

GESELLSCHAFT
FÜR INFORMATIK



Thiemo Leonhardt, Matthias Ehlenz,
Svenja Noichl und René Röpke (Hrsg.)

**Workshopband der 21. Fachtagung
Bildungstechnologien (DELFI)**

**11.-13. September 2023
Aachen, Deutschland**

Gesellschaft für Informatik e.V. (GI)

Vorwort

Das diesjährige Motto der 21. Fachtagung Bildungstechnologien der Gesellschaft der Informatik e.V. ist „Skalierbares digitales Lehren und Lernen und fand vom 11. bis 13. September in Aachen statt. Um dieser Herausforderung auch zukünftig gerecht zu werden, finden am ersten Tag der Fachtagung traditionell die Workshops statt, in denen innovative neue Ideen und Lösungen diskutiert werden können. Damit bilden die Workshopergebnisse einen Ausblick auf und einen wichtigen Beitrag zu den zukünftigen Forschungsschwerpunkten der Bildungstechnologien dieser und weiterer Fachtagungen.

Folgende 8 Workshops wurden auf der 21. Fachtagung Bildungstechnologien angeboten:

- 10 Jahre Learning Analytics im deutschsprachigen Raum: Erfolge, Misserfolge und gewonnene Erkenntnisse
- Bildungstechnologien in der Schule – Das Lernen messen?!
- Workshop VR/AR-Learning
- Herausforderungen der Entwicklung von skalierbaren Bildungstechnologien
- Open Science in den Bildungstechnologien - Zur Publikation und Begutachtung von Forschungsdaten inkl. Software der DELFI
- KI-gestützte Studienplanung und Kohortenverfolgung
- Richtlinien für vertrauenswürdige und ethische KI-Nutzung in der Bildung
- KI-gestützte Erstellung von Prüfungsleistungen

Da insbesondere die Workshops von der Initiative und dem Engagement der Ausrichtenden leben, möchte ich mich hiermit ganz herzlich bei allen Ausrichtenden der Workshops bedanken. Ohne dieses einzigartige Engagement wären neue Weichenstellungen und die Einbeziehung neuartiger Ideen nicht möglich und der Community würde damit das immerwährende Neuerfinden als wichtiger Markenkern fehlen.

Aachen, im Dezember 2023

Thiemo Leonhardt

Inhaltsverzeichnis

Workshop 1: 10 Jahre Learning Analytics im deutschsprachigen Raum: Erfolge, Misserfolge und gewonnene Erkenntnisse

Armin Egetenmeier, Ioana Jivet

Ten Years of Learning Analytics in the German-speaking Space: Success, Failure and Lessons Learned..... 13

Workshop 2: Bildungstechnologien in der Schule – Das Lernen messen?!

Matthias Ehlenz, Josef Buchner, Thiemo Leonhardt, Nadine Bergner

Bildungstechnologien in der Schule – Das Lernen messen?! 19

Clemens Witt

Künstliche Intelligenz in den Fingerspitzen..... 23

David Baberowski, Wolf Spalteholz

PraxisCheckUnterricht: 360° Videografie und immersive Unterrichts-reflexion 31

Frederic Salmen, Rene Roepke, Ulrik Schroeder

WebWriter: A System to Author and Remix Explorables – Requirements & First Prototype..... 39

Workshop 3: Workshop VR/AR-Learning

Raphael Zender, Heinrich Söbke, Miriam Mulders

6. Workshop VR/AR-Learning - Aktuelle Entwicklungen, Herausforderungen und Trends zu Lehr- und Lernszenarien mit VR/AR..... 51

Sina Haselmann, Barbara Schmidt-Thieme

Flächenland und Raumland: Den Dimensionsbegriff mit Virtual Reality erfahrbar machen 55

Tobias Weiß, Patrik Kirch, Maraike Büst, Siegfried Schindler, Jella Pfeiffer

Eine interdisziplinäre Kooperation in der Hochschullehre mit Hilfe der virtuellen Realität..... 69

Sebastian Felix Rauh, José Garcia Estrada, Robert Fellner, Horst Orsolits
Integration von XR in der höheren Bildung mittels digitaler Zwillinge und Schatten..... 79

Miriam Mulders, Kristian Träg, Lara Kirner
Artenvielfalt im Unterricht - Ergebnisse qualitativer Befragungen von Schüler:innen zum Einsatz von XR..... 89

Frank Wehrmann, Raphael Zender
Virtual Reality als Instrument zur Förderung inklusiver Schulbildung: Prozessmerkmale und Herausforderungen..... 99

Evelyn Isabelle Hoffarth, Bernd Zinn
Entwicklung der Anwendung der virtuellen Realität eines Arztbesuches..... 109

Amelie Karcher, Maximilian Bega
Entwicklung eines augmentierten Hypothesentests für die Unilock-Montage. 119

Workshop 4: Herausforderungen der Entwicklung von skalierbaren Bildungstechnologien (Nuts & Bolts)

Sergej Görzen, Birte Heinemann, Volodymyr Sokol, Ulrik Schroeder
Herausforderungen der Entwicklung von skalierbaren Bildungstechnologien 131

Maximilian Förster, Patrick Binkert, Holger Rohland, Thiemo Leonhardt
Generierung regulärer Ausdrücke zur Prüfung von SQL-Statements 135

Martin Breuer, Malte Persike, Ulrik Schroeder
Konzeption und Umsetzung synthetischer Datengenerierung für Forschung und Entwicklung in Assessment Analytics 141

Lukas Glaser, Michael Striewe
Modularisierung als Schlüssel zur Skalierung..... 149

Workshop 5: Open Science in den Bildungstechnologien - Zur Publikation und Begutachtung von Forschungsdaten inkl. Software der DELFI

Natalie Kiesler, Daniel Schiffner
Open Science in den Bildungstechnologien: Zur Publikation und Begutachtung von Forschungsdaten inklusive Software im Rahmen der DELFI..... 159

Workshop 6: KI-gestützte Studienplanung und Kohortenverfolgung

Sven Judel, René Röpke

KI-gestützte Studienplanung und Kohortenverfolgung..... 171

Tobias Hirmer, Michaela Ochs, Andreas Stöckl, Adrian Völker

*Nutzung von Studienverlaufsdaten im Kontext eines Studienplanungs-
assistenten*..... 177

Jonas Arndt, Magdalena Vock, Ulrike Lucke

*KI-basierte Studienplanung unter Berücksichtigung der Anforderungen einer
heterogenen Studierendenschaft* 181

Frederik Baucks, Jonas Leschke, Christian Metzger, Laurenz Wiskott

*Ein Dashboard für die Studienberatung: Technische Infrastruktur und
Studienverlaufsplanung im Projekt KI:edu.nrw*..... 185

**Luis Rumert, Johannes Berens, Thomas Gößl, Leandro Henao, Moritz
Salamon, Kerstin Schneider**

*Scalable Interventions in Higher Education: An AI-Supported Feedback Tool to
ASSIST Self-Reflection*..... 189

**Sven Judel, Katharina Batz, René Röpke, Dominik Bär, J. Leandro Henao,
Luis Rumert**

KI-gestützte Studienverlaufsplanung und -analyse mit AIStudyBuddy..... 193

Workshop 7: Richtlinien für vertrauenswürdige und ethische KI-Nutzung in der Bildung

Christian M. Stracke

*Richtlinien für vertrauenswürdige und ethische Nutzung von Künstlicher
Intelligenz (KI) in der Bildung*..... 179

Workshop 8: KI-gestützte Erstellung von Prüfungsleistungen

Bastian Küppers, Svenja Bedenlier, Stefanie Gerl, Matthias Bandtel

Workshop: KI-gestützte Erstellung von Prüfungsleistungen 189

**Workshop 1: 10 Jahre Learning Analytics im
deutschsprachigen Raum: Erfolge, Misserfolge und
gewonnene Erkenntnisse**

Workshop Learning Analytics

Ten Years of Learning Analytics in the German-speaking Space: Success, Failure and Lessons Learned

Armin Egetenmeier¹, Ioana Jivet²

1 Introduction

Learning analytics describes the collection, analysis and use of user-generated data to improve the learning process [SG12]. For this purpose, information is processed appropriately, which is passed on to learners and teachers, for example, in the form of feedback or as an interactive dashboard [Ve14].

Over the last few years, this research area has established itself as an integral part of e-learning research, which is reflected in the success at the international conferences LAK³ and EDM⁴. This has recently been fuelled, among other things, by the pandemic-related digitisation push at educational institutions, which has made the topic more visible and brought greater interest [PSK21]. The increased use of technology-based teaching and learning methods at the various educational institutions consistently provides a lot of learning environment and user data that can be used as a basis for further machine processing. On the basis of this data, learning analytics can be used to stimulate data-driven further developments such as personalised learning environments and make them available to a large number of learners [TPG20].

Since the first workshop on learning analytics at the DELFI conference in 2013, this workshop has been an integral part of DELFI. Over the years, this field of research has increasingly been considered with the involvement of different disciplines. Especially the interdisciplinary approaches from pedagogy, educational sciences and psychology have recently shaped the research direction.

The workshop will reflect on the successes and failures of the German-speaking learning analytics community over the last 10 years and look ahead to the coming years. Successful implementations and exciting current research topics will be discussed. At the

¹ Ludwig-Maximilians-Universität München, Institut für Informatik - Fachgruppe "Technology-Enhanced Learning", Oettingenstraße 67, 80538 München armin.egetenmeier@lmu.de

² Goethe Universität Frankfurt, studiumdigitale, House of Labour, Eschersheimer Landstr. 155-157, 60323 Frankfurt am Main & DIPF, Rostocker Str. 6, 60323 Frankfurt am Main, jivet@sd.uni-frankfurt.de

³ <https://www.solaresearch.org/events/lak/>

⁴ <https://educationaldatamining.org/>

same time, there will also be an opportunity to share experiences about less successful implementations that did not fully meet expectations and contributed to the knowledge gain. The insight into past and future challenges provides interesting starting points for discussion, especially for the participants, and can stimulate new research ideas.

2 Goals of the workshop

The overall goals of the learning analytics workshop are:

- networking of the learning analytics community in German-speaking countries to initiate research and collaborative projects and to promote networking activities beyond the workshop
- presentation of current research projects and results
- strengthening of interdisciplinarity within the working group and beyond (subject) boundaries
- to develop joint results based on the workshop discussions (e.g. publications, digital learning resources, events)

3 Submissions to the workshop

The call for papers for the workshop has been published online: <https://learning-analytics.eu/call-for-papers-2023> and allowed submissions presenting work in progress and preliminary results to the community. In total three submissions have been peer-reviewed. Since no submissions have been accepted for presentation or publication, the workshop chairs decided to reduce the workshop to a half-day event and focus on more interaction among the participants with an intensive thematic exchange.

4 Workshop summary

The workshop took place as a half-day event with 24 participants. The workshop started with a short review of the previous ten workshops in terms of topics addressed, authorship and the impact of publications. The short review was extended with input from Prof. Agathe Merceron and her personal view of the role of the LA workshop @ DELFI and the international visibility of the German-speaking LA community.

The workshop continued with an interactive World Cafe, during which participants discussed three relevant topics. The first group discussed *Artificial intelligence and learning analytics*, highlighting the crucial need to have the *right data* to train the

models, but also to evaluate the impact of the system. Without the right data, both in terms of quality, quantity and in terms of purpose, the generated models are limited. In addition, as with any educational technology, the stakeholders play a significant role in the acceptance of any AI-LA system and their concerns, especially around privacy and impact, need to be taken into account. The second topic, *Interdisciplinary exchange*, brought to light several intrinsic challenges of developing learning analytics, a field at the intersection of multiple domains, including computer and data science, learning and pedagogical sciences, psychology, and human-computer interaction, etc. A major obstacle is finding a *common language* among all experts and involved stakeholders. However, such an endeavour requires a considerable amount of effort and time. A second point elaborated on in the group discussion was the values and educational aspects we implicitly promote through the design of learning analytics systems. For example, are student login patterns the most impactful learning behaviours we wish to make students aware of, or are they just easy to compute and represent with data? The group discussion on the third topic, *Usefulness of learning analytics* and the road to evidence-based LA interventions, revealed that in order to develop analytics that have a chance of being adopted on a large scale, they need to *solve an existing problem* of either students or teachers. Given the latest developments in public opinion around analytics and AI, the group proposed that the next five years of LA will bring more impact than the previous ten years. Finally, multiple issues surrounding adoption of learning analytics could be solved by developing a *culture for learning analytics* in schools and higher education institutions.

The workshop ended with a panel discussion with Hendrik Drachslar, Albrecht Fortenbacher, Clara Schumacher and Niels Seidel as guests and moderated by Malte Persike. The discussion started with thoughts on *data privacy* and how it may hamper research and university-wide adoption of learning analytics. In order to generate enough momentum and create the needed pressure to update university by-laws or state-level laws around the use of AI and LA in education, such tools need to address the actual problems of teachers that can be uncovered through dialogue with the involved stakeholders. Furthermore, students might be reluctant to share their learning data in research projects whose output they will not immediately benefit from. For example, an AI system might require data from several cohorts of students who have finished their studies by the time the system is up and running. However, to increase *students' willingness to ``donate`` their learning data*, they need to be made aware that even though they might not immediately benefit from such a system, future generations of students will, just as they benefit from previous students' data.

Another question discussed in the panel was: Do we have enough (theoretical) research to know how to design effective learning analytics, and can we transfer these insights to practice? A first step in this direction is uncovering pedagogical problems and designing analytics accordingly. However, one should consider that (political) Key Performance Indicators (KPIs) do not always align with LA systems' original purpose. The panel ended with an intense debate about how assessment data can be useful for learning

analytics, given that a lot of the data is analog and hardly available (i.e., hand-written exams).

5 Organizing team and program committee

The workshop was organized by Armin Egetenmeier (Ludwig-Maximilians-Universität München) and Dr. Ioana Jivet (Goethe Universität, Frankfurt am Main). Members of the program committee have been:

Prof. Dr. Dirk Ifenthaler, Universität Mannheim
Dr. Jakub Kuzilek, Humboldt-Universität zu Berlin
Dr. René Röpke, RWTH Aachen
Dr. Clara Schumacher, Humboldt-Universität zu Berlin
Dr. Daniel Schiffner, DIPF Frankfurt
Dr. Niels Seidel, FernUniversität in Hagen

Bibliography

- [PKS21] Prinsloo, Paul; Khalil, Mohammad; Slade, Sharon: Learning analytics in a time of pandemics: Mapping the field. 1, S. 59–70, 2021.
- [SG12] Siemens, George; Gašević, Dragan: Guest editorial-Learning and knowledge analytics. *Educational Technology & Society*, 15(3):1–2, 2012.
- [TPG20] Tsai, Yi-Shan; Perrotta, Carlo; Gašević, Dragan: Empowering learners with personalised learning approaches? Agency, equity and transparency in the context of learning analytics. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 45(4):554–567, 2020.
- [Ve14] Verbert, Katrien; Govaerts, Sten; Duval, Erik; Santos, Jose Luis; Van Assche, Frans; Parra, Gonzalo; Klerkx, Joris: Learning dashboards: an overview and future research opportunities. *Personal and Ubiquitous Computing*, 18(6):1499–1514, 2014.

**Workshop 2: Bildungstechnologien in der Schule – Das
Lernen messen?!**

Bildungstechnologien in der Schule – Das Lernen messen?!

2. Workshop des GI-Arbeitskreises Bildungstechnologien in der Schule

Matthias Ehlenz¹, Josef Buchner², Thiemo Leonhardt³ und Nadine Bergner²

Abstract: Im Fokus dieses Workshops stehen die Entwicklungsprozesse hinter Bildungstechnologien für die Schule, dazu zählen insbesondere Lernanimationen, Lernanwendungen und Lernspiele in den unterschiedlichen Fachdisziplinen, technische und methodische Hürden sowie prototypische Umsetzungen zukunftssträchtiger Bildungstechnologien für den Unterrichtseinsatz. Der Fokus auf die Entwicklung und den Einsatz von Bildungstechnologien im besonderen Kontext Schule wird selten in Forschungsbeiträgen aufgegriffen. Dadurch fehlt in der Bildungstechnologieforschung eine Möglichkeit, diese Perspektive kritisch zu diskutieren. Ziel dieses Workshops ist damit eine forschungsorientierte, offene und praxisbezogene Diskussion über Bildungstechnologieentwicklung für den Schulkontext zu ermöglichen mit der Absicht, sowohl den Austausch zwischen entsprechender Forschung und Praxis zu fördern als auch das Netzwerk in diesem Gebiet der Bildungstechnologien zu stärken.

Keywords: Lerntechnologien, Lernanwendungen, Lernspiele, Schule, Bildungstechnologien

1 Motivation

Für Lehrkräfte und auch Schüler:innen ergeben sich durch digitale Medien früher nie gedachte Möglichkeiten, um zeit- und ortsunabhängig gemeinsam zusammenzuarbeiten und neue Formen der Offenheit miteinander sowie in Unterrichtskontexten umzusetzen. Die Kultusministerkonferenz formuliert in ihren ergänzenden Empfehlungen zur Strategie “Bildung in der digitalen Welt” das Ziel, “[...] in jedem Unterricht an allen Schulen die Potenziale der digitalen Technologien durchgehend zu nutzen [...]” (KMK, 2021, S. 8). An digitalen Tools und technischen Anwendungen zur leichteren digitalen Zusammenarbeit mangelt es nicht. Häufig werden die technischen Lösungen dabei jedoch als gegeben hingenommen, von denen aus mediendidaktische und -pädagogische Potenziale besprochen werden. Wenn man jedoch dem Leitsatz folgt, dass die Technik der Didaktik folgen soll, dann lässt sich feststellen, dass bisher nur selten über die Entwicklung entsprechender Bildungstechnologien diskutiert wird. Dies trifft insbesondere auf eine forschungsbasierte Auseinandersetzung mit den besonderen Herausforderungen der

¹ RWTH Aachen, MediaLab Lehramt, Kármánstr. 17-19, 52062 Aachen, ehlenz@lbz.rwth-aachen.de

² Pädagogische Hochschule St.Gallen, Institut ICT & Medien, Müller-Friedbergstrasse 34, CH-9400 Rorschach, josef.buchner@phsg.ch

³ TU Dresden, Didaktik der Informatik, Nöthnitzer Str. 46, 01189 Dresden, {thiemo.leonhardt, nadine.bergner}@tu-dresden.de

Technologieentwicklung für den Einsatzkontext Schule zu. Wie die ICILS-Studie zeigt, werden zwar digitale Lernwerkzeuge im Unterricht eingesetzt, diese aber vorrangig zur Unterstützung des Frontalunterrichts verwendet. Die Qualifizierung der Lehrkräfte und Schüler:innen ist hier ein wichtiger Punkt (siehe - DigCompEdu). Neben den in der Studie aufgeführten schlechten Rahmenbedingungen in den Schulen für digitalen Unterricht, fehlen insbesondere auch Softwarelösungen, die didaktisch, methodisch fachlich und fachbezogen für den spezifischen Einsatz im Unterricht geeignet sind. Nach der guten Annahme des ersten Workshops zu Bildungstechnologien in der Schule auf der DELFI 2022, wollen wir diesen Bereich mit einer erneuten Durchführung weiter stärken und dieser Problemstellung und den darin forschenden sowie entwickelnden Personen einen Raum geben.

2 Ziele des Workshops

Im Mittelpunkt des Workshops “Bildungstechnologien in der Schule – Das Lernen messen?!” steht der Austausch zwischen Forscher:innen, Entwickler:innen und Praktiker:innen zur Entwicklung innovativer, digitaler Lernwerkzeuge für Schüler:innen, um so eine optimale Passung der bildungstechnologischen Entwicklungsprojekte zu den didaktischen Einsatzszenarien inner- und außerhalb der Schule zu schaffen. Das Ziel ist hierbei der praxisorientierte Austausch zu Herausforderungen und Erfahrungen in der Konzeption, Entwicklung und Anwendung neuartiger, interaktiver, digitaler Bildungstechnologien im schulischen wie außerschulischen Kontext. Dabei steht der Kompetenzerwerbs der Lernenden innerhalb des digitalgestützten Lernsettings im Mittelpunkt.

Dazu werden Beiträge mit folgenden Themenschwerpunkten gesucht:

- **Didaktische Perspektive**
 - Ideen für innovative, digitale Lernwerkzeuge für den Unterricht allgemein- und berufsbildender Schulen
 - Einsatz innovativer Bildungstechnologien zur Lösung von Bildungsanliegen
 - Erhebungen zu vorhandenen (qualitativ hochwertigen) und noch fehlenden digitalen Lernwerkzeugen für das schulische Lernen
- **Prozess-Perspektive**
 - Evaluation des Einsatzes digitaler Lernwerkzeuge mit den Akteuren Lernende und Lehrende (insb. von Prototypen) zur Verbesserung der Unterrichtsqualität
 - Erfahrungsberichte gemeinsamer Entwicklungsprozesse digitaler Lernwerkzeuge durch Fach- und Lehrkräfte
- **Technische Perspektive**
 - neuartige digitale Lernwerkzeuge für die Hauptzielgruppe Kinder und Jugendliche

- Integration von Learning Analytics-Ansätzen für die Zielgruppen Schüler:innen und Lehrkräfte
- Lessons Learned bei der Entwicklung digitaler Lernwerkzeuge für die Schule (Dokumentation des Entwicklungsprozesses)

Die Zielgruppe umfasst somit Lehrkräfte, Wissenschaftler:innen der Informatik und Mediendidaktik, Fachdidaktiker:innen aller Disziplinen und Akteure der Bildungspolitik.

Insgesamt soll dieser Workshop dazu beitragen, mehr qualitativ hochwertige und für den Lernprozess passgenaue digitale Lernwerkzeuge für das schulische wie außerschulische Lernen zu erwirken und zu beforschen, indem Entwickler:innen im technischen wie im didaktischen Design daran gemeinsam mitwirken. Diese Perspektive soll dazu führen, dass der Komplexität von Lehren und Lernen Rechnung getragen wird und folglich *Lernprozess-orientierte* statt *Technologie-determinierte* Forschungsdesigns zum Einsatz kommen.

3 Ablauf und eingereichte Beiträge

Um das Ziel der besseren Zusammenarbeit zwischen Entwickler:innen und Nutzenden zu erreichen, legt dieser Workshop großen Wert auf Diskussion und Austausch. Der Input der Beiträge erfolgte in Form von Impulsvorträgen sowie in geleiteten Demonstrationen jeweils interaktiv unter Einbeziehung aller Teilnehmenden. In den Proceedings des Workshops werden alle drei folgenden Vorträge veröffentlicht:

- *Künstliche Intelligenz in den Fingerspitzen* von Clemens Witt
- *PraxisCheckUnterricht: 360° Videografie und immersive Unterrichtsreflexion* von David Baberowski und Wolf Spalteholz
- *WebWriter: A System to Author and Remix Explorables – Requirements & First Prototype* von Frederic Salmen, René Röpke und Ulrik Schroder

Künstliche Intelligenz in den Fingerspitzen

Kollaborative Multiscreen-Touch-Lernspiele zur Annäherung an das Maschinelle Lernen

Clemens Witt¹ 

Abstract: In diesem Beitrag werden zwei kollaborative Lernspiele für Multitouchdisplays im Themenfeld „Künstliche Intelligenz“ vorgestellt. Diese erlauben Schüler:innen der Sekundarstufe I eine eigenständige und spielerische Auseinandersetzung mit den Problemlöseprozessen des maschinellen Lernens. Durch ihre systemunabhängige Implementierung können sie auf beliebigen Endgeräten genutzt und in vielfältigen Spielszenarien eingesetzt werden.

Keywords: Künstliche Intelligenz, KI, Maschinelles Lernen, ML, Lernspiel, Multitouch, Kollaboration

1 Überblick

Kompetenzen im Umgang mit den Technologien und Anwendungen künstlicher Intelligenz (KI) entwickeln sich zu Schlüsselqualifikationen der gesellschaftlichen Teilhabe. Die Bereitstellung motivierender Lernressourcen bildet dabei eine Grundlage für den Erwerb entsprechender Fähigkeiten und Fertigkeiten. Mit diesem Ziel wurden zwei browserbasierte Lernspiele im Themenfeld KI mithilfe des Lernspiel-Frameworks MTLG [Le19] entwickelt. Das Lernspiel „Match the Monkeys“ veranschaulicht die Erstellung von Entscheidungsbäumen als Klassifikationsmodelle. „Dataset Designer“ legt den Schwerpunkt auf eine genauere Betrachtung des Machine-Learning-Workflows. Beide Spiele richten sich an Lernende der Klassenstufen 7 bis 10, können in jeweils ca. 5 Minuten gespielt werden und stehen zur freien Nutzung zur Verfügung.² Eine gestaltungstechnische Besonderheit der Lernspiele besteht in der Aufteilung des Spielgeschehens über zwei synchronisierte Browserfenster in eine Spielfläche und eine Anzeige für Feedbackinformationen. Dank ihrer systemunabhängigen Implementierung können sie auf verschiedenen Endgeräten wie Tablets, Laptops oder interaktiven Tafeln genutzt werden und in einer Vielzahl von Spielszenarien Anwendung finden.

¹ Technische Universität Dresden, Professur für Didaktik der Informatik, clemens.witt@tu-dresden.de, 
<https://orcid.org/0009-0005-8160-4029>

² Siehe hierzu: <https://ddigames.inf.tu-dresden.de/sites/ai-games/>

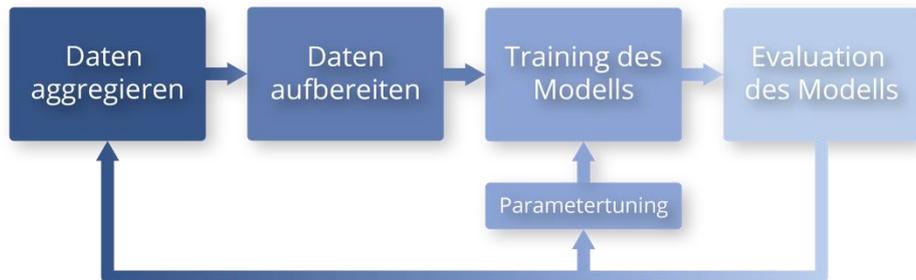


Abb. 1: Machine-Learning-Workflow nach [Zi18]

2 Didaktische Konzeption

Die wesentliche Zielstellung der entwickelten Lernspiele besteht im Angebot einer spielerischen und motivationsfördernden Einführung in grundlegende Handlungskonzepte des maschinellen Lernens (ML). Die in der Konzeption priorisierte Anwendungsperspektive bestand dabei in der Einbettung der Spiele als Einstieg in die Lernbereiche „Künstliche Intelligenz“ des Informatikunterrichts der Sekundarstufe I. Der Fokus liegt dabei nicht in der bloßen Vermittlung der vorgegebenen Lerninhalte – vielmehr sollen zentrale Problemlöse- und Handlungsstrategien des ML [TDT21] durch ihre Integration in den Spielkontext bereits zu Beginn des Lernbereichs motiviert und ohne die Voraussetzung spezifischen Vorwissens erfahrbar gemacht werden. Durch die Reflexion des Spielgeschehens können die Eindrücke und Vorstellungen der Lernenden in den folgenden Unterrichtssituationen systematisiert und für die Erarbeitung der zugrundeliegenden Fachkonzepte genutzt werden [MR23].

Für die inhaltliche Ausrichtung der Lernspiele stellten die, durch Touretzky et al. formulierten, „Fünf großen Ideen in der Künstlichen Intelligenz“ [To19] die wichtigste Orientierungsgrundlage dar. Als Alternative zu einer klassischen, nach Anwendungsbereichen strukturierten Erarbeitung von KI-Fachkonzepten, verfolgt dieser Ansatz eine Annäherung über fünf fachbereichsübergreifende Beobachtungen³. Die Ideen veranschaulichen dabei die Weitläufigkeit des Themenfelds KI: sie verbinden vor allem Kernaspekte des maschinellen Lernens (Ideen 2, 3) mit gesellschaftsbezogenen Problemstellungen (Ideen 4, 5) und integrieren die Betrachtung intelligenter Agenten (Ideen 1, 4) als bedeutende Anwendungsperspektive.

³ 1) Computer nehmen ihre Welt über Sensoren wahr. 2) Intelligente Agenten pflegen Repräsentationen der Welt und verwenden diese für ihre Schlussfolgerungen. 3) Computer können aus Daten lernen. 4) Intelligente Agenten erwerben verschiedene Arten von Wissen, um auf natürliche Weise mit Menschen zu interagieren. 5) KI kann sich sowohl positiv als auch negativ auf die Gesellschaft auswirken.

KI-Anwendungen des Alltags tendieren zugunsten einer höheren Bedienfreundlichkeit häufig dazu, die tatsächliche Komplexität ihrer Funktionsweise zu verschleiern [Hi19]. Dieses auch als „Black-Boxing“ [AL10] bezeichnete Verbergen der inneren Prozesse birgt insbesondere bei Kindern die Gefahr des Entstehens ungenauer oder stark vereinfachter mentale Modelle, welche sich nach ihrer Entwicklung nur schwer korrigieren lassen [Hi19]. So neigen Lernende beispielsweise dazu, KI mit menschlichen Eigenschaften zu attribuieren und davon auszugehen, dass ihre Entscheidungen ebenfalls durch Intuition oder einen gesunden Menschenverstand beeinflusst werden [SPC19]. Häufig sind sie davon überrascht, dass die Entwicklung von KI-Modellen nicht vollständig automatisiert erfolgt, sondern substanziell von menschlichen Entscheidungen abhängt [LM20]. Um der Entstehung derartiger Fehlvorstellungen vorzubeugen, bedarf es einer frühen Offenlegung der Entwicklung und Funktionsweise von KI-Anwendungen [Hi19]. Häufig wird hierbei insbesondere für eine aktive Auseinandersetzung mit KI-Lernalgorithmen (bspw. [SPC19]) und die kritische Reflexion des Einflusses verwendeter Daten auf den Modellbildungsprozess (bspw. [CPM13]) argumentiert. Der in Abbildung 1 dargestellte ML-Workflow strukturiert in diesem Kontext die wesentlichen Phasen zur Lösung von Problemen im Bereich des ML und stellt damit eine praktische Verkörperung der fünf großen Ideen in der KI [TDT21] dar. Aufgrund seiner Betonung der Rolle des Menschen bei der Erstellung von KI-Modellen wurde dieser als Prozessmodell zur Gestaltung der Spielabläufe herangezogen.

3 Kurzvorstellung der Lernspiele

3.1 Match the Monkeys

Das Spiel *Match the Monkeys* überführt die ursprünglich von Seegerer et al. entwickelte Unplugged-Aktivität „Gute-Äffchen-Böse-Äffchen-Spiel“ [SLR19] in eine digitale, interaktive Anwendung. Die Aufgabe der Lernenden besteht hierbei darin, beißende und nicht beißende Affen anhand ihrer äußeren Merkmale durch die Konstruktion eines Entscheidungsbaums in Form eines Multitouch-Puzzlespiels zu unterscheiden. Die Lernenden werden hierbei kontinuierlich durch visuelle Rückmeldungen bezüglich der Passung des Klassifikationsmodells zu den Daten unterstützt. Da die von Seegerer et al. im Kontext der Unplugged-Aktivität beschriebenen Erkenntnisziele elementare Voraussetzungen für das Verständnis des betrachteten Entstehungsprozesses von Klassifikationsmodellen darstellen, wurden sie als Grundlage der digitalen Umsetzung des Lernartefakts vollständig übernommen:

- KI klassifiziert Daten auf Basis von Mustern.
- KI nutzt das Klassifikationsmodell, das am besten auf gegebene Daten passt.
- Klassifikationsmodelle sind nicht perfekt.



Abb. 2: Spieldesign der Lernspiele „Match the Monkeys“ (links) und „Dataset Designer“ (rechts)

- Bestimmte Merkmalskombinationen lassen auf eine bestimmte Kategorie schließen.

Ein wesentlicher Unterschied zur Unplugged-Aktivität besteht in der Vorgabe einer festgelegten Auswahl an Filterelementen. Der Verzicht auf die Formulierung eigener Unterscheidungsregeln vereinfacht den Spielablauf und ermöglicht eine stärkere Fokussierung auf die Struktur und die Methodik der Erstellung von Entscheidungsbäumen.

3.2 Dataset Designer

Das Spiel *Dataset Designer* legt den Betrachtungsschwerpunkt auf das Training eines Klassifikationsmodells zur merkmalsbasierten Unterscheidung von Hunden und Katzen. Die zur Verfügung stehenden Daten werden durch eigens gestaltete Quartettkarten repräsentiert. Die Lernenden evaluieren die Klassifikationsentscheidungen des jeweils in Echtzeit trainierten Entscheidungsbaum-Klassifikationsmodells fortlaufend und optimieren ihre Auswahl an Trainingsbeispielen iterativ, um eine möglichst hohe Vorhersagegenauigkeit zu erreichen. Sie entscheiden dabei eigenständig, ob sie Anpassungen auf Grundlage der aktuellen Klassifikationsergebnisse oder anhand der Visualisierung des generierten Entscheidungsbaums selbst vornehmen möchten. Der kurze Feedbackzyklus des Spielgeschehens verdeutlicht den iterativen Charakter des ML-Workflows. Die Offenlegung der Modellstruktur ermöglicht den Lernenden, den Einfluss vorgenommener Änderungen kontinuierlich zu überprüfen und begründet einzuordnen. Im Detail steht dabei die Entwicklung folgender Erkenntnisse im Vordergrund:

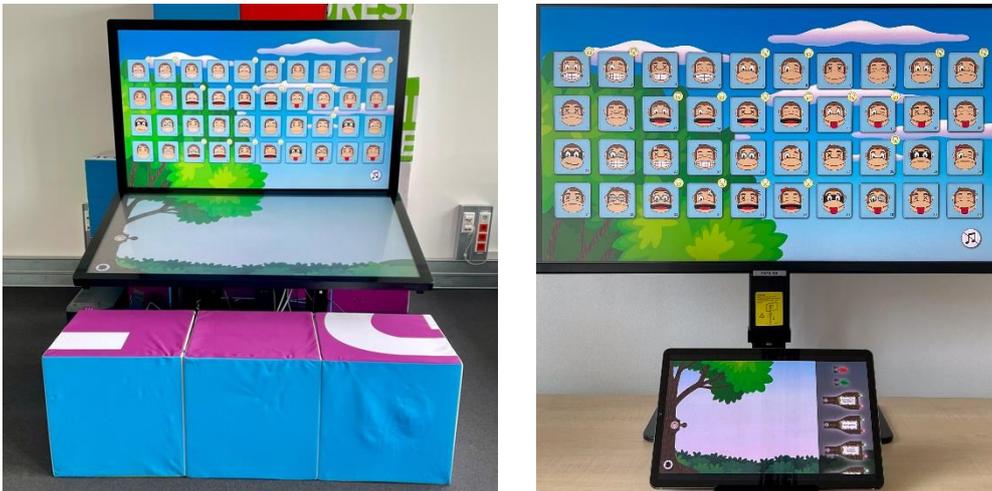


Abb. 3: Mögliche Spielsettings: Einsatz zweier 65"-Multitouch-Bildschirme (links) und Verwendung eines Tablets und eines Monitors (rechts)

- Die Erstellung von KI-Modellen erfolgt nicht vollständig automatisiert, sondern stellt einen iterativen, substantiell von menschlichen Entscheidungen geprägten Prozess dar.
- Die Erstellung des Klassifikationsmodells erfolgt nicht anhand der Bilder, sondern durch Auswertung der Eigenschaftsfelder der ausgewählten Spielkarten.
- Nicht jede Änderung der Auswahl an Trainingsbeispielen führt zu einer Anpassung des Klassifikationsmodells.
- Klassifikationsmodelle sind nicht perfekt.
- Zum Erreichen einer hohen Vorhersagegenauigkeit des Klassifikationsmodells werden repräsentative Trainingsbeispiele benötigt.

4 Pilotierung

In einer ersten Pilotierung wurden beide Spiele von insgesamt vier Schüler:innengruppen (2- 3 Personen pro Gruppe, Klassenstufen 5-8) gespielt. Den Lernenden gelang es hierbei, die Spiele mit punktuellen Hilfestellungen erfolgreich abzuschließen. In anschließenden Reflexionsgesprächen waren sie in der Lage, die im Spielverlauf entwickelten Strategien und Vorgehensweisen selbstständig darzustellen und kompakt zu begründen.

Das Vorgehen der Lernenden im Spiel *Match the Monkeys* kann insgesamt als strukturiert und überlegt beschrieben werden: zur Erstellung des Entscheidungsbaums suchten drei Gruppen sukzessive eigenständig nach jenen Eigenschaften, welche auf die meisten der bisher nicht berücksichtigten Affen zutrafen. Eine Gruppe tendierte anfänglich zum unsystematischen Ausprobieren verschiedener Filterkombinationen. Obwohl das Konzept Entscheidungsbaum im Rahmen der Spieltests selbst nicht konkret benannt oder seine Struktur erklärt wurde, erläuterten alle Gruppen in der anschließenden Auswertung des Spiels ihre verfolgte Strategie der Modellbildung unter Einbezug der Baumanalogie der Spielumgebung.

Das Spiel *Dataset Designer* wurde von allen Proband:innen im direkten Vergleich als anspruchsvoller als *Match the Monkeys* bewertet, wobei ursächlich vor allem die Vielfalt der Spielelemente und der versteckte Ablauf der Modellbildung benannt wurden. Zwei Gruppen erkannten nach einer kurzen Explorationsphase eigenständig, dass die Eigenschaften der im Datensatz vorhandenen Hunderassen gegenüber den Katzenrassen eine wesentlich größere Varianz aufwiesen, während diese Gegenüberstellung in den zwei übrigen Gruppen explizit angeregt werden musste. Alle Gruppen realisierten dabei, dass nicht jede Änderung des Datensatzes eine Anpassung des Klassifikationsmodells auslöst. Nur eine Gruppe führte diesen Umstand mithilfe der Entscheidungsbaumansicht auf konkrete Attributausprägungen der betreffenden Spielkarten zurück. Die übrigen Gruppen erkannten mithilfe der Klassifikationsübersicht hingegen, dass die jeweils betrachtete Hunde- bzw. Katzenrasse durch das Klassifikationsmodell bereits korrekt vorhergesagt wurde, und konzentrierten sich anschließend wesentlich stärker auf die Auswahl bisher nicht korrekt klassifizierter Spielkarten. Diese Strategieverschiebung führte zu einem beschleunigten und zielgerichteteren Vorgehen der Lernenden.

5 Ausblick

Eine wichtige Zielstellung der weiterführenden Betrachtung besteht im Ausbau und der weiteren Systematisierung der durchgeführten Spielevaluationen. Neben der Erweiterung des Proband:innenkreises kann hierbei insbesondere die Erhebung quantitativer Spieldaten dazu beitragen, die Feedbackmechanismen und Hilfestellungen der Spiele weiter auszubauen und stärker an die Bedürfnisse der Lernenden anzupassen. Abseits verschiedener messbarer Faktoren ist das Spielgeschehen in beiden Spielen weiterhin von zahlreichen Einflüssen geprägt, welche aufgrund ihrer Heterogenität nicht ohne Aufwand automatisiert ausgewertet werden können. Hierzu zählen beispielsweise die Erfahrungen und das Vorwissen der Spieler:innen, sowie ihre Absprachen und Interaktionen untereinander. Es erscheint daher sinnvoll, das Spielgeschehen durch Audio- und Videoaufnahmen zusätzlich zu erfassen. Um den Einfluss der Lernspiele auf die Erarbeitung von Fachkonzepten im Themenfeld KI beurteilen zu können, ist es darüber hinaus sinnvoll, sie gezielt in passende Lerninterventionen zu integrieren. Auf diese Weise wird gewährleistet, dass die Spiele nicht ausschließlich isoliert, sondern als integraler Bestandteil eines Lehr-/Lern-

konzepts betrachtet werden. Dieser ganzheitliche Ansatz ermöglicht es, die Kompetenzentwicklung der Lernenden, beispielsweise anhand von Lernaufgaben, in konkreten Anwendungskontexten zu untersuchen.

