massive open) online courses from universities to further corroborate our findings. Future work could investigate the intersectionality of features in the analysis of clusters and explore the complex interconnections of different social contexts and identities [Bo08]. Further research should also attend to the questions raised by the statistical evaluation of the clusters, which focus more strongly on the connection between the life of a student and the clusters based on click data. We invite other researchers to look more closely at the perspectives of students who may be assigned to one of these clusters, especially with qualitative methods.

6 Conclusion

This paper shows that information like student success, course specifics, and demographic data can be inferred from clusters of simple click data in VLE. The clusters with the least successful students tend to have more students with low prior education, from regions with lower IMD, and with a reported disability. For click data clusters with highly successful and active clusters, the opposite is true. Even though only simple click data was used, data leakage of private attributes such as the highest level of education and affluence of the region the student lives in was shown in statistical tests. Our findings imply that providing feedback and interventions based on insights from anonymized click data can be counterproductive if they do not correspond to the reality of students' lives and do not take their difficulties and reasons into account. In the worst case, such data leakage could widen the academic achievement gap. We propose a variety of solutions in the paper, including performing a thorough exploratory data analysis, increasing the transparency of the ML-based systems, especially for students, co-designing these systems with students from vulnerable groups, and training separate models for each course.

Bibliography

- [Da15] Daniel, Ben: Big Data and analytics in higher education: Opportunities and challenges: The Value of Big Data in Higher Education. *Brit. J. of Edu. Tech.*, 46(5):904–920, 2015.

- [FC15] Ferguson, Rebecca; Clow, Doug: Examining engagement: analysing learner subpopulations in massive open online courses (MOOCs). pp. 51–58, 2015.
- [GDS15] Gašević, Dragan; Dawson, Shane; Siemens, George: Let’s not forget: Learning analytics are about learning. *TechTrends*, 59(1):64–71, 2015.
- [HB18] Heuer, Hendrik; Breiter, Andreas: Student Success Prediction and the Trade-Off between Big Data and Data Minimization. In: *DeLFI - Die E-Learning Fachtagung Informatik*. Gesellschaft für Informatik e.V., Bonn, pp. 219–230, 2018.
- [JB19] Jarke, Juliane; Breiter, Andreas: Editorial: the datafication of education. *Learning, Media and Technology*, 44(1):1–6, 2019.
- [Ju17] Jury, Mickaël et al.: The Experience of Low-SES Students in Higher Education: Psychological Barriers to Success and Interventions to Reduce Social-Class Inequality. *Journal of Social Issues*, 73(1):23–41, 2017.
- [Ka12] Kaufman, Shachar et al.: Leakage in Data Mining: Formulation, Detection, and Avoidance. *ACM Trans. Knowl. Discov. Data*, 6(4), December 2012.
- [KE17] Khalil, Mohammad; Ebner, Martin: Clustering patterns of engagement in Massive Open Online Courses (MOOCs): the use of learning analytics to reveal student categories. *Journal of Computing in Higher Education*, 29(1):114–132, 2017.
- [KHZ17] Kuzilek, Jakub; Hlosta, Martin; Zdrahal, Zdenek: Open University Learning Analytics dataset. *Scientific Data*, 4(1):170–171, 2017.
- [KPS13] Kizilcec, René F.; Piech, Chris; Schneider, Emily: Deconstructing disengagement: analyzing learner subpopulations in massive open online courses. In: *Learning Analytics and Knowledge 2013*. ACM Press, Leuven, Belgium, pp. 170–179, 2013.
- [Ku06] Kuh, George D et al.: What matters to student success: A review of the literature. Commissioned report, 2006.
- [Le17] Lee, Kyungmee: Rethinking the accessibility of online higher education: A historical review. *The Internet and Higher Education*, 33:15–23, 2017.
- [PE14] Papamitsiou, Zacharoula; Economides, Anastasios A.: Learning Analytics and Educational Data Mining in Practice: A Systematic Literature Review of Empirical Evidence. *Journal of Educational Technology & Society*, 17(4):49–64, 2014.
- [PW18] Perrotta, Carlo; Williamson, Ben: The social life of Learning Analytics: cluster analysis and the ‘performance’ of algorithmic education. *Learning, Media and Technology*, 43(1):3–16, 2018.
- [Se15] Selwyn, Neil: Data entry: towards the critical study of digital data and education. *Learning, Media and Technology*, 40(1):64–82, 2015.
- [Se19] Selwyn, Neil: What’s the problem with Learning Analytics? *Journal of Learning Analytics*, 6(3):11–19, 2019.
- [Se20] Selwyn, Neil: Re-imagining ‘Learning Analytics’... a case for starting again? *The Internet and Higher Education*, 46, 2020.
- [WBS20] Williamson, Ben; Bayne, Sian; Shay, Suellen: The datafication of teaching in Higher Education: critical issues and perspectives. *Teaching in Higher Education*, 25(4):351–365, 2020.

Generation of Multiple True False Questions

Regina Kasakowskij ¹, Thomas Kasakowskij ² and Niels Seidel ¹

Abstract: Assessments are an important part of the learning cycle and enable the development and promotion of competencies. However, the manual creation of assessments is very time-consuming. Therefore, the number of tasks in learning systems is often relatively small. In this paper, we present an algorithm that can automatically generate an arbitrary number of German True False statements from a textbook using the GPT-2 model. The algorithm was evaluated with a selection of textbook chapters from four different academic disciplines and rated by domain experts. One-third of the generated MTF Questions are suitable for learning. The algorithm provides instructors with an easier way to create assessments on chapters of textbooks to test factual knowledge.

Keywords: automatic question generation; true false questions; assessment; GPT-2 model; NLP

1 Introduction

Assessments are one of the most important learning instruments to ensure learning success. They confront the learner with the requirements of the learning objectives through the questions and are thus intended to stimulate the learner's examination of the subject matter [Ku20]. As a type of Multiple-Choice question, Multiple True False (MTF) Questions are, among other question types, a simple and efficient way to objectively test factual knowledge. The learner is challenged to distinguish between true and false statements. MTF questions can be presented differently, e.g. by locating a true statement from a series of false statements, identifying false statements among a list of true statements, or separately evaluating each statement as either true or false. Learners must evaluate each statement individually because a question stem can contain both incorrect and correct statements. Thus, MTF Questions as a machine gradable format have the potential to identify learners' misconceptions and knowledge gaps [CHB18]. However, the manual creation of such questions by human authors is an elaborate task and difficult to scale up. In this paper, we investigate an approach to automatically generate MTF questions from existing textbook resources. With this approach, we aim at reducing the effort to create a large number of questions from arbitrary textual learning resources. In contrast to existing research about automatic question generation [Ku20] we particularly focus on generating MTF Questions from higher education learning resources in German language. To achieve

¹ FernUniversität in Hagen, Research Cluster D2L2, Universitätsstr. 11, Hagen, 58084, Germany, {regina.kasakowskij, niels.seidel}@fernuni-hagen.de, <https://orcid.org/0000-0003-2368-9851>, <https://orcid.org/0000-0003-1209-5038>

² Heinrich-Heine-Universität, Informationswissenschaft, Universitätsstr. 1, Düsseldorf, 40225, Germany thomas.kasakowskij@uni-duesseldorf.de, <https://orcid.org/0000-0003-1890-7105>

this goal, we employed an algorithm and evaluated the results using four textbooks for university students rated by respective domain experts.

2 Related works

The creation of tasks with different levels of difficulty is very time-consuming. For this reason, the possibility of having questions generated automatically has been intensively researched in the last two decades ([ELL16; HS10; Ku20; Pa14; RP19; Ts21]). For example, [Pa14] proposed a system that uses a supervised learning approach and the Naïve Bayes method. Their aim was to generate semantically correct open short questions by summarizing the text, filtering nouns from the summary, and building questions from these nouns. [Ts21] presented a system for generating short answer questions that combine syntax-based and semantics-based methods. The system achieved a similarity of 57 % to 61 % between the generated questions and the Stanford Question Answering Dataset. [HS10] presented an algorithm for extracting simplified declarative sentences from syntactically complex sentences using a corpus based on Wikipedia and Wall Street texts. They integrated another Question Generation system which simplifies sentences and transforms them into short answer questions. They achieved an acceptance rate of 52 %. [ELL16] proposed a system for the generation of True False Questions in which false statements are made from the true statements derived from self-selected sentences. Keywords were replaced by antonyms, wrong words, or by adding a negative adverb to verbs. [RP19] do not present a system that generates MTF questions, but they do present a pipeline to generate factual questions and corresponding answers for online courses based on educational texts and learned triples of a question, its answer, and a snippet from the text that could answer the question. 70 % of the generated questions were meaningful. To the best of our knowledge, the generation of MTF questions has not been investigated so far. In the present paper, we aim to automatically generate MTF Questions for students in higher education using established textbooks in German language. In contrast to the existing body of literature, we rigorously review our results with experts from the respective subject domains. Furthermore, we present an evaluation procedure that could be transferred to similar evaluation tasks concerning question generation.

3 Methods

We propose a system capable of generating MTF questions from textbooks for university students in four different subjects. We proceeded in two steps, first we built a Natural Language Processing (NLP) pipeline to generate true statements from text extractions for each of the textbooks and generate in a second step an arbitrary number of false statements using a german Generative Pre-trained Transformer Model (GPT-2) [db21].

1. Text summarization: For the generation of true statements, we use a summarizer to extract appropriate statements from the textbook text. In the beginning, the input text is pre-processed by resolving abbreviations and handling special characters and separators. The Summarizer then filters the text for meaningful part-of-speech tags (verbs, adjectives, nouns) and removes stop words (e.g. “and”, “in”, “about”) as well as context-sensitive words (e.g. “for example”, “figure”, “section”). To identify the most important words and thus the topic of the text, the word frequencies of the filtered part-of-speech tags are determined. These are used as a weighting to determine the relevance of the individual sentences. If a sentence contains many words with a high frequency in the text, it is classified as particularly more relevant. 10 % of the most relevant sentences are considered for the text summary.

2. Generation of false statements: To create an alternation of the true statement and become false statements from the elected statements, they have to be split. The statements were shortened to two-thirds of their total length and completed to one new sentence using the GPT-2 Pipelines package. The more of the sentence is used, the more accurately the GPT-2 algorithm can recognize the subject area and generate suitable sentence endings [db21].

Evaluation: The suitability of the MTF Question generator for four different disciplines was evaluated by expert graders. These disciplines are Agronomy (AGRO), Educational Science (EDU), Computer Science (CS), and Economics (ECO). These four subject areas were selected because they tend to differ greatly in their content and thus provide a consistent picture in the evaluation of the MTF question generator’s ability. As shown in Tab. 1 the chapter sizes ranges from 5000 to 10000 words. The texts have mostly high complexity in terms of readability index ($LIX > 50.0$), which is typical for non-fiction. Both, the extracted text, and the generated false statements were evaluated by domain expert graders using a codebook [Ma98] with the criteria listed in Tab. 2. If a statement was contextual or syntactically incorrect, the associated false statement was not considered further and was excluded from the evaluation of other criteria.

Subject	Book title (chapter)	Sentences	Words	LIX
AGRO	Ackerbau, Pflanzenbau und ... (9) [DEL16]	370	5,160	55.41
EDU	Pädagogisches Grundwissen (3) [GT20]	411	6,603	55.74
CS	Betriebssysteme und Rechnernetze (2)[KIM21]	476	7,284	49.05
ECO	Informationsmarkt (5) [LS11]	564	9,449	55.78

Tab. 1: Textbook chapters used for generation of MTF questions

4 Results and Discussion

A total of 179 true false statement pairs could be generated. Of these, 36 were generated for AGRO, 39 for EDU, 53 for CS, and 51 for ECO. Tab. 3 shows the evaluation results regarding the true and false statements. Between 75 % and 52 % of the extracted true statements were context independent. Thus, across all four subject areas, an average of

65 % of the true statements were context independent. Syntactically correct were 74% – 94% and thus on average 88% of all extracted statements. Reasons for an incorrect extraction of the syntax or the context dependency could be, among other things, nested sentences, or strong content-related links within the text.

Criteria	Description	Scale
Criteria for extracted true statements		
T-Context	Independence of context information that is not contained in the statement.	yes/no
T-Syntax	Syntactic correctness of the statement.	yes/no
Criteria for generated false statements		
F-Context	Independence of context information that is not contained in the statement.	yes/no
F-Syntax	Syntactic correctness of the statement.	yes/no
Specificity	Statement is related to the subject (terminology).	yes/no
Plausibility	The statement seems plausible as a false statement.	yes/no
Logic	Statement is logical correct (no circular reasoning).	yes/no
Falsity	False statement does not correspond to a true statement.	yes/no
Difficulty	Perceived level of difficulty (1: very easy, 10: very difficult)	[1,10]

Tab. 2: Codebook for the evaluation of true and false statements

Between 58% and 89% of the false statements were context independent, this makes an overall of 73%. 71% – 84% were syntactically correct, giving an average value of 76%. The technically correct terminology is used in 78% – 100% of all false statements (average 92%). The greatest differences were found in the plausibility of false statements (24% – 100%) with an average of 70%. The plausibility values for AGRO and EDU were not significant and should therefore only be interpreted with caution. 58% – 94% of the false statements were rated to be logically consistent, with an average value of 83%. Actually, false are 79% – 91% of all false statements with an overall of 87%. Across all four subject areas, the detection of generated false statements is rated between very easy to moderate. The suitability of a true-false statement pair is understood as the fulfilment of all criteria. Accordingly, 15% – 57% of all true-false statement pairs were suitable. Thus, an average of 33% of all statement pairs could be used without hesitation. For the most part, the reliability of the data collection could be assured with a strong significance. However, plausibility in Agronomy and Educational Science as well as Logic in Agronomy and Educational Science could not be analyzed significantly, nor could the difficulty level in Economics. These non-significant results should therefore be viewed with caution. Possible reasons for a non-suitability of statement pairs could be, among others, the pipeline function, which receives only a part of the true statements and applies the previously recognized pattern to the generation of the remaining sentence. On the other hand, the GPT-2 model was not trained on scientific textbooks [db21], which could influence both the classification in the subject area and the plausibility of the false statements.

We have used a comparatively small data set containing 28,496 words from only four subject domains. However, a qualitative evaluation would not have been feasible with a

larger corpus. The parameters used for summarization as well as for text generation have not been varied since the raters would have been faced with a much larger set of statements to be rated. In this first evaluation of generated MTF Questions, we did not include a second rater as our raters are experts in the respective field and can perform a reliable evaluation. Nevertheless, a second rater for each subject would be an option in further research. The results of this study show that MTF questions can be generated automatically. However, the used procedure still needs improvement. In particular, the summary should result in fully syntactically correct and self-contained sentences. The difficulty to identify the generated false statements is also rather low and therefore only suitable for checking the lower two levels of Bloom’s taxonomy (Knowledge and Comprehension) [B156] and thus the factual knowledge. One-third of all generated sentences could be classified as suitable by the experts. This is still a small proportion of all sentences for creating a questionnaire without a human elevator and integrating it in the classroom. Nevertheless, it could be used as a support for teachers.

Criteria	AGRO	N	EDU	N	CS	N	ECO	N	Total	N
T-Context	0.72 ^{a)} *	36	0.64 ^{a)}	39	0.52 ^{a)}	53	0.75 ^{a)} ***	51	0.65 ^{a)} ***	179
T-Syntax	0.74 ^{a)} **	35	0.87 ^{a)} ***	39	0.94 ^{a)} ***	53	0.92 ^{a)} ***	51	0.88 ^{a)} ***	178
F-Context	0.76 ^{a)} **	33	0.58 ^{a)}	38	0.89 ^{a)} ***	28	0.75 ^{a)} ***	51	0.73 ^{a)} ***	150
F-Syntax	0.72 ^{a)} *	25	0.73 ^{a)}	22	0.71 ^{a)} *	28	0.84 ^{a)} ***	38	0.76 ^{a)} ***	113
Specificity	1.00 ^{a)} ***	20	0.88 ^{a)} **	17	0.78 ^{a)} **	23	1.00 ^{a)} ***	33	0.92 ^{a)} ***	93
Plausibility	0.4 ^{a)}	20	0.24 ^{a)}	17	1.00 ^{a)} ***	23	0.91 ^{a)} ***	33	0.70 ^{a)} ***	93
Logic	0.58 ^{a)}	19	0.71 ^{a)}	17	0.96 ^{a)} ***	23	0.94 ^{a)} ***	33	0.83 ^{a)} ***	92
Falsity	0.79 ^{a)} **	19	0.88 ^{a)} ***	18	0.87 ^{a)} ***	23	0.91 ^{a)} ***	33	0.87 ^{a)} ***	93
Difficulty	2.61 ^{b)} ***	18	1.25 ^{b)} ***	16	2.09 ^{b)} ***	23	5.72 ^{b)}	33	3.37 ^{b)} ***	90
Suitability	0.22 ^{a)} **	36	0.15 ^{a)} ***	39	0.30 ^{a)} **	53	0.57 ^{a)} ***	51	0.33 ^{a)} ***	179

Significance level: a) Binomial test, b) Chi Square test * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

Tab. 3: Results for the extracted true statements (T) and generated statements false statements (F)

5 Conclusion and Outlook

The proposed MTF question generation system is capable of generating MTF questions from academic study material using summarization and GPT-2. In doing so, we managed to achieve a fit of 33% of all generated true and false statements. For further studies, additional rater could help to evaluate a larger dataset including more disciplines. Likewise, further training of the GPT-2 model with additional subject-specific literature would be conceivable to achieve a stronger plausibility of the generated false statements.

Bibliography

- [BL56] Bloom, B. S.; Engelhart, M. D.; Furst, E. J.; Hill, W. H.; Krathwohl, D. R.: *Taxonomy of Educational Objectives: The Classification of Educational Goals by a Committee of College and University Examiners (Handbook I: Cognitive Domain)*. Longmans Publishing, New York, 1956.
- [CHB18] Couch, B. A.; Hubbard, J. K.; Brassil, C. E.: Multiple–True–False Questions Reveal the Limits of the Multiple–Choice Format for Detecting Students with Incomplete Understandings. *BioScience* 68/6, pp. 455–463, May 2018.
- [db21] dbmz: dbmdz/german-gpt2. URL: <https://huggingface.co/dbmdz/german-gpt2/>, 2021, visited on: 04/10/2022.
- [DEL16] Diepenbrock, W.; Ellmer, F.; Léon, J.: *Ackerbau, Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung*. Ulmer, 2016.
- [ELL16] Eom, J.-S.; Lim, U.-K.; Lee, J.-Y.: Automatic generation system of true or false questions. *Advanced Science and Technology Letters* 135/, pp. 46–49, 2016.
- [GT20] Gudjons, H.; Traub, S.: *Pädagogisches Grundwissen*. Verlag Julius Klinkhardt, 2020.
- [HS10] Heilman, M.; Smith, N. A.: Good question! statistical ranking for question generation. In: *Human Language Technologies: The 2010 Annual Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics*. pp. 609–617, 2010.
- [KIM21] Klein, R.; Icking, C.; Ma, L.: *Betriebssysteme und Rechnernetze*. FernUniversität in Hagen, Hagen, 2021.
- [Ku20] Kurdi, G.; Leo, J.; Parsia, B.; Sattler, U.; Al-Emari, S.: A Systematic Review of Automatic Question Generation for Educational Purposes. *Int. J. Artif. Intell. Educ.* 30/1, pp. 121–204, 2020.
- [LS11] Linde, F.; Stock, W. G.: *Informationsmarkt*. Oldenbourg Wissenschaftsverlag, 2011.
- [Ma98] MacQueen, K. M.; McLellan, E.; Kay, K.; Milstein, B.: Codebook development for team-based qualitative analysis. *Cam Journal* 10/2, pp. 31–36, 1998.
- [Pa14] Pabitha, P.; Mohana, M.; Suganthi, S.; Sivanandhini, B.: Automatic Question Generation system. In: *2014 International Conference on Recent Trends in Information Technology*. Pp. 1–5, 2014.
- [RP19] Rüdian, S.; Pinkwart, N.: Towards an Automatic Q&A Generation for Online Courses- A Pipeline Based Approach. In: *International Conference on Artificial Intelligence in Education*. Springer, pp. 237–241, 2019.
- [Ts21] Tsai, D. C.; Huang, A. Y.; Lu, O. H.; Yang, S. J.: Automatic Question Generation for Repeated Testing to Improve Student Learning Outcome. In: *ICALT'21*. pp. 339–341, 2021.

Findoo – Interoperable E-Learning Semantic Search and Content Authoring Assistance

Alexander Streicher¹ und Simon Schwarz¹

Abstract: Search engine assistance systems can be of great use in the creation and curation of e-learning content. However, conventional crawling methods are typically limited in Learning Management Systems (LMS) due to technical barriers such as authentication or proprietary data formats. This article presents the concept and implementation of an e-learning search engine called “Findoo” based on a Learning Tools Interoperability (LTI) deep web crawler, combined with an assistance tool for content curation, e.g., restructuring of learning objects. Our concept includes robust crawling as well as assistance functions such as a semantic search and content recommendations. The system is designed with a modular architecture which makes fine-tuning to future use cases possible. Experimental technical verification results indicate that the system is well suited for domain-specific information retrieval.

Keywords: e-Learning, Search Engine, Information Retrieval, Interoperability, Assistance System

1 Introduction

When creating or editing e-learning content we often try to build upon existing material. To find this content we typically make use of search engines. This also holds true in e-learning, e.g., when students want to find additional information regarding their current learning context. However, this can become tedious in increasingly encountered heterogeneous (e-learning) system landscapes with various interconnected tools. In such environments the content can be located in different technical platforms, each having its own search interface. One solution approach is providing users with a central entry point (portal) which gives access to the different e-learning *Learning Management Systems* (LMS), technically coupled by interoperability standards such as the *Learning Tools Interoperability* (LTI) specification [IMS19]. For these kinds of interconnected systems, the challenge is to provide a search interface to the users (students, teachers, authors) which enables them to quickly find and access distributed content. However, conventional crawling - i.e., classical HTML WWW crawling - is typically hindered by LMS technical barriers like authentication constraints or proprietary data formats. Therefore, special e-learning crawlers are needed which can overcome these issues.

The primary research question of this work concerns interoperability and applicability: how can we utilize e-learning interoperability standards to implement web crawling solutions to compose or re-compose cross-system e-learning? Secondary questions concern the management, data storage and updating of deep links regarding aspects such

¹ Fraunhofer IOSB, Karlsruhe, Germany, alexander.streicher@iosb.fraunhofer.de

as information retrieval, presentation of retrieval results, or their use in recommender systems. The contribution of this work is an innovative concept and realization of an interoperable e-learning search engine called “Findoo” combined with an assistance function for content curation, i.e., the recombination or restructuring of course content. The realized system uses interoperability standards as well as a middleware architecture [KH20] to support heterogeneous system landscapes, and it provides crawlers for LMS deep linking. It has been verified for the LMSs Moodle, ILIAS and OpenEdx.

Various related approaches examined the reuse of e-learning content across system boundaries. El Guemmat and Ouahabi [GO19] identified challenges faced by e-learning search engines, Biletskiy et al. [BWG09] developed web crawlers for e-learning content. Concerning the curating and reuse of learning materials there is ONYA by Cinici and Altun [CA18] and the LMS Oxford by Aldajj and Berri [AB17]. Related approaches for content recommendation were developed by Tarus et al. [Ta17] and Rahman and Abullah [RA18]. So far, we have not found similar work to our LTI-based crawling approach.

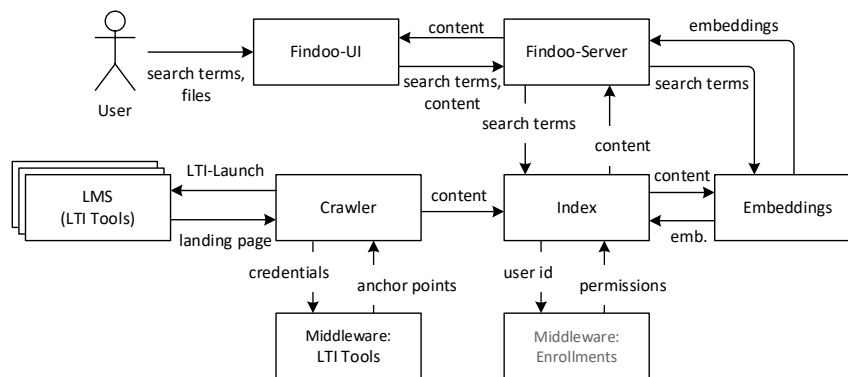


Fig. 1: Components of the proposed semantic search engine, called Findoo. Central are the web-based Findoo-UI, the LTI LMS crawler and the semantically-enriched index.

2 LTI-Deep web Crawler for E-Learning

Our system is implemented as a set of front- and back-end modules (Fig. 1). The front-end modules include a search UI, a course editor, and a recommender system. The modules leverage content that is maintained in an index, filled by a deep web crawler. The term deep web crawler refers to the fact that the websites being crawled are part of the deep web, i.e., they are not accessible by conventional hyperlinking techniques, or they impose an authorization barrier. To access those websites, we make use of the e-learning interoperability standard *Learning Tools Interoperability* (LTI) [IMS19]. LTI is a system-to-system interoperability technology which enables content access by means of deep links which directly reference pieces of content contained in LTI compatible LMS. Thus, LTI authorizes users to access all content published as LTI tools, without the need for additional further authentication mechanisms such as passwords. We identified three user

roles or groups and their respective usage scenarios. The first role concerns learners who use the search functionality to find learning content for a given topic. The second role concerns teachers who use the search engine as part of a course editor to find content that may be appropriate to include in a course. They can additionally leverage a recommender component that suggests content automatically based on the content that is already included in a course. The third role addresses course managers or IT administrators who are responsible for the technical set-up of the crawler.

When considering the requirements of a web crawler for e-learning content one basic insight is that the term e-learning content puts almost no restrictions on the elements under consideration. The content may deal with any subject, it may be fiction or non-fiction and it may go beyond plain text and incorporate static images, videos, or interactive elements such as quizzes or serious games. Developing a web crawler for a given, known webpage is conceptually straightforward. However, when designing crawlers for complex and potentially changing systems containing many pages with unknown content such as LMS several conceptual issues need to be considered. Most of this concerns the robustness of the crawler. Each LMS has its own classes of content blocks, with their own specific implementation of HTML and CSS. This is in line with the classic challenges of robust webpage crawling [ON10], with the additional challenge of frequent changes. Our approach for robust LMS crawling is to define several components that allow for the abstraction of technical details such as CSS that are often unstable (e.g., subject to change, dynamically generated). We also use abstractions to leverage commonalities between multiple LMS by assigning types to pieces of content the web crawler encounters that group the actual content types. For example, Moodle tests and ILIAS quizzes are both mapped to the content type “quiz”. We follow an operational notion of robustness - the algorithm must be stable to small changes and easily adaptable to large changes.

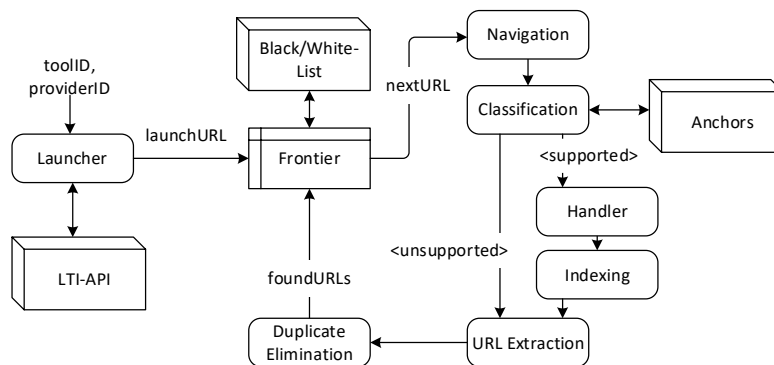


Fig. 2: Crawling process with initial LTI launch and LMS classification strategy.

The crawling process (displayed in Fig. 2) starts with the LTI launch of an initially given LTI deep link. After the corresponding site is opened the underlying LMS-type is determined in a heuristic LMS-classification process by analyzing the LMS HTML code. This classification enables the authorized crawler to use LMS-specific crawling strategies, e.g., blacklists and whitelists of URLs as well as a set of pre-defined, LMS-specific

starting URLs which can be used as starting points for further crawling. Anchors describe a set of criteria that are associated with a certain type of content of an LMS. The simplest and most widely used of these are URL-keyword anchors. Another advantage of this technique is its ease of adaptability. If, for example, the URL changes, the anchors can also be changed without modifying the crawling logic. Architectural invariants of LMS are ideal candidates for anchors. After the LMS classification step, the URL is added to the frontier of the crawler and a loop is started: in each iteration a URL is chosen, the corresponding page is opened and classified. If the content is supported, a type-specific handler is invoked that attempts to index the page and possible sub-pages. This handler invokes the indexing pipeline (Fig. 3) which starts by determining the actual textual content of the page (the body) using a find-body heuristic based on the Mozilla Firefox readability heuristic. Based on this body a near-duplicate detection algorithm is run which makes use of a *Timed Locality Sensitivity Hash* (TLSH) function [OCC13]. The hash value of all indexed bodies is saved and compared to this new body. If it is dissimilar enough to all these values the body will be indexed (including associated data such as meta data, the crawling path and derived values such as keywords or semantic embeddings). Next, a URL extraction step is run, the result set is then checked for duplicates, i.e., against URLs that have already been visited or ones already in the frontier. The new URLs are then added to the frontier. Once content is retrieved and saved in an index we can make use of a wide array of information retrieval techniques as part of a search engine. The current design ranks content as a linear weighted sum (configurable in the user interface) of three components: TFIDF [Ra03], semantic embeddings using BERT [De19], and ontology information from DBPedia [Le15].

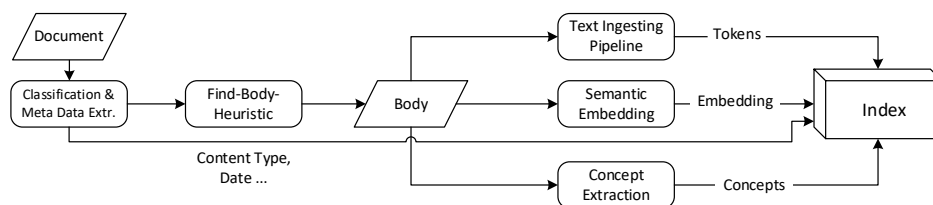


Fig. 3: Indexing pipeline with semantic Natural Language Processing.

3 Search-Assisted Course Editor & Authoring Assistance

As depicted in Fig. 1, the content indexed by the deep web crawler is maintained in a searchable index which can then be used by an assistance system allowing users to interact with e-learning content in an LMS-independent way. Different user groups have different requirements and thus interact with this system in distinct modes. While the keyword-based retrieval functionality is sufficient for students who intend to work with the material, teachers who curate the content to edit or create new courses can make use of additional system features, namely a semantically aware *Common Cartridge* (CC) [IMS15] editor which offers functionality to create and edit CC-compliant course descriptions in two ways: the first is a text editor which offers syntax highlighting and auto-completion of the

underlying XML. The second is a semantically aware graphical editor which translates CC elements and their attributes into a hierarchical tree-format. Here, teachers can move and edit existing elements freely, i.e., recombine and curate courses. The resulting CC XML is updated in real-time, it can be exported and be used in upstream portal solutions, which react dynamically to these edited CC course structures. They can also open any course elements by clicking the corresponding icon which executes an LTI launch of the associated URL.

4 Application

We implemented our deep web crawler concept for the three LMS Moodle, ILIAS and OpenEdx. For the front-end we developed a browser-based application (Fig. 4, [Sc21]). The UI of the standalone search engine allows students to search by free-text keywords and to directly access or open content in the LTI deep-linked LMS. Teachers can use the course curation UI displayed in Fig. 4 (right): the left part displays the course editing area which offers functionality to create and edit Common Cartridge (CC) course descriptions (XML or graphically as tree). The right part shows the content retrieval area. Content can either be searched for by entering keywords into the search engine, like the student interface, or can be retrieved as part of a recommender system. While the technically verified prototype implements all mentioned features, the current approach is limited by the variety of supported LMS, and, an evaluation of acceptance and validity is ongoing.

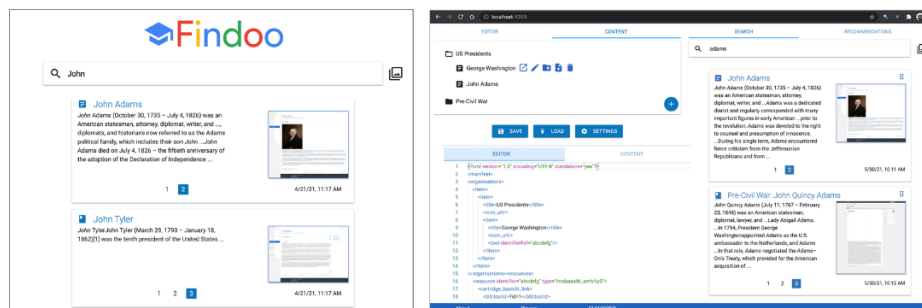


Fig. 4: Findoo search engine user interface (higher resolution in [Sc21]). (Left) It finds all e-learning content accessible by the LTI-enabled crawler. LTI-enabled hyperlinks allow direct access (based on access level). (Right) Course authors can re-arrange content (via drag & drop). The related Common Cartridge is updated dynamically (bottom left).

5 Conclusion & Outlook

Conventional Internet search engines are typically built mainly for the WWW, they cannot index Learning Management Systems (LMS) due to technical barriers, in particular when the LMS are hosted just locally (on-premise). Therefore, special interoperability standard compliant e-learning crawlers are needed. This work outlines the concept and realization

of an interoperable e-learning search engine combined with an assistance function for content curation. The realized system uses interoperability standards as well as a middleware architecture to support heterogeneous system landscapes, and it provides LMS deep linking crawlers. It is still necessary to investigate how privacy requirements, in particular the visibility or availability of learning content as well as legal restrictions can be implemented and, finally, how these requirements affect the architecture and functionality of the web crawler.

Bibliography

- [AB17] Aldajj, N., Berri, J.: E-learning authoring tool for reusing web multimedia resources. In: E-Learning, E-Education & Online Training. Springer, 2017.
- [BWG09] Biletskiy, Y., Wojcenovic, M., Baghi, H.: Focused crawling for downloading learning objects. *Interdisciplinary Journal of E-Learning & Learning Objects* 5(1), 2009.
- [CA18] Çinici, M.A., Altun, A.: Reusable content matters: a learning object authoring tool for smart learning environments. *Smart Learning Environments* 5(1), 10, 2018.
- [De19] Devlin, J., Chang, M.W., Lee, K., Toutanova, K.: BERT: Pre-training of deep bidirectional transformers for language understanding. arXiv:1810.04805, 2019.
- [GO19] El Guemmat, K., Ouahabi, S.: Towards a new educational search engine based on hybrid searching and indexing techniques. *ICSSD, IEEE*, 1–5, 2019.
- [IMS15] IMS: IMS common cartridge specification, 2015.
- [IMS19] IMS: LTI 1.1 implementation guide, 2019.
- [KH20] Krauss, C., Hauswirth, M.: Interoperable Education Infrastructures: A Middleware that Brings Together Adaptive, Social and virtual Learning Technologies. ERCIM, 2020.
- [Le15] Lehmann, J., Isele, R., Jakob, M., et al.: DBpedia – a large-scale, multilingual knowledge base extracted from wikipedia. *Semantic Web* 6(2), 167–195, 2015.
- [OCC13] Oliver, J., Cheng, C., Chen, Y.: TLSH - a locality sensitive hash. 2013 Fourth Cybercrime and Trustworthy Computing Worksho, IEEE, 7–13, 2013.
- [ON10] Olston, C., Najork, M.: Web crawling. *Foundations and Trends in Information Retrieval* 4(3) (2010), <http://www.nowpublishers.com/article/Details/INR-017>, 06/2022.
- [RA18] Rahman, M.M., Abdullah, N.A.: A personalized group-based recommendation approach for web search in e-learning. *IEEE Access* 6, 34166–34178, 2018.
- [Ra03] Ramos, J.: Using TF-IDF to determine word relevance in document queries. *Proc. of the 1st instructional conference on machine learning*. Vol. 242, 2003.
- [Sc21] Schwarz, S.: Interoperable Deep Crawling Suchmaschinen und Assistenzsystem für gekoppelte E-Learning Systemumgebungen. KIT, Fraunhofer IOSB, Karlsruhe, 2021.
- [Ta17] Tarus, J.K., Niu, Z., Yousif, A.: A hybrid knowledge-based recommender system for e-learning based on ontology and sequential pattern mining. *Future Generation Computer Systems* 72, 37–48, 2017.

Performantes xAPI Logging in Moodle

Sven Judel¹, Erik Schnell² und Ulrik Schroeder¹

Abstract: In diesem Beitrag wird ein Plugin für das Lernmanagementsystem Moodle vorgestellt, welches ausgewählte Moodle Events in xAPI Statements überführt und an einen Learning Record Store sendet. Zusätzlich zu den serverseitig generierten Moodle Events können auch clientseitige Handlungen geloggt und überführt werden. So lassen sich Interaktionen mit Videos und interaktiven Lernaktivitäten wie H5P loggen und später analysieren. Das Plugin ist modular gestaltet, sodass nach eigenem Bedarf Überführungen weiterer Moodle oder clientseitiger Events ergänzt bzw. bestehende angepasst werden können. Studierende kontrollieren über eine Schnittstelle, ob ihre Daten, wenn überhaupt, anonym oder pseudonym erhoben werden sollen. Weiterhin wird gezeigt, dass das entwickelte Plugin die Seitenladezeit von Moodle nicht bemerkbar verzögert. Dies ermöglicht das performante Sammeln von Lerndaten einer großen Nutzerzahl mit der Berücksichtigung von Datenschutz- und datenethischen Richtlinien.

Keywords: xAPI, Moodle, Clientseitiges Logging, Learning Analytics

1 Einleitung

Digitales Lehren und Lernen findet nicht immer nur auf einer Plattform statt. Neben Lernmanagementsystemen finden auch eAssessment Systeme oder interaktive Programmierplattformen Verwendung. Das Zusammenführen der Logs aller am Lernprozess beteiligten Systeme erlaubt Learning Analytics plattformübergreifend zu betreiben. Dafür ist ein einheitliches Datenformat förderlich. Konkret wurde sich für xAPI als Datenformat entschieden, da es sich bereits im Bereich Learning Analytics und Educational Data Mining etabliert hat [Eh20] und die Repräsentation verschiedener online und offline (Lern-) Erfahrungen ermöglicht [Ru22]. Der gleiche, aber doch flexible Aufbau (Akteur, Verb, Objekt) der xAPI Statements, erleichtert im Vergleich zum Einarbeiten in die verschiedenen Formate einzelner Plattformen, das Konzeptionieren und Implementieren plattformübergreifender Analysen. xAPI Registries geben IRIs (Internationalized Resource Identifiers) und deren Definition vor um ein einheitliches Verständnis von Statements zu gewährleisten.

Diese Arbeit stellt ein Moodle-Plugin vor, welches beliebige Moodle Events und clientseitige Events in xAPI Statements überführt und an einen Learning Record Store schickt. Im folgenden Abschnitt werden die Anforderungen an das Plugin beschrieben, die beiden bereits bestehenden xAPI Logging Plugins gegen diese verglichen und gezeigt, wieso eine eigene Implementierung notwendig war. Abschnitt drei beschreibt den Prozess

¹ RWTH Aachen, Lehr- und Forschungsgebiet Informatik 9, Ahornstr. 55, 52074 Aachen, {judel, schroeder}@informatik.rwth-aachen.de

² RWTH Aachen, Templergraben 55, 52062 Aachen, erik.schnell@rwth-aachen.de

der Überführung und des Versendens sowie die Maßnahmen um Datenschutz und Datenethik. Der vierte Abschnitt gibt die Ergebnisse der Performanceevaluation wieder, während Abschnitt fünf die Arbeit abschließend zusammenfasst.

2 Anforderungen und existente Lösungen

Die Anforderungen wurden anhand der Ziele eigener Forschungsprojekte, sowie Best-Practices der Softwareentwicklung und in Rücksprache mit Datenschützern und -ethikern erhoben. Dabei war die wichtigste Anforderung die Fähigkeit, beliebige Moodle Events modular in xAPI Statements überführen und an einen Learning Record Store (LRS) schicken zu können. Die IRIs sollen dabei einem einzigen xAPI Registry entnommen werden um die Hürde des Einarbeitens in xAPI Statements zu senken. Zusätzlich zu den Moodle Events sollen auch clientseitige Interaktionen mit z. B. Videos oder interaktiven Lerninhalten wie H5P überführt werden. Dies soll so performant erfolgen, dass die Ladezeiten von Moodle-Seiten nicht merkbar verzögert werden.

Das Überführen soll nicht nach Installation des Plugins in allen Kursen erfolgen, sondern nur in Kursen, für die dies explizit erlaubt wurde (Opt-In). Alle Nutzenden der Moodle-Instanz sollen selbst bestimmen können, ob ihre Interaktionen anonym oder pseudonym überführt werden sollen.

Anforderung	Logstore xAPI	TRAX Logs
Überführung Moodle Events	✓	✓
Nutzung xAPI Registry	Mehrere	Mehrere
Versenden an LRS	✓	✓
LRS Authentifizierung	Name + Passwort	Name + Passwort
Logging clientseitiger Interaktionen	×	(✓)
Kontrolle Pseudonymisierung	Global	Global
Kontrolle des Loggings in Kursen	×	×
Reife (Versionierung)	Stable	Alpha

Tab. 1: Anforderungserfüllung der bestehenden xAPI Logging Plugins

Im Moodle Plugins Directory³ sind zwei Plugins zum Überführen von Events in xAPI Statements gegeben: Logstore xAPI und TRAX Logs. Für diese listet Tabelle 1 auf, welche der Anforderungen wie erfüllt werden. Beide Plugins erlauben das Überführen von Moodle Events in xAPI Statements und das Verschicken dieser an einen beliebigen LRS. Zur Authentifizierung am LRS sind ein Username und ein Passwort anzugeben. Dies stellt

³ <https://moodle.org/plugins/?q=xapi> (Aufgerufen am 14.04.2022)

bereits eine erste Einschränkung dar, da einige LRS, wie z. B. Learning Locker⁴, statt Nutzernamen und Passwörter ein Token zur Authentifizierung nutzen. Dies soll auch vom eingesetzten Plugin unterstützt werden. Des Weiteren nutzen beide Plugins IRIs verschiedener Registries.

In keinem der beiden Plugins ist es möglich einzustellen, in welchen Kursen das Überführen stattfinden oder ob das Logging für einzelne Nutzende anonym, pseudonym oder personalisiert erfolgen soll. Logstore xAPI erlaubt das Einstellen ob Nutzende mit der Moodle Nutzer-ID oder der hinterlegten Email-Adresse identifiziert werden sollen, während TRAX Logs neben diesen beiden Methoden auch das Logging mittels einer UUID (Universally Unique Identifier) erlaubt. Dabei wird für jeden Nutzer eine UUID generiert und diese im Statement eingesetzt. Das Mapping der Moodle Nutzer-ID auf die UUIDs liegt in Moodle selbst, sodass im LRS kein Reverse-Mapping möglich ist. Dennoch besteht gerade in kleinen Kursen die Gefahr, dass trotzdem Nutzer in den Statements wiedererkannt werden können. In beiden Plugins werden die Einstellungen über die Repräsentation der Nutzenden global über die Plugin-Einstellungen getroffen.

Das Loggen clientseitiger Events ermöglicht aktuell nur TRAX Logs. Dies aber nur eingeschränkt, da z. B. für das Loggen von Video-Interaktionen ein weiteres Plugin, Trax Video⁵, benötigt wird [T22]. Während Logstore xAPI als stabil gekennzeichnet ist, befindet sich TRAX Logs aktuell noch in der Alpha-Version. Die Entwickler raten davon ab, dieses für Produktivsysteme zu nutzen. Dies wird u. a. damit begründet, dass signifikante Änderungen, wie z. B. Anpassungen der Statement-Struktur möglich sind [T22].

Beide existenten Logging Plugins erfüllen nur mit umfassenden Anpassungen die genannten Anforderungen. Entsprechend wurde eine eigene Implementierung umgesetzt.

3 Pluginimplementierung

Bei der Implementierung eines eigenen Logging Plugins wurden die Erfahrungen, die aus der Arbeit mit den bestehenden Lösungen gesammelt wurden, mit eingebracht. Der Prozess der Eventverarbeitung, dargestellt in Abbildung 1, ist für alle Logging Plugins der gleiche. Wenn eine Moodle-Seite aufgebaut wird, können Events getriggert werden. Logging Plugins können auf diese Trigger reagieren und die Events verarbeiten. Die bestehenden Plugins sowie die Eigenentwicklung prüfen für jedes Event, ob eine Überführung definiert ist. Diese Überführung können anschließend in einem Puffer zwischengespeichert und durch einen Cronjob versandt werden.

Bei der Eigenentwicklung stehen dem Überführen noch weitere Überprüfungen voran. Als erstes, ob das Logging innerhalb eines Kurses erlaubt ist. Des Weiteren muss ein Kurs, in

⁴ <https://docs.learninglocker.net> (Aufgerufen am 14.04.2022)

⁵ <https://github.com/trax-project/moodle-trax-video> (Aufgerufen am 14.04.2022)

dem geloggt wird, eine Mindestanzahl an Lernenden besitzen. Diese Mindestzahl wird über die Plugin-Einstellungen festgesetzt.



Abb. 1: Überföhrung von Moodle Events in xAPI Statements und Versenden an einen LRS

Dem Moodle-Nutzerprofil wird ein weiteres Feld, *Logging Level*, hinzugefügt. Über dieses Feld können alle Nutzenden einer Moodle-Instanz selbst festlegen, ob ihre Daten anonym oder pseudonym geloggt werden sollen. Beim anonymen Loggen wird der Akteur *anonymous* in das xAPI Statement eingesetzt. Somit ist, verbunden mit einer gut gewählten Mindestanzahl für das Logging, das potentielle Wiedererkennen und Verfolgen von Personen in den xAPI Statements reduziert. Beim pseudonymen Loggen wird ein Pseudonym vergeben und als Name des Akteurs gesetzt. Ist das pseudonyme Loggen ausgewählt, werden auch Events überföhrt, wenn die Mindestanzahl an Teilnehmenden in einem Kurs nicht gegeben ist, damit Lernende dennoch von potentiellen Analysen profitieren können. Personalisiertes Logging z. B. mit Klarnamen aktuell nicht möglich.

Ist die Überföhrung erlaubt, wird geprüft, ob eine Überföhrung definiert ist. Der Fokus des Plugins liegt auf dem Loggen von Interaktionen Lernender. So werden Interaktionen die nicht mit einem Lernprozess verknüpft sind oder nicht von Lernenden ausgeföhrt werden können, wie z. B. das Einsehen einer Forums-Abonnenten-Liste, nicht überföhrt.

Das entstandene xAPI Statement wird in einen Puffer in Form von lokalen Dateien geschrieben. Diese werden vom Cronjob regelmäßig an den LRS geschickt. Das Puffern reduziert die Laufzeit der Eventverarbeitung, da nicht für jedes erstellte Statement auf eine Antwort des LRS gewartet werden muss, was wiederum das Laden einer Moodle-Seite beschleunigt. Sollte es Probleme beim Schreiben in die Datei geben, oder in den Plugin-Einstellungen das Puffern deaktiviert sein, werden alle erstellten xAPI Statements direkt verschickt. Lehnt der LRS eine Menge an Statements ab, wird die Puffer-Datei vom Plugin nicht gelöscht, sondern in einen separaten Ordner verschoben und die Rückmeldung des LRS dort zum Debugging neuer Überföhrungen oder der Anpassung bestehender abgelegt. Der Fehler im Code kann behoben und die zwischengespeicherten Statements angepasst werden. Anschließend kann die Datei in den Ursprungsordner zurückgeschoben werden um bei der nächsten Durchführung des Cronjobs erneut verschickt zu werden.

3.1 Clientseite Logs

Nicht alle Lerninteraktionen werden von Moodle Events abgedeckt. So wird z. B. nur festgehalten, ob Studierende eine Seite mit eingebetteten Videos oder interaktiven Inhalten aufrufen. Ob und wie sie mit den Inhalten interagieren (Wiedergabe beginnen, Wiedergabegeschwindigkeit anpassen, etc.), wird nicht geloggt. Verschiedene Ansätze

solches Logging zu ermöglichen sind mit der Installation weiterer Plugins [T22, K119] oder auch Kosten [V22] verbunden.

Um keine weiteren Plugins voraussetzen und somit Lehrende in der Gestaltung ihres Lernraums nicht einzuschränken, werden mittels der Moodle Event Observer⁶ JavaScript Logging-Module eingebunden. Diese Module prüfen, ob auf einer Seite ein oder mehrere Videos, Audiodateien oder andere interaktive Inhalte eingebunden sind und loggen Interaktionen mit diesen. Im Falle von z. B. YouTube oder H5P Einbindungen werden vordefinierte Module genutzt. Von diesen Interaktionen werden Daten über das Was (Verb), das Objekt und das Wann einer Interaktion via AJAX an das Backend geschickt. Diese asynchrone Kommunikation verhindert Beeinträchtigungen weiterer Interaktionen mit den Inhalten. Das Backend fügt den erhaltenen Daten statische Informationen, wie z. B. den Akteur hinzu und legt das entstandene Statement abschließend im Puffer ab.

4 Performanceevaluation

Alle Überprüfungen und das Überführen selbst sollen die Ladezeit einer Moodle-Seite nicht merkbar verzögern. Je nach ausgeführter Aufgabe bemerken Nutzende Verzögerungen bereits ab 100ms, was sich negativ auf die Wahrnehmung des Systems auswirken kann [DM11]. Das Puffern der xAPI Statements und asynchrone Versenden durch einen Cronjob, was zur Evaluation bei allen xAPI Loggern eingestellt wurde, entlasten die Verarbeitung eines Events beim Aufruf einer Seite. Abbildung 2 gibt ein Beispiel der Auswertung von 150 Kursaufrufen durch 10 parallel zugreifende Clients wieder. Ähnliche Ergebnisse wurden auf verschiedenen Computern für Moodle Versionen 3.9 und aufwärts erzielt. In ersten Pilotphasen mit mehreren tausend Nutzenden wurde nur die Performance der Eigenentwicklung gemessen und ebenfalls ähnliche Werte erzielt.

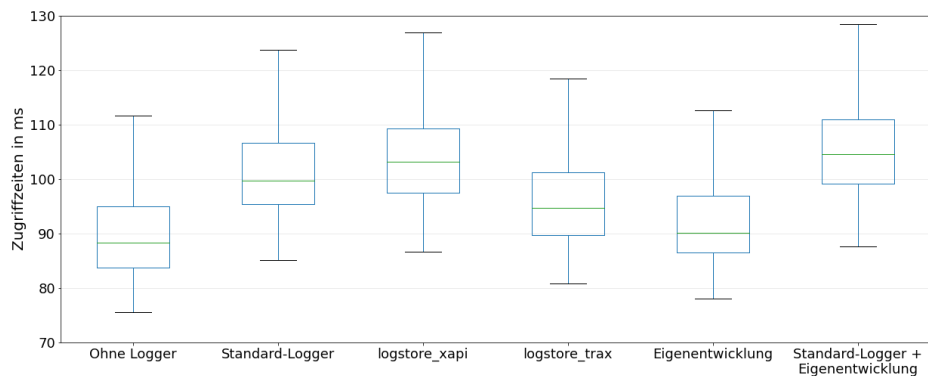


Abb. 2: Performanceevaluation anhand von 150 Kurszugriffen

⁶ https://docs.moodle.org/dev/Events_API#Event_observers (Aufgerufen am 11.04.2022)

Neben den beiden existenten xAPI Loggern und der Eigenentwicklung wurde auch die Performance des Standard-Loggers getestet, um die Ergebnisse der anderen Plugins einordnen zu können. Die Eigenentwicklung verzögert das Seitenladen am wenigsten, wobei kein Logger eine Verzögerung über 19 ms (im langsamsten Testsystem 36 ms) verursacht. Auch das Zusammenspiel vom Standard-Logger und der Eigenentwicklung erhöht die Ladezeit nicht bemerkbar.

Es lässt sich festhalten, dass die Eigenentwicklung alle gestellten Anforderungen erfüllt.



5 Zusammenfassung

Dieser Beitrag stellte die Entwicklung eines Moodle-Plugins zum Überführen von Moodle und clientseitigen Events in xAPI Statements zur Speicherung in einem Learning Record Store vor. Diese Datensammlung erlaubt Logs von Moodle mit denen anderer Systeme zusammenzuführen und plattformübergreifende Learning Analytics durchzuführen. Alle gestellten Anforderungen werden erfüllt. Das Plugin ist modular gestaltet und nutzt IRIs eines einzigen, offenen xAPI Registries sodass Erweiterungen von Plugin und Registry leicht möglich sind. Um Richtlinien von Datenschutz und Datenethik einzuhalten wurde ein Opt-In für das Logging in Kursen umgesetzt und den Nutzenden die Kontrolle über anonymes oder pseudonymes Logging gegeben. Die gute Performance zeigt in kleinen und großen Moodle Instanzen keinen negativen Einfluss auf die Nutzungserfahrung. In Zukunft sollte untersucht werden, ob eine Feineinstellung dieses Logginglevels für einzelne Kurse ermöglicht werden sollte. Dies erfordert die Entwicklung eines weiteren Plugins, da der hier genutzte logstore-Plugintyp keine Entwicklung eines graphischen Interfaces für solche Zwecke erlaubt.

Literaturverzeichnis

- [DM11] Dabrowski, Jin; Munson, Ethan V. 40 Years of searching for the best computer system reponse time. In *Interacting with Computers* 23, 2011.
- [Eh20] Ehlenz, Matthias; Heinemann, Birte; Leonhardt, Thimo, Röpke, René; Luktur, Vlatko; Schroeder, Ulrik. Eine forschungspraktische Perspektive auf xAPI-Registries. In *Die 18. Fachtagung Bildungstechnologien (DELFI)*, 2020.
- [K119] Klein, Yedidia. Moodle Video Directory, In *MoodleMoot Global 2019*, Barcelona, 2019.
- [Ru22] Rustici Software, What is the Experience API, <https://xapi.com/overview>, Stand 11.04.2022.
- [Tr22] Trax Logs for Moodle, Documentation, <https://github.com/trax-project/moodle-trax-logs/blob/master/README.md>, Stand 08.04.2022.
- [Vi22] Video Time, <https://bdecent.de/videotime/>, Stand 11.04.2022.

Strukturierte Erfassung von individuellem Verhalten in Gruppensituationen mit xAPI

Paul Rennecke, Matthias Ehlenz ¹, Birte Heinemann ¹ und Ulrik Schroeder ¹

Abstract: Die systematische Beobachtung von Verhalten und zwischenmenschlicher Interaktion stellt in vielen Bereichen der Bildungslandschaft eine Schlüsselmethode dar. Kooperation, Kollaboration und das soziale Miteinander bei der Lösung von Herausforderungen lässt sich durch Clickstreams und Log-Files nur schwerlich abbilden. Deshalb erfolgt die Beobachtung von Lernenden oft (zusätzlich) durch erfahrene, geschulte Kräfte, die in der Regel vorgefertigte Beobachtungsbögen nutzen und selten digitale Werkzeuge. Die vorgestellte Arbeit ermöglicht die Digitalisierung in diesem Anwendungsfeld einen Schritt voranzubringen. Hierzu wurde eine Webapplikation entwickelt, die die strukturierte Beobachtung von Individuen in Gruppensituationen unterstützt und erweitert. Durch Nutzung von Standards wie xAPI und JSON sind die Barrieren für künftige Integration in bestehende Systeme, sowohl im Bereich Learning Analytics als auch in den Potentialanalysen so gering wie nur möglich. Der modulare, konfigurierbare Ansatz lässt darüber hinaus weitere Anwendungsgebiete wie Videographie von Kollaborationsituationen, das Feedback in Lehrversuchen oder die Beobachtung von Probanden im Labor ohne Programmieraufwand offen.

Keywords: Unterrichtsbeobachtung, xAPI, Potentialanalyse, Collaboration Analytics

1 Einleitung

Ob Produkttest, Bewerbungsgespräche, medizinische Behandlungen oder Prüfungssituationen: In vielen Bereichen spielen Verhaltensbeobachtungen, implizit oder explizit, eine wichtige Rolle. Die Beobachtungen liefern hierbei wichtige Erkenntnisse, die im Anschluss Analysen und Retrospektiven zulassen. So kann später deduziert werden, ob Marketingstrategien aufgehen, Bewerber*innen zur Stelle passen oder therapeutische Maßnahmen erforderlich sind.

Diese Beobachtungssituationen finden dabei häufig in formalen, reproduzierbaren Settings statt: Die Probanden variieren, die Beobachtenden und die Rahmenbedingungen bleiben konstant. Häufig kristallisieren sich hierbei auch Verhaltensmuster ab, die sich über verschiedene Iterationen immer wieder zeigen. Im Sinne der Vergleichbarkeit der Beobachtungsdokumentation kann dieser Prozess durch vorgefertigte Bausteine unterstützt werden. Geschulte Beobachtende, die ihre Notizen handschriftlich anfertigen, haben eigene Systeme und Bausteine entwickelt, in den meisten Fällen geben die Szenarien oder Auftraggebenden vorstrukturierte Protokollbögen mit. Nicht selten ist das

¹ RWTH Aachen, Lerntechnologien, Ahornstr. 55, 52074 Aachen, [nachname]@informatik.rwth-aachen.de, <https://orcid.org/0000-0001-6189-6056>; <https://orcid.org/0000-0002-7568-0704>; <https://orcid.org/0000-0002-5178-8497>

Medium hierfür: Papier, Klemmbrett, Stift. Endgeräte, wie z.B. Tablets stehen zwar teilweise zur Verfügung, es mangelt aber an freier, flexibler Software, die den Prozess wirklich unterstützt ohne dabei erheblichen Zusatzaufwand zu generieren.

Durch die digitale, beobachtungsbegleitende Aufzeichnung lassen sich Ressourcen sparen: Es spart Zeit in der Nachbereitung, erleichtert die Nachvollziehbarkeit und unterstützt die statistische Auswertung. Platz für die (physische) Einlagerung ist nicht nötig, die Logistik bei zentralisierter Auswertung mit dezentralen Beobachtungsräumen ist signifikant vereinfacht. Das gesamte Vorgehen im Beobachtungsprozess wirkt professioneller, kompetenter und effizient. Dieser Beitrag beschreibt die Entwicklung eines entsprechenden Tools, das für einen entsprechenden Anwendungsfall implementiert wurde, dabei aber von Beginn an Erweiterbarkeit, Übertragbarkeit und Nutzung von Standards und Spezifikationen mitbedacht wurden.

2 Potenzialanalysen als evidenzbasiertes Instrument zur Berufsfindung

Die Potenzialanalysen sind ein etabliertes Instrument basierend auf systematischen Beobachtungsprozessen. Daher wird im Folgenden erörtert, was in diesem Kontext unter diesem Begriff verstanden wird und welche Vorarbeiten die hier beschriebene Arbeit beeinflusst haben. Anschließend wird näher auf das Instrument Potenzialanalyse im Allgemeinen und die landesspezifische Ausgestaltung in NRW im Besonderen eingegangen und darauf aufbauend konkrete Ansatzpunkte für die Optimierung dieses Prozesses durch Digitalisierung diskutiert.

Im Gegensatz zum umgangssprachlichen Begriff der Beobachtung, der sich in der Regel auf Alltagsbeobachtungen bezieht, ist die systematische (oder auch strukturierte) Beobachtung kein willkürlicher Prozess [TP19]. Bei der strukturierten Beobachtung handelt es sich um eine Methode zur Datenerhebung, mit der Ereignisse, Prozesse, Merkmale und Verhaltensweisen erfasst, dokumentiert und ausgewertet werden [DB16]. Das eingesetzte Personal ist geschult und greift im inszenierten Beobachtungsraum auf klar definierte Vorgehensweisen und Wertungsskalen zurück. Ein tiefes Verständnis des Beobachtungsthemas ist hierbei nicht erforderlich, da für ein valides Beobachtungsergebnis in der Ersterfassung eine objektive, interpretationsfreie Dokumentation erforderlich ist, um letztendlich eine möglichst hohe Reliabilität des Ergebnisses zu gewährleisten. Der Fokus liegt demnach auf tatsächlich stattfindendem (sozialen) Handeln, Begebenheiten und Abläufen [TP19], Kommunikation und nonverbalen Verhalten wie Mimik und Körpersprache [BH17]. Hierzu ist die Erfahrung der Beobachtenden der wichtigere Schlüssel als inhaltliche Sachkenntnis.

Die Potenzialanalysen für Schülerinnen und Schüler (SuS) sind ein solches Instrument. Sie dienen dem Zweck der Berufsorientierung. Sie können entsprechend als pädagogisches Werkzeug, als Diagnose- und Evaluationsinstrument verstanden werden [BDW17]. Insbesondere der Übergang von der Schule in die nachfolgenden

Bildungswege gestaltet sich für junge Menschen oft schwierig, stellt aber auch gesamtgesellschaftlich eine Herausforderung dar [SB10]. Dementsprechend zahlreich sind auch die vorhandenen Ansätze in Form von Maßnahmen, Konzepten und Angeboten [LGS10], die in ihrer Gesamtheit allerdings als „Maßnahmenschwungel“ [Ri12] wahrgenommen werden und somit bei vielen SuS ihren Zweck verfehlen.

Dies liegt vor allem daran, dass die Zuständigkeiten in diesen Bereichen auf unterschiedlichen Regional-, Landes- und Bundesebenen liegen [BDW17]. Neben der Intransparenz für die Adressaten fehlt es bei der Auswahl der pädagogischen Instrumente häufig an einer wissenschaftlichen Begründung [Br15]. Zwischen der Erhebung empirischer Daten, deren Auswertung und der Entwicklung angepasster Maßnahmen liegt naturgemäß eine gewisse Zeitspanne. Dies hat zur Folge, dass Ergebnisse und Erkenntnisse oft erst veröffentlicht werden, wenn sich die bildungspolitische Agenda bereits geändert hat [BDW17]. Die systematische und regelmäßige Erhebung von Daten und deren Auswertung hat sich im Laufe der letzten Jahre verbessert [Dr13]. Trotzdem gibt es auch hier weiterhin Verbesserungspotenzial, insbesondere mit Blick auf die Vergleichbarkeit der Erkenntnisse, zum Beispiel um durch einheitliche Standards mehr korrelationale Forschung zu ermöglichen. Nur so kann sichergestellt werden, dass bundesweit Chancengleichheit in der Berufsberatung geschaffen wird und flächendeckend hohe Qualitätsstandards eingehalten werden.

Ein typisches Anwendungsfeld, in dem Verhaltensbeobachtungen genutzt werden, sind die Potenzialanalysen bei SuS der 8. Klasse. Hierbei handelt es sich um ein für alle SuS dieser Klassenstufe verbindliches Programm, das in der Regel außerschulisch durchgeführt wird. Das Ziel dieser Potenzialanalysen ist den SuS Feedback über mögliche Berufsperspektiven geben zu können und die Berufsorientierung zu unterstützen. Das Feedback wird anhand von Beobachtungen erstellt, bei denen die SuS Aufgaben aus verschiedenen Bereichen lösen müssen. Als Teil der Bildungskette wird dieses Programm auf Landesebene umgesetzt und organisiert [BMBF21].

In Nordrhein-Westfalen ist es Teil des Landesprogramms mit dem Titel „Kein Abschluss ohne Anschluss (KAoA)“ [MAGS21]. Unter anderem durch die landesspezifische Umsetzung haben sich verschiedene Verfahren zur Potenzialanalyse entwickelt [BMBF22]. Dieses Projekt wurde exemplarisch für eines dieser Verfahren umgesetzt, dessen Durchführung im Auftrag des KAoA vom Träger „Sozialwerk Aachener Christen e.V.“ übernommen wird. Das vom Träger verwendete Verfahren Peakus [IfBk21] stellt damit eine Grundlage für diese Arbeit dar.

Durch eine Digitalisierung des Erfassungsverfahrens lassen sich sowohl Zeit als auch Ressourcen sparen. Vorgefertigte Satzbausteine, die häufig verwendet werden und die Möglichkeit einer Schnellauswahl während der Beobachtungen und anklickbare Skalen mit einer automatischen Vorbewertung können die Prozesse beschleunigen. Oftmals werden Werte zudem mehrfach übertragen, zur Archivierung, weitergehenden Analyse oder Erhebung einer Gesamtstatistik, ein Schritt der durch Nutzung digitaler Tools während der Beobachtung vollständig entfallen kann. Viele typische Fehlerquellen wie

individuelle Handschriften und Übertragungsfehler und verschiebt den Fokus durch Reduktion des Overheads deutlich zugunsten reflektierter Beobachtung.

Zudem bringt die Digitalisierung eine erhebliche Verbesserung der Analysemöglichkeiten des Verhaltens von Individuen und Schülergruppen mit sich. So können Kohortenvergleiche über verschiedene Jahrgänge hinweg, z.B. bzgl. der Veränderung von Softskills, nur mit einer hinreichenden Datenbasis zuverlässig umgesetzt werden.

3 Konzeption

Die hier beschriebene Lösung soll am Anwendungsbeispiel der Potenzialanalysen die Herausforderung der strukturierten Echtzeit-Erfassung von Verhaltensbeobachtungen bildungstechnologisch umsetzen. Da solche Prozesse, wie in der Einleitung beschrieben, in vielen anderen Bereichen Anwendung finden, war ein wichtiges Entwicklungsziel die hinreichende Abstraktion, um zum einen das Anforderungsprofil zu erhalten, zum anderen aber auch eine einfache Übertragbarkeit auf andere Beobachtungskontexte zu ermöglichen. Erreicht wird dies durch den Einsatz moderner Webtechnologien, die kontextbezogene Anpassung durch Konfigurationsdateien im JSON-Format und die Beobachtungserfassung entsprechend der Spezifikation xAPI [RSL22], die sich in diesem Bereich als Standard etabliert hat [Eh20]. Die UI wird dynamisch entsprechend der Konfiguration generiert.

Beim strukturierten Entwicklungsprozess, wurden zunächst Anforderungen gesammelt und darauf aufbauend ein Konzept entwickelt. Die Interviews mit den Beobachter*innen hat die bereits angeführte Argumentation des durch mehrfachen händischen Übertrag gekennzeichneten und dadurch zeitraubenden und fehleranfälligen Prozess bestätigt. So konnte in den Interviews eine große Vielfalt an Vorschlägen zur Verbesserung gesammelt werden. Zusätzlich wurden Lerntechnologien für die technische Gestaltung interviewt, sodass die Schnittstellen auch die Anforderung von Forschenden bedienen können. Darüber hinaus wurden bei der Entwicklung die sechs Qualitätsmerkmale nach ISO/IEC 9126 berücksichtigt. Insbesondere ließen diese sich folgendermaßen auf die gegebene Problemstellung anwenden:

1. Funktionalität
 - Die existierenden Potenzialanalysen-Bögen in Papierform sollen ohne Funktionsverlust übernommen werden können
 - Der Digitalisierungsprozess soll Erleichterungen in der Beobachtung bringen. Zusätzlicher Overhead ist somit zu vermeiden
2. Zuverlässigkeit
 - Stabile Implementierung mit wenigen Abhängigkeiten
 - Lokale Sicherung zum Erhalt der Beobachtungen bei Verbindungsverlust
3. Benutzbarkeit

- Möglichst intuitive und komfortable Nutzung auf verschiedenen Endgeräten mit einem modernen, aber funktional-schlichtes Design
4. Effizienz
 - Unmittelbares Speichern von Beobachtungen
 5. Änderbarkeit
 - Bearbeitbarkeit der Beobachtungsskalen
 6. Übertragbarkeit
 - einfache Anpassbarkeit an andere Beobachtungskontexte

Das Ziel ist eine stabile Open-Source-Webanwendung, mit der Individual- und Gruppenverhalten strukturiert und in Echtzeit dokumentiert werden können. Der prototypische Anwendungskontext sind die Potenzialanalysen, deren Struktur im digitalen Konzept abgebildet werden soll.

Die Struktur der Applikation reflektiert den methodischen Dreischritt *Beobachtung – Bewertung – Erfassung*. Zu den analogen Bögen wurden Tablet-optimierte Äquivalente erzeugt. Der “Mobile First”-Ansatz wird hier insofern umgedeutet, dass zwar die Touchinteraktion im Vordergrund steht, aber hinreichend viel Displayfläche vorausgesetzt wird, um entsprechend dem Beobachtungsalltag wie auf der Papiervariante bis zu vier Beobachtete pro Tablet anzeigen zu können. Neben diesen vier Spalten für die Schulkinder findet sich ein Arbeitsbereich mit einem Vokabular an vordefinierten Verben und Objekten, die situativ um individuelle Begriffe ergänzt werden können. So wird die Beobachtungsannotation beschleunigt, ohne dabei die Umfänglichkeit einzuschränken. Auch die Folgeschritte Bewertung und Erfassung sind touch-optimiert: Die vordefinierten Verben sind mit Bewertungsempfehlungen vorbelegt um die kumulative Beurteilung auf den verschiedenen Skalen zu unterstützen, zudem sind Freitextkommentare möglich. Der Erfassungsbogen erhält die bis dato erfassten Werte und nimmt automatisiert erste Berechnungen wie Mittelwertkalkulationen vor, so dass in der Folge nur noch ein verbales Feedback formuliert werden muss. Die Schnittstelle zur (proprietären) Zertifikatssoftware ist vorbereitet und kann mit geringem Aufwand umgesetzt werden.

4 Prototyp

4.1 Aufbau & Ablauf

Um den Umstieg auf digitale Beobachtung zu erleichtern und das inhaltlich etablierte System beizubehalten, wurde der Prototyp möglichst nah an den Papieräquivalenten der Beobachtungs-, Bewertungs- und Erfassungs-Bögen gestaltet und dennoch an die Zielplattform Tablet angepasst. Insbesondere sind die vier Beobachtungsspalten übernommen worden, während die Vokabular-Ansicht links neu hinzukommt (Abb. 1).

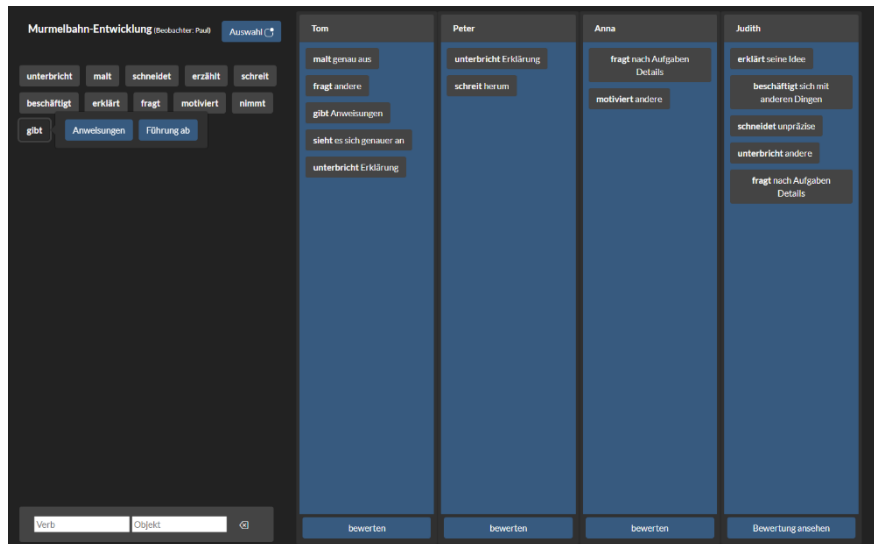


Abb. 1: Beobachtungsansicht

Bei Interaktion mit Verben des Vokabulars öffnet sich eine Auswahl an assoziierten Objekten, so dass Handlungen schnell beobachteten Individuen zugeordnet werden können. Diese Interaktionen werden, Konnektivität vorausgesetzt, an den Learning Record Store gesendet oder vorgehalten, bis eine Verbindung besteht. Neben der Auswahl der vordefinierten Begrifflichkeiten ist es möglich, eigene Verben und Objekte durch die Freitextfelder schnell und einfach hinzuzufügen. Diese stehen anschließend ebenfalls in der Vokabular-Ansicht zur Verfügung.

Das vordefinierte Vokabular wird nicht lokal auf den einzelnen Beobachtungstablets gespeichert: Beim Start der Anwendung werden die Definitionen aus einem zentralen Repository geladen. Durch diesen Mechanismus ist es möglich, das verfügbare Vokabular laufend zu aktualisieren, ohne dafür die Anwendung auf allen Endgeräten updaten zu müssen.

Im Anschluss an die Beobachtungsphase sieht das Protokoll der Potenzialanalysen vor, dass die beobachteten Handlungen der SuS bewertet werden. Während die Papierversion auch hier die Daten der SuS auf einem Bogen zusammenfasst, geht die App an dieser Stelle der Übersichtlichkeit halber sequenziell vor. Da dieser Schritt asynchron erfolgt, besteht kein Risiko, dass Handlungen verpasst oder falsch zugeordnet werden. Vielmehr begünstigt der Fokus auf einzelne Teilnehmende die gewissenhafte Übertragung und vermeidet Fehleingaben. Zudem soll der Schritt der Bewertung möglichst objektiv und absolut stattfinden. Ein Vergleich innerhalb der beobachteten Gruppe ist unerwünscht, andere Beobachtungen auszublenden unterstützt die Objektivität. Ein im Repository vordefiniertes Scoring der Bezeichner unterstützt Konsistenz und Objektivität beizubehalten. Die Beobachtenden haben aber selbstverständlich die Möglichkeit die vorgeschlagenen Werte auf den Skalen auf Basis ihrer Beobachtungen und Erfahrung

anzupassen. Während in der Beobachtungsphase xAPI-Statements unmittelbar generiert werden, um den zeitlichen Verlauf für die Auswertungen zu erhalten, werden in dieser Phase die Datensätze erst beim Abschluss erzeugt, da im Bewertungsprozess erfahrungsgemäß mehrfach Anpassungen vorgenommen werden, deren Endergebnis von entscheidender Relevanz ist.

Die ersten beiden Phasen werden wiederholt durchgeführt, da die beobachteten SuS im Rahmen der Potenzialanalyse mit verschiedenen Aufgaben konfrontiert werden, die entsprechend mit der Konfigurationsdatei importiert werden. In der dritten Phase werden die Bewertungen über die verschiedenen Aufgabenstellungen hinweg für jede beobachtete Person individuell aggregiert und gemeinsam mit eventuell hinzugefügten Freitextkommentaren dargestellt. Auf dieser Basis kann der Beobachtende schließlich einen Feedbacktext formulieren und dem Datensatz hinzufügen.

Sobald der Bewertungsprozess für die erste Person abgeschlossen ist, steht die Export-Funktion zur Verfügung. Die exportierte JSON-Datei enthält alle Beobachtungen und Bewertungen der Session. Sobald alle Bewertungen abgeschlossen sind steht darüber hinaus ein Export im Referenzformat für das proprietäre System des Anbieters der Potenzialanalyse zur Verfügung, so dass alle relevanten Daten dort zur Weiterverarbeitung übernommen werden können.

4.2 Entwicklung des Vokabulars

Damit die Anwendung bei der Beobachtung wirklich effizient eingesetzt werden kann ist ein passendes Vokabular vorgegebener Interaktionen von entscheidender Bedeutung. Neben einer umfassenden, aber dennoch überblickbaren Auswahl an Verben und Objekten ist die Möglichkeit individueller Ergänzungen wichtig. Diese sollen zudem (lokal) vorgehalten und somit in späteren Iterationen wieder zur Verfügung stehen. Der Vorteil der vordefinierten Bezeichner liegt dagegen in der Möglichkeit zur Annotation mit Metadaten, wie Bewertungsvorschlägen zur zweiten Phase und empfohlenen Verb-Objekt-Assoziationen.

Als Grundlage hierfür wurde eine große Anzahl anonymisierter Beobachtungsbögen aus vorherigen Potenzialanalysen herangezogen und der Grundwortschatz basierend auf der Häufigkeit der Verwendung der Verben extrahiert.

Diese wurden dann entsprechend der xAPI-Spezifikation im Sinne von “Hosted Metadata” in einer zentralen Registratur, betrieben durch die Learning Technologies Research Group der RWTH Aachen, mitsamt der erforderlichen Zusatzinformationen hinterlegt. Dazu sind die empfohlenen Vorbewertungen (betroffene Skala und Bewertungstendenz) z.B. im rules-Attribut abgelegt, während empfohlene Objekte zu Verben als Array im choices-Attribut gelistet werden.

Als Beispiel wird im Fall einer Beobachtung “Fiete fragt nach Aufgabendetails” im Bewertungsprozess in der zugehörigen Kategorie “zeigt Interesse, Stolz, Freude” eine hohe Punktzahl vorausgewählt. Sollten mehrere Beobachtungen die Kategorie

beeinflussen wird entsprechend gemittelt. Die gegenwärtigen Gewichtungen stehen bislang auf keiner empirischen Basis, da die Größe des vorliegenden Datensatzes anonymisierter Papierfragebögen nicht ausreicht und reflektiert daher nur die Erfahrungswerte langjähriger Mitarbeitender der Potenzialanalysen, kann aber in Zukunft durch statistische Auswertungen nachgesteuert werden.

Die Beobachtungen werden in einem Learning Record Store erfasst. Aktuell ist hierfür eine Open-Source-Instanz von Learning Locker, gehostet an der RWTH Aachen im Einsatz, grundsätzlich kann aber jeder LRS kompatibel mit der aktuellen xAPI-Spezifikation eingesetzt werden. Neben den minimal erforderlichen Elementen Actor-Verb-Activity (Lerner-Tätigkeit-Objekt) werden zudem Beobachtende und der Aufgabenkontext in sogenannten Extensions mitgespeichert. Auch potenzielle Peer-Feedbackszenarien, gegenwärtig nicht Teil der Anwendung, lassen sich so ebenfalls abbilden.

5 Evaluation

Die Evaluation der Observer-Applikation hat in reduziertem Umfang stattgefunden, da zum Zeitpunkt der Tests aufgrund der Coronapandemie keine normalen Potenzialanalysen in Präsenz stattfinden durften. Der Fokus der Erhebung war die Benutzerfreundlichkeit und die Akzeptanz, insbesondere im Vergleich zur Protokollführung ohne technische Unterstützung. Im Folgenden stellen wir die Vorgehensweise und die Ergebnisse der Evaluation vor.

5.1 Versuchsaufbau

Um die Anwendung trotz der Pandemie evaluieren zu können wurde der Test via Videokonferenz in angepasster Form durchgeführt. Hierfür wurde das Szenario analog zu einer echten Potenzialanalyse erstellt. Als Beobachtungsgruppe diente hier eine Pfadfindergruppe, die ihre wöchentliche Gruppenstunde bereits in den digitalen Raum verlegt hatte und so mit dem Medium vertraut war. Die SuS waren 10-12 Jahre alt, eine informierte Einwilligung der Erziehungsberechtigten zur Datenerfassung im Rahmen des Versuchs ohne anschließende Speicherung war gegeben. Die Hälfte der insgesamt vier Gruppenleitenden waren mit dem Prozess der Potenzialanalyse vertraut, die übrigen kamen durch diesen Testlauf der Webanwendung zum ersten Mal damit in Kontakt, so dass sowohl der Umstieg als auch die Einstiegstauglichkeit der Anwendung qualitativ getestet werden konnte. Die ausführliche Einführung war für alle identisch.