Eine zweite Zielsetzung der Weiterentwicklung der Lernspiele besteht in ihrer Anpassung hinsichtlich des Einsatzes im Informatikunterricht, sowie in außerschulischen Lernszenarien. Durch die Spielteilnahme über individuelle Endgeräte erscheint hierbei neben der Überwindung räumlicher Distanzen beispielsweise die Variation der Teamgrößen und eine Steigerung des Kollaborationseffekts durch die Verteilung der Spielelemente über die Spielflächen der Teilnehmer:innen hinweg realisierbar.

Insgesamt können die entstandenen Lernartefakte Lernende zukünftig dabei unterstützen, die die oft als undurchsichtig empfundene Funktionsweise von KI-Systemen besser zu verstehen und sich eigenständig und spielerisch mit den zugrundeliegenden informatischen Fachkonzepten auseinanderzusetzen.

Literaturverzeichnis

- [AL10] Astbury, Brad; Leeuw, Frans L.: Unpacking Black Boxes: Mechanisms and Theory Building in Evaluation. *American Journal of Evaluation*, 31(3): 363–381, September 2010.
- [CPM13] Calzada Prado, Javier; Marzal, Miguel Ángel: Incorporating Data Literacy into Information Literacy Programs: Core Competencies and Contents. *Libri*, 63(2), Januar 2013.
- [Hi19] Hitron, Tom; Orlev, Yoav; Wald, Iddo; Shamir, Ariel; Erel, Hadas; Zuckerman, Oren: Can Children Understand Machine Learning Concepts? The Effect of Uncovering Black Boxes. In: *Proceedings of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, S. 1–11, Mai 2019.
- [Le19] Leonhardt, Thiemo; Ehlenz, Matthias; Röpke, René; Bergner, Nadine; Schroeder, Ulrik: MTLG–Helping students and teachers creating and analysing simulations and games from a didactical and technical perspective. *DELFI 2019*, 2019.
- [LM20] Long, Duri; Magerko, Brian: What is AI Literacy? Competencies and Design Considerations. In: *Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. ACM, Honolulu HI USA, S. 1–16, April 2020.
- [MR23] Mitgutsch, Konstantin; Robinson, Lena: Purposeful Game Design. Anwendung und Gestaltung von Spielen mit pädagogischer Intention. In

- (Biermann, Ralf; Fromme, Johannes; Kiefer, Florian, Hrsg.): Computerspielforschung: Interdisziplinäre Einblicke in das digitale Spiel und seine kulturelle Bedeutung, S. 215–230. Verlag Barbara Budrich, 1. Auflage, 2023.
- [SLR19] Seegerer, Stefan; Lindner, Annabel; Romeike, Ralf: AI Unplugged – Wir ziehen Künstlicher Intelligenz den Stecker. Gesellschaft für Informatik, 2019.
- [SPC19] Sulmont, Elisabeth; Patitsas, Elizabeth; Cooperstock, Jeremy R.: Can You Teach Me ToMachine Learn? In: Proceedings of the 50th ACM Technical Symposium on Computer Science Education. ACM, Minneapolis MN USA, S. 948–954, Februar 2019.
- [TDT21] Tedre, Matti; Denning, Peter; Toivonen, Tapani: CT 2.0. In: 21st Koli Calling International Conference on Computing Education Research. ACM, Joensuu Finland, S. 1–8, November 2021.
- [To19] Touretzky, David; Gardner-McCune, Christina; Martin, Fred; Seehorn, Deborah: Envisioning AI for K-12: What Should Every Child Know about AI? In: Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence. Jgg. 33, S. 9795–9799, Juli 2019. Number: 01.
- [Zi18] Zimmerman, Michelle: Teaching AI: Exploring New Frontiers for Learning. International Society for Technology in Education, Dezember 2018.

PraxisCheckUnterricht: 360° Videografie und immersive Unterrichtsreflexion

David Baberowski ¹ und Wolf Spalteholz ²

Abstract: Das in diesem Beitrag vorgestellte Tool „PraxisCheckUnterricht“ (PCU) hat das Ziel, die Ausbildung von Lehrkräften an Hochschulen durch die Nutzung von immersiver Unterrichtsreflexion zu verbessern. Der Beitrag argumentiert, welchen Mehrwert Videografie für die Unterrichtsreflexion bietet und welche Potentiale 360° Videos in Kombination mit VR-Brillen in praxisorientierten Seminaren haben. Das Konzept von PCU zur immersiven Unterrichtsreflexion wurde eingebettet in einem fachdidaktischen Seminar der Lehramtsausbildung im Fach Informatik entwickelt. Im Beitrag wird dieser Prozess vorgestellt und die wichtigsten Designentscheidungen erläutert. Im Ausblick werden mögliche Erweiterungen des Werkzeugs skizziert, die es ermöglichen sollen, PCU auch in anderen Kontexten einzusetzen.

Keywords: VR, Videografie, Unterrichtsreflexion, Lehrkräftebildung

1 Videografie in der Lehrkräftebildung

Erste Unterrichtsversuche im Rahmen von schulpraktischen Studien (SPS) stellen für Lehramtsstudierende „[...] auf Grund der gegebenen Konfrontation mit schulischer und unterrichtlicher Komplexität“ eine große Herausforderung dar ([WS15], S. 8). Zum einen ist das bei der Planungsphase der Fall. Hier müssen Lernziele aus den Curricula abgeleitet und formuliert werden sowie Entscheidungen bezüglich Sozialform und Methoden, Medien und Unterrichtsmaterial getroffen werden. Da bezüglich der Planung in der Regel keine oder kaum praktische Vorerfahrungen bei den Lehramtsstudierenden vorliegen, können diese Schritte zwar theoriegeleitet erfolgen, jedoch können die Studierenden noch nicht auf fundierte Vorerfahrung zurückgreifen. Zum anderen stellt auch die Durchführung von Unterricht eine große Hürde dar: Neben der häufig vorhandenen Nervosität müssen im Unterrichtsgeschehen ad-hoc Entscheidungen getroffen werden, welche den Unterrichtsverlauf beeinflussen. Nicht nur Aspekte des Classroom Managements, sondern beispielsweise auch Vorkenntnisse, Arbeitstempo und Motivation der Schüler:innen, welche erst im Unterrichtsverlauf zum Tragen kommen, stellen die Studierenden vor große Herausforderungen.

Planung und Durchführung erster Unterrichtsstunden beeinflussen sich gegenseitig:

¹ TU Dresden, Professur für Didaktik der Informatik, Nöthnitzer Straße 46, 01187 Dresden, david.baberowski@tu-dresden.de, <https://orcid.org/0000-0001-6308-4334>

² TU Dresden, Professur für Didaktik der Informatik, Nöthnitzer Straße 46, 01187 Dresden, wolf.spalteholz@tu-dresden.de, <https://orcid.org/0000-0002-6274-0018>

Ungereimtheiten in der Planung, welche aufgrund mangelnder Erfahrung entstehen, müssen während der Durchführung ausgeglichen werden. Dies gelingt aufgrund der noch geringen Expertise häufig nicht. Vice versa wird es den Studierenden nur die *Reflexion* des Unterrichtsgeschehens ermöglicht, bewusst Schlüsse auf die Qualität der Unterrichtsplanung zu ziehen sowie Alternativen und Verbesserungspotentiale zu identifizieren. In der zur Reflexion nötigen Wahrnehmung und Einschätzung des eigenen Unterrichts „... unterscheiden sich Experten“ jedoch „systematisch von Novizen [...]“ ([SP07], S. 204).

In SPS wird von den Studierenden erwartet, dass Ereignisse und besondere Vorkommnisse des Unterrichtsgeschehens im Anschluss an die selbst gehaltenen Stunden reflektiert werden. Unerfahrenen Studierenden entgehen solche Ereignisse jedoch mitunter. Dies zeigt sich auch daran, dass Studierende ihren eigenen Unterricht sowie ihrer Ansicht nach wichtige Aspekte häufig gänzlich anders wahrnehmen als Hospitierende, denn auch „[i]n der Wahrnehmung von Unterricht zeigen sich bei Experten und Novizen qualitative Unterschiede“ ([JS14], S. 172). Einen möglichen Ausweg aus dieser Problematik bietet die Videografie im Kontext von SPS. So können Ereignisse, welche den Studierenden während des eigenen aber auch des hospitierten Unterrichts entgehen, zeit- und ortsunabhängig reflektiert werden. Auch können in didaktischer Begleitung Schlüsselszenen ausgewählt und besprochen werden. Letztlich ist es mit Videoaufzeichnungen möglich, Unterrichtssequenzen der Studierenden, ihrer Kommiliton:innen sowie dritter auszuwerten ([GC15], S. 45). Ein weiterer Vorteil von Videoaufzeichnungen ist die Möglichkeit, die *selektive Aufmerksamkeit* zu trainieren. Selektive Aufmerksamkeit bezeichnet hier die Fähigkeit von Lehrkräften, Unterrichtssituation zu erkennen, welche Relevanz für den weiteren Unterrichtsverlauf haben. Das Erkennen solcher Situationen ist eine Voraussetzung dafür, bei Unterrichtsentscheidungen die „Auswirkung auf [die] weitere[n] Lernprozesse von Schülerinnen und Schüler vorherzusagen“ ([JS14], S. 172). Durch Videografie ist es möglich, Szenen gezielt so auszuwählen, dass einerseits die *Auswirkungen* von Lehrkräftehandeln auf eine gegebene Situation³ gezielt untersucht werden können. Andererseits ermöglichen Videoausschnitte die Reflexion der *Ursachen* entsprechender Auswirkungen⁴ ([RS10], S. 105).

Zu den Nachteilen klassischer Videografie (mit *einer* Kamera) gehört, dass nicht das gesamte Unterrichtsgeschehen aufgezeichnet werden kann. Wird eine konventionelle Kamera eingesetzt, beschränken sich die gesammelten Informationen auf den aufgezeichneten Bildausschnitt. Dies kann verhindern, Ursache und Wirkung von Schlüsselszenen reproduzierbar zu machen, wenn diese nicht durch Bild oder Ton der Kamera erfasst wurden.

³ etwa Ratlosigkeit der Lernenden bei der Bearbeitung von Aufgaben, fehlerhaft verwendete Fachbegriffe oder besondere Motivation der Schüler:innen bei der Bearbeitung von Aufgaben

⁴ etwa unklare Aufgabenstellung, großzügiger Umgang der Lehrkraft mit Fachbegriffen, hoher Alltagsbezug des Unterrichts

2 Immersive Unterrichtsreflexion

Um den beschränkten Bildausschnitt von klassischer Videografie bei SPS zu kompensieren, kann klassische Videografie durch den Einsatz multiperspektivischer 360°-Kameras erweitert werden. Insbesondere der Einsatz mehrerer Kameras kann dazu führen, dass die genannte Einschränkung auf genau einen Bildausschnitt⁵ aufgebrochen wird. Dadurch wird es bei der Videobetrachtung einerseits möglich, im Videomaterial eines Kamerastandortes die Bildinformationen in einem 360°-Winkel zu erfassen. Andererseits bietet der Einsatz mehrerer Kameras die Möglichkeit, Videos aus verschiedenen räumlichen Perspektiven zu betrachten. Insofern ist der Bildausschnitt deutlich freier wählbar als bei klassischen Videoaufzeichnungen, es existieren mehrere Standorte für Tonaufnahmen und aus einer Perspektive nicht wahrnehmbare Ereignisse werden durch den Wechsel der Kamera bestenfalls sichtbar.

Werden zusätzlich zur Aufnahme der Videos mit 360°-Kameras bei der Reflexion Virtual-Reality-Brillen (VR) genutzt, kann durch die gesteigerte Immersion auch ein höheres Präsenzepfinden bei den Studierenden erzeugt werden. Immersion bezeichnet hier die Fähigkeit eines Systems äußere Reize auszublenden und synthetische Reize zu generieren [SI03]. Immersion ist eine Voraussetzung für Präsenz, womit das Gefühl einer Person bezeichnet wird, sich tatsächlich an dem virtuellen Ort zu befinden [De20]. Ein gesteigertes Präsenzepfinden könnte positive Effekte für die Unterrichtsreflexion haben, da so ein direktes Nacherleben der Unterrichtssituation und Lernatmosphäre ermöglicht wird. Ferner erlaubt der Einsatz von VR-Brillen ein natürliches und intuitives Wechseln des Bildausschnittes in 360°-Aufnahmen durch einfaches Umschauen im Vergleich zu konventionellen Anzeigegeräten. Zwar lässt sich durch die Videobetrachtung mit VR-Brillen keine Interaktion mit den Schüler:innen nachbilden, jedoch rückt diese Form der Unterrichtsbetrachtung das Erlebnis psychomotorisch sehr nah an eine tatsächliche beobachtende Teilnahme am Unterricht.

Ziel eines solchen Setups kann die *Erhöhung der Aufmerksamkeitssteuerung bei Lehramtsstudierenden* in Bezug auf vorgegebene Aspekte wie Classroom-Management, Verwendung von Fachsprache oder Fehlvorstellungen seitens der Schüler:innen im Informatikunterricht sein.

Um die Effekte eines solchen Setups auf die Reflexionskompetenz und Aufmerksamkeitssteuerung zu untersuchen, wurde das Werkzeug *PraxisCheckUnterricht* (PCU) entwickelt. Konkrete Ziele waren dabei die Identifizierung von Potentialen immersiver Unterrichtsreflexion und die Einbettung der Videoaufzeichnung und -reflexion von Unterrichtssequenzen in ein Seminar-konzept. Letztlich soll dies die Grundlage für Datenerhebungen und die weitere Forschung auf diesem Gebiet schaffen.

⁵ sowie nur eine Tonquelle

3 Entwicklung in einem Seminarkontext

Das entwickelte Konzept zur immersiven Unterrichtsbeobachtung wurde im Rahmen eines fachdidaktischen Seminars im Rahmen der Lehramtsausbildung im Fach Informatik an der TU Dresden entwickelt. Videografie kann mit unterschiedlichen Zielsetzungen und Zielgruppen eingesetzt werden, weshalb die Rahmenvorgaben des Seminars einen großen Einfluss auf technische und didaktische Designentscheidungen haben. Um diese nachvollziehbar zu machen und Alternativen zu diskutieren sollen zunächst Ziele und Ablauf des Seminars vorgestellt werden.

3.1 Beschreibung des Seminarkontextes

Das Seminar ist ein obligatorisches fachdidaktisches Modul im 6. Semester der Lehramtsausbildung im Fach Informatik für alle Schulformen. In dieser Phase ihrer Ausbildung haben Studierende meist erste Unterrichtsversuche im Rahmen der SPS absolviert. Im Seminar arbeiten sich die Teilnehmenden in einen für sie neuen Themenbereich ein. Sie identifizieren informatische Bezüge, planen in Gruppenarbeit (3-4 Personen pro Gruppe) eine Unterrichtseinheit und führen diese durch. Dabei werden im Verlauf des Seminars insbesondere Aspekte wie Motivierung und Aktivierung von Schüler:innen, Erstellung von Arbeitsmaterialien, Binnendifferenzierung und die Reflexion von Unterricht aus einer fachdidaktischen Perspektive thematisiert. Am Ende des Semesters erfolgt die Durchführung der Unterrichtssequenz als Halbtagesworkshop im Lehr-Lernlabor der Didaktik der Informatik⁶.

Der Einsatz der immersiven Unterrichtsbeobachtung in diesem Seminar verfolgt hauptsächlich das Ziel, eine detaillierte Selbstreflexion zu ermöglichen. Dies geschieht in 90-minütigen Reflexionsterminen im Anschluss an die Workshopdurchführung. Die Anzahl der Teilnehmenden an diesen Terminen ist durch die Anzahl vorhandener VR-Brillen auf 6 Personen begrenzt. Aus Zeitgründen muss eine Vorauswahl an relevanten Szenen durch die Seminarleitung erfolgen. Die Studierenden betrachten auch Szenen anderer Gruppen, da so interessante Situationen beobachtet werden können, welche nicht im eigenen Workshop auftraten. Im Rahmen des Seminars geben sich die Studierenden kontinuierlich gegenseitig Feedback zu Planung und Materialien. Dadurch sind die Teilnehmenden bereits mit den Workshopkonzepten der anderen Gruppen vertraut. Nach dem Betrachten der jeweiligen Szene tauschen sich die Teilnehmenden über ihre Beobachtungen aus.

3.2 Anforderungen

Aus dem Seminarkontext entstehen Anforderungen bezüglich der Auswahl der Szenen, der Übertragung der Szenen an die VR-Brillen, den bereitgestellten Informationen innerhalb der VR-Anwendung sowie der Usability. Trotz des konkreten Zuschnittes auf das

⁶ <http://tu-dresden.de/inf/eduinf>

beschriebene Seminar wurde Wert auf die Einsatzfähigkeit in anderen Kontexten gelegt.

Gemeinsame Betrachtung vorausgewählter Szenen

Um in 90 Minuten mehrere Aspekte (wiederholt) betrachten und reflektieren zu können hat sich eine Begrenzung der Ausschnitte auf 1 bis 2 Minuten als sinnvoll erwiesen. Somit ist die Reflexion von bis zu 10 Szenen innerhalb des Termins realistisch.

Obwohl alle Teilnehmenden mit einem Headset die Beobachtungsrichtung frei wählen können, sollen die betrachteten Szenen und Perspektiven identisch sein, um eine gemeinsame Diskussion zu ermöglichen. Die Navigation zwischen den Szenen sollte dabei einfach gehalten sein und komplizierte Einstellungen vermeiden, da die Verwendung von VR-Brillen für viele Teilnehmende bereits eine Hürde bezüglich der Usability darstellt.

Lokales Streaming des Videomaterials

Trotz der Beschränkung der Zeit kann die Dateigröße des Videomaterials aufgrund der hohen Auflösung von 360°-Aufnahmen mehrere Gigabyte betragen. Da VR-Brillen über Limitationen in Bezug auf den internen Speicher verfügen, ist schon aus technischen Gründen eine Streaming-Lösung zu bevorzugen. Gleichzeitig ermöglicht dies eine einfache zentrale Auswahl der Szenen in jedem Reflexionstermin ohne Videomaterial auf die Brillen kopieren zu müssen. Außerdem handelte es sich aus Datenschutzperspektive bei Videoaufnahmen von Schüler:innen um besonders sensibles Material. Daher sollte das Streaming in einem lokalen, isolierten Netzwerk umgesetzt werden.

Szenenbeschreibung und Beobachtungsschwerpunkt

Da die kurzen Ausschnitte nicht alle relevanten Kontextinformationen (z. B. aktuelle Phase des Workshops, Aufgaben der Schüler:innen, vorangegangene Probleme, ...) für die Teilnehmenden beinhalten, ist für jede Szene eine kurze Beschreibung des Unterrichtskontextes nötig. Da die Seminarleitung die Szenen mit dem Ziel der Betrachtung bestimmter didaktischer Aspekte auswählt (z. B. Absprache der Lehrkräfte im Team-Teaching) soll der Aufmerksamkeitsfokus auch mit einem konkreten Beobachtungsauftrag gelenkt werden. Die Zusatzinformationen sollten daher während der Wiedergabe jederzeit für die Nutzer:innen verfügbar sein.

4 Technisches Setup

Um das lokale Streaming des Videomaterials zu ermöglichen, wird das Konzept in eine Server-Komponente und eine Client-Komponente aufgeteilt, welche über das `http`-Protokoll miteinander kommunizieren. Dabei stellt die Serverkomponente für jede Szene sowohl das 360°-Video als `mp4`-Datei als auch Meta-Informationen (Titel der Szene, Kurzbeschreibung der Szene mit notwendigen Kontextinformationen, Aufgabenstellung für die Reflexion, Pfad zur Videodatei auf dem Server) im `json`-Format bereit. Die Client-

Komponente wurde als Unity-Projekt entwickelt und läuft nativ auf den verwendeten VR-Brillen. Nach der Verbindung mit dem Server werden zunächst alle verfügbaren Meta-Informationen abgefragt und in einer Szenenauswahl dargestellt. Anschließend kann eine gewählte Szene wiedergegeben werden.

Da die Client-Komponenten über W-LAN mit der Server-Komponente kommunizieren, sollte unbedingt ein leistungsfähiger Router verwendet werden, insbesondere wenn mehrere Brillen gleichzeitig zum Einsatz kommen. Parallel kann die Bitrate der Videos reduziert werden. Der Code sowie weitere Dokumentation ist über das Repository⁷ des Projekts verfügbar.

4.1 Technische Pilotierung

Die Pilotierung erfolgte in mehreren Iterationsschritten über 3 Semester, um das Konzept möglichst gut auf die Anforderungen des Seminars abzustimmen.

In einer ersten Variante wurden die Videoszenen über den integrierten Dateimanager und Videoplayer der VR-Headsets zugänglich gemacht. Dies hatte zur Folge, dass zwischen Anwendungen gewechselt und Einstellungen angepasst werden mussten. In Verbindung mit der Eingabe via Controller führte dies insbesondere bei VR-unerfahrenen Teilnehmenden zu Problemen und demnach zu Verzögerungen im Seminarablauf. Als Resultat wurden die oben genannten Anforderungen an die Usability konkretisiert.

Da die Standardsoftware kein Anzeigen von zusätzlichen Inhalten (Szenenbeschreibung, Aufgabenstellung) ermöglicht, mussten diese Informationen durch die Seminarleitung vorgegeben werden. Nachdem die Client-Komponente um die Anzeige dieser Informationen ergänzt wurde, gaben die Teilnehmenden an, regelmäßig auf diese Texte zurückgreifen zu haben. Es ist daher anzunehmen, dass diese Maßnahme eine fokussierte Beobachtung und Reflexion in Bezug auf die durch die Seminarleitung gesetzten Schwerpunkte fördert.

4.2 Methodische Pilotierung

Neben der technischen Evaluierung muss auch der didaktisch-methodische Einsatz des Werkzeugs reflektiert werden. Diese stützt sich auf Feedback der teilnehmenden Studierenden, sowie auf die Beobachtungen der Seminarleitung. Die gemeinsame Reflexion von Teilnehmenden unterschiedlicher Unterrichtsdurchführungen hatte während der Reflexion positive Effekte. Diese bestanden darin, dass unbeteiligte Studierende objektivere Nachfragen stellten und die dargestellten Studierenden mehr Kontextinformationen zur gezeigten Szene geben konnten. Obwohl für die meisten Teilnehmenden laut dem Feedback die eigenen Szenen von größerem Interesse waren, Beteiligten sich alle Studierenden unabhängig der gezeigten Szenen rege in der Diskussion. Ein wesentlicher Einflussfaktor

⁷ <https://gitlab.com/dev-ddi/vr/praxischeckunterricht/pcu-unity-client>

bezüglich der Wahrnehmung und des Mehrwertes des Konzepts bildet nach Aussagen der Teilnehmenden die Positionierung der Kamera. Während es übliche Positionen von Lehrkräften (Kamera vor der Klasse auf einem Stativ) Dritten ermöglicht, die Situation aus der Perspektive der durchführenden Lehrpersonen nachzuvollziehen, können andere Perspektiven ergänzende Eindrücke liefern. So können Kameras für einen besseren Überblick bezüglich des Klassenmanagements an der Decke platziert werden, was jedoch zu Unwohlsein bei Personen mit Höhenangst während der Betrachtung führen kann. Im Rahmen der Pilotierung stellte sich während Gruppenarbeiten die Platzierung der Kameras auf den Tischen der Schüler:innen als guter Kompromiss heraus, bei dem die folgenden Besonderheiten auftreten:

- Es wird ein neuer Einblick in die Arbeit der verschiedenen Gruppen mit dem entwickelten Material gewonnen. Insbesondere Diskussionen in Partnerarbeit können in Hinblick auf Fehlvorstellungen untersucht werden.
- Die Unterrichtssituation kann aus der Perspektive der Lernenden nachvollzogen werden. Die 360°-Videos in Verbindung mit 3D-Ton helfen dabei, die Lernatmosphäre nachvollziehbar darzustellen und etwa verschiedene Störquellen im Raum zu identifizieren und zu verorten.
- Neben der Beobachtung von Hilfestellungen durch Lehrkräfte können Schüler:innen vor und nach dieser beim Arbeiten beobachtet werden. So wird es möglich, die Effektivität von Hilfestellungen durch Lehrkräfte einzuschätzen.

5 Fazit und Ausblick

Das im Beitrag beschriebene Konzept von PraxisCheckUnterricht (PCU) wurde in einem konkreten Seminarkontext entwickelt und erprobt. Durch multiperspektivische 360°-Aufnahmen wird es Studierenden ermöglicht, eine detaillierte Selbstreflexion eigener Unterrichtsversuche vorzunehmen. Dabei kann durch die Betrachtung mit VR-Brillen der Aufmerksamkeitsfokus im Nachhinein variiert werden. Durch die höhere Immersion im Vergleich zur klassischen Videografie können Lernatmosphäre und Unterrichtssituationen direkter nachvollzogen werden. Ein Mehrwert liegt in der größeren Menge an Information, die für die Reflexion zur Verfügung steht. Durch die 360°-Aufnahmen stehen alle Ereignisse, unabhängig wann und wo sie während des Unterrichts auftreten, für die Reflexion zur Verfügung. Die Betrachtung mit VR-Brillen bringt Vorteile der Usability (Umschauen zum Ändern des Blickwinkels). Ob motivationale Effekte aber tatsächlich durch die Immersion begründet sind oder durch den Novelty-Effekt der Technik, bedarf weiterer Untersuchung. Durch die Entwicklung einer Client-Komponente für Brillen mit integriertem Eyetracking besteht die Möglichkeit, während der Unterrichtsbeobachtung Lerndaten zu erheben. Eine Möglichkeit zur Nutzung dieser Daten wäre der Vergleich zwischen erfahrenen Lehrpersonen und Studierenden bei der Betrachtung von Unterrichtsszenen. So könnten Muster und Strategien bezüglich der selektiven Aufmerksamkeit bei der Betrachtung von Unterrichtsvideos identifiziert werden.

Eine weitere Erweiterungsmöglichkeit besteht im Setzen von Markierungen in den Aufnahmen durch Studierende. Diese Funktion könnte mit dem Beobachtungsauftrag verknüpft werden, indem die Teilnehmenden die Aufgabe erhalten, bestimmte Ereignisse zu markieren. Um den Austausch im Rahmen der Diskussion zu fördern, können diese anschließend unter den Teilnehmenden synchronisiert und visualisiert werden.

Förderhinweis

Das vorgestellte Konzept wurde im Rahmen der Projekte *PraxisCheckUnterricht* (im Rahmen des Digital Fellowship-Programms für die Weiterentwicklung der digitalisierten Hochschulbildung an den sächsischen Hochschulen), sowie *PraxisdigitaliS* entwickelt. Das Projekt „PraxisdigitaliS – Praxis digital gestalten in Sachsen“ wird im Rahmen der gemeinsamen „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“ von Bund und Ländern aus Mitteln des BMBF gefördert.

Literaturverzeichnis

- [De20] Andreas Dengel: Effects of Immersion and Presence on Learning Outcomes in Immersive Educational Virtual Environments for Computer Science Education. Universität Passau, 2020.
- [GC15] Cyrille Gaudin, Sébastien Chaliès: Video viewing in teacher education and professional development: A literature review. In: Educational Research Review 16, S. 41-67, 2015.
- [JS14] Gloria Jahn, Kathleen Stürmer et. al.: Professionelle Unterrichtswahrnehmung von Lehramtsstudierenden. In: Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie, 46, Göttingen, S. 171-180, 2014.
- [RS10] Rick Snoeyink: Using Video Self-Analysis to Improve “Withitness”. In: Journal of Digital Learning in Teacher Education, Volume 26 Number 3, S. 101-110, 2010.
- [SI03] Mel Slater: A Note on Presence Terminology. In: Presence Connect, Volume 3, 2003
- [SP07] Tina Seidel, Manfred Prenzel: Wie Lehrpersonen Unterricht wahrnehmen und einschätzen – Erfassung pädagogisch-psychologischer Kompetenzen mit Videosequenzen. In: Kompetenzdiagnostik - Zeitschrift für Erziehungswissenschaft. Sonderheft 8, Berlin, S. 201-208, 2007.
- [WS15] Ulrike Weyland, Anke Schöning et. al.: Standards für Schulpraktische Studien in der ersten Phase der Lehrerbildung – ein Orientierungsrahmen. In: Rainer Bolle (Hrsg.): Schulpraktische Studien 2015 –zwischen Standards, Alltag und Zukunftsvisionen, Leipzig, S. 5-16, 2015.

WebWriter: A System to Author and Remix Explorables

Requirements & First Prototype

Frederic Salmen¹, Rene Roepke¹ and Ulrik Schroeder¹

Abstract: Active and personalized learning requires that teachers can remix a wide variety of sources into new learning resources, which in turn may be customized by students. While this is well-supported for paper-oriented resources, multimodal, interactive learning resources for digital use, called explorables, are much more difficult to author and remix. In this paper, we derive a set of requirements for a system to author such explorables from a workshop-based study. We further present a first prototype of such a system, called “WebWriter”.

Keywords: educational technology, K-12, personalized learning, requirements, explorables

1 Motivation

Modern teaching concepts applied in schools emphasize active learning [Fr14]: The learner is not a passive listener, but an active participant in constructing his personal knowledge. Furthermore, in an increasingly diverse and inclusive classroom, personalized learning becomes ever more important: Learning experiences should be differentiated by teachers and allow for students to find their own, custom learning paths [SS20]. In practice, this is reflected in the process of creating worksheets: Teachers use existing sources to compose a worksheet, sometimes differentiating it for their specific learning group. These sources may be textbooks, websites, or any kind other kind of media available. Next, they distribute copies to their students who can interact with the worksheet individually and customize it. Research indicates that this process is very common, although it often happens in private, which can be called dark reuse [Be18].

Viewed in abstraction (compare Figure 1), this process can be called the *remix workflow* (as coined by Muuß-Meerholz for Open Educational Resources (OER) [Mu18], related to the 5Rs of OER [WH18]). Teachers’ authoring of educational resources can be best understood not as creating something from scratch, but as a process of remixing existing sources to suit their needs. The simple process of distributing copies of learning resources

¹ RWTH Aachen University, Learning Technologies, Ahornstr. 55, 52074 Aachen
salmen@cs.rwth-aachen.de, <https://orcid.org/0009-0007-5206-1146>;
roepke@cs.rwth.aachen.de, <https://orcid.org/0000-0003-0250-8521>;
schroeder@cs.rwth-aachen.de, <https://orcid.org/0000-0002-5178-8497>.

then enables the final part of personalized learning, customization by learners.

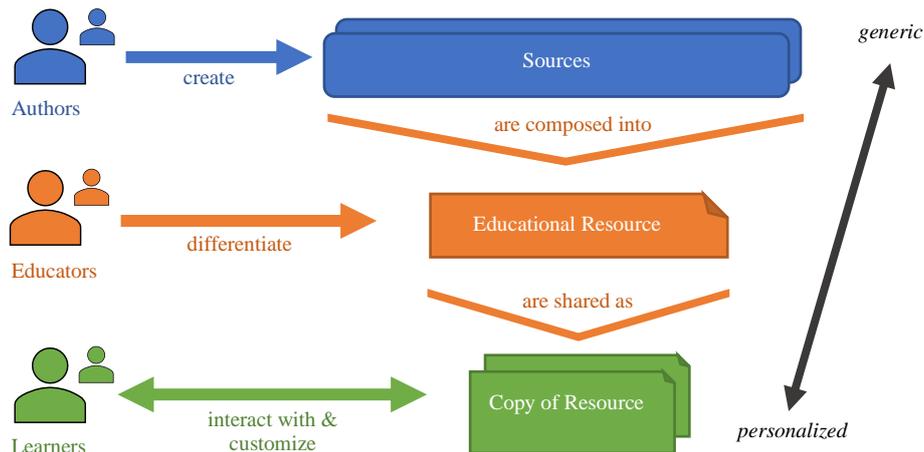


Figure 1: The Remix Workflow for Personalized Learning Resources

While the process of creating classic worksheets and similar paper-based media can be supported digitally with tools such as word processors (e.g. Microsoft Word), authoring learning resources made for purely digital use is more difficult. Resources for digital use can harness all the innovations of learning technologies, for instance:

1. *Multimodality & interactivity*: A large body of research has shown that mixing different types of media such as text and images is beneficial for learning outcomes [Ma20]. Specific types of media such as educational videos [Br16], serious games [Wo13] or simulations [WAP08] can be useful in certain settings.
2. *Connecting & quantifying learning*: Through techniques such as hyperlinking, learning resources can become interconnected parts of the web. They can consume data by calling on available APIs. They can also produce data about learning experiences, enabling learning analytics.
3. *Customization & accessibility*: As the learner can interact with his copy of the learning resource using his own digital device, they can make use of their own learning environment better tailored to their needs. For instance, visually impaired learners may access a worksheet-like resource with their web browser including a screen reader extension.

Overall, this kind of digital learning resource can be called an *explorable*, emphasizing the learner's active relationship with the resource, after a term first coined by Bret Victor [Vi11].

Observing the gap between classic worksheets and the possibilities of explorables leads to

this question: **How can the remix workflow be supported technically for explorables?**

2 Related Work

Hohman et al. [Ho20] provide a full history and overview of explorables, which they call interactive articles. They outline that explorables are successfully used in science communication, journalism, education, and policy making, arguing that explorables could help improve engagement, recall and learning. However, they state that “creating interactive articles today is difficult”. They cite that “the act of creating a successful interactive article is closer to building a website than writing a blog post.” As they explain, this introduces incidental complexity to the task of creating the actual explorable. That indicates a clear opportunity for research into the design of an explorable authoring system which can reduce this incidental complexity. In the current discourse of computer science education, there has been comparable work [Se19] focused on personalized digital worksheets, specifically in the context of computer science (CS) as a school subject. Serth et al. argue that teachers already use digital learning resources such as Massive Open Online Courses (MOOCs) but are unable to edit them to fit the students’ needs (differentiation in our terms), mostly breaking the remix workflow mentioned before. Serth et al. interviewed 13 CS teachers, 2 headmasters and 3 students and found the interviewees criticized the lack of interactivity, lack of personalization and usability of existing solutions. By analysing worksheets created by teachers, they also noticed the issue of context switching between source code and other worksheet content. Our research can further validate these findings for a broader target group (not only CS and programming, but more general-purpose tools and resources).

Historically, learning objects (LO) represent a first attempt to solve the question of remixing educational resources. With a set of standards, learning resources were intended to become discoverable, reusable, and interoperable. Viewed from a personalized learning perspective however, LO had a central issue: “learning objects can be aggregated but not adapted“ [Wi07]. The movement of OER inherits the goal of easily remixable educational resources. It can be summarized by the 5 activities related to OER: Retain, reuse, revise, remix, and redistribute [WH18]. These 5 activities already hint at functional requirements an explorable authoring system might have. An interesting general, technical solution to the remixing of interactive content is the recently implemented Web Component standard². With Web Components, developers can define their own HTML elements using JavaScript. Implementation details can be hidden, and styles encapsulated using the Shadow DOM (Document Object Model).

Regarding state-of-the-art systems, there are several solutions that require programming expertise to author explorables: LiaScript [Di19] is a markup language for learning resources that allows interactivity with scripting. Jupyter³, a system increasingly adopted

² <https://www.webcomponents.org/>, accessed on 14/10/2023.

³ <https://h5p.org/>, accessed on 14/10/2023.

in teaching CS at the university level, is similar, allowing the creation of digital notebooks with both Markdown rich text cells and executable code cells. IdyllStudio [Co21] is another recent approach of an authoring tool for explorables, notably introducing a system of variables shared across the whole explorable, allowing for interactive elements affecting the content of the page. H5P⁴ is the most comprehensive solution without programming, providing a more general and modular approach, enabling teachers to compose interactive multimedia learning resources out of a set of up to 50 content types such as quizzes, memory games, and so on. From a learning technology perspective, H5P can be seen as modernized approach to LO, facilitating reuse with OER-compatible rights management but foregoing learning object standards. H5P content is usually created via a plugin in Moodle, but the authoring tool Lumi⁵ has emerged as another, unofficial way to create H5P content. Lumi is a desktop application wrapping H5P's editing interface. Specifically, it allows creating H5P content in a file-based manner (.html or .h5p files).

In summary: Some prior work hints at the requirements and design of an explorable authoring system, providing a foundation for further work, but there is no comprehensive solution yet. Also, Web Components provide a possible technical solution to the problem of reusable but customizable interactive elements that is worth investigating.

3 Requirements

Study Setup. For the collection and analysis of teachers' requirements on explorables, their creation and usage, we conducted a workshop-based user study with 19 teachers (11 male, 8 female) at different proficiency levels (8 teacher training students, 2 teachers in training, 8 teachers of various experience levels, and 1 former teacher working at a university). The study was constructed as an introductory workshop on H5P and Lumi, chosen as the closest approximation of system to author and remix explorables. It was advertised through mailing lists, social media, flyers, and in different teacher networks.

The workshop was structured through six phases (in 3,5 hours): (1) Exploration of prior knowledge and experience with tools for creating learning materials; (2) Introduction to explorables; (3) Introduction to Lumi and H5P; (4) Creation of a specified explorable; (5) Creation of a personal explorable; and (6) a closing session reflecting on the experiences and lessons learned. While the workshop was moderated by one person, another person was there to observe and record the participants' contributions.

In order not to prime the participants with the ideas and concepts behind explorables, H5P and Lumi, the initial phase of the workshop was used to get the participants talking and creative. As such, the participants were divided into four groups to discuss and collect answers to the following questions: Which digital tools have you been using to create learning materials? What do you consider important in a digital tool used for creating

⁴ <https://jupyter.org/>, accessed on 14/10/2023.

⁵ <https://app.lumi.education/>, accessed on 14/10/2023.

learning materials? What are the advantages of digital materials? What advantages do you see in non-digital materials (e.g., paper worksheets)?

Furthermore, the participants' opinions and experiences were discussed at the end of each phase to collect more requirements as well as critical viewpoints and feedback on Lumi and H5P, as both may serve as opportunities to provide a more suitable alternative, resolving issues and disadvantages. To quantify the usability of Lumi, we used the System Usability Scale (SUS). This will allow us to compare it to a new system in future studies.

Results. Based on the different phases of the workshop, we collected the participants' opinions and feedback on Lumi and H5P as well as their viewpoint on explorables compared to analogue learning materials. As such, the first phase was used to activate participants prior knowledge and let them share personal experiences and opinions. So far, teachers have been using a large variety of tools to create learning materials. Mentioned tools include text editing and presentation software as well as specialized tools like quizzes, audience response systems (e.g., Kahoot⁶) or simulations (e.g., PhET⁷). Also, school- and subject-specific applications were mentioned (e.g., BiBox⁸, Geogebra⁹).

When it comes to the question of what participants find important in a digital tool for creating learning materials, expressed properties include interactivity, ease-of-use, intuitive design, compatibility to different operating systems, export functionality, personalization features and secure, privacy-preserving data handling. Participants argued that ease-of-use and intuitive design are relevant for both for the teachers authoring and the students learning with the explorable. The participants expressed that the authoring process for digital learning materials needs to be intuitive and suitable to existing workflows. A tool adding additional complexity and not integrating well into the teachers' workflow is considered a hassle and may be not successful among the majority of teachers.

In line with the advantages of explorables based on the literature, the participants argued that interactivity and adaptability are advantages of "going digital". Furthermore, motivational aspects and activation of learners were mentioned. For non-digital materials, the participants emphasized reliability and independence from the school's infrastructure, and the advantage of no required digital literacy skills. Also, the "learning through pen and paper" argument was discussed, as some of the participants argued that learning through handwritten notes is effective.

The overall workshop concept was well accepted and engaging for the participants, observable through the lively small group discussions and mingling participants during the different phases. The participants also gave positive feedback on the format and workshop content in the closing session. Lessons learned included positive but also critical

⁶ <https://kahoot.it/>, accessed on 08/03/2023.

⁷ <https://phet.colorado.edu/>, accessed on 08/03/2023.

⁸ <https://www.bibox.schule/>, accessed on 08/03/2023.

⁹ <https://www.geogebra.org/>, accessed on 08/03/2023.

perspectives on Lumi, as it was a bit crowded and easy to get lost in. The UI was criticized as being lengthy and needed a lot of scrolling through forms for different elements. However, Lumi was also considered more suitable to author H5P content compared to direct H5P authoring in Moodle. Furthermore, the different H5P content types were received positively, as they are a more uniform alternative to a large set of different tools that teachers use so far. In a closing survey, participants assessed the usability of Lumi using the SUS, resulting in a score of 70.2632, to be interpreted as a “C” letter grade.