Aufgabe der teilnehmenden Kinder war es aus einer Schnittvorlage ein Osternest zu basteln und ist damit mit einer Konstruktionsaufgabe der Potenzialanalyse vergleichbar, entsprechend wurde dieser Beobachtungsbogen zugrunde gelegt. Jede Gruppenleitung bekam drei bis vier Kinder zur Beobachtung zugeteilt.

Der weitere Ablauf entsprach dem realen Prozess der Potenzialanalyse: Erklärung der Aufgabenstellung, eigenständige Bearbeitung, anschließend Bewertung, Speicherung und Export der Datensätze. Die Beobachtenden waren aufgefordert alle Probleme, Unverständlichkeiten und Verbesserungsvorschläge unmittelbar zu notieren oder melden. Nach Abschluss der Gruppenstunde wurde das qualitative Feedback der Beobachtenden in Form eines offenen Fokusgruppeninterviews eingeholt. Insbesondere die Potenzialanalyseerfahrenen waren dabei auch explizit aufgefordert, Vergleiche zum bekannten, analogen System zu ziehen.

5.2 Auswertung

Im Testlauf zeigten sich keine Schwierigkeiten, die den Ablauf wesentlich beeinträchtigt hätten. Aufgabenauswahl, die Zuordnung der beteiligten Personen sowie Beobachtung, Bewertung und Export funktionierten bei allen Probandinnen und Probanden reibungslos. Ein Abgleich zwischen den Daten im Learning Record Store und den lokalen JSON-Exporten zeigt keinerlei Diskrepanzen und somit vollständige Integrität der Datenerfassung.

Das Feedback der Beobachtenden war einstimmig positiv, kleinere Fehler und Verbesserungsvorschläge wurden aufgenommen und umgesetzt. So wird nun nach Bestätigung einer Bewertung wieder die Protokollübersicht gezeigt, Tastaturunterstützung hinzugefügt und Abweichungen der Darstellung in verschiedenen Browsern korrigiert.

Zusätzlich zur qualitativen Erhebung wurde von den Teilnehmenden ein Fragebogen in Anlehnung an die System Usability Scale (SUS) [Br96] ausgefüllt. Aufgrund des geringen Stichprobenumfangs ist das Ergebnis nicht repräsentativ, deutet aber bereits auf eine insgesamt sehr gute Benutzbarkeit hin. Abb. 2 zeigt die Fragen und Ergebnisse der Auswertung. Die Skala entspricht hierbei einer fünfstufigen Likert-Skala von “Stimme überhaupt nicht zu” (0) bis hin zu “Stimme voll und ganz zu” (4). Entsprechend dem originalen SUS sind die Fragen hierbei alternierend positiv und negativ formuliert.

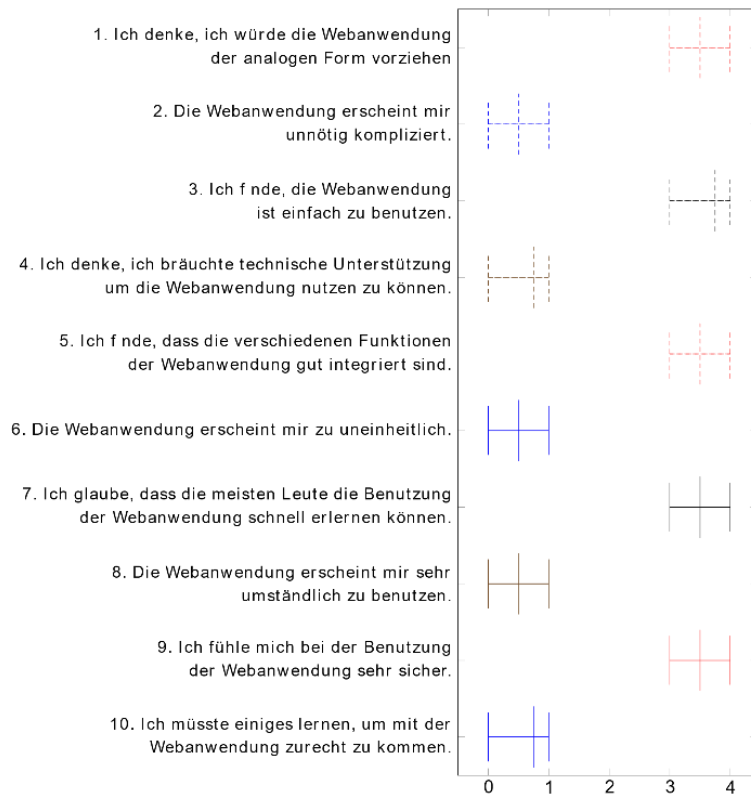


Abb. 2: 10 Fragen des System Usability Scale mit Auswertung der Bewertungen als Boxplot (Minimum, Mittelwert, Maximum), Quantile entsprechen den Extrema

Zur Auswertung werden alle Fragen entsprechend positiv normiert, die Scores aufsummiert und durch Multiplikation mit dem Faktor 2,5 auf einen Skalenbereich mit maximal 100 Punkten gebracht. Entsprechend [BKM08] gilt die Benutzerfreundlichkeit ab 85 Punkten als exzellent, erreicht wurde ein Score von 89,375. Trotz dieses sehr guten Ergebnisses besteht Verbesserungspotenzial. Aus den Antworten lässt sich ableiten, dass insbesondere eine strukturierte Einführung in die Benutzeroberfläche, beispielsweise in Form einer Guided Tour oder einer Tutorial-Ansicht die Eingewöhnung deutlich erleichtern würde. Die Abstriche aus Frage 5 und 6 wurden im Dialog mit den Teilnehmenden identifiziert und bereits verbessert.

Insgesamt bestätigt der Testlauf die Praxistauglichkeit der implementierten Applikation. Durch den Feldtest mit einer Gruppe Freiwilliger, der bestätigten Benutzbarkeit durch erfahrene Beobachtende und die gründlich überprüfte Konsistenz und Zuverlässigkeit der Datenerhebung, kann die Webanwendung guten Gewissens für den Einsatz in

Potenzialanalysen bereitgestellt werden, sobald die Rahmenbedingungen dies wieder zulassen.

6 Zusammenfassung, Ausblick

Die Evaluation bestätigt das Potenzial der Applikation, ein Prototyp, der sich leicht auf andere Beobachtungssituationen und –kontexte übertragen lässt.

Die Nutzer haben die für die Tablet-Nutzung optimierte Applikation positiv bewertet und haben von einer Erleichterung ihrer Beobachtungsaufgabe berichtet. Diese Erleichterung konnte auch durch die positive Bewertung mit dem “System Usability Scale” formal bestätigt werden, wenn auch bislang nur in kleinem Maßstab. Durch die Verwendung etablierter Datenstandards und modularer Schnittstellen können die Ergebnisse dieser Arbeit nicht nur im Bereich der Potenzialanalysen genutzt werden. So kann auch eine Echtzeitbeobachtung in anderen Kontexten mit der Applikation vereinfacht werden, z.B. in der Forschung zu kollaborativen Lernsituation.

Die technischen Grundlagen können außerdem für eine nachträgliche Annotation genutzt werden, eine konkrete Anwendung, die bereits umgesetzt wurde ist ein xAPI-Videoannotator [He22]. Die nächsten Schritte können in die verschiedenen Richtungen geschehen, zum Beispiel durch eine Erweiterung auf die Unterstützung anderer Potenzialanalyseverfahren weiterer Anbieter. Die Erweiterung der erfassbaren Metadaten kann die Auswertungsmöglichkeiten ausweiten und die Übertragbarkeit auf andere Forschungsfragen ermöglichen.

Zusammenfassend lässt sich schließen, dass die vorgestellte Applikation über die Potenzialanalysen hinaus eine Möglichkeit darstellt, Lernsituationen mit Learning Analytics anzureichern, die (noch) schwierig durch eine automatisierte Datensammlung geschehen können und das geschulte Auge menschlicher Beobachter voraussetzen. Die entwickelte Software steht quelloffen zur Verfügung².



Literaturverzeichnis

- [BDW17] Brüggemann, T.; Driesel-Lange, K.; Weyer, C. Hrsg.: Instrumente zur Berufsorientierung: pädagogische Praxis im wissenschaftlichen Diskurs. Waxmann, Münster New York, 2017.
- [BH17] Baur, N.; Hering, L.: Die Kombination von ethnografischer Beobachtung und standardisierter Befragung. KZfSS Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie 2/69, S. 387–414, 2017.

² <https://gitlab.com/learntech-rwth/public/xapi-observation-app>

- [BKM08] Bangor, A.; Kortum, P. T.; Miller, J. T.: An Empirical Evaluation of the System Usability Scale. *International Journal of Human–Computer Interaction* 6/24, S. 574–594, 2008.
- [BMBF21] Bundesministerium für Bildung und Forschung: Bildungskette, <https://www.bildungsketten.de/>, 2021.
- [BMBF22] Bundesministerium für Bildung und Forschung: Allgemeine Informationen zur Potenzialanalyse, <https://www.berufsorientierungsprogramm.de/de/allgemeine-informationen-1705.html>, 2022.
- [Br96] Brooke, J.: SUS: A 'Quick and Dirty' Usability. Taylor and Francis, London, 1996.
- [Br15] Brüggemann, T.: Betriebliche Berufsorientierung. In (Brüggemann, T.; Deuer, E. Hrsg.): *Berufsorientierung aus Unternehmenssicht. Fachkräfterekrutierung am Übergang Schule - Beruf*. Bertelsmann, Bielefeld, S. 17–23, 2015.
- [DB16] Döring, N.; Bortz, J.: *Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2016.
- [Dr13] Driesel-Lange, K. et al.: Das Thüringer Berufsorientierungsmodell: Charakteristika und Bewährung. In (Brüggemann, T.; Rahn, S. Hrsg.): *Berufsorientierung. Ein Lehr- und Arbeitsbuch*. Waxmann, Münster u.a., S. 281–297, 2013.
- [Eh20] Ehlenz, M.; Heinemann, B.; Leonhardt, T.; Röpke, R.; Lukarov, V.; Schroeder, U.: Eine forschungspraktische Perspektive auf xAPI-Registries. *DELFI 2020 – Die 18. Fachtagung Bildungstechnologien der Gesellschaft für Informatik e.V.*, 2020.
- [He22] Heinemann, B.; Doveren, J.; Usman, M.; Schroeder, U.: Combining Learning Analytics in remote and virtual lab-based learning with real lab experiences with xAPI video annotation. *LAK22 - The 12th International Conference on Learning Analytics & Knowledge*, 2022.
- [IfBK21] IfBk GmbH & Co. KG – Institut für Bildungskooperation, “Peakus.” <https://www.ifbk-online.de/>, (zugegriffen 12.04.2021).
- [LGS10] Lippegau-Grünau, P.; Stolz I.: Handreichung zur Durchführung von Potenzialanalysen im Berufsorientierungsprogramm (BOP) des BMBF. *Berichte und Materialien* 19, S. 1-40, 2010.
- [MAGS21] Ministerium für Arbeit, Gesundheit und Soziales des Landes Nordrhein-Westfalen: Kein Abschluss ohne Anschluss, <https://www.mags.nrw/uebergang-schule-beruf-startseite>, 2021.
- [Ri12] Richter, U. Hrsg.: *Verbesserung der schulischen Vorbereitung auf die Übergänge in die Ausbildung: Datengrundlagen*. Deutsches Jugendinstitut, München, 2012.
- [RSL22] Rustici Software LLC: What is xAPI (the Experience API), <https://xapi.com>, 2022.
- [SB10] Sauer-Schiffer, U.; Brüggemann, T. Hrsg.: *Der Übergang Schule - Beruf: Beratung als pädagogische Intervention*. Waxmann, Münster München Berlin, 2010.
- [TP19] Thierbach, C.; Petschick, G.: Beobachtung. In (Baur, N.; Blasius, J. Hrsg.): *Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung*. Springer Fachmedien, Wiesbaden, S. 1165–1181, 2019.

Das VR-Labor-Klassenzimmer zur Professionalisierung von Lehramtsstudierenden der Chemie

Axel Wiepke ¹, Christina Hildebrandt², Noemi Hagen², Anita Susann Krüger¹, Ulrike Lucke ¹ und Amitabh Banerji²

Abstract: Im Chemieunterricht können Situationen mit erhöhtem Gefahrenpotential entstehen. Daher ist es wichtig, Lehramtsstudierenden Gelegenheiten zu bieten, um sich auf solche Situationen vorzubereiten, ohne sich selbst oder die Lernenden in gefährliche Situationen zu bringen. Die Trainingsumgebung *VR-Labor-Klassenzimmer* bietet hierfür eine sichere Möglichkeit, um mit virtuellen Schülerinnen und Schülern ein Experiment mit dem Gasbrenner durchzuführen. Dieser Kurzbeitrag leitet relevante fach- und mediendidaktische Konzepte ab und beschreibt die entworfene Umsetzung in der Virtual Reality (VR). Dies umfasst einen teilautomatisierten Unterrichtsablauf auf Grundlage einer Baumstruktur, haptische Elemente der VR-Umgebung in Form der Möblierung sowie aus der Unterrichtspraxis abgeleitete, typische Verhaltensweisen der virtuellen Schülerinnen und Schüler. Der Beitrag stellt die Ergebnisse einer Pilotstudie vor und gibt einen Ausblick auf noch ausstehende Arbeiten.

Keywords: Virtual Reality, Chemiedidaktik, Simulation, Klassenzimmer

1 Training im Umgang mit fachspezifischen Störungen

Ein Teil der Lehramtsausbildung ist die Vermittlung von Strategien zum Umgang mit Störungen im Unterricht. Im Chemieunterricht können neben allgemeinen Störungen des Unterrichtsablaufs auch fachspezifische Störungen wie Verstöße gegen die Sicherheitsregeln, unsachgemäße Nutzung von Unterrichtsmaterialien sowie Notsituationen auftreten [Ru17]. Um deklaratives und prozedurales Wissen aus Studium und Anwendung zu verknüpfen, kann die reale Unterrichtssituation nicht genutzt werden, d. h. es müssen andere Lerngelegenheiten angeboten werden. Die Nachstellung von Chemie-spezifischen Unterrichtsstörungen mit Schülerinnen und Schülern (SuS) für Übungszwecke ist aus mehreren Gründen sehr problematisch.

Die Möglichkeit einer realistischen Trainingssituation in Virtual Reality (VR) wurde u. a. bereits in Medizin [KH21], Psychotherapie [ED22] und Berufsausbildung [MS21] genutzt. Auch der Lehrberuf wurde bereits durch virtuelle Elemente erweitert, z. B. in Form einer virtuellen Klassenraum-Simulationen [KA21], mit Rhetoriktrainings [KGE21]

¹ Universität Potsdam, Institut für Informatik & Computational Science, An der Bahn 2, 14476 Potsdam, vorname.nachname@uni-potsdam.de, <https://orcid.org/0000-0002-0555-4040> | 0000-0003-4049-8088

² Universität Potsdam, Institut für Chemie, Karl-Liebknecht-Str. 24-25, 14476 Potsdam, vorname.nachname@uni-potsdam.de

oder 360° Videos [KFZ21]. VR-Technologie mit allen 6 Freiheitsgraden wurde bisher selten für das Lehramt genutzt [LL16] und bietet nun erstmalig fachspezifischen Kontext für den Chemieunterricht. Die Mehrheit der chemiedidaktischen Arbeiten mit VR-Bezug untersucht deklaratives Wissen im Kontext von (3D-)Repräsentation der Teilchenebene (Atome, Moleküle) oder prozedurales Wissen im Kontext von interaktiven, virtuellen Chemielaboren [FFV22]. Letztere fokussieren dabei nicht nur die Vermittlung laborpraktischer Fähigkeiten [Wi22], sondern auch die Sicherheit im Chemielabor für Trainingszwecke [Po21]. Diese Angebote richten sich allerdings an Lernende im Rahmen der fachlichen Ausbildung. Für die chemiedidaktische Ausbildung von Lehrenden fehlen bisweilen VR-Szenarien, in welchen der Nutzer mit virtuellen Schülerinnen und Schülern (vSuS) im Kontext von Chemieunterricht interagieren kann.

In diesem Beitrag wird eine Erweiterung des *VR-Klassenzimmers* [WR19] um eine Chemie-Labor-Komponente beschrieben, die es angehenden Lehrenden ermöglicht, herausfordernde Situationen im Experimentalunterricht mit vSuS zu erproben. Dafür wird der grundsätzliche Aufbau der Anwendung beschrieben, die technischen Neuerungen beleuchtet und anschließend erste Ergebnisse einer Pilotstudie diskutiert. Zuerst wird das Anwendungsfeld in der Chemie beschrieben.

2 Das VR-Labor-Klassenzimmer

Es wurde eine Erweiterung des VR-Klassenzimmers um fachspezifische Störungen im Chemieunterricht erstellt. Exemplarisch wurde das Szenario des Gasbrenner-Führerscheins umgesetzt, in dem Verstöße gegen Sicherheitsregeln, nicht sachgemäßer Umgang mit Materialien und psychische Barrieren erfahrbar gemacht wurden. Die Handhabung des Gasbrenners ist grundlegender Inhalt von Rahmenlehrplänen der Chemie und für die Erkenntnisgewinnung (Kompetenzerweiterung) in naturwissenschaftlichen Untersuchungen zentral (in Sekundarstufe I und II). Durch die Zusammenarbeit mit erfahrenen Lehrkräften der Chemie wurden für dieses Szenario real auftretende Störungen gesammelt, kategorisiert und priorisiert. Ausgewählte Verhaltensweisen wurden dann virtualisiert und in einem Baum strukturiert. Das VR-Szenario ermöglicht es den Lehramts-Studierenden, die Störungen wahrzunehmen und zu erfahren und dies zu wiederholen. So können Handlungsstrategien entwickelt werden. Dabei wird das moralisch-rechtliche Dilemma, mit SuS Störungen zu simulieren, erstmals weitgehend aufgelöst.

Neben den Verhaltensweisen wurden Verläufe der Experimentierphasen modelliert, um teilautomatisierte Abläufe zu ermöglichen. Dies macht die Anwendung zum einen bedienfreundlicher und zum anderen bietet es eine Plattform für die Professionsforschung, da Unterrichtsverläufe in der VR hoch standardisierbar sind.

Verhaltensweisen, Stimmen und Charaktermodelle der vSuS wurden möglichst realitätsnah modelliert. Dadurch ist eine Übertragbarkeit der trainierten Kompetenzen in die Praxis erwartbar. Für fachspezifische Störungen (Gefährdung durch Verbrennungen, Siedeverzüge, Stichflammen, etc.), die eine zeitkritische Komponente enthalten, sind die

Laufwege durch das Klassenzimmer von zentraler Relevanz. Um diese Komponente realistisch abzubilden, wurde der VR-Raum an physische Gegebenheiten angepasst. Es wurde eine Tischordnung in einem physischen Raum gewählt, die in die VR übertragen werden konnte (Abb. 1). Daher musste die VR-Umgebung auch einem 1:1-Maßstab des physischen Raums gerecht werden, um reale Bewegungen maßstabsgetreu zu virtualisieren. Das Ergebnis ist eine neuartige VR mit haptischen Elementen, da Tische und Wände berührt werden können. Dadurch wird der komplette, virtuelle Raum auch ohne Teleportation begehbar.



Abb. 1: Die Tischanordnung im physischen Raum (links) wurde auf die VR-Umgebung (rechts) übertragen.

Um den Umgang mit fachspezifischen Störungen zu trainieren, wurde im Projekt basierend auf einem Arbeitsauftrag ein Szenario entworfen, bei dem die Nutzung des Gasbrenners zentral ist. Dabei lautet der Arbeitsauftrag: „Erhitze die Salzlösung im Reagenzglas bis zur vollständigen Verdampfung des Wassers, führe das Experiment unter Beachtung der notwendigen Sicherheitsregeln und Bedienung des Gasbrenners durch.“ Nachdem die Lehrkraft den Auftrag gibt, werden Verhaltensweisen der vSuS auf Grundlage des Strukturbaums ausgelöst. Im Verlauf ohne Störungen setzen sich dabei die vSuS Schutzbrillen auf, entzünden den Gasbrenner fachgerecht erst mit leuchtender und dann durch das Öffnen der Luftzufuhr mit rauschender Flamme. Mit dieser erhitzen die vSuS eine Kochsalzlösung in einem Reagenzglas mit Hilfe eines Reagenzglashalters, löschen fachgerecht den Gasbrenner nach vollständiger Verdampfung des Wassers und bringen alle Materialien in deren Ausgangsposition zurück. Mögliche Störungen des Idealverlaufs sind: fehlende Schutzbrillen, falsches Entzünden des Gasbrenners, Angst vor dem Brenner, Erzeugung einer Stichflamme, Erhitzen der Lösung mit leuchtender Flamme und das Orientieren der Reagenzglasöffnung auf andere vSuS.

Die Verhaltensweisen der vSuS und der Verlauf des Strukturbaums wurden basierend auf Praxisbeispielen modelliert. Dabei wurde darauf geachtet, dass zu verschiedenen Störungstypen jeweils wenigstens eine Störung aufgenommen wurde (z. B. Sicherheitsvorkehrungen - fehlende Schutzbrille; unsachgemäße Bedienung - Erzeugung einer Stichflamme; usw.) und die Häufigkeit des Auftretens zu der im realem Unterricht ähnlich ist. Für die Räumlichkeiten des *VR-Labor-Klassenzimmers* wurde ein Aufbau gewählt, der sowohl in einer Schule erwartbar ist als auch in gegebenen Räumlichkeiten umsetzbar war. Aus diesen Anforderungen wurde ein Raum mit drei Tischreihen und

sechs Gasbrennern abgeleitet. Weiterhin wurden Einschränkungen in Kauf genommen, die einen höheren Entwicklungsbedarf als didaktischen Nutzen mit sich gebracht hätten, wie die Nutzung von Laborkitteln oder das Experimentieren im Stehen. Die kleine Lerngruppe mit 12 vSuS begründet sich über die gegebene Räumlichkeit, ließe sich aber mit anderen Räumlichkeiten für zukünftige Versionen aufwandsarm erweitern.

Als eine weitere zentrale Komponente für das Immersionserleben in VR-Umgebungen gilt eine authentische auditive Wahrnehmung [KT18]. Daher wurden für das Projekt sowohl Geräusche des Experiments (u. a. rauschende Brennerflamme, Auskristallisieren des Salzes) aufgenommen als auch SuS-Antworten durch studentische Hilfskräfte eingesprochen und in das *VR-Labor-Klassenzimmer* eingebettet.

3 Erfahrungen aus der Pilotstudie

Eine belastbare Evaluation zur Kompetenzentwicklung der Nutzenden wurde durch die pandemische Situation erschwert und steht noch aus. An dieser Stelle präsentieren wir die Ergebnisse der Pilotierung mit dem ersten Probanden im Sinne einer Fallstudie.

Der Proband befand sich zum Zeitpunkt der Untersuchung im fünften Semester des Bachelor of Education Chemie und absolvierte eine Lehrveranstaltung, in welcher die Studierenden erste eigene Unterrichtserfahrungen an Schulen sammeln. Der Proband hatte (passend zum VR-Szenario) einen Experimentalunterricht zur Einführung des Gasbrenners in einer 8. Klasse geplant und besuchte eine Woche vor dem realen Unterricht das *VR-Labor-Klassenzimmer*. In einer Vorab-Befragung³ sollte der Proband seinen geplanten Unterricht kurz skizzieren. Folgend gab es eine dreiminütige Einweisung in die VR-Technologie mit einer Oculus Quest, was auch der erste Kontakt des Probanden mit solch einer Technologie war. Dann wurde dem Probanden der Arbeitsauftrag vorgelesen und der implementierte Strukturbaum gestartet. Nach der Durchführung folgte ein zweites Interview zur Reflexion des VR-Erlebnisses.

Die vom Studierenden geplante Unterrichtsstunde zeigte Gemeinsamkeiten und Unterschiede zur Unterrichtsszene im *VR-Labor-Klassenzimmer*. Der Proband gewöhnte sich schnell an die VR-Umgebung und konnte sich darin gut orientieren. Das Vorlesen des Arbeitsauftrages erwies sich als sinnvoll, da somit ein klarer Übergang von der Orientierungs- in die Handlungsphase gegeben war. Der Proband zeigte keine Berührungängste und interagierte sicher und gezielt mit den vSuS. Auf die meisten Unterrichtsstörungen ging der Proband ein. Nach ca. 10 min. wurde die Erfahrung im VR-Raum beendet. In der anschließenden Reflexion beschrieb der Proband die Erlebnisse im *VR-Labor-Klassenzimmer* als “wie in echt” und bewertete “Erfahrbarkeit und Wiederholbarkeit” als sehr positiv. Seine Rückmeldungen beinhalteten: “Ich war in der Unterrichtssituation, sobald ich die Brille aufgesetzt habe” und “Ich konnte nicht mehr trennen, was um mich herum oder in der VR passiert”.

³ Leitfragebogen der Vorab-Befragung: <https://doi.org/10.5281/zenodo.6624311>

Die Ergebnisse sprechen für den immersiven Charakter des Projekts. Des Weiteren wurden Verhaltensweisen reflektiert, die anders geplant waren (z. B. “Das Überblicken der Klasse von vorn” vs. “Als ich nur noch die Rücken der Schüler sah [...]”). Die kurze Kennenlernphase spricht für eine intuitive Steuerung der Umgebung. Die Fallstudie stützt die Annahme, dass das VR-Labor-Klassenzimmer Studierende auf den Umgang mit fachspezifischen Störungen während der Leitung experimenteller Unterrichtsphasen unterstützen kann. Die gewonnenen Hypothesen sind in einer breiteren Studie quantitativ zu überprüfen.

4 Fazit und Ausblick

In der Lehramtsausbildung Chemie ist ein Training praktischer Unterrichtsphasen u.a. im Umgang mit Gefahrstoffen ein wichtiger Schwerpunkt und auch im Vergleich mit anderen Fächern ein Alleinstellungsmerkmal, das besonderer Beachtung und Schulung bedarf. Der erste “studentische Blick” auf das entwickelte VR-Labor-Klassenzimmer war von Reflexion und Präsenz in der VR geprägt, wodurch die neue Lernumgebung als vielversprechend für die Professionalisierung von (Chemie-)Lehramtsstudierenden erscheint. Einschränkend sei aber erwähnt, dass es sich um einzelne Rückmeldungen aus einer Fallstudie handelt. Eine reliable Untersuchung steht noch aus.

Es ist geplant, das Projekt in der Lehre begleitend zu den schulpraktischen Übungen in der Chemiedidaktik einzusetzen. Die Erprobung bildet eine vielversprechende Basis für weitere Untersuchungen in der Professionsforschung und für eine curriculare Einbindung. Zudem kann das Projekt in weiteren naturwissenschaftlichen Fachdisziplinen weiterentwickelt werden, da die Projektergebnisse einen Modellcharakter haben. Bei der Verstetigung muss zum derzeitigen Stand auf eine didaktische Verortung geachtet werden, da Aufgabenstellungen für die VR und manuelle Steuerung der vSuS einen hohen Mehrwert in Reflexion und Präsenz der Studierenden erwarten lassen. Das Projekt steht quelloffen zur Verfügung und wird beständig weiterentwickelt.





Danksagung

Teile der hier beschriebenen Arbeiten wurden von der Universität Potsdam als “Innovatives Lehrprojekt” in der Kohorte 2021/22 gefördert.

Literaturverzeichnis

- [ED22] Erlenwein, J.; Diers, M.; Ernst, J.; Schulz, F.; Petzke, F.: Clinical updates on phantom limb pain: German version. *Schmerz (Berlin, Germany)*, 2022.
- [FFV22] Fombona-Pascual, A.; Fombona, J.; Vázquez-Cano, E.: VR in chemistry, a review of scientific research on advanced atomic/molecular visualization, *Chem. Educ. Res. Pract.*, 23, 300-312, 2022.
- [KA21] Kelleci, Ö.; Aksoy, N. C.: Using game-based virtual classroom simulation in teacher training: User experience research. *Simulation & Gaming*, 52(2), 204-225, 2021.
- [KT18] Koskela, O.; Tuuri, K.: Investigating metaphors of musical involvement: Immersion, flow, interaction and incorporation. In *Proceedings of the Audio Mostly 2018 on Sound in Immersion and Emotion*, 1-8, 2018.
- [KFZ21] Kosko, K. W.; Ferdig, R. E.; Zolfaghari, M.: Preservice teachers' professional noticing when viewing standard and 360 video. *Journal of Teacher Education*, 72(3), 284-297, 2021.
- [KGE21] Kryston, K.; Goble, H.; Eden, A.: Incorporating Virtual Reality training in an introductory public speaking course. *Journal of Communication Pedagogy*, 4, 133-151, 2021.
- [KH21] Kuhn, S.; Huettl, F.; Deutsch, K.; Kirchgässner, E.; Huber, T.; Kneist, W.: Chirurgische Ausbildung im digitalen Zeitalter–Virtual Reality, Augmented Reality und Robotik im Medizinstudium. *Zentralblatt für Chirurgie-Zeitschrift für Allgemeine, Viszeral-, Thorax-und Gefäßchirurgie*, 146(01), 37-43, 2021.
- [LL16] Latoschik, M. E.; Lugrin, J. L.; Habel, M.; Roth, D.; Seufert, C.; Grafe, S.: Breaking bad behaviour: Immersive training of classroom management. In *Proceedings of the 22nd ACM Conference on Virtual Reality Software and Technology*, 317-318, 2016.
- [MS21] Mulders, M.; Schmitz, A.; Weise, M.; Zender, R.: Evaluierung einer VR-Lackierwerkstatt im agilen Projektvorgehen. In (Kienle, A., Harrer, A., Haake, J. M. & Lingnau, A. Hrsg.): *DELFI 2021*. Bonn: GI, 73-78, 2021.
- [Po21] Poyade, M.; Eaglesham, C.; Trench, J.; Reid, M.: A Transferable Psychological Evaluation of Virtual Reality Applied to Safety Training in Chemical Manufacturing, *ACS Chem. Health & Safety*, 28, 55-65, 2021
- [Ru17] Ruppertsberg, K.: Do's and Dont's des Experimentierens im Klassenverband. Classroom management im Experimentalunterricht, Naturwissenschaften im Unterricht - Chemie, 28 (158), 47-48, 2017.
- [Wi22] Williams, N. D.; Gallardo-Williams, M. T.; Griffith, E. H.; Lowery Bretz, S.: Investigating Meaningful Learning in Virtual Reality Organic Chemistry Laboratories, *J. Chem. Educ.*, 99, 2, 1100-1105, 2022.
- [WR19] Wiepke, A., Richter, E., Zender, R. & Richter, D.: Einsatz von Virtual Reality zum Aufbau von Klassenmanagement-Kompetenzen im Lehramtsstudium. In (Pinkwart, N. & Konert, J. Hrsg.): *DELFI 2019*. Bonn: GI, 133-144, 2019.

Interaktive Landkarten als ein Lernwerkzeug zur ethischen Exploration und Reflexion in Konstruktionsprozessen

Ulrike Lucke ¹, Thomas Köhler ², Galia Assadi³, Tobias Moebert ¹, Ina Müller¹,
Johannes Kranz³, Wilhelm Viehöver⁴, Stefan Böschen ⁴ und Arne Manzeschke ³

Abstract: Im Zuge der Digitalisierung entstehen stetig neue sozio-technische Arrangements. Oft wohnt diesen eine Komplexität inne, die fortlaufend neue ethische Orientierungsbedarfe generiert. Der Beitrag stellt ein Werkzeug vor, das die damit verbundenen fach- und mediendidaktischen Fragestellungen in eine interaktive Online-Lernanwendung übersetzt. Dafür werden sog. ethische Landkarten als Kernelement von Exploration und Reflexion eingesetzt. Abschließend werden Rahmenbedingungen und Handlungsbedarfe im Feld der ethischen Orientierung benannt.

Keywords: Digitalisierung, Komplexität, Ethik, Bildung.

1. Ethische Orientierung als Gegenstand von Bildung

Die uns umgebenden digitalisierten Welten werden zunehmend komplexer, getrieben durch Vernetzung, Nichtlinearität, Adaptivität, Selbstorganisation u.v.m. [Moe22]. Prozesse der Konstruktion sowie Nutzung komplexer digitaler Systeme sind deshalb mit Komplexität und mit (mehr oder weniger klar zu Tage tretenden) Orientierungsfragen verbunden. Diese Fragen ergeben sich u.a. aus Passungsproblemen zwischen in der Konstruktionswelt entworfenen und später in der Nutzungswelt praktizierten Interaktionen. Besonders kritisch wird dies im Bereich Künstlicher Intelligenz diskutiert, wo seit 2014 eine Verfünfachung von Publikationen mit Ethik-Bezug festgestellt wurde; zugleich nahm der Anteil von Autoren aus der Industrie hier um 71% zu [CP22].

Komplexität lässt sich im Zuge der Digitalisierung auf drei Ebenen beobachten: Im Nahbereich der konkreten Interaktionssituation zwischen Menschen und Maschinen (Mikro-Ebene), im umgebenden Feld des aufgespannten sozio-technischen Arrangements (Meso-

¹ Uni Potsdam, Institut für Informatik und Computational Science, An der Bahn 2, 14476 Potsdam,
vorname.nachname@uni-potsdam.de, <https://orcid.org/0000-0003-4049-8088> | 0000-0001-9736-3470

² TU Dresden, Institut für Berufspädagogik, Weberplatz 5, 01217 Dresden,
vorname.nachname@tu-dresden.de, <https://orcid.org/0000-0002-9438-5786>

³ Ev. HS Nürnberg, Institut für Pflegeforschung, Gerontologie und Ethik, Bärenschanzstr. 4, 90429 Nürnberg,
vorname.nachname@evhn.de, <https://orcid.org/0000-0002-0399-7091>

⁴ RWTH Aachen, Human Technology Center, Theaterplatz 14, 52062 Aachen,
vorname.nachname@humtec.rwth-aachen.de, <https://orcid.org/0000-0003-0519-5030>

Ebene) und darunter liegend in der sozio-technischen Konstellation (Makro-Ebene) [Ma+22]. Diese Ebenen haben verschiedene Reichweiten und Kontexte zur Herstellung übergeordneter Bezüge. Dabei setzen Entscheidungen in Konstruktionsprozessen i.d.R. auf der Ebene von Interaktionssituationen und sozio-technischen Arrangements (d.h. eher im Nahbereich) an, während ethische Fragestellungen auch auf der Ebene sozio-technischer Arrangements und übergeordneter Konstellationen (d.h. im Fernbereich) zum Tragen kommen. Klassische Ansätze der Philosophie [St08] sind in Konstruktionsprozessen nur bedingt hilfreich, da sie die strukturellen Bedingungen von Interaktionssituationen nicht direkt adressieren, sondern primär auf das autonome Individuum und dessen Handlungen fokussieren. Zudem finden sich Konstrukteure technischer Systeme oft in einem Spannungsverhältnis wieder, das zwischen Ethik-Leitlinien (die z.T. eher die Nutzungs- als die Konstruktionswelt im Blick haben [DLM17] oder gar zu zivilem Ungehorsam auffordern [GI18]) und den Anforderungen ihres Arbeitsverhältnisses (das eine bedingungslose Umsetzung von Dienstanweisungen verlangen kann) aufgespannt wird. Eigene Entscheidungs- und Handlungsmöglichkeiten sind daher, auch angesichts der nötigen Existenzsicherung, bisweilen begrenzt.

Für Konstrukteure technischer Systeme ist daher ein grundlegendes ethisches Rüstzeug (Vokabular, Unterscheidungen und Vorgehensweisen) nötig [HVP15]. Das kann während der Ausbildung oder des Studiums erworben werden, bspw. unter Nutzung des Value-based Engineering [Sp21], und ist bereits in Curricula verankert [Zu16]. Neben dem berufsethischen Zugang sind zunehmend andere Professionen (z.B. in interdisziplinären Projekten) und die Nutzungsseite (z.B. in partizipativen, ko-konstruktiven Prozessen) involviert. Ergänzend dazu ist jedoch ein situativer, an den Berufsalltag angepasster Vermittlungsansatz erforderlich, mit drei Bildungszielen für Konstrukteurs-Kollektive:

- „Wo liegt das Problem?“
Beteiligte sollen ethische Aspekte nicht nur als diffuses Unbehagen artikulieren, sondern durch Heuristik geleitet, strukturiert identifizieren und unter Verwendung des einschlägigen Vokabulars präzise definieren können. Dafür müssen Begriffe und deren Bezüge bekannt sein.
- „Was kann ich tun?“
Für die Bearbeitung erkannter Problemstellungen ist grundlegendes ethisches Handwerkszeug nötig, das dabei hilft, die eigenen Handlungsmöglichkeiten zu erkennen und den eigenen Verantwortungsbereich zu identifizieren.
- „Wo brauche ich welche Unterstützung?“
Die Bearbeitung der Fragen kann an die eigenen Grenzen stoßen. Dann sind ein klares Selbstverständnis (auch zu Ebenen und Reichweite von Verantwortung) und ein Verständnis für andere, unterstützungsbedeutsame Professionen nötig.

Der Beitrag stellt ein Werkzeug vor, das diese didaktischen Fragestellungen in eine interaktive Online-Lernanwendung übersetzt. Dafür werden sog. ethische Landkarten als Kernelement von Exploration und Reflexion eingesetzt. Abschließend werden umgebende Rahmenbedingungen und verbleibende Handlungsbedarfe im Feld der ethischen Orientierung benannt.

2. Ethische Orientierung mit einem Online-Lernwerkzeug

Dedizierte Werkzeuge für die Vermittlung ethischen Grundwissens oder die ethisch sensible Unterstützung von Design-Entscheidungen direkt in Konstruktionsprozessen (etwa in Umsetzung der o.g. methodischen Ansätze wie z.B. [Sp21]) sind bislang nicht bekannt. Es wird daher der Einsatz einer ethischen Landkarte als Navigationshilfe vorgeschlagen, da digitalisierte Welten neben bekannten eine Vielzahl von noch unbekanntem Phänomenen umfassen. Mittels einer Heuristik werden relevante Konzepte und Probleme identifiziert, fachübergreifend zueinander als Begriffsnetz in Bezug gesetzt [MHL09] und als Landkarte im Überblick sichtbar gemacht, die dann gesondert bearbeitet werden müssen. Eine wesentliche Frage ist dabei, wie so identifizierte Problemlagen zueinander oder zu übergeordneten Kontexten in Bezug gesetzt werden können. Dieses Kartieren ist anspruchsvoll, da – metaphorisch gesprochen – sowohl das „Gebiet“ (sozio-technische Konstellation) als auch die „Karte“ (ethische Orientierung) nicht von vornherein festgelegt sind. Mehr noch: Auch die Kartierungsstrategie kann hier nicht einfach vorausgesetzt werden. Denn auf welche allgemeingültigen ethischen Prinzipien kann jeweils Bezug genommen werden?