Discussion. The goal of the evaluation was to derive teachers’ requirements for an explorable authoring system. Tab. 1 presents a set of requirements and specific features that were either commonly used in the workshop already or frequently requested. A core strength of Lumi emerges from the results: Usable on any operating system, teachers can distribute authored content flexibly, either within or without an LMS, achieved by a file-based approach with different export formats. The results also suggest that mixing different content types from a broad selection is desirable, and H5P already provides many content types – yet the lack of usability features such as copy & paste or drag & drop of external resources hinders the remixing workflow. The evaluation identified multiple general usability issues, foremost the lack of a live preview, causing teachers to lose track of their current activity. Furthermore, the results align well with those of Serth et al., confirming the centrality of enabling the remix workflow for such systems.

<i>The system should...</i>	Specific features from the workshop
<i>...allow creating interactive multimedia usable for students</i>	mix of content types, making interactive videos, <u>embedding simulations</u>
<i>...be usable for teachers in remixing workflows</i>	live preview, <u>undo/redo</u> , appealing visuals, <u>unlimited composition of content</u> , <u>copy/paste external resources</u>
<i>...support personalized learning</i>	specific content customization options, <u>theming</u> , <u>conditional branching</u>
<i>...enable reuse & retention</i>	use on any operating system, import/export, usage within LMS, usage without LMS

Table 1: Explorable authoring system requirements (Specifics not fulfilled by Lumi underlined)

4 Prototype

Based on the existing research and the surveyed requirements, a first prototype of an explorable authoring system, named WebWriter, was implemented. From a technical perspective, it is a single page application with a Model-View-ViewModel architecture. The whole application is programmed in TypeScript, with key technologies being Lit¹⁰ for

¹⁰ <https://lit.dev>, accessed 14/10/2023.

UI elements, ProseMirror¹¹ for the editing logic, and Tauri¹² to wrap the application for desktop use. The resources authored are standalone HTML pages that include all dependencies and assets, making them usable on- or offline in many contexts, such as LMS, web servers, or even file-based cloud solutions. WebWriter makes use of established solutions such as Web Components, and NodeJS packages for the built-in (plugin) system.

Central to the user experience of WebWriter is a “What You See Is What You Get” (WYSIWYG) approach, fulfilling the requirement of a live preview. A basic set of features with this approach has been implemented. Rich text elements with formatting, including links, headings, lists, etc. can be added. Multimodal elements such as images, audio, video, etc. can be added, as well. Any kind of rich text including multimodal elements can be copied and pasted from other sources, being a key functionality in remixing content. Key “quality-of-life” requested by teachers such as undo/redo are supported. Some “common sense” features that were not explicitly mentioned in the requirements were also implemented, such as switching the language of the editor, editing the metadata of the explorables authored (title, author, license, etc.), or changing the assigned keyboard shortcuts. Printing or exporting an explorable to a PDF is also supported, although this obviously depreciates multimodal and interactive content and should be seen as a fallback.

A unique aspect of the prototype is the system of widgets, which are small interactive elements that can be added to the explorable like any other element. A teacher may dynamically install any widget he needs through the “Packages” interface. Widgets may be added, deleted, copied, pasted, undone, or redone like any other element of the explorable. Through students’ final thesis, many widgets are available already or are in the process of being made. Examples include a computer network simulation similar to FILIUS¹³, a widget to create flowcharts, and an executable code cell matching the functionality Jupyter provides. Developers may seamlessly implement widgets inside WebWriter with an automatically reloading preview of the widget being worked on.

¹¹ <https://prosemirror.net>, accessed 14/10/2023.

¹² <https://tauri.app>, accessed 14/10/2023.

¹³ <https://www.lernsoftware-filius.de/>, accessed 14/10/2023.

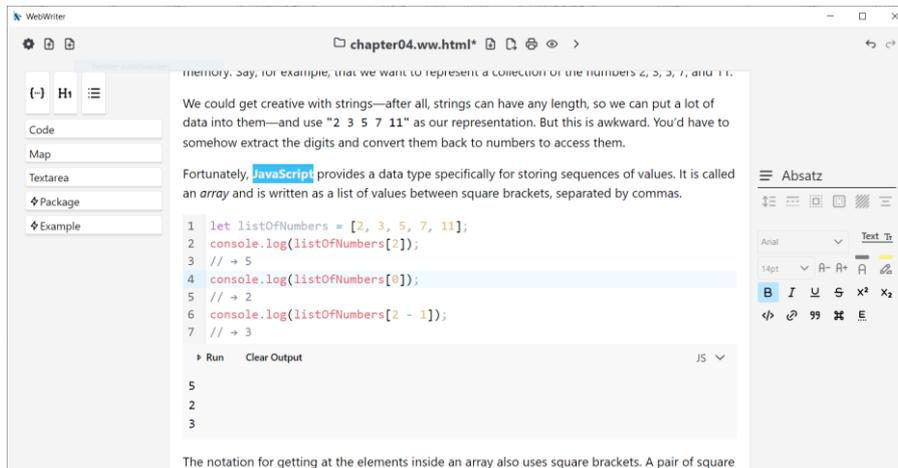


Figure 2: UI of WebWriter with programming-oriented example content

5 Conclusion

First, we introduced the remix workflow and the concept of explorables. Next, we outlined a set of requirements for an explorable authoring system, based on a workshop study conducted with teachers. The requirements match the “remix workflow” concept derived from the literature and further show that state-of-the-art solutions for authoring explorables cannot properly support this workflow. To this end, we presented WebWriter, a first prototype to better support the remix workflow for teachers.

The requirements could be validated with a survey assessing the specific requirements found. The prototype itself will be used in an iterative, design-based research design. Further workshops will be conducted where they make use of WebWriter¹⁴ to author and remix explorables. Through observation, surveys and evaluating the resources produced during the workshops, we can collect a set of qualitative data and analyse it, deriving design principles for explorable authoring systems. In turn, these design principles can be used to rework the prototype, leading to a new iteration. This provides the opportunity to explore much of the feature space while making use of the wealth of experience educators provide. Features to be explored include...

- ...embedding content from existing systems such as H5P content types or PhET simulations into explorables.
- ...an optional server component to enable learning analytics via xAPI¹⁵ and to enable sharing resources easily online.

¹⁴ More information, the source code, and the current prototype can be found here: <https://webwriter.app>.

¹⁵ <https://adlnet.gov/projects/xapi/>, accessed on 14/10/2023.

- ...investigating the potential of large language models for the authoring process, providing suggestions, or generating content, including for widget elements.
- ...providing a WYSIWYG interface for CSS styling of elements to enable teachers to visually personalize their explorables.
- ...more advanced features for widgets such as nesting different widgets, internationalization, presets, custom xAPI events, or interaction with other widgets in the explorable (or even across distributed explorables).

The data collected from the teachers will most likely provide more possible features to include in the prototype and evaluate in later iterations.

Acknowledgements

We were supported by the research project "North-Rhine Westphalian Experts in Research on Digitalization (NERD II)", sponsored by the state of North Rhine-Westphalia -- NERD II 005-2201-0014. We especially thank the teachers who participated in the workshops.

Bibliography

- [Be18] Beaven, T.: Dark reuse: an empirical study of teachers' OER engagement, *Open Praxis*, vol. 10, no. 4, pp. 377–391, 2018.
- [Br16] Brame, C. J.: *Effective Educational Videos: Principles and Guidelines for Maximizing Student Learning from Video Content*, LSE, vol. 15, no. 4, p. es6, 2016, doi: 10.1187/cbe.16-03-0125.
- [Co21] Conlen, M.; Vo, M.; Tan, A.; Heer, J.: *Idyll Studio: A Structured Editor for Authoring Interactive & Data-Driven Articles*, in *The 34th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, in *UIST '21*. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, Oct. 2021, pp. 1–12. doi: 10.1145/3472749.3474731.
- [Di19] Dietrich, A: *LiaScript: A Domain-Specific-Language for Interactive Online Courses*, International Association for the Development of the Information Society, 2019.
- [Fr14] Freeman, S. et al.: Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics, *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, vol. 111, no. 23, pp. 8410–8415, Jun. 2014, doi: 10.1073/pnas.1319030111.
- [HHH18] Honegger, B.D.; Hielscher, M.; Hartmann, W.: *Lehrmittel in einer digitalen Welt*, 2018.
- [Ho20] Hohman F.; Conlen M.; Heer, J.; Chau, D. H.: *Communicating with Interactive Articles*, *Distill*, vol. 5, no. 9, p. e28, Sep. 2020, doi: 10.23915/distill.00028.
- [Ma20] Mayer, R.: *Multimedia Learning*, 3rd ed. Cambridge University Press, 2020. doi: 10.1017/9781316941355.
- [Mu18] Muuß-Merholz, J.: *Freie Unterrichtsmaterialien finden, rechtssicher einsetzen, selbst machen und teilen*, Beltz, Weinheim i.a., 2018.
- [Se19] Serth, S.; Teusner, R.; Renz, J.; Uflacker M.: *Evaluating Digital Worksheets with*

- Interactive Programming Exercises for K-12 Education. In: IEEE Frontiers in Education Conference (FIE), Covington, KY, 2019.
- [SS20] Shemshack, A.; Spector, J. M.: A systematic literature review of personalized learning terms. *Smart Learning Environments*, vol. 7, no. 1, p. 33, 2020.
- [Vi11] Victor, B.: Explorable Explanations, 2011, <http://worrydream.com/explorableExplanations/> (accessed 23/08/2022).
- [WAP08] Wieman, C. E.; Adams, W. K.; Perkins, K. K.: PhET: Simulations That Enhance Learning. *Science*, vol. 322, no. 5902, pp. 682–683, 2008.
- [WH18] D. Wiley and J. L. Hilton, “Defining OER-enabled pedagogy,” *The International Review of Research in Open and Distributed Learning*, vol. 19, no. 4, 2018.
- [Wi02] Wiley, D. A.: *The instructional use of learning objects*, Agency for Instructional Technology, Bloomington, IN, 2002.
- [Wo13] Wouters, P.; Van Nimwegen, C.; Van Oostendorp, H.; Van Der Spek, E. D.: A meta-analysis of the cognitive and motivational effects of serious games., *Journal of Educational Psychology*, vol. 105, no. 2, pp. 249–265, 2013, doi: 10.1037/a0031311.

Workshop 3: Workshop VR/AR-Learning

6. Workshop VR/AR-Learning

Aktuelle Entwicklungen, Herausforderungen und Trends zu Lehr- und Lernszenarien mit VR/AR

Raphael Zender¹, Heinrich Söbke² und Miriam Mulders³

Vorwort

Virtual Reality bzw. Virtuelle Realität (VR) ist ein Sammelbegriff für ein breites Spektrum interaktiver Computersimulationen. Diese erfassen einerseits die Aktivitäten von Nutzerinnen und Nutzern gegenüber dem IT-System und stimulieren andererseits durch ihr Feedback verschiedene Sinne der Nutzerinnen und Nutzer, so dass eine subjektive Wahrnehmung von Anwesenheit (Präsenz) in der Simulation entsteht. Eine mit VR assoziierte Form stellt die Augmented Reality (AR) dar, bei der der Fokus der Nutzerinnen und Nutzer zwar in der physischen Realität verbleibt, diese jedoch um virtuelle Artefakte und Informationen erweitert wird. Die Kombination der VR/AR-Technologien in so genannten Mixed Reality Anwendungen zur Mensch-Maschine-Interaktion eröffnet eine Vielzahl an Vorteilen für die mediengestützte Aus- und Weiterbildung.

Die technologischen und wirtschaftlichen Entwicklungen der vergangenen Jahre haben zu einem erheblichen Zuwachs an VR/AR-Anwendungsbereichen, Entwicklungsprozessen sowie Nutzungsinteresse geführt. Auf Seiten der Anwendungen resultierte dies in einer beinahe unüberschaubaren Masse voneinander isolierter VR/AR-Erfahrungen. Es fehlen nach wie vor wirksame und systematische Integrationskonzepte in bestehende Systemarchitekturen, etablierte Bildungsprozesse sowie andere mediale Konzepte, aber auch anerkannte Anforderungen zur Gestaltung virtueller und augmentierter Lernwelten und aussagekräftige Studien zu Lerneffekten von VR/AR-Lernanwendungen. Auch Fragen der Organisation derartiger Lehr-/Lernwerkzeuge im Rahmen institutioneller Lehr-/Lernprozesse sind bisher weitestgehend ungeklärt. Diese Defizite sind insbesondere bedenklich, wenn man sich vor Augen führt, dass VR/AR-Technologien sich selbst zunehmend einer massentauglichen Reife nähern.

Der Workshop thematisiert in seinem sechsten Jahr unter anderem diese Herausforderungen. Erbeten wurden sowohl wissenschaftlich fundierte Beiträge,

¹ Humboldt-Universität zu Berlin, Institut für Informatik, Didaktik der Informatik | Informatik und Gesellschaft, Unter den Linden 6, 10099 Berlin, raphael.zender@hu-berlin.de

² Bauhaus-Universität Weimar, Bauhaus-Institut für zukunftsweisende Infrastruktursysteme (b.is), Goetheplatz 7/8, 99421 Weimar, heinrich.soebke@uni-weimar.de

³ Universität Duisburg-Essen, Learning Lab, Universitätsstr. 2, 45141 Essen, miriam.mulders@uni-due.de

Studierendenbeiträge als auch Best-Practice-Beispiele und Fallstudien zu Themenbereichen des Lernens mit VR/AR-Technologien. Veranstaltet wird der Workshop vom gleichnamigen Arbeitskreis VR/AR-Learning⁴ der Gesellschaft für Informatik (GI).

Für den Workshop gab es insgesamt acht Einreichungen. Jede wurde von mindestens drei Mitgliedern des Programmkomitees begutachtet, mit dem Ergebnis einer überdurchschnittlich hohen fachlichen Qualität. Nach einer Überarbeitung konnten daher alle acht Beiträge angenommen und veröffentlicht werden. Sie ließen durchgängig hochrelevante Vorträge sowie angeregte Diskussionen erwarten.

Zudem wurden auf dem Workshop die Preisträger des AVRiL-Wettbewerbs 2023 zu gelungenen VR/AR-Lernszenarien ausgezeichnet. Der Siegerbeitrag wurde im Rahmen des Workshops vorgestellt.

Wie jedes Jahr war die finale Diskussions- und Reflektions-Session ein Highlight des Workshops. 2023 wurden vor allem drei aktuelle Themen fokussiert:

1. Herausforderungen und Chancen des VR/AR-Learning
2. Kombination von KI und VR in der Bildung
3. Evaluierung/Erfolgsmessung und VR/AR-Lernanwendungen

Zum Abschluss möchten wir den Mitgliedern des Programmkomitees für ihr großartiges Engagement für die Qualitätssicherung des Workshops in Form der Begutachtung der Beiträge danken!

Programmkomitee

- Josef Buchner (Pädagogische Hochschule St. Gallen)
- Mario Donick (vFlyteAir Simulations)
- Ralf Dörner (Hochschule RheinMain)
- Dominic Fehling (Bergische Universität Wuppertal)
- Torsten Fell (Institute for Immersive Learning)
- Lena Florian (Universität Potsdam)
- Micha Gittinger (Universität Duisburg-Essen)
- Paul Grimm (Hochschule Darmstadt)
- Sebastian Habig (Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg)

⁴ <https://ak-vrarl.gi.de>

- Christian Hartmann (Technische Universität München)
- Wibke Holtij (Technische Hochschule Mittelhessen)
- Felix Kretschmer (Charité - Universitätsmedizin Berlin)
- Jule Krüger (Universität Potsdam)
- Rolf Kruse (Fachhochschule Erfurt)
- Carsten Lecon (Hochschule Aalen)
- Anja Richert (Technische Hochschule Köln)
- Pia Spangenberger (Universität Potsdam)
- Sven Strickroth (Ludwig-Maximilians-Universität München)
- Johannes Tümler (Hochschule Anhalt)
- Markus von der Heyde (vdH-IT)
- Matthias Weise (T-Systems Multimedia Solutions)
- David Wiesche (Universität Duisburg-Essen)
- Axel Wiepke (Universität Potsdam)
- Mirco Zick (Universität Duisburg-Essen)

Flächenland und Raumland: Den Dimensionsbegriff mit Virtual Reality erfahrbar machen

Konzeption und Ergebnisse eines DBR-Designzyklus einer mathematikdidaktischen Anwendung für Schülerinnen und Schüler am Übergang zur Sekundarstufe I

Sina Haselmann ¹ und Barbara Schmidt-Thieme²

Abstract: Der Artikel stellt die ersten beiden Phasen sowie den ersten Evaluationszyklus der Entwicklung und Beforschung einer Virtual-Reality-Anwendung zur enaktiven Vermittlung des Dimensionsbegriffs an Schülerinnen und Schüler am Übergang zur Sekundarstufe I dar. Dabei werden fachliche und fachdidaktische Grundlagen ausgeführt sowie relevante Designprinzipien hergeleitet. Ein besonderer Fokus des Design-Based-Research-Projekts (DBR) liegt auf der Frage, ob Lernende mit geringen ausgeprägten räumlichen Vorstellungsvermögen – im Sinne einer Aptitude bzw. Learner Treatment Interaction – vergleichsweise höhere Lernzuwächse mit der immersiven Lernanwendung erzielen. Abschließend werden erste Evaluationsergebnisse und daraus folgende weitere Designentscheidungen aufgezeigt sowie die anschließenden Schritte im Entwicklungs- und Forschungsprozess skizziert.

Keywords: Virtual Reality, Geometrie, räumliches Vorstellungsvermögen, Design Based Research, Aptitude Treatment Interaction, Learner Treatment Interaction

1 Einleitung

Auch wenn dies den meisten Menschen im Alltag wohl wenig bewusst ist, stellen wir uns den uns umgebenden physischen Raum als einen dreidimensionalen euklidischen Raum vor, wie wir ihn aus dem Geometrieunterricht kennen. Punkte in diesem Raum sind durch drei Koordinaten x , y und z im dreidimensionalen kartesischen Koordinatensystem mit seinen drei paarweisen Achsen, die jeweils senkrecht aufeinander stehen, definiert. Entsprechend ist Bewegung in drei Richtungspaaren möglich, die man sich auf Basis der Alltagserfahrungen leicht vorstellen kann: rechts-links, vorne-hinten und oben-unten. Ein

¹ Universität Hildesheim, Projekt Cu2RVE (CeLeB), Universitätsplatz 1, 31141 Hildesheim, haselmann@uni-hildesheim.de,  <https://orcid.org/0000-0002-8897-8147>

² Universität Hildesheim, Mathematikdidaktik I (IMAI) / Projekt Cu2RVE (CeLeB), Universitätsplatz 1, 31141 Hildesheim, bschmidt-thieme@imai.uni-hildesheim.de

zweidimensionaler Raum ist entsprechend nur über zwei Koordinaten und zwei Richtungs-paare definiert, ein eindimensionaler Raum über eine Koordinate und ein Richtungs-paar [SR02].

Nun ist die Mathematik gerade nicht an das physisch mögliche gebunden. So lassen sich auch höherdimensionale Räume und Objekte ohne große Mühe algebraisch definieren und beschreiben, auch wenn sich diese unserer gewohnten Raumvorstellung entziehen [DHM82, SR02]. Um diese Hürde zu überwinden, wurden diverse Versuche unternommen, Menschen mithilfe geeigneter computergenerierter Visualisierungen eine intuitive Vorstellung vom vierdimensionalen Raum und vierdimensionalen geometrischen Objekten zu vermitteln [AWCF09, Wang09, Cerv00, DHM82]. Doch schon im Roman „Flatland. A Romance of Many Dimensions“ von 1884, der Kritik an der engstirnigen viktorianischen Gesellschaft mithilfe von Erzählungen über das zweidimensionale Flächenland und deren Bewohner übt, gelingt eine anschauliche Vermittlung der Idee, was Dimensionalität für das alltägliche Leben bedeutet. Hier wird auch mathematisch gesehen eine Analogie zu unserer Welt gebildet. In einer zentralen Episode des Romans besucht eine dreidimensionale Kugel das Flächenland, deren in ihrer dimensionalen Wahrnehmung eingeschränkten Bewohner diese nur als „magischen“ zweidimensionalen Kreis wahrnehmen können: Dieser Kreis kann selbst in geschlossenen Räumen plötzlich auftauchen, größer, dann wieder kleiner werden und komplett verschwinden, wobei diese Eigenschaften tatsächlich aus der orthogonalen Bewegung der Kugel durch das Flächenland hindurch von oben nach unten resultieren (siehe Darstellung in [AB15] auf S. 52). Analog dazu würden wir auch ein vierdimensionales Wesen wahrnehmen, das unseren dreidimensionalen Raum durchquert und durch diesen geschnitten wird, und zwar in einer uns unbekanntem Richtung, die senkrecht zu unserem dreidimensionalen Raum steht [AB15, Wang09].

Von Abbotts einflussreichem Roman existieren inzwischen diverse Adaptionen und Fortschreibungen, auch für Kinder und Jugendliche [SR02, AB16, BB01, Flat00], sowie Ideen für die Behandlung im Unterricht, welche sich zur ersten intuitiven Vermittlung des Dimensionsbegriffs in Primarstufe und Sekundarstufe I auch die anschaulichen Erklärungen des Romans zu geometrischen Eigenschaften von Raum und Objekten zunutze machen [Schm06, SR02]. Wo genau liegt aber, abgesehen von der Allgegenwärtigkeit des uns umgebenden dreidimensionalen Raumes und der darin enthaltenen Objekte, das Potential der Beschäftigung mit dem Dimensionsbegriff für den Mathematikunterricht? Und wie wird dieser aktuell in der Schule behandelt?

2 Curriculare Verankerung des Dimensionsbegriffs

Tatsächlich ist dieser nicht direkt Teil der Bildungsstandards der Kultusministerkonferenz für das Fach Mathematik für den Primarbereich oder den Mittleren Schulabschluss [Kmk22a, Kmk22b] und wird entsprechend auch etwa im Niedersächsischen Kerncurri-

culum nicht aufgeführt [Nied17, Nied20a, Nied20b]. Implizit wird aber bereits in der Primarstufe mit dem Dimensionsbegriff gearbeitet, konkret im Rahmen der Leitidee „Raum und Form“. Hier sollen Schülerinnen und Schüler etwa „Körper und ebene Figuren nach Eigenschaften“ klassifizieren oder „Beziehungen zwischen ihnen beschreiben“ [Kmk22a] können. Außerdem sollen Sie räumliches Vorstellungsvermögen entwickeln, welches als wichtiger Teil allgemeiner Intelligenz angesehen wird [FrRe16, S. 2, 39, Maie99, S. 199], und in diesem Zuge etwa lernen, „zwei- und dreidimensionale Darstellungen zueinander in Beziehung zu setzen“ [Kmk22a] (siehe auch [Nied17]).

Diese Grunderfahrungen und Kompetenzen könnten zum Ende der Primarstufe genutzt werden, um eine erste intuitive Vorstellung des Dimensionsbegriffs zu entwickeln und diese in der Sekundarstufe im Sinne eines Spiralcurriculums wieder aufzugreifen und zu formalisieren. Entsprechende Inhalte zu den Eigenschaften von ebenen Figuren und Körpern, an die angeknüpft werden könnte, finden sich auch heute bereits in den Mathematik-Schulbüchern der Primarstufe wieder (auch wenn diese den Dimensionsbegriff selbst nicht vermitteln), wie Erfahrungen mit Körpern in der Umwelt oder Ansichten und geometrische Eigenschaften von Körpern [Busc18, Busc19] sowie Planquadrate auf maßstäblichen Karten als propädeutische Behandlung kartesischer Koordinatensysteme [Hüb00].

3 Virtual Reality als neues Lernmedium

Eine weitere Empfehlung der KMK-Bildungsstandards, die bereits für die Primarstufe ausgesprochen wird, stellt die Nutzung digitaler Werkzeuge zur Darstellung und Untersuchung von zwei- und dreidimensionalen Modellen dar [Kmk22a]. Dies deckt sich auch mit der Forderung der Strategie der Kultusministerkonferenz „Bildung in der digitalen Welt“ von 2017 sowie deren Ergänzung von 2021, bei der speziell für die MINT-Fächer der Einsatz aktueller Technologien wie Augmented und Virtual Reality angeregt wird [Kult17, Kult21] (zitiert nach [Tahi22], siehe auch [SDW22]). Verbreitete Anwendungen wie Dynamische Geometriesysteme (DGS) oder andere Werkzeuge zum Betrachten und Darstellen räumlicher Objekte wurden bereits als immersive Anwendungen umgesetzt [TaFH22, FIKo22, KaSW00, Cari22]. In ihrer Literaturarbeit hat Tahiri 22 Studien zusammengetragen, die Lerneffekte von AR- und VR-gestützten Geometrieanwendungen mit denen nicht-immersiver und nicht-digitaler Medien vergleichen [Tahi22]. Hier wurde teilweise ein signifikant besseres Geometrieverständnis durch das immersive Lernen festgestellt, oft aber auch kein Effekt. Zu ähnlichen Schlüssen kommen andere, fächerübergreifende Literaturrecherchen wie Mayer et al. [MMP22].

Es stellt sich jedoch – auch in Hinblick auf die „great media debate“ zwischen Clark und Kozma [Sick19] (zitiert nach [BK23]) – die Frage, ob Medienvergleichsstudien der situationalen Einbettung von Lernprozessen überhaupt gerecht werden können und nicht jedes Medium grundsätzlich effektiv zum Lernen verwendet werden kann, wenn die dazu passenden Methoden ausgewählt werden. Daher wäre weniger von Interesse, ob immersive

Medien zum Lernen (besser) geeignet sind, sondern auf welche Art deren Alleinstellungsmerkmale zur Förderung von Lernprozessen bestmöglich eingesetzt werden können und welche Themen sich hierfür am besten eignen [HBa22, BK23, MMP22]. So kann auch eine Abkehr von technologiegetriebenen Fragestellungen zugunsten der Erforschung von Designprinzipien gelingen [MBK20] und im Sinne des Aptitude- bzw. Learner-Treatment-Interaction-Ansatzes der Frage mehr Raum gegeben werden, welche Eigenschaften von Lernenden letztendlich welche Einflüsse auf medial vermittelte Lernprozesse haben [BK23, MMP22].

Hartmann und Bannert nennen als besonderes Alleinstellungsmerkmal für Lernumgebungen in Virtual Reality die Möglichkeiten zur Interaktion und zur stereoskopischen Wahrnehmung, welche zum Gefühl von Präsenz in der virtuellen Welt beitragen, sowie zur vollständigen „externen Repräsentation räumlich-situativer Informationen“ [HB22]. Dies könnte besonders den Lernenden den Aufbau mentaler Modelle mit räumlichem Bezug ermöglichen, die hier aufgrund eines geringer ausgeprägten räumlichen Vorstellungsvermögens besonderen Unterstützungsbedarf haben, was in den Studien zum Erlernen räumlicher Strukturen von Molekülen von Safadel und White (immersive stereoskopische Virtual Reality) und von Barrett und Hegarty (stereoskopisches Display) bereits aufgezeigt werden konnte [SW20, BH16]. Zu ähnlichen Schlüssen kamen Lee und Wong in Bezug auf das Erlernen anatomischer Strukturen [LW14], dagegen fand sich bei Sikl et al. im Bereich der Geographie ein leichter Vorteil für immersive VR, wenn die Lernenden bereits über ein stärker ausgeprägtes räumliches Vorstellungsvermögen verfügten [SBŠD23]. Gerade in Bezug auf die Geometrie der Grundschule ergibt sich hier ein interessantes Forschungsfeld, da, wie auch bereits durch die Verankerung in den KMK-Bildungsstandards aufgezeigt, „die Schulung räumlichen Vorstellungsvermögens eines [seiner] der Hauptziele“ [FR16] darstellt und mit digitalen Medien vermittelte Darstellungen hier eine zentrale Rolle spielen sollen.

4 Forschungsfragen und Methodik

Auf Basis dieser Vorüberlegungen soll nun untersucht werden,

1. inwieweit immersive virtuelle Realität dafür geeignet ist, Schülerinnen und Schülern am Übergang zur Sekundarstufe I Wissen zum Dimensionsbegriff zu vermitteln, und
2. welche Interaktionseffekte hier bezüglich des gemessenen räumlichen Vorstellungsvermögens der Schülerinnen und Schüler auftreten.

Die Untersuchung soll nach dem vierphasigen Design Based Research-Prozess ablaufen, wie er auch der Untersuchung von Wichers und Strunk [WS20] zugrunde gelegt wurde [McRe14, Plom13] (siehe Abb. 1). Design Based Research (DBR) hat den Vorteil der starken Ausrichtung an der Lehrpraxis: Es wird ein praktisch nutzbarer Output wie in diesem Fall eine VR-Lernanwendung entwickelt und durch die entsprechende Entwicklungs-

und Forschungsarbeit ebenfalls ein mathematik- und mediendidaktischer Theoriebeitrag generiert. Dieses Vorgehen erscheint auch aufgrund der Designabhängigkeit und Komplexität von VR-Anwendungen als besonders geeignet [SDW22].

So wird im vorliegenden Projekt nach einer theoretischen Verortung ein Konzept ausgearbeitet, nach dem ein VR-Lernspiel zum Dimensionsbegriff entwickelt werden kann. Die Umsetzung erfolgt in mehreren Zyklen der Evaluation, Analyse und des (Re-)Designs bis hin zur praktisch nutzbaren Lernanwendung. Um den Praxisbezug abzusichern, wurden bereits frühzeitig im Projekt Bildungsinstitutionen als Partner für die Evaluation in Phase 3 und den anschließenden Einsatz in praktischen Lernszenarien gesucht. Auf besonderes Interesse stieß das Projekt bei Mitmachmuseen als außerschulische Lernorte wie etwa dem phaeno Science Center. Gewünscht wurde die Einbindung des VR-Lernspiels in einen Workshop zum Dimensionsbegriff, der möglichst ohne großen Personalaufwand mit ganzen Schulklassen durchführbar sein soll [Phae21].

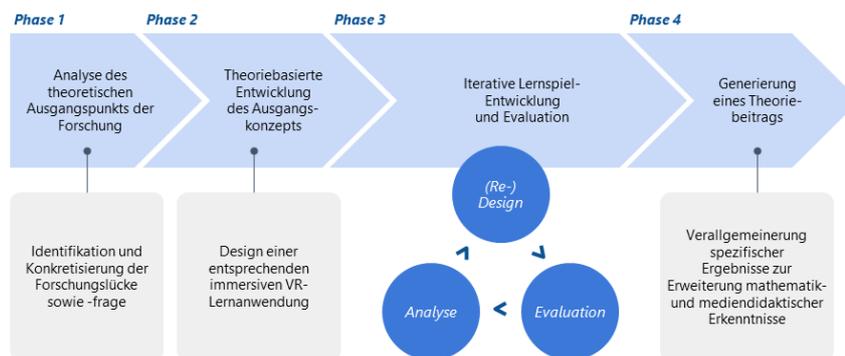


Abb. 1: DBR-Prozess zur Entwicklung und Beforschung einer VR-Lernanwendung zur Vermittlung des Dimensionsbegriffs (nach [WS20])

5 Herleitung relevanter Designprinzipien

Welche Designprinzipien können nun für das Lernen mit VR und das Entwickeln einer konkreten Lernanwendung zugrunde gelegt werden, so dass die Affordanzen dieses Mediums lernförderlich genutzt werden können? Zum Design virtueller Umgebungen gibt es diverse entwicklungspraxisnahe Empfehlungen, siehe etwa das „VR Handbook“ [Jera16], in dem ebenfalls empfohlen wird die Anwendung schon frühzeitig im Entwicklungsprozess zu testen und Feedback einzuarbeiten. Im Bereich der Lehr-Lern-Forschung haben etwa Mulders et al. und Hartmann und Bannert [HB22, MBK20] diverse forschungsgestützte Prinzipien zusammengetragen, die auf Mayers Theorien zu multimedialem Lernen

basieren und der Bedeutung des fachlichen Vorwissens Rechnung tragen. So sollen zentrale Informationen mit Hinweisreizen versehen und zum notwendigen Zeitpunkt ein- sowie anschließend wieder ausgeblendet werden, um unnötige kognitive Belastungen zu vermeiden. Hierbei soll auch auf inhaltliche Kohärenz zwischen Repräsentationsformen geachtet werden. Unnötige Informationen und Darstellungen („seductive details“) sollen vermieden werden.

Im Zusammenhang mit der Entwicklung von VR-Lernspielen für Kinder nennen Belter und Lukosch ergänzend die Anforderungen, eine freundliche, sichere und ansprechende Umgebung zu gestalten, ein Trainingsszenario zur Eingewöhnung in das neue Medium anzubieten und körperliche Aktivitäten einzubeziehen [BL22] (siehe auch [SDW22]). Auch Schäfer et al. [SRGW23] betonen im Zusammenhang mit dem Einsatz in der Schule die Möglichkeit des bewegungsbasierten, praktisch ausgerichteten Lernens, wie es gerade Roomscale-Systeme mit Ihrem Bewegungstracking ermöglichen. Hier finden auch das mathematikdidaktische E-I-S-Prinzip von Bruner Anknüpfungspunkte im Bereich des enaktiven Umgangs mit – in diesem Falle virtuellen – Lernmaterialien, sowie Theorien der Embodied Cognition, nach denen Verkörperung und Bewegung für höhere Lerneffekte sorgen sollen [SDW22]. In Kombination mit der Möglichkeit des räumlich-situativen Erlebens und der Bildung entsprechender mentaler Modelle [HB22] lässt sich die Empfehlung ableiten, den virtuellen Raum und die darin befindlichen Objekte durch körperliche Lernhandlungen wie Laufen und Greifen erfahr- und nachvollziehbar zu machen, um den Dimensionsbegriff enaktiv einzuführen.

Dies entspricht auch der Forderung, Lernende aktiv an der Bildung mathematischer Begriffe zu beteiligen, unter anderem durch Anschauung und Problemlösungsaufgaben, bei denen sie zunächst eigene Erfahrungen machen und diese selbst strukturieren können sollen [BL14, S. 82–83]. Hier kann eine in sich abgeschlossene VR-Umgebung das geleitete Entdecken der Eigenschaften von Räumen und Objekten im Zusammenhang mit dem Dimensionsbegriff ermöglichen (siehe Abb. 2), so dass diese durch anschließende gemeinsame Lernaktivitäten in der Gruppe weiter präzisiert und eingeordnet werden können.

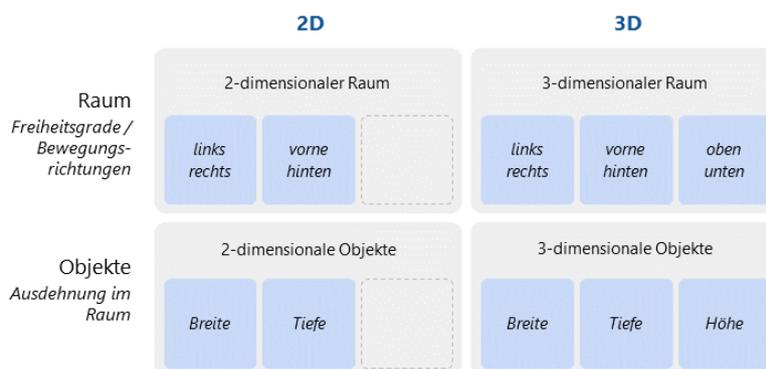


Abb. 2: Für Entwicklung der Lernanwendung relevante dimensionsbezogene Begriffe

Die zentralen abgeleiteten Designentscheidungen, die in einer Lernanwendung für das Standalone Headset Meta Quest 2 umgesetzt und bei einer ersten Evaluation³ in den Fokus gerückt wurden, sind in Tabelle 1 dargestellt. Diese wurde im April 2023 mit 8 Schülerinnen im Alter von 10 bis 12 Jahren im Rahmen eines Girls‘ Day-Workshops zu Virtual Reality durchgeführt. Ein Spieldurchlauf dauerte jeweils 10-15 min. Dabei wurden Auffälligkeiten und Kommentare zur Interaktion mit dem Lernspiel sowie die Ergebnisse einer kurzen Befragung im Anschluss an die Nutzung notiert („Was findest du an dem Spiel gut?“, „Was würdest du ändern?“, „Möchtest du noch etwas loswerden?“). Die Notizen wurden anschließend auf Usability-Probleme und didaktische Potentiale hin ausgewertet und Design-Entscheidungen für die Anwendung getroffen, die in der nächsten Iteration – neben der Integration weiterer Lernaktivitäten – umzusetzen sind (siehe Tab. 1).

Ursprüngliche Designentscheidung	Evaluationsergebnis (+ Anzahl der Funde)	Weitere Umsetzung in nächster Iteration
Freundlich gestaltetes virtuelles Zimmer zur Repräsentation eines dreidimensionalen Raumes	Könnte ansprechender gestaltet werden, z.B. mehr Bilder, transparente Fenster (2)	Raum umgestalten und bei nächster Evaluation erneut bewerten lassen
Fortbewegung im Raum ausschließlich nach Roomscale-Prinzip	Problematisch bei parallelem Einsatz mehrerer Headsets im Rahmen eines Workshops (8)	Platzbedarf weiter verkleinern, Navigation durch Joysticks als Notlösung?
Auditive Anweisungen und Erklärungen, zusätzlich textuelle Einblendung zentraler Punkte auf Tafel	Auditive Anweisungen beachtet und befolgt, Text auf Tafel nicht beachtet (8)	Tafel entfernen und auditive Anweisung bei Nichtaktivität wiederholen?

³ Screenshots vom evaluierten Entwicklungsstand der App und ein Videolink finden sich auf <https://www.uni-hildesheim.de/fb4/institute/imai/abteilungen/didaktik-der-mathematik-1/mitglieder/sina-haselmann/>.

Einführung der Greifen-Taste zur Interaktion mit Objekten	Aktivierende Interaktionstechnik (8); manche Lernende benötigten zusätzliche Erläuterung (2)	Einführung zum Greifen in separate Einführungsszene auslagern
Drei Freiheitsgrade im Raum mit einfachen Lernhandlungen aufgezeigt: Blumen gießen, Glühbirne einsetzen	Blumen gießen als Aufgabe zunächst wenig anregend (5)	Detailliertere Animationen als positives Feedback?
Über Quadrat und Würfel werden prototypische 2- und 3-D-Objekte und deren Eigenschaften wiederholt	Keine Verständnisprobleme, ausreichend Vorwissen bei den Lernenden vorhanden (8)	Kein Änderungsbedarf
Als Klassifikationsaufgabe werden bekannte ebene Figuren und Körper gegriffen und in zwei verschiedenen hohen Schalen gelegt	Keine prinzipiellen Verständnis- oder Interaktionsprobleme bei Aufgabendurchführung (7), aktivierende Aufgabe (8)	Enaktives Aufgabenprinzip kann auf weitere Lernhandlungen übertragen werden

Tab. 1: Zentrale Designentscheidungen mit Evaluationsergebnissen und Konsequenzen für die weitere Umsetzung im nächsten Designzyklus

6 Weitere Schritte im Forschungs- und Entwicklungsprozess

Im Anschluss an diese erste und frühzeitige Evaluation wird die Anwendung im Sinne des DBR-Zyklus überarbeitet und weitere Lernaktivitäten werden basierend auf dem bisherigen Feedback entwickelt, evaluiert und analysiert. Letztendlich soll es den Lernenden durch die virtuelle Umgebung ermöglicht werden, die zu Beginn genannten zentralen Elemente aus dem Roman „Flächenland“ zum Erwerb des Dimensionsbegriffs mithilfe von Lernhandlungen in VR auszuführen und selbst die Rolle der Kugel aus dem Raumland zu übernehmen, die den zweidimensionalen Wesen von Flächenland die Existenz einer höheren Dimension verkündet. Dafür sollen den Lernenden mithilfe einer durchlässigen virtuellen Tischplatte (als Repräsentation einer flachen, zweidimensionalen Welt) verschiedene Querschnitte von Würfeln und Kugeln erzeugen. So sollen sie den ebenen Figuren, die in der virtuellen Umgebung zum Leben erweckt werden und mit den Lernenden interagieren, wiederum die Eigenschaften von Objekten und Räumen vermitteln. Außerdem soll es den Lernenden ermöglicht werden, selbst in die ebene Welt einzutauchen und die Sichtweise der Flächenländer einzunehmen, um direkte Einsicht in deren Alltagserleben zu gewinnen. Hier gilt es eine geeignete Darstellungsform in Virtual Reality zu erarbeiten, die dem immersiven stereoskopischen Medium gerecht wird.