Kontext der vorgestellten empirischen Forschung ist das Projekt *ComplexEthics*, das die Rolle von Forschenden als Wissensschaffende analysiert hat, die in komplexen, digital vernetzten Welten vor Orientierungsproblemen stehen. Ziel des Projektes war es, Orientierungswissen zum Interpretieren, Bewerten und Handeln herauszuarbeiten und zu einem Orientierungstool zu bündeln. Dabei ging das Projekt von der Hypothese aus, dass die Komplexität digital vernetzter Welten ihre Nutzer in erhöhtem Maße in Bezug auf Orientierungswissen, Handlungsfähigkeit oder Selbstreflexivität herausfordert. Demnach wurde aus der empirischen Analyse verschiedener Fallstudienbereiche [Ma+22] ein neuer ethischer Reflexionsrahmen entworfen, der Orientierung gibt und die Urteilsfähigkeit schärft. Für dessen Aufbereitung als interaktives Lernwerkzeug wurde ein medien-didaktischer Ansatz gefordert, der die spezifischen Bedingungen einer Ingenieuraufgabe digitaler Welten berücksichtigt, also zum informellen Lernen in der Praxis geeignet ist. Der Designansatz kombiniert Theoretisierung, technische Umsetzung und Überlegungen zu Akteursrollen und Unterstützungsmechanismen [Kö21]. Die Ableitung didaktischer Grundfragen wird rund um drei Kerndimensionen des Design-Ansatzes möglich:

- Theorie: Daten-basiert vs. Objekt-basiert vs. persönliche Repräsentation
- Implementierung: Daten vs. Objekt vs. Person
- Rollen/Unterstützung: verschiedene Repräsentationen, ggf. ohne Bildungsauftrag

Hier setzt das in *ComplexEthics* entwickelte Werkzeug an. Es umfasst vier Komponenten: ein interaktives Netz mit einschlägigen Begriffen in den Bereichen Ethik und Digitalisierung, das als Landkarte fungiert, die Option ein spezifisches Begriffsnetz für ein eigenes Forschungs- oder Entwicklungsprojekt zu erstellen sowie die Unterstützung dafür durch einen Chat-Bot und ein Spiel. Diese vier Komponenten werden in Abb. 1 in ihrem Zusammenwirken überblicksartig dargestellt und anschließend einzeln erläutert.

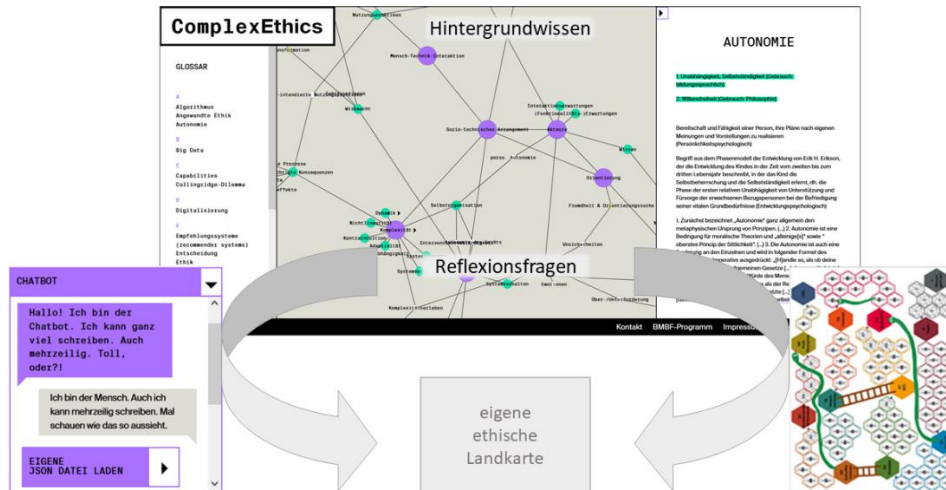


Abbildung 1: Das ethische Orientierungsinstrument unterstützt bei der Vermittlung vorhandenen Wissens und, vor diesem Hintergrund, beim Aufbau eigener Modelle.

Das Werkzeug soll in Konstruktionsprozessen zum Einsatz kommen, d.h. während Beantragung, Entwurf und weiterer Gestaltung, und zwar als fortlaufende Reflexion direkt im Konstruktionsteam. Das Vorgehen bietet somit eine Alternative zu punktuellen, externen Ethik-Reviews. Daraus ergibt sich eine Doppelfunktion des Werkzeugs:

- 1) Es lädt zur Exploration bestehender ethischer und sozio-technischer Begriffswelten ein und macht vorhandenes Hintergrundwissen zugänglich.
- 2) Es unterstützt Konstruktionsteams bei der Reflexion und Modellierung von konkreten Problemsituationen in vergleichbarer Weise.

Nach dem Start zeigt das Online-Lernwerkzeug ein Begriffsnetz an, das empirisch aus den untersuchten Fallstudienbereichen abgeleitet wurde [Ma+22]. Es visualisiert die identifizierten Passungsprobleme und Orientierungsfragen sowie deren Bezüge zu sozio-technischen Konzepten und Praktiken. Die verschiedenen Elemente des Netzes können direkt ausgewählt oder über ein Glossar angesteuert werden. Die Einträge bieten ergänzende Lerninhalte (unterteilt in kurz, lang und weiterführend) an, stellen Hintergrundwissen in vernetzter Form dar und laden so zum individuellen Erkunden ein. Das Glossar beinhaltet u.a. eine gruppierte Liste von Reflexionsfragen und dient somit als Lernressource im gesamten Projektverlauf. Durch die Reflexionsfragen ist den Konstruktionsteams eine Anwendung des gebotenen Hintergrundwissens auf ihr konkretes Projekt möglich, denn nicht immer sind die relevanten Themen zu Projektbeginn klar. So kann die Fülle möglicher Themen und ihrer Zusammenhänge überfordernd sein [Moe22]. In der Exploration der Landkarte und der Interaktion mit dem Werkzeug wird ein eigenes Begriffsnetz dynamisch aufgebaut, das ethisch relevante Aspekte aus verschiedenen Perspektiven aufnimmt.

Um den Einstieg zu erleichtern, wurde ein Chatbot entwickelt, der unter Zugriff auf die

Grundstruktur (Konstellation – Arrangements – Interaktionssituationen) sowie anhand der Reflexionsfragen mögliche Perspektiven erfragt. Im Vordergrund steht die Identifikation von im eigenen Projektkontext relevanten Aspekten sowie die Modellierung ihrer Bezüge untereinander durch Verortung in einem eigenen Begriffsnetz. Dieses Netz kann sowohl Teilmengen als auch Erweiterungen des o.g. Begriffsnetzes beinhalten. Die Ergebnisse werden als projektspezifische ethische Landkarte festgehalten und bieten Orientierung im weiteren Konstruktionsprozess.

Zudem erfolgte die Aufbereitung als analoges Spiel, bspw. zum Einsatz in Projektmeetings oder -workshops. Es orientiert sich am klassischen Brettspiel „Snakes & Ladders“: Würfeln bringt Spieler im Spielplan voran; Leitern stellen Abkürzungen nach oben und Schlangen Rückfälle nach unten dar. Die Variation als Team-Spiel befördert Gemeinsamkeit bei der Diskussion von Fragen und beim Vorankommen im Spiel. Da nicht alle Fragen beantwortet werden müssen, sondern durch das spielerische Erkunden eher eine Sensibilisierung für ethische Themen und Anstöße zum Austausch im Team im Vordergrund stehen, ist das Spiel gut als Einstieg in das Projekt geeignet. Die diskursiv gewonnenen Einsichten können anschließend über den ChatBot als eigenes Begriffsnetz modelliert werden; ein Up- und Download des eigenen Netzes als JSON-Datei ist möglich.

3. Weitere Rahmenbedingungen und Handlungsbedarfe von ethischer Orientierung

Die in dem vorgestellten Lernwerkzeug adressierten ethischen Orientierungsfragen in komplexen digitalisierten Welten sind vielschichtig und werden deshalb am besten dort adressiert, wo sie erstmals auftauchen können: bei der Konstruktion solcher Welten. Zugleich wirken hier freilich oftmals besondere Rahmenbedingungen, wie etwa Schnelligkeit und Kosteneffizienz. Diese scheinen gegen solche Zusatzaufgaben zu sprechen. Jedoch zeigen unsere empirischen Untersuchungen: Viele Konstrukteure sind sich der Orientierungsfragen bewusst und suchen nach einer Hilfe, um zumindest eine rasche Einschätzung zu erhalten [Ma+22]. Damit das vorgestellte Tool diese Rolle einnehmen kann, bedarf es aber noch einiger Weiterentwicklungen. Erstens ist das Setting zu stabilisieren (d.h. Curricula, Inhalte, Verfahren und Werkzeuge sind abschließend festzulegen). Zweitens gibt es sehr konkrete verbleibende Handlungsbedarfe: Neben einer besseren Integration des Graph-Editors stehen auch ein praktischer Einsatz des entwickelten Orientierungsinstruments und damit verbunden eine Evaluation der Auswirkungen seines Einsatzes auf das etablierte Bewusstsein, die getroffenen Entscheidungen und entstehende soziale Dynamiken in Konstruktionsprozessen noch aus. Zugleich gilt es aber zu bedenken: Weitergehende Auswirkungen lassen sich, aufgrund des komplexen Wirkungsgefüges, auf Nutzungsseite nur begrenzt untersuchen. Dies verdeutlicht, dass die Nebenfolgenanalyse und -bewältigung in komplexen digitalisierten Welten letztlich immer auch politische Fragen aufweist.

Danksagung

Die hier beschriebenen Arbeiten wurden im Projekt ComplexEthics vom BMBF unter Kennzeichen 16SV7805 gefördert. Wir danken den Studierenden Franziska Blum und Finn-Lucas Ziehe sowie der Agentur bok+gärtner für die Mitwirkung bei der medialen Umsetzung des beschriebenen Werkzeugs.

Literaturverzeichnis

- [CP22] Clark, J.; Perrault, R. (Hrsg.): Artificial Intelligence Index Report 2022, Stanford Institute for Human-Centered AI, 2022. <https://aiindex.stanford.edu/>
- [DLM17] Dziobek, I.; Lucke, U.; Manzeschke, A.: Emotions-sensitive Trainingssysteme für Menschen mit Autismus: Ethische Leitlinien. In: *Proc. 47. Jahrestagung der Gesellschaft für Informatik*, LNI-P275, 2017, S. 369-380.
- [GI18] Gesellschaft für Informatik (GI): Unsere Ethischen Leitlinien. 2018.
- [GRG17] Grösser, S.N.; Reyes-Lecuona, A.; Granholm, G. (Hrsg.): Dynamics of Long-Life Assets: From Technology Adaptation to Upgrading the Business Model. Springer, Cham, 2017.
- [HVP15] Hoven, J. v. d.; Vermass, P. E.; Poel I. v. d. (eds.): Handbook of Ethics, Values and Technological Design. Sources, Theory, Values and Application Domains, Springer, Dordrecht 2015.
- [Kö21] Köhler, T.: Didactic modeling of a digital instrument for the perception, construction and evaluation of ethical perspectives in AI systems. 8th Int. Conf. on Learning Technologies and Learning Environments (LTLE), 2021, Kobe.
- [Ma+22] Manzeschke, A.; Bösch, S.; Heilinger, J.; Lucke, U. (Hrsg.): Ethik in komplexen digitalisierten Welten - Orientierung für neue sozio-technische Interaktionszusammenhänge. Springer, im Erscheinen.
- [MHL09] Martens, A.; Hambach, S.; Lucke, U.: Multi-perspective Cooperation Based on Boundary Objects. In: *Proc. 9th IEEE Int. Conf. on Advanced Learning Technologies (ICALT)*, 2009, S. 476-478.
- [Moe22] Moebert, T.: Zum Einfluss von Adaptivität auf die Interaktion mit Bildungstechnologien, erscheint in: Proceedings DeLFI 2022, LNI P-322, 2022.
- [Sp21] Spiekermann, S., (2021). Value-based Engineering: Prinzipien und Motivation für bessere IT-Systeme. Informatik Spektrum 44/4. Springer, 2021, S. 247-256.
- [St08] Stegmaier, W.: *Philosophie der Orientierung*. Berlin/New York: de Gruyter, 2008.
- [Zu16] Zukunft, O. (Hrsg.): *Empfehlungen für Bachelor- und Masterprogramme im Studienfach Informatik an Hochschulen*. Bonn: Gesellschaft für Informatik, 2016.

LIVE-Interaktion statt Videomaterial bei der Sensibilisierung für Inklusion und Computerzugänglichkeit!

Im E-Lecture fragen Studierende einen blinden Betroffenen

Kensuke Akao¹

Abstract: Seitdem die Inklusion als internationales Ziel festgelegt wurde, ist mehr als ein Jahrzehnt vergangen. Als künftige Informatiker/in beziehungsweise Informatiklehrkräfte sollten jene die Fähigkeit besitzen, die Barrieren für behinderte Menschen in den Informationstechnologien oder den Informatikbildungen abzubauen. Deshalb ist die Sensibilisierungsaktivität mithilfe von Erfahrungsberichten blinder Menschen ein besonderes Merkmal unserer Lehrveranstaltungen. Allerdings zwang uns Covid-19 die Umsetzung dieser Sensibilisierungsphase als Online-Lehrveranstaltung durchzuführen. Unser Ansatz ist ein Online-Austausch mit den Betroffenen im E-Lecture statt Lernen mit Videomaterial. Unsere empirischen Erfahrungen zeigen deutlich, dass die Teilnehmenden diesen Ansatz als wertvoll empfanden.

Keywords: E-Lecture; (Lehramt) Informatik; Inklusion; Computerzugänglichkeit

1 Einleitung

Die aktuelle Politik in Deutschland verpflichtet sich dazu, in den Schulen Inklusion umzusetzen [BD14, S.15-16], deshalb behandeln wir das Thema „Inklusiver Informatikunterricht“ in einer Lehrveranstaltung zur Didaktik der Informatik (DDI) im Masterstudium [AF21]. Allerdings ist die Umsetzungsquote schulischer Inklusion in Deutschland, je nach Schulart, sehr unterschiedlich, insbesondere wird sie nur selten an Gymnasien umgesetzt [Kl15, S.34]. Aufgrund dieses Hintergrunds gibt es bei unseren Lehrveranstaltungen kaum DDI-Studierende, die in ihrer Schulzeit in einer Inklusionsklasse lernten [AF21], daher haben jene oft keine Erfahrungen im Umgang mit behinderten Menschen. Außerdem benötigen unsere Studierende zuerst die Grundlagen der Inklusion, weil sie noch kein sonderpädagogisches Wissen haben; es zwingt uns zur Aufwendung von einem großen Teil der begrenzten Lehrzeit für die nicht-fachspezifische Grundkenntnisse statt praktische Methoden bzw. Hilfsmitteln zum inklusiven Informatikunterricht [AF20]. Obwohl die Sensibilisierungsaktivitäten für den Förderbedarf der inklusiven Kinder bisher von den Teilnehmenden dieser DDI-

¹ Technische Universität Dortmund, Fakultät für Informatik, Arbeitsgruppe Algorithmische Grundlagen und Vermittlung der Informatik, Otto-Hahn-Str. 14 44227 Dortmund, kensuke.akao@tu-dortmund.de

Veranstaltung sehr gut angenommen wurden [AF21], waren sie auch eine der Ursachen für das Problem.

Auf Grundlage dessen erkunden wir eine Möglichkeit, die Sensibilisierung in einer anderen Lehrveranstaltung durchzuführen, damit Studierende noch frühzeitig sonderpädagogische Grundkenntnisse erwerben. Unserer Meinung nach sind z. B. die Computerzugänglichkeit und das Universal Design nicht nur für Studierende im Lehramt, sondern auch für Studierende im Fachstudium Informatik ein für ihre zukünftige Laufbahn hilfreiches Thema. Deswegen eröffneten wir ein neues Proseminar „Ergonomie und Computerzugänglichkeit“, in dem wir diese Sensibilisierungsaktivitäten umsetzten.

Wegen der Covid-19-Schutzmaßnahmen ab dem Sommersemester 2020 mussten unsere Lehrveranstaltungen online stattfinden. Dazu gehörte auch die Durchführung der Sensibilisierungsaktivitäten via Tele-Learning. Eine Sensibilisierungsaktivität bestand darin, mithilfe eines Erfahrungsberichts einer betroffenen Person mit Sehschädigung über ihren Förderbedarf mehr zu erfahren. In diesem Fall luden wir diese Person in die Online-Sitzung ein. Im Beitrag folgt basierend auf unseren empirischen Ergebnissen eine Diskussion über die Bedeutung der LIVE-Interaktion statt Videomaterial bei der Sensibilisierung zur Inklusion.

2 Sensibilisierung als Online-Lerntätigkeit

2.1 Fragestellung: „E-Lecture“ oder „Interview-Video“?

Wenn wir die Sensibilisierung mithilfe des Erfahrungsberichts online umsetzen, können wir uns zwei Angebote vorstellen, Live oder als Archiv z. B. wie Video-Clip. Laut Kerres sind „Videokonferenzen unter bestimmten Bedingungen didaktisch sinnvoll einsetzbar, nämlich immer dann, wenn synchrone Kommunikation zwischen Lehrenden und Lernenden, die voneinander entfernt an der Konferenz teilnehmen, tatsächlich eingelöst wird und für das Lehrziel erforderlich ist. Wenn keine Kommunikation zwischen den Teilnehmenden zustande kommt, macht das Setting wenig Sinn. Es wäre dann vorzuziehen, die Veranstaltung aufzuzeichnen und im Internet bereitzustellen“ [Ke18, S.17-18]. In den 1960er Jahren fand Bruner vier Einsatzmöglichkeiten audiovisueller Medien als *devices for vicarious experience*, *model devices*, *dramatizing devices* und *automatizing devices* im Bildungsbereich [Br66, S.81-83]. Wenn wir Videomaterial zur Sensibilisierung drehen, können die Aspekte von *devices for vicarious experience* und *dramatizing devices* angewendet werden. Da wir die Betroffenen mit Fragen interviewen, die wir im Voraus vorbereiten, kann das entwickelte Video nur die wesentlichen Dinge kompakt vermitteln. Wenn wir z. B. im Video mithilfe des Voice-Over das Lernen anleiten, kann das Material auch als *automatizing devices* funktionieren, sodass Studierende außerhalb der Sitzung, als Hausaufgabe, damit lernen können.

Wir halten jedoch an E-Lecture fest, weil wir unseren Studierenden die Notwendigkeit einer direkten Kommunikation mit behinderten Menschen verdeutlichen wollen. Laut dem

AAA-Modell beginnt die Verwirklichung einer Barrierefreiheit mit der Erfassung der einzelnen Bedürfnisse der behinderten Menschen (*Advocacy-Phase*); wenn ein bestimmter Förderbedarf in der Gesellschaft erkannt wird, beginnt die bedarfsgerechte Anpassung für einzelnen Person, also angemessene Vorkehrung (*Accommodation-Phase*); diese Anpassung wird danach schrittweise als Barrierefreiheit und/oder Universal Design in der Gesellschaft allgemein umgesetzt (*Accessibility-Phase*) [SSE01]. Das heißt, der erste Schritt zur Inklusion besteht darin, die Betroffenen genau kennenzulernen, und den Förderbedarf nicht an Stereotyp festzumachen.

Aus diesem Grund bieten wir eine Chance zum Austausch mit einem Betroffenen per Online-Sitzung, damit die Studierenden direkt fragen können. Bisher nahmen zwölf Informatiklehramtsstudierende an dieser Lernaktivität teil. Nach ihrer Bewertung über diesen Austausch mittels einer Umfrage mit sechsstufiger Skala (1: gar nicht hilfreich - 6: sehr hilfreich), wurde diese wie folgt evaluiert: Neun der zwölf Teilnehmenden sind der Meinung, dass diese Lernaktivität „sehr hilfreich (6)“ war. Die übrigen drei Teilnehmenden bewerteten sie mit „eher hilfreich (4)“.

2.2 Umsetzung im neuen Proseminar „Ergonomie und Computerzugänglichkeit“

Nachstehend wird das Unterrichtsvorhaben des Seminars erklärt, insbesondere die Umsetzung der Sensibilisierung. Das Proseminar „Ergonomie und Computerzugänglichkeit“ besteht aus folgenden Inhalten:

1. Einführung (Vorlesung)
2. Phase 1: Technologie von Human Interface Device und deren Wandel
3. Austausch mit einer betroffenen Person (Sensibilisierung)
4. Phase 2: Kognitive Mechanismen beim Menschen
5. Phase 3: Computerzugänglichkeit und Universal Design
6. Schreiben der Seminararbeit

Nach der Einführung erarbeiten sich die Studierenden in allen drei Phasen ihr eigenes Thema zuzüglich Präsentationen. Die Sensibilisierungsaktivität wird zwischen der 1. und 2. Phase eingebaut, weil zu diesem Zeitpunkt verschiedene Anwendungsfälle der Mensch-Computer-Interaktion bereits vorgestellt sind, aber noch keine Recherche zu Computerzugänglichkeit und Universal Design begonnen hat.

3 Erprobung und deren Ergebnisse

3.1 Teilnehmende und ihre allgemeine Bewertung über das Seminar

Das Proseminar wurde im Wintersemester 2021/22 erstmals erprobt. Dabei meldeten sich 18 Teilnehmende, die im Bachelor-Studiengang Informatik studierten, zum Seminar an. Sieben der 18 Teilnehmenden besuchten in ihrer Schulzeit eine Inklusionsschule, aber sie lernten nicht in einer Inklusionsklasse mit behinderten Kindern. Eine Studierende war bei der Sensibilisierungssitzung abwesend. Am Ende des Semesters fand eine halbqualitative Umfrage statt. Es gab 15 gültige Rückmeldungen; drei Studierende füllten den Fragebogen nicht aus. Bezüglich der Zufriedenheit mit diesem Seminar wurde die Frage „Würden Sie das Seminar auch anderen Informatik-/Informatiklehramtsstudierenden empfehlen?“ über eine sechsstufige Likert-Skala (1: gar nicht gerne – 6: sehr gerne) gestellt. Acht der 15 Rückmeldungen ergaben „sehr gerne (6)“ und die übrigen sieben Studierenden antworteten „gerne (5)“. Auf Grundlage dessen können wir sagen, dass dieses Seminar erfolgreich umgesetzt wurde.

3.2 Nutzbarkeit des Online-Austausches via Videokonferenz

Als nächstes werden die Meinungen der Teilnehmenden über den Einsatz von E-Lectures und Videomaterialien verglichen. Um einen Vergleich des Videos mit E-Lecture bei der Evaluation zu ermöglichen, zeigten wir auch in einer Sitzung einen Video-Clip², in dem die mangelhafte Anlage des Bodenleitsystems im Bahnhof von zwei Betroffenen beschrieben wurde. Wir stellten den Teilnehmenden sechsstufige Likert-Skala-Fragen dazu, wie hilfreich sie die einzelnen Lernaktivitäten des Online-Austauschs mit einem Betroffenen sowie des Video-Clips für ihre zukünftige Karriere finden (1: gar nicht hilfreich - 6: sehr hilfreich). Die Ergebnisse zeigen in Abb. 1, dass sowohl das Video als auch der Austausch zwar meistens als hilfreich bewertet wurde, aber mehr Studierende gaben an, dass der Austausch viel nützlicher war. Zwölf der 15 Studierenden waren der Meinung, dass der Erfahrungsbericht als ein Video geringeren Erfolg auf ihre Lernergebnisse gehabt hätte, als der direkte Austausch; eine weitere Person gab an „keinen Einfluss“ und zwei Studierende sprachen von „eher mehr Erfolg“ (Abb. 2).

Anschließend wurden die in der Freitextfrage genannten Gründe analysiert. Acht der zwölf Studierenden äußerten die fehlende Möglichkeit eigener, individueller Fragen von den Teilnehmenden beim Lernen mit einem Video als Grund für die schlechtere Bewertung von Video im Vergleich zu direkten Interviews. Die Fragestellung beim Austausch ermöglicht, eigene Unklarheiten zu klären und nicht nur allgemeine Informationen zu erhalten; durch das Fragenstellen kann man sich besser konzentrieren; ein direkter Austausch wurde aus Gründen „echte Meinung von Betroffenen und anderen Studierenden“, „Abbau von Vorurteilen über den Förderbedarf“ und „Bessere

² „Realer Irrsinn: Fehlgeleitete Blinde am Bhf“ in extra 3 von NDR vom 25.01.2018: vgl. <https://www.youtube.com/watch?v=lQehpXmZ0n4> (zuletzt geprüft am: 7.3.2022)

Übertragung auf ihre Seminararbeit“ auch positiver wahrgenommen als das Videomaterial. Ein sehr interessantes Feedback war, dass sie sich auch gerne mit behinderten Menschen mit anderen Behinderungen austauschen wollen. Weiterhin waren zwei Studierende der Meinung, dass die Rolle der direkten Kommunikation durch ein Video nicht ersetzbar ist. Einer von zwei weiteren Studierenden betonte, die mit mehr Lernerfolg durch das Lernen mit Video rechneten, es gebe keine Notwendigkeit der eigenen Fragestellung, weil auch durch das allgemeine Interview ein Eindruck entsteht. Sie antwortete in den Likert-Skala-Fragen, deren Ergebnisse in Abb.1 gezeigt werden, dass das Video „sehr hilfreich (6)“ und der Austausch „eher hilfreich (4)“ war. Eine Person, die auch durch das Lernen mit Video mehr Erfolg sieht, war bei dem Online-Austausch abwesend, deshalb ist dieses Feedback als kein genauer Vergleich basierend auf die Teilnahmeerfahrung zu werten.

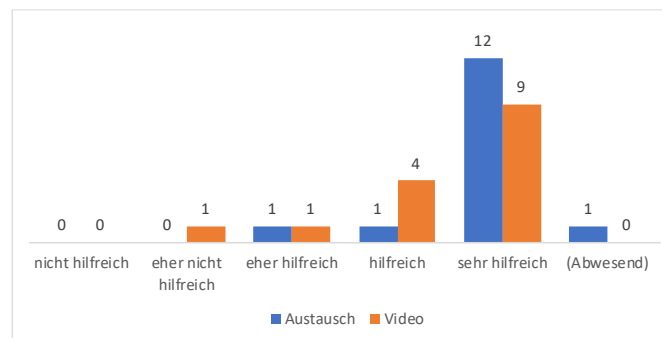


Abb. 1: Vergleich der Nutzbarkeit von Online-Austausch und Videomaterial (n=15)

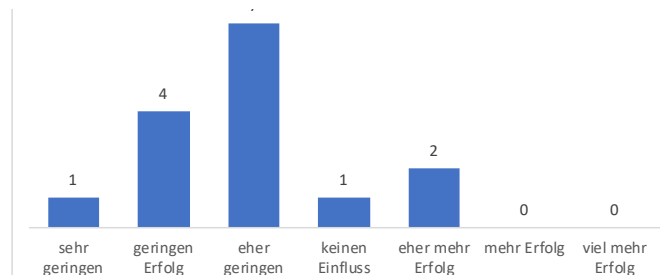


Abb. 2: Voraussichtlicher Lernerfolg beim Ersetzen des Online-Austauschs durch Interview-Video (n=15)

4 Fazit und Ausblick

Die Sensibilisierung durch den Austausch mit einer betroffenen Person in unserer inklusionsorientierten Informatiklehrkraftausbildung wird bisher von Masterstudierenden gut angenommen. Wir versuchten, diese Lernaktivität auch im Proseminar „Ergonomie und Computerzugänglichkeit“ umzusetzen. Im Online-Semester, während des Covid-19-

Lockdowns, wählten wir die LIVE-Interaktion via E-Lectures zur Sensibilisierung, um einen direkten Online-Austausch mit behinderten Menschen zu ermöglichen. Das war für die meisten Teilnehmenden eine wertvolle Erfahrung.

Die Ergebnisse verdeutlichen, dass diese Sensibilisierungsaktivität sowohl für das Lehramt Informatik als auch für das Fachstudium Informatik erfolgreich umsetzbar ist. Indem wir den Lehramtsstudierenden unser Proseminar empfehlen, können sie vorab Kompetenzen in der Inklusion erwerben. Mit diesen Kompetenzen können wir uns in der späteren DDI-Veranstaltung auf mehr informatikspezifische Inhalte konzentrieren.

Außerdem wurden alle Gespräche im Online-Austausch bislang mit der Zustimmung der Teilnehmenden aufgenommen, indem wir den Schutz der Privatsphäre durch eine Anonymisierung der Daten gewährleisteten. Wir planen aktuell, dass die Videoaufnahme der anonymisierten Gespräche nach der Normalisierung der Covid-19-Pandemie auch in der Präsenzlehre fortgesetzt wird, um die Ergebnisse des Austauschs zur sekundären Verwendung zu archivieren. Auf diese Weise konnten wir z. B. eine FAQ-Datenbank aufbauen oder Videomaterial erarbeiten, und somit mehr vielfältige Lernaktivitäten anbieten.

Literaturverzeichnis

- [AF20] Akao, K.; Fischer, J.: Wie läuft die Umsetzung inklusiven Informatikunterrichts tatsächlich? - Eine Lehrerumfrage zum inklusionsorientierten Unterricht. In (Thomas, M.; Weigend, M., Hrsg.): Mobil mit Informatik. BoD, Norderstedt, S. 9–18, 2020.
- [AF21] Akao, K.; Fischer, J.: Wie können wir Lehramtsstudierende auf einen inklusiven Informatikunterricht vorbereiten?, In (Desel, J. et al., Hrsg.): Die 9. Fachtagung Hochschuldidaktik Informatik (HDI 2021). FernUniversität Hagen, Hagen, S. 75-83, 2021.
- [BD14] Beck, C.; Deutsche Unesco-Kommission: Inklusion: Leitlinien für die Bildungspolitik. Dt. UNESCO-Kommission e.V, Bonn, 3. erw. Aufl. Auflage, 2014.
- [Br66] Bruner, J. S.: The Process of Education. Harvard Univ. Pr., Cambridge, 1966.
- [Ke18] Kerres, M.: Mediendidaktik: Konzeption Und Entwicklung Digitaler Lernangebote. 5. Auflage, De Gruyter, Berlin/Boston, 2018.
- [KI15] Klemm K.: Inklusion in Deutschland - Daten Und Fakten. Bertelsmann Stiftung, 2015.
- [SSE01] Schwanke, T. D.; Smith, R. O.; Edyburn, D. L.: A3 Model Diagram Developed as Accessibility and Universal Design Instructional Tool. In: RESNA: Association for the Advancement of Rehabilitation Technology, Arlington., Jgg. 21, S. 205–207, 2001.

Effektivität des Einsatzes von Virtual Reality & Augmented Reality im Geometrieunterricht

Yasamin Tahiri ¹

Abstract: Virtual Reality (VR) und Augmented Reality (AR) besitzen das Potential neue Wege des Lernens von geometrischen Inhalten zu ermöglichen. Dabei kann das geometrische Verständnis von Schülerinnen und Schülern durch die Verwendung von VR und AR im Unterricht deutlich verbessert werden. Allerdings stellt sich die Frage, ob eine Verbesserung des Geometrieverständnisses auch im direkten Vergleich zu traditionellen und computerbasierten Medien festgestellt werden kann. Ausgehend von einer Literaturrecherche werden in diesem Beitrag Ergebnisse aus Studien vorgestellt, welche die Effektivität von VR und AR im Geometrieunterricht untersuchten.

Keywords: Virtual Reality, Augmented Reality, Geometrie

1 Einleitung

In den letzten Jahren, auch geprägt durch die Corona-Pandemie, rückte die Nutzung von interaktiven Technologien in der Bildung stärker in den Fokus. Dabei stellt sich die Frage, wie effektiv AR- und VR-Anwendungen im direkten Vergleich zu traditionellen und computerbasierten Medien in ihrer (Lern-)Wirksamkeit sind.

Das Ziel dieses Beitrages ist es den Forschungsstand zur Effektivität von Virtual Reality- und Augmented Reality-Applikationen speziell im Feld der Geometrie abzubilden und auf den Bedarf zusätzlicher Forschung hinzuweisen. Hierfür wurden folgende Leitfragen formuliert:

1. Ist eine Steigerung der (Lern-)Wirksamkeit bei Lernenden bei der Verwendung von Virtual Reality und Augmented Reality verglichen mit traditionellen Methoden und computerbasierten Medien feststellbar?
2. Sind Unterschiede bei der (Lern-)Wirksamkeit zwischen Virtual Reality und Augmented Reality erkennbar?

Durch eine Übersicht des aktuellen Forschungsstandes sollen Forschungsansätze für zukünftige Untersuchungen abgeleitet werden.

¹ Pädagogische Hochschule Karlsruhe, Institut für Mathematik, Bismarckstraße 10, 76133 Karlsruhe, yasamin.tahiri@ph-karlsruhe.de, <https://orcid.org/0000-0003-0214-7025>

2 Methodik

Im ersten Schritt wurden anhand der Leitfragen Auswahl- sowie Ausschlusskriterien festgelegt. Eine Übersicht der Kriterien ist in Tabelle 1 abgebildet:

Auswahlkriterien	Ausschlusskriterien
Publikationen in deutscher oder englischer Sprache	Publikationen in Sprachen, die nicht auf Deutsch oder Englisch verfasst sind
Publikationen bezogen auf (mathematische) Geometrie	Publikationen, die sich mit anderen Gebieten der Mathematik befassen sowie Publikationen, die Geometrie in einem anderen Kontext verwenden (zum Beispiel bei der Programmierung von 3D Objekten)
Empirische Studien	Theoretische Arbeiten, Vorstellungen von Frameworks
Teilnehmer der Studien sollten Lernende sein (Grundschule–Hochschule)	Studien, die ausschließlich Expertenmeinungen beinhalten
Zeitschriftenbeiträge, Konferenzbeiträge, Monografien	Masterthesen

Tab. 1: Übersicht der Kriterien zur Auswahl von Literatur

Innerhalb der Datenbanken ERIC, OAister, Science Direct und Springer Link wurden mithilfe der Schlagwörter „geometry“ AND „virtual reality“ sowie „geometry“ AND „augmented reality“ Suchen durchgeführt. Dabei wurden innerhalb der Datenbanken anhand der Titel und der Abstracts 38 Literaturen entdeckt. Unter Zuhilfenahme von Semantic Scholar wurde überprüft, ob thematisch ähnliche Beiträge die genannten 38 Beiträge als Referenzen nutzen. Dadurch wurden 23 weitere Literaturen identifiziert, wodurch sich eine Gesamtzahl von 61 Beiträgen ergibt. Im zweiten Schritt der Analyse wurde die inhaltliche Relevanz der Beiträge bezogen auf die Leitfragen überprüft. Als für die Leitfragen irrelevant eingestufte Studien (24) sowie Dopplungen (7) wurden nachträglich ausgeschlossen. Beiträge, welche aufgrund von eingeschränkten Zugriffsrechten nicht inhaltlich überprüft werden konnten (18), wurden ebenfalls ausgeschlossen. Daraus ergibt sich eine abschließende Gesamtzahl von 12 relevanten Studien für diesen Beitrag.

3 Ergebnisse

Literatur	Teilnehmer	Alter/Klasse	Vergleich	Festgestellte Steigerung bei der Nutzung von AR/VR
[AM20]	61	9. Klasse	Augmented Reality – Buch	<ul style="list-style-type: none"> • Geometrieverständnis • Einstellung zur Geometrie

[AZ20]	46	9-10 Jahre, 4. Klasse	Augmented Reality – Buch, Arbeits- blätter	<ul style="list-style-type: none"> • Geometrieverständnis
[Bh21]	27	8. Klasse	Augmented Reality – textbasierte Medien	<ul style="list-style-type: none"> • Kein signifikanter Unterschied im Geometrieverständnis festgestellt, wobei die Teilnehmer:innen in der Kontrollgruppe bessere Ergebnisse im Post-Test erzielten • Motivation • Selbstbewusstsein
[Ch19]	82	6. Klasse	Augmented Reality (inklusive Videos, Audio und Texte) – Texte, Bilder, Präsentationen	<ul style="list-style-type: none"> • Geometrieverständnis • Motivation • Selbstbewusstsein • Geringere Angst vor Mathematik
[DL19]	30	Grund- schule (nicht weiter definiert)	Augmented Reality – Virtual Reality – Buch	<ul style="list-style-type: none"> • Geometrieverständnis (AR und VR) • Kein signifikanter Unterschied im Geometrieverständnis zwischen AR und VR festgestellt
[Fl19]	30	11-12 Jahre, 6. Klasse	Augmented Reality – Arbeits- blätter	<ul style="list-style-type: none"> • Leichte Steigerung des Geometrieverständnisses
[KD07]	47	16-19 Jahre	Augmented Reality mit Head- Mounted Display Headset – CAD3D	<ul style="list-style-type: none"> • Die AR Anwendung wird in der Gesamtheit als benutzerfreundlicher empfunden

[LCC13]	76	8. Klasse	Augmented Reality – traditionell (nicht weiter definiert)	•	Kein signifikanter Unterschied festgestellt
[Ma20]	87	14-18 Jahre, 9.-12. Klasse	Augmented Reality – dreidimensionale Körper aus Beton sowie zweidimensionale Abbildungen	•	Kein signifikanter Unterschied festgestellt
[SC20]	60	11-12 Jahre, 6. Klasse	Augmented Reality - Buch	•	Kein signifikanter Unterschied im Geometrieverständnis festgestellt, wobei die Teilnehmer:innen, die AR nutzten, sich im Vergleich zur Kontrollgruppe stärker verbesserten
[SCL22]	40	10. Klasse	Virtual Reality – textbasierte Medien	• •	Geometrieverständnis Motivation
[Yo20]	61	6-7 Jahre, 1. Klasse	Augmented Reality – dreidimensionale Körper aus Holz und Ton	• • •	Kein signifikanter Unterschied im Geometrieverständnis festgestellt Motivation Kreatives Denken

Tab. 2: Übersicht der (Lern-)Wirksamkeit von AR und VR

Aus der Tabelle 2 lässt sich entnehmen, dass beim Vergleich von AR und VR mit physischen Körpern meist kein Unterschied des Geometrieverständnisses festgestellt wird. Dagegen kann im Vergleich zu textbasierten Medien meist eine Steigerung im Geometrieverständnis festgestellt werden. Durch die Verwendung von 2D Abbildungen von 3D Objekten kommt es oft zu Verständnisschwierigkeiten bei Schüler:innen, etwa weil sie nicht in der Lage sind die Tiefe von geometrischen Körpern nachzuvollziehen [LRF18]. Zukünftige Untersuchungen sollten insbesondere den Unterschied zwischen physischen Körpern und AR/VR klarer herausstellen. So werden als mögliche Vorteile von AR/VR die vereinfachte Darstellung von Symmetrie [RRC21] sowie Funktionalitäten

wie die Anpassung der Größe eines Körpers [ÖİÇ17] gegenüber physischen Körpern genannt. Allerdings wurden keine Studien identifiziert, welche sich mit den erwähnten Inhalten befassen und diese vergleichen.

Unter der ausgewählten Literatur konnte nur eine Studie identifiziert werden, die eine AR Anwendung mit einem computerbasierten Medium (CAD) vergleicht [KD07], sowie nur eine passende Studie gefunden, die AR und VR miteinander vergleicht [DL19].

Zukünftige Studien könnten die Effektivität unterschiedlicher computerbasierter Medien, verglichen mit AR und VR, untersuchen – zum Beispiel Applikationen auf mobilen Endgeräten oder 3D-Modellierungssoftware.

Beim Vergleich von AR und VR kann beispielsweise die unterschiedliche Wahrnehmung der Umgebung betrachtet werden. Es ist möglich, dass Nutzer:innen sich in einer rein virtuellen Umgebung „verunsichert“ fühlen, da sie nicht in der Lage sind die reale Welt um sich herum zu sehen [Ka03]. Hingegen besitzen VR-Anwendungen einen höheren Immersionsgrad als AR-Anwendungen, wodurch folglich das verstärkte Gefühl von Präsenz innerhalb der virtuellen Umgebung die sensorischen Erfahrungen der Schüler:innen zusätzlich erweitern [SCL22]. Ob diese genannten Aspekte zu Unterschieden im Geometrieverständnis oder anderen Effekten führen, gilt es zu untersuchen.

4 Zusammenfassung



Mithilfe der Literaturrecherche kann zusammengefasst werden, dass AR- und VR-Anwendungen, verglichen mit textbasierten Methoden, durchaus gewinnbringend für den Geometrieunterricht sind. Zu diesem Zeitpunkt ist allerdings unklar, inwieweit sich AR- und VR-Anwendungen von computerbasierten Medien und untereinander unterscheiden. Zukünftige Studien sollten auch umfassendere Geometrieanwendungen hinsichtlich ihres Designs untersuchen, um so mögliche Rückschlüsse zur (effektiveren) Gestaltung des Geometrieunterrichts ziehen zu können. Festgestellte Effekte, wie kreatives Denken, deuten darauf hin, dass die Stärke von AR und VR nicht ausschließlich in einem verbesserten Geometrieverständnis, sondern auch in der Förderung anderer Aspekte liegt.

Literaturverzeichnis

- [AM20] Auliya, R.M.; Munasiah: Augmented Reality Affects Students' Attitude and Conceptual Understanding in Learning 3D Geometry. Indonesian of Educational Journal 9(2)/20, 203-212, 2020.
- [AZ20] Arvanitaki, M.; Zaranis, N.: The Use of ICT in teaching geometry in primary school. Education and Information Technologies 25(6)/20, 5003-5016, 2020.

- [Bh21] Bhagat K.K. et. al.: Tracking the process and motivation of math learning with augmented reality. *Educational Technology Research and Development* 69(6)/21, 3153-3178, 2021.
- [Ch19] Chen, Y.: Effect of Mobile Augmented Reality on Learning Performance, Motivation, and Math Anxiety in a Math Course. *Journal of Educational Computing Research* 57(7)/19, 1695-1722, 2019.
- [DL19] Demitriadou, E.; Lanitis, A.; EVALUATION OF VIRTUAL REALITY AND AUGMENTED REALITY FOR TEACHING THE LESSON OF GEOMETRIC SOLIDS TO PRIMARY SCHOOL CHILDREN. In (IATED): EDULEARN19 Proceedings. 3339-3343, 2019.
- [Fl19] Flores-Bascañana, M. et. al.: On Augmented Reality for the Learning of 3D-Geometric Contents: A Preliminary Exploratory Study with 6-Grade Primary Students. *Education Sciences* 10(1)/20, 1-9, 2019.
- [Ka03] Kaufmann, H.: *Collaborative Augmented Reality in Education*, 2003.
- [KD07] Kaufmann, H.; Duenser, A.: Summary of Usability Evaluations of an Educational Augmented Reality Application. In (Shumaker, E.): *ICVR 2007: Virtual Reality*. 660-669, 2007.
- [LCC13] Lin, H.-C. K.; Chen, M.-C.; Chang, C.-K.: Assessing the effectiveness of learning solid geometry by using an augmented reality-assisted learning system. *Interactive Learning Environments* 23(6)/15, 799-810, 2013.
- [Ma20] Maffei, J. T.: *THE EFFECT OF AUGMENTED REALITY ON LEARNING IN THE MATHEMATICS CLASSROOM*, 2020.
- [RRC21] Rodríguez, J. L.; Romero, I.; Codina, A.: The Influence of NeoTrie VR's Immersive Virtual Reality on the Teaching and Learning of Geometry. *Mathematics* 9(19)/21, 1-22, 2021.
- [LRF18] Leitão, R.; Rodrigues, J.; Fernandes-Marcos, A.: Mobile Learning: Benefits of Augmented Reality in Geometry Teaching. *Enhancing Art, Culture, and Design With Technological Integration*, 234-257, 2018.
- [SC20] Sun, K. T.; Chen, M. H.: Utilizing MAR for Remedial Teaching of Compound-Cube-Surface Area at Elementary School in Taiwan. *International Journal of Information and Communication Technology Education* 16(2)/2020, 18-35, 2020.
- [SCL22] Su, Y.-S.; Cheng, H.- W.; Lai, C.-F.: Study of Virtual Reality Immersive Technology Enhanced Mathematics Geometry Learning. *Frontiers in Psychology* 13/22, 1-8, 2022.
- [Yo20] Yousef, A. M. F.: Augmented reality assisted learning achievement, motivation, and creativity for children of low-grade in primary school. *Journal of Computer Assisted Learning* 37(4)/21, 966-977, 2021.
- [ÖİÇ17] Önal, N.; İbili, E.; Çalışkan, E.: Does Teaching Geometry with Augmented Reality Affect the Technology Acceptance of Elementary School Mathematics Teacher Candidates?. *Journal of Education and Practice* 8(19)/17, 151-163, 2017.

On the Lack of Recognition of Software Artifacts and IT Infrastructure in Educational Technology Research

Natalie Kiesler ¹ und Daniel Schiffner ²

Abstract: In the context of educational technology research, it is common practice that computer scientists and IT specialists provide support in terms of software and infrastructure for data gathering and processing, storage, analysis and many other services. Ever since Big Data, Learning Analytics and machine learning algorithms have become increasingly feasible, the implementation of programs can be considered a cornerstone of today's professional research. Contrary to this trend, software as a method for research is hardly recognized within the community, conferences and publication organs. The same applies to processed research data. Therefore, the authors question the current practices and lack of FAIRness related to the publication of software artifacts by discussing the challenges in terms of acknowledgements, review processes, reproducibility and reuse. The paper concludes with recommendations for future FAIR and Open Science practices.

Keywords: Open Science, FAIR principles, epistemology, technology-based research, software, research data management

1 Introduction

Computer scientists and IT specialists experience several challenges when trying to publish research data, software solutions and implementations for data processing. In the context of conference calls for papers, for example, researchers are invited to submit source code, data, survey texts, protocols and other supplementary material that is supposed to “help others replicate your work”. However, these invitations are too often accompanied by the following assertion: “Reviewers are not required to review your supplementary materials, your paper submission must stand on its own.” [Ch22] The inherent dichotomy creates a vicious cycle: Technology-related research contributions can only, if at all, describe software models and architectures on a very abstract level and developers have few incentives to publish high quality source code. As a consequence, challenges to reuse, replicate or re-implement research are imminent in the field [BHR18]. Threats to validity, bias related to the publication of only positive and significant results (File-Drawer problem), as well as high costs of sharing information amplify the problems of non-transparent, closed approaches to research [VR18].

¹ DIPF | Leibniz Institute for Research and Information in Education, Information Center Education, Rostocker Straße 6, 60323 Frankfurt am Main, kiesler@dipf.de, <https://orcid.org/0000-0002-6843-2729>

² DIPF | Leibniz Institute for Research and Information in Education, Information Center Education, Rostocker Straße 6, 60323 Frankfurt am Main, schiffner@dipf.de, <https://orcid.org/0000-0002-0794-0359>

With sustainability as this year's conference theme in mind, the current recognition and publication practice of software artifacts in educational technology research raises several questions. In this paper, the authors discuss the merits of technology for research along with the challenges for implementing, reporting and keeping track of software solutions as part of the epistemological process. As a result, we advocate for recognizing software artifacts as research in alignment with the FAIR principles, thereby easing software reuse and replication.

2 Background and Current Practices

The development of software artifacts and infrastructure is a continuous process that can cause several challenges in research within or utilizing computer science. Although keeping track of software versions with the help of repositories such as GitHub is simple, receiving recognition for software, its versions and components as a tool or methodology for research within the common publication metrics is not. The FAIR approach to research data management requires **F**indable, **A**ccessible, **I**nteroperable and **R**eusable research including data [Go22]. These principles align with the calls for Open Science [Ce22, Wi14], and to some extent with the open access strategy of the German Research Foundation (DFG) [Df22]. In computer science and related disciplines such as educational technology, however, data also translates to software artifacts in the form of scripts, programs or tools that gather or process data to enable experimentation.

In this context, few options for the publication of software artifacts can be considered first steps towards Open Science and FAIRness. The most common example is the use of repositories for code or software modules. Online platforms based on GitHub inherently support version control and collaboration, thereby reflecting on the development of software as a step-by-step process. However, GitHub does not provide artifacts with a persistent Digital Object Identifier and, hence, are not permanently citable in a meaningful way. Zenodo, for example, does, but the threshold for a successful submission (i.e., for it to be reusable) is extremely high in terms of the expected software maturity and documentation. Another challenge when using Zenodo is the lack of alignment with the software development life cycle. Furthermore, there are very few incentives for authors to participate in this process. A second example is the initiation of new categories at conferences aiming at the introduction of tools or other resources. The problem is that these categories usually provide little room for a thorough presentation, e.g., within two (demo) to six (practice) pages at DELFI. And again, these categories neither demand supplementary material, nor their review. This is different in other CS domains such as software engineering, where conferences comprise technical tracks up to ten plus two pages, open science policies and compulsory quality reviews. A third approach towards software publication is the *NISO RP-31-2021 Reproducibility Badging and Definitions* as recommended practice [Ni22]. It aims at a standardized badging system that can be applied in review processes of software artifacts. Moreover, the recommended practice outlines badge systems for sharing and reviewing data and methods which are currently applied by publishers and professional societies including ACM and IEEE. A similar approach is

given by the CESSDA Technical Guidelines [Co21]. The last good practice example is constituted by the transfer of FAIR principles to research software [KGH21]. This effort highlights the role of software in the research process and the need for more transparency and data provenance.

Despite the few good practice examples and an increasing awareness of software artifacts' role in Open Science, we observe the following deficits of current practices in terms of FAIRness and the four guiding principles [Gi22]:

- **F**: Lack of strategies for long-term preservation and adding metadata, as well as a lack of search engines, options and infrastructure for publication.
- **A**: Proprietary software components and protocols are unavailable and not universally-implementable.
- **I**: Lack of archives for environments/contexts for successful execution of software artifacts (e.g., virtual machines, containers, formats or versions). Complex systems are not easily set up or embedded in a research environment.
- **R**: Lack of standards for data provenance and documentation in machine-readable formats.

3 Discussion of the Current Practice

The outlined deficits in terms of FAIRness imply that present approaches are neither sufficient for the thorough development, investigation, nor the reuse and replication of software artifacts in the context of educational technology research. Time and effort required for the implementation of FAIR are not recognized, and due to the lack of incentives it is impossible to improve the current recognition practice of software artifacts. This is why we need to discuss the merits of technology for research, its epistemological contribution, and how we can adequately report and publish software artifacts to ease verification, reproducibility and reuse of software artifacts.

It is interesting that the awareness of quantitative and qualitative research methods and the corresponding paradigms seems widespread among researchers of all disciplines, whereas the development of algorithms and software as research methods or outcomes is not. Similarly, software is data, but there is more to it. Considering this a major desiderat in the community, we need to become more explicit about what we perceive as research. Otherwise, the lack of recognition of and publication formats for software artifacts will continue to lead to several challenges for both scientists and developers. In the educational technology and computing education context, it seems as if there is still little conscientiousness for the contribution of software artifacts in the epistemological process [KMM10]. The development of tools as a research area is described as challenging “both for designing and reporting research” [Ma14]. In an effort to identify research purpose dimensions in computing education research, Malmi et al. [Ma10, p.5] distinguish 12 categories and three clusters: descriptive, evaluative and formulative. Five of these categories directly relate to information systems, technologies, or the modeling and problem solving via algorithms. Even though their study implies education research's

character and its focus on tools and technologies, review processes, open repositories, persistent identifiers and other instruments for the implementation of FAIRness, software reuse and replication studies are hardly evident.

Reuse and re-implementation of software often becomes impossible without source code, IT infrastructure and data, and yet research papers keep on describing their methodology in natural language. Even if links to repositories and other resources that would help understand the research process are provided, they are not a crucial component of the review process. However, checking code for what it does, reviewing its implementation, quality and results should be the standard procedure among publication organs. After all, this is the only method that allows for verification, supports comprehensibility, and finally helps foster software reuse, replication and its further investigation among developers and researchers. It is tempting to assume that the lack of research on tools or software artifacts in educational contexts is partially due to the lack of reproducibility of this type of data.

The low numbers of publications on or including tools may also be due to the rapid advances in computing and the community's concerns that arise from it. In general, the threshold for the publication of software is extremely high and takes time: It requires a certain level of maturity, a proper documentation and adhering to a good style, e.g., naming conventions. Implementing the CESSDA Technical Guidelines [Co21], for example, demands extensive resources, and thus time and effort to achieve high quality software. By the time the software artifact and/or research has achieved the level to get published, the developments may already be deprecated. The fact that this effort is not accounted as a scientific contribution within the traditional research/publication metrics makes it even worse. As a consequence, the reluctance to publish software is reinforced.

Yet another challenge related to software as research data is the necessity of keeping track of its versions, further developments and the respective results, thereby recognizing the contributions of individuals and the software's history. Despite the availability of open repositories such as GitHub, uploading software artifacts alone is not a solution ensuring data provenance. It neither provides credit to the authors in the form of persistent identifiers. Moreover, software artifacts do not work in an isolated repository without a proper description of the context required for its successful execution in the long term. Software artifacts and their versions must be accompanied by data related to the study protocol, instruments, data gathering and analysis, the executing infrastructure, as well as results. Therefore, tracing all steps of the research process and software versions is still a challenge. It is thus important to allow for an integrated presentation of all of these elements and their dependencies to allow for reuse (and reproducibility). This is supposed to be the standard for any research, regardless of whether or not software was developed or utilized.

It is true though that educational technology research differs from empirical research in education where replication studies are considered a valid construct and goal of research. In the context of technology-based research, software replications can and should be avoided. Regardless of this divergence, we should be able to understand and verify software artifacts based on the published material and source code. In an ideal scenario,

tools and technologies can be reused, improved or extended through collaborative efforts so that the wheel will not be reinvented again and again.

4 Conclusion and Next Steps

Having discussed the systematic challenges resulting from the lack of recognition towards software artifacts, we suggest several steps for the educational technology research community to become more FAIR and adhere to the Open Science principles:

1. Provide attribution in the scientific community for developed infrastructures and software solutions. They are not just a tool; they are the foundation of empirical research, method and result within the context of the technology-enhanced learning community.
2. Foster existing methods to publish software and encourage extension of or alternatives to existing methodologies (e.g., OSF, Zenodo, LearnSphere, GitHub, Figshare, Renku, Software Heritage Foundation, etc.).
3. Establish new publication categories that reflect the software development processes, including mandatory reviews of software artifacts and infrastructure among publishing organs.
4. Live and preach: “Don't reinvent the wheel”. The FAIR principles, among others, help overcome restrictions, but are only guiding towards an Open Science community. If FAIR was the reality, other community members could use existing solutions and contribute to them without having to invest into a large ecosystem. While software constitutes the starting point, interfaces and services can be considered the gold standard we should achieve.

In summary, there is a need for incentives and attribution within the community when it comes to software and IT infrastructure publication. There should be persistent identifiers and accompanying publication formats. More importantly, software, IT infrastructure and source code must be recognized as output of scholarly research [JHK21], and common guidelines for its review must be established. We strongly encourage further initiatives to improve software quality and interoperability within our community.

Bibliography

- [BHR18] Beardsley, M.; Hernández-Leo, D.; Ramírez, R.: Seeking reproducibility in multimodal learning experiments: Assessing an EEG study of the testing effect. *Journal of Computer Assisted Learning*, 2018, <https://doi.org/10.1111/jcal.12265>.
- [Ce22] Center for Open Science, <https://www.cos.io/initiatives/top-guidelines>, Accessed: 18.2.2022.
- [Ch22] CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, <https://chi2022.acm.org/for-authors/presenting/papers/>, Accessed: 17.02.2022.

- [Co21] Consortium of European Social Science Data Archives, <https://docs.tech.cessda.eu/>, Accessed: 04.03.2022.
- [Df22] Deutsche Forschungsgemeinschaft, https://www.dfg.de/foerderung/programme/infrastruktur/lis/open_access/, Accessed: 18.2.2022.
- [Gi22] Gesellschaft für Informatik e.V., <https://youtu.be/jLcYCgHxI8s>, Accessed: 22.2.2022.
- [Go22] GO Fair, <https://www.go-fair.org/fair-principles/>, Accessed: 10.2.2022.
- [JHK21] Jay, C.; Haines, R.; Katz, D.S.: Software must be recognised as an important output of scholarly research, *International Journal of Digital Curation*, v.16(1), 2021.
- [KGH21] Katz, D. S.; Gruenpeter, M.; Honeyman, T.: Taking a fresh look at FAIR for research software, *Patterns* v.2(3), 100222, 2021.
- [KMM10] Kinnunen, P.; Meisalo, V.; Malmi, L.: Have we missed something? identifying missing types of research in computing education. In: *Proceedings of the Sixth international workshop on Computing education research*, ACM, New York, p. 13-22, 2010.
- [Ma14] Malmi, L.: Tools research-what is it? *ACM Inroads* 5, 3 (09/2014), p. 34–35, 2014.
- [Ma10] Malmi, L.; Sheard, J. S.; Bednarik, R.; Helminen, J.; Korhonen, A.; Myller, N.; Sorva, J.; Taherkhani, A., Characterizing research in computing education: a preliminary analysis of the literature. In: *Proceedings of the Sixth international workshop on Computing education research*. ACM, New York, p. 3-12, 2010.
- [Ni22] National Information Standards Organization, <http://www.niso.org/standards-committees/reproducibility-badging>, Accessed: 18.2.2022.
- [VR18] van der Zee, T.; Reich, J.: Open Educational Science. *SocArXiv Papers*, <http://doi.org/10.17605/OSF.IO/D9BME>, Accessed: 18.02.2022.
- [Wi14] Winfield, A. F.: Open science-a three level approach. *Science, Innovation and Society-Responsible Research and Innovation Conference*, Rome, 20.11.2014.

Posterbeiträge

Ein Konzept zur Unterstützung der Entwicklung von Virtual Reality Lernszenarien durch die Einbindung von Learning Analytics und Open Educational Resources

Sergej Görzen ¹, Birte Heinemann ¹ und Ulrik Schroeder ¹

Abstract: Vielfältige Anforderungen aus unterschiedlichen Disziplinen machen die Gestaltung von Lernszenarien in Virtual Reality (VR) zu einer komplexen Aufgabe. Die Komplexität setzt sich zusammen aus einer Verbindung von technologischen Herausforderungen, didaktischem Design, Anforderungen der Stakeholder und freier und offener Bildungsmaterialien. Dieser Beitrag präsentiert ein Lösungskonzept für die technischen Herausforderungen dieser Aufgabe. Dieses betrachtet Komponenten eines VR-Szenarios als Open Educational Resources (OER), die eine direkte Integration von Learning Analytics (LA) unterstützen sollen. Das Ziel dieses Vorhabens ist die iterative Erstellung eines Frameworks zur Entwicklung erweiterbarer und wiederverwendbarer VR-Lernmodule, die unter anderem eine automatisierte Lerndatensammlung ermöglichen und in Learning Management Systemen (LMS) als WebXR-Lerneinheiten integriert werden können.

Keywords: Virtual Reality, WebXR, Learning Analytics, Open Educational Resources

Motivation & Lösungsansatz

Der Einsatz von VR-Technologien stößt auf immer größer werdendes Interesse [Ra20] und verzeichnet positive Auswirkungen in Bildungskontexten [HGS22]. Zwar gibt es erste konzeptuelle Ansätze (z.B. OXREF [Abs21]) zur ganzheitlichen Gestaltung von VR-Lernszenarien als OER, doch fehlen etablierte Gestaltungsrichtlinien [Fo15] und VR als OER ist häufig nur in Form von fertigen 3D Modellen zu finden. [Ra20] fordert bessere Evaluationsprozeduren, weil häufig nur die Benutzbarkeit anstelle von Lernerfolgen in VR-Szenarien evaluiert werden und es wenig Erfahrungsberichte über die Integration von VR in echte Lernkontexte, z. B. in Hochschulveranstaltungen, gibt. Dementsprechend ist es bei *VR für Bildung* schwierig auf existierenden Experimenten aufzubauen. Entwickler*innen stehen somit sowohl vor wiederholten didaktischen als auch technischen Herausforderungen, wie z. B. der Lerndatenerfassung. Zwar gibt es zahlreiche Autorenwerkzeuge zur Erstellung von VR-Lernszenarien, jedoch integriert keines der freien Lösungen LA oder andere Methoden zur Lerndatenerfassung und -evaluation [SIM19]. Das Ziel des in diesem Beitrag vorgestellten Konzepts ist es Entwickler*innen bei der Konstruktion von VR-Lernszenarien zu unterstützen. Dabei sollen Grundlagen für eine einfache Arbeit mit LA und für die Wiederverwendung von VR-Lernbausteinen als

¹ RWTH Aachen, Informatik 9, Ahornstr. 55, 52074 Aachen, {goerzen, heinemann, schroeder}@informatik.rwth-aachen.de, <https://orcid.org/{0000-0003-3853-2435, 0000-0002-7568-0704, 0000-0002-5178-8497}>



OER geschaffen werden. Initial wird die nachfolgende Forschungsfrage verfolgt: **Wie kann die Entwicklung von VR-Lernszenarien unter Einbindung von Learning Analytics und OER unterstützt werden?** Diese unterteilt sich in mehrere Unterfragen, einschließlich *Welche Anforderungen müssen bei der Entwicklung von VR-Lernszenarien erfüllt werden?*, *Wie kann LA in VR-Lernszenarien unterstützt werden?* und *Wie können VR-Lernszenarien und ihre Bestandteile als OER bereitgestellt werden?*.

Der geplante Ansatz verfolgt einen iterativen, nutzerzentrierten Entwicklungsprozess. Gemeinsam mit Stakeholdern werden pädagogische VR-Interventionen identifiziert und als kurze modulare Lerneinheiten (3-7 Minuten) designt. Als erster Schritt wird die Analyse bereits implementierter Interventionen hinsichtlich ihrer Eignung für das hier vorgeschlagene Konzept vorgenommen. Zum Beispiel eignet sich RePiX VR [HGS22] als Intervention, um schrittweise interaktive Lernanweisungen zur Rendering Pipeline in der Computergrafik zu bieten. Zur Unterstützung von Benutzerevaluation als auch für Untersuchungen zum Lernerfolg, wird ein adaptives LA Modul in die VR-Bausteine integriert (Built-in LA). Jedes LA Modul liefert fertige LA Dashboard Elemente (bspw. Avatar Position als Heatmap). Die Wiederverwendbarkeit der Bausteine als auch der Lerneinheiten spart zukünftige didaktische und technische Gestaltungsarbeit und ermöglicht weitere Evaluationen in anderen Kontexten. Zur leichteren Verankerung von VR-Bausteinen in unterschiedlichen Bildungskontexten, können diese mittels WebXR in gängige LMS integriert und neben VR-Geräten auch mit mobilen Endgeräten verwendet werden. Hierbei können Inhalte der VR-Lerneinheit auf Informationen vom LMS reagieren, sowie Informationen ins LMS zurückspielen. Unity wird verwendet, um die VR-Lernbausteine als HTML5-Pakete im SCORM Format auszuliefern. Alle Anforderungen und Ergebnisse werden zu einem Framework und einem Prozessmodell abstrahiert, welches auf weitere Lernszenarien übertragbar ist und Schnittstellen zwischen VR, LA und OER schafft.

Literaturverzeichnis

- [Ab21] Abeywardena, I.: OXREF: Open Extended Reality for Education Framework, International Conference on Open and Innovative Education, Hong Kong SAR, 2021.
- [Fo15] Fowler, C.: Virtual Reality and Learning: Where Is the Pedagogy?: Learning Activities in 3-D Virtual Worlds. *British J. of Educational Technology* 46/2, S. 412–422, 2015.
- [HGS22] Heinemann, B.; Görzen, S.; Schroeder, U.: RePiX VR - Learning Environment for the Rendering Pipeline in Virtual Reality. In: *Eurographics 2022 - Education Papers*. 2022.
- [Ra20] Radianti, J.; Majchrzak, T. A.; Fromm, J.; Wohlgenannt, I.: A Systematic Review of Immersive Virtual Reality Applications for Higher Education: Design Elements, Lessons Learned, and Research Agenda. *Computers & Educ.* 147, Art. 103778, 2020.
- [SIM19] Stojšić, I.; Ivkov-Džigurski, A.; Maričić, O.: Virtual Reality as a Learning Tool: How and Where to Start with Immersive Teaching. In (Daniela, L., Hrsg.): *Didactics of Smart Pedagogy*. Springer International Publishing, Cham, S. 353–369, 2019.

Das VR Klassenzimmer als Experimentallabor für die systematische Erforschung der Blickbewegungen von Lehrkräften

Birte Heinemann ¹, Deborah Hennig², Ali Ismail¹ und Ulrik Schroeder ¹

Abstract: Die Forschung zeigt, dass sich die Blickmuster von Menschen unterschiedlicher Professionalisierungsstufen unterscheiden, so auch bei Lehrkräften. Doch die genaue Untersuchung in realem Unterricht ist aufwändig und die Forschung ist kaum standardisierbar. Diese Lücke kann durch das VR Klassenzimmer geschlossen werden. Der Beitrag stellt den aktuellen Stand der Forschung vor und präsentiert die Möglichkeiten des VR Klassenzimmers zur standardisierten und systematischen Erforschung des Blickverhaltens von Lehrkräften, insbesondere dem Vergleich von verschiedenen Erfahrungsstufen im Klassenraummanagement.

Keywords: Eye-Tracking, Lehrerbildung, Virtual Reality, Learning Analytics, Klassenraummanagement, pädagogische Professionalisierung

1 Motivation und Hintergrund

Lehrpersonen gelten als entscheidende Faktoren für die Initiierung erfolgreicher Lehr- und Lernprozesse [Mo17]. Das Training und die Reflexion von verschiedenen Unterrichtssituationen gehören zur Lehramtsausbildung und bilden ein Kernelement bzw. eine Basis pädagogischer Professionalisierung. Dabei geht es um den Erwerb professionsspezifischer Wissensstrukturen und Wahrnehmungspraktiken. Ein bekanntes Konzept dazu liefert Goodwin [Go94] mit ‚professionell vision‘, welches häufig auf die Lehramtsausbildung übertragen wird. Dabei liegt der Schwerpunkt auf Klassenraumsituationen, für welche ein nicht abbreißender Fluss an Ereignissen charakteristisch ist.

Das Training zur Wahrnehmung der Klassenzimmersituation kann mit verschiedenen Lehrmethoden unterstützt werden. Eine Möglichkeit bieten simulierte Klassenzimmer in virtueller Realität [Wi21]. Diese Technologie bietet vielfältige Möglichkeiten. So können dort erhobene Daten zur Erforschung von Lernprozesse beitragen. Oder systematische Anpassungen vorgenommen werden, um die Strategieentwicklung im Prozess der Professionalisierung zu beobachten.

¹ RWTH Aachen, Lerntechnologien, Ahornstr. 55, 52074 Aachen, heinemann@informatik.rwth-aachen.de
<https://orcid.org/0000-0002-7568-0704>; schroeder@csinformatik.rwth-aachen.de
<https://orcid.org/0000-0002-5178-8497>

² RWTH Aachen, Erziehungswissenschaft, Eilfschornsteinstr.7, 52056 Aachen, deborah.hennig@rwth-aachen.de

Eine Datenquelle, die durch die Nutzung von virtueller Realität leichter zugänglich wird, ist die Blickerfassung, welche für die Wahrnehmung eine große Rolle spielt. Aufwändige Forschungsdesigns mit Eye-Tracking Brillen in realen Klassenräumen zeigen das Potenzial der Methode, um die verschiedenen Klassenraummanagement Strategien zu untersuchen [MJK19], die unterschiedliche Blickmuster für verschiedene Professionalisierungsstufen nachweisen.

2 Empirische Untersuchung



Die systematische Manipulation von realen Untersuchungssettings wie in [MJK19] ist kaum möglich und andere Settings, wie zum Beispiel Videos, weisen eine mangelnde Interaktivität auf [Wo16]. Die Ergebnisse dieser Studien zeigen, dass es messbare Unterschiede zwischen Lehrkräften gibt, bspw. Unterschiede aufgrund von kulturellen Einflussfaktoren [MJK19] und dem Ausbildungsstand [Wo16], [MJK19].

Die entstehenden Lücken aufgrund von aufwändigen, schwer manipulierbaren oder der methodisch erzwungenen Passivität der Lehrkräfte, können durch den Einsatz einer interaktiven Simulation in VR reduziert werden. Der Beitrag stellt das Experimentaldesign und die Hintergründe zu der geplanten systematischen Untersuchung im VR Klassenzimmer vor. Das Setting kann z.B. wie bei [MJK19] aufgebaut sein, so kann eine Vergleichbarkeit ermöglicht werden. Die drei folgenden Fragen sollen hierbei untersucht werden. Erstens auf welche Aspekte des Lehrens oder Lernens konzentriert sich die visuelle Aufmerksamkeit der Lehrkräfte, z.B. SuS vs. Lehrmaterial? Die gewonnenen Ergebnisse werden mit realen Daten aus [MJK19] verglichen. Zweitens, welche „Unterrichtsmomente“ werden von Lehrkräften wahrgenommen und wie unterscheiden sich erfahrene von unerfahrenen Lehrkräften in dieser Hinsicht? Drittens, (wie) kann die gezielte Reflexion der Daten zur visuellen Aufmerksamkeit die Lernenden im Professionalisierungsprozess unterstützen? Welche Art der Visualisierungen unterstützen die Reflexion besonders effektiv?

Literaturverzeichnis

- [Go94] Goodwin, C.: Professionel Vision. *American Anthropologist*, New Series, 96(3), 606–633, 1994.
- [Wi21] Wiepke, A; Heinemann, B; Lucke, U; Schroeder, U: Jenseits des eigenen Klassenzimmers: Perspektive & Weiterentwicklungen des VR-Classrooms. In: DELFI 2021. Bonn: Gesellschaft für Informatik e.V. (S. 331-336).
- [MJK19] McIntyre, N. A.; Jarodzka, H.; Klassen, R. M.: Capturing Teacher Priorities: Using Real-World Eye-Tracking to Investigate Expert Teacher Priorities across Two Culture. *Learning and Instruction* 60/2019, 215–24, 2019.
- [Mo17] Moser, G.: Professionelle Unterrichtswahrnehmung und gezielte Beobachtung. *Pedocs*, 2017.
- [Wo16] Wolff, C. E.: Revisiting ‚Withitness‘: Differences in Teachers’ Representations, Perceptions, and Interpretations of Classroom Management. PhD Thesis, Heerlen: Open University of the Netherlands, 2016.

Requirements and Design of a Training System for Domestic Workers

Valentin Grimm ¹, Laura Geiger², Jessica Rubart ³ und Gudrun Faller⁴

Abstract: Employees in household-related services have so far been neglected in research and practice. The overall goal of our project is to identify work-related stress of this special target group, develop recommendations, and disseminate them using low-threshold, attractive edutainment offers. In this context, this contribution presents a learning platform design for the special target group of domestic workers, such as gardeners or cleaners. The design is based on a requirements analysis with respect to this special target group, which we as well outline in this contribution.

Keywords: E-Learning, Minority Group, Gameful Design, Gamification

1 Introduction

Employees in household-related services, also called domestic workers, can be considered as a vulnerable target group due to multiple social and health-related disadvantages. This special target group has so far been neglected in research and practice. The project *Gekonnt hanDeln*⁵ focuses on the identification of work-related stress of employees in close-to-home services, both legally as well as non-legally employed. Based on a participatory research process we develop recommendations for the target group and disseminate them using low-threshold, attractive edutainment offers through a web-based platform. Those offers aim at training work-related social and health skills. This work outlines the design of our platform, discussing requirements and gamification concepts.

2 Outline

As preparation for the development of the web-based training platform, we conducted a preliminary requirements analysis. The target group was analyzed by studying scientific

¹ Ostwestfalen-Lippe University of Applied Sciences and Arts, Applied Computer Sciences, An der Wilhelmshöhe 44, Höxter, 37671, valentin.grimm@th-owl.de, <https://orcid.org/0000-0003-0581-0662>

² Hochschule für Gesundheit Bochum, Department of Community Health, Gesundheitscampus 6 – 8, Bochum, 44801, laura.geiger@hs-gesundheit.de

³ Ostwestfalen-Lippe University of Applied Sciences and Arts, Applied Computer Sciences, An der Wilhelmshöhe 44, Höxter, 37671, jessica.rubart@th-owl.de, <https://orcid.org/0000-0003-0937-3551>

⁴ Hochschule für Gesundheit Bochum, Department of Community Health, Gesundheitscampus 6 – 8, Bochum, 44801, gudrun.faller@hs-gesundheit.de

⁵ Funded by the Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF); Thanks to our partners Minijob Zentrale and Unfallkasse NRW

works concerning their work-related stresses and strains, their legal rights and scientific work on accidents in close-to-home services. Additionally, individual interviews, a representative survey and workshops with legally and illegally employed workers, were carried out that focused on health and stress-related topics. The main findings were that the average age is comparatively high with 17 % being over 65. Most of the people in the target group being women (~90%) [Kn20]. Our interviews additionally revealed that smartphones are much preferred over desktop PCs, which are often not available. Lastly, they often miss social interaction with peers. As a result, we formulated the following main requirements for the training platform:

1. Teaching of essential knowledge for domestic workers,
2. creating a sense of relatedness to peers,
3. offering objective feedback to their knowledge,
4. intuitive orientation and open-access,
5. offering appealing content through gamification and multimedia-content and
6. reducing challenge rather than introducing challenge to motivate use.

With respect to these requirements, we designed a platform that offers a playful learning experience. Three interactive learning assets offer this experience: *Quizzes* comprise questions with respect to topics like physical health, mental health and legal rights. In *interactive adventures*, the user can follow a virtual character and help them through every day, challenging situations. Lastly, users can watch acted *videos* where different real-life situations are shown with helpful advice for their personal working life. These three learning assets shall keep users interested, make theoretical knowledge more graspable and provide content for different personal preferences. To improve the motivation of use, we developed a gameful design [De15]. This resulted in a “workshop”-narrative where the characters from the adventures accompany the user for the quizzes and videos, give advice on what to do next and cheer up the users for being successful. Additionally, we split the quizzes in small chunks, work on progress feedback for finishing quizzes and videos, and aim at an “endgame” experience.

3 Conclusions and Future Work

We gave a short overview of the requirements and the approach of a training platform for domestic workers. The resulting design facilitates established learning assets and provides gamefulness. The addressed requirements are mainly concerned with ease-of-use, the target group's potential lack of relatedness to colleagues in their working field as well as the group's lack of objective feedback to their skills and knowledge. Further research aims at finalizing the technical implementation of the training system for public deployment to collect more feedback-data on the presented design.

Bibliography

- [Kn20] Deutsche Rentenversicherung Knappschaft-Bahn-See: Jahresreport 2020
- [De15] Deterding, S.: The lens of intrinsic skill atoms: A method for gameful design. *Human-Computer Interaction* 3-4/30, S. 294–335, 2015.

Physik durch Informatik

Didaktisches Konzept für Selbsttests

Dominik Giel ¹

Abstract: Selbsttests in Lernmanagementsystemen (LMS) ermöglichen es Studierenden, den eigenen Lernfortschritt einzuschätzen. Das didaktische Konzept *Physik durch Informatik* (PDI) ist charakterisiert durch die Nutzung einer Programmiersprache zur Lösungseingabe bei Mathematik- und Physik-Aufgaben. Im Gegensatz zur Lösungseingabe durch Zahlenwerte oder im Antwort-Auswahl-Verfahren erfordert die Implementierung einer Lösung in einer Programmiersprache eine höhere Kompetenzstufe.

Keywords: Selbsttests; Lernmanagementsystem; Design Based Research; Physikdidaktik

1 Das didaktische Konzept Physik durch Informatik (PDI)

Das didaktische Konzept *Physik durch Informatik* (PDI) zielt darauf ab, Defizite beim Problemlösen in der Physik zu verringern [Br17] und beruht darauf, eine Programmiersprache in den Übungen zu den Grundlagenvorlesung Physik und Mathematik der Ingenieurwissenschaften einzusetzen, damit Studierende eigenständig Lösungen physikalisch-mathematischer Übungsaufgaben formulieren. PDI soll die Aufgabenlösung durch auswendig gelernte Formeln verhindern und somit das Erreichen einer höheren Kompetenzstufe nach der Taxonomie von Bloom und ihren Weiterentwicklungen [Vo20] ermöglichen (*Anwenden* und *Analysieren* statt *Erinnern*).

Während der Corona-Pandemie waren die üblichen Präsenztutorien, in denen Studierende tutorielle Unterstützung bei der Bearbeitung freiwilliger Übungsaufgaben erhalten, nicht durchführbar, weswegen Onlinetutorien um Selbsttests auf dem LMS ergänzt wurden. Das Konzept PDI soll die Problematik konventioneller LMS-Aufgabentypen (Antwort-Auswahl-Verfahren) vermeiden, die eher das *Erinnern* als das *Anwenden* fördern. Bei der klassischen Aufgabenstellung wird im Rahmen der Aufgabe eine Berechnung von Zahlenwerten verlangt, z. B. *Wie weit fliegt ein Ball, der mit 4 m/s unter 45 ° abgeworfen wird?* Nach dem Entwurfsmuster PDI wird die Frage so umformuliert, dass die Studierenden einen Lösungsalgorithmus in einer Programmiersprache implementieren muss, z. B. *Implementieren Sie eine Funktion $weite(v)$, die die Wurfweite in der Einheit Meter bei einem schiefen Wurf unter 45 ° als Funktion der Startgeschwindigkeit v in der Einheit m/s zurückgibt.* Der Selbsttest erfordert dann die Abgabe eines entsprechenden

¹ Hochschule Offenburg, Badstr. 24, 77652 Offenburg, dominik.giel@hs-offenburg,
<https://orcid.org/0000-0001-7369-0768>

Quelltextes, der die syntaktischen Anforderungen der Programmiersprache und die inhaltlichen Anforderungen der Aufgabenstellung erfüllen muss. Damit werden drei Ziele erreicht: Erstens erkennen die Studierenden, dass eine Beschränkung auf das Erinnern einer Formel nicht zum Ziel führen kann. Zweitens wird durch Abgabe des Quelltextes in einer Programmiersprache eine vollständig automatisierte Auswertung ermöglicht. Drittens ist das Erlernen einer Programmiersprache an sich ein Ausbildungsziel vieler Studiengänge, das durch die fortschreitende Digitalisierung noch an Stellenwert gewinnt.

2 Umsetzung und Ausblick

Der Ansatz wurde im Sommersemester 2022 mit Studierenden in StartING² mit einer Übungseinheit zur Taylor-Entwicklung erprobt. Die Studierenden müssen in der Übung die Näherung Funktion $f(x) = \sinh(x)$ in der Umgebung einer beliebigen Stützstelle durch ein Polynom vorgegebener Ordnung nähern, was in physikalischen Anwendungen eine häufig geforderte Kompetenz ist. Die Einheit besteht aus zwölf aufeinander aufbauenden Videos einer Gesamtlänge von ca. 30 Minuten und elf Fragen vom Moodle-Typ *CodeRunner* [Co22], deren Antwort als Quellcode einzugeben ist. Die Testgruppe (n=7) löste insgesamt 50 der 77 Aufgaben (durchschnittlich 7 ± 3). Der relative Schwierigkeitsgrad, der anhand der benötigten Bearbeitungszeit errechnet werden kann, zeigte, dass die Aufgaben für die Studierenden gut zu bewältigen waren. Ab dem Wintersemester 2022/2023 ist eine Weiterentwicklung im Brückenkurs Physik sowie eine wissenschaftliche Begleitung (Design Based Research) geplant.

Diese Arbeit wurde mit Mitteln des Ministeriums für Wissenschaft, Forschung und Kunst des Landes Baden-Württemberg aus dem Programm zum Abbau pandemiebedingter Lernrückstände gefördert.

Literaturverzeichnis

- [Br17] Brandenburg M., Was beeinflusst den Erfolg beim Problemlösen in der Physik? Eine Untersuchung mit Studierenden., Logos Verlag Berlin, 2017
<https://www.zenodo.org/record/437756>
- [Vo20] Volk B. Ordnung von Lernzielen – Ordnung des Wissens. Die Bedeutung der Taxonomie von Bloom für die Wissenschaftlichkeit und Praxis der Hochschuldidaktik, In: Klassiker der Hochschuldidaktik. Doing Higher Education. Springer VS, 2020
- [Co22] CodeRunner Plugin für das Moodle LMS, <https://coderunner.org.nz/> (20.03.2022)
- [Oc22] Programmiersprache Octave, <https://www.gnu.org/software/octave/index> (20.03.2022)

² StartING ist ein Einstiegssemester, das allen Ingenieur- und Informatikstudiengängen der Hochschule Offenburg vorgeschaltet werden kann.