Als Abschluss der interaktiven Geschichte und Anlass für weitere Diskussionen in der Gruppe soll in Analogie zu den Erlebnissen der zweidimensionalen Wesen mit den „Be-

suchen“ aus der 3. Dimension dargestellt werden, wie eine vierdimensionale Kugel plötzlich im geschlossenen virtuellen Zimmer auftaucht, größer und wieder kleiner wird und letztendlich wieder verschwindet. Dies soll den Lernenden eine intuitive Vorstellung davon vermitteln – entsprechend den Ideen des Romans, aber konkret visualisiert anstatt der Vorstellungskraft überlassen – dass auch vier- oder höherdimensionale Räume und Objekte mathematisch beschreibbar und theoretisch möglich sind.

Ob die immersive Darstellung und das enaktiv-körperliche Lernerlebnis in Virtual Reality den Dimensionsbegriff effektiv vermitteln können und inwiefern das räumliche Vorstellungsvermögen der Lernenden zu Interaktionseffekten führt, wird zum Abschluss der Anwendungsentwicklung mithilfe eines selbstentwickelten Wissenstest und eines zielgruppengerechten Tests zu räumlichen Vorstellungsvermögen [Heil20] auch mit quantitativen Methoden überprüft. So soll das Forschungsprojekt letztendlich zur Beantwortung der Frage beitragen, wie konkrete mathematische Lernprozesse in immersiver virtueller Realität effektiv gestaltet werden können und ob sie gerade eine Chance zum adaptiven technologiegestützten Wissenserwerb für Lernende darstellen, die zum Ende der Primarstufe noch keine ausgeprägte Raumvorstellung entwickelt haben.

Literaturverzeichnis

- [AB15] Abbott, Edwin; Banchoff, Thomas: Flatland: a romance of many dimensions.
- [AB16] Abbott, Edwin; Buck, Peter: *Flächenland, Reihe Reprinta historica didactica*. Hildesheim: Franzbecker, 2016 — ISBN 978-3-88120-020-2
- [AWCF09] Ambinder, Michael S.; Wang, Ranxiao Frances; Crowell, James A.; Francis, George K.; Brinkmann, Peter: Human four-dimensional spatial intuition in virtual reality. In: *Psychonomic Bulletin & Review* Bd. 16 (2009), Nr. 5, S. 818–823
- [BH16] Barrett, Trevor J.; Hegarty, Mary: Effects of interface and spatial ability on manipulation of virtual models in a STEM domain. In: *Computers in Human Behavior* Bd. 65, Elsevier Science (2016), S. 220–231
- [BL22] Belter, Meike; Lukosch, Heide: Towards a Virtual Reality Math Game for Learning In Schools - A User Study. In: *2022 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces Abstracts and Workshops (VRW)*. Christchurch, New Zealand: IEEE, 2022 — ISBN 978-1-66548-402-2, S. 808–809
- [BB01] Burger, Dionys; Burger, Dionys: *Silvestergespräche eines Sechsecks: ein phantastischer Roman von gekrümmten Räumen und dem sich*

- ausdehnenden Weltall, Unterhaltsame Mathematik.* 8., unveränd. Aufl. Köln: Aulis-Verl. Deubner, 2001 — ISBN 978-3-7614-0085-2
- [BK23] Buchner, Josef; Kerres, Michael: Media comparison studies dominate comparative research on augmented reality in education. In: *Computers & Education* Bd. 195 (2023), S. 104711
- [BL14] Büchter, Andreas; Leuders, Timo: *Mathematikaufgaben selbst entwickeln: Lernen fördern - Leistung überprüfen.* 6. Aufl. Berlin: Cornelsen Scriptor, 2014 — ISBN 978-3-589-22122-6
- [Busc18] Buschmeier, Gudrun: *Denken und Rechnen. 3, [Schülerband].* [Grundschule, Bremen, Hamburg, Hessen, Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen, Rheinland-Pfalz, Saarland, Schleswig-Holstein], Druck A. Braunschweig: Westermann, 2018 — ISBN 978-3-14-126323-7
- [Busc19] Buschmeier, Gudrun: *Denken und Rechnen. 4, [Schülerband].* [Grundschule, Bremen, Hamburg, Hessen, Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen, Rheinland-Pfalz, Saarland, Schleswig-Holstein], Druck A. Braunschweig: Westermann, 2019 — ISBN 978-3-14-126324-4
- [Cari22] Caridade, Cristina M. R.: GeoGebra Augmented Reality: Ideas for Teaching and Learning Math. In: Yilmaz, F.; Queiruga-Dios, A.; Santos Sánchez, M. J.; Rasteiro, D.; Gayoso Martínez, V.; Martín Vaquero, J. (Hrsg.): *Mathematical Methods for Engineering Applications, Springer Proceedings in Mathematics & Statistics.* Bd. 384. Cham: Springer International Publishing, 2022 — ISBN 978-3-030-96400-9, S. 235–244
- [Cerv00] Cervone, Davide P.: *The Hypercube: Projections & Slicing.* URL <http://www.tombanchoff.com/the-hypercube-projections--slicing.html>. - abgerufen am 2023-06-04. — THOMAS F. BANCHOFF
- [DHM82] Davis, Philip J.; Hersh, Reuben; Marchisotto, R. A.: Four dimensional intuition. In: *The mathematical experience.* Boston: Houghton Mifflin, 1982 — ISBN 978-0-395-32131-7, S. 400–405
- [Flat00] Flatland: The Movie: *Flatland: The Movie.* URL <https://round-drum-w7xh.squarespace.com/our-story>. - abgerufen am 2023-06-04. — Flatland: The Movie
- [FK22] Florian, Lena; Kortenkamp, Ulrich: Virtuelle Welten im Mathematikunterricht – Lernumgebungen in erweiterter Realität. In: Pinkernell, G.; Reinhold, F.; Schacht, F.; Walter, D. (Hrsg.): *Digitales*

- Lehren und Lernen von Mathematik in der Schule*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2022 — ISBN 978-3-662-65280-0, S. 137–162
- [FR16] Franke, Marianne; Reinhold, Simone: *Didaktik der Geometrie in der Grundschule, Mathematik Primarstufe und Sekundarstufe I + II*. 3. Auflage. Berlin Heidelberg: Springer Spektrum, 2016 — ISBN 978-3-662-47265-1
- [HB22] Hartmann, Christian; Bannert, Maria: Lernen in virtuellen Räumen: Konzeptuelle Grundlagen und Implikationen für künftige Forschung. In: *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung* Bd. 47 (2022), S. 373–391
- [Heil20] Heil, Cathleen: *The Impact of Scale on Children's Spatial Thought: A Quantitative Study for Two Settings in Geometry Education, Studien zur theoretischen und empirischen Forschung in der Mathematikdidaktik*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2020 — ISBN 978-3-658-32647-0
- [Hüb00] Hübner, G. (Hrsg.): *Mathebaum: Mathematik für Grundschulen. 4, [Schülerbd.]*. Nordrhein-Westfalen. Hannover: Schroedel, 2000 — ISBN 978-3-507-75004-3
- [Jera16] Jerald, Jason: *The VR book: human-centered design for virtual reality*, ACM books. New York] [San Rafael, California: Association for computing machinery Morgan & Claypool publishers, 2016 — ISBN 978-1-970001-12-9
- [KSW00] Kaufmann, Hannes; Schmalstieg, Dieter; Wagner, Michael: Construct3D: A Virtual Reality Application for Mathematics and Geometry Education. In: *Education and Information Technologies* Bd. 5 (2000), S. 263–276
- [Kmk22a] KMK: *Bildungsstandards für das Fach Mathematik Primarbereich. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 15.10.2004 i.d.F. vom 23.06.2022*, 2022
- [Kmk22b] KMK: *Bildungsstandards für das Fach Mathematik. Erster Schulabschluss (ESA) und Mittlerer Schulabschluss (MSA). Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 15.10.2004 und vom 04.12.2003 i.d.F. vom 23.06.2022*, 2022
- [Kult17] Kultusministerkonferenz: *Strategie der Kultusministerkonferenz „Bildung in der digitalen Welt“*, 2017

- [Kult21] Kultusministerkonferenz: *Lehren und Lernen in der digitalen Welt - die ergänzende Empfehlung zur Strategie „Bildung in der digitalen Welt“*, 2021
- [LW14] Lee, Elinda Ai-Lim; Wong, Kok Wai: Learning with desktop virtual reality: Low spatial ability learners are more positively affected. In: *Computers & Education* Bd. 79 (2014), S. 49–58
- [Maie99] Maier, Peter Herbert: *Räumliches Vorstellungsvermögen: ein theoretischer Abriss des Phänomens räumliches Vorstellungsvermögen; mit didaktischen Hinweisen für den Unterricht*. 1. Aufl. Donauwörth: Auer, 1999 — ISBN 978-3-403-03090-4
- [MMP22] Mayer, Richard E.; Makransky, Guido; Parong, Jocelyn: The Promise and Pitfalls of Learning in Immersive Virtual Reality. In: *International Journal of Human-Computer Interaction* (2022), S. 1–10
- [MR14] McKenney, Susan; Reeves, Thomas C.: Educational Design Research. In: Spector, J. M.; Merrill, M. D.; Elen, J.; Bishop, M. J. (Hrsg.): *Handbook of Research on Educational Communications and Technology*. New York, NY : Springer New York, 2014 — ISBN 978-1-4614-3184-8, S. 131–140
- [MBK20] Mulders, Miriam; Buchner, Josef; Kerres, Michael: A Framework for the Use of Immersive Virtual Reality in Learning Environments. In: *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)* Bd. 15 (2020), Nr. 24, S. 208
- [Nied17] Niedersächsisches Kultusministerium: *Mathematik. Kerncurriculum für die Grundschule: Schuljahrgänge 1-4*. Hannover, 2017
- [Nied20a] Niedersächsisches Kultusministerium: Kerncurriculum für die Hauptschule - Mathematik.
- [Nied20b] Niedersächsisches Kultusministerium: Kerncurriculum für die Realschule - Mathematik.
- [Phae21] *phaeno - phaeno*. URL <https://www.phaeno.de/>. - abgerufen am 2023-06-06. — phaeno.de
- [Plom13] Plomp, Tjeerd: Educational Design Research: An Introduction. In: Plomp, T.; Nieveen, N. (Hrsg.): *Educational Design Research: Illustrative Cases*. Enschede: SLO, Netherlands Institute for Curriculum Development, 2013, S. 11–52

- [SW20] Safadel, Parviz; White, David: Effectiveness of Computer-Generated Virtual Reality (VR) in Learning and Teaching Environments with Spatial Frameworks. In: *Applied Sciences* Bd. 10 (2020), Nr. 16, S. 5438
- [SBŠD23] Sikl, Radovan; Brücknerová, Karla; Švedová, Hana; Dechterenko, Filip; Ugwitz, Pavel; Chmelík, Jiří; Svatoňová, Hana; Juřík, Vojtěch: *Learning in virtual reality: Who benefits and who doesn't?* (preprint): PsyArXiv, 2023
- [Schm06] Schmidt-Thieme, Barbara: „Lieber Squarry“ - Schüler reflektieren in Briefen über Mathematik. In: Rathgeb-Schnierer, E.; Schütte, S. (Hrsg.): *Wie rechnen Matheprofis? Ideen und Erfahrungen zum offenen Mathematikunterricht; Festschrift für Sybille Schütte zum 60. Geburtstag*. 1. Aufl., [Nachdr.]. München Düsseldorf Stuttgart : Oldenbourg, 2006 — ISBN 978-3-486-00033-7
- [SR02] Schmidt-Thieme, Barbara; Rosebrock, Stephan: Flächenland - Ein mehrdimensionaler Roman. In: *Karlsruher pädagogische Beiträge* Bd. 53 (2002), S. 27–49
- [Sick19] Sickel, Jamie L.: The Great Media Debate and TPACK: A Multidisciplinary Examination of the Role of Technology in Teaching and Learning. In: *Journal of Research on Technology in Education* Bd. 51 (2019), Nr. 2, S. 152–165
- [SDW22] Sommer, Julian; Dilling, Frederik; Witzke, Ingo: Die App „Dreitafelprojektion VR“ – Potentiale der Virtual Reality-Technologie für den Mathematikunterricht. In: Dilling, F.; Pielsticker, F.; Witzke, I. (Hrsg.): *Neue Perspektiven auf mathematische Lehr-Lernprozesse mit digitalen Medien, MINTUS – Beiträge zur mathematisch-naturwissenschaftlichen Bildung*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2022 — ISBN 978-3-658-36763-3, S. 255–287
- [SRGW23] Schäfer, Caterina; Rohse, Dorina; Gittinger, Micha; Wiesche, David: Virtual Reality in der Schule: Bedenken und Potenziale aus Sicht der Akteur:innen in interdisziplinären Ratingkonferenzen. In: *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung* Bd. 51 (2023), S. 1–24
- [TFH22] Tahiri, Yasamin; Florian, Lena; Hartmann, Mutfried: Intuitive Werkzeuge gestalten: Designprinzipien zur Entwicklung einer dynamischen Geometriesoftware im virtuellen Raum. In: *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung* Bd. 47 (2022), S. 94–117

- [Tahi22] Tahiri, Yasamin: Effektivität des Einsatzes von Virtual Reality & Augmented Reality im Geometrieunterricht. In: Henning, P. A.; Striewe, M.; Wölfel, M. (Hrsg.): *20. Fachtagung Bildungstechnologien (DELFI), Lecture Notes in Informatics (LNI)*. Bonn: Gesellschaft für Informatik, 2022
- [Wang09] Wang, Ranxiao Frances: A Case Study on Human Learning of Four-Dimensional Objects in Virtual Reality: Passive Exploration and Display Techniques. In: *2009 Fourth International Conference on Frontier of Computer Science and Technology*. Shanghai, TBD, China: IEEE, 2009 — ISBN 978-1-4244-5466-2, S. 519–523
- [WS20] Wichers, Julia; Strunk, Sandra: Auf alle Fälle ein Fall. In: *Hildesheimer Beiträge zur Schul- und Unterrichtsforschung*. Bd. 2. Hildesheim: Universitätsverlag Hildesheim, 2020.

Eine interdisziplinäre Kooperation in der Hochschullehre mit Hilfe der virtuellen Realität

Status Quo eines Lernraum Projekts, das mittels Mozilla Hubs das Periodensystem der Elemente sowie experimentelles Design vermittelt.

Tobias Weiß ¹, Patrik Kirch, Maraike Büst², Siegfried Schindler³ und Jella Pfeiffer

Abstrakt: Wie finden neue, spannende und zugleich herausfordernde Technologien, wie die virtuelle Realität, den Weg in die Hochschullehre? Dieser Beitrag beschreibt ein interdisziplinäres Projekt, das sich genau dieser Frage stellt. Unser Ziel ist es, das Periodensystem der Elemente als einen Verbund virtueller Umgebungen abzubilden, in denen jedes Element seinen eigenen Raum hat. Für jedes Element soll eine eigene Lernumgebung gestaltet werden, die mit Informationen zu den Elementen angereichert ist (z.B. bei Stickstoff die Bildung von Stickoxiden im Autoverkehr oder die Herstellung von Düngemitteln). Dieser Beitrag beschreibt unseren iterativen Ansatz und die Optimierung eines bestehenden ersten Prototyps. Ein iterativer Optimierungsprozess (im Sinne von Design Science Research) trägt dazu bei, dass i) Lernende eine möglichst effektive und positive Erfahrung machen und ii) Lehrende für zukünftige Projekte von den Erfahrungen profitieren und diese auf andere Kontexte übertragen können. Wir präsentieren die Ergebnisse einer Studie mit 40 Beobachtungen, die Lernräume vergleicht, die mit der Mozilla Hubs Plattform erstellt wurden. Die neu gestaltete Lernräume wurden insbesondere unter Berücksichtigung der Prinzipien der Theorie des multimedialen Lernens konzipiert. Die Ergebnisse legen nahe, dass sich durch die Anwendung der Prinzipien der Theorie des multimedialen Lernens der wahrgenommene Lernerfolg signifikant verbessern lässt. Wir möchten den Workshop nutzen, um eine Zusammenarbeit zwischen deutschen Hochschulen zu diskutieren, die eine eigene DSGVO-konforme Mozilla Hubs Instanz hosten und entsprechende Expertise aufbauen.

Keywords: Chemie, Experimentelles Design, Mozilla Hubs, Interdisziplinäre Zusammenarbeit, Periodensystem der Elemente, Virtual Reality

¹ Justus-Liebig-Universität Gießen, Professur für Digitalisierung, e-Commerce und Operations Management, Licher Straße 74, 35394 Gießen, tobias.weiss@wi.jlug.de, <https://orcid.org/0009-0007-1417-8044>

² Justus-Liebig-Universität Gießen, Servicestelle Hochschuldidaktik, Stabsabteilung Studium, Lehre, Weiterbildung und Qualitätssicherung, Leihgesterner Weg 52, 35392 Gießen, maraike.buest@admin.uni-giessen.de

³ Justus-Liebig-Universität Gießen, Institut für Anorganische und Analytische Chemie, Heinrich-Buff-Ring 17, 35392 Gießen, siegfried.schindler@anorg.chemie.uni-giessen.de

1 Einleitung

Die Vermittlung von Wissen unterliegt einem anhaltenden Wandel, der durch technologische Fortschritte vorangetrieben wird [Ha19]. Unter diesen technologischen Innovationen im Bildungsbereich haben in den letzten Jahren insbesondere die augmentierte Realität (AR) sowie die virtuelle Realität (VR) als potenzielle „Game Changer“ Aufmerksamkeit erregt. Sie können unter dem Oberbegriff Mixed Reality/Extended Reality (XR) zusammengefasst werden [Sa21], [Ra22]. Diese neuen Technologien bieten neue Möglichkeiten zur Schaffung immersiver und interaktiver Lernumgebungen, die traditionelle Lehrmethoden unterstützen oder sogar teilweise ersetzen können. XR bietet weiterhin das Potenzial die Anschaulichkeit von Lerninhalten zu steigern, erfahrungsbasiertes Lernen zu erleichtern und Inklusion zu fördern [OC20]. Lernende haben die Möglichkeit orts- und zeitunabhängig in virtuelle Szenarien einzutauchen und mit 3D-Objekten und Avataren zu interagieren. Auch in der Chemie wird an der Integration von XR in die Lehre gearbeitet. Dabei sollen virtuelle Labore etabliert und Lehre in virtuellen Hörsälen durchgeführt werden. Die ersten Ergebnisse zur Integration von XR im Chemiekontext sind sehr positiv und dieses Projekt wurde mit dem Hochschulpreis für Exzellenz in der Lehre 2021 "Mixed Reality in der Lehre an der Universität Gießen“ ausgezeichnet.

Insbesondere VR bietet die Möglichkeit ein immersives und fesselndes Lernerlebnis zu schaffen und bei den Lernenden ein Gefühl der Präsenz zu erzeugen, das mit konventionellen Mitteln nur schwer zu erreichen ist. Diese wahrgenommene Präsenz in einer virtuellen Umgebung kann die Motivation und das Interesse am Lerninhalt steigern und zu einer verbesserten Aufnahme und Aneignung von Wissen führen. Durch den Wettbewerb großer Technologiekonzerne sind kostengünstige Head-Mounted-Displays (HMDs) auf dem Markt, die sich für die Integration in den Lehralltag eignen. So stehen an der Universität Gießen mittlerweile über 30 WebXR-fähige Geräte zur Verfügung. Zudem steigt die Verfügbarkeit solcher Geräte in privaten Haushalten langsam aber stetig an [E119]. Es fehlt jedoch an ausgereiften, individuell zugeschnittenen, möglichst kostengünstigen und erweiterbaren Lehrmaterialien. Eine ansprechende und methodisch möglichst effektive Aufbereitung von Lehrinhalten ist jedoch ein entscheidender Faktor für eine optimale Wissensvermittlung, da dadurch die Motivation, Aufmerksamkeit und allgemeine Leistungsbereitschaft der Lernenden maßgeblich beeinflusst werden kann. Im Rahmen dieses Beitrages wird daher die folgende Forschungsfrage untersucht: **Wie können virtuelle Lernumgebungen gestaltet werden, um einen möglichst hohen quantitativen und wahrgenommenen Lernerfolg zu erzielen?**

Ziel dieses Beitrags ist es, die transformative Rolle von XR, insbesondere VR, in der Bildung hervorzuheben. Dabei kombinieren wir fachliches Wissen über chemische Elemente mit dem methodischen Wissen über experimentelles Design und Erhebungspraktiken. Darüber hinaus sind wir davon überzeugt, dass auch virtuelle Lernumgebungen auf bestehenden Paradigmen im Bildungskontext aufbauen sollten, insbesondere auf der Theorie des multimedialen Lernens [MM98]. Indem wir die

Auswirkungen von VR auf den quantitativen und wahrgenommenen Lernerfolg untersuchen, gewinnen wir Erkenntnisse darüber, welche bestehenden Grundsätze auch in virtuellen Umgebungen weiterhin ihre Gültigkeit behalten. Insgesamt soll dieser Beitrag zum aktuellen Diskurs über die Integration von XR in die Lehre beitragen und als Ideengeber für Lehrende in unterschiedlichen Bereichen und Disziplinen dienen.

2 Theoretischer Hintergrund

Die von Mayer [Ma21] entwickelte Theorie des multimedialen Lernens (cognitive theory of multimedia learning, CTML) untersucht wie Lernende mit Hilfe von multimedialen Kanälen Lerninhalte erfassen (d.h., Bilder, Texte, Töne und andere Medienelemente). Sie selbst basiert auf der Theorie der dualen Kodierung [CP91] und der Theorie des generativen Lernens [Wi92]. Sie stellt Prinzipien und Richtlinien auf, die bei der Gestaltung von Lernmaterialien herangezogen werden können, um Lernszenarien zu optimieren. Die CTML lässt sich nicht nur auf klassische multimediale Formate wie Präsentationen und Videos anwenden, sondern behält auch im Kontext von XR ihre Gültigkeit [PM18]. Mayer betont im Rahmen der CTML drei Hauptannahmen: (1) **Zwei Lernkanäle:** Individuen verfügen über zwei separate Kanäle zur Informationsverarbeitung. Einerseits den auditiven/verbalen Kanal und andererseits den visuellen/bildlichen Kanal. Weitere Studien zeigen, dass effektives multimediales Lernen dann stattfindet, wenn Informationen so präsentiert werden, dass beide Kanäle, auditiv und visuell, aktiviert werden. (2) **Kognitive Kapazitätsobergrenze:** Jeder der beiden Kanäle verfügt über eine begrenzte Kapazität. Darüber hinaus besagt die von Sweller begründete kognitive Belastungstheorie (engl. Cognitive Load Theory) [SvP98], dass Lernende nur über begrenzte mentale Ressourcen zur Informationsverarbeitung verfügen. Werden Informationen in einer Weise präsentiert, welche die kognitive Kapazität der Lernenden übersteigt, kann dies zu einer kognitiven Überlastung führen und das Lernen behindern. (3) **Aktive Verarbeitung:** Lernen ist ein Prozess, der eine aktive Auseinandersetzung der Lernenden mit den Lerninhalten erfordert. Die CTML hebt dabei die Bedeutung von mentaler Strukturierung und sinnvoller Verknüpfung mit bestehendem Vorwissen hervor. Basierend auf diesen Annahmen schlägt Mayer Prinzipien für die Gestaltung multimedialer Lernmaterialien vor, die effektives Lernen fördern [Ma21]. Im Folgenden werden drei dieser insgesamt zwölf Prinzipien erläutert.

- **Kohärenzprinzip:** Der Inhalt und die Gestaltung von Lernszenarien sollten kohärent und relevant sein. Überflüssige Informationen und Elemente sollten minimiert werden, um kognitive Überlastung und Ablenkung zu vermeiden.
- **Redundanzprinzip:** Besonders wichtige Informationen sollten über mehrere Kanäle, z.B. über den visuellen als auch den auditiven Kanal, präsentiert werden.
- **Segmentierungsprinzip:** Inhalte sollten in kleinen schrittweisen Abschnitten in Lernenden-gerechten Geschwindigkeit präsentiert werden.

Durch die Anwendung dieser Prinzipien können Lernmaterialien entwickelt werden, welche die kognitive Verarbeitung unterstützen, die Belastung reduzieren und den Lernerfolg verbessern. Weiterhin bietet die CTML einen Rahmen für die Analyse der Wechselwirkungen zwischen verschiedenen Designelementen und deren Einfluss auf das Lernen.

3 Kontext und Plattform

Das Projekt besteht aus einem Team das drei Komponenten umfasst. Studierende der Wirtschaftswissenschaften führen Seminare und Abschlussarbeiten durch, die sich grundsätzlich mit Themen rund um den Begriff „Digitalisierung“ beschäftigen. Der Schwerpunkt für die Studierenden liegt in der Einführung in die experimentelle Forschung mithilfe von XR. In den vergangenen Semestern wurde sich dabei auf Lernumgebungen mit generischen Inhalten (z.B. Vermittlung von Sudoku-Lösungstechniken) oder Themen im wirtschaftswissenschaftlichen Kontext beschäftigt. Um den entstandenen Artefakten einen interdisziplinären inhaltlichen Rahmen zu geben, wurden Lernumgebungen zu den Elementen des Periodensystems erstellt. Für eine fachliche Unterstützung standen mehrere Ansprechpartner:innen aus der Chemie und der Chemiedidaktik zur Verfügung, die Basiswissen vermittelten, mögliche Inhalte vorschlugen und Korrektheit der präsentierten Inhalte sicherstellten. Ein weiterer wichtiger Bestandteil ist das zentrale XR-Labor unserer Hochschule, das beratend zur Seite stand, Hardware zur Verfügung stellte und Probanden vermittelte.

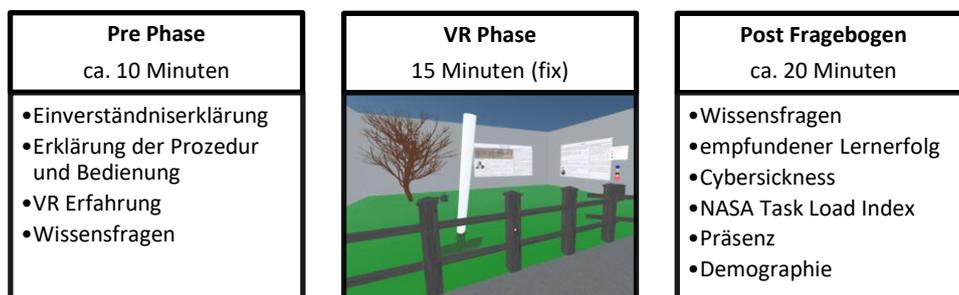
Zu Beginn unserer Zusammenarbeit zur Erstellung eines Lernraumes für chemische Elemente des Periodensystems stand zunächst die Evaluation verschiedener Werkzeuge zur Erreichung unserer Ziele. In die engere Auswahl kamen neben Mozilla Hubs eine Eigenentwicklung mit der Entwicklungsumgebung Unity sowie die Apps 3SpinLearning und den Social VR-Plattformen Engage und Spatial. Da wir das Projekt mit Studierenden aus den Wirtschaftswissenschaften durchführen, kam die Erstellung der Räume in Unity nicht in Frage. Grundlegende Programmierkenntnisse in C# und relativ leistungsfähige Computer-Hardware wären zu hohe Einstiegshürden gewesen. Aus dem gleichen Grund wurde auch 3SpinLearning nicht verwendet, da auch hier ein Unity-basierter Importprozess angewendet werden muss. Die Plattform Engage (<https://engagevr.io>), derzeit sicherlich der Goldstandard für virtuelle Umgebungen, ist interessant, aber für viele Hochschulen nicht finanzierbar. Die ebenfalls kommerzielle Plattform Spatial (<https://www.spatial.io>) ist preislich deutlich attraktiver, aber weniger leistungsfähig als Engage. Neben dem Problem der Kosten für die Nutzung der Plattformen (es fallen jährliche Gebühren an) besteht aber auch die Problematik der Einstellung dieser Plattformen. So wurde Anfang des Jahres 2023 die von Microsoft betriebene Plattform Altspace (ebenfalls eine Plattform, die für die Lehre, Weiterbildung und Konferenzen genutzt wurde) überraschend eingestellt. Auch die VR-Laboreinheiten der Plattform Labster wurden mit dem Ende von Google's Daydream im Jahr 2021 eingestellt. Solche Abschaltungen sollten als Warnung verstanden werden, dass eine externe Plattform im

Laufe der Zeit nicht mehr verfügbar sein kann und darauf basierende Umgebungen dann nicht mehr nutzbar sind. Aus diesem Grund entschied sich das Projektteam für die Nutzung von Mozilla Hubs. Einer der Hauptvorteile ist, dass die auf WebXR [RDA21] basierende Anwendung im Browser aufgerufen werden kann (via Desktop-PC und in VR). Zudem ist der Umgebungseditor „Spoke“ ebenfalls über den Browser nutzbar und bietet einen einfachen Einstieg in die 3D-Gestaltung. Mit geringen Hardwareanforderungen und innerhalb weniger Minuten sind die Studierenden in die Lage, erste Objekte zu platzieren und kreativ zu werden.

Mit der kürzlich angekündigten „Hubs Community Server Instanz“⁴ wird es in Zukunft möglich sein, den „open-source“ Quelltext von Mozilla Hubs zu verwenden und eine eigene Instanz auf eigenen Servern bereitzustellen. Jedoch hat Mozilla Hubs auch Nachteile. Insbesondere die fehlende Interaktion und eingeschränkten Möglichkeiten zur Individualisierung stellen Barrieren dar. Hier besteht die Hoffnung, dass die Community nach und nach entsprechende Funktionen mitentwickelt. Insgesamt erscheint Mozilla Hubs dennoch eine gute Wahl, um erste Prototypen zu entwerfen und Studierenden die Verwendung von XR-Tools nahe zu bringen.

4 Methode

Das Projekt folgt insgesamt dem Design Science Research Paradigma [Pe07], indem wir iterativ Räume für einzelne Elemente erstellen/optimieren, evaluieren und die Ergebnisse kommunizieren. Die Evaluation der Umgebungen erfolgt mit Freiwilligen, zumeist Studierende unserer Hochschule. Dabei gestalten wir die Inhalte so, dass auch fachfremde Personen ohne Vorwissen etwas lernen und die Fragen beantworten können. Die einzelnen Experimentsitzungen, siehe Abb. 2, sind auf maximal 45 Minuten begrenzt. Wissensfragen ergeben sich aus den dargestellten Inhalten. Weiterhin werden Fragen zur wahrgenommenen Cybersickness [Ko23], zum Lernerfolg [SKP23], zur wahrgenommenen Präsenz [Sc19], zur Schwierigkeit (in mehreren Dimensionen) [HS88] und zur Demographie an die Teilnehmenden gerichtet.



⁴ <https://discord.com/channels/498741086295031808/819200243177881640/1130537124039499917>

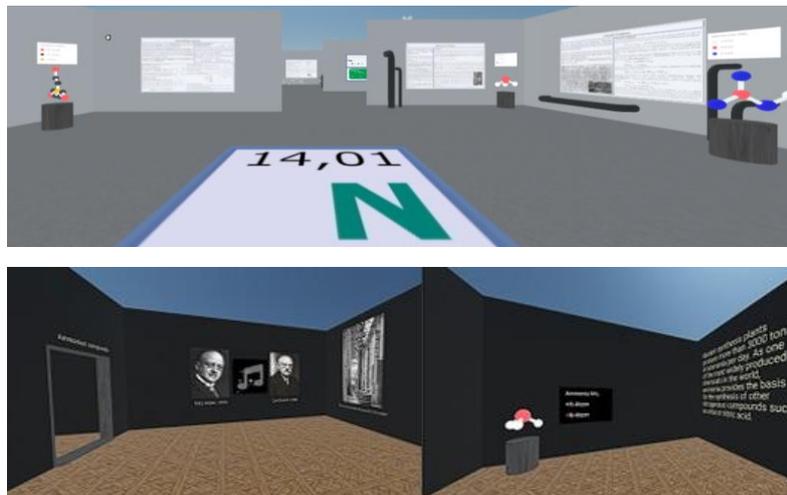
Abb. 2: Ablauf einer Evaluations-Sitzung

5 Ergebnisse

Alle im Folgenden vorgestellten Lernräume sind öffentlich zugänglich⁵. Zunächst stellen wir eine der ursprünglichen Seminarumgebungen vor, die in Abb. 3 dargestellt ist. Bei der Erstellung wurde den Studierenden viel Freiraum gelassen, die Umsetzung der vorstellten Paradigmen wurde nicht explizit gefordert. Dennoch wurden viele der im CTML genannten Paradigmen intuitiv richtig umgesetzt.

Abb. 3: „Proof of Work vs. Proof of Stake“ <https://hub.link/Ko49mHj>

In einem weiteren Schritt wurde ein erster Lernraum zu den Elementen des Periodensystems erstellt, zunächst für das Element Stickstoff. Anschließend wurde der Raum mit einem bestehenden Prototyp verglichen. Abb. 4 und 5 zeigen die zwei Lernräume zum Element Stickstoff, einmal ohne und einmal mit expliziter Berücksichtigung und Umsetzung der Lernparadigmen gemäß CTML.



⁵ <https://tobiasweede.github.io/xr/>

Abb. 4: Stickstoff-Ausstellung, Iteration 0, ohne dedizierte Beachtung von Lern-Paradigmen <https://hub.link/9Myzjfg> (oben). Stickstoff-Ausstellung, Iteration 1, Verwendung von Lern-Paradigmen wie z.B. dem Segmentierungsprinzip <https://hub.link/oFFZDYW> (unten).

Unsere Untersuchung verglich einen bestehenden Prototyp für Stickstoff mit einem neuen, nach CTML-Prinzipien gestalteten Raum, siehe Abb. 6. Insgesamt nahmen 40 Personen ($M_{\text{Alter}}=28.4$, $SD=5.34$) am Experiment teil („between subjects“ Design, 20 Personen pro Raum). Alle Teilnehmenden trugen Meta Quest 2 VR-Brillen.

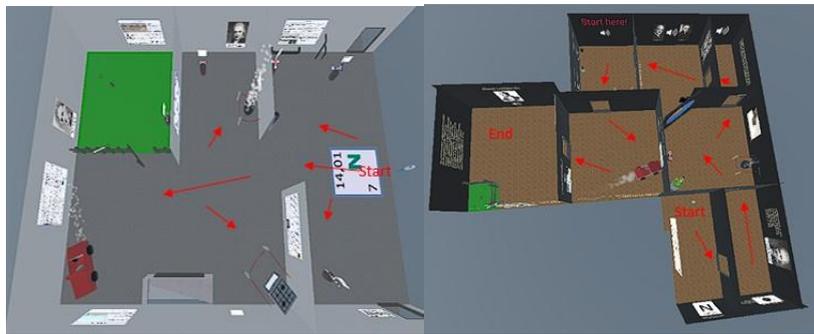


Abb. 6: Gruppe A: Alter (links) und Gruppe B: neuer (rechts) Stickstoff-Raum.

Für die statistische Analyse können aufgrund der kleinen Stichprobe nur nicht-parametrische Tests angewendet werden, dennoch lässt sich wie in Tabelle 1 dargestellt, eine signifikante Verbesserung ($p=.01$) des wahrgenommenen Lernerfolgs nachweisen. Der quantitative Wissenszuwachs war im neuen Raum zwar höher, jedoch war dieser Wert nicht statistisch signifikant.

Variable	Mittelwert		SD		p
	Gruppe A	Gruppe B	Gruppe A	Gruppe B	
Pre-Test (%)	.16	.22	.13	.22	.55
Post-Test (%)	.55	.64	.20	.28	.15
Wahrgenommener Wissenszuwachs (1-7)	4.18	5.18	.92	1.26	.01
Cybersickness (1-7)	1.87	2.18	.95	1.35	.49
NASA TLX (1-7)	3.14	2.99	.73	.73	.53
Präsenz (1-7)	3.67	3.88	.47	.51	.19

Anmerkungen: Gruppe A N = 20; Gruppe B N = 19

Tab. 1: Statistische Auswertung.

6 Diskussion

Das vorgestellte Experiment beantwortet die Forschungsfrage dahingehend, indem es zeigt, wie sich durch die gezielte Anwendung der CTML-Paradigmen eine möglichst gute VR-Lernumgebung mittels Mozilla Hubs erstellen lässt. Unser Beitrag unterstreicht die Relevanz der Paradigmen aus der Theorie des multimedialen Lernens für XR. Die Ergebnisse können als Referenzwerte für weitere chemische Elementumgebungen dienen, sowie zum Vergleich mit Lernumgebungen für Inhalte aus anderen Disziplinen herangezogen werden können.

Interdisziplinäre Zusammenarbeit ist wichtig und interessant, da sie zu Wissenstransfer und neuen Ideen führen kann. Ein XR-Projekt erscheint uns dabei als echter „Enabler“. Dank moderner und immer preiswerter werdender HMDs ist umfangreiches Lernen und Üben in und mit XR in den verschiedensten Bereichen möglich, einschließlich Laborarbeiten. Die gleiche Technik kann für die unterschiedlichen Anwendungsszenarien genutzt werden, was insgesamt eine möglichst effiziente Nutzung der Geräte ermöglicht und einen Austausch unter den Anwendern besonders sinnvoll macht.

Derzeit nutzen nach unserem Kenntnisstand mehrere deutsche Hochschulen Mozilla Hubs Instanzen, die entweder über die öffentliche Mozilla Hubs Instanz oder mittels Amazon AWS betrieben werden. Jedoch sind wir noch keinem Projekt begegnet, das eine eigene Mozilla Hubs Instanz einsetzt. Gespräche haben ergeben, dass der Umgang mit den zugrundeliegenden Technologien eine nicht unerhebliche Komplexität mit sich bringt. Es wäre daher erstrebenswert, wenn es eine Zusammenarbeit geben würde, um Mozilla Hubs Instanzen auf DSGVO-konformen Servern zu hosten und entsprechende Expertise aufzubauen.

7 Fazit und Ausblick

In unserer nächsten DSR-Iteration untersuchen wir zwei neue Räume für das Element Kupfer und evaluieren diese derzeit mit 60 Teilnehmenden („between subjects“ Design, 30 Personen pro Raum). Die Wissensfragen wurden in einer Pilotbefragung evaluiert, um sicherzustellen, dass das Fragniveau zwischen Pre- und Post-Test vergleichbar ist. Weiterhin wurden alle Inhalte und Fragen in englischer Sprache verfasst. Während Experiment 2 die Wirkung des Segmentierungsprinzips untersucht, widmet sich Experiment 3 dem Kohärenzprinzip. Wir hoffen, auf dem Workshop weitere erste Ergebnisse dieser neuen Experimente präsentieren zu können.

Die Entwicklung des Einsatzes von XR in der Lehre wird vermutlich ähnlich verlaufen wie die Entwicklung der Videobearbeitung. Früher war diese Technologie teuer und erforderte Expert:innen. Heute können Laien mit einem Smartphone einen Film erstellen. XR wird voraussichtlich ähnliche Möglichkeiten zur Erstellung von Inhalten bieten.

Literaturverzeichnis

- [CP91] Clark, J. M.; Paivio, A.: Dual coding theory and education. *Educational Psychology Review* 3, S. 149–210, 1991.
- [El19] Elmqaddem, N.: Augmented reality and virtual reality in education. Myth or reality? *International journal of emerging technologies in learning* 3/14, 2019.
- [Ha19] Halili, S. H.: Technological advancements in education 4.0. *The Online Journal of Distance Education and e-Learning* 1/7, S. 63–69, 2019.
- [HS88] Hart, S. G.; Staveland, L. E.: Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of empirical and theoretical research. *Advances in psychology* 52, S. 139–183, 1988.
- [Ko23] Kourtesis, P. et al.: Cybersickness in virtual reality questionnaire (csq-vr). *Virtual Worlds* 1/2, S. 16–35, 2023.
- [Ma21] Mayer, R. E.: *Multimedia learning*. Cambridge University Press, Cambridge, 2021.
- [MM98] Mayer, R. E.; Moreno, R.: A cognitive theory of multimedia learning: Implications for design principles. *Journal of educational psychology* 2/91, S. 358–368, 1998.
- [OC20] OConnor, J. et al.: XR Accessibility-Learning from the Past and Addressing Real User Needs for Inclusive Immersive Environments: ICCHP 2020, Lecco, Italy, S. 117–122, 2020.
- [Pe07] Peffers, K. et al.: A design science research methodology for information systems research. *Journal of management information systems* 3/24, S. 45–77, 2007.
- [PM18] Parong, J.; Mayer, R. E.: Learning science in immersive virtual reality. *Journal of educational psychology* 6/110, S. 785, 2018.
- [Ra22] Rauschnabel, P. A. et al.: What is XR? Towards a framework for augmented and virtual reality. *Computers in Human Behavior* 133, S. 107289, 2022.
- [RDA21] Rodriguez, F. C.; Dal Peraro, M.; Abriata, L. A.: Democratizing interactive, immersive experiences for science education with WebXR. *Nature Computational Science* 10/1, S. 631–632, 2021.
- [Sa21] Sala, N.: Virtual reality, augmented reality, and mixed reality in education: A brief overview. *Current and prospective applications of virtual reality in higher education*, S. 48–73, 2021.
- [Sc19] Schwind, V. et al.: Using presence questionnaires in virtual reality. *Proceedings of the 2019 CHI conference on human factors in computing systems*, S. 1–12, 2019.
- [SKP23] Stejskal, T.; Kethüda, K.; Pfeiffer, J.: Knowledge All Around Me: Comparing the Effect of VR, Text and Desktop on Learning Outcomes, 2023.
- [SvP98] Sweller, J.; van Merriënboer, J. J. G.; Paas, F. G. W. C.: *Cognitive Architecture and Instructional Design*. *Educational Psychology Review* 3/10, S. 251–296, 1998.
- [Wi92] Wittrock, M. C.: Generative learning processes of the brain. *Educational Psychologist* 4/27, S. 531–541, 1992.

Integration von XR in der höheren Bildung mittels digitaler Zwillinge und Schatten

Sebastian Felix Rauh ¹, José Garcia Estrada ¹, Robert Fellner ¹ und Horst Orsolits ¹

Abstract: In der Literatur werden häufig technische Aspekte von XR-Lehrmitteln und deren Evaluation bzw. Umsetzung beschrieben. Dabei mangelt es jedoch an aufbereiteten Beschreibungen von strukturierten Ansätzen, die es auch unerfahrenen Lehrenden erlauben, XR-Lehrmittel in ihre Lehrveranstaltungen zu integrieren. Insbesondere fehlt es an Material zur selbständigen Erarbeitung der nötigen Kenntnisse. In diesem Paper präsentieren wir einen Ansatz für Leitlinien, um XR in der Lehre in Fächern des Ingenieurwesens zu integrieren, welche wir im Rahmen unseres Forschungsprojektes entwickeln und die sich explizit auch an unerfahrene Lehrende richten und deren konkreten Bedürfnisse adressieren. Anhand einer beispielhaften Umsetzung eines Lehrartefakts, welches wir in der Lehre bereits nutzen, stellen wir dar, wie Konzepte wie „Digitaler Zwilling“ und „Digitaler Schatten“ genutzt werden können, um Lehrveranstaltungen mittels XR zu ergänzen. Wir erwarten, dass diese Konzepte, die im Ingenieurwesen zunehmend Bekanntheit erlangen, die Einführung von XR erleichtern.

Keywords: XR, Mixed Reality, Virtual Reality, Digitaler Zwilling, Digitaler Schatten, Lehrmaterial, Technologieintegrationsprozess, Ausbildung

1 Einleitung

XR-Technologien werden immer noch oft als neue Technologien bezeichnet, obwohl diese bereits über drei Jahrzehnte verfügbar sind. Es ist gut möglich, dass dieser Eindruck durch erhöhte Medienpräsenz entstanden ist: Der Markteintritt von Oculus (heute Meta) führte nach 2013 zu einer Welle der Aufmerksamkeit für Virtual Reality (VR). Die Microsoft HoloLens sorgte ab 2015 zudem für eine breite Wahrnehmung von Mixed Reality (MR) in der Öffentlichkeit, unter anderem durch die medienwirksam in Szene gesetzte Einführung der HoloLens durch das US-Militär [KB22, No21]. Die mediale Resonanz fokussiert dabei oft auf das Potenzial von XR-Technologien und vernachlässigt Herausforderungen hinsichtlich der Integration neuer Technologien in konkrete Anwendungsfälle. Gleichwohl haben die zunehmende Verfügbarkeit von Software und der vereinfachte Zugang zu Hardware – von kommerziellen Geräten bis hin zu Selbstbau-Lösungen auf Basis des eigenen Smartphones – den Zugang zu XR-Technologien in

¹ FH Technikum Wien, Fakultät Industrial Engineering, Höchstädtplatz 6, 1200 Wien, Österreich, {sebastian.rauh | horst.orsolits | robert.fellner | jose.garcia}@technikum-wien.at, {https://orcid.org/0000-0001-8677-2148 | https://orcid.org/0000-0003-1915-1063 | https://orcid.org/0009-0007-0721-4131 | https://orcid.org/0000-0002-1452-8012}

unterschiedlichsten Bereichen erleichtert. Dies hat bereits einer veritablen Anzahl an Personen den Zugang zur Gestaltung und Entwicklung von XR-Technologien ermöglicht. Aufgrund von Hürden, wie der Notwendigkeit eine Entwicklungsumgebung einzurichten und eine Programmiersprache zu erlernen, gehen wir jedoch weiterhin davon aus, dass es sich dabei primär um technisch versierte und intrinsisch motivierte Personen handelt. Ein breiter Zugang zur Technologie, insbesondere für unerfahrene Nutzende, ist daher nach wie vor nicht gewährleistet. Die seit den frühen 2010er Jahren ansteigende Zahl an Publikation (siehe [Ga21]) im Bereich XR-Technologien für die höhere Bildung sowie im primären und sekundären Bildungsbereich, spiegelt diesen Umstand wider, da diese sich vorwiegend auf das Potenzial der Technologie konzentrieren (z. B. [CC11, HL17, PA15, RM20]).

Wir haben Digitale Zwillinge (DT, von engl. Digital Twin) und Digitale Schatten (DS) als Vehikel zur Einführung von XR in der höheren Bildung an unserer technischen Fachhochschule durch Einsatz von immersiven Technologien Lehrveranstaltungen im Bereich des Ingenieurwesens identifiziert. Dabei verstehen wir diese beiden Konzepte anhand der Differenzierung nach Integrationslevel [KK18]: Ein DT verfügt demnach über einen bidirektionalen Datenaustausch zwischen einem realen Objekt und dessen virtuellen Abbild. Beim DS hingegen werden Daten des realen Objektes unidirektional an das virtuelle Abbild übermittelt.

Aufgrund ihrer Domäne gehen wir davon aus, dass Lehrende im Bereich des Ingenieurwesens prinzipiell in der Lage sind, den Aufwand zur Erstellung von XR-Anwendungen grob abzuschätzen. Dies liegt zunächst daran, dass wir feststellen konnten, dass die Erstellung der Inhalte für DS/DT (ein Bereich des Ingenieurwesens) einen Deckungsgrad mit der Erstellung von XR-Inhalten (3D-Modell-Erstellung, Anknüpfung an Datenquellen wie Steuerungssysteme, Verhaltensmodellierung) aufweist. Zudem erhöhen derzeitige Initiativen zur Normierung (wie z. B. [Au21]) die Glaubwürdigkeit von den normierten Konzepten generell [Sw00]. Wir gehen daher davon aus, dass seitens Lehrender im Bereich des Ingenieurwesens die Bereitschaft XR in die Lehre zu integrieren steigt, wenn diese über DS/DT an XR schrittweise herangeführt werden können.

Studien, die sich mit den Herausforderungen von Nutzenden von XR im Bildungsbereich beschäftigen (z. B. [LG21, GP22]), unterstreichen die Schwierigkeiten, passende Inhalte zu finden und eigene Konfigurationen zu erstellen. Wir sehen daher auch im Ingenieurwesen bei Lehrenden, die keine bzw. wenig Expertise im Bereich XR haben, den Bedarf an Leitlinien, um eine fundierte Entscheidung treffen zu können, welchen Teil der Lehrinhalte/-materialien mit XR-Technologien umgesetzt werden können.

2 Jenseits des Potentials: Integrationsrichtlinienentwicklung

Seit 2021 erforschen wir im Rahmen des Forschungsprojektes „Integration virtueller Systeme in Lehre und Laborübungen“ (InviS) Methoden zur Nutzung von XR in der höheren Bildung. Wir verfolgen dabei die Betrachtung von Integrationsansätzen von XR in die Lehre, anstatt die generelle Machbarkeit einzelner Lehrartefakte nachzuweisen. Daneben konnte bereits ein langsamer Wandel in der Literatur festgestellt werden: Neben dem Nachweis des Potenzials von XR (bzw. Machbarkeitsstudien), betrachten Arbeiten vermehrt auch Integrationswege von XR in bestehende Praktiken, um konkrete Probleme zu lösen (z. B. [VC22]) oder geben Empfehlungen zur Gestaltung und Umsetzung von XR-Anwendungen [AV21, TC22]. Meist setzen diese Arbeiten jedoch weiterhin Vorerfahrung mit der Erstellung von XR-Inhalten voraus. Zudem werden Kenntnisse im Umgang mit XR-Technologien erwartet. Unerfahrene Lehrende können diese daher nicht direkt zurate ziehen. Die Frage, wie diese Lehrenden XR-Technologien für ihre Bedürfnisse einsetzen können, bleibt also weiterhin unbeantwortet.

Trotz dieser Herausforderungen zeigen mehrere Studien auf, dass sowohl Studierende wie Lehrende XR gegenüber grundsätzlich positiv eingestellt sind [CF19, JW13, RO21]. Eine Arbeit, welche eine nachhaltige Integration von XR-Werkzeugen in der Lehre dokumentiert, konnte bis dato jedoch noch nicht gefunden werden. Ein verbreiteter Ansatz in der XR-Literatur ist, dass eine Gruppe von Teilnehmenden, die Erfahrung mit der Entwicklung von XR-Lehrartefakten gesammelt haben (Expert:innen), mit Lehrenden zusammenarbeiten. Oft wird ein Lehrartefakt gemeinsam mit Expert:innen entwickelt, das einen XR-basierten Zugang zu Wissen in einem konkreten Bereich bietet [AB20]. Offen ist bisher, inwieweit eine auf XR-Entwicklung spezialisierte Forschungsgruppe notwendig ist, um die Integration in Bildungsinstitutionen zu gewährleisten. Manche Arbeiten legen jedoch die Notwendigkeit nahe, eine Ansprechperson oder ein Vorbild zu haben, das die Vorteile der Technologie kommuniziert. Diese Person/Institution muss über die notwendige technische Ausstattung verfügen und die Projekte aktiv begleiten [LG21].

Der Ansatz von InviS ist es, primär auf Anwendungen zu setzen, welche andere Lehrmethoden komplementieren, anstatt diese etablierten und erprobten Methoden vollständig zu ersetzen. In Kombination mit DS/DT als Anwendungsbereich erhoffen wir uns von diesem Ansatz, die wahrgenommene Schwelle, XR-Technologie in der Lehre zu integrieren, zu verringern. Diese Erwartung fußt auf der Annahme, dass es Bereiche gibt, in denen andere Lehransätze bisher nicht zum gewünschten Ergebnis geführt haben oder der Aufwand für die Verbesserung von einzelnen Lehrmaterialien hinsichtlich des zu erwartenden Ergebnisses nicht adäquat erschien. Durch die Ergänzung der Lehrveranstaltungen mit XR-Lehrartefakten und der Dokumentation des Integrationsprozesses schaffen wir Leuchtturmprojekte, die Lehrenden das Potenzial aufzeigen, aber auch Ansätze und Anleitungen für die nachhaltige Umsetzung zur Verfügung stellen. Lehrende können aus diesem Katalog wählen, ob und wie sie ihr eigenes XR-Lehrartefakt umsetzen und welche Art der Unterstützung sie benötigen.

3 Digitale Schatten und XR als Lehrmittel – ein Beispiel

Zu Projektbeginn wurden Lehrveranstaltungen, die das Thema DS/DT im Kontext der virtuellen Inbetriebnahme (Teil-/Simulation einer Anlage vor und während des Aufbaus als Testumgebung mit einer Kopplung an eine modellierte oder reale Steuerung [Wu08]) behandeln, von zwei der Autoren (R.F. & S.F.R.) weiterentwickelt. Um das Erlernete direkt zu erproben, wurden aufbereitete Simulationen (mittels Visual Components, einer Anwendung zur Simulation von Fabrikanlagen) von Fertigungsanlagen zur Verfügung gestellt. Diese Simulationen dienten den Studierenden als Verständnishilfe, um gezielte Fragestellungen (wie z. B. die Auswirkung einer baulichen Änderung am zuliefernden Förderband), durch Inspizieren und Editieren, zu adressieren.

Um die Laborübung in den Lehrveranstaltungen greifbarer zu gestalten, wurde das Konzept auf eine Lernfabrik (eine miniaturisierte Fertigungsanlage für Ausbildungszwecke) übertragen. Studierende modellieren exemplarische Abläufe eines Roboterarms der zugehörigen Lagerstation (siehe **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**) in Visual Components. Hierfür werden sowohl die Station als auch ihre abstrakte Steuerungslogik in Visual Components simuliert. Die Abgabe der Übung findet mittels MR-Lehrartefakt statt. Dieses Lehrartefakt kommt nur während der Reflexion der Übung zur Anwendung. Diese Reflexion kann aus didaktischer Sicht nicht weiter sinnvoll heruntergebrochen werden. MR wurde aus dem XR-Spektrum gewählt, da dieses mit den Smartphones der Studierenden und ohne weitere Hardware verwendet werden kann. Das Lehrartefakt besteht aus einem Nachbau der statischen Anlage (physisches Referenzobjekt, siehe **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**) und einer MR-DS-Applikation (iOS, Android) welche Daten aus der



Abbildung 3: Das Lager der Lernfabrik. Im Vordergrund (grün) ein Förderband, das eine weitere Station darstellt.



Abbildung 3: Das physische Referenzobjekt (im Größenverhältnis 1:1).

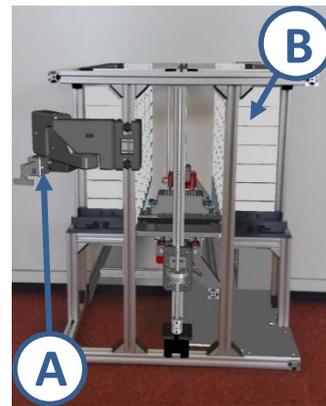


Abbildung 3: Augmentierter digitaler Schatten (A) zur direkten Überprüfung der Simulation in realitätsnahen Kontext (B).

Simulationssoftware empfängt. Mit dieser Applikation können die Studierenden den von ihnen modellierten Ablauf eines Roboterarms (siehe **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** A) inspizieren. Das physische Referenzobjekt beschränkt sich dabei auf Teile, welche direkt in Kontakt mit dem Roboterarm stehen. Weitere Anlagenteile werden, analog zum Roboterarm, als Augmentierung dargestellt (siehe **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden. B) und dienen ausschließlich der Kontextwiedergabe für die Simulation. Durch die Besichtigung unserer Lernfabrik zu Beginn der Laborübung bietet die Anwendung einen direkten Bezug zu einem realen Gegenstück.

Die Reflexion findet zusammen mit dem Lehrenden zum Ende der Übung statt. In individuellen Gesprächen können die Lehrenden dann auf weitere Aspekte der virtuellen Inbetriebnahme eingehen, wie z. B. Diskrepanzen zwischen Realität und Simulation, welche durch geringfügige Abweichungen im 3D Modell entstehen können. Im Rahmen der bereits durchgeführten Reflexionsgespräche zeigten die Studierenden Begeisterung für das MR-Lehrartefakt (Gedächtnisprotokoll, S.F.R.) Diese könnte auf die Möglichkeit, MR-Inhalte selbst zu steuern, den „Neuheitscharakter“ von XR in der Lehre sowie den möglichen Eindruck seitens der Studierenden einer persönlichen Miturheberschaft der MR-Inhalte zurückgeführt werden.

Die vorliegende Umsetzung verdeutlicht, wie ein konkreter Anwendungsbereich, hier die virtuelle Inbetriebnahme, die sich eines DS bedient, für die Einführung von XR als Lehrmittel dienen kann. Sie exemplifiziert außerdem, wie XR gleichwertig neben anderen Lehrmitteln zum Einsatz kommen kann, indem die Lehrveranstaltung durch XR-Lehrartefakte für ein oder mehrere, nicht weiter herunterbrechbare Ereignisse entlang des Lernpfades ergänzt wird. Im beschriebenen Anwendungsfall haben wir Wert auf die Kombination der etablierten Werkzeuge mit dem XR-Lehrartefakt gelegt, um einen einzelnen Abschnitt der bisherigen Laborübung zu ergänzen. Die hier skizzierten Ergebnisse sind, im Abgleich mit anderen Aktivitäten, in die nachfolgende Definition der Leitlinien für die Integration von XR in der Lehre eingeflossen. Deren Ausprägung in der Umsetzung wird in den Leitlinien beschrieben.

4 Leitlinien für die Integration von XR in die Lehre

Die Vielzahl von isolierten Machbarkeitsstudien und die Komplexität des Themas erlauben es nach wie vor nur Expert:innen, XR als Lehrmittel flächendeckend zu integrieren. Dies unterstreicht die Notwendigkeit, Anleitungen und/oder Leitlinien zur Verfügung zu stellen, um Lehrende im Prozess der Technologieauswahl, Inhaltserstellung und Optimierung zu unterstützen. Diesem Bedarf begegnen wir auf folgende Weise:

- Wir entwickeln einen Entscheidungsbaum, um Lehrende über die Anforderungen für die Integration von XR in ausgewählten Bildungsbereichen zu informieren. Wir beabsichtigen dabei Anleitungen für die Extrapolation der, von uns gesammelten

Informationen auf andere Bildungsbereiche oder Anforderungen an die Anwendung, anzubieten.

- Wir fassen Hard- und Softwareevaluationen zusammen. Diese Bewertungen können als Grundlage für die Beschaffung oder den Einsatz in anderen Bereichen dienen.
- Wir fokussieren uns auf die Erstellung von XR-Lehrmitteln, die DS/DT-Konzepte Schatten nutzen. Diese erlaubt es, XR-Technologien für Lehrenden in technischen Fächern greifbar zu exemplifizieren und die XR-Lehrmittel parallel zu bestehenden Konzepten zu integrieren.

Die Integration von XR in die Lehre mittels DS/DT bedarf der Berücksichtigung mehrerer Dimensionen, welche wir als Leitlinien für die Integration nutzen (kursiv: die Ausprägung der Dimension in der Umsetzung des beschriebenen Lehrartefakts):

Ausstattung: Die dauerhaft zur Verfügung stehende Materialien, mit denen die Lehrveranstaltung und die Lehrartefakte gestaltet werden, sowie die Charakteristika der Lernenden (Studienfortschritt, Anzahl, Studienrichtung usw.). Dazu zählen auch die zu erwartende technische Ausstattung der Studierenden, das Lehrveranstaltungskonzept, die geplante Verwendung des Lehrartefakts und die Lernziele. Die Ausstattung legt die grundlegenden Rahmenbedingungen fest. – *Unsere Forschungsgruppe pflegt eine Kommunikationsinfrastruktur (zur Kommunikation zwischen Steuerungssystemen der Lernfabrik). Diese nutzen wir, um die Kommunikation zwischen der Simulation und dem MR-DS zu ermöglichen. Der MR-DS wird von Studierenden auf eigenen Geräten ausgeführt. Die Art, wie die Smartphone-basierte MR ausgestaltet wurde, macht ein dediziertes Kommunikationskonzept für Personen in XR obsolet, da die Gesprächspartner sich direkt anschauen können.*

Ressourcenverfügbarkeit: Materialien, welche von Dritten vorgehalten werden und zur Verfügung gestellt werden müssen. Diese Materialien haben einen direkten Einfluss auf den Umfang der Verwendung des Lehrartefakts. – *Für die Verwendung von Visual Components ist der Zugang zu PCs notwendig, auf welchen Visual Components lizenziert ist. Dies wurde vorab mit dem für den Raum zuständigen Mitarbeiter geprüft. Zudem musste der Zugriff auf die Kommunikationsinfrastruktur im Hausnetzwerk „eduroam“ (WLAN) sichergestellt werden. Entsprechende administrative Schritte (vorwiegend Portfreigaben) wurden mit der IT-Abteilung durchgeführt. Das physische Referenzobjekt hat eine Größe von 50 cm * 42 cm * 25 cm und ein Gewicht von 3,02 kg und kann daher von einer Person in einen beliebigen Vorlesungsraum getragen werden, sofern dieser innerhalb der WLAN-Abdeckung liegt.*

Aufwand: Lehrenden müssen befähigt werden, selbst abschätzen zu können, wie hoch der Aufwand ist, sich Wissen zur Erstellung von XR-Inhalten bis zu dem Grad zu anzueignen, dass sie den persönlichen Anforderungen genügen. Lehrende sollten auch in der Lage zu sein, einen Vergleich zum Aufwand zur Erstellung anderer (nicht XR) Lehrartefakte durchzuführen. Zudem müssen sie die Dauer und den Ressourcenaufwand für die Umsetzung planen können. – *Für das vorgestellte Lehrartefakt fand zu Beginn*

eine Aufwandsabschätzung statt. Da die zu verwendeten Materialien eingangs definiert wurden, wurde eine Entwicklungsdauer von zwei Wochen geplant und diese iterativ angepasst. Diese Anpassung wurde vor allem durch nicht planbare Probleme und deren Lösung nötig.

Expertise: Es ist wichtig, dass Lehrende in der Lage sind einzuschätzen, ob sie den Inhalt selbst zufriedenstellend umzusetzen können oder sie dabei technische Unterstützung benötigen. Zudem muss die Art der notwendigen Unterstützung (Videos, Programmierleistung, etc.) definiert werden. – *Die beiden Autoren sind Experten in ihrer Domäne (Virtuelle Inbetriebnahme/Simulation bzw. Mixed Reality) und kannten daher bereits die notwendigen Werkzeuge (Visual Components, Vuforia Studio, Kommunikationsinfrastruktur) zur Gestaltung des Lehrartefakts.*

Prozesswissen: Die Lehrenden benötigen Klarheit über die Schritte, die für die Integration erforderlich sind. Zudem sollten sie in der Lage sein abzuschätzen, ab wann externe Ressourcen (Materialien, Unterstützung) notwendig werden, um die Integration planen zu können – *Die beiden beteiligten Autoren haben den Gestaltungsprozess gemäß ihres Domänenwissens aufgeteilt und bei der Integration der MR-Komponenten abschließend zusammengearbeitet. Dieser Prozess war demnach zweistufig geplant. Es war von vornherein angelegt, dass die während der Entwicklung Hilfe von außerhalb genutzt werden kann (siehe Wissensakquise). Das Material (Software, Kommunikationsinfrastruktur, Aluminiumprofile für physisches Referenzobjekt) für die Gestaltung war bereits vorhanden und konnte selbst weiterverwendet werden, bzw. waren die Ansprechpartner hierfür zu Beginn bekannt.*

Wissensakquise: Die Prozessbeteiligten sind sich ob ihrer Fähigkeiten hinsichtlich der Integration von XR oft nicht sicher. Sie benötigen Beratung und Unterstützung, von Tipps zur Einrichtung und Nutzung bis hin zu technischen Aspekten wie Geräteauswahl, Rechenleistung oder Definition der Anforderungen für die Entwicklung von Inhalten. – *Für die Gestaltung waren die Beratung Dritter (Softwarehersteller, Personen mit Erfahrung) und die Zuhilfenahme von Support-Forum-Einträgen nötig. Diese waren bereits zu Beginn bekannt und konnten entsprechend direkt genutzt werden.*

5 Diskussion und Zusammenfassung

In diesem Paper werden Leitlinien zur Integration von XR mittels DS/DT vorgestellt. Diese Leitlinien basieren auf den Erfahrungen, die wir bei der Erstellung von XR-Lehrartefakten gesammelt haben und in Gesprächen mit interessierten Lehrenden an unserer Einrichtung bestätigen konnten. Bisher sind in der Literatur kaum Leitlinien zur Integration von XR in die Lehre zu finden, daher ist für die Nutzung dieser in der Lehre nach wie vor Expert:innenwissen im Bereich XR erforderlich. Unsere Forschung befasst sich daher mit dieser Lücke in der Literatur und versucht diese zu schließen.

Trotz der positiven Erfahrungen mit der Einführung von XR Lehrartefakten über das Thema DS/DT ist uns bewusst, dass unsere bisherigen Ergebnisse vorläufig und teils anekdotisch sind. Aufgrund von unterschiedlichen Einschränkungen (wie z. B. der geringen Bereitschaft zur Teilnahme an Lehrveranstaltungsbegleitenden Umfragen seitens der Studierenden) sehen wir die Notwendigkeit, die Evaluationsmethoden neu zu betrachten. Da wir mittels DS/DT jedoch bereits mehrfach exemplifizieren konnten, wie XR in Lehrveranstaltungen integriert werden kann, sehen wir diesen Ansatz besonders im Bereich des Ingenieurwesens als praxistauglich an und werden ihn weiterverfolgen.

Wir setzen dabei auf einen evolutionären Ansatz, in dem einzelne, didaktisch nicht weiter herunterbrechbare Ereignisse, gezielt mit DS/DT-XR Lehrartefakten angereichert werden. Die Ausrichtung auf diese Ereignisse erlaubt es Lehrenden, XR zu einzelnen Zeitpunkten in der Lehrveranstaltung zu erproben. Bei Bedarf erlaubt dieser Ansatz zusätzliche Ereignisse der Lehrveranstaltung um weitere XR-Lehrartefakte zu ergänzen. Dies soll sicherstellen, dass Lehrende nicht mit evolutionären Ansätzen überfordert werden.

Derzeit konzentrieren wir uns auf praktische Übungen in Kleingruppen auf Basis von problembasiertem Lernen. Dieser Ansatz lässt sich nach unserem Verständnis nicht ohne weiteres auf andere Konzepte umlegen. Lehrveranstaltungen, die keine Übungen dieser Art aufweisen, können derzeit nicht von unserem Ansatz abgedeckt werden. Diese abweichenden didaktischen Konzepte werden in zukünftigen Arbeiten untersucht. Daher sind wir bestrebt, auch die Akzeptanz von XR unter den Lehrenden anderer Konzepte weiter zu erhöhen. Um Leitlinien zur Integration von XR in der Lehre für die höhere Bildung in ihrer Gesamtheit beschreiben zu können, bedarf es über den lokalen Ansatz hinaus Kooperationen mit anderen Fachbereichen sowie die Zusammenarbeit mit anderen Lehrinrichtungen.

Zudem wollen wir Lehrenden Werkzeuge zur virtuellen Inbetriebnahme anbieten, mit denen diese XR-Anwendungen für den Bildungsbereich testen und etwaige Probleme frühzeitig erkennen können, bevor sie in die Anwendung in der Lehr- oder Laborveranstaltung gelangen. Dazu werden wir unsere Leitlinien in der Umsetzung weiterer XR-Lehrmittel einsetzen, um diese zu evaluieren und weiterzuentwickeln.

6 Danksagung

Dieses Paper entstand im Rahmen des Forschungsprojektes InviS, welches durch die Magistratsabteilung 23 der Stadt Wien gefördert wird.

Literaturverzeichnis

[AB20] Andersson, H. B.; Børresen, T.; Prasolova-Førland, E.; McCallum, S.; Garcia Estrada, J.: Developing an AR application for neurosurgical training: lessons

- learned for medical specialist education. In: 2020 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces Abstracts and Workshops (VRW), IEEE, Atlanta, GE, pp. 407-412, 2020.
- [Au21] Automation systems and integration – Digital twin framework for manufacturing – Part 1: Overview and general principles (ISO 23247-1:2021). International Organization for Standardization, 2021.
- [AV21] Albus, P.; Vogt, A.; Seufert, T.: Signaling in virtual reality influences learning outcome and cognitive load. In: *Computers & Education*, 166, p.104154, 2021.
- [CC11] Chen, Y. C.; Chi, H. L.; Hung, W. H.; Kang, S. C.: Use of tangible and augmented reality models in engineering graphics courses. In: *Journal of Professional Issues in Engineering Education & Practice*, 137(4), pp.267-276, 2011.
- [CF19] Cabero-Almenara, J.; Fernández-Batanero, J. M.; Barroso-Osuna, J.: Adoption of augmented reality technology by university students. In: *Heliyon*, 5(5), p.e01597, 2019.
- [Ga21] Garzón J.: An Overview of Twenty-Five Years of Augmented Reality in Education. In: *Multimodal Technol. Interact.* 5, 37, S. 1-14, 2021.
- [GP22] Garcia Estrada, J.; Prasolova-Førland, E.: Improving adoption of immersive technologies at a Norwegian university. In: 2022 8th International Conference of the Immersive Learning Research Network (iLRN), IEEE, S. 1-5, 2022.
- [HL17] Hu-Au, E.; Lee, J. J.: Virtual reality in education: a tool for learning in the experience age. In: *International Journal of Innovation in Education*, 4(4), S. 215-226, 2017.
- [JW13] Jou, M.; Wang, J.: Investigation of effects of virtual reality environments on learning performance of technical skills. In: *Computers in Human Behavior*, 29(2), S.433-438, 2013.
- [KB22] Kallberg J.; Beitelman M. V.; Mitsuoka M. V.; Officer C. W.; Pittman J.; Boyce M. W.; Arnold L. C.: The tactical considerations of augmented and mixed reality implementation. In: *Mil. Rev.* 105 (3), S. 105-113, 2022.
- [KK18] Kritzinger, W.; Karner, M.; Traar, G.; Henjes, J.; Sihn, W.: Digital Twin in manufacturing: A categorical literature review and classification. In: 16th IFAC Symposium on Information Control Problems in Manufacturing INCOM 2018, 51(11), S. 1016-1022, 2018.
- [LG21] Lee, M. J., Georgieva, M.; Alexander, B.; Craig, E.; Richter, J.: State of XR & immersive learning outlook report 2021. Immersive Learning Research Network, Walnut, CA, 2021.

- [No21] Novet, J.: Microsoft wins U.S Army contract for augmented reality headsets, worth up to \$219 billion over 10 years. Veröffentlicht am 31 März 2021. <https://www.cnbc.com/2021/03/31/microsoft-wins-contract-to-make-modified-hololens-for-us-army.html>, letzter Zugriff am 10.06.2023.
- [PA15] Phon, D. N. E.; Ali, M. B.; Halim, N. D. A.: Learning with augmented reality: Effects toward student with different spatial abilities. In: *Advanced Science Letters*, 21(7), S. 2200-2204, 2015
- [RM20] 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. In: *Computers & Education*, 147, p. 103778, 2020.
- [RO22] Rauh, S. F.; Orsolits, H.: Perspectives on Virtual Reality in Higher Education for Robotics and Related Engineering Disciplines. In: (Lepuschitz, W.; Merdan, M.; Koppensteiner, G.; Balogh, R.; Obdržálek, D.; Hrsg.) *Robotics in Education. RiE 2022. Lecture Notes in Networks and Systems 515*. Springer, Cham, 2022.
- [Sw00] Swann, G. M. P.: The economics of standardization: The economics of standardization: Final report for standards and technical regulations Directorate Department of Trade and Industry. Manchester Business School, University of Manchester, 2000.
- [TC22] Tang, Y. M.; Chau, K. Y.; Kwok, A. P. K.; Zhu, T.; Ma, X.: A systematic review of immersive technology applications for medical practice and education-trends, application areas, recipients, teaching contents, evaluation methods, and performance. In: *Educational Research Review*, 35, S. 100429, 2022.
- [VC22] Vichare, P.; Cano, M.; Dahal, K.; Siewierski, T.; Gilardi, M.: Incorporating extended reality technology for delivering computer aided design and visualisation modules. In: *2022 14th International Conference on Software, Knowledge, Information Management and Applications (SKIMA), IEEE*, S. 114-119, 2022.
- [Wu08] Wunsch G.: *Methoden für die virtuelle Inbetriebnahme automatisierter Produktionssysteme*. utzverlag GmbH, 2008.

Artenvielfalt im Unterricht - Ergebnisse qualitativer Befragungen von Schüler:innen zum Einsatz von XR

Miriam Mulders¹, Kristian Träg² und Lara Kirner³

Abstract: Im Fokus des Papiers steht die Untersuchung der von *greenpeace* entwickelten XR-Lernanwendung “Der Artenvielfalt auf der Spur” mit Fokus auf der Umgebung des Amazonas-Regenwaldes. Die Aussagen von acht Fokusgruppen mit Schüler:innen der siebten bis neunten Klasse deutscher Schulen wurden qualitativ ausgewertet. Die Ergebnisse zeigen, dass die Schüler:innen bedeutsam ihr Wissen zu Biodiversität anreichern konnten. Ferner gaben die Schüler:innen an, sich im Nachgang mit assoziierten Inhalten (z.B. Arten- und Klimaschutz) auseinandergesetzt und eigene Verhaltensweisen reflektiert zu haben. In allen Fokusgruppen wurde deutlich, dass die Lernanwendung sowohl die Einstellungs- als auch die Verhaltensebene positiv beeinflussen konnte. Insgesamt wurde die Lernanwendung von den Schüler:innen positiv bewertet, was sie auf die erlebten Lernprozesse wie physische und soziale Präsenz und der Verarbeitung von audio-visuellen Reizen zurückführten.

Keywords: Biodiversität, Artenvielfalt, nachhaltige Entwicklung, Augmented Reality, Virtual Reality, Extended Reality, XR, Fokusgruppe

1 Einleitung

Mit der Einführung der 17 Ziele für nachhaltige Entwicklung durch die Vereinten Nationen [UN15] fiel auch in Deutschland das Augenmerk der Schulbildung zunehmend auf das Vermitteln eines Bewusstseins für das Verbessern der Lebensbedingungen auf unserem Planeten [WKS22]. Gleichzeitig hat sich seit der COVID-19-Pandemie das Lernen vieler Schüler:innen in den digitalen Raum verschoben. Mit der Rückkehr an die Schulen ergibt sich nun also die Herausforderung der Vereinigung digitaler und physischer Lernräume, zusätzlich zur inhaltlichen Vermittlung der Ziele für nachhaltige Entwicklung. Neuen Technologien, wie Virtual und Augmented Reality (VR, AR), werden dabei große Potenziale zugesprochen [Ga18]. Problematisch ist, dass solchen Technologien oftmals die Fähigkeit zugeschrieben wird, sie würden per se gelingendes Lernen fördern [Ke18]. Eine Reihe von Studien (z.B. [Ha21], [WYG20]) zeigten zwar, dass VR oder AR bestimmte Lehr- und Lernziele (z.B. räumliches Vorstellungsvermögen, Empathie)

¹Universität Duisburg Essen, Lehrstuhl für Mediendidaktik und Wissensmanagement, Universitätsstraße 2, 45141 Essen, miriam.mulders@uni-due.de

² Universität Duisburg Essen, Lehrstuhl für Mediendidaktik und Wissensmanagement, Universitätsstraße 2, 45141 Essen, kristian.traeg@uni-due.de

³ Universität Duisburg Essen, Lehrstuhl für Mediendidaktik und Wissensmanagement, Universitätsstraße 2, 45141 Essen, kirner@learninglab.de

angemessen adressieren können, zur Erreichung anderer Ziele (z.B. deklarativer Wissenserwerb) jedoch weniger geeignet scheinen. Von wissenschaftlichem Interesse sind darüber hinaus auch diejenigen kognitiven Prozesse, die beim Lernen mit einer bestimmten Technologie stattfinden (z.B. das Erleben von Präsenz in VR), und die Effekte auf ausgewählten Lernzieldimensionen näher erklären können [BBM22], [MP21].

Dieser Beitrag möchte daher eine xReality (XR)-Lernanwendung zum Themenkomplex Artenvielfalt von *greenpeace* im Feld erproben und dabei unterschiedliche Lernzieldimensionen und Lernprozesse untersuchen. Die Lernanwendung zielt darauf ab, bei Schüler:innen das Interesse an einer nachhaltigen Entwicklung unserer Lebenswelt zu wecken und zudem Änderungen auf Einstellungs- und Verhaltensebene anzustoßen.

2 Theoretischer Hintergrund

2.1 Der XR-Begriff

Die Begriffe AR, VR, XR und MR werden nicht immer einheitlich verwendet. Im Realitäts-Virtualitäts-Kontinuum etwa sind AR und VR Punkte auf einem gemeinsamen Spektrum, in dem sich der Schwerpunkt der Interaktion zunehmend von der realen Welt (bei AR) in die virtuelle Welt (bei VR) verlagert [MK94], [SSW21]. Man könnte übergreifend also von einem Spektrum der Gemischten Realität (Mixed Reality, MR) oder Erweiterten Realität (XR) sprechen. Im Gegensatz dazu sehen Rauschnabel et al. [Ra22] AR und VR als zwei verschiedene Systeme, die sich in der Form der wahrgenommenen Präsenz unterscheiden. Demnach ist man in Anwendungen auf dem AR-Spektrum lokal, also physisch, präsent, während man als Benutzer:in einer Anwendung auf dem VR-Spektrum virtuell, d.h. telepräsent ist. Sie schlagen XR als Überbegriff vor, wobei das X nicht für *Extended* steht, sondern (wie in der Mathematik) als Platzhalter zu verstehen ist.

Die vorliegende Anwendung „Der Artenvielfalt auf der Spur“ wird von *greenpeace* selbst als AR-Anwendung bezeichnet [GP22]. Nach der Taxonomie von Milgram und Kishino [MK94] würde sie eher auf die VR-Seite des Realitäts-Virtualitäts-Kontinuums fallen, da Interaktionen zwar niedrig immersiv, aber weitgehend in der virtuellen Anwendung stattfinden. Nach Rauschnabel et al. [Ra22] fiel sie eindeutig auf die holistische Seite des VR-Spektrums, da zwar inhaltliche Aufgaben bearbeitet werden können, für welche die Präsentation sekundär wäre, das Hauptaugenmerk der Anwendung aber das „vor Ort Sein“ ist. Um Unklarheiten aufgrund der Nomenklatur zu vermeiden, wird die Anwendung im Folgenden als *greenpeace XR* im Sinne von Rauschnabel et al. [Ra22] bezeichnet.

2.2 Lernen in XR

Physische und soziale Nähe erleben zu können, ist ein wichtiger Angebotscharakter von XR-Technologie. Durch das Eintauchen in die virtuelle Umwelt sollte das dort Präsentierte von den Lernenden als relevanter wahrgenommen werden [MP21], [Mu22]. In Verbindung mit Präsenz spielen Handlungsfähigkeit bzw. Kontrolle eine Rolle. Ein höherer Grad an Interaktionsmöglichkeiten sollte sich demnach ebenfalls positiv auf Interesse, Motivation, Selbstwirksamkeit, Embodiment, kognitive Belastung und Selbstregulation auswirken, was zu besseren Lernergebnissen führt [MP21], [SI22].

2.3 Forschungsfragen

Die Charakteristika der XR-Lösung führen zu stärker wahrgenommenem Präsenzerleben und Interaktionsmöglichkeiten [MP21]. Denkbar wäre nun, dass dies zu längerfristigen Behaltensleistungen bei den Schüler:innen führt. Da Wissenszuwachs bzw. konzeptuelle Veränderung oft mit Einstellungsänderungen einhergeht [AF00], [SS15], [VJ18], ist dies ein untersuchungswerter Aspekt. Zur Prüfung der zugrundeliegenden Modelle [MP21], [Mu22] soll von den Schüler:innen außerdem erfragt werden, welche Lernprozesse sie während des Durchlaufens der Anwendung erlebt haben. Diese Studie geht also den folgenden vier Forschungsfragen (F) nach:

F1: Welche Lerninhalte konnte die Anwendung vermitteln?

F2: Hat die Anwendung Änderungen auf Einstellungs- und Verhaltensebene angestoßen?