Innovative, digitale Lehr-/Lernsettings mit Design Based Implementation Research entwickeln: Vorgehensweise und erste Erfahrungen

Klaas Brandt¹, Ulrike Scorna², Gunnar Voß³ und Rahim Hajji ⁴

Abstract: Der (pandemiebedingte) Digitalisierungsdruck führt zu Innovation von Lehre und Lernen. Mittels des Design Based Implementation Research-Ansatzes (DBIR) werden innovative Lehr-/Lernangebote partizipativ und iterativ entwickelt, beforscht und implementiert. An der Hochschule Magdeburg-Stendal wird der DBIR-Ansatz aktuell in den Projekten H2D2 und ZAKKI angewandt. Die Zusammenarbeit von Evaluations- und Entwicklungsteams wird anhand von fünf Phasen partizipativ gestaltet. Ausgehend von der bereits abgeschlossenen Kennenlernphase diskutiert der Beitrag die sich daraus ergebenden grundlegenden Gestaltungsprinzipien einer DBIR-basierenden partizipativen Zusammenarbeit.

Keywords: DBIR, Digitalisierung, Evaluation, Kompetenz, Lehren, Lernen, Partizipation

1 Die Kontextbedingungen, Vorgehensweise und Erfahrungswerte

Aus den Notwendigkeiten der Corona-Pandemie heraus erfolgte die Innovation und die Digitalisierung der Hochschullehre weitgehend ad hoc, um die Lehre und das Lernen in Krisenzeiten sicherzustellen. Zur Beforschung digitalen Lehrens und Lernens in Zeiten des *New Normal* [Dw20] bietet sich der Design Based Implementation Research-Ansatz (DBIR) an, der sich an dem Prinzip *Forschen durch Gestalten* [MH13] orientiert. Im Fokus des DBIR-Ansatzes stehen zwei leitende Fragestellungen. Einerseits kann die Entwicklung von Lehr/Lernmaterialien im Mittelpunkt der Betrachtung stehen, andererseits die Implementation von Lehr/Lernmaterialien zum Gegenstand der Untersuchung werden. Der DBIR-Ansatz wird aktuell an der Hochschule Magdeburg-Stendal in zwei Projekten – H2D2 und ZAKKI – eingesetzt. Der DBIR-Ansatz wird in beiden Projekten in Zusammenarbeit von Evaluations- und Entwicklungsteams in fünf Phasen partizipativ umgesetzt. In der Kennenlernphase wird das Rollen- und Projektverständnis ausgehandelt, um Erwartungen abzustimmen und gegenseitiges Vertrauen zu schaffen. In der Auftragsphase wird der Gegenstand der Beforschung

¹ Hochschule Magdeburg-Stendal, Soziale Arbeit, Gesundheit und Medien, Magdeburg, Breitscheidstr. 2, Haus 1, Raum 0.41, 39114 Magdeburg, klaas.brandt@h2.de

² Hochschule Magdeburg-Stendal, Soziale Arbeit, Gesundheit und Medien, Magdeburg, Breitscheidstr. 2, Haus 1, Raum 0.36a, 39114 Magdeburg, ulrike.scorna@h2.de

³ Hochschule Magdeburg-Stendal, Soziale Arbeit, Gesundheit und Medien, Magdeburg, Breitscheidstr. 2, Haus 1, Raum 0.41, 39114 Magdeburg, gunnar.voss@h2.de

⁴ Hochschule Magdeburg-Stendal, Soziale Arbeit, Gesundheit und Medien, Magdeburg, Breitscheidstr. 2, Haus 1, Raum 0.36b, 39114 Magdeburg, Rahim.Hajji@h2.de, <https://orcid.org/0000-0003-4553-261X>

festgelegt. In der Konzeptionsphase wird vom evaluierenden Team mit dem Entwicklungsteam ein Wirkungsmodell erarbeitet. In der Evaluationsphase wird kooperativ ein Forschungsdesign für die anschließende Evaluation ausgearbeitet und vom Evaluationsteam umgesetzt. In der abschließenden Re-Designphase werden die Ergebnisse der Evaluation vor dem Hintergrund des antizipierten Wirkungsmodells kritisch erörtert. In dem iterativen Prozess kommen in Abhängigkeit von der Phase unterschiedliche Methoden zum Einsatz: die Programmbaumerstellung in der Kennenlernphase, die Formulierung von Lehr-Lernpfaden bzw. Implementationspfaden in der Konzeptionsphase und die Methoden der qualitativen und/oder quantitativen Sozialforschung in der Evaluationsphase [Ma19].

2 Ergebnisse

Bisher liegen die Ergebnisse zur Kennenlernphase vor. Anhand dieser wurden Gestaltungsprinzipien für die Zusammenarbeit zwischen Entwicklungsteam und Evaluationsteam identifiziert. Die Kommunikation mit dem Entwicklungsteam ist niedrigschwellig, wertschätzend, konstruktiv, prozess- und projektspezifisch anzulegen, so dass vertrauensvolle Beziehungen etabliert und aufrechterhalten werden können. Arbeitstreffen sind teamspezifisch und beteiligungsorientiert zu gestalten. Das evaluierende Team übernimmt die Verantwortung und Arbeit bei der Gestaltung, Durchführung und Nachbereitung der Arbeitstreffen. Die Arbeitsbelastung ist für das Entwicklungsteam so niedrig wie möglich zu halten. Das evaluierende Team fokussiert ihre Arbeit auf die Prozessgestaltung, während die Arbeit des Entwicklungsteams auf das Fachliche konzentriert ist. Zugleich orientiert sich das evaluierende Team an den Bedürfnissen und Erwartungen des Entwicklungsteams ohne dabei die eigenen Rahmenbedingungen des Arbeitens zu vernachlässigen. Inwieweit die identifizierten Gestaltungsprinzipien allgemeinen Charakter besitzen, kann anhand von weiterführenden Studien untersucht werden.

Literaturverzeichnis

- [Dw20] Dwivedi, Y. K.; Hughes, D. L.; Coombs, C.; Constantiou, I.; Duan, Y.; Edwards, J. S. et al.: Impact of COVID-19 pandemic on information management research and practice: Transforming education, work and life. In: International Journal of
- [Ma19] Martin, W.; Fishman, B.; Cheng, B.; Penuel, W. (2019): Primer: Design-Based Implementation Research. Online verfügbar unter <https://45.55.127.102/bitstream/1/1234/1/dbir-primer.pdf>.
- [MH13] Means, B.; Harris, C. J.: Towards an Evidence Framework for Design-Based Implementation Research. In: National Society for the Study of Education, 112/2, S. 350–371, 2013.

Konzeption, Umsetzung und Evaluation einer Second-User-Komponente für eine VR-Lackierwerkstatt

Laurin Liebsch¹, Matthias Weise¹ und Ulrike Lucke ¹

Abstract: Virtual Reality (VR) ist insbesondere durch den hohen Interaktionsgrad, der Immersion und dem damit verbundenen Präsenzerleben prädestiniert für kollaborative Lehr-Lernszenarien, in denen mehrere Lernende gemeinsam in einer virtuellen Umgebung agieren. Dieser Beitrag beschreibt eine Second-User-Komponente für ein VR-Lackierwerkstatt, die im Rahmen des Projekts HandLeVR umgesetzt wurde. Die Komponente ermöglicht es zwei Personen mit jeweils einem eigenen VR-Headset zusammen Lehr-Lernszenarien in der VR-Lackierwerkstatt zu durchlaufen.

Keywords: Virtual Reality, virtuelle Lernanwendung, Multi-User VR, kollaboratives Lernen

1 Einleitung

Kollaboratives Lernen stellt eine wirksame Methodik dar, um gemeinsam Kompetenzen und Fertigkeiten zu erwerben [Co94]. VR eignet sich insbesondere durch den hohen Interaktionsgrad, der Immersion und das damit verbundene Präsenzerleben für derartige Lernszenarien [ZXL18]. Ein Beispiel für praktisches Lehren und Lernen in VR ist das Projekt HandLeVR, in dem eine VR-Anwendung umgesetzt wurde, die das Erlernen grundlegender Fähigkeiten für die Ausübung des Fahrzeuglackiererberufs ermöglicht [ZW20]. Bisher ist die VR-Lackierwerkstatt nur auf einzelne Lackierende ausgelegt. Zwar ist es weiteren Personen bereits möglich die gesamte Trainingseinheit über einen Monitor zu verfolgen und Hinweise zu geben, hierbei wird eine soziale Interaktion und eine korrekte räumliche Einschätzung allerdings erschwert. Die in dieser Arbeit besprochene Erweiterung der VR-Anwendung um eine Second-User-Komponente, bei der zwei VR-Headsets verwendet werden, ermöglicht zwei Personen die Ko-Präsenz in der virtuellen Lackierwerkstatt. So können durch Peer- und Coaching-Trainingsansätze gezielt und unmittelbar Hinweise und Hilfestellungen unter Einbeziehung des Lerngegenstandes gegeben werden.

2 Umsetzung, Evaluation und Ausblick

Eine kollaborative VR-Umgebung muss das *Aufbauen von Wissen* durch *soziale Interaktion* und das Arbeiten an *geteilten Ressourcen* ermöglichen [ZXL18]. Um dies zu unterstützen, wurden in der Second-User-Komponente Avatare zur Visualisierung der

¹ Universität Potsdam, Institut für Informatik und Computational Science, An der Bahn 2, 14476 Potsdam, vorname.nachname@uni-potsdam.de, <https://orcid.org/0000-0003-4049-8088>

Nutzenden, Gesten (Zeigefinger ausstrecken und Daumen hoch), Sprachübertragung und verschiedene Werkzeuge (Laserpointer, Taschenlampe zur Auswertung der Schichtdicke und Reset-Button) umgesetzt. Eine weitere wesentliche Herausforderung war die Synchronisierung der Nutzereingaben und des Farbauftrags.

Die Anwendung wurde paarweise von fünf Auszubildenden des Fahrzeuglackiererberufs getestet, wobei bei einem Durchlauf eine unabhängige Person zur Seite stand. Die anschließende Befragung der Testpersonen fand mit einer Kombination aus dem Users Experience Questionnaire (UEQ) [LHS08] und eigenen Fragen statt, die an das Technology Acceptance Model (TAM) [DBW89] angelehnt sind. Außerdem wurde ein Fachinterview mit einer Mediendidaktik-Expertin durchgeführt.

Die Ergebnisse des UEQ deuten darauf hin, dass die Second-User-Komponente vor allem attraktiv, durchschaubar, stimulierend und originell ist. Auch die gezielten Fragen liefern Hinweise darauf, dass die Werkzeuge sinnvoll umgesetzt wurden und sich die Komponente als Ganzes für den Einsatz in kollaborativen Lernszenarien eignet. Zu berücksichtigen sind allerdings die geringe Anzahl an Testpersonen und ein möglicher Einfluss der ursprünglichen VR-Lackierwerkstatt auf die positiven Ergebnisse. Die Expertin bewertet die umgesetzte Komponente als didaktisch wertvoll, insbesondere aufgrund der besseren Reflexionsmöglichkeiten zwischen den Nutzenden und Rollenwechseln in den Lehr- und Lernszenarien. Es wurde allerdings auch angemerkt, dass die Nutzenden vom Lernen durch Spielereien abgelenkt werden könnten. Die Komponente sollte weiter hinsichtlich ihres didaktischen Nutzens und mit einer größeren Anzahl an Testperson evaluiert werden.

Literaturverzeichnis

- [Co94] Cohen, E. G.: Restructuring the classroom: Conditions for productive small groups. *Review of educational research*, 64. Jg., Nr. 1, S. 1-35, 1994.
- [DBW89] Davis, F. D.; Bagozzi, R. P.; Warshaw, P. R.: User acceptance of computer technology: A comparison of two theoretical models. *Management science*, 35(8), 982-1003, 1989.
- [LHS08] Laugwitz, B.; Held, T.; Schrepp, M.: Construction and evaluation of a user experience questionnaire. *Symposium of the Austrian HCI and usability engineering group*, S. 63-76, Springer, 2008.
- [ZW20] Zender, R.; Weise, M.: VR-Lernumgebung am Beispiel der Lackierwerkstatt im Projekt HandLeVR. *Proceedings of DELFI Workshops 2020*, S. 8, 2020
- [ZXL18] Zheng, L.; Xie, T.; Liu, G.: Affordances of virtual reality for collaborative learning. *2018 International Joint Conference on Information, Media and Engineering (ICIME)*, IEEE, 2018.

Automated feedback on teamwork in programming courses

Maximilian Karl¹ und Raphael Zender¹

Abstract: In programming courses students might work asynchronous in a team to solve tasks from the tutor. A version control system (VCS) is commonly used by programming teams and the currently most popular VCS is Git. GitHub and GitLab are tools which are based on Git and supply additional features for teams to support their teamwork. This poster shows characteristics of collaborative teams and how they are reflected in GitHub and GitLab issue history. A learning analytics algorithm can analyse the issue history of GitHub or GitLab to distinguish teams by their teamwork and give an individual feedback for each team and team member. The feedback should encourage the team members to work more collaborative and use different features of GitHub or GitLab. The goal of the poster is to illustrate the possibilities of an automated feedback to enhance the teamwork of student teams which are using a VCS for their coding tasks.

Keywords: automated feedback; learning analytics; collaboration; teamwork; Git; GitLab; GitHub

1 Motivation

The most university courses with a programming part use GitHub or GitLab for working in a team because these tools are a fundamental base for the most programmers. GitHub and GitLab have teamwork supporting features but that does not mean that they will be used by students. There are already studies which analyse GitHub or GitLab issue history regarding the teamwork [Gi20] [Ma21] but they only use the commit data and not the data of the teamwork features. This poster intends to give a first insight on how such features could be analysed with an algorithm and be used to provide an automated feedback to improve student's teamwork. This research was made in the project DiP-iT².

2 Learning analytics algorithm on GitHub & GitLab issue history

The python packages `github2pandas` and `gitlab2pandas` published on pypi are used to acquire issue histories from GitHub and GitLab. To find collaboration characteristics for the learning analytics algorithm in the issue history it is essential to know what defines a good teamwork. Previous work [HG01] describes the quality of teamwork by six categories, namely communication, coordination, balance of member contributions, mutual support, effort and cohesion. Communication can be found in the issue history as comments on commits, issues and pull or merge requests (PR) but the communication

¹ Humboldt Universität zu Berlin, Institut für Informatik, Rudower Chaussee 25, Berlin, 12489,
firstname.lastname@hu-berlin.de

² DiP-iT is supported by German Federal Ministry of Education and Research, grant number 16DHB3009

besides GitHub or GitLab cannot be tracked. Issues and PR are great features to establish a good team coordination because an issue describes a task or problem. The even balance of member contributions can be obtained by the commits. A commit consists of published file changes by one author. In case of pair programming the other author must be included in the commit message. The issue history allows to take a detailed look into every change made by one or more team members where every added or deleted line can be shown and evaluated. Changed lines of code do not reflect the time spent to solve a task because restructuring a file will lead to a high amount of changes within a short time. To encounter this problem the amount of solved issues affects the balance of member contributions too. The mutual support between the team members can be found in the PR from comments, commits and reviews. The effort of a team can be indicated by frequent activities and if the self-defined milestones are reached in time. If the team cohesion can be estimated from the issue history will need further research because this is a personal feeling and might be affected by all features. Therefore, the team cohesion will be ignored in the algorithm and will not affect the automatically generated feedback.

3 Integrated automated feedback

Based on the results of the learning analytics algorithm a feedback can be automatically generated. In GitHub an action and in GitLab a job can be defined to run after each commit or in a periodic time. With these automated processes the readme file and the project wiki can be changed to display a feedback. The feedback for the readme file should be short because the readme file holds all the important information of the project. A short feedback in form of a graph displaying the five categories in percentage and including a link to the wiki. A detailed feedback can be generated on a separate page of the wiki about how to improve the teamwork by using certain features. The goal of the feedback is to improve or to maintain a good quality of teamwork and to support students how to use various team-supporting features of GitHub or GitLab.

Bibliography

- [Gi20] Gitinabard, N.; Okoilu, R.; Xu, Y.; Heckman, S.; Barnes, T.; Lynch, C.: Student Teamwork on Programming Projects: What can GitHub logs show us? arXiv preprint arXiv:2008.11262/, 2020.
- [HG01] Hoegl, M.; Gemuenden, H. G.: Teamwork quality and the success of innovative projects: A theoretical concept and empirical evidence. *Organization science* 12/4, S. 435–449, 2001.
- [Ma21] Macak, M.; Kruzelova, D.; Chren, S.; Buhnova, B.: Using process mining for Git log analysis of projects in a software development course. *Education and Information Technologies* 26/5, S. 5939–5969, 2021.

Trends of Augmented Reality to Support Cooperation of Learning Locations in Work-Integrated Study Programs

Outline of a Delphi Study

Kevin Adamy¹

Abstract: In work-integrated study programs, university, partner universities and partner companies are often all involved in curriculum development in one way or another. Cooperation of learning locations has a great potential to increase students' learning success. Considering the development and various potentials of AR as learning technology along the virtuality continuum in a first step, a Delphi study is being carried out with relevant experts. These experts were selected based on the number of years of work experience in the research areas of 'AR' and 'Learning Technology', in industry or at a university. As a result, we expect research hypotheses in the areas of learning approach, research collaboration and technological aspects being validated.

Keywords: AR, Augmented Reality Learning, Cooperation of Learning Locations, Delphi Study, Education, Technology-Enhanced Learning, Work-Integrated Study

1 Why is There a Need for a Delphi Study?

The recent past made the importance of distributed learning locations obvious. In work-integrated studies, students interact with different learning locations, which are responsible for imparting knowledge. Work-integrated study programs are characterized by regular interlinking of academic and professional content. Different models of work-integrated study programs range from integrated apprenticeship to extra-occupational studies. Students can additionally complete semesters at partner universities abroad, which leads to students interacting with three different learning locations. The coordination and cooperation between these learning locations is essential for the success of the study and can be supported by technology [ALR20]. One of these promising technologies is Augmented Reality (AR) as it has great potential to increase the learner's motivation and engagement [A119].

Augmented Reality superimposes the real world with digital information, creates an extended view and allows stronger interactions with this information. Over the past 25 years, the application of AR in education has gone through various stages of development, namely hardware-based, application-based and web-based AR [Ga21]. Although some downsides of the current AR applications were found, due to the immersion of learning

¹ Cooperative State University Baden-Wuerttemberg Heidenheim, Marienstraße 18, 89518 Heidenheim, kevin.adamy@dhbw-heidenheim.de

content in the context of reality, various studies highlight that AR has vast potential implications and numerous benefits for the augmentation of teaching and learning environments [AI19]. Considering that 29% of learners using AR applications are in higher education, especially in the areas of natural science, mathematics, and statistics, researching the relevance of AR use in teaching in other areas, such as economics, engineering, or informatics, is of great interest [AA17].

This research is conducted to analyze the educational potential and future trend of Augmented Reality in the context of cooperation of learning locations within work-integrated studies. Based on the findings we are going to create an AR learning experience journey together with the involved institutions, such as partner universities and companies, and apply these in selected study programs, analyzing the effects on the learning performance. As this subject is not captured in the current literature, a Delphi Study is conducted to get further insights. The experts were selected based on the number of years of work experience in the research areas of 'AR' and 'Learning Technology', in industry or at a university. As a result, we identified 119 experts from 39 different countries. To identify the industry experts, partner companies in the WACE organization are contacted and selected by the above criteria [WA22]. The questions cover the three areas of 'learning approach', 'learning collaboration', and 'technological aspects'. By covering these areas, we want to identify possible effects of AR on learning experiences. Regarding Instructional Design the research aims to identify its effects on the cooperation between learning locations, and further development moving along the virtuality continuum from of AR towards MR use cases. We expect to identify future development of AR in the context of cooperation between learning locations. For the design of an AR-based learning experience it is critical to know which technological opportunities will be available in the future and how these will impact digital learning and cooperation. In summary, we expect to find research hypotheses in these areas, to be evaluated in our future research.

Bibliography

- [AA17] Akçayır, M.; Akçayır, G.: Advantages and challenges associated with augmented reality for education: A systematic review of the literature. *Educational Research Review* 3/20, pp. 1–11, 2017.
- [AI19] Altınpulluk, H.: Determining the trends of using augmented reality in education between 2006-2016. *Education and Information Technologies* 2/24, pp. 1089–1114, 2019.
- [ALR20] Arnold, R.; Lipsmeier, A.; Rohs, M.: *Handbuch Berufsbildung*. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden, 2020.
- [Ga21] Garzón, J.: An Overview of Twenty-Five Years of Augmented Reality in Education. *Multimodal Technologies and Interaction* 7/5, p. 37, 2021.
- [WA22] WACE - Advancing Cooperative & Work-Integrated Education. <https://waceinc.org/>, accessed 13 Apr 2022.

Kompetenzen für Künstliche Intelligenz (KI) in kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) aufbauen

Judith Schliephake¹, Barbara Hilgert², Andreas Heinen³ und Anja Cordes⁴

Abstract: Damit kleine und mittelständische Unternehmen (KMU) die mannigfaltigen Möglichkeiten, die Künstliche Intelligenz (KI) bietet, sicher und präventiv nutzen können, bedarf es an Kompetenzen. Der Beitrag zeigt, wie eine KI-Qualifizierung für KMU gestaltet werden kann.

Keywords: Künstliche Intelligenz, Qualifizierung, KMU, E-Learning, Lehr-Lern-Setting

1 Ausgangslage und Zielsetzung

Die Nutzung digitaler Technologien inkl. Künstlicher Intelligenz (KI) sinkt mit abnehmender Betriebsgröße [Ow21]. Damit kleine und mittelständische Unternehmen (KMU) von den zahlreichen Möglichkeiten, die KI bietet, profitieren können, bedarf es an anwendbarem Wissen. Denn obwohl sich die meisten KMU über die Chancen digitaler Technologien inkl. KI bewusst sind, existiert oftmals Unsicherheit bezüglich der eigenen betrieblichen Umsetzung. Um hier mehr Sicherheiten zu schaffen und die bestehende Kompetenz- sowie performative Transferlücke zu schließen, bedarf es an entsprechenden Kompetenzen der Führungskräfte, Beschäftigten, des Betriebsrates sowie der Beratenden [Sc21]. Jedoch existiert für eine gelungene Technologieeinführung und -nutzung von KI in KMU keine Blaupause.

Das Verbundprojekt *KomKI* (*Kompetenzen über Künstliche Intelligenz aufbauen*) setzt daher an den Kompetenzen für die Implementierung und Nutzung von KI in KMU an.

Ein zentraler Aspekt, um einen Kompetenzaufbau für einen sicheren und präventiven KI-Einsatz in KMU zu gewährleisten, ist nicht nur die inhaltliche Anpassung einer Qualifizierung an die Bedarfe von KMU, sondern auch die Veränderung der Lernbedingungen, -umgebungen und -räume. Dies bedingt eine Verschiebung von stark instruierendem, fremdbestimmtem Unterricht hin zu systemisch-konstruktivistischen-Beteiligungsformaten [AR03].

¹ Institut für Betriebsführung im DHI e. V., Unterweingartenfeld 6, Karlsruhe, 76135, schliephake@itb.de

² Fortbildungsakademie der Wirtschaft (FAW) gGmbH, Akademie Lübeck, Elisabeth-Haseloff-Straße 3, Lübeck, 23564, barbara.hilgert@faw.de

³ Institut für Betriebsführung im DHI e. V., Unterweingartenfeld 6, Karlsruhe, 76135, aheinen@itb.de

⁴ Institut für Betriebsführung im DHI e. V., Unterweingartenfeld 6, Karlsruhe, 76135, cordes@itb.de

2 Lehr-Lern-Setting

Um ein an KMU angepasstes Lernen zu ermöglichen, wurde das Konzept der sog. Lern- und Experimentierräume (LeX) gewählt, das die Stärke von KI-gestützter (agiler) Lernbegleitung gerecht wird. Der Prozess beginnt mit der Auswahl einer Herausforderung in Form von 37 Lernsequenzen in den Themenbereichen Grundlagen der KI, Führung und KI, Organisation und KI, Sicherheit und KI und Gesundheit und KI.⁵ Der zweite Schritt ist die Lernteam-Bildung und die Diagnose des Status Quo der Lernenden. Es folgt der Input in Form von Wissensvermittlung auf Basis der entwickelten Lernsequenz und das gemeinsame Ausprobieren, Lernen und Entwickeln. Stetig wird dabei der Lerneffekt evaluiert und Feedback der Lernenden eingeholt. Mit neuen Wissensbestandteilen geht der Prozess in die nächste Iteration (Abb. 1). Das Lernen kann hierbei KI-gestützt individuell, voll digital und adaptiv erfolgen, stetig mit dem Ziel des individuellen sowie betrieblichen KI-Kompetenzaufbaus in KMU. Durch eine Kooperation kann *KomKI* die E-Learning-Plattform des Projektes *SmaLeTax*⁶ nutzen und somit erste Schritte eines KI-gestützten Lehr-Lern-Settings testen. Mit der Zielgruppe der Beratenden wird auf diese Weise ein Train-The-Trainer-Konzept entwickelt, das sowohl die Kompetenzentwicklung für KI-Nutzung in KMU als auch die Optimierung des Lernens durch KI im Blick hat.



Abb. 1: Lern- und Experimentierraum (LeX) sowie Logik des LeX für Beratende unter https://youtu.be/vI-_cHvpre0 (eigene Darstellung)

Literaturverzeichnis

- [Ar3] Arnold, R.: Konstruktivismus und Erwachsenenbildung. In: REPORT Literatur- und Forschungsreport Weiterbildung 2003 (3), Gehirn und Lernen, S. 51-61, 2003.
- [Sc21] Schliephake, J.; Cordes, A.: Der Einsatz von künstlicher Intelligenz (KI) in KMU und Handwerk – Ausgangsbedingungen und erforderliche Kompetenzen, https://projekt-komki.de/wp-content/uploads/2021/07/KomKI_Bericht_Analyse-der-Ausgangsbedingungen_31_05_21.pdf, Zugriff: 20.06.2022, 2021.
- [Ow21] Owen, A.; Plöger, W.; Hiltner, G.; Reith, A.: Digitalisierungsbarometer für das Bau- und Ausbauhandwerk in Baden-Württemberg. Eine empirische 360° Analyse, <https://docplayer.org/200734045-Digitalisierungsbarometer-fuer-das-bau-und-ausbauhandwerk-in-baden-wuerttemberg.html>, Zugriff: 26/04/2022, 2021.

⁵ siehe https://projekt-komki.de/wp-content/uploads/2021/08/KomKI_Inhaltliches-Konzept_31_07_21-1.pdf.

⁶ siehe <https://www.smaletax.de/>.

Beweiskompetenz durch Beweisassistentz

Nadine Karsten¹ und Uwe Nestmann ¹

Abstract: Beweiskompetenz, also die Fähigkeit mathematische Beweise sowohl verstehen als auch eigenständig führen zu können, wird üblicherweise vorrangig durch Beispiele, Feedback und Diskussion zwischen Lernenden und Lehrenden erworben. Wir setzen einen interaktiven Theorembeweiser – einen sogenannten Beweisassistenten – ein, um Lernenden ein zusätzliches möglichst direktes Feedback zu ermöglichen. Das Führen von Beweisen mit solchen Assistenten ähnelt der Entwicklung von Software mit schnellem und zuweilen spielerischem Explorieren von Lösungsansätzen. Wir erarbeiten daher die Konzeption eines dedizierten Kurses im Bereich der Theoretischen Informatik, in dem Beweiskompetenz mit passenden didaktischen Ansätzen durch Beweisassistenten effizienter und auch spielerischer vermittelt wird.

Keywords: Beweisassistent, Beweiskompetenz, Beweise, Feedback, Isabelle Einleitung

Das Führen mathematischer Beweise stellt nach Knobelsdorf und Frede [FK18] für viele Studierende der Informatik eine Herausforderung dar. Die Untersuchung der Prüfungsleistungen eines Moduls der Theoretischen Informatik ergab, dass die meisten Punkte in Beweisaufgaben verloren werden. Dieses Defizit war dabei unabhängig davon wie gut Studierende insgesamt abschließen. Laut [KFK17] haben Informatikstudierende oft Schwierigkeiten, mündlich und schriftlich eine mathematische Sprache zu verwenden.

Unter dem Begriff *Beweiskompetenz* (**BK**) werden die folgenden Kompetenzen zusammengefasst [Br14]. Die *Fachkompetenz* beinhaltet das Kontextwissen des zu beweisenden Problems. Die *Darstellungskompetenz* bezeichnet das Visualisieren mit ausreichend formaler Sprache. Das Erörtern von Vorgehen und Lösung ist in der *Kommunikationskompetenz* enthalten. *Methodenkompetenz* teilt sich in drei Teile: Erwerb eines Beweisschemas, Kenntnisse zur Beweisstruktur, Verständnis für eine Beweiskette. **BK** muss in einführenden Modulen der Theoretischen Informatik vermittelt werden. Doch bisher ist Beweisen als solches keine explizit genannte Kompetenz. Beweise in Hausaufgaben werden ohne die Vermittlung dieser Kompetenz gefordert. Das Feedback dazu, ca. eine Woche nach Abgabe, kommt zu spät. Auch gibt es selten Korrekturmöglichkeiten, wodurch der Lernzyklus unterbrochen ist. Studierende benötigen jedoch zeitnahes und individuelles Feedback. In der Informatik liegt es nahe, Software zu nutzen, um solches Feedback für Studierende zu ermöglichen. Softwarewerkzeuge für das Führen von Beweisen werden *Beweisassistenten* genannt. Sie sind zwar nicht für die Lehre konzipiert, doch wurden sie schon zur Lehre von Beweisen verwendet [Kn17, Av19].



¹ Technische Universität Berlin, Sekr. TEL 7-2, Ernst-Reuter-Platz 7, 10587 Berlin, n.karsten@tu-berlin.de, uwe.nestmann@tu-berlin.de <https://orcid.org/0000-0002-8520-5448>

Wir entwickeln ein Seminar, gerichtet an Studierende ab dem zweiten Semester, das die grundlegende **BK** mittels des Beweisassistenten *Isabelle* [NPW02] vermittelt. Dafür verwenden wir eine von uns konzipierte Einführung in *Isabelle*, die schrittweise die Operatoren der Aussagen- und Prädikatenlogik sowie Beweistechniken erklärt (Methodenkompetenz). Begleitend dazu wird der Transfer zwischen Beweisen im Beweisassistenten und Stift- und Papierbeweisen im Seminar thematisiert (Darstellungskompetenz). In einem Lernportfolio der Studierenden wird ihr eigener Lernfortschritt dokumentiert und sichtbar gemacht. Im Portfolio soll eine kritische Auseinandersetzung mit den eigenen Schwierigkeiten in Aufgaben erfolgen sowie Lösungsansätze im Zuge dessen beschrieben und reflektiert werden. Durch die Vorgabe von festen Protokollen sind die Lernportfolios vergleichbar und eine qualitative Inhaltsanalyse nach Mayring [BB14] ist möglich. Damit und mit einer Beobachtungsstudie während des Kurses werden Probleme der Beweisführung und Wirkung von Beweisassistenten ermittelt. Die Erkenntnisse der Portfolios zusammen mit einem Vor- und Nachtest liefern den tatsächlichen Wissenszuwachs. Die genannten Methoden können mit qualitativen Methoden kombiniert werden (Mixed Methods) [BB14]. Das Konzept des Moduls ist es, zeitnahes Feedback zu ermöglichen, umgesetzt auf drei Ebene: (1) durch den Beweisassistenten über die Korrektheit der Schritte sowie über die Vollständigkeit des Beweises; (2) von den Lehrenden bei Unverständlichkeit von Hinweisen des Beweisassistenten sowie grundlegende Probleme mit der Struktur von Beweisen; (3) anderer Studierender durch *Peer Grading* der Lernportfolios, wobei Studierende durch das Bewerten und Kommentieren anderer Portfolios und vom eigens erhaltenen Feedback profitieren. Dies resultiert in Diskussionen zwischen den Studierenden (Kommunikationskompetenz). Das Seminar vermittelt folglich die grundlegenden **BK**, bis auf die spezifische Fachkompetenz, mit Hilfe eines Beweisassistenten vermittelt.

Literaturverzeichnis

- [Av19] Avigad, J.: Learning Logic and Proof with an Interactive Theorem Prover. Proof Technology in Mathematics Research and Teaching, Springer, S. 277-290, 2019.
- [BB14] Bauer, N.; Blasius, J.: Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung. Springer, 2014.
- [Br14] Brunner, E.: Mathematisches Argumentieren, Begründen und Beweisen: Grundlagen, Befunde und Konzepte. Springer Spectrum, 2014.
- [FK18] Frede, C.; Knobelsdorf, M.: Explorative Datenanalyse der Studierendenperformance in der Theoretischen Informatik. HDI '18, S. 135-149, 2018.
- [KFK17] Kiehn, F.; Frede, C.; Knobelsdorf, M.: Was macht Theoretische Informatik so schwierig? Ergebnisse einer qualitativen Einzelfallstudie. In (Eibl, M., Gaedke, M., Hrsg.): INFORMATIK 2017. Gesellschaft für Informatik, Bonn, S. 267-278, 2017.
- [Kn17] Knobelsdorf, M.; Frede, C.; Böhne, S.; Kreitz, C.: Theorem Provers as a Learning Tool in Theory of Computation. In: Proceedings of ICER '17. S 83-92, 2017.
- [NPW02] Nipkow, T.; Paulson, L. C.; Wenzel, M.: Isabelle/HOL. LNCS, Band 2283. Springer, 2002.

Lecturers' reflections on adaptive feedback in learning management systems as input for sustainable instruction design

Ana Donevska-Todorova ¹, Katharina Simbeck ² and Katrin Dziergwa³

Keywords: adaptive feedback (AF), lecturers' practices, individual learning pathways (ILP), instruction design, learning management systems (LMS) Moodle.

The necessity for digital content that is automated, flexible, and adaptable for every learner continues to expand. Learning management systems (LMS) are commonly used, but their potential to provide adaptive features for individualizing learning has seldom been didactically exploited to the desired extent. We approach this *research problem* focusing mainly on the relations between teachers and digital resources *theoretically* based on the Adaptive Learning Models Framework (ALMF) [Ma20]. This framework includes a learner model, a content model, and an instructional model. Our focus is on the learner and the content model, specifically on diverse feedback options. Opportunities and challenges with AF have been researched and systematically surveyed using different classification frameworks, models, and typologies [PL22]. AF may be embedded in the content model through AF generation engines: data-driven, expert-driven, and mixed. Feedback items that we built, are an integral part of the tasks in the Moodle question bank for quizzes which is structured in categories and sub-categories according to the requirements of curricular prototypes that are being currently tested.

The research work presented here is part an initial Design Research (DR) cycle that includes a literature review, theoretical grounding, conceptualization, and surveying teaching practices [DDS22] related to the *research question (RQ)*: to what extent have lecturers used AF in their teaching practices in curricular courses related to Corporate Finance in the last academic year (summer semester 2021 and winter semester 2021/22) at two faculties of HTW Berlin? The RQ refers not only to whether lecturers have provided feedback to the learners, but also what kind of feedback have they offered exactly, in what frequency (time and schedule), how and why, as previously grounded with the theoretical framework. The survey was anonymous and in compliance with the institutional data protection regulations. It incorporated 4 major parts: demographics, modules, competences, and study programs, and included closed and open questions. The sample

¹ University of Applied Science HTW Berlin, Treskowallee 8, 10318 Berlin, ana.donevska-todorova@htw-berlin.de, <https://orcid.org/0000-0003-1755-7182>

² University of Applied Science HTW Berlin, Treskowallee 8, 10318 Berlin, katharina.simbeck@htw-berlin.de, <https://orcid.org/0000-0001-6792-461X>

³ University of Applied Science HTW Berlin, Treskowallee 8, 10318 Berlin, katrin.dziergwa@htw-berlin.de

involved 15 affiliated participants (71% response rate): 7 professors and 6 teaching assistants (2 persons did not share this data) from both faculties. The primary data were collected and evaluated in a database via an online instrument which were then analysed and compared with descriptive statistics. The *results* in connection to the RQ about the extent and variations of usage of AF show that feedback, both individual and collective, is mainly given orally or through handwritten correction on paper-version assignments. Interestingly, 8 participants, which is more than a half, have never used automated AF generated in Moodle Quizzes. Further, 6 participants never deliver feedback in Moodle Forum. These last two results seem critical and reveal plenty of possibilities for instructional design. To secure the *validity* and *reliability* of the collected data, a double check analysis was undertaken by looking at the data about the use of diverse activities in Moodle. These data clarify that the lecturers use both activities Forum and Quiz intensively (one third of the participants always for each of these two activities), but for purposes other than feedback. The option for direct Feedback through Moodle is never being used by 7 participants. Further, participants in the survey agreed on the importance of subject specific competences in financial mathematics as a prerequisite for developing competences in corporate finance. Based on these data, a pre-test with 8 tasks randomized in 4 content domains was created and implemented with 2 groups of students in 2 courses. Further group of the survey questions serve for design of other tasks: Multiple Choice Questions, Multiple True/False questions, open essay, numerical and drag-and-drop involving AF in new Moodle Quizzes, that can automatically be scaled with minor efforts and disseminated.

Although the sample size does not allow generalization, we may *conclude* that participants' lecturing practices with AF in LMS activities are not extensively rich and diverse enough. This indicates further implications for cyclic iterative instructional (re)design and research about its effectiveness on learning.

This research work is part of the project *Curriculum Innovation Hub* at the University of Applied Sciences HTW Berlin granted by "Stiftung Innovation in der Hochschulehre".

Bibliography

- [DDS22] Donevska-Todorova, A., Dziergwa, K., Simbeck, K. Individualizing Learning Pathways with Adaptive Learning Strategies: Design, Implementation and Scale. In Proceedings of the 14th International Conference on Computer Supported Education (CSEDU 2022), 2022.
- [Ma20] Martin, F., Chen, Y., Moore, R. L., Westine, C. D. Systematic review of adaptive learning research designs, context, strategies, and technologies from 2009 to 2018. Educational Technology Research and Development, 68(4), pp. 1903-1929, 2020.
- [PL22] Panadero, E., Lipnevich, A. A. A review of feedback models and typologies: Towards an integrative model of feedback elements. Educational Research Review, 35, 100416, 2022.

Kompetenzorientiertes digitales Prüfen am Beispiel der Wirtschaftswissenschaften

Marc Sauer ¹, Manuel Froitzheim ², Michael Schuhen ³ und Andreas Hoffmann⁴

Abstract: Wer kompetenzorientiert lehrt, sollte auch kompetenzorientiert prüfen, möchte er valide Prüfungsergebnisse erzielen. Dieses im Constructive Alignment formulierte Selbstverständnis wird jedoch häufig nicht umgesetzt, da papierbasierte Prüfungen gewissen Limitationen unterliegen und E-Prüfungsplattformen bisher wenig auf die im Fach vorhandene Lehr-Lernkultur und damit verbundene Prüfungskultur eingehen.

Keywords: Kompetenzorientiertes Prüfen, Domänenspezifische Aufgaben, Wirtschaftswissenschaften, interaktive Aufgaben, digitale Prüfungen

1 Ausgangslage

Digitale Prüfungen haben sich etabliert und die Corona-Pandemie hat diesen Trend beflügelt. In den meisten Fällen liegt der Fokus bei der Umstellung auf digitale Prüfungen jedoch in der effizienten Korrektur geschlossener Aufgaben-Formate [SFH19].

Das geforderte Constructive Alignment [MK01] scheint durch digitale oder digital unterstützte Formate für Lehre und Prüfung greifbar. Es werden auch vermehrt kompetenzorientierte Prüfungen und Prüfungsformate sowie eine kompetenzbezogene Evaluation und Qualitätssicherung diskutiert [SH13] und Akkreditierungsagenturen bewerten zunehmend die geforderte Kompetenzorientierung und fordern diese knapp 20 Jahre nach der Reform der europäischen Hochschulen und der damit verbundenen Änderung des deutschen Hochschulrahmengesetzes im Jahr 2002 ein [Se02].