F3: Welche Prozesse erlebten die Schüler:innen beim Lernen mit der Anwendung?

F4: Wie bewerteten die Schüler:innen die Anwendung für den Schulunterricht?

3 Methodik

3.1 Stichprobe

Um die Forschungsfragen zu beantworten, wurden im März 2023 acht Fokusgruppen (FG) mit Schüler:innen der siebten bis neunten Klasse verschiedener Schulen ($N = 84$; n pro FG: 2 bis 25 Schüler:innen; $M = 10.5$; $Md = 9$; drei Oberschulen, eine Realschule, zwei Gesamtschulen, zwei Gymnasien) in Deutschland erhoben.

3.2 Die *greenpeace* Anwendung „Der Artenvielfalt auf der Spur“

Die XR-Lernlösung „Der Artenvielfalt auf der Spur“ [GP22] wurde von *greenpeace*, einer transnationalen non-profit Organisation, deren Ziel u.a. der Schutz von Umwelt und Klima

ist, für mobile Endgeräte entwickelt. Die App ist für die beaufsichtigte Anwendung im Klassenzimmer der Jahrgangstufen sieben bis neun konzipiert und soll zum einen Wissen vermitteln, zum anderen die Relevanz der Ziele für nachhaltige Entwicklung verdeutlichen. Im Kern besteht das Lernangebot aus einer webbasierten Lösung. Flankiert wird sie durch ein Begleitmaterial mit technischen Hinweisen und didaktischen Impulsen. Nach dem Scannen eines QR-Codes mit einem mobilen Endgerät (z.B. Tablet) können die Schüler:innen virtuell an verschiedene Orte auf dem Globus reisen, welche sie im gewöhnlichen Unterricht schwer wahrnehmen können. Im Fokus dieser Studie steht nur ein Teil der *greenpeace* Anwendung, nämlich die virtuelle Darstellung des Amazonas-Regenwaldes. Letztere Welt ist durch auditive (z.B. Geräusche des Regenwaldes) und visuelle Inhalte (z.B. intakter vs. nicht-intakter Regenwald) geprägt und kann von den Schüler:innen frei erkundet werden. Verschiedene Interaktionen mit virtuellen Agenten (z.B. einheimische Tiere) sind möglich. Einen Eindruck bietet Abbildung 1. Innerhalb der Umgebung sind Informationen zur Lebenswirklichkeit im Regenwald eingebunden.



Abb. 1: Screenshot aus der *greenpeace* Lernanwendung zum Amazonas-Regenwald

3.3 Prozedur und Datenauswertung

Die Schüler:innen erprobten die Anwendung auf eigenen mobilen Endgeräten mit dem Fokus auf dem Themenblock Amazonas-Regenwald im Rahmen einer Doppelstunde im regulären Schulunterricht. Den Lehrkräften wurde ein exemplarischer Unterrichtsverlauf vorgeschlagen, dessen Kern die Exploration der Anwendung beinhaltete. Nach ein bis zwei Wochen wurden mit den Schüler:innen circa einstündige FG durchgeführt. Lehrkräfte und Vertreter:innen von *greenpeace* waren dabei nicht anwesend. Die FG fanden online über das Videokonferenztool *Zoom* statt. Die Gruppen wurden von einem Moderator angeleitet und von einer Protokollantin begleitet. Die FG folgten einem auf die

Forschungsfragen abgestimmten Interviewleitfaden⁴ und waren in Blöcke (z.B. Erleben von Präsenz) unterteilt. Visuell wurde jede FG durch ein *miro*-Board⁵ unterstützt. Auf mehreren Folien wurden die unterschiedlichen Themenblöcke illustriert und die von den Schüler:innen geäußerten Inhalte protokolliert. Bei Fragen zum Vergleich mit konventionellem Unterricht wurde den Schüler:innen gegenüber ergänzt, dass es sich dabei um die Art von Unterricht handele, den diese normalerweise haben. Jede FG wurde aufgenommen, transkribiert und nach den Prinzipien der fokussierten Inhaltsanalyse nach Kuckartz [KR20] ausgewertet. Dazu wurden in Anlehnung an den Interviewleitfaden Kategorien und Subkategorien abgeleitet (siehe Interviewleitfaden) und diese analysiert.

4 Ergebnisse

4.1 F1: Lerninhalte

Die FG waren in der Lage, viele über die Anwendung erworbenen Konzepte wiederzugeben. Anhand von Vergleichen der Transkripte der FG ergaben sich Überschneidungen hinsichtlich der Lernzieldimensionen Wissen zu Biodiversität, Interesse am Amazonas-Regenwald und Einstellungen zu Umwelt und Nachhaltigkeit.

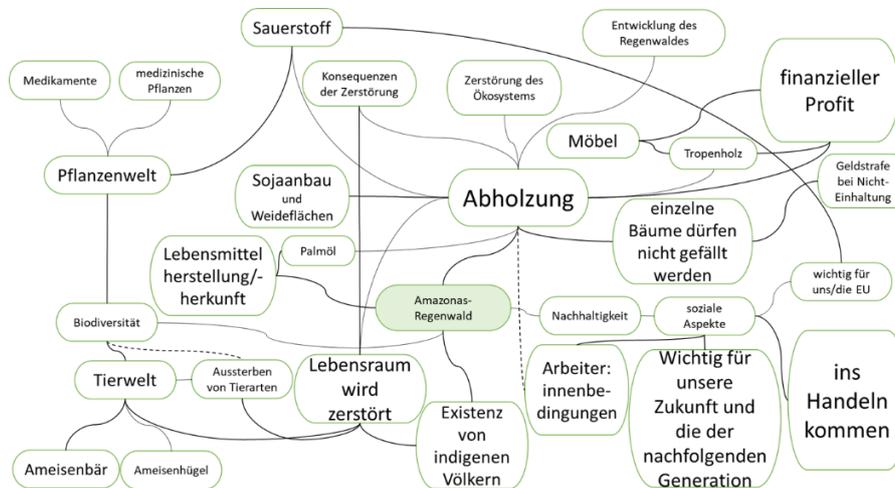


Abb. 2: Mindmap zu den vermittelten Lerninhalten (größere Schrift bedeutet häufigere Nennung)

Abbildung 2 zeigt eine aus den Transkripten abgeleitete Mindmap derjenigen Inhalte, die durch die Anwendung vermittelt bzw. deren Auseinandersetzung mit eben diesen

⁴ Unter diesem Link ist der Leitfaden für die Fokusgruppen zu finden: <https://shorturl.at/uvMTU>

⁵ Unter diesem Link ist ein Screenshot des *miro*-Boards zu finden: <https://fb.gy/4zcnr>

ausgelöst wurde. Je größer die Schrift in der Mindmap, desto häufiger wurde das entsprechende Konstrukt von den Schüler:innen im freien Gespräch benannt (2pt pro Nennung). Die Abbildung verdeutlicht, dass sich die Schüler:innen besonders mit den Lerninhalten Abholzung, Anbau von Soja, Lebensmittelherstellung und finanziellen Motiven globaler Akteure sowie deren wechselseitigen Beziehungen beschäftigten. Die weitere Analyse zeigte auf, dass die Schüler:innen über den deklarativen Wissenserwerb hinaus sich im Nachgang auf einer affektiven Ebene mit den Inhalten auseinandersetzten und diese in einen gesellschaftlichen bzw. globalen Zusammenhang einordneten. Ferner gaben die Schüler:innen an, zum eigenen Handeln angeregt worden zu sein.

4.2 F2: Änderungen auf Einstellungs- und Verhaltensebene

In allen acht FG wurde von positiven Einstellungsveränderungen zu den Themen Umweltschutz und Biodiversität berichtet. Von den insgesamt 84 Befragten meldeten sich 16 (19,0 %) hierzu zu Wort. So berichtet ein:e Schüler:in aus FG2: *„Es hat meine Einstellung gepusht. Vorher hätte ich gesagt “Ja, ist gar nicht so schlimm” und jetzt habe ich nach den Bildern und so gemerkt: Das ist nicht normal.“* Neben der Erkenntnis der Bedeutung der Abholzung des Regenwaldes und damit verbundener Effekte wurde in den FG sichtbar, dass die Schüler:innen die Inhalte der Anwendung reflektiert und damit begonnen haben, sich Gedanken über die Zukunft zu machen. Diese beziehen sich sowohl auf die Entwicklung der Erde, mitsamt der negativen Auswirkungen auf ihr eigenes Leben, als auch auf das der nachfolgenden Generationen, wie aus dem folgenden Zitat deutlich wird: *„Wir bewerten das so hoch, weil wir alle gemerkt haben, dass es wirklich jetzt ein richtiges Problem, was uns oder unsere Kinder später betreffen könnte. Deswegen ist das uns allen so wichtig.“* (FG4). Die Thematik schien in allen Gruppen nach Verwendung der Anwendung an Bedeutung gewonnen zu haben. Die Schüler:innen gaben an, das Bedürfnis entwickelt zu haben, dass sie selbst, ihre Familien und die Regierung für den Umwelt- und Artenschutz aktiv werden. Mit der Änderung auf der Einstellungsebene wurde vermehrt eine Veränderung auf der Verhaltensebene angedeutet oder zumindest Ideen für eine nachhaltigere Lebensweise entwickelt [AF00]. Hinsichtlich des eigenen Verhaltens und seitens der Familie wurden Essgewohnheiten (z.B. Verzicht auf Palmöl), Kaufverhalten (z.B. das Beachten von fairen Produktionsweisen) und die Reduktion von Plastikartikeln benannt. In der Schule sahen die Schüler:innen die Digitalisierung oder den Einsatz von recyceltem Papier als Chance umweltbewusster zu agieren.

4.3 F3: Lernprozesse

Insgesamt erlebten sich die Schüler:innen im Lernprozess als konzentriert und motiviert und berichteten, dass sie einen *„besseren Eindruck“* (FG6) vom Regenwald und vom Leben vor Ort gewonnen haben, weshalb sie sich leichter in die dortigen Lebensumstände

hineinversetzen konnten, wie ein:e Schüler:in berichtet: „Weil man das in der virtuellen Welt direkt erleben konnte, und man konnte sich damit fast reinschleichen und das Leben fühlen, so wie der es da eigentlich fühlt. [...]“ (FG4). Diese Effekte wurden auf die authentische und spannungsreiche audio-visuelle Darbietung der Lerninhalte und das Erleben von physischer und sozialer Präsenz zurückgeführt, welche als zentrale Merkmale für das Lernen benannt wurden. Zudem wurde vermehrt geäußert, dass die Exploration der Anwendung Spaß bereitete und dass das Lernen leichter fiel, weshalb die Anwendung oft als „hilfreich“ (FG5) beschrieben wurde. Demzufolge scheinen die erlebten Lernprozesse von zentraler Bedeutung für die Effektivität der XR-Anwendung zu sein, weshalb im nächsten Schritt kategoriale Zusammenhänge nach der Methode von Kuckartz untersucht wurden [KR20]. Bedeutsame Zusammenhänge konnten aufgedeckt werden (siehe Abb. 3). Wenn Schüler:innen bspw. von Prozessen, die während des Lernens bei ihnen stattgefunden haben, berichteten, folgte in 25 Fällen direkt oder in unmittelbarer zeitlicher Nähe, also innerhalb von zwei Sätzen [KR20], eine Bewertung der Anwendung.

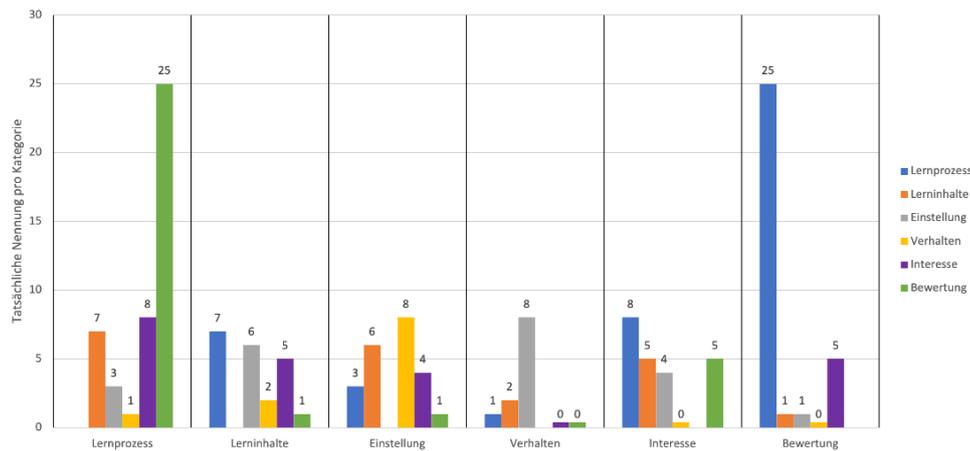


Abb. 3: Kategorialer Zusammenhang

4.4 F4: Bewertung für den Schulunterricht

Während der FG durften die Schüler:innen mündlich auf zehnstufigen Likert-Skalen die XR-Anwendung bewerten und angeben, inwiefern sie sich solche Anwendungen für andere Unterrichtsfächer wünschen (siehe *miro*-Board). Es zeigte sich, dass die Schüler:innen den Unterricht mit der XR-Anwendung überaus positiv bewerteten ($M = 7.50, N = 62$) und dass sie sich Vergleichbares in hohem Maß auch für andere Fächer (z.B. Geschichte) wünschen ($M = 8.60, N = 43$). Die Anwendung wurde als gelungene Abwechslung zum gewöhnlichen Unterricht erlebt, welche die Inhalte realistisch und spannend darbietet. Die Schüler:innen bewerteten positiv, dass sie in ihrem Tempo und nach ihrem Interesse die Anwendung erkunden konnten und dass die komplexen Inhalte

komprimiert zusammenfasst wurden. Sie nannten sowohl für das Lernen mit XR-Anwendungen aber auch mit analogen Unterrichtsmaterialien, die sie aus ihrem sonstigen Unterricht kennen, Vor- und Nachteile, weshalb sie eine Mischung beider präferieren.

5 Diskussion

Die Ergebnisse offenbaren mehrere Implikationen. Zum einen bietet der starke Zusammenhang zwischen Lernprozessen und Bewertung der Anwendung Optimierungspotentiale für die Entwickler:innen. So könnte der erkundende Lernansatz um wahrgenommene Präsenz weiter ausgebaut werden. Allerdings könnte es sich lohnen, in Folgeuntersuchungen weitere Faktoren von Präsenz, wie Flow oder Agency, zu berücksichtigen. Zum anderen ist das starke Verlangen nach weiterer solcher Anwendungen – auch für weitere Schulfächer – durchaus auch als Aufforderung an Entwickler:innen zu verstehen, solche zu produzieren. Dies stützt auch frühere Befunde, nach welchen Lernende der Generation Z verstärkt Interesse an digitalen und audiovisuellen Lernmedien zeigen [SG17]. Daran anknüpfend zeigt der Befund, dass affektives Lernen durch XR unterstützt werden kann, da deren audio-visuelle Stimulierung zur Auseinandersetzung mit der gegebenen Thematik motiviert.

Die vorliegende Arbeit ist unter anderem durch ihr Design limitiert. Es fehlt eine Kontrollgruppe, mit der die Wirksamkeit der XR im Vergleich zu anderen medialen Darstellungsformen beurteilt werden könnte. Zudem wurden für jede Gruppe lediglich zu einem Messzeitpunkt Daten erhoben. Ferner ist debattierbar, ob die Fragen des Leitfadens suggestiv oder zumindest mit einer positiven Erwartungshaltung formuliert waren. Dies könnte dazu beigetragen haben, dass die Schüler:innen überwiegend positive Aussagen über die Anwendung getroffen haben, was in der Folge Mitschüler:innen durch sozialen Druck davon abgehalten haben könnte, negative Antworten zu geben, selbst als die Moderator:innen explizit danach gefragt hatten. Hier muss zudem angemerkt werden, dass der Großteil der Wortmeldungen von männlichen Schülern stammt, während weibliche Schülerinnen sich eher zurückhielten. Dies könnte die Generalisierbarkeit der Ergebnisse negativ beeinflussen. Ferner sind die Ergebnisse möglicherweise dadurch verzerrt, dass sich Schüler:innen mit einem großen Wissensschatz aktiver an der FG beteiligten als solche, die nicht am Thema interessiert sind bzw. wenig dazu wissen.

Insgesamt lässt sich die XR-Anwendung „Der Artenvielfalt auf der Spur“ als wirksame Anwendung einstufen, die eine reflektierte sowie affektive Beschäftigung mit dem in ihr präsentierten Inhalten erreicht und deren Einsatz im Unterricht von den Schüler:innen als ausgesprochen positiv wahrgenommen wurde. Die Anwendung kann also einen Beitrag dazu leisten, Bildung zu nachhaltiger Entwicklung in einem digitalen Kontext auf eine Art aufzubereiten, die von den Lernenden gut angenommen wird.

Literaturverzeichnis

- [AF00] Ajzen, I., & Fishbein, M.: Attitudes and the Attitude-Behavior Relation: Reasoned and Automatic Processes. *European Review of Social Psychology*, 11(1), 1–33, 2000.
- [BBM22] Büssing, A. G., Borchers, T., & Mittrach, S.: Immersive virtuelle Realität in der Hochschulbildung für nachhaltige Entwicklung: Gestaltungskriterien, Potenziale und Herausforderungen. In J. Weselek, F. Kohler, & A. Siegmund (Hrsg.), *Digitale Bildung für nachhaltige Entwicklung: Herausforderungen und Perspektiven für die Hochschulbildung* (S. 23–37). Springer, 2022.
- [Ga18] Gadelha, R.: Revolutionizing Education: The promise of virtual reality. *Childhood Education*, 94(1), 40–43, 2018.
- [GP22] GP, greenpeace: *Augmented Reality-Anwendung: Der Artenvielfalt auf der Spur | Greenpeace*. https://www.greenpeace.de/bildungsmaterial/Begleitheft_Der_Artenvielfalt_auf_der_Spur.pdf. Stand: 23.05.2022.
- [Ha21] Hamilton, D., McKechnie, J., Edgerton, E., & Wilson, C.: Immersive virtual reality as a pedagogical tool in education: a systematic literature review of quantitative learning outcomes and experimental design. *Journal of Computers in Education*, 8(1), S. 1–32, 2021.
- [Ke18] Kerres, M.: *Mediendidaktik: Konzeption und Entwicklung digitaler Lernangebote*. De Gruyter Oldenbourg, 2018.
- [KR20] Kuckartz, U.; Rädiker, S.: *Fokussierte Interviewanalyse mit MAXQDA. Schritt für Schritt*. Springer VS, Wiesbaden, 2020.
- [MP21] Makransky, G., & Petersen, G. B.: The Cognitive Affective Model of Immersive Learning (CAMIL): A Theoretical Research-Based Model of Learning in Immersive Virtual Reality. *Educational Psychology Review*, 33(3), 937–958, 2021.
- [MK94] Milgram, P., & Kishino, F.: A taxonomy of Mixed Reality visual displays. *IEICE Transactions on Information Systems*, E77-D(12), 1–15, 1994.
- [Mu22] Mulders, M.: *Jenseits von Medienvergleichen: Komplexe Zusammenhänge des Lernens in Virtual Reality am Beispiel des Anne Frank VR House*. https://duepublico2.uni-due.de/receive/duepublico_mods_00076929. 2022.
- [Ra22] Rauschnabel, P. A., Felix, R., Hinsch, C., Shahab, H., & Alt, F.: What is XR? Towards a Framework for Augmented and Virtual Reality. *Computers in Human Behavior*, 133, 107289, 2022.
- [Ro19] Rogers, S., Virtual Reality: THE Learning Aid Of The 21st Century, <https://www.forbes.com/sites/solrogers/2019/03/15/virtual-reality-the-learning-aid-of-the-21st-century/#7bf34e5f139b>, Stand: 05.06.2023.
- [SG17] Seemiller, C., & Grace, M.: Generation Z: Educating and Engaging the Next Generation of Students. *About Campus*, 22(3), 21–26, 2017.

- [SI22] Slater, M., Banakou, D., Beacco, A., Gallego, J., Macia-Varela, F., & Oliva, R.: A Separate Reality: An Update on Place Illusion and Plausibility in Virtual Reality. *Frontiers in Virtual Reality*, 3:914392, 2022.
- [SS15] Sinatra, G. M., & Seyranian, V.: Warm Change about Hot Topics: The Role of Motivation and Emotion in Attitude and Conceptual Change about Controversial Science Topics. In *Handbook of Educational Psychology* (3. Aufl.). Routledge, 2015.
- [SSW21] Skarbez, R., Smith, M., & Whitton, M.: Revisiting Milgram and Kishino's Reality-Virtuality Continuum. *Frontiers in Virtual Reality*, 2, 2021.
- [UN15] UN, United Nations: *Transforming our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development*. <https://sdgs.un.org/publications/transforming-our-world-2030-agenda-sustainable-development-17981>, 2015.
- [VJ18] Vaughn, A. R., & Johnson, M. L.: Communicating and enhancing teachers' attitudes and understanding of influenza using refutational text. *Vaccine*, 36(48), 7306–7315, 2018.
- [WKS22] Weselek, J., Kohler, F., & Siegmund, A.: Einleitung: Bildung für nachhaltige Entwicklung in einer digitalisierten (Hochschul-)Welt – alte Werte in neuen Möglichkeiten denken. In J. Weselek, F. Kohler, & A. Siegmund (Hrsg.), *Digitale Bildung für nachhaltige Entwicklung: Herausforderungen und Perspektiven für die Hochschulbildung* (S. 1–7). Springer, 2022.
- [WYG20] Wu, B., Yu, X., & Gu, X.: Effectiveness of immersive virtual reality using headmounted displays on learning performance: A meta-analysis. *British Journal of Educational Technology*, 51(6), S. 1991–2005, 2020.

Virtual Reality als Instrument zur Förderung inklusiver Schulbildung: Prozessmerkmale und Herausforderungen

Frank Wehrmann ¹ und Raphael Zender ²

Abstract: Virtual Reality (VR) wird zunehmend als vielversprechendes Instrument zur Förderung der Inklusion in der Schulbildung betrachtet [Sc23, Pa17]. Das Didaktische Modell für Inklusives Lehren und Lernen (DiMiLL) [Fr19] wird als theoretischer Rahmen genutzt, um die Wirksamkeit von VR bei der Förderung von Partizipation, Kommunikation, Reflexion und Kooperation in exemplarischen Anwendungen aus der Literatur zu untersuchen. Die Analyse der Literatur zeigt, dass VR ein großes Potenzial hat, inklusive Bildung zu unterstützen, aber auch Herausforderungen hinsichtlich der technischen Umsetzung und der notwendigen Kompetenzen von Lehrkräften und Lernenden mit sich bringt. Ausgehend von den identifizierten Inklusionsaspekten und der Fragestellung nach Umsetzbarkeitskonzepten diskutiert der Beitrag die Notwendigkeit, systematisch grundlegende Gestaltungsprinzipien für inklusionsorientierte VR-Anwendungen im schulischen Kontext zu entwickeln.

Keywords: Virtual Reality, Inklusion, Schule

1 Motivation

Die Förderung inklusiver Schulbildung mit immersiven Technologien wie Virtual Reality (VR) gewinnt aktuell immer mehr an Bedeutung [Sc23, Pa17]. Das Ziel der inklusiven Schulbildung ist, dass alle Lernenden ihre individuellen Entwicklungspotenziale ohne Zugangsbeschränkungen, Selektion, Ausgrenzung und Segregierung entfalten können, unabhängig von ihren unterschiedlichen Lernausgangslagen, Sozialisations- und Entwicklungsverläufen sowie Beeinträchtigungen oder Behinderungen und Migrationshintergrund [Si19].

VR bezeichnet ein Konzept, bei dem computergenerierte, dreidimensionale Umgebungen erschaffen werden, die den Nutzenden das Gefühl vermitteln, in eine alternative Realität einzutauchen. Diese immersive Erfahrung basiert auf der Nutzung von Technologien wie Head-Mounted Displays (HMDs) und Tracking-Systemen, die die Bewegungen der Nutzer verfolgen und die virtuelle Welt entsprechend anpassen. Durch verschiedene Tracking-Systeme und Eingabegeräte können Nutzende ihre physischen Bewegungen in der virtuellen Realität nachvollziehen. Dies ermöglicht es ihnen, in der virtuellen Welt zu

¹ Humboldt-Universität zu Berlin, Institut für Informatik, Unter den Linden 6, Berlin, 10099, frank.wehrmann@hu-berlin.de,  <https://orcid.org/0009-0007-5774-5045>

² Humboldt-Universität zu Berlin, Institut für Informatik, Unter den Linden 6, Berlin, 10099, raphael.zender@hu-berlin.de,  <https://orcid.org/0000-0001-9866-9455>

interagieren, Objekte zu manipulieren und Handlungen auszuführen, die eine realitätsnahe Erfahrung vermitteln [Dö13]. Verschiedene VR-Anwendungen und ihre mögliche Verwendung im schulischen Kontext zeigen Potenziale auf, die aus Perspektive der Inklusion interpretiert werden können. Trotz der wahrgenommenen Chancen [Sc23, Pa17] und bereits festgestellten Erfolge [BOD22, Lu23, LPL13] von VR bei der Förderung der Inklusion im schulischen Kontext fehlt es jedoch noch an klaren Konzepten für die Gestaltung von inklusiven VR-Lehr- und Lernanwendungen, die Akteur:innen bei der Entwicklung und Verwendung dieser Anwendungen befolgen können.

Um sich dem Thema anzunähern, werden zunächst mithilfe eines Modells für inklusiven Unterricht Merkmale identifiziert, anhand derer der Inklusionsgehalt von VR-Lehr- und Lernanwendungen überhaupt erst sichtbar gemacht und analysiert werden kann. Dies wird an verschiedenen beispielhaften VR-Anwendungen aus der Literatur durchgeführt. Die identifizierten Inklusionsaspekte werden anschließend den Barrieren und Umsetzbarkeitsvoraussetzungen von VR in der Schule gegenübergestellt, um ein Forschungsdesiderat hinsichtlich grundlegender Gestaltungsprinzipien für inklusive VR-Lehr- und Lernanwendungen zu formulieren.

2 Auswahl von Inklusionsmerkmalen

Den Ausgangspunkt dieser Analyse bildet das didaktische Modell für inklusives Lehren und Lernen (DiMiLL). Ihm liegt eine umfassende Synthese der didaktischen Literatur zugrunde, die begrifflich ausdifferenziert und in einen Deutungszusammenhang gebracht wurde [Fr19]. Sein Anspruch die Gesamtheit der in inklusiven Bildungsprozessen involvierten Akteur:innen, ethischen Grundlagen und gesellschaftlichen Dimensionen in einem Deutungszusammenhang abzubilden ist ein Alleinstellungsmerkmal. Besonders relevant für diesen Beitrag sind die Prozessmerkmale: Partizipation, Kommunikation, Kooperation und Reflexion. Sie wurden als dynamische Grundprinzipien für das Unterrichten heterogener Lerngruppen konzipiert und sind Tätigkeitsprinzipien, um Lehr- und Lern-Prozesse heterogenitätssensibel auszugestalten [Fr19]. Sie eignen sich um handlungsorientierte Nutzung von VR im Unterricht zu analysieren, weil sie aus Inklusionsperspektive einen aktiven Fokus auf tatsächliche Unterrichtshandlungen legen. Aus den vier Prozessmerkmalen lassen sich Leitfragen zu Inklusionsaspekten von VR-Lehr- und Lernanwendungen herleiten:

(I) **Partizipation** der Lernenden bedeutet effektive Einflussnahme und Mitbestimmung. Zentral sind Fragen der Teilhabe aller ohne Ausschluss, der demokratischen Bildung, der Aktivierung von Lernenden und der Förderung von ko-konstruktiven Lehr- und Lern-Prozessen [SP19]. Daraus ergeben sich einige Leitfragen: Fördert die Verwendung von VR die Möglichkeiten für Lernende, teilzuhaben? Welche neuen Barrieren führen zu Ausschlüssen? Inwiefern aktiviert VR Lernende? Kann VR die Selbstwirksamkeit von Lernenden fördern?

(II) **Kommunikation** steht für das Verständnis von Unterricht als kommunikative Situation. Im Unterricht werden nicht nur in und mit Sprache Handlungen vollzogen, sondern auch Erkenntnisse formuliert. Das inklusive Verständnis von Kommunikation steht für eine kommunikative Partizipation. Es legt den Fokus darauf, dass Lernende mehr über Inhalte des Faches kommunizieren sollten, und somit eine Reduktion des lehrerzentrierten Sprechanteils angestrebt ist [RS19]. Daraus ergeben sich folgende Fragen: Kann VR kommunikative Unterrichtssituationen fördern? Wie können VR-Anwendungen die sprachbildende Gestaltung von Unterricht ermöglichen und fördern? Ermöglichen VR-Anwendungen Formen von non-verbaler Kommunikation?

(III) **Reflexion** wird als eine Selbstbeobachtung der Akteur:innen im Unterricht verstanden. Zentral ist das Entwickeln von neuen Handlungsstrategien und das Aufbrechen von Gewohnheiten und unbewussten subjektiven Theorien über das Lehren und Lernen. Auf Seite der Lernenden sind hier besonders die Selbstbeurteilung und das (Peer-)Feedback relevant [CG19]. Fragen, die sich daraus ableiten lassen, sind: Inwiefern können VR-Lehr- und Lernanwendungen Lernende bei der Selbstbeobachtung helfen? Können VR-Erlebnisse Lernende dazu führen, Gewohnheiten oder subjektive Theorien zu hinterfragen? Welche Beiträge kann VR leisten, um Lernende dazu anzuregen, ihre Mediennutzung im Unterricht zu hinterfragen?

(IV) **Kooperation** nimmt vielfältige Formen an. Hier soll es aber zentral um die Kooperation zwischen Lernenden am gemeinsamen Gegenstand gehen. In heterogenen Gruppierungen fördert die Kooperation das Entstehen von ko-konstruktiven Lernprozessen. Für das kooperative Lernen im inklusiven Unterricht werden fünf Basiselemente genannt: positive Interdependenz, individuelle Verantwortlichkeit, direkte Interaktion, Training sozialer Kompetenzen und Gruppenreflexion [Th19]. Die zentralen Fragestellungen sind: Welche Kooperationsformen ermöglichen die Arbeit mit VR-Lehr- und Lernanwendungen? Welche Qualität haben die durch VR ermöglichten Formen der Kooperation?

An diesen Fragen ist exemplarisch erkennbar, welche analytischen Zugänge dieses Modell für die Gestaltung und Verwendung von VR-Lehr- und Lernanwendungen bietet. Die Arbeit mit weiteren Inklusionstheorien über das DiMiLL hinaus ist für die zukünftige Forschung ratsam, aber dieser Beitrag wird sich im Folgenden auf diese vier Prozessmerkmale beschränken.

3 Inklusive Prozessmerkmale von VR-Lehr- und Lernanwendungen

Aspekte der Inklusion lassen sich in bereits existierenden und größtenteils nicht explizit inklusiv konzipierten VR-Anwendungen aufzeigen. Dazu wurden durch eine Literaturrecherche mit einfacher Stichwortsuche exemplarisch bereits wissenschaftlich aufgearbeitete VR-Anwendungen identifiziert, die sich für eine Verwendung in der Schule eignen und mindestens eines der Prozessmerkmale abbilden. Verwendete Stichworte

waren „Virtual Reality“ in Kombination mit „Kooperation“, „Partizipation“, „Barrierefreiheit“, „Kommunikation“, „Scaffolding“, „Reflexion“ sowie den jeweils englischen Übersetzungen der Begriffe. Das Ziel der Recherche war es, eine beispielhafte Auswahl an Anwendungen zu finden, die die verschiedenen Prozessmerkmale abbilden. Die Recherche hat allerdings für Kommunikation zwei sehr verschiedene Zugänge ergeben, weswegen zwei verschiedene Beispielanwendungen präsentiert werden. Dabei wurden Anwendungen gewählt, deren schulische Nutzung expliziert wurde. Ob die Autor:innen selbst aus Perspektive der Inklusion argumentieren, war hingegen kein Kriterium, sondern lediglich ob sich durch eine qualitative Einschätzung der Anwendung eine Förderung der Prozessmerkmale erkennen lässt. Ein weiteres Ziel dieser Selektion war es, die allgemeindidaktische Gestaltung von bereits existierenden VR-Anwendungen aus Perspektive der Inklusion zu beleuchten. Im Folgenden werden die identifizierten Anwendungen vorgestellt und auf die zutreffenden Prozessmerkmale bezogen:

(I) **Partizipation:** „ChemGerLab“ [F122] ist eine virtuelle Lernumgebung, die zum Ziel hat, Lernende realitätsgetreu Vorgänge der Labor- und Gerätekunde im Chemieunterricht durchlaufen zu lassen. Sie haben dort die Möglichkeit, ohne Gefahr zu experimentieren, was sie für potenzielle Gefahrensituationen sensibilisiert. Eine Reduktion von Bedenken über die Gefährlichkeit im Labor fördert wiederum eine höhere Selbstwirksamkeit beim Experimentieren und somit die Partizipation, auch für jene unter den Lernenden die mit frontaler Instruktion zur Laborsicherheit Schwierigkeiten hätten. Ein weiterer Vorteil von „ChemGerLab“ besteht darin, dass Lernende jederzeit im virtuellen Labor arbeiten können, selbst wenn die Schule eine mangelhafte Labor- bzw. Raumausstattung hat oder kein Präsenzunterricht möglich ist. In einem alternativen Modus der Anwendung sind alle Geräte im Sitzen erreichbar, was eine bessere Partizipation für Lernende mit körperlichen Einschränkungen ermöglicht. Kritisch zu betrachten ist die Fragestellung, ob eine VR-Anwendung hier auf exkludierende Art genutzt werden könnte, um nur jenen die z.B. aufgrund einer körperlichen Einschränkung nicht im echten Labor arbeiten können, eine Sonderbehandlung zu geben. Das könnte leicht als Ausgrenzung aus der eigentlichen Unterrichtssituation verstanden werden. Im Sinne der Partizipation und zur Förderung einer gleichberechtigten Teilhabe aller Lernenden ist dies zu vermeiden und eine entsprechende unterrichtliche Einbindung zu gewährleisten, die den Kriterien der Partizipation genügt.

(II) **Kommunikation:** Hier gibt es zwei denkbare Zugänge. Einerseits gibt es einen sprachbildenden Zugang, bei dem die Lernenden auf ihrem individuellen Fachsprachniveau durch sogenanntes Scaffolding unterstützt werden, um die nächsthöhere Stufe der Fachsprache zu erreichen [RL19]. Hierzu ist besonders eine Fallstudie über die Verwendung von „CalcFlow“ relevant. „CalcFlow“ ist eine VR-Anwendung zur Visualisierung und Manipulation mathematischer Objekte in einem 3D-Koordinatensystem. Die Fallstudie hat gezeigt, dass Lernende leichter über die mathematischen Sachverhalte sprechen konnten, wenn sie diese in der VR-Anwendung betrachten und manipulieren konnten [Di21]. Der zweite Zugang findet durch die Kommunikation zwischen Lernenden beim Bearbeiten einer gemeinsamen Aufgabe statt.

In der Fremdsprachendidaktik ist die Methode Task-Based Language Teaching (TBLT) etabliert [SM21] bei der es nicht darum geht, dass der Output des Tasks gleich dem Ziel des Lerninputs ist, sondern dass das Bearbeiten von nicht direkt lernrelevanten Tasks mit einem Information Gap (z.B. zwischen zwei Lernenden) durch fremdsprachliche Kommunikation gelöst wird. VR ermöglicht hier solche asymmetrischen Formate, die einen Information Gap erzeugen, der kommunikativ überwunden werden muss. Ein Beispiel hierfür ist das VR-Spiel „Keep Talking and Nobody Explodes“ vom Entwickler Steel Crate Games, welches im Rahmen einer qualitativen Studie erfolgreich für TBLT eingesetzt wurde [SM21]. VR-Anwendungen bieten diverse Eigenschaften, die im Unterricht für kommunikative Anlässe genutzt werden können, aber es ist wichtig, in der Unterrichtsgestaltung und sogar in der Anwendungsgestaltung dafür zu sorgen, dass das VR-Erlebnis nicht von Lernenden ausschließlich im Alleingang behandelt wird. Eine hypothetische Unterrichtssituation, in der eine Klasse voller Schüler:innen jeweils abgekapselt mit ihrem VR-Headset eine VR-Lehr- und Lernanwendung absolvieren, erfüllt auf keinen Fall das Kriterium der Kommunikation. Hier ist es wichtig, dass im schulischen Kontext Kommunikationssituationen erschaffen werden, die Lernende dazu bringen, ihr VR-Erlebnis als kommunikativen Anlass oder als Hilfe zur Kommunikation zu benutzen.

(III) **Reflexion:** Für die Geschichtsdidaktik ist der kritische Umgang mit diversen VR-Anwendungen, die geschichtliche Sachverhalte und Orte darstellen sollen, ein aktuell relevantes Thema. Exemplarisch dafür ist die Anwendung „StasiVR“, welche ein Stasi-Verhör narrativ aufarbeitet. Diese und ähnliche weitere VR-Anwendungen bieten sich für eine Reflexion an, die sich mit den Haltungen und affektiven Reaktionen der Lernenden sowie medienkritisch mit verschiedenen Formen der narrativen Ebene von Geschichte auseinandersetzt. Dies erlaubt es Lernenden, ihre eigene Medienrezeption zu hinterfragen und die Erfahrungen der Immersion selbstkritisch zu reflektieren [Le22]. Die kritische Perspektive findet sich im Umkehrschluss genau dort, wo diese Reflexion ausbleiben könnte. Wenn Lernende bei der Nutzung solcher VR-Anwendungen sich selbst überlassen werden, bietet der Faktor der Immersion eine sehr hohe Glaubwürdigkeit und kann somit ohne entsprechende Aufarbeitung im Unterricht leicht unkritisch akzeptiert werden [Le22].

(IV) **Kooperation:** Es gibt zwei kooperative Konzepte für VR-Anwendungen. Zum einen gibt es die bereits zuvor erwähnten asymmetrischen Formate, bei denen Lernende unterschiedliche Zugänge erhalten, um eine gemeinsame Aufgabe zu bearbeiten, z.B. eine Kommunikation über einen Information Gap hinweg. Zum anderen gibt es auch symmetrische Formate, bei denen alle Lernenden mittels VR an der Lernumgebung gleichzeitig teilhaben. Eine Studie der Universität Ulm hat hierzu eine VR-Anwendung mit zwei verschiedenen Kooperationsformaten entwickelt und herausgefunden, dass im Vergleich zwischen dem symmetrischen und dem asymmetrischen Format das symmetrische Format bei der Verwendung zu signifikanten Steigerungen in Metriken wie Presence, Player Experience und Cognitive Load führte, welche die Studie mit besseren Lernerfolgen verknüpft. Allerdings führten beide Formate zu einem positiven

Lernergebnis, weshalb sie beide Formen als wertvoll erachten und die symmetrische besonders empfehlen [Dr22]. An der Schnittstelle zwischen Kooperation und Kommunikation sei noch erwähnt, dass VR durch verschiedene Formen des Trackings auch verschiedene Formen von non-verbaler Kommunikation ermöglicht, wie z.B. Gesten und Körpersprache, welche Teil der Studie waren und ebenfalls als positiver Einfluss auf Lernerfolg gewertet wurden. Von allen Prozessmerkmalen war die Kooperation das am wenigsten in der Literatur vertretene. Die Hürden bei der Entwicklung und dem unterrichtlichen Einsatz einer Anwendung für mehrere Nutzer:innen (bei symmetrischen Formaten) und der Mangel an bisher ausgearbeiteten Unterrichtsentwürfen für VR-Anwendungen (die viele VR-Anwendungen in asymmetrische Kooperationsformen überführen könnten), sind hier wohl zentrale Ursachen. Besonders bei der symmetrischen Kooperationsform besteht jedoch großer Nachholbedarf. Lernende gemeinsam in virtuellen Welten agieren zu lassen, erscheint von zentraler Bedeutung für die Kooperation in inklusiven VR-Anwendungen und eines der vielversprechendsten Potenziale der Technologie für die Schule. Es setzt jedoch voraus, dass bereits bei der Entwicklung die technischen und gestalterischen Bedingungen geschaffen werden, um dies in Schulen umzusetzen.

Alle vier Prozessmerkmale des DiMiLL können in verschiedenen exemplarischen VR-Anwendungen wiedergefunden werden. Dies deutet darauf hin, dass VR Anwendungen zur Förderung der verschiedenen inklusiven Prozessmerkmale dienen können, auch dann, wenn die Anwendungen nicht explizit inklusiv konzipiert sind. Daraus lässt sich schließen, dass eine inhärente Tendenz zur Inklusion bereits in den allgemeindidaktischen Ansätzen zur Verwendung von VR in der Schule vorhanden zu sein scheint. Allerdings erscheint es auf Basis der verschiedenen kritischen Anmerkungen zur Umsetzung der Prozessmerkmale ratsam, inklusive Aspekte auch explizit in die Gestaltung einfließen zu lassen. Es gilt, diese Erkenntnisse zu vertiefen, zu strukturieren und systematisch nutzbar zu machen. Eine absichtsvolle Förderung von schulischer Inklusion durch VR-Anwendungen ist nur dann möglich, wenn eine wissenschaftliche Auseinandersetzung mit den zentralen Fragestellungen stattfindet: Welchen inklusiven Nutzen haben bereits existierende VR-Anwendungen, und welche Schlussfolgerungen für grundsätzliche inklusive Gestaltungsprinzipien solcher Anwendungen lassen sich daraus ableiten?

4 Gestaltungsprinzipien und Umsetzungskonzepte

Grundsätzlich gelten alle Bedingungen für die Umsetzung von VR in der Schule im Allgemeinen auch für die inklusive Verwendung der Technologie. Sowohl die Verfügbarkeit der Hardware an Schulen als auch die Bedienkompetenz auf Seiten der Akteur:innen sind noch nicht gegeben [Ze22]. Medizinische, pädagogische, didaktische, technologische und ethische Bedenken [Ze22] sowie Fragen der Akzeptanz der Technologie durch Akteur:innen [Sc23] sind außerdem bereits Teil einer aktuellen Diskussion um VR in der Schule.

Jenseits dieser allgemeingültigen Anforderungen, zentralisiert dieser Beitrag aber den inklusiven Anspruch. Dieser setzt voraus, dass eine umfassende Partizipation ermöglicht wird, indem Barrieren möglichst abgebaut werden [Si19]. Allerdings werden durch VR auch Barrieren eingeführt, die spezifisch für VR sind, wie z.B. gegenüber Menschen mit Beeinträchtigungen des Sehens, nicht implementierte Interaktionskonzepte für Menschen mit motorischen Beeinträchtigungen [Ac17] und durch das Auslösen von Cybersickness [Ze22]. Ansätze, diese Barrieren aufzuweichen, existieren [Ac17, CN19]. Darüber hinaus stellt die Verwendung von VR an sich schon eine Reduktion bestimmter Barrieren dar, z.B. durch Vorteile für Lernende mit Autismus-Spektrum-Störungen [BOD22, LPL13] und die im Kontext der Partizipation diskutierten neuen Wege der (digitalen) Teilhabe, z.B. durch die Nutzung von „ChemGerLab“ im Sitz-Modus.

Auch die anderen Prozessmerkmale erfordern eine umfangreichere Untersuchung damit sie systematisch sowohl in die Entwicklung der Anwendungen als auch in unterrichtlicher Verwendung implementiert und gefördert werden können. Ein Beispiel welches in die richtige Richtung geht, sind die von Drey et al. formulierten „Guidelines for VR Pair-Learning Applications“ [Dr22], welche Entwickelnden und Lehrenden klar definierte Empfehlungen gibt, wie kooperative Anwendungen zu konzipieren und im Schulkontext verwenden sind. Die spezifisch inklusiven Anforderungen existieren neben den bereits großen Anforderungen für die Verwendung von VR in der Schule im Allgemeinen. Das Definieren von Gestaltungsprinzipien und Umsetzungskonzepten, explizit aus Perspektive der Inklusion und der Barrierefreiheit, ist notwendig, um schulische Akteur:innen mit Möglichkeiten auszustatten, für ihre konkrete Situation die geeigneten Anwendungen auszuwählen. Es ist auch wichtig, für Entwickelnde von VR-Anwendungen einen Katalog an Richtlinien und Gestaltungsprinzipien bereitzustellen, an denen sie sich bei Konzeption und Entwicklung entsprechender Anwendungen orientieren können. Dadurch wird eine möglichst breite Barrierefreiheit gewährleistet, und es können möglichst viele Inklusionsaspekte bereits bei der Entwicklung berücksichtigt werden. Die Erstellung und Kompilierung solcher Richtlinien und Prinzipien für inklusive VR-Lehr- und Lernanwendungen sollten Gegenstand zukünftiger Forschung sein.

5 Fazit und Ausblick

Die vier Prozessmerkmale des DiMiLL sind bereits in verschiedenen VR-Lehr- und Lernanwendungen zu finden. Dies deutet darauf hin, dass VR großes Potenzial hat, inklusives Lehren und Lernen zu fördern. Jedoch zeigt dieser Beitrag auch, dass im Bereich der inklusiven Nutzung von VR in der Schule großer Förderbedarf besteht. Es geht zukünftig nicht nur darum, bereits existierende Anwendungen inklusiv zu interpretieren und entsprechend einzusetzen. Es geht auch darum, dass Entwickelnde von VR-Lehr- und Lernanwendungen ein Gerüst aus Gestaltungsprinzipien erhalten, welches sie für die Entwicklung von inklusiven Anwendungen nutzen können. Die identifizierten Fragestellungen bezüglich der Erstellung und Kompilierung von Umsetzbarkeitskonzepten und Gestaltungsprinzipien erfordern jedoch weitere Forschung.

Aktuell läuft ein Promotionsvorhaben zu diesem Thema am Institut für Informatik an der Humboldt Universität zu Berlin.

Das Ziel für zukünftige Forschung ist es, durch die Untersuchung und Entwicklung von Umsetzbarkeitskonzepten und Gestaltungsprinzipien für inklusive VR-Lehr- und Lernanwendungen eine strukturierte und absichtsvolle Förderung der Inklusion in Schulen durch VR-Lehr- und Lernanwendungen zu erreichen, welche die Aspekte der Inklusion zu maximieren und Barrieren zu minimieren strebt. Es sollen sowohl Entwickelnde von VR-Lehr- und Lernanwendungen als auch Lehrende, die diese in ihrem Unterricht verwenden wollen, für die Heterogenität der Lernenden und den daraus resultierenden Bedarfen sensibilisiert werden um eine Realisierung der erkannten Potenziale tatsächlich zu bewirken.

Literaturverzeichnis

- [Ac17] Accessibility of Virtual Reality, W3C Wiki, accessed: 17/03/2023.
- [BOD22] Bravou, V.; Oikonomidou, D.; Drigas, A.: Applications of Virtual Reality for Autism Inclusion. A review. *Retos* 45, S. 779-785, 2022.
- [CG19] Capellmann, L.; Gloystein, D.: Reflexion. In (Frohn, J. et al., Hrsg.): *Inklusives Lehren und Lernen - Allgemein- und fachdidaktische Grundlagen*. Julius Klinkhart, Bad Heilbrunn, S.46-49, 2019.
- [CN19] Choroś, K.; Nippe P.: Software Techniques to Reduce Cybersickness Among Users of Immersive Virtual Reality Environments. In (Nguyen, N. T. et al., Hrsg.): *ACIIDS 2019: Intelligent Information and Database Systems*. Springer Nature, Cham, 2019.
- [Dö13] Dörner, R. et al. (Hrsg.): *Virtual und Augmented Reality (VR/AR). Grundlagen und Methoden der Virtuellen und Augmentierten Realität*. Springer Vieweg, Berlin, Heidelberg, 2013.
- [Di21] Dilling, F.: Die App Calcflow. In: *Begründungsprozesse im Kontext von (digitalen) Medien im Mathematikunterricht*. Springer Spektrum, Wiesbaden, S. 231-268, 2022.
- [Dr22] Drey, T. et al.: Towards Collaborative Learning in Virtual Reality: A comparison of Co-Located Symmetric and Asymmetric Pair-Learning. In: *CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, New York, 2022.
- [Fl22] Fleischer, T. et al.: Das Virtual Reality Chemielabor ChemGerLab – Experimentieren in der virtuellen Realität. In (E. M.; Hoffmann, C., Hrsg.): *Digitale NAWI-gation von Inklusion*. Springer Fachmedien, Wiesbaden, S. 115-122, 2022.
- [Fr19] Frohn, J.: Das Didaktische Modell für inklusives Lehren und Lernen – Aufbau, Interdependenzen und Akteur*innen. In (Frohn, J. et al., Hrsg.): *Inklusives Lehren und Lernen - Allgemein- und fachdidaktische Grundlagen*. Julius Klinkhart, Bad Heilbrunn, S.28-33, 2019.
- [Le22] Lewers, E.: Durch Raum und Zeit? Medienkritische Auseinandersetzungen mit Virtual Reality im Geschichtsunterricht. *Medienimpulse* 60/2, 2022.

- [LPL13] Lorenzo, G.; Pomares, J.; Lledó, A.: Inclusion of immersive virtual learning environments and visual control systems to support the learning of students with Asperger syndrome. *Computers & Education* 62, S. 88-101, 2013.
- [Lu23] De Luca, V. et al.: Virtual Reality and Spatial Augmented Reality for Social Inclusion: The “Includiamoci” Project. *Information* 2023, 14, 38, 2023.
- [Pa17] Panazavolta, S.: Virtual Reality as a Tool for Enhancing Learning for At-Risk Students and Increasing School Inclusion. In (Panconesi, G.; Guida, M., Hrsg.): *Handbook of Research on Collaborative Teaching and Practice in Virtual Learning Environments*, IGI Global, Pennsylvania, 2017.
- [RL19] Rödel, L.; Lütke, B.: Sprachbildung im inklusiven Fachunterricht. In (Frohn, J. et al., Hrsg.): *Inklusives Lehren und Lernen - Allgemein- und fachdidaktische Grundlagen*. Julius Klinkhart, Bad Heilbrunn, S.81-88, 2019.
- [RS19] Rödel, L.; Simon, T.: Kommunikation. In (Frohn, J. et al., Hrsg.): *Inklusives Lehren und Lernen - Allgemein- und fachdidaktische Grundlagen*. Julius Klinkhart, Bad Heilbrunn, S.43-45, 2019.
- [Sc23] Schäfer, C. et al.: Virtual Reality in der Schule. Bedenken und Potenziale aus Sicht der Akteur:innen in interdisziplinären Ratingkonferenzen. *MedienPädagogik* 51, S. 1-24, 2023.
- [Si19] Simon, T.: Zum Inklusionsverständnis von FDQI-HU. In (Frohn, J. et al., Hrsg.): *Inklusives Lehren und Lernen - Allgemein- und fachdidaktische Grundlagen*. Julius Klinkhart, Bad Heilbrunn, S.21-27, 2019.
- [SM21] Smith, M.; McCurrach, D.: The Usage of Virtual Reality in Task-Based Language Teaching. In: *Proceedings of the 28th Korea TESOL International Conference*, S. 153-165, 2021.
- [SP19] Simon, T.; Pech, D.: Partizipation. In (Frohn, J. et al., Hrsg.): *Inklusives Lehren und Lernen - Allgemein- und fachdidaktische Grundlagen*. Julius Klinkhart, Bad Heilbrunn, S.40-42, 2019.
- [Th19] Thäle, A.: Kooperation. In (Frohn, J. et al., Hrsg.): *Inklusives Lehren und Lernen - Allgemein- und fachdidaktische Grundlagen*. Julius Klinkhart, Bad Heilbrunn, S.50-52, 2019.
- [Ze22] Zender, R. et al.: Virtual Reality für Schüler:innen. Ein «Beipackzettel» für die Durchführung immersiver Lernszenarien im schulischen Kontext. *MedienPädagogik* 47, S. 26-52, 2022.

Entwicklung der Anwendung der virtuellen Realität eines Arztbesuches

Ein Vergleich zwischen Personen im Autismus-Spektrum und nicht autistischen Personen in Bezug auf Stress induzierende Stimuli und subjektive Wahrnehmung

Evelyn Isabelle Hoffarth ¹ und Bernd Zinn²

Abstract: Im Beitrag werden Herausforderungen vorgestellt, denen Personen im Autismus-Spektrum gegenüberstehen sowie die Potenziale von Virtual Reality (VR) für die Zielgruppe zur Vorbereitung, Ergänzung und als Ersatz für das Erlernen von Konzepten und Fähigkeiten in realen Umgebungen. Der Fokus liegt auf dem Einsatz der entwickelten 360°-Video-VR-Anwendung, ausgerichtet auf den Use Case eines inszenierten Arztbesuches (*Virtual Reality Arztbesuch, VRAB*). Dieser wurde von Personen im Autismus-Spektrum und Personen außerhalb des Autismus-Spektrums, in VR durchlaufen und wird hinsichtlich der Technologieakzeptanz sowie den Einflussfaktoren von induziertem Stress, quantitativ und qualitativ evaluiert.

Keywords: Virtuelle Realität, Arztbesuch, Autismus-Spektrum-Störung, soziale Interaktion, Stress

1 Einleitung

Personen im Autismus-Spektrum sind mit vielfältigen Herausforderungen konfrontiert. Alltägliche Situationen mit sozialen Interaktionen und einer Vielzahl von Stimuli wie bei einem Arztbesuch, können unüberwindbare Hürden darstellen und Auslöser von Ängsten und Phobien sein. Daraus kann resultieren, dass Krankheiten nicht frühzeitig diagnostiziert und behandelt werden, wenn keine Begleitperson vorhanden ist, die unterstützend aktiv wird. Eine derartige Unterstützung kann mit erheblichem lebenslangem, zeitlichem und finanziellem Aufwand verbunden sein. Frühe Fördermaßnahmen könnten bei einem Teil der Personen im Autismus-Spektrum helfen, Ängste abzubauen und den Grad der Selbständigkeit erhöhen. Die Technologie der virtuellen Realität (engl.: Virtual Reality, VR) könnte dabei als ergänzende Therapieform eingesetzt werden. Für den beschriebenen Use Case, wurde eine Anwendung der VR entwickelt, in der sich die Zielgruppe kontrolliert erproben und mehrmals trainieren kann. In diese Anwendung wurden gestalterische Einflussfaktoren implementiert, die als

¹ Universität Stuttgart, Abteilung Berufspädagogik mit Schwerpunkt Technikdidaktik, Azenbergstraße 12,

70174, Stuttgart, hoffarth@ife.uni-stuttgart.de, 

² Universität Stuttgart, Abteilung Berufspädagogik mit Schwerpunkt Technikdidaktik, Azenbergstraße 12,
70174, zinn@ife.uni-stuttgart.de

potenziell Stress induzierende Stimuli für Personen im Autismus-Spektrum angenommen wurden. Ziel der Studie sind Unterschiede der quantitativen und qualitativen Daten in Bezug auf die Wahrnehmung, Stressmomente, Technologieakzeptanz, Immersion und dem Präsenzerleben zwischen Personen im Autismus-Spektrum und der Kontrollgruppe zu analysieren.

2 Theoretischer Hintergrund und aktueller Forschungsstand

2.1 Begriffsbestimmung und Bedeutung der Autismus-Spektrum-Störung

Die Autismus-Spektrum-Störung (ASS) diagnostizierter Personen variiert in Abhängigkeit von Studien und ist in Ländern mit niedrigen und mittleren Einkommen häufig unbekannt [WHO22]. Studien deuten darauf hin, dass die Prävalenz der ASS in der Bevölkerung derzeit zwischen 0,9 % und 1,5 % liegt [Fo20]. Bei Kindern ist eine signifikante Zunahme von ASS zu verzeichnen. Diese ist von 2000 bis 2020 von 6,7 auf 27,6 pro 1000 Kindern angestiegen [CDC20]). In Bezug auf den Grad der Beeinträchtigung sowie hinsichtlich der kognitiven, verbalen, motorischen, sozialen und adaptiven Fähigkeiten ist eine individuelle Variabilität der Personen mit ASS-Diagnose festzustellen. Die Auswirkungen der ASS können zu sozialer Isolation sowie einem unselbständigen Leben führen [Or13]. Der Beginn der ASS tritt typischerweise in der frühen Kindheit auf. Die Symptome können sich jedoch erst später vollständig manifestieren, insbesondere wenn die sozialen Anforderungen die begrenzten Fähigkeiten der Personen im Autismus-Spektrum übersteigen. Die Übergänge zwischen verschiedenen Lebensphasen spielen eine bedeutende Rolle im Zusammenhang mit der ASS. Während dieser Übergänge manifestiert sich eine erhöhte Vulnerabilität für das gleichzeitige Auftreten von Störungen oder Krankheiten, die zusätzlich zur primären Störung auftreten können. Gleichzeitig bieten diese Lebensphasen die Chance, Resilienzfaktoren aufzubauen [KP21].

2.2 Technologie der virtuellen Realität

Trotz der begrenzten und gering fundierten Studienlage zu VR und ASS, existieren einige vergangene Experimente, die darauf hinweisen, dass VR das Potenzial besitzt, die soziale Interaktion zu verbessern [Da23]. VR kann ein nützliches technologisches Medium für Personen im Autismus-Spektrum sein, um Konzepte und Fähigkeiten in realen Umgebungen kontrolliert vorzubereiten, zu ergänzen oder sogar zu ersetzen [Ga17]; [Pa16]; [PM02]; [Ra13]. Die VR bietet geschützte Umgebungen, in denen Rollenspiele stattfinden können und ermöglicht die aktive Teilnahme an repräsentativen Situationen aus verschiedenen Perspektiven [PM02]. Zudem wird davon ausgegangen, dass VR geeignet ist, um zwischenmenschliche Prozesse wie die der sozialen Kommunikation und dem Lernen von Personen im Autismus-Spektrum zu erforschen und die Technologie für

diese weiterzuentwickeln [Ra13]. Aufgrund der erwähnten Möglichkeiten, wurde eine VR-Anwendung, mit Fokus auf die Zielgruppe der Personen im Autismus-Spektrum, entwickelt.

2.3 Kriterien zur Wahl des Use Case Arztbesuch und der 360°-Video basierten Umsetzung der VR-Anwendung

Der Use Case Arztbesuch als VR-Lernanwendung, ist bisher nicht erhältlich, eignet sich jedoch als Trainingsanwendung. Gründe für den Use Case sind nicht grundsätzlich die Angst vor dem Arztbesuch oder der Schmerzen, sondern ergeben sich aus den einzelnen problematischen Abschnitten, welche die Person im Autismus-Spektrum dort durchlaufen muss [Pr16]. Die Wahl zum konkreten Use Case ist für die Autorin und den Autor begründet durch (1.) die Notwendigkeit eines Arztbesuches, der bei ausbleibendem Arztbesuch und bestehender Krankheit zu gesundheitlichen Folgen führen kann. Durch inszenierte Interaktion könnten Ängste abgebaut und das Erlebte und Erlernte auf andere medizinische Fachbereiche übertragen werden. (2.) Der Arztbesuch bietet eine Aufgabe einer Alltagssituation mit Handlungsspielraum zum Abdecken und Trainieren verschiedener Wahrnehmungskanäle (auditiv, visuell, taktil) und Probleme (Gleichzeitigkeit, Handlungskonfusion oder Überreizung). Darüber hinaus erfordert er vielfältige Handlungen (Telefonanruf, Small-Talk, Spontaneität, eigenständiges Fragen und Entscheidungen treffen) (3.) Er fördert Schutzmechanismen und Kompensationsstrategien, um stressige, angstbesetzte Situationen und Konflikte zu trainieren. Die VR-Anwendung ist in drei Varianten unterteilt, die sich durch die unterstellten, Stress induzierenden Stimuli unterscheiden (siehe Kapitel 3.3). Eine Steigerung dieser, könnte dazu beitragen, Resilienz aufzubauen, damit Arztbesuche möglichst ohne Begleitperson bewältigt werden können.

Die Umsetzung der VR-Anwendung durch 360°-Videos bietet ein (1.) kontrolliertes geschütztes Szenario, das die Realität durch reale Personen mit eigener oder gespielter Persönlichkeit, Charakter und Temperament simuliert. VR-Nutzende können sich in einer Situation erproben, ohne dass die Leistung von einer Person aus dem direkten Umfeld beurteilt oder bewertet wird. (2.) Eine Unterbrechung oder ein Abbruch der VR-Anwendung ist jederzeit möglich, wenngleich eine therapeutische Person bei der Nutzung empfohlen wird, um bei Bedarf einen Abbruch frühzeitig einzuleiten. Szenenausschnitte bieten die Möglichkeit der gezielten Förderung eines bestimmten Defizits. (3.) 360°-Videos stellen einen Bezug zur Realität her und sind im Gegensatz zu einer 3D Computergenerierung ökonomisch und leicht umzusetzen. (4.) Videogestütztes Lernen ist für Personen im Autismus-Spektrum geeignet, da angenommen wird, dass visuelle Reize in Videos besonders wirksam sind und dadurch bessere Lernergebnisse erzielt werden können [Ga17]. (5.) Für [PM02] sind wiederholte und verstärkte Prinzipien begünstigende Faktoren. Sie wirken effektiv bei der Förderung von Veränderung bestimmter Verhaltensweisen und haben das Potenzial, das Erlernte auf andere Situationen zu übertragen. Voraussetzung für die Prinzipien ist, dass sie in natürliche und sinnvolle Kontexte eingebettet sind. Darüber hinaus erweisen sie sich als nützlich für die Förderung

der Entwicklung und Aufrechterhaltung neuer sozialer Fähigkeiten. VR birgt daher das Potenzial, soziale Fähigkeiten für Person im Autismus-Spektrum zu verbessern.

3 Forschungsziel und Entwicklung der VR-Anwendung

3.1 Forschungsfragen

F1: Wie unterscheiden sich die Bewertungen der Technologieakzeptanz, des Präsenzerlebens und der Immersion der 360°-Video-VR-Anwendung zwischen Personen im Autismus-Spektrum und nicht-autistischen Personen?
F2: Inwiefern beinhalten die Szenen innerhalb der 360°-Anwendung in VR schwierigkeitsbestimmende Merkmale und inwiefern eignen sich diese zur Darstellung unterschiedlicher Anforderungssituationen? Gibt es Unterschiede in der Wahrnehmung der Schwierigkeitsmerkmale und der dadurch induzierten Stressmomente zwischen Personen im Autismus-Spektrum und nicht-autistischen Personen?
F3: Wie bewerten Personen im Autismus-Spektrum und nicht-autistische Personen die Nützlichkeit der 360°-Video-VR-Anwendung zur Vorbereitung auf reale Anforderungssituationen? Welche explorativen Entwicklungsperspektiven ergeben sich daraus?

3.2 Entwicklung

Auf Basis eines Drehbuches wurden 15 Laiendarsteller und eine Katze in die Video-Anwendung involviert. Die Aufnahmen wurden mit der *Insta360 ONE R* Kamera gemacht und das Stitching der Videos mithilfe von *Insta Studio* realisiert. Die weitere Postproduktion erfolgte durch die Software *Adobe Premiere Pro*. Die Bearbeitungsschritte umfassten das Hinzufügen von Soundeffekten, darunter zusätzliche Störgeräusche wie eine Warteschleifenbandansage für die Terminvereinbarung per Telefon, Straßenlärm, Bohrmaschinen-, Bienen-, Helikoptergeräusche sowie das Läuten von Kirchenglocken. Zusätzlich wurde die Videospur mit einem OFF-Text versehen, der Instruktionen enthielt. Die 360°-Videodateien wurden durch die Virtual Tour Software *3DVista* verarbeitet und Szenen verlinkt. In *3DVista* wurden sowohl Elemente der Navigation wie Buttons und Hotspots als auch Elemente der Interaktion wie die modellierten 3D-Objekte der Versichertenkarten und dem Stethoskop implementiert. Als primäres Head-Mounted Display (HMD) für die Erhebungen wurde das *Pico 4* verwendet, wobei in wenigen Ausnahmefällen auf das HMD der *Meta Quest 2* zurückgegriffen wurde. Eine Herausforderung bestand darin, die mit *3DVista* erstellte Anwendung ausführbar zu machen, da die *3DVista*-App nicht im Pico Store verfügbar ist. Daher wurde die Anwendung über einen Server im lokalen Netzwerk gestreamt, um sie im Browser auf dem HMD nutzen zu können. Um die Problematik der HTTPS-Sicherheitsverifizierung im Browser zu lösen, wurde die private IP-Adresse bei jedem Netzwerkwechsel unter

einem öffentlichen Domainname veröffentlicht und anschließend ein SB-Zertifikat ausgestellt. Trotz dieser Umstände wurde die *Pico 4* bevorzugt eingesetzt, da sie verschiedene Vorteile aufweist, darunter einen deutlich angenehmeren Tragekomfort, die Möglichkeit der individuellen Linsenabstandsanpassung und eine verbesserte Auflösung.

3.3 Aufbau und Inhalt der VR-Trainingsanwendung

Die VR-Trainingsanwendung umfasst drei Varianten. Im ersten Fall werden VR-Nutzende in die Situation versetzt, sich den Fuß gestoßen zu haben. Im zweiten Fall sucht die Testperson aufgrund von starken Halsschmerzen und Husten einen Arzt auf, während im dritten Fall Bauchkrämpfe und Durchfall im Vordergrund stehen. Die Testperson besucht hierbei die VR-Anwendung der fiktiven Allgemeinmedizinischen Praxis von Dr. Frank Meyer, die mittels Requisiten und Laiendarstellenden eine realistische Arztsituation inszeniert. Die VR-Anwendung ist in fünf Szenen strukturiert. Szene 1 beinhaltet die Terminvereinbarung, Szene 2 das Finden der Arztpraxis, Szene 3 die Rezeptionsannahme, Szene 4 das Wartezimmer und Szene 5 den Untersuchungsraum mit Behandlung durch den Arzt. Innerhalb der 360°-Videoanwendung interagiert der VR-Nutzende mit verschiedenen Personen, darunter ein Arzt, Passant*in auf dem Weg zur Praxis, Patient*innen, medizinische Fachangestellte, die in die Konversationen eingebunden sind. Die Testperson wird aufgefordert, innerhalb der VR-Anwendung zu reagieren, um einen realistischen Gesprächsablauf zu simulieren. Zusätzlich wird die Testperson darauf hingewiesen, dass sie an ausgewählten Stellen wie dem Arm und Zeh berührt werden können, um einen authentischen Eindruck zu erzeugen, sofern sie dem zustimmen. Je nach Situation in der VR wird den Testpersonen empfohlen, entweder sitzend oder stehend eine entsprechende Position einzunehmen. Die Kategorisierung der drei Varianten der VR-Anwendung erfolgt auf Grundlage der von der Autorin und dem Autor angenommenen Schwierigkeitsmerkmale, denen Personen im Autismus-Spektrum ausgesetzt sein könnten. 1. Auditive Stimuli (z. B. verbale Handlungskomplexität und Anforderungen von Fragen und Antworten), 2. Interaktion (z. B. die Herausforderung, angemessen zu reagieren oder sich auszudrücken, sowie die konfrontative Ansprache oder Handlung im Szenario), 3. Visuelle Stimuli z. B. die Wahrnehmung und Verarbeitung von visuellen Reizen), 4. Orientierung (z. B. die Fähigkeit, sich in einer Umgebung zurechtzufinden und Informationen zu interpretieren), 5. Verlauf/Prozess/Gleichzeitigkeit (z. B. die Fähigkeit, mehrere Aufgaben gleichzeitig zu bewältigen und Eindrücke zu verarbeiten), 6. Zeit (z. B. die Gesamtdauer oder der Zeitdruck bei vordefinierten Sprechpausen zum Antworten) und 7. Die Anzahl der Akteure in den Szenen. Die sieben genannten Faktoren könnten potenziell stressinduzierend wirken und somit das subjektive Empfinden und Bewerten der VR-Anwendung als Trainingsumgebung durch den Nutzenden beeinflussen. Die simultane Erhöhung sowie das gleichzeitige Vorhandensein mehrerer Merkmale in Verbindung mit sozialen und kognitiven Anforderungen, könnte sich auf die quantitativ erfassten Daten auswirken. Die Schwierigkeitsgrade der Varianten wurden primär durch die Variation der sieben angenommenen stressinduzierenden gestalterischen Einflussfaktoren (Schwierigkeitsmerkmale) manipuliert. Darüber hinaus unterschied sich

der Fall (die Krankheit), für den ein Arzt aufgesucht werden sollte hinsichtlich der Komplexität (medizinischen Anliegens, Beschreibung des Sachverhaltes und Behandlungsart). Über den definierten Schwierigkeitsgrad der sieben Merkmale und die Variation der sozialen Anforderungen hinaus, konnte der Handlungsverlauf bei der Wahl eines Handlungspfades gesteuert werden. So weisen Variante 2 und 3 minimale Unterschiede in Bezug auf die Komplexität, aufgrund von Optionen mit unterschiedlichen, vordefinierten Handlungsverläufen innerhalb der Variante, auf. Diese Handlungsverläufe können, abhängig von der gewählten Pfadführung durch Controllerinteraktion, länger und anspruchsvoller sein. Als Beispiel können VR-Nutzende über einen Button wählen, entweder bereits *Patient*in in der Praxis zu sein* oder *Neupatient*in* zu sein. Abhängig von dieser Auswahl erwartet die Testperson bei der Terminvereinbarung oder bei der Rezeptionsannahme eine erhöhte soziale Anforderung, die bewältigt werden muss.

4 Anlage der empirischen Studie

4.1 Ablauf der Erhebung

Die Rekrutierung von 23 Personen im Autismus-Spektrum erfolgte über Autismus-Kompetenzzentren, Autismusklassen von Bildungswerken und Autismus-Wohneinrichtungen. Therapeuten der Einrichtungen trafen eine Vorauswahl geeigneter Testpersonen in Abhängigkeit der Beeinträchtigung der Autismus-Symptome für die VR-Studie. Zusätzlich wurden 23 nicht-autistische Personen über den Studierendenmailverteiler, Wohnheime und über ein Jugendhaus rekrutiert. Die breite Rekrutierung sollte eine ausgeglichene Stichprobe der Experimental- und Kontrollgruppe sicherstellen. Das Durchschnittsalter der Teilnehmenden betrug 21,6 Jahre ($SD = 4.0$) und reichte von 14 bis 31 Jahren. Die Teilnehmenden erhielten eine Einführung in die VR. Es folgte ein Prä-Test, der demographische Angaben, die medizinische Vorgeschichte, das Vorwissen über VR und bisherige Erfahrungen mit Arztbesuchen erfasste. Danach wurden alle Teilnehmenden Variante 1 des *VRAB* ausgesetzt, die nur wenige Verzweigungen der Handlungspfade zuließ und einen idealen Verlauf ohne Störelemente simulieren sollte. Während der Durchführung dieser Variante, Variante 2 (einem mittleren Verlauf, der einem Arztbesuch mit realistischen Störelementen am ehesten entspricht) und Variante 3 (einem überspitzt dargestellten Verlauf) wurden die physiologischen Signale der Teilnehmenden mithilfe des *Empatica E4* Armbandes erfasst. Diese Signale wurden verwendet, um Informationen über die Momente des Stresses (engl.: *Moments of Stress*, MOS) zu gewinnen. Gleichzeitig wurde eine Videografie der Testperson durchgeführt, um die verbale und nonverbale Interaktion aufzuzeichnen. Darüber hinaus wurde mittels Screencasts die Aktivität aufgezeichnet, um die Blickrichtung während der Anwendung sowie die ausgewählten Buttons der Controllerinteraktion des gewählten Handlungspfades anhand eines Struktogramms nachverfolgen zu können. Die Videoaufzeichnung des VR-Screencasts ermöglicht es, eine Verbindung zwischen den visuellen und auditiven Informationen mit den Interaktionsdaten, auf die physiologischen Stressdaten

herzustellen, um stressauslösende Ereignisse identifizieren und interpretieren zu können. Unmittelbar vor Ende jeder Variante wurde innerhalb der VR-Anwendung eine Phase der Reflektion eingeleitet, die durch den im Video erkennbaren Arzt mit der Frage nach der subjektiven Wahrnehmung des Arztbesuches initiiert wurde. Die Versuchsleiterin stellte tiefere Fragen bezüglich der positiven und negativen Aspekte der VR-Anwendung, der Relevanz des Use Case sowie des Wunsches nach weiteren Anwendungsfällen. Die Testperson blieb während ihres Feedbacks weiterhin innerhalb der VR-Umgebung, in der der Arzt zu hören. Bei Bedarf wurde die Fortsetzung der Fragenbeantwortung auch außerhalb des Kontextes der VR ermöglicht. Die Entscheidung zur Reflektion innerhalb der VR-Anwendung wurde unter der Annahme getroffen, dass ein Feedback unmittelbar in VR zum HMD und der Anwendung detaillierter ausfallen würde und eine virtuelle Person als Zuhörer, anstelle einer realen, weniger Ablenkung birgt. Nach Abschluss jeder durchlaufenen Variante wurde die Testperson gebeten, den identischen Fragebogen zu den sieben schwierigkeitsbestimmenden Merkmalen auszufüllen. Nach Durchlaufen aller Varianten, folgte ein umfassender Fragebogen zur Erfassung der Beanspruchungshöhe, dem Präsenzerleben, der Immersion und der Technologieakzeptanz. Der Erhebungsablauf beinhaltet das sequenzielle Durchlaufen der drei Varianten mit ansteigendem Schwierigkeitsgrad, die durch bedarfsabhängige Pausen voneinander getrennt sind. Der gesamte Erhebungsablauf ist in Abbildung 1 veranschaulicht.

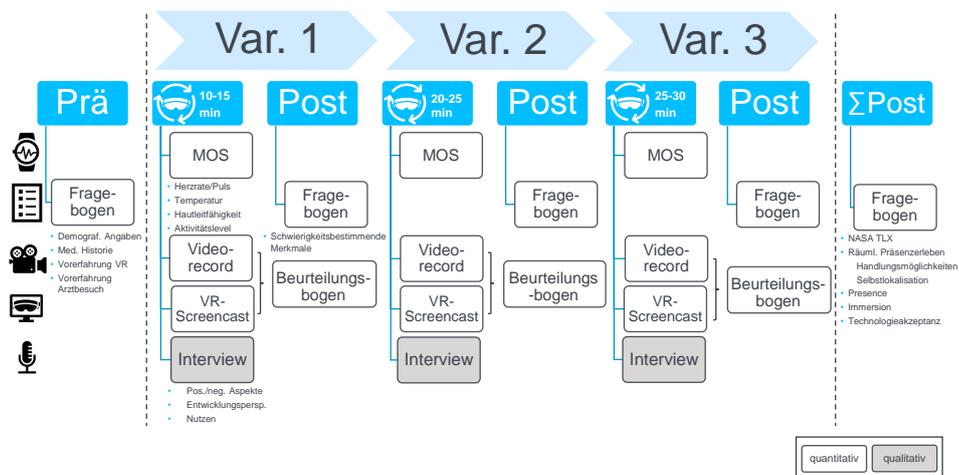


Abb. 1: Darstellung des Erhebungsablaufs der Studie des VRAB – pro Variante fünf Szenen

4.2 Auswertungsmethode

Im Mixed-Method-Ansatz des parallelen Designs werden die umfangreich erhobenen quantitativen und qualitativen Daten analysiert und durch Triangulation miteinander verknüpft, um signifikante Zusammenhänge zu identifizieren. Abbildung 2 veranschaulicht den geplanten umfassenden Analyseprozess.

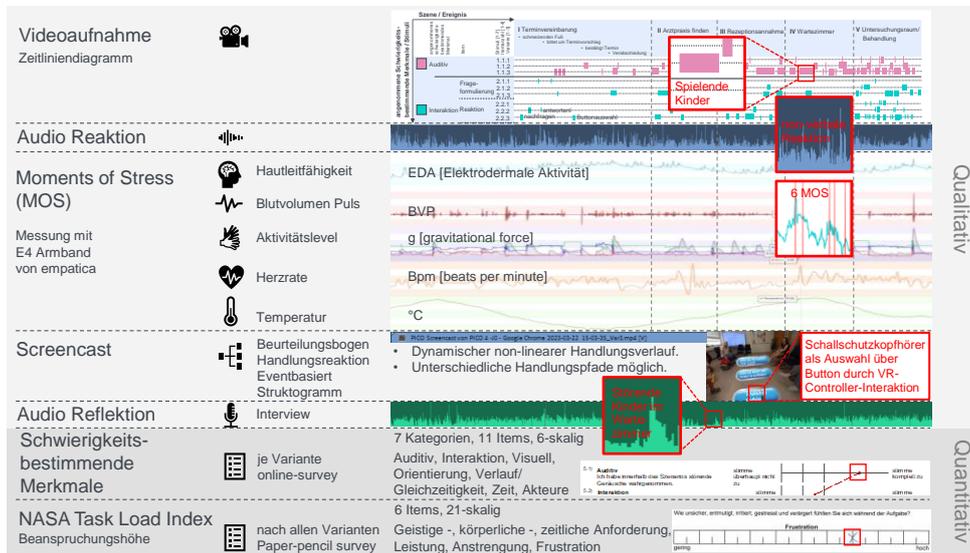


Abb. 2: Verteilung von Stress – Integration von quantitativen und qualitativen Daten

Die sieben angenommenen schwierigkeitsbestimmenden Merkmale für Personen im Autismus-Spektrum wurden von der Testperson für jede durchlaufene Variante auf einer 6-stufigen Skala bewertet. Durch die Bewertung nach jeder Variante kann nachgewiesen werden, ob die drei Varianten in Bezug auf den Schwierigkeitsgrad der Störstimuli wie beabsichtigt ansteigend differenzieren. Mithilfe genannter negativer Ereignisse der Reflektion, kann validiert und interpretiert werden. Darüber hinaus können die Ereignisse, die MOS ausgelöst haben, durch quantitative Daten, die auf der Videospur unter Nutzung der *Mangold INTERACT* Software abgebildet werden, belegt werden.

5 Innovationen hinsichtlich der VR-Anwendung

Die vorliegende Anwendung wurde spezifisch für Personen im Autismus-Spektrum als eine 360°-Video-VR-Anwendung konzipiert und mit Controllerinteraktion ausgestattet, um eine aktive Einbindung der VR-Nutzenden zu ermöglichen. Der direkte Einfluss auf den non-linearen Verlauf der Videos, erlaubt verschiedene Handlungspfade und trägt maßgeblich zu einem intensiven Immersionserleben bei. Insbesondere die Szene des vollen Wartezimmers in Variante 3 der *VRAB*, bietet einen Mehrwert durch die 360°-Ansicht. Die VR-Anwendung ermöglicht eine präzise Darstellung der subtilen Nuancen verschiedenster sozialer Interaktionen, die durch erziehungswissenschaftlich-didaktische Aufbereitung reproduzierbar sind und Handlungsempfehlungen für einen standardisierten Verlauf simulieren. Aufgrund dieser Eigenschaften kann sie als ergänzende Therapiemethode genutzt werden.

Literaturverzeichnis

- [CDC20] Centers for Disease Control and Prevention, CDC 24/7: Saving Lives, Protecting People™. Data & Statistics on Autism Spectrum Disorder. Identified Prevalence of Autism Spectrum Disorder – ADDM (The Autism and Development Disabilities Monitoring) Network 2000-2020 Combining Data from All Sites., Stand: 27.07.2023.
- [Da23] Dan, Y.: Potential Application of Virtual Reality in ASD Intervention. Highlights in Science, Engineering and Technology, Band 46. MCEE, 2023.
- [Fo20] Fombonne, E.: Epidemiological controversies in autism. Swiss Arch Neurol Psychiatr Psychother. S. 1–3. 2020;171:w03084.2020.
- [Ga17] Garzotto, F. et. al.: XOOM: An end-user development tool for web-based wearable immersive virtual tours. In (Cabot, J.; De Virgilio, R.; Torlone, R., Hrsg.): Proc. 17th Int. Conf. ICWE 2017. Web Engineering. Lecture Notes in Computer Science, LNISA, 10360) S. 507–519, 2017.
- [KP21] Kamp-Becker, I. & Bölte, S.: Autismus. (3., vollständig überarbeitete Aufl.) Utb 3567. München: Ernst Reinhardt Verlag, 2021.
- [Lo18] Lorenzo, G. et. al.: The application of immersive virtual reality for students with ASD: A review between 1990–2017. Education and Information Technologies 24, S. 127–151, 2018.
- [Or13] Orsmond, G. I. et. al.: Social Participation Among Young Adults with an Autism Spectrum Disorder. Journal of Autism and Developmental Disorders, 43, S. 2710–2719, 2013.
- [Pa16] Parsons, S.: Authenticity in virtual reality for assessment and intervention in autism: a conceptual review. Educational Research Review. 19, S. 138–157, 2016.
- [PM02] Parsons, S. & Mitchell, P.: The potential of virtual reality in social skills training for people with autistic spectrum disorders. Journal of Intellectual Disability Research, 46(5), S. 430–443, 2020.
- [Pr16] Preißmann, C.: Dokumentation der Fachtagung. Autismus und medizinische Versorgung – (k)ein Problem?! Spezifische Probleme von autistischen Menschen beim Arztbesuch. LAG Autismus Niedersachsen. Einzigartig-eigenartig e.V. (Hrsg.), Hannover, 2016.
- [Ra13] Rajendran, G.: Virtual environments and autism: a developmental psycho-pathological approach. Journal of Computer Assisted Learning, 29, S. 334–347, 2013.
- [WHO22] WHO, World Health Organization, <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/autism-spectrum-disorders>, Stand: 13.11.2022.