Das Constructive Alignment stellt die Basis für domänenspezifische kompetenzorientierte Prüfungen dar. Diese werden im Folgenden anhand eines Praxisbeispiels diskutiert. Zentrale Annahme ist hierbei, dass in vielen Domänen Digitalität bei der Umsetzung der Kompetenzorientierung eine wesentliche Rolle spielen wird.

¹ Universität Siegen, Zentrum zur Förderung der Hochschullehre, Weidenauer Straße 118, 57072 Siegen, marc.sauer@uni-siegen.de, <https://orcid.org/0000-0002-9217-3085>

² Universität Siegen, Digitale Wirtschaftsbildung in Siegen, Kohlbettstraße 15, 57072 Siegen, froitzheim@digitale-wirtschaftsbildung.de, <https://orcid.org/0000-0001-7210-3314>

³ Universität Siegen, Digitale Wirtschaftsbildung in Siegen, Kohlbettstraße 15, 57072 Siegen, schuhen@digitale-wirtschaftsbildung.de, <https://orcid.org/0000-0002-8074-0660>

⁴ Universität Siegen, Betriebssysteme und Verteilte Systeme, Hölderlinstraße 3, 57068 Siegen, andreas.hoffmann@uni-siegen.de

2 Problemstellung

Für die Umsetzung domänenspezifischer kompetenzorientierter digitaler Prüfungen ist das Standard-Repertoire der Learning Management Systeme (LMS) und der kommerziellen Prüfungssysteme nicht ausreichend. Auch wenn mit den Hausmitteln der an deutschen Hochschulen häufig eingesetzten Systemen bereits ein großer Gestaltungsspielraum für die Umsetzung digitaler Prüfungen unter dem Aspekt der Kompetenzorientierung besteht, mangelt es an domänenspezifischen Aufgabenformaten, mit denen eben genau diese fachbezogenen Kompetenzen geprüft werden können. In den Wirtschaftswissenschaften können dies Simulationen und Planspiele sein, in der Informatik Problemorientierte Programmieraufgaben und in der Germanistik syntaktische Analysen mit dynamischen Baumstrukturen, um einige Beispiele zu nennen, die in Evaluationen zum Pilotprojekt Elektronische Prüfungen an der Universität Siegen genannt wurden.

3 Fazit und Ausblick

Durch die Nutzung von ECON EBook und ECON EAssessment als Lehr-Lern- und Prüfungssystem ist die Hürde zum Einsatz neuer Formate in summativen Prüfungen geringer, da sie zuvor in diagnostischen und formativen Kontexten in der Lehre im Einsatz waren.

Dieses Vorgehen könnte als Blaupause für die Ausweitung der domänenspezifischen E-Assessments sein. Im ersten Schritt können Projekte mit Lehrenden umgesetzt werden, die bereits digitale Elemente im digitalen Lehr- und Übungsbetrieb im Einsatz haben und offen für innovative Prüfungsformate

Literaturverzeichnis

- [MK01] Mappes, T.; Klink, K.: Constructive Alignment interdisziplinär: ein Beispiel aus dem Maschinenbau. In (Behrendt, B.; Wildt, J.; Szczyrba, B., Hrsg.): Neues Handbuch Hochschullehre: Lehren und Lernen effizient gestalten. Josef Raabe Verlags-GmbH, Berlin, S. 1–18, 2001.
- [SFH19] Sauer, M.; Froitzheim, M.; Hoffmann, A.: Praktische Erfahrungen mit einem elektronischen Prüfungsprozess-Management für eAssessments. In (Pinkwart, N.; Konert, J., Hrsg): DELFI 2019. Gesellschaft für Informatik e.V., Bonn, S. 217-222, 2019. DOI: 10.18420/delfi2019_344.
- [SH13] Schaper, N.; Hilkenmeier, F.: Umsetzungshilfen für kompetenzorientiertes Prüfen. HRK-Zusatzgutachten. 2013.
- [Se02] Sechstes Gesetz zur Änderung des Hochschulrahmengesetzes vom 08.08.2002. In: Bundesgesetzblatt Jahrgang 2002 Teil I Nr. 57. Bundesanzeiger Verlag, Bonn, S.3138-3139, 2002.

Piloteinsatz einer E-Assessment-Plattform für die grafische Modellierung

Meike Ullrich¹, Peter Pfeiffer², Gunther Schiefer¹, Chantal Soyka³, Tobias Stottrop⁴,
Michael Striewe⁴, Peter Fettke², Peter Loos², Andreas Oberweis¹ und Niclas Schaper³

Abstract: Die KEA-Mod-Plattform ermöglicht es, Modellierungsaufgaben mit verschiedenen Modellierungssprachen wie z.B. UML, Petri-Netzen, EPK oder BPMN durch Dozierende zu erstellen und von Studierenden bearbeiten zu lassen. Die Plattform kam in einer großen Lehrveranstaltung mit ca. 250 Studierenden zum Piloteinsatz. Die Studierenden konnten mit Hilfe der Plattform und des integrierten Modellierungswerkzeugs eine Aufgabenreihe mit Modellierungsaufgaben zu Petri-Netzen bearbeiten und einreichen. Anschließend erhielten die Studierenden automatisiert generiertes Feedback. Das Poster beschreibt die Evaluation dieses Piloteinsatzes aus der Perspektive der Studierenden und bietet erste Ergebnisse in Bezug auf die Plattform-Usability und zur wahrgenommenen Lernförderlichkeit des Feedbacks.

Keywords: E-Assessment, Modellierung, UML, BPMN, EPK, Petri-Netze

In der Informatik, Wirtschaftsinformatik sowie verwandten Fachgebieten spielt die grafische Modellierung unter Verwendung (semi-)formaler Modellierungssprachen eine wichtige Rolle, was sich z.B. auch in den Empfehlungen der GI [GI16] widerspiegelt. Im Projekt KEA-Mod entsteht eine web-basierte E-Assessment-Plattform für die Hochschullehre zum Einsatz in Lehrveranstaltungen zur grafischen Modellierung. Die KEA-Mod-Plattform erlaubt Dozierenden und Studierenden die Erstellung und Bearbeitung von Modellierungsaufgaben. Mit einem integrierten Modellierungswerkzeug können Modelle (UML, BPMN, Petri-Netze, EPK) eingegeben werden, für die automatisiert individuelles Feedback generiert werden kann.

Der Piloteinsatz fand im WS 2021/2022 am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) in einer Vorlesung zur Modellierung von Geschäftsprozessen mit Hilfe von Petri-Netzen statt. Dabei wurde eine Aufgabenreihe mit zwei Petri-Netz-Modellierungsaufgaben in der Plattform bearbeitet und anschließend eine Online-Umfrage durchgeführt (Zeitaufwand insg. ca. 60-90 Minuten). Beide Aufgaben waren vom Typ *Modell erstellen*, d.h. zu einem gegebenen textuell beschriebenen Szenario galt es, ein passendes Modell zu erstellen. Nach der Abgabe der Aufgaben in der Plattform wurde den Studierenden automatisch Feedback zu syntaktischen und pragmatischen Aspekten (z.B. Vollständigkeit der Beschriftungen, Kantenüberschneidungen) der eingereichten Lösungen vorgestellt.

¹ Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Institut für Angewandte Informatik und Formale Beschreibungsverfahren (AIFB), Kaiserstr. 89, 76133 Karlsruhe, vorname.nachname@kit.edu

² Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz (DFKI) und Universität des Saarlandes, Institut für Wirtschaftsinformatik (IWi), Campus D3 2, 66123 Saarbrücken, vorname.nachname@dfki.de

³ Universität Paderborn, Institut für Humanwissenschaften, Arbeits- und Organisationspsychologie, Warburger Str. 100, 33098 Paderborn, vorname.nachname@uni-paderborn.de

⁴ Universität Duisburg-Essen, paluno - The Ruhr Institute for Software Technology, Gerlingstr. 16, 45127 Essen, vorname.nachname@uni-due.de

Zur anschließenden Evaluation wurde eine Online-Umfrage durchgeführt. Die Gebrauchstauglichkeit der Plattform wurde anhand von zehn Items nach der Usability-Skala des „Web-based learning and usability questionnaire“ [ML05] erhoben. Drei weitere Items bezogen sich auf die wahrgenommene Nützlichkeit der Plattform (vgl. [VB08, MM21]) und zehn Items auf die Feedback-Wahrnehmung in der Plattform (vgl. [SPN21, MM21]) welche sich auf die Funktionen und Eigenschaften sowie auf das Feedback und die generelle Nützlichkeit der Plattform bezogen. Alle Items mussten anhand einer siebenstufigen Likert-Skala bewertet werden (7=stimme voll und ganz zu). Es haben 235 von ca. 250 Studierenden am Piloteinsatz und der Umfrage teilgenommen. Insgesamt konnte die Beurteilung der Gebrauchstauglichkeit der Plattform als durchschnittlich bewertet werden. Der Mittelwert über alle 10 Items lag bei 4,73 (S=1,669). Am besten wurden die Einfachheit der Bedienung (\bar{O} =5,38) und die Erlernbarkeit (\bar{O} =5,94) beurteilt. In Bezug auf die Nützlichkeit der Plattform weisen die Ergebnisse insbesondere darauf hin, dass die Mehrheit der Studierenden es bevorzugt, die Modellierungsaufgaben digital in der Plattform anstatt mit Papier und Stift zu bearbeiten (\bar{O} =5,31). Allerdings weisen die offenen Angaben darauf hin, dass die strikte Festlegung auf eine Variante (digitales Werkzeug vs. Papier und Stift) auch problematisch sein kann (siehe auch [SS21]). In Bezug auf das Feedback wurde insbesondere die Verständlichkeit des Feedback-Inhalts und die übersichtliche Darstellung positiv beurteilt.

Insgesamt zeigen die Ergebnisse des Piloteinsatzes, dass der Einsatz der KEA-Mod-Plattform in einer großen Lehrveranstaltung von den Studierenden positiv aufgenommen wird. Darüber hinaus konnte eine Reihe von Verbesserungsvorschlägen gesammelt werden, die in die laufenden Entwicklungsarbeiten an der Plattform einfließen.

Literaturverzeichnis

- [UI21] Ullrich, M. et al.: Platform Architecture for the Diagram Assessment Domain. In: Proc. Workshop Software Engineering for E-Learning Systems (SEELS). Bd. 2814, CEUR-WS.org, 2021.
- [GI16] Gesellschaft für Informatik e.V. (GI): Rahmenempfehlung für die Ausbildung in Wirtschaftsinformatik an Hochschulen. Bericht, 2016.
- [ML05] Meiselwitz, G.; Lu, C.: Questionnaire for Evaluation of Usability and Learning Outcomes in Online Instruction. In: Proc. 4th European Conference on e-Learning (ECEL). Academic Conferences Limited, S. 253, 2005.
- [MM21] McCallum, S.; Milner, M.: The effectiveness of formative assessment: student views and staff reflections. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 46(1):1–16, 2021.
- [SPN21] Strijbos, J.-W.; Pat-El, R.; Narciss, S.: Structural validity and invariance of the feedback perceptions questionnaire. *Studies in Educational Evaluation*, 68:100980, 2021.
- [SS21] Stottrop, T.; Striwe, M.: Analysen zur studentischen Wahl von Modellierungswerkzeugen in einer elektronischen Distanz-Prüfung. In: *Bildung in der digitalen Transformation*, Tagungsband zur GMW-Jahrestagung. S. 131–142, 2021.
- [VB08] Venkatesh, V.; Bala, H.: Technology Acceptance Model 3 and a Research Agenda on Interventions. *Decision sciences*, 39(2):273–315, 2008.

Modellierung von Lernprozessen für Augmented-Reality- Brillen in der technischen Aus- und Weiterbildung

Matthias Berg¹, Tobias Dreesbach², Katharina Bonaventura¹, Julia Knopf¹ und Oliver
Thomas²

Abstract: Augmented Reality bietet die Möglichkeit interaktive Lernerfahrungen zu schaffen und wird bei Anlernprozessen oder zur Unterstützung situierter Lernszenarien vermehrt eingesetzt. Häufig besteht jedoch nicht die Möglichkeit, auf die Gegebenheiten zugeschnittene Lernprozesse zu erstellen. In diesem Beitrag wird eine Modellierungsumgebung vorgestellt, mit der Lernprozesse digitalisiert und mit Augmented Reality-Lernelementen erweitert werden können.

Keywords: Augmented Reality, Lernprozesse, Modellierung, Ausbildung

1 Entwicklung einer AR-basierten Modellierungsumgebung

Augmented Reality (AR) hat aufgrund der Möglichkeit, digitale Inhalte in der realen Umgebung zu lokalisieren und interaktive Lernerfahrungen zu ermöglichen, in verschiedenen Bildungsbereichen zunehmend an Aufmerksamkeit gewonnen [LH20]. Trotz vorteilhafter Entwicklungen ist der Einsatz von AR als Lehr- und Lernmedium mit neuen Herausforderungen verbunden. Insbesondere das Erstellen sowie Modellieren von AR-Lernelementen stellt ein großes Hemmnis für einen breiteren Einsatz dar [CP17]. Um die individualisierte sowie zielgerichtete Einbindung einer AR-Brille in spezifische Lernprozesse zu simplifizieren, wurde in unserem dreijährigen Forschungsprojekt ein System für die betriebliche Aus- und Weiterbildung entwickelt. Bestehende Ausbildungsprozesse können mit dem System dokumentiert, mit didaktischen AR-Lernelementen erweitert und auf AR-Brillen übertragen werden.

Eine Komponente des Systems ist eine Applikation für AR-Brillen, auf der Lernprozesse bereitgestellt werden können. Als zweite Komponente wurde eine web-basierte Modellierungsumgebung entwickelt, um verschiedene Prozesse aus der Praxis mit AR-Lernelementen anzureichern. Durch die Verwendung der Modellierungssprache Business Process Model and Notation können Ausbilder:innen ihre eigenen Prozesse auf einfache Weise dokumentieren und mit AR-Lernelementen versehen. Wie in der Standardsprache werden Ereignisse, Aktivitäten und Gateways als Aktionen verwendet, um den Prozessablauf in einzelne Schritte zu gliedern. Ein Ereignis kann den Start oder das Ende eines Prozesses deklarieren, Aktivitäten beschreiben die auszuführenden Aufgaben und

¹ Forschungsinstitut Bildung Digital, Universität des Saarlandes, Gebäude C 6.3, 66123 Saarbrücken,
{matthias.berg, katharina.bonaventura, julia.knopf}@fobid.org

² Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz, Berghoffstraße 11, 49090 Osnabrück,
{tobias.dreesbach, oliver.thomas}@dfki.de

Gateway modellieren Entscheidungen. Zur Anreicherung der Prozesse stehen 9 Elemente mit beschreibendem Charakter (Infotafel, Textfeld, Checkliste, Bild, Audio, Video, Avatar, Zeitnehmer, 3D-Symbole) und 11 Elemente mit Aufgabencharakter (Lückentext, Bildauswahl, Nummernabfrage, Raumerkundung, räumliches und reguläres Single Choice, Multiple Choice, Fotodokumentation, Zuordnungsaufgabe, Reihenfolge-sortierung, Selbstreflexion) zur Verfügung. Die Elemente können mit eigenen Inhalten versehen und an die dokumentierten Schritte angehängt werden. Das Erstellen, Ändern, Löschen und Importieren/Exportieren von Aufgaben der Lernprozesse geschieht in einer Aufgabenverwaltung. Wird der Prozess auf eine AR-Brille geladen, werden zunächst die AR-Lernelemente im Raum verortet. Anschließend können Lernende die Prozesse selbstständig durchlaufen. Um Lernende zu registrieren, Kurse zu erstellen sowie den Zugang zu verschiedenen Aufgaben zu steuern, enthält die Modellierungsumgebung eine Benutzerverwaltung. Darüber hinaus können Ausbilder:innen den Fortschritt aller Lernenden überwachen.

2 Praktische Erfahrungen bei der Modellierung von Lernprozessen

Insgesamt wurden bisher vier verschiedene Lernprozesse im Bereich der Aus- und Weiterbildung untersucht, u.a. über die Handhabung eines Holzbearbeitungszentrums. Die Lernleistung als auch die Motivation wurden dabei gefördert. In der Praxis hat sich jedoch auch gezeigt, dass vor allem bei der Modellierung der Lernprozesse ein besonderer Fokus auf die Erfahrungen der Lernenden gelegt werden muss. Der Ablauf der Lernprozesse muss mittels BPMN sehr detailliert beschrieben und modelliert werden. Bei unzureichender Beschreibung entstehen bei den Lernenden Unsicherheiten und Handlungen werden ungenau oder falsch ausgeführt. Vor den eigentlichen Lernprozessen sollte den Lernenden eine Eingewöhnungsphase ermöglicht werden, um die Technologie und die Anwendung kennenzulernen. Zuletzt wurden die Vorteile einer Bilderkennung gegenüber einer Kombination aus Fotodokumentation und Selbstüberprüfung untersucht. Auch wenn eine Bilderkennung für den Einzelfall zu positiven Lernergebnissen geführt hat, ist sie kontextspezifisch zu implementieren und in den Aufbau der Modellierungsumgebung schwierig zu integrieren.

Literaturverzeichnis

- [CP17] Castellanos, A.; Pérez, C.: New Challenges in Education. Enhancing Students's Knowledge through Augmented Reality. In (Ariso, J.M. ed.): Augmented Reality: Reflections on Its Contribution to Knowledge Formation, Berlin, 2017. De Gruyter, Boston, S. 273-294, 2017.
- [LH20] Letser, S.; Hofmann, J.: Some pedagogical observations on using augmented reality in a vocational practicum. *British Journal of Education technology*, 51/20, 645-656, 2020.

Adaptive Learning as a Service – A concept to extend digital learning platforms?

Nathalie Rzepka¹, Katharina Simbeck¹, Hans-Georg Müller² and Niels Pinkwart³

Abstract: Adaptive learning environments that adjust to the individual user are promising. Unfortunately, many digital learning environments are not yet adaptive and the transformation of legacy software to an adaptive learning environment is complex and costly. Our work introduces the concept of adaptive learning as a service and discusses potential benefits as well as challenges.

Keywords: Adaptive Learning, Microservice, Software-Architecture.

1 Overview

Adaptive learning environments offer a variety of benefits for their users. Based on data on users and user behavior, feedback, tasks, and task sequencing can be individualized [EM17]. Often, widely used existing learning environments are not yet adaptive, even though the high heterogeneity of users and the associated benefits of adaptivity have been known for a long time [Me19]. A new development of adaptive learning environments is often not feasible because of resource constraints. It is therefore plausible to extend and transform existing virtual learning environments (VLEs) by adding adaptive elements. However, working on legacy code - some of which is years old - is costly and error-prone. To solve this problem, we propose the concept of adaptive learning as a service.

2 Adaptive Learning as a Service

Adaptive learning as a service describes a concept, where an existing legacy online learning platform is transformed into an adaptive learning platform. To do this, the adaptive components, as well as adaptive interventions, are added as a microservice. This approach comes with several advantages. Existing platforms can continue to be used and the pedagogical and didactic expertise that has already flown into them is retained. The microservice can be developed and tested independently of the legacy platform and can be used by several platforms, i.e. they are transferable. Furthermore, the reduced complexity and the single responsibility principle leads to advantages in the adaptive

¹ University of Applied Sciences, Treskowallee 8, Berlin, 10318, {rzepka, simbeck}@htw-berlin.de

² Potsdam University, Institute for German Studies, Am neuen Palais 10, Potsdam, 14469, hans-georg.mueller@uni-potsdam.de

³ Humboldt-University, Institute for Computer Science, Unter den Linden 6, 10117 Berlin, pinkwart@hu-berlin.de

learning field, as separate microservices can be created for each adaptation. For example, one service could be used for task sequencing, another for personalized feedback. That way, in a VLE, several adaptations can be switched on or off independently. The microservice is autonomous and can be deployed on a separate server, thus, underlying technologies are not dependent on the monolith.

Despite the many advantages, there are some limitations that need to be considered during development. To take advantage of the transferability of microservices to different platforms, standards for clickstream data or learning process data are needed. Furthermore, the microservice must be developed in close cooperation with domain experts in order to implement adaptations that make sense educationally. When implementing the interface in the existing platform, legacy code must be modified, as the monolith communicates with the microservice via an interface. The logic of the pipes must be as simple as possible, which means that the design of the interface and the microservice must be carefully planned. Furthermore, the database pattern has to be discussed. In the classic case, each microservice has its own database. This leads to data redundancy but is necessary for the decoupling of the services. However, in the case of transforming a digital learning platform into an adaptive learning platform with the help of microservices, we propose the shared database pattern as presented in [TLP18]. Here, all services and the monolith access the same database. This is especially useful if the learning process data is stored in the database and needs special data protection. Furthermore, if the microservice is to perform a certain prediction based on this data, inconsistencies would lead to incorrect adaptations. Also the deployment comes with special challenges. The microservices are deployed separately and a deployment strategy can be developed independently. However, the legacy platform has to have a deployment strategy as well. This can be more difficult, as continuous delivery could not be implemented yet and thus has to be developed.

In conclusion, the SaaS concepts widely used in software development provide great potential for virtual learning environments. Future work could include actual implementations, especially details on the work required in the legacy code and the entrypoint for adaptivity there, as well as how the concept can be transferred to widespread learning management systems (LMS) like Moodle and ILIAS.

Bibliography

- [EM17] Ennouamani, S.; Mahani, Z.: An overview of adaptive e-learning systems. The 8th IEEE International Conference on Intelligent Computing and Information Systems, 2017.
- [Me19] Meier, C.: KI-basierte, adaptive Lernumgebungen. In Wilbers, Karl (Ed.): Handbuch E-Learning. Köln : Deutscher Wirtschaftsdienst / Luchterhand / Wolters Kluwer, 2019.
- [TLP18] Taibi, D.; Lenarduzzi, V.; Pahl, C.: Architectural Patterns for Microservices: A Systematic Mapping Study: Proceedings of the 8th International Conference on Cloud Computing and Services Science. SCITEPRESS - Science and Technology Publications, 2018.

The First Impression Counts! *The Importance of Onboarding for Educational Chatbots*

Trong Nghia Hoang¹, Andreas Reich ², Matthias Wölfel ³

1 Introduction, problem, and motivation

Chatbots are computer programs that simulate natural, human-like conversation with humans via text interactions. Despite their great potential for educational scenarios, their presence in education is relatively small [WI18]. A limiting factor is that developing a chatbot requires a lot of expertise and effort. To address this, Wölfel presented the *PEdagogical conversational Tutor* (PET) chatbot system, which automatically trains a chatbot from PowerPoint slides [WO21]. The system can not only answer lecture-specific questions but also offer automatically generated tests and rate the replies.

According to [MC19] onboarding is very important for chatbots as most users are not aware of the features. However, onboarding for chatbots is not common. We noticed that many users perceive and use the PET more like a search engine than a conversational partner. According to [SO17], chatbot users can learn how to text with chatbots and adapt their language and behavior. Users mindlessly transfer human social rules and expectations to chatbots [NA00], but only if they assume they are talking to a system capable of conversation. To investigate how the onboarding process can influence the perception of the chatbot, we designed two onboarding processes for the PET system.

2 Study design and results

To investigate how onboarding new users into the PET system affects chatbot perception, we recruited 18 students and randomly divided them into two groups to perform an AB test. The "chatbot" group could only use the PET chatbot window to register and log in, while the "form" group was prompted to fill out a form. Both groups were able to text with the chatbot during the onboarding process, but the group chatbot had to text with the chatbot to continue, while texting was optional for the group form. After completing one

¹ Karlsruhe University of Applied Sciences, Faculty of Computer Science and Business Information Systems, Moltkestraße 30, 76133 Karlsruhe, - hotr1011@h-ka.de

² University of Hohenheim, Schloß Hohenheim 1, 70599 Stuttgart, andreas.reich@uni-hohenheim.de, <https://orcid.org/0000-0002-2426-6490>

³ Karlsruhe University of Applied Sciences, Faculty of Computer Science and Business Information Systems, Moltkestraße 30, 76133 Karlsruhe matthias.woelfel@h-ka.de; University of Hohenheim, Schloß Hohenheim 1, 70599 Stuttgart, <https://orcid.org/0000-0003-1601-5146>

of the onboarding processes, students used the PET system. Students then rated the system on a 5-point Likert scale (the higher the score, the better).

Group	Group Form	Group Chatbot	p
<i>Interface</i>	3.00 (1.25)	4.11 (1.11)	<i>0.045</i>
<i>Conversation</i>	2.67 (2.00)	4.11 (0.86)	<i>0.023</i>
<i>Controls</i>	3.33 (1.00)	4.67 (0.25)	<i>0.004</i>
Clarity	3.33 (1.50)	4.11 (0.61)	0.131
<i>Conversation Quality</i>	2.78 (0.69)	3.89 (0.61)	<i>0.010</i>
Search Function	4.00 (1.00)	4.11 (1.11)	0.821
Test Function	3.89 (0.36)	4.00 (0.25)	0.676
Visual Content	3.50 (0.86)	4.11 (0.61)	0.166

Tab. 1: Mean values of our questions; numbers in the brackets represent variances. Italic indicates *statistical significance (two-sided t-test, $p < 0.05$)*.

Table 1 shows that the group chatbot generally perceives the PET as more sophisticated and positive than the group form. During onboarding, most group form users did not interact with the chatbot. Our results indicate that the group chatbot finds controlling the system easier and the conversation quality better than users of group form. Moreover, we observed that the group chatbot formulated longer and more natural sentences. We assume that the users in the group chatbot are better primed to text naturally as they only could text during onboarding, since the chatbot was the only interactable element.



We found no statistically significant difference in the perception of the test and search function, the clarity, and visual content. This can be attributed to tests and searches being relatively unrelated to the conversation. Furthermore, visual content and clarity are more related to design than texting. Our study shows that the design of an onboarding process can influence the perception of educational chatbots and is leading to the use of the chatbot that is closer to a conversation rather than a search query.

Bibliography

- [MC19] McAllister, Patrick; Kerr, James; McTear, Michael; Mulvenna, Maurice; Bond, Raymond; Kirby, Karen et al. (2019): Towards Chatbots to Support Bibliotherapy Preparation and Delivery.
- [NA00] Nass, Clifford; Moon, Youngme (2000): Machines and mindlessness: Social responses to computers.
- [SO17] Sörensen, Ingrid (2017): Expectations on chatbots among novice users during the onboarding process.
- [WI18] Winkler, R., Söllner, M. (2018): Unleashing the Potential of Chatbots in Education: A State-Of-The-Art Analysis.
- [WO21] Wölfel, Matthias (2021): Towards the Automatic Generation of Pedagogical Conversational Agents from Lecture Slides. In: International Conference on Multimedia Technology and Enhanced Learning: Springer, Cham, S. 216–229.

Demobeiträge

THESIS DESIGNER - Eine Webanwendung zur Unterstützung von Abschlussarbeiten

Marco Di Maria ¹, David Walter ² und Ralf Knackstedt³

Abstract: In diesem Beitrag stellen wir eine prototypische Webanwendung vor, die Studierende bei der Konzeption von Abschlussarbeiten unterstützt. Ergebnisse aus ersten Evaluationen zeigen, dass Studierende mithilfe der Anwendung vollständig digital und selbstständig Konzepte für Abschlussarbeiten entwickeln können. Die Anwendung scheint Potenzial als nützliches Werkzeug für die Unterstützung von Abschlussarbeiten in der Wirtschaftsinformatik und weiteren Disziplinen zu besitzen.

Keywords: Abschlussarbeiten, Digitale Lehre, Werkzeugunterstützung, Hybride Lehre.

1 Konzept und Implementierung

Studierende müssen bei Abschlussarbeiten zu Beginn ein Thema eingrenzen, eine Forschungsfrage formulieren und ein Forschungsdesign entwickeln [Be08]. Unzureichendes Wissen und mangelnde Erfahrung kann zu unangemessenen Forschungsdesigns führen, falls Forschungsfragen unzureichend formuliert werden oder nicht zum geplanten, methodischen Vorgehen passen. In diesem Beitrag⁴ geben wir einen Einblick in die Entwicklung von Thesis Designer⁵, eine prototypische, visuelle Webanwendung [Av20], die Studierende in der Konzeptionsphase von Abschlussarbeiten unterstützen soll. Sie erhalten damit Planungsassistenten, um ein vollständiges, konsistentes und umsetzbares Konzept für ihre Abschlussarbeit zu entwickeln. Sie reflektieren dabei persönliche Eigenschaften, um Stärken und Schwächen bei der Konzeption zu beachten.

Bei der Nutzung von Thesis Designer haben Studierende mit der Schaltfläche *Hauptseite* die Möglichkeit, direkt mit der Entwicklung einer Idee zu starten und gelangen auf die Canvas-Übersicht (siehe Abb. 1). Sie können auch mit der Schaltfläche *Daten hochladen* ein bestehendes Konzept mittels .txt-Datei zur Weiterbearbeitung hochladen. Studierende

¹ Stiftung Universität Hildesheim, Abteilung für Informationssysteme und Unternehmensmodellierung, Universitätsplatz 1, 31134 Hildesheim, marco.dimaria@uni-hildesheim.de, <https://orcid.org/0000-0003-0713-3220>

² Stiftung Universität Hildesheim, Abteilung für Informationssysteme und Unternehmensmodellierung, Universitätsplatz 1, 31134 Hildesheim, walter002@uni-hildesheim.de, <https://orcid.org/0000-0003-2882-2930>

³ Stiftung Universität Hildesheim, Abteilung für Informationssysteme und Unternehmensmodellierung, Universitätsplatz 1, 31134 Hildesheim, ralf.knackstedt@uni-hildesheim.de

⁴ Dieser Forschungsbeitrag entstand im Rahmen des Forschungsprojekts ProXLab mit Förderkennzeichen ZAM 3-85098297. Wir bedanken uns ganz herzlich bei der NBank und dem ESF. Siehe www.pro-x-lab.de.

⁵ <https://thesisdesigner.github.io/> (zuletzt abgerufen am 27.06.2022)

können ein *Videotutorial* ansehen, um sich mit der Anwendung vertraut zu machen. Auf der *Hauptseite* können Studierende Felder einzeln anwählen und bearbeiten. Bearbeitete Felder werden mit einem grünen Häkchen gekennzeichnet. Eingaben aus eng zusammenhängenden Feldern werden übertragen.

Abb. 1: Prototyp Thesis Designer – Hauptseite

Die Eingaben können als PDF in Canvas-Form exportiert werden. Zwischenversionen sind möglich, wodurch der iterative Charakter des Konzeptionsprozesses adressiert wird. Das Code-Verzeichnis ist hier⁶ zugänglich. Bachelorstudierende gaben bei einem Labortest und anschließender Umfrage an, dass Thesis Designer den Einstieg in die Abschlussarbeit erleichtert und die Entwicklung erster Ideen unterstützt. Nach einer Demonstration vor Dozierenden verschiedener Fachbereiche zeigten vier Dozierende Interesse daran, Thesis Designer zu erproben. Wir planen mit diesen die Durchführung eines Feldtests bei realen Bachelorarbeiten.

Literaturverzeichnis

- [Av20] Avdiji, H., Elikan, D., Missonier, S., Pigneur, Y.: A Design Theory for Visual Inquiry Tools. *Journal of the Association for Information Systems*, 21, 3, 695-734, 2020.
- [Be08] Berndtsson, M.; Hansson, J.; Olsson, B.; Lundell, B.: *Thesis Projects. A Guide for Students in Computer Science and Information Systems*. 2. Auflage, Springer, London, 2008.

⁶ <https://github.com/ThesisDesigner/ThesisDesigner.github.io> (zuletzt aufgerufen am 27.06.2022)

The Heb@AR App – Five Augmented Reality Trainings for Self-Directed Learning in Academic Midwifery Education

Jonas Blattgerste¹, Kristina Vogel², Carmen Lewa³, Tabea Willmeroth², Matthias Joswig³, Thorsten Schäfer³, Nicola H. Bauer⁴, Annette Bernloehr⁵ und Thies Pfeiffer¹

Abstract: The academization of midwifery education entails novel challenges. To second the transition process, the Heb@AR App is an innovative Augmented Reality (AR) training application. It is currently being deployed for self-directed and curricular on-site learning in several midwifery degree programs in Germany. The aim is to strengthen students' practical competencies, especially for emergency situations. Hereby, the Heb@AR App is available through the app store on handheld (Android & iOS) devices for free and currently offers five midwifery-specific training scenarios.

Keywords: Midwifery, Augmented Reality, Learning, Training, Education, App, Smartphone

1 Midwifery Academization and Project Heb@AR

Since 2020, German midwifery education is undergoing full academization. While this is a necessary transition, the theory-practice transfer still has to be supported. Especially emergency management, while working in accordance with guidelines, must be practically trained. In the BMBF project Heb@AR (2019-2022), the utilization of handheld AR trainings as a supplement to the practical training in academic midwifery education is explored. To be identified is its potential in terms of acceptability, scalability, viability, and longevity [BL20]. For this purpose, emergency AR trainings were deployed in the curriculum of the midwifery study program at the Hochschule für Gesundheit Bochum. As preliminary evaluations are promising, we are implementing Heb@AR trainings into two additional midwifery study programs. Moreover, we publish them as a free Android and iOS app to make them available for midwifery students and other institutions to use.

2 The Heb@AR App

This Heb@AR App is the aggregation of the AR trainings developed during the Heb@AR research project [BL20] and bundles five AR trainings (cumulating to more than 4 hours of raw AR training content) with onboarding material for students and teachers,

¹ Hochschule Emden/Leer, Constantiaplatz 4, 26723 Emden, Germany, vn.nn@hs-emden-leer.de

² Hochschule für Gesundheit Bochum, Gesundheitscampus 6-8, 44801 Bochum, Germany, vn.nn@hs-gesundheit.de

³ Ruhr-Universität Bochum, Universitätsstraße 150, 44801 Bochum, Germany, vn.nn@ruhr-uni-bochum.de

⁴ Universität zu Köln, Albertus-Magnus-Platz, 50923 Köln, vn.nn@uni-koeln.de

⁵ Fachhochschule Bielefeld, Interaktion 1, 33619 Bielefeld, vn.nn@fh-bielefeld.de

supplementary material for institutions to utilize the app, and training assessment utility. Hereby, the Heb@AR App is more than a prototype. It was and is continuously evaluated and improved regarding its usability, students/teachers' perception and learning outcomes, using a design-based research methodology. Additionally, lecturers are being actively trained in workshops to utilize the app. The five AR training scenarios currently included are shown in Fig. 1: Firstly, the preparation of an emergency tocolysis, a training where students prepare a contraction-inhibiting medication, that can be trained location independently. Here, AR is used with purely virtual objects and the contextualization into the physical reality is used to enable embodied interactions for psychomotor learning. (Fig 1.a) Followed by the preparation of a birthing person for a cesarean section: An on-site AR training for holistic competency development through contextualized AR guidance on a generic training manikin. Here, decisions have to be made on what action is performed next, the action is visualized in AR and students can then freeze the AR view, place the smartphone out of their hand and imitate the contextualized AR action using both hands (*Decide-Freeze-Imitate*). (Fig. 1.b) Furthermore, the resuscitation of a newborn. In this emergency training, students train the resuscitation algorithm for a newborn through the *Decide-Freeze-Imitate* concept on a generic newborn training manikin. It can be trained on-site, either alone or with up to 6 fellow students. It includes training the sequence and motor skills of the algorithm and simulates visual and auditory symptoms. (Fig. 1.c) This resuscitation scenario is also available as a virtual version with a resuscitation unit, where students train the procedural sequence of the algorithm without the appropriate motor components. It can be trained location-independent without additional material. (Fig. 1.d) Finally, the anatomy of the female pelvis is a virtual AR training, where students can contextualize German-Latin terminology on a virtual pelvis for concept learning. (Fig. 1.e)



Fig. 1: The five AR trainings of the Heb@AR App shown on Android and iOS devices.

Literaturverzeichnis

- [BL20] Blattgerste, Jonas, et al. Project Heb@AR: Exploring handheld Augmented Reality training to supplement academic midwifery education. DELFI 2020 – Die 18. Fachtagung Bildungstechnologien der Gesellschaft für Informatik eV, 2020.

E-Assessment-Plattform für die grafische Modellierung

Meike Ullrich¹, Peter Pfeiffer², Gunther Schiefer¹, Chantal Soyka³, Tobias Stottrop⁴,
Michael Striewe⁴, Peter Fettke², Peter Loos², Andreas Oberweis¹ und Niclas Schaper³

Abstract: Im Projekt KEA-Mod wird eine E-Assessment-Plattform für Veranstaltungen auf dem Gebiet der grafischen Modellierung (z.B. UML, BPMN, EPK oder Petri-Netze) entwickelt. Die KEA-Mod-Plattform bietet der Zielgruppe von Dozierenden und Studierenden diverse Funktionen rund um die Erstellung und Bearbeitung von Modellierungsaufgaben. Mit einem integrierten Modellierungswerkzeug können Modelle verschiedener Modellierungssprachen eingegeben werden. Für diese Modelle kann dabei automatisiert individuelles Feedback generiert werden.

Keywords: E-Assessment, Modellierung, UML, BPMN, EPK, Petri-Netze

Die grafische Modellierung mit Sprachen wie z.B. der UML, BPMN, EPK oder Petri-Netze wird in zahlreichen Studiengängen zur (Wirtschafts-)Informatik sowie diversen verwandten Fachgebieten behandelt. Um Dozierende bei der Bewertung der durch Studierenden erstellten Modelle zu unterstützen und dabei gleichzeitig durch automatisiertes Feedback Studierende bei der Entwicklung der benötigten Modellierungskompetenzen zu fördern, entsteht im Verbundprojekt KEA-Mod⁵ derzeit unter anderem eine E-Assessment-Plattform, die der Öffentlichkeit bzw. interessierten Hochschulen zur Verfügung gestellt werden wird. Die Plattform basiert auf einer Microservice-Architektur, in der die Teilkomponenten auch bei Verwendung unterschiedlicher Basistechnologien über definierte Schnittstellen (REST und Apache Kafka) miteinander kommunizieren können. Somit konnten insbesondere bereits bestehende Ansätze zur automatisierten Bewertung von grafischen Modellen vergleichsweise einfach an die Plattform angebunden werden. Ebenso wird auf diese Weise die Flexibilität ermöglicht, zukünftig weitere Bewertungsdienste, Aufgabentypen und Modellierungssprachen in die Plattform aufzunehmen. Die technische Realisierung der Plattform ist in [UI21] detailliert beschrieben. Die KEA-Mod-Plattform richtet sich grundsätzlich an zwei unterschiedliche Anwendergruppen: Dozierende (dazu zählt jegliches Lehrpersonal, z.B. auch Tutor*innen) sowie Studierende. Derzeit werden folgende Modellierungssprachen vom Eingabewerkzeug unterstützt und dazugehörige Bewertungsdienste angeboten:

¹ Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Institut für Angewandte Informatik und Formale Beschreibungsverfahren (AIFB), Kaiserstr. 89, 76133 Karlsruhe, vorname.nachname@kit.edu

² Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz (DFKI) und Universität des Saarlandes, Institut für Wirtschaftsinformatik (IWi), Campus D3 2, 66123 Saarbrücken, vorname.nachname@dfki.de

³ Universität Paderborn, Institut für Humanwissenschaften, Arbeits- und Organisationspsychologie, Warburger Str. 100, 33098 Paderborn, vorname.nachname@uni-paderborn.de

⁴ Universität Duisburg-Essen, paluno - The Ruhr Institute for Software Technology, Gerlingstr. 16, 45127 Essen, vorname.nachname@uni-due.de

⁵ KEA-MOD – <http://keamod.de> - gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)

UML (Klassendiagramme), Petri-Netze, Business Process Model and Notation (BPMN) sowie die Ereignisgesteuerte Prozesskette (EPK). Dozierende können in der Plattform individuelle Aufgabenreihen (entsprechend z.B. Übungsblättern oder Tests) mit Aufgaben vom Typ *Modell verstehen* oder *Modell erstellen* anlegen und konfigurieren. Bei Aufgaben vom Typ „Modell verstehen“ sehen Studierende ein gegebenes Modell, zu welchem passende Multiple-Choice-Items ausgewählt werden müssen.

Bei *Modell erstellen*-Aufgaben wird Studierenden ein kurzer Aufgabentext zusammen mit der (textuellen) Beschreibung eines Szenarios angezeigt, das im integrierten Modellierungswerkzeug modelliert werden soll. Die automatisierte Generierung von Feedback zu syntaktischen, semantischen und pragmatischen Aspekten der Einreichung erfolgt dabei durch die angeschlossenen Bewertungsdienste, deren Auswahl und Gewichtung von Dozierenden individuell konfiguriert wird. Ebenso können Dozierende den Zeitpunkt der automatisierten Generierung von Feedback steuern, so dass sich daraus verschiedene mögliche Einsatzszenarien ergeben:

- Das Feedback wird beim Zwischenspeichern von Modellen generiert. Somit ist es Studierenden während der Bearbeitung möglich, Modelle auf Grundlage des Feedbacks sukzessive weiterzuentwickeln (multiple-try-feedback)
- Das Feedback wird erst nach der Abgabe der kompletten Aufgabenreihe generiert, d.h. das eingereichte Modell kann hinterher nicht überarbeitet werden (outcome feedback).
- Die Feedback-Generierung wird durch Dozierende zu einem beliebigen Zeitpunkt nach der Abgabe einer Aufgabenreihe manuell angestoßen. Das generierte Feedback kann so vor der Veröffentlichung kontrolliert und ggf. angepasst werden, ebenso kann individuelles Feedback ergänzt werden.

Für alle unterstützten Modellierungssprachen werden Aufgabenreihen mit einigen Beispielaufgaben angeboten, die von Studierenden zum Selbststudium genutzt oder Dozierenden als Grundlage für die Gestaltung eigener Aufgabenreihen dienen können.

In der Demo-Session soll gezeigt werden, wie zunächst in der Dozierenden-Rolle eine Aufgabenreihe mit je einer Aufgabe vom Typ *Modell verstehen* und *Modell erstellen* angelegt und konfiguriert wird. Anschließend wird diese Aufgabenreihe in der Studierenden-Rolle unter Einsatz des Modellierungswerkzeugs bearbeitet und eingereicht, dabei wird auch das automatisiert generierte Feedback betrachtet.

Literaturverzeichnis

- [UI21] Ullrich, M. et al.: Platform Architecture for the Diagram Assessment Domain. In: Proc. Workshop on Software Engineering for E-Learning Systems (SEELS), Bd. 2814, CEUR-WS.org, 2021.

Unterstütze den Lernprozess: Externe Steuerung des Ablaufs einer VR-Lernanwendung

David Baberowski ¹, Thimeo Leonhardt ¹, Anne Hamann ¹, Nadine Bergner ¹
und Matthias Ehlenz ²

Keywords: Feedback, NAT, Router, LdL

1 Konzept und Design

In dieser Demo wird die Erweiterung der VR Lernanwendung Inside the Router [Ba21], [Ba22], um Komponenten der externen Einflussnahme des Anwendungsablaufs, vorgestellt. In der VR Lernanwendung begeben sich die Lernenden virtuell in einen Heimrouter und müssen die Funktionen des Paketweiterleitens übernehmen.



Im Szenario eines Heimrouters gibt es drei Hauptfälle für das Routing von IP-Paketen, die alle mit alltäglichen Anwendungsfällen in Verbindung gebracht werden können: Interne

¹ TU Dresden, Didaktik der Informatik, Nöthnitzer Straße 46, 01187 Dresden, {david.baberowski | thimeo.leonhardt, anne.hamann, nadine.bergner}@tu-dresden.de, {https://orcid.org/0000-0001-6308-4334 | https://orcid.org/0000-0003-4725-9776 | https://orcid.org/0000-0002-7546-0998 | https://orcid.org/0000-0003-3527-3204}

² RWTH Aachen, Medialab RWTH Aachen, Theaterplatz 14, 52056 Aachen, ehlenz@lbz.rwth-aachen.de, https://orcid.org/0000-0001-6189-6056

Pakete, ausgehende Pakete und eingehende externe Pakete. In der Anwendung kommen alle drei Fälle vor und müssen vom Lernenden gehandhabt werden. Die erwarteten erlernten Kompetenzen sind, dass die Lernenden (1) ein Netzwerkpaket von einer lokalen Quelle zu einer lokalen Zieladresse weiterleiten können, (2) ein ausgehendes lokales Netzwerkpaket dem WAN-Port zuordnen und weiterleiten können und (3) eingehende externe Pakete mit Hilfe der NAT-Tabelle auf der Grundlage des Zielports einer lokalen Zieladresse zuordnen können.

Die Hauptinteraktion als Teil der Spielmechanik sind die drei Schritte: Fangen, Entscheiden, Werfen. Zuerst muss ein Paket gefangen werden, dann muss der Spieler das Paket analysieren, sich für ein Ziel entscheiden und dann das Paket werfen. Landet ein Paket in einer Röhre, gibt die Röhre eine optische und akustische Rückmeldung, ob die Zuordnung richtig war.

Während des Lernprozesses werden die einzelnen Lernschritte mit Hilfe der Blickrichtung, Handlungen und Verweildauern in einem Learning Record Store gespeichert und analysiert. Die aufbereiteten Daten werden in einem externen Dashboard dargestellt und geben einem Lernbegleiter die Möglichkeit Einfluss auf den Ablauf der Lernanwendung während der Nutzung durch Lernende zu nehmen, indem beherrschte Lerninhalte nicht mehr wiederholt werden und dafür problematische Lerninhalte mehr Zeit erhalten. Zusätzlich können Inhalte (Netzwerkadressen, Ports) und Steuerungselemente (Zeitintervalle, Hilfen) angepasst und eingefügt werden.

Die Lernbegleiterin oder der Lernbegleiter sollen dabei in den Fokus der Untersuchung gesetzt werden, indem die Handlungen und eigenen Lernfortschritte beim Lehren analysiert und anschließend reflektiert werden [GK13]. Dieses Szenario ist insbesondere in der Lehramtsausbildung interessant, in der fachliche Kompetenzen beim Lehren vertieft und fachdidaktische Kompetenzen ausgebaut werden können.

Literaturverzeichnis

- [Ba21] Baberowski, D. et al.: Inside the Router: Ein interaktives VR Lernspiel zur Vermittlung von Routing in Netzwerken im Informatikunterricht. In (Kienle, A. et al. Hrsg.): DELFI 2021. Gesellschaft für Informatik e.V, Bonn, S. 383–384, 2021.
- [Ba22] Baberowski, D. et al.: Inside the Router. eled 2/14, 2022.
- [GK13] Grzega, J.; Klüsener, B.: LdL für Pepe, Pfeiffer und die Pauker. Unterrichtstipps nach 30 Jahren bewährtem, verlässlichem, kreativem und effektivem Lernen durch Lehren. Epubli GmbH, [Erscheinungsort nicht ermittelbar], 2013.

Botolution

Plattform für Programmierspiele im akademischen Kontext

Patrick Stalljohann¹

Abstract: Vorhandene Online-Programmierplattformen bieten einen motivierenden Einstieg in die Programmierung für den privaten Bereich. Spezielle Aspekte der akademischen Programmierausbildung werden dabei nicht berücksichtigt. Die Entwicklung eines eigenen Programmierspieles für eine Lehrveranstaltung ist dahingegen mit viel Aufwand verbunden. Die Plattform Botolution soll die einfachere Bereitstellung und Verwendung neuer Programmierspiele unter Berücksichtigung akademischer Anforderungen ermöglichen. Dazu zählen z. B. die Zusammenarbeit in Teams oder die weitere Verwendung selbstgewählter Standardwerkzeuge der Softwareentwicklung.

Keywords: Akademische Programmierausbildung, Bildungsplattform, Programmierwettbewerb, Game-Based Learning, Softwarearchitektur.

1 Konzept und Implementierung

Zur Erleichterung des Einstiegs in die Programmierung, werden in einigen Lehrveranstaltungen begleitend Programmierspiele eingesetzt [Ga21, SM20]. Sowohl spezifisch entwickelte Umgebungen, z. B. Codescape [Ga21], als auch öffentliche Online-Programmierplattformen mit mehreren Spielen und Wettbewerben, z. B. CodinGame [Co20], fokussieren dabei den einfachen Einstieg für einzelne Personen mit einem integrierten Editor. VIT-Maze [SM20] kombiniert den kompetitiven Ansatz für ein ausgewähltes Programmierspiel mit Möglichkeiten zur Entwicklung in Teams und unter Verwendung etablierter Entwicklungsumgebungen. Damit soll der Einsatz im akademischen Kontext und die Vorbereitung auf den beruflichen Einsatz optimiert werden. Der Entwicklungsaufwand für solche einzelnen Programmierspiele mit den jeweils zugehörigen Mechanismen ist jedoch zu hoch, um einen semesterweisen Wechsel der Praktikumsaufgaben zu gewährleisten.

Im Rahmen eines Studierendenprojekts wurde nun die Plattform Botolution entwickelt, welche die Abwicklung der organisatorischen Prozesse vereinheitlichen und die Erweiterung durch weitere spielerische Programmieraufgaben erleichtern soll. Die drei Spiele Uno, TicTacToe und Sudoku stehen aktuell bereit. Das Grundprinzip der Plattform basiert dabei auf Bots, die ein ausführbares Programm repräsentieren, das als Spieler an einem Match teilnehmen kann. Die Verbindung zur Plattform erfolgt per Websocket oder gekapselt im SDK für Java oder .Net.

¹ FH Münster, Labor für Softwarearchitektur, Stegerwaldstraße 39, 48565 Steinfurt,
patrick.stalljohann@fh-muenster.de

In einer event-basierten Architektur kann das Container-basierte System zur Laufzeit dynamisch um weitere Spiele, Bots oder Turniersysteme erweitert werden. Eine Organisation der Nutzer in Teams und Kursen ist möglich. Insbesondere um Turniere auszuführen, in denen Bots unterschiedlicher Teams eines Kurses gegeneinander antreten können.

Anders als bei singular entwickelten Programmierspielen ist für neue spielerische Programmieraufgaben in Botolution nur die Spielelogik (Model) sowie die Darstellung des Spielfeldes (View) für vorgegebene Schnittstellen zu realisieren. Die Steuerung der Abläufe (Controller) wird von Botolution übernommen. Dazu zählen sowohl die Kommunikation der Studierenden-Programme (Bots) mit der Spielelogik sowie die Verwaltung von Kursen, Teams, Turnieren etc. Auf diese Weise soll der Aufwand zur Entwicklung neuer, spielerischer Programmieraufgaben reduziert werden.

Der primäre Einsatz der Plattform ist für Praktika in Grundlagenmodulen zum Programmieren vorgesehen. Analog zu [SM20] erhalten die Studierenden Informationen bzgl. der Datenformate für den Austausch mit einem ausgewählten Spiel. Die Entwicklung eines Bots erfolgt in der eigenen, professionellen Entwicklungsumgebung mit Ausführung auf dem eigenen System. Eine zu den Aktionen der Bots passende Visualisierung erfolgt in Botolution und kann parallel zum Debuggen schrittweise im Browser dargestellt werden.



Neben dem reduzierten Aufwand zur Entwicklung neuer spielerischer Programmieraufgaben, sollen zukünftige Analysen zum Fortschritt der Studierenden während der Verbesserung und Neuausführung Ihrer Bots bei unterschiedlichen Programmierspielen durch die plattformbasierte Verwaltung der Abläufe und Daten ermöglicht werden.

Die Demo gibt einen Überblick der bisher verfügbaren Spiele, der Registrierung und Verwendung eigener Bots, der organisatorischen Mechanismen zur Teameinteilung und Turnierausführung sowie der Gesamtarchitektur mit den Mechanismen zur Erweiterung mit neuen Programmierspielen. Die Plattform kann in eigenen Instanzen gehostet werden. Eine zentrale Instanz ist unter <https://botolution.fh-muenster.de> erreichbar. Der Quellcode der Plattform ist Open Source unter <https://git.fh-muenster.de/swa1/botolution> zu finden.

Literaturverzeichnis

- [Co20] CodinGame, www.codingame.com, Stand: 08.04.2022.
- [Ga21] Gamper, P. et al.: Codescape – Entwicklung und Einsatz eines Programmierlernspiels. In (Kienle, A. et al., Hrsg.): Die 19. Fachtagung Bildungstechnologien (DELFI), Lecture Notes in Informatics (LNI), GI, Bonn, S. 381-382, 2021.
- [SM20] Stalljohann, P.; Merten, M.: VITMaze – Die Java Coding-Challenge für Verwaltungsinformatiker. In (Zender, R. et al., Hrsg.): Die 18. Fachtagung Bildungstechnologien (DELFI), Lecture Notes in Informatics (LNI), GI, Bonn, S. 229 – 234, 2020.

AgileBoard4Teaching: Ein interaktives Tool zur Unterstützung und Begleitung agiler Unterrichtsgestaltung

Zora Wurm¹, Melanie Kreidenweis ² und Sven Strickroth ³

Abstract: In dieser Demo wird das digitale Tool AgileBoard4Teaching zur Unterstützung eines agil gestalteten Unterrichts vorgestellt. Das Tool in Form eines Kanban-Boards erlaubt Schüler*innen sowohl das selbstorganisierte Lernen als auch die selbstständige und dynamische Dokumentation des Arbeitsfortschritts. Weiterhin unterstützt es Lehrkräfte bei der Unterrichtsgestaltung und Durchführung. Es ist offline nutzbar, intuitiv bedienbar, ermöglicht eine einfache Verteilung von Aufgaben und gibt einen schnellen Überblick über die Arbeitsstände für Lehrende und Lernende.

Keywords: Agile Unterrichtsgestaltung, CSCL, Unterstützungstool.

1 Ansatz für die digitale Unterstützung agiler Unterrichtsgestaltung

Agile Methoden sind im Software-Projektmanagement weit verbreitet, da sie gleichzeitig das Vorgehen strukturieren und einen hohen Grad an Flexibilität ermöglichen. Auf Basis dieser Vorteile wurde eine Methode zur agilen Unterrichtsgestaltung und ein digitales Tool zur Unterstützung sowohl der Unterrichtsvorbereitung als auch –durchführung entwickelt [SKW22]. Schülerinnen und Schülern (SuS) soll mithilfe eines Kanban-Board-Ansatzes, eingebettet in einen iterativ-inkrementellen Prozess, agile Arbeitsweisen intuitiv nähergebracht und selbstorganisiertes Lernen gefördert werden. Das Hauptaugenmerk liegt auf der transparenten Visualisierung des aktuellen Standes der selbstständigen Arbeit der SuS. Hierbei können Aufgaben gemeinschaftlich wie auch allein bearbeitet werden und eine Unterscheidung zwischen Pflicht- und Wahlaufgaben, sowie differenzierte Arbeitshinweise, ermöglichen eine individualisierte Förderung (vgl. [Kr19]). Die Visualisierung lenkt die Aufmerksamkeit auf das Fertigstellen und gibt zugleich Aufschluss darüber, wie die SuS die Aufgaben bisher und gerade bearbeiten. Dadurch wird ebenfalls eine gute Betreuung in intensiven, selbständigen Arbeitsphasen ermöglicht.

Das entwickelte Tool zur Strukturierung und Dokumentation des Arbeitsprozesses soll den agilen Unterricht durch die Speicherung sowie die Visualisierung des Arbeitsstandes und eine ressourcensparende Vorbereitung unterstützen. Lehrende können aus Lernzielen extrahierte kleinschrittige Aufgaben digital vorbereiten, mit Ressourcen wie z. B. Bildern, beliebigen Dateien und Links versehen, verschiedenen Lerngruppen zuordnen und über

¹ Ludwig-Maximilians-Universität München, Oettingenstraße 67, 80538 München z.wurm@campus.lmu.de

² Ludwig-Maximilians-Universität München, Institut für Informatik, Oettingenstraße 67, 80538 München melanie.kreidenweis@ifi.lmu.de, <https://orcid.org/0000-0001-8659-525X>

³ Ludwig-Maximilians-Universität München, Institut für Informatik, Oettingenstraße 67, 80538 München sven.strickroth@ifi.lmu.de, <https://orcid.org/0000-0002-9647-300X>

mehrere Runden verteilen. Die vorbereiteten Boards mit Aufgaben(karten) und den Spalten „Aufgaben“, „in Bearbeitung“ und „fertig“ können anschließend im Unterricht eingesetzt werden. Dann können die SuS, z. B. kollaborativ in Gruppen oder einzeln, mit jeweils eigenem Board oder einem Board pro Gruppe, Aufgaben untereinander nach dem Pull-Prinzip bearbeiten, dem derzeitigen Bearbeitungsstand zuordnen und über inkrementelle, individualisierte und strukturierte Arbeitszyklen die Lernziele erreichen. Durch eine flüssige Drag-and-Drop-Steuerung der Aufgabenkarten ermöglicht das Tool eine einfache und intuitive Bedienung. Der aktuelle Arbeitsstand kann jederzeit lokal gespeichert, ausgetauscht und zu einem späteren Zeitpunkt wiederverwendet werden. Die Anforderungen wurden speziell an den Einsatz in der Schule und die agile Methode angepasst: So ist das Tool z. B. ohne Installation komplett ohne Internetverbindung und externe Server nutzbar, um schulischen Datenschutzrichtlinien und der Schulpraxis gerecht zu werden. Speziell für die Lehrpersonen ist es wichtig, die Boards mit Aufgaben vorzubereiten und schließlich für verschiedene SuS bzw. Gruppen duplizieren zu können, um eine effektive Nutzung im Unterricht zu ermöglichen. Bereits existierende, nicht an den schulischen Einsatz angepasste Tools erfüllen diese Anforderungen nicht. Insbesondere erlauben diese kein Vorbereiten und Duplizieren der Aufgabenkarten oder können nur mit Nutzerprofilen, bestehender Internetverbindung oder Installation genutzt werden. Anhand einer ersten zweistufigen Evaluation wurden bereits Erfahrungen mit einer think-aloud-Studie mit Lehrpersonen und im praktischen Unterrichtseinsatz gesammelt. Positiv aufgefallen ist hier die übersichtliche Arbeitsstrukturierung, die Anregung zur Selbstständigkeit der SuS und die Hervorhebung des Arbeitsprozesses.

Das AgileBoard4Teaching-Tool steht unter <https://www.tel.ifi.lmu.de/software/> als Open-Source-Software zum Download zur Verfügung.

2 Ausblick

Der Ansatz und das Tool wurde zwar für den Einsatz im Informatikunterricht entwickelt, sind jedoch nicht darauf beschränkt. Weitere Evaluationen und praktische Einsätze sind geplant. Das Tool bietet viele Erweiterungsmöglichkeiten, z. B. eine Synchronisation über mehrere Clients mit Lehrpersonen-Dashboard oder ein integriertes Abgabe- und Feedbacksystem, um Lösungen abzunehmen bevor diese als erledigt gelten.

Literaturverzeichnis

- [Kr19] Kreidenweis, M.: Agile Unterrichtsgestaltung. <https://ddi.ifi.lmu.de/kooperationsschule-informatik/agile-unterrichtsgestaltung-booklet-kreidenweis/>.
Letzter Abruf: 2022-06-25
- [SKW22] Strickroth, S., Kreidenweis, M., Wurm, Z.: Learning from Agile Methods: Using a Kanban Board for Classroom Orchestration. In: Proc. Interactive Collaborative Learning, im Erscheinen.

An Improved E-Learning Tool for Parsing-as-Deduction

Anika Westburg¹

Abstract: This paper presents an extended version of the CL-Taskbox introduced at DELFI 2019. The e-learning tool for the so-called parsing-as-deduction approach has been expanded with the generation of random tasks of several difficulty levels. Additional to aiding the learner in solving the tasks by providing constant visual feedback, a new feature that allows to draw freehand directly on the page aims at teachers who use the tool for explanations.

Keywords: computational linguistics, e-Learning, context-free grammar, formal grammar, parsing

The CL-Taskbox is an e-learning tool for parsing-as-deduction and was presented first in [We19]. Parsing-as-deduction is a general approach to parsing of formal grammars that is formalized as deduction [Pe83]. Every step of the parsing process is stored in a table as an item that corresponds to a configuration in the working of an algorithm. The items apply to deduction rules which lead to the creation of new items. This repeats until a final item indicates a successful derivation or no new items can be derived. Such parsing tasks are usually carried out by students of computer science or computational linguistics as part of the homework to a course about parsing, compiler construction or similar. Writing down the parsing process might include repeating comparisons between items and the definitions of deduction rules, long searches for mistakes if the result does not line up with the expectation, as well as feedback delayed to the point when the corrected homework is returned.

Based on latest web-technologies the CL-Taskbox² is freely accessible via any common web browser without the need to install additional software. The tool guides the user in performing parsing steps by a simple drag-and-drop mechanic and provides instant visual feedback about correct or wrong operations.

The current version incorporates a newly invented, dedicated difficulty metric for parsing tasks and a mapping of that score to the three levels easy, medium and hard. The generation algorithm starts off with a trivial task and increases its difficulty until the desired level is reached and the task is presented to the user. Automatic task generation and the way of providing visual feedback are inspired by the tool Exorciser of ETH Zürich [Ts04].

Another new noteworthy feature is the possibility to activate a drawing mode. Choosing from a palette of different colours the user is able to directly draw on the page, underline corresponding elements in items and definitions or take side notes to aid thinking. This

¹ Heinrich-Heine-Universität, Allgemeine Sprachwissenschaft, Universitätsstr. 1, 40225 Düsseldorf, anika.westburg@hhu.de

² The CL-Taskbox is available at cl-taskbox.de.

feature is inspired by [Kh22] where users may activate a drawing mode to help them solve math problems. The drawing mode is also useful for teachers to support their explanations with some scribbles.

Current solvable tasks include top-down, shift-reduce, CYK, Earley, Earley with passive items and left-corner parsing for context-free grammars.

The pool of available tasks will be extended with further algorithms for CFG like LR(k) and probability calculation for parsing PCFGs. Other formalisms like CCG or LAG will be added along with their dedicated parsing algorithms.

Perform cfg-cyk parsing with the given input and grammar.

Id	Item	Rule	Backpointers
1	[A,0,1]	scan A → a {}	
2	[B,2,1]	scan B → b {}	
3	[A,1,1]	scan A → a {}	
4	[B,3,1]	scan B → b {}	

New Help Check
 w = a a b b
 $G = \langle N, T, S, P \rangle$ $N = \{S, X, A, B\}$ $T = \{a, b\}$ $S = S P = \{$
 $S \rightarrow A X,$ $S \rightarrow A B,$ $A \rightarrow a,$ $B \rightarrow b,$
 $X \rightarrow S B. \}$
 Scan: $[A, i, 1]$ $A \rightarrow w_i \in P$
 Complete: $\frac{[B, i, l_1] [C, i + l_1, l_2]}{[A, i, l_1 + l_2]} A \rightarrow B C \in P$
 Goal: $[S, 0, 4]$

Bibliography

- [Kh22] Khan, S.: Khan Academy, khanacademy.org, accessed: 11.04.2022
- [Pe83] Pereira, F. C. N.; Warren, D. H.: Parsing as Deduction. In 21st Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics, pp. 137-144, 1983.
- [Ts04] Tschertter, V.: Exorciser - automatic generation and interactive grading of structured exercises in the theory of computation, ETH Zurich, 2004
- [We19] Westburg, A.: An E-Learning Tool for Parsing-as-Deduction. In (Pinkwart, N. & Konert, J. eds.): DeLFI 2019 – Die 17. Fachtagung Bildungstechnologien, Gesellschaft für Informatik e.V.. Bonn, pp. 283-284, 2019.

Vermittlung von algorithmischer Denkweise mittels Game-based Learning

Andreas Edler¹ und Sebastian Hobert¹

Abstract: Algorithmisches Denken nimmt in allen Fachbereichen eine zunehmend stärkere Bedeutung ein. Dies wird u.a. durch die zunehmende Digitalisierung verstärkt. Die Vermittlung von algorithmischem Denken nimmt daher an Bedeutung zu. Aus diesem Grund verfolgt diese Demonstration das Ziel, das Vermitteln von algorithmischem Denken mit einem spielerischen Ansatz zu adressieren. Hierzu gibt die Demonstration einen Einblick in die technische Implementierung einer Game-Based Learning App, die das Ziel hat Lernende spielerisch an eine algorithmische Denkweise heranzuführen, indem grafische Programmierübungsaufgaben bereitgestellt werden.

Keywords: Algorithmisches Denken, Game-Based Learning, Technology-Enhanced Learning

1 Motivation

Algorithmisches Denken ist eine essentielle Fähigkeit in der Informatik und wird als eine wesentliche Grundlage für das strukturierte Lösen von Problemen in der Informatik angesehen. Auch wenn algorithmisches Denken oftmals mit Informatik in Verbindung gesetzt wird, wird es – verstärkt durch die zunehmende Digitalisierung – auch für andere Fachdisziplinen sowie die gesamte Gesellschaft zunehmend wichtiger. Algorithmisches Denken im Rahmen von Lehrveranstaltungen zu vermitteln kann allerdings häufig als herausfordernd bezeichnet werden. Um die Herausforderung der Vermittlung von algorithmischem Denken zu adressieren, wird im vorliegenden Projekt ein spielbasierter Ansatz verfolgt. Die prinzipielle Eignung von spiel-basierten Lernkonzepten für ähnliche Lernziele hat sich in anderen Lernkontexten bereits gezeigt (siehe bspw. [TFM19]).

Aufbauend auf dem Game-based Learning Konzept (siehe bspw. [PHK15]) wurde in diesem Projekt ein Lernspiel entwickelt, das Lernende schrittweise durch eine 2D-Spielwelt führt. Im Spielverlauf müssen die Lernenden algorithmische Lernaufgaben in einer visuellen Programmierumgebung lösen. Durch eine steigende Komplexität der Aufgaben sollen die Lernenden schrittweise an das algorithmische Denken herangeführt werden. Der gewählte spielerische Ansatz soll dafür sorgen, dass die Lernenden motiviert werden, sich selbstständig mit den Lernaufgaben zu beschäftigen. Im Rahmen der Demo wird die technische Implementierung der entwickelten App vorgestellt und das Spiel kann selbstständig ausprobiert werden. Zudem werden erste Evaluationsergebnisse dargestellt.

¹ Universität Göttingen, Professur für Anwendungssysteme und E-Business, Platz der Göttinger Sieben 5, 37073 Göttingen, andreas.edler@stud.uni-goettingen.de bzw. shobert@uni-goettingen.de

2 Entwicklung und Evaluation

Zur Entwicklung der Lernanwendung wurde ein iterativer Entwicklungsprozess durchlaufen. In der ersten Iteration wurden hierzu ausgehend aus existierender Literatur und Theorien Anforderungen an eine Game-based Learning Anwendung zur Unterstützung des Vermittelns von algorithmischem Denken abgeleitet. Diese wurden anschließend in ein Spielkonzept überführt, welches auf visueller Programmierung aufbaut. Die visuelle Programmierung wurde gewählt, um mit der Anwendung auch Lernende aus nicht technischen Fachrichtungen – ohne Programmierkenntnisse – zu erreichen. Aufbauend auf dem Spielkonzept wurde ein erster funktionaler Prototyp entwickelt. Das entwickelte Spielkonzept bildete anschließend mitsamt dem Prototyp die Grundlage für eine erste Evaluation. Im Rahmen der Evaluation erhielten 11 Teilnehmende die Möglichkeit, sich eine video-basierte Vorführung des Prototyps anzusehen, um anschließend das Spielkonzept und den aktuellen Entwicklungsstand zu bewerten.

Unter Berücksichtigung der Evaluationsergebnisse wurde in der zweiten Iteration der Prototyp finalisiert. Dabei wurden mehrere exemplarische Spiellevels als Lerneinheiten integriert, um eine realistische Evaluation des Prototyps zu ermöglichen. Zum Abschluss des Entwicklungsprojekts wurde das entwickelte Lernspiel mit 20 Studienteilnehmenden evaluiert. Diese erhielten nach einer kurzen Einführung in das Projekt die Möglichkeit das Spiel mit allen erstellten Leveln auszuprobieren. Anschließend wurden sie um ein quantitatives Feedback zur App gebeten. Zudem wurden qualitative Verbesserungsmöglichkeiten erhoben. Die Studienteilnehmenden bewerteten den entwickelten Prototyp positiv (u.a. im Hinblick auf Usability und Spielerfahrung). Um den tatsächlichen Effekt auf den Lernerfolg vertieft zu untersuchen, sind weitere Studien notwendig. Nichtsdestotrotz konnten – unter Berücksichtigung der qualitativen Ergebnisse – noch Verbesserungspotenziale aufgedeckt werden, um das entwickelte Spiel noch zu verbessern. Beispielsweise sind hier das Einfügen weiterer Erklärungen und (Lern-)Tipps im Spiel sowie die Erweiterung um neue visuelle Programmierblöcke und zusätzliche Level zu nennen.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die entwickelte App von den Lernenden positiv bewertet wurde. In zukünftigen Arbeiten können die identifizierten Verbesserungsmöglichkeiten zur Weiterentwicklung des Spiels umgesetzt werden.

Literaturverzeichnis

- [PHK15] Plass, J. L.; Homer, B. D.; Kinzer, C. K.: Foundations of Game-Based Learning. *Educational Psychologist* 4, S. 258–283, 2015.
- [TFM19] Turchi, T.; Fogli, D.; Malizia, A.: Fostering computational thinking through collaborative game-based learning. *Multimedia Tools and Applications* 10, S. 13649–13673, 2019.

Remote-gestütztes Programmieren, Debuggen und Testen eines autonomen Modellfahrzeugs

Virtueller Zugriff auf verteilte ARM Cortex-basierte Versuchsaufbauten

Jakob Czekansky ¹, Clemens Haefke², Moritz Schauer ³ und Diethelm Bienhaus ⁴

Abstract: Für verschiedene praktische Lehrmodule im Kontext der Technischen Informatik und der Ingenieurwissenschaften ist das Programmieren, Debuggen und Testen von Mikrocontrollersystemen unersetzlich. In Zeiten von Online-Lehre und Distanz-Unterricht ist der Zugang zu hardwareseitigen Laboraufbauten aber nicht immer gegeben. Folgend wird ein System präsentiert, welches beispielhaft den Fernzugriff auf ARM Cortex-basierte Versuchsaufbauten ermöglicht. Realisiert wird dies mit einem webbasierten Interface, welches direkt an die einzelnen Testsysteme gekoppelt ist und visuelles Feedback für die Studierenden ermöglicht.

Keywords: Mikrocontroller, Debugging, Fernzugriff, Online-Lehre, Virtuelles Labor

1 Motivation

Durch die 2020 von SARS-CoV-2 herbeigeführte Pandemie wurde der Universitäts- und Hochschulzugang für Studierende stark eingeschränkt. Praxisnahe Lehrmodule, welche normalerweise die Programmierung von Mikrocontrollersystemen im Labor voraussetzen, können ohne den Zugang zu selbigen nicht wie gewohnt durchgeführt werden. Mit Hilfe von einer breiten Ausleihe von Hardwarekomponenten können Studierende zwar mit Entwicklungssystemen für Zuhause ausgestattet werden, eine Verifikation der individuellen Testaufbauten der Studierenden fehlt jedoch. Zusätzlich sind Fehler in studentischen Versuchsaufbauten für Dozierende per Fernzugriff nur mühsam auffindbar. Große, komplexe Versuchsaufbauten, wie das cITICar [Cz22] können nur schwer soweit heruntergebrochen werden, dass diese als Teilprojekte an die Studierenden verliehen werden können.

¹ Technische Hochschule Mittelhessen, Institut für Technik und Informatik, Wiesenstraße 14, 35390 Gießen, jakob.czekansky@mni.thm.de, <https://orcid.org/0000-0001-8432-0092>

² Technische Hochschule Mittelhessen, Institut für Technik und Informatik, Wiesenstraße 14, 35390 Gießen, clemens.haefke@mni.thm.de

³ Technische Hochschule Mittelhessen, Institut für Technik und Informatik, Wiesenstraße 14, 35390 Gießen, moritz.schauer@mni.thm.de, <https://orcid.org/0000-0001-8058-7304>

⁴ Technische Hochschule Mittelhessen, Institut für Technik und Informatik, Wiesenstraße 14, 35390 Gießen, diethelm.bienhaus@mni.thm.de, <https://orcid.org/0000-0002-9207-3412>

2 Konzeption & Umsetzung

Grundlage des Systems bildet ein Einplatinencomputer (Raspberry Pi), welcher software- und hardwareseitig die Verwaltungsstruktur für das angeschlossene eingebettete System liefert. Der komplette Systemaufbau befindet sich vor Ort im virtuellen privaten Netzwerk (VPN) der Technischen Hochschule Mittelhessen und bietet mit Hilfe dreier verschiedener, angeschlossener Programmieradapter eine Schnittstelle zum klassischen Versuchsaufbau des autonomen Modellfahrzeugs (cITCar). Ähnlich wie bei verwandten Remote Entwicklungssystemen [An18] laufen auf dem Testsystem drei getrennte On-Chip-Debugger Server, welche auf die jeweils zugeordneten Programmieradapter zugreifen. Da die Server das GNU Debugger Remote Serial Protocol unterstützen, kann sich mithilfe des GNU Debuggers direkt auf die Mikroprozessoren verbunden werden. Auf diese Art wird das Remote-Debugging und -Programmieren des eingebetteten Systems möglich. Für ein visuelles Feedback sind zusätzlich Kameras am Einplatinencomputer angeschlossen, welche einen Livestream über ein separates Webinterface bereitstellen.

3 Probleme, Lösungen & Ausblick

Der Einsatz des beschriebenen Remote Debugging Systems in der Lehre ermöglicht das praktische, dezentrale Arbeiten aus der Ferne, bringt aber neben den Schwierigkeiten der Remote Betreuung einige neue Rahmenbedingungen mit sich. Zum einen erhöht sich der Einrichtungsaufwand, da die Systeme initial aufgebaut und zukünftig gewartet werden müssen. Zum anderen müssen, je nach Anzahl der Versuchsaufbauten und Anzahl der Studierenden, die Zugriffe der Studierenden durch Nutzungs- bzw. Zeitfenster geplant und koordiniert werden. Die Auswirkungen der Remote Lehre im Bereich der eingebetteten Systeme kann zum aktuellen Zeitpunkt nur abgeschätzt werden. In künftigen Lehrveranstaltungen soll der Einsatz der Remote Programmierung weiter evaluiert und mit dem klassischen Vorgehen im Labor verglichen werden. Auch eine hybride Umsetzung von klassischem Laborbetrieb, ergänzt durch den Remote Zugriff auf die Laborversuche steht im Fokus der weiteren Untersuchungen.

Literaturverzeichnis

- [Cz22] Czekansky, J. et.al.: Das Projekt cITCar. In (Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur Leipzig, Hrsg.): Tagungsband AALE 2022, Leipzig, S. 331 - 340, 2022.
- [An18] Angulo, I. et.al.: Scaling up the Lab: An Adaptable and Scalable Architecture for Embedded Systems Remote Labs. In IEEE Access, vol. 6, S. 16887-16900, 2018.

Verzeichnis der Autorinnen und Autoren

Adamy, Kevin..... 223	Fettke, Peter.....233, 247
Akao, Kensuke 189	Fox, Dirk..... 111
Assadi, Galia..... 183	Froitzheim, Manuel..... 231
Baberowski, David..... 87, 249	Geiger, Laura 213
Banerji, Amitabh 177	Giel, Dominik..... 215
Bauer, Nicola H..... 245	Görzen, Sergej 209
Berg, Matthias 235	Grimm, Valentin..... 213
Bergner, Nadine..... 87, 249	Grogorick, Linda75
Bernloehr, Annette 245	Haefke, Clemens 259
Bienhaus, Diethelm..... 259	Hagen, Noemi..... 177
Blattgerste, Jonas..... 245	Hajji, Rahim..... 217
Bonaventura, Katharina 235	Hamann, Anne 249
Borys, Thomas..... 111	Hartmann, Johanna..... 135
Böschen, Stefan..... 183	Hawlitschek, Anja99
Brandt, Klaas 217	Heinemann, Birte..... 165, 209, 211
Braun, Christoph 129	Heinen, Andreas 225
Breiter, Andreas..... 135	Hennig, Deborah 211
Cordes, Anja 225	Heuer, Hendrik 135
Cress, Ulrike.....21	Hildebrandt, Christina..... 177
Czekansky, Jakob 259	Hilgert, Barbara 225
Deuchler, Jonas..... 117	Hoang, Trong Nghia..... 239
Di Maria, Marco 243	Hobert, Sebastian..... 257
Donevska-Todorova, Ana 229	Hoffmann, Andreas 231
Dreesbach, Tobias 235	Hoseini, Sayed.....39
Dziergwa, Katrin..... 229	Ismail, Ali 211
Edler, Andreas 257	Joswig, Matthias 245
Ehlenz, Matthias 165, 249	Judel, Sven 159
Faller, Gudrun..... 213	Karl, Maximilian 221

Karsten, Nadine	227	Pfeiffer, Peter	233, 247
Kasakowskij, Regina	27, 147	Pfeiffer, Thies	245
Kasakowskij, Thomas	147	Pinkwart, Niels	237
Kaufmann, Jens	39	Quindeau, Pascal	39
Kayali, Fares	129	Quix, Christoph	29
Keller, Paul	75	Reich, Andreas	239
Khosrawi-Rad, Bijan	75	Rennecke, Paul	165
Kiesler, Natalie	201	Rinn, Heidi	75
Knackstedt, Ralf	243	Robra-Bissantz, Susanne	75
Knopf, Julia	235	Rubart, Jessica	213
Köhler, Thomas	183	Rudolf, Galina	99
Kohls, Christian	23	Rzepka, Nathalie	237
Kranz, Johannes	183	Sauer, Marc	231
Kreidenweis, Melanie	253	Schäfer, Thorsten	245
Krüger, Anita	177	Schaper, Niclas	233, 247
Kuhlmeier, Werner	123	Schauner, Moritz	259
Leonhardt, Thiemo	87, 249	Schiefer, Gunther	233, 247
Lewa, Carmen	245	Schiffner, Daniel	201
Liebsch, Laurin	219	Schliephake, Judith	225
Loos, Peter	233, 247	Schlimbach, Ricarda	75
Lucke, Ulrike	177, 183, 219	Schnell, Erik	159
Manzeschke, Arne	183	Schroeder, Ulrik	159, 165, 209, 211
Menze, Dennis	27	Schrumpf, Johannes	63
Moebert, Tobias	51, 183	Schuhen, Michael	231
Moser, Thomas	129	Schwarz, Simon	153
Müller, Hans-Georg	237	Scorna, Ulrike	217
Müller, Ina	183	Seidel, Niels	27, 69, 147
Nestmann, Uew	227	Simbeck, Katharina	229, 237
Oberweis, Andreas	233, 247	Soyka, Chantal	233, 247

Stalljohann, Patrick	251	Voss, Gunnar	217
Stemme, Jonas	81	Walter, David.....	243
Stottrop, Tobias	233, 247	Weise, Matthias.....	219
Streicher, Alexander.....	153	Westburg, Anika.....	255
Strickroth, Sven.....	253	Wiepke, Axel.....	177
Striewe, Michael.....	233, 247	Willmeroth, Tabea.....	245
Swertz, Christian	19	Winter, Julian.....	105
Tahiri, Yasemin	195	Wölfel, Matthias.....	117, 239
Thelen, Tobias	63	Wurm, Zora.....	253
Thomas, Oliver	235	Zender, Raphael.....	221
Ullrich, Meike.....	233, 247	Zopff, Andreas.....	123
Viehöver, Wilhelm.....	183	Zug, Sebastian	99
Vogel, Kristina	245		