Entwicklung eines augmentierten Hypothesentests für die Unilock-Montage

Amelie Karcher ¹ und Maximilian Bega ²

Abstract: Die Zunahme individueller Kundenanforderungen an Produktvariabilität, kürzere Produktionszyklen sowie globale Ereignisse wie Pandemien fordern nach innovativen Qualifizierungsmöglichkeiten, die effizient, nachhaltig und immersiv gestaltet sind, um Mitarbeitenden von Unternehmen auf die neuen Anforderungsszenarien des Marktes vorzubereiten. Eine Möglichkeit stellt die Nutzung von Augmented Reality (AR) als Bildungstechnologie dar. In diesem Kurzbeitrag wird die Erstellung eines augmentierten Hypothesentest aus der Six Sigma Lehre, welche den Montageprozess eines adaptiven Flaschenverschlusses unterstützt, vorgestellt. Dabei wird die nachfolgende Forschungsfrage verfolgt: Wie können augmentierte Lernumgebungen als Bildungstechnologie zum Trainieren von Qualitätsmethoden eingesetzt werden? Um dieser Fragestellung nachzugehen, sollen folgende Teilfragen zur Beantwortung helfen: Welche Anforderungen müssen bei der Entwicklung einer AR-Lernumgebungen für Qualitätsmethoden erfüllt werden? Wie kann AR beim Lernen dieser Methoden unterstützend wirken? In diesem Beitrag werden die notwendigen Anforderungen an die Technologie der AR abgeleitet, der grundsätzliche Aufbau der AR-Applikation beschrieben, die technischen Möglichkeiten beleuchtet und deren Umsetzung dargestellt. Im Rahmen von Beobachtungen und Interviews erfolgte eine erste Erprobung, welche zusammengefasst vorgestellt wird.

Keywords: Augmented Reality, Qualitätsmethoden, Six Sigma, Hypothesentest, Zerspanung, Montage

1 Einleitung

AR-Technologien besitzen die Leistungsfähigkeit auf visuelle Echtzeitdaten der Produktmontage zu reagieren, Prozesse in der realen Umgebung aufzuzeigen, Fehler zu erkennen, Hilfestellung zu leisten, Anlernprozesse zu unterstützen, sowie Zeit- und Kostenersparnisse zu realisieren [Mae16; Zo18]. Nicht nur bei Anlernprozessen, sondern auch bei Weiterqualifizierungsmaßnahmen können solche Anwendungen individuell auf Lernende eingehen und somit Potentiale der Wissensvermittlung weiter intensivieren [KPC21, Zo18]. Mit Hilfe von z. B. AR-Brillen werden virtuelle Elemente in eine reale Umgebung projiziert und somit der Fokus auf bestimmte Aspekte in der realen Umgebung

¹ Ruhr-Universität Bochum, Fakultät Maschinenbau, Universitätsstraße 150, 44801 Bochum,

amelie.karcher@rub.de,  <https://orcid.org/0000-0002-4714-2490>

² Ruhr-Universität Bochum, Lehrstuhl für Produktionssysteme, Industriestraße 38c, 44894 Bochum,

bega@lps.rub.de,  <https://orcid.org/0000-0002-2878-1860>

gesetzt. Dieser Beitrag behandelt die Konzipierung und Erprobung einer AR-Applikation, welche die Anwendung eines augmentierten Hypothesentests im UniLokk-Montageprozess der Lern- und Forschungsfabrik des Lehrstuhls für Produktionssysteme der Ruhr-Universität Bochum abbilden soll. Der Hypothesentest wird zur Kontrolle von signifikanten Prozessveränderungen durchgeführt. Mit Hilfe der AR-Applikation sollen Kosten vermieden werden, sowie den Lernenden das experimentelle Ausprobieren und die Möglichkeit einer direkten Rückmeldung zu ihrem Handeln im Rahmen des Hypothesentests geben. Wie kann nun die Entwicklung von augmentierten Lernumgebungen als Bildungstechnologie zum Trainieren von Qualitätsmethoden eingesetzt werden? Aus dieser Fragestellung ergeben sich die nachfolgenden Ausführungen.

2 Ausgangssituation

Auf Basis einer umfangreichen systematischen Literaturrecherche wurde der aktuelle Forschungsstand zu Anwendungen von Virtual- und Augmented Reality, im Zusammenhang mit Qualitätsmethoden, analysiert. Dabei wurde ein notwendiger Bedarf zur systematischen Erstellung von immersiven, virtuellen Lernumgebungen für das Trainieren von Qualitätsmethoden ermittelt [KAK23]. Diesem Bedarf folgend wurde in weiterer Recherche das Assisted Reality Implementation Model (ARIM) als geeigneter Rahmen zur Erstellung virtueller Lernumgebungen entwickelt, die zur Umsetzung von immersiven, virtuellen Lernumgebungen von Qualitätsmethoden angewendet wird [Ka22]. ARIM ist eine interdisziplinäre Vorgehensweise aus den Domänen Maschinenbau, Didaktik, Informatik und Psychologie. Dabei besteht ARIM aus drei Hauptphasen: Potentialanalyse, Design, wozu der in dieser Arbeit verfolgte augmentierte Hypothesentest zählt, und Validierung. Ziel dabei ist es nach einer möglichst standardisierten Vorgehensweise zu arbeiten, d. h. Anforderungen zu sammeln, auf deren Machbarkeit zu prüfen und anschließend bezüglich ihrer Akzeptanz in verschiedenen Teilnehmerkreisen zu evaluieren.

Nun stellt sich die Frage, wie die AR-Technologie zum Trainieren von Qualitätsmethoden eingesetzt werden kann. Für ein reales Anwendungsszenario dient ein Demonstrationswertstrom der Lern- und Forschungsfabrik des Lehrstuhls für Produktionssysteme, die UniLokk Produktion. Dabei handelt es sich um einen Flaschenverschluss, welcher sich adaptiv diversen Flaschenhalsformen anpassen kann und diese dicht verschließt [PK19]. Die UniLokk Produktion besteht aus einer Maschinenfertigung und einer manuellen Montagezelle. Als konkretes Anwendungsbeispiel der angestrebten AR-Applikation dient ein Fräsprozess. Für den augmentierten Hypothesentest werden im gesamten Prozessschritt Fehler eingebaut, welche zu einer erhöhten Ausschussrate der von der Fräsmaschine bearbeiteten UniLokk Halbzeuge führen.

Der Hypothesentest ist ein Instrument der Six Sigma Lehre, welche eine Qualitätsmanagementmethode ist, die darauf abzielt, Prozesse zu verbessern und Fehler auf ein Minimum zu reduzieren. Dies erfolgt durch die Zielsetzung, Fehler auf ein

Minimum (3,4 ppm) zu reduzieren. Der Hypothesentest dient dabei der Übersetzung eines realen Problems in statistisch mess- und auswertbare Aussagen [Me19]. Dieser ist datengetrieben, erfordert die Messung der Leistung betreffender Prozesse und kann genutzt werden, um Aussagen über signifikante Verbesserungen oder Verschlechterungen eines Prozesses mit hoher Genauigkeit zu treffen. Mit Hilfe der Daten des Hypothesentests wird die Wahrscheinlichkeiten berechnet [Me19]. Hierfür wird die Binomialverteilung genutzt, welche sich grafisch darstellen lässt. Diese Darstellung wird ebenfalls für den augmentierten Hypothesentest angestrebt.

Das Ziel der zu entwickelnden AR-Applikation ist es, Lernende auf Auswirkungen im Produktionsprozess durch Veränderung von Maschinenparametern zu sensibilisieren. Diese Auswirkungen können mit Hilfe der AR-Applikation trainiert werden, ohne dass kostenintensive Rüst- und Betriebszeiten oder weitere Ressourcen in einem realen Fertigungsprozess in Anspruch genommen werden müssen. Lernende sollen während der Anwendung der AR-Applikation verschiedene Parameter des Fräsprozesses experimentell und eigenständig verändern können. Dies wird wie folgend umgesetzt: Die Lernenden wählen einen Parameter und betrachten zuerst die Normalverteilung. Anschließend kann dieser Parameter individuell verändert und die resultierende Auswirkung in Relation zum Idealwert grafisch betrachtet werden. So soll das Bewusstsein der Lernenden gestärkt werden, wie fehlerhafte Bauteile entstehen und welchen Einfluss einzelne Maschinenparameter auf den jeweiligen Prozess haben können. Darüber hinaus wird eine erlebbare und verständliche Vermittlung der statistischen Inhalte angestrebt. Für die Umsetzung des Hypothesentests wird die Verbindung der AR-Anwendung mit einer statistischen Auswertung als maßgebliche Herausforderung betrachtet in den Dimensionen Programmierung, Interaktion mit den Nutzern, visuelle Aufbereitung und verständliche Darstellung. Nachfolgend soll jedoch zuerst ein Einblick in die technischen Rahmenbedingungen gegeben werden, die die Grundlage für die Statistik bildet.

2.1 Technische Rahmenbedingungen des Fräsprozesses

Aus dem Fräsprozess resultierende Gestalt- oder Maßabweichungen [DIN4760, DT11] der UniLokk Halbzeuge sind auf Parameter und Bearbeitungsstrategien der zerspanenden Fertigung zurückzuführen. Veränderungen dieser können eine konstruktionsgerechte Montage oder auch die spätere Produktfunktionalität beeinträchtigen.

Zu den primären Einstellgrößen gehören die Schnittgeschwindigkeit v_c und Vorschubgeschwindigkeit v_f , die die Wirkbewegung des Prozesses realisieren. Daneben wird die Werkzeugzustellung durch die Größen Schnitttiefe a_e und Schnittbreite a_p abgebildet [DT11]. Die Einstellgrößen haben einen signifikanten Einfluss auf die Prozess- und Produktausprägung. Hohe Vorschübe f und Schnittiefen a_p erhöhen die auftretenden Prozesskräfte F , während hohe Schnittgeschwindigkeiten v_c diese senken. Die Komponente Zerspankraft F kann als Indikator für die Prozessüberwachung genutzt werden, wie z. B. als Monitoring des Werkzeugverschleißes, zum Abschätzen der erreichbaren Werkstückqualität oder zur anforderungsgerechten Auslegung der Wirkpartner des Prozesses. Parallel dazu zeigen Schnitt- v_c und Vorschubgeschwindigkeit

v_f direkten Einfluss auf die Oberflächengüte des Werkstücks und die Fertigungskosten K_F [K118]. In der späteren AR-Applikation wird außerdem zwischen Schlichten und Schruppen unterschieden. Während beim Schruppen ein hohes Zeitspanvolumen Q_w entscheidend ist, dass das Verhältnis zwischen zerspantem Werkstoffvolumen und Zeit abbildet, steht beim Schlichten das Erreichen der Endkonturen unter Berücksichtigung der Toleranzen des Maßes und der Form bzw. Oberflächenqualität im Vordergrund [K118]. Alle beschriebenen Fräsp Parameter müssen für einen optimalen Prozess auf die jeweilige Zerspanaufgabe ausgelegt sein. Die hier aufgeführten Parameter sollen einen ersten Eindruck darüber verschaffen, wie komplex die Zusammenhänge in dieser Fertigung sind. Gleichzeitig wird deutlich, welche Herausforderungen diese Parameter und ihre Komplexität an die Umsetzung der AR-Applikation inkl. entsprechender Fehlerrisikofolgen stellen.

2.2 Anforderungen an die AR-Applikation

Aus der Literatur ergeben sich diverse Anforderungen an AR-Anwendungen, die von *Werning et al.* herausgestellt werden. Die Anforderungen an den AR-Einsatz beziehen sich insb. auf logistische Prozesse, nach *Werning et al.* seien diese auch auf die Produktion übertragbar [We19] und dienen im Hypothesentest als Orientierung. Nach *Werning et al.* werden die Anforderungen zunächst in funktionale und nicht funktionale Anforderungen unterschieden. In einer zweiten Dimension wird dann in technologieunabhängige Anforderungen, mit den Subkategorien fachliche, soziale und wertebezogene Integration, sowie technologieabhängige Anforderungen differenziert. *Werning et al.* kommen zu der Erkenntnis, dass sich daraus neun Meta-Anforderungen ergeben, s. Tab. 1. Die hier unterstrichenen Anforderungen liegen im Fokus des augmentierten Hypothesentests. Im Sinne des Prototyping wird nur eine Auswahl der Anforderungen im ersten Durchlauf des Hypothesentest berücksichtigt [NJ82].

Tabelle 1: Auszug aus den Meta-Anforderungen nach *Werning et al.* I eigene Darstellung

Meta-Anforderung I – IX	Anforderung	Subkategorie
I: Sicherstellung einer einheitlichen und durchgehenden Prozessführung	<ul style="list-style-type: none"> • Einarbeitungsqualität zur Bindung von Mitarbeitenden • <u>Navigation</u> • <u>Gesamtprozess vermitteln</u> • <u>Hohe Wiederholungsrate</u> • <u>Prozessführung</u> • <u>Prozessqualität verbessern</u> • <u>Standardisierung der Einarbeitungsqualität</u> • <u>Strukturierte Einarbeitung</u> 	Fachlich
	• Unternehmensregeln	Wertebezogen

II: Einbindung von Mentoren und Experten	<ul style="list-style-type: none"> • Expertenkommunikation • <u>Ressourceneffizienz</u> • Einarbeitung vom Tagesgeschäft lösen • Feedback • Kosten-Nutzen-Effizienz 	Fachlich
	<ul style="list-style-type: none"> • Kommunikation • Transparenter Kommunikationsfluss • Individuelle Einarbeitung • Kooperation 	Sozial
	<ul style="list-style-type: none"> • Feedback-Kultur 	Wertebezogen
III: Individualisierbarkeit der Oberflächen und Prozesse	<ul style="list-style-type: none"> • Individualisierung 	Fachlich
	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Mitarbeiterakzeptanz</u> • Internationalisierung • Altersgerechtes System 	Sozial

Ebenfalls soll der augmentierte Hypothesentest initial zwei der neun Meta-Anforderungen prüfen, ob eine Übertragbarkeit der Anforderungen auf die Produktionsdomäne tatsächlich möglich ist. Dafür werden die Meta-Anforderungen I und II ausgewählt.

Aus Kategorie I sollen die Teilanforderungen *Navigation*, *Vermittlung des Gesamtprozesses*, *hohe Wiederholungsrate*, *Prozessführung*, *Verbesserung Prozessqualität*, *Standardisierung der Einarbeitungsqualität*, sowie *strukturierte Einarbeitung* umgesetzt werden. Für die *Navigation* werden Interaktionselemente, wie eine Karte, Pfeile, Weiter- und Zurück-Buttons, in der Bedienungsoberfläche umgesetzt. Für die *Vermittlung des Gesamtprozess* werden die Lernenden durch die Montageanleitung geführt, sodass sie die Zusammenhänge der Prozessschritte verstehen können. Zur Verbesserung der *Prozessqualität* wird der bereits eingeführte Hypothesentest genutzt. Die hohe Wiederholungsrate ist durch die nahezu unbegrenzte Nutzung der Applikation gegeben. Eine *Standardisierung der Einarbeitungsqualität* soll durch die Wiederholbarkeit und eine strukturierte Einführung in die AR-Applikation erreicht werden.

Aus Kategorie II wird zunächst die Teilanforderung der *Ressourceneffizienz* berücksichtigt. Der Fokus liegt auf der Einsparung von Ressourcen, welche in traditionellen Anlernmethoden für jede Durchführung verbraucht werden. Auch wenn die Erstellung der augmentierten Lernumgebung Ressourcen beansprucht, ist dies ein einmaliger Aufwand. Die Applikation kann im Anschluss unbegrenzt häufig genutzt werden. Bei einer möglichen späteren Weiterentwicklung der AR-Applikation können weitere Teilaspekte, wie z. B. die *Mitarbeiterakzeptanz* aus Kategorie III, umgesetzt und evaluiert werden.

3 Praktische Umsetzung des augmentierten Hypothesentests

Die AR-Applikation besteht aus zwei Funktionsteilen. Der erste Teil umfasst eine Anleitung zur Montage des UniLokks. Aus der Montageanleitung heraus besteht die Möglichkeit, den zweiten Teil, den augmentierten Hypothesentest, aufzurufen. Hier stehen die fehlerhaften Teile und deren Auswirkungen im Fokus. Hierzu kann das Interaktionselement *Problem* aufgerufen, die Produktionsparameter experimentell angepasst und deren Auswirkung auf die Produktion beobachtet werden (s. Abb. 1).

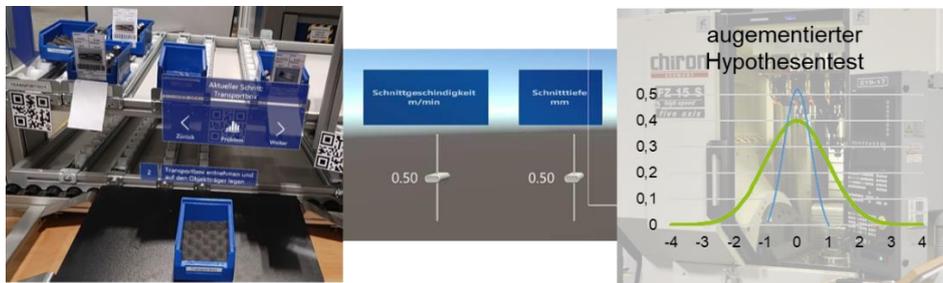


Abb. 1: AR-Umsetzung für den augmentierten Hypothesentest

Für die Entwicklung der AR-Applikation wurde zuerst recherchiert, ob auf vorhandene Bibliotheken zurückgegriffen werden kann. Das Ergebnis war überschaubar, so dass hier ein Bedarf an open access Zugängen festgestellt wurde. Aus diesem Grund wurden mehrere Software-Tools verwendet und der Programmieraufwand war deutlich höher als erwartet. Die Unity 3D Engine mit dem Mixed Reality Toolkit die Basis, welches vorgefertigte grafische Elemente enthält. Die grafische Bedienoberfläche des Unity Editors ermöglicht den Aufbau der virtuellen Elemente im System der Applikation. Darüber hinaus wird C# als Hochsprache genutzt, um Programmabläufe über Skripte zu steuern. Mithilfe von Microsoft Visual Studio wurde die Anwendung aus der Entwicklungsoberfläche in ein tatsächliches Programm auf der HoloLens 2 überführt.

Um die reale Umgebung mit der AR-Applikation zu verknüpfen, wurde eine Objekterkennung mit Hilfe der Software Vuforia angestrebt. Ein Scan des UniLokks lieferte keine zuverlässige Objekterkennung, weshalb das Vorhaben der Object Target verworfen wurde. Aus diesem Grund wurde auf das Verfahren des Image Target umgestiegen. Hierzu wurde mit QR-Codes in der realen Umgebung gearbeitet. Durch die Erkennung der QR-Codes gibt es eine eindeutige Zuweisung der grafischen Oberflächen. Die Anleitexte innerhalb der AR-Applikation wurden mit dem Prefab "3DTextSelawik" erstellt.

3.1 Problemidentifizierung – Ablauf des augmentierten Hypothesentests

Sobald die Lernenden während der Montage bemerken, dass ein Oberteil nicht montiert werden kann (z. B. Passungenauigkeiten), haben sie die Möglichkeit eine Problem-

identifizierung durchzuführen, s. Abb. 1. Bedienen die Lernenden während der Montage den *Problem*-Button, werden sie durch die AR-Applikation zur realen Fräsmaschine geleitet. Befinden sich die Lernenden bei der Fräsmaschine, werden sie in den Hypothesentest eingewiesen. Als Hilfestellung sind jegliche Begriffe und Schaltflächen mit Infotexten ausgestattet, welche bei Bedarf ausgelöst werden können. Zunächst werden die Lernenden gebeten, die aufgetauchten Fehler zu benennen. Hierfür kann z. B. ein bestimmtes Soll-Maß, wie z. B. der Werkstückdurchmesser, untersucht werden. Anschließend wählen die Lernenden aus, welchen Bearbeitungsschritt sie überprüfen möchten. Es stehen die Optionen *Schruppen* oder *Schlichten* zur Verfügung. Durch die Auswahl eines Bearbeitungsschrittes werden entsprechend vorgesehene und implementierte Slider durch die AR-Applikation aufgerufen, die in ihrer Grundposition die idealen Prozessparameter darstellen, s. Abb. 1.

Die Lernenden haben nun die Möglichkeit zu beobachten, welche Auswirkungen die Veränderung der Parameter auf die Binomialverteilung hat, welche zusätzlich grafisch dargestellt ist. Die Verteilungen werden in verschiedenen Farben über ein weiteres Liniendiagramm angezeigt, s. Abb.1. Durch die direkte Rückgabe der Informationen können die Lernenden sich z. B. bewusst machen, inwiefern kleine Einstellungen an der Maschine große Auswirkungen im Prozess haben. Durch das Erlebbar machen der Auswirkungen, wird die Statistik immersiv und die Fehlererkennung trainiert. Ziel ist also die statistischen Daten interaktiv und in einer beeindruckenden, realitätsnahen Art und Weise zu präsentieren. Die teils komplexen Daten sollen verständlich vermittelt werden, indem die Lernenden in die Daten eintauchen und sie erkunden können. Durch Betätigen des *Zurück zur Montage*-Button werden die Lernenden zur Montagestation zurückgeleitet und können dem UniLokk Montageprozess weiter folgen.

3.2 Evaluierung des augmentierten Hypothesentests

Die initial qualitative Beurteilung des Ansatzes wurde durch eine Probandengruppe von sechs männlichen und weiblichen Studierenden im Alter von 20 bis 30 Jahren mit unterschiedlichen Vorkenntnissen bei AR und Six Sigma vorgenommen. Durch die anhaltenden Covid-19 Auflagen war während der Erhebung ein größerer Teilnehmerkreis nicht möglich. Da vor allem die Anwendertests nach dem Prinzip des Prototyping im Vordergrund standen, versprechen sich die Entwickelnden erste Erkenntnisse und ggf. Verbesserungsvorschläge für weitere Optimierungsansätze der AR-Anwendung. Zur Datenerhebung wurden die Methoden Interview und Beobachten eingesetzt. Die Beobachtungen wurden vom Trainingspersonal während der Anwendung notiert. Im Anschluss wurden die Lernenden zu ihren gemachten Erfahrungen, Herausforderungen und ggf. Verbesserungsaspekte befragt.

Im Verlauf der Evaluierung stellte sich heraus, dass Sehhilfen keine Schwierigkeiten bei der Nutzung bereiteten, hingegen die Körpergröße der Probanden aufgrund der Positionierung der QR-Codes durchaus zu Problemen führte. Eine der Testpersonen weist die Brachydaktylie (Kurzfingerigkeit) auf, was zu keiner Beeinträchtigung, z. B. bei der Gestensteuerung, während der AR-Nutzung führte. Dies wird positiv bewertet und stößt

Überlegungen an AR in weiteren Forschungsbereichen, z. B. inklusives Arbeiten, zu adressieren.

Bei der Auswertung der Probandenrückmeldungen konnten folgende Verbesserungspunkte identifiziert werden: 1. Die Darstellung der Interaktionselemente und Buttons im Hypothesentest sollten vergrößert werden, 2. Sollte auf eine gute Ausleuchtung der realen Umgebung geachtet werden, da die HoloLens 2, als genutztes AR-Headset, bei diffusen Lichtverhältnissen nicht problemlos arbeitete. Dennoch empfanden die Probanden die AR-Anwendung als sehr interessant und hilfreich. Six Sigma in der Praxis nicht nur besser zu verstehen, sondern direkt praktisch erleben zu können. Zieht man die Anforderungen nach *Werning et al.* [We19] hinzu und vergleicht diese mit der ersten Evaluierung der vorgestellten AR-Applikation, kann folgendes zusammengefasst werden: Die Kategorie I. *Navigation* durch die Stationen der AR-Applikation verlief zufriedenstellend. Die Kategorie I. *Prozessführung* wurde durch die navigatorischen Elemente und Bilder in der Montageanleitung gewährleistet. Eine Erkennung von Codes durch die HoloLens 2 ermöglichte die visuelle Unterstützung des Montageprozess erfolgreich. Als Verbesserung wird jedoch ein universelleres, sich der Größe der Testperson anpassendes Erkennen der Codes empfohlen. Um die I. *Standardisierung der Einarbeitungsqualität* weiter zu untersuchen, sollten Vergleichsdaten einer größeren Stichprobe erhoben werden. Die AR-Applikation konnte jederzeit wiederholt werden (s. Kategorie II. *Ressourceneffizienz*). Die Ressourceneffizienz könnte zukünftig durch größere Studien mit Vergleichsdaten zu anderen Anleitungsmethoden nochmals referenziert werden. Die Prozessführung wird durch die Navigationselemente, Anleitungen und Bilder in der Montageanleitung in Teil 1 gewährleistet.

4 Fazit und Ausblick

Ein augmentierter Hypothesentest in der Unilock Montagelinie konnte erfolgreich umgesetzt und getestet werden, die nun initial getesteten Anforderungen nach *Werning* sind auf die Produktionsdomäne übertragbar. Der Umgang mit der Microsoft HoloLens 2 funktionierte insgesamt ohne größere Schwierigkeiten. Laut der eigenen Einschätzung der Testpersonen kann die durch AR begleitete Montageanleitung einen Vorteil gegenüber herkömmlichen Anleitungen bieten. Diese Einschätzung ist vielversprechend und motiviert mit größeren Probandgruppen eine umfangreichere Evaluierung anzustreben. Ein direkter Vergleich zu anderen Montageanleitungsmedien wie Texten oder Bildern könnte durch weitere Projekte untersucht werden. Die initiale Forschungsfrage kann nach diesem ersten, qualitativen Hypothesentest zwar nicht abschließend, jedoch wie folgt beantwortet werden. Die AR-Technologie bietet das Potenzial komplexe Zusammenhänge in Produktionsumgebungen hinsichtlich einzusetzender Qualitätsmethoden verständlich, erlebbar und damit qualitativ bildend darzustellen und zu vermitteln. Die technischen Herausforderungen in der Umsetzung einer AR-Anwendung für eine grafisch ansprechende Umsetzung überwiegen im Ergebnis nicht. Der erste qualitative Hypothesentest motiviert daher in weiteren, größeren Stichproben noch umfassender diese Fragestellung zu analysieren.

Literaturverzeichnis

- [DIN4760] Gestaltabweichungen; Begriffe, Ordnungssystem. Beuth Verlag, Berlin, 1982
- [DT11] Denkena, B., Tönshoff, H. K.: Spanen. Springer Heidelberg, 2011
- [KI18] Klocke, F.: Fertigungsverfahren 1. Springer Berlin Heidelberg, 2018.
- [Ka22] Karcher, A. et.al.: Procedure for the implementation of VR/AR learning scenarios for method training - Presentation of the Assisted Reality Implementation Model (ARIM), <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2164861/v1>, 2022.
- [KAK23] Karcher, A., Arnold, D., Kuhlenkötter, C.: Quality methods in Virtual and Augmented Reality: A systematic literature review.; <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2285435/v1>, 2023.
- [KPC21] Kazanidis, I.; Pellas, N.; Christopoulos, A.: A Learning Analytics Conceptual Framework for Augmented Reality-Supported Educational Case Studies. In: MTI 5 (3), DOI: 10.3390/mti5030009, 2021.
- [Mae16] Mättig, B., et.al.: Untersuchung des Einsatzes von Augmented Reality im Verpackungsprozess unter Berücksichtigung spezifischer Anforderungen an die Informationsdarstellung sowie die ergonomische Einbindung des Menschen in den Prozess, 2016.
- [Me19] Melzer, A.: Six Sigma – kompakt und praxisnah. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden, <https://doi.org/10.1007/978-3-658-23755-4>, 2019.
- [NJ82] Naumann, J. D.; Jenkins, A. M.: Prototyping: The New Paradigm for Systems Development. In: MIS Quarterly 6 (3), S. 29–44, 1982.
- [PK19] Prinz, C.; Kreimeier, D.: Best Practice Example 21: LPS Learning Factory at LPS, Ruhr-Universität Bochum, Germany. In: Abele, E.; Metternich, J.; Tisch, M. (Hrsg.): Learning Factories. Springer International Publishing, Cham 2019, S. 412–416, 2019.
- [Zo18] Zobel, B. et.al.: Augmented und Virtual Reality: Stand der Technik, Nutzenpotenziale und Einsatzgebiete. In: Witt, C. de; Gloerfeld, C. (Hrsg.): Handbuch Mobile Learning. Handbuch. 1. Auflage. Springer VS, Wiesbaden, 2018.
- [We19] Werning, S. et.al.: Smart Glasses als Assistenzsystem in der betrieblichen Einarbeitung. In: HMD 56 (3), S. 612–627. DOI: 10.1365/s40702-018-00478-2, 2019.

**Workshop 4: Herausforderungen der Entwicklung von
skalierbaren Bildungstechnologien (Nuts & Bolts)**

Herausforderungen der Entwicklung von skalierbaren Bildungstechnologien

Nuts & Bolts: Die Technik hinter den Kulissen der digitalen Bildungsforschung

Sergej Görzen¹, Birte Heinemann¹, Volodymyr Sokol¹ und Ulrik Schroeder¹

Abstract: Der Workshop beschäftigt sich mit der technischen Perspektive der Lernforschung und angrenzender Felder. In diesen Bereichen sind technische Entscheidungen, Hindernisse und Stolpersteine zu reflektieren und zu diskutieren. Die Wahl der Technologie, die Vernetzung und Entwicklung kommen in Publikationen oft zu kurz. Deshalb stehen viele Projekte und Gruppen vor ähnlichen Hürden. Das Ziel dieses Workshops diesen Herausforderungen eine Plattform zu bieten und den Austausch zu fördern. In kleinen Gruppen nach der Methode des World-Cafés können über Konstruktionen, Ideen, Ansätzen und technischen Problemen gesprochen werden. Des Weiteren besteht die Absicht ein Netzwerk im Gebiet der Bildungstechnologien aufzubauen. Das Tagesmotto „Skalierbares digitales Lehren und Lernen“ wird im Workshop aufgenommen und bietet somit die Möglichkeit zum Austausch über die technischen Implikationen dazu.

Keywords: Lernumgebungen, Learning Analytics, Lerndaten, Anwendungen, Infrastrukturen, Skalierbarkeit

1 Motivation und Inhalt

Bildungstechnologien gewinnen immer größeren Stellenwert an Bildungsstätten. Digitale Lernangebote und Tools, wie z.B. Moodle, sind mittlerweile an Schulen im Einsatz und werden insbesondere seit der Pandemie aktiver verwendet. Auch an Hochschulen wurden etliche Veranstaltungen in digitaler Form durchgeführt und werden aus dieser Erfahrung heraus heute noch zum Teil angeboten. Die Weiterentwicklung digitaler Lernangebote bedarf einen Austausch. Denn wie in den Vorjahren bereits beschrieben: „Von der Integration verschiedener Komponenten über die Planung von Schnittstellen und Architekturen werden die Herausforderungen immer größer je weiter ein Projekt fortschreitet und je umfangreicher es wird. Doch die Dokumentation zu solchen Fragestellungen ist nur selten aufbereitet, schlüssig erfasst und detailliert beschrieben. Im Gegensatz dazu werden Methoden, Auswertungen und Experimentaldesigns in Publikationen sauber dokumentiert erfasst und diskutiert.“ Um digitale Lernangebote an eine breite Masse zu skalieren ist, passend zum Thema der DELFI 2023, die Skalierbarkeit

¹ RWTH Aachen, Informatik 9 (Learning Technologies), Ahornstr. 55, 52074 Aachen, {goerzen, heinemann, sokol, schroeder}@informatik.rwth-aachen.de

von solchen Projekten in der Planung und Entwicklung miteinzubeziehen.

Wie bereits in den Nuts & Bolt Workshops der letzten Jahre und in der Podiumsdiskussion auf der DELFI 2022 erwähnt, haben technische (Zwischen-)Ergebnisse selten eine Plattform, um im Detail diskutiert und außerhalb des Projektteams thematisiert zu werden. Um Skalierbarkeit ausführlich zu diskutieren bedarf es die Erfahrung und Perspektive von Experten unterschiedlicher Domänen. Denn nicht nur die technologischen Anforderungen an Skalierbarkeit sind wichtig, sondern auch der technische Umgang mit menschlichen oder institutionellen Herausforderungen. Zum Beispiel bedarf der Einsatz einer Technologie auf größere Gebiete die Zustimmung und Prüfung unterschiedlicher Instanzen. Insbesondere die Forschung profitiert von einem Expertenaustausch. Mithilfe von Lerndatensammlung und Learning Analytics können Erkenntnisse über die Effektivität von Bildungstechnologien entstehen. Der Einsatz einer Technologie auf eine breitere Masse kann belastbare Erkenntnisse liefern und deshalb der Austausch von technischen Lösungen für solche Messung zu diskutieren.

2 Ziele des Workshops

Dieses Jahr wird das Tagesmotto der DELFI & HDI 2023 “Skalierbares digitales Lehren und Lernen” in dem Workshop aufgegriffen. Der Fokus des Workshops ist die Diskussion und Reflektion von technischen und die damit verbundenen außer-technischen Herausforderungen einer Bildungstechnologie. Dabei soll insbesondere über die Möglichkeiten, Chancen und Hürden gesprochen werden, die bei einer Skalierung einer Technologie auftreten. Welche Entscheidungen müssen bereits vor der Entwicklung getroffen werden? Welche technischen Voraussetzungen sind gegeben? Wie wird mit Ausfällen umgegangen? Was sind die institutionellen Herausforderungen und wie wird technisch mit diesen umgegangen? Welche Daten können, müssen und dürfen gesammelt werden, um die Technologie zu verbessern oder um Erkenntnisse fürs digitale Lernen zu gewinnen? Ziel des Workshops ist der Austausch zu den unterschiedlichen Lösungen in kleinen Gruppen.

Das übergeordnete Ziel der Workshopreihe ist es, die technische Black Box der Forschungsprozesse im Feld der Lerntechnologien zu öffnen und Projekte, Probleme und Ideen auf technischer Ebene ausführlich diskutieren zu können. Dies dient insbesondere vier Zielen:

- **Dokumentation des Prozesses der Toolentwicklung:** Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler entwickeln auf der Suche nach Antworten auf Forschungsfragen „ganz nebenbei“ spannende Tools und Werkzeuge. Damit diese Tools eine angemessene Nachnutzung und Weiterentwicklung erfahren, ist die Dokumentation des Ergebnisses und des Prozesses unerlässlich.
- **Nachhaltigkeit und Offenheit:** Durch die aktive Kommunikation über Tools und die Open-Source-Veröffentlichungen erhöht sich die Chance auf deren

Wiederverwendung drastisch. Ein Community-Bewusstsein könnte hierdurch langfristig zu dem Effekt führen, dass Forschungswerkzeuge auch mit der Weiterverwendung in anderen Forschungsarbeiten im Hinterkopf modular und gut dokumentiert entwickelt werden. Der Austausch und die Öffnung führen zu potenziellen Kooperationen und Nachhaltigkeit der Entwicklungen.

- **Lerneffekte und Erkenntnisse auf dem Weg:** Durch unterschiedliche Workshopbeiträge soll Teilnehmerinnen und Teilnehmer, die ggf. noch am Anfang ihres Weges stehen gleich auf dreierlei Weise geholfen werden: Sie werden aufgefordert zu durchdenken, welche Fragen sie sich selbst bei der Entwicklung des persönlichen Toolsets stellen sollten, sie lernen aus den Fehlern anderer und erfinden das Rad nicht jedes Mal neu und schließlich wird ihnen die Angst genommen, es einfach anzugehen und mit der Planung einzusteigen.
- **Diskussion und Austausch:** Durch die Vorstellung akzeptierter Beiträge ergeben sich Einstiegspunkte für den offenen Austausch zwischen den Teilnehmenden. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, deren Prozess noch nicht so weit gereift ist, dass sie ihn hier präsentieren möchten, erhalten so die Gelegenheit eben jene Zweifel zu diskutieren und sich über Stolpersteine auszutauschen.

3 Reflektion des World Café Formats

Dieses Jahr erfolgte die Erprobung des World Café-Formats im Kontext des Nuts&Bolts-Workshops. Das World Café führte zu intensivem und dynamischem Gedankenaustausch. In einem Rhythmus von jeweils 20 Minuten erfolgte eine Rotation der Teilnehmenden. Die Gestaltung dieser 20 Minuten war den Beitragenden freigestellt, was zu einer breiten Vielfalt von Herangehensweisen führte. Einige wählten beispielsweise, 10 Minuten für die Vorstellung ihres Themas und 10 Minuten für die Diskussion, während andere vielleicht länger bei einem Thema verweilten, wenn es besonders spannend war. Diese Flexibilität ermöglichte es, die Diskussionen auf individuelle Bedürfnisse und Interessen abzustimmen. Trotz der Freiheit, sitzen zu bleiben, entschieden sich die Teilnehmenden in der Regel dafür, eifrig zwischen den Gesprächsrunden zu rotieren, was zu einem lebhaften und anregenden Gedankenaustausch führte.

Unsere Beobachtungen ergaben, dass dieses Format in herausragender Weise zur Diskussion von Beiträgen im Rahmen dieses Workshops geeignet ist. Projekte in der Konzeptions- oder Prototyp-Phase, die noch keinen finalen Stand erreicht haben, finden im Rahmen von Nuts&Bolts, insbesondere bei der Anwendung des World Café-Formats, eine besonders geeignete Plattform. Die Teilnehmenden erhielten vielfältiges Feedback, und der Charakter eines globalen Vortrags mit anschließender "Befragung" in der Diskussion wurde in kleinere Gruppen aufgelöst. Hierdurch wurde die Möglichkeit geschaffen, auch kleinere Anliegen gezielt zu fokussieren und zu erörtern.

4 Eingereichte Beiträge und Vorträge

Beim diesjährigen Workshop wurden parallel drei eingereichte Beiträge im World-Café Format vorgestellt und diskutiert. Zusätzlich gab es zwei eingeladene Vorträge mit anschließender Diskussion und Austausch mit den Workshopteilnehmenden:

- “Modularisierung als Schlüssel zur Skalierung” von Lukas Glaser und Michael Striewe
- “Generierung regulärer Ausdrücke zur Prüfung von SQL-Statements” von Patrick Binkert, Maximilian Förster, Thimo Leonhardt und Holger Rohland
- Eingeladener Vortrag zum Thema “Konzeption und Umsetzung synthetischer Datengenerierung für Forschung und Entwicklung in Assessment Analytics“ von Martin Breuer, Malte Persike, Ulrik Schroeder

In den Proceedings des Workshops werden nur die oberen drei Beiträge veröffentlicht. Die restlichen beiden werden im Folgenden kurz zusammengefasst:

Der zweite eingeladene Vortrag von Fynn Mazurkiewicz und Johanna Tolzmann der Bildungsinitiative IT4Kids handelte von ihren Erfahrungen bei der Etablierung von Bildungstechnologien an Schulen. Dabei betonten sie die Bedeutung der Zusammenarbeit mit dem Kollegium, der Integration von Systemen in bestehende Fächer und Inhalte sowie der Erfassung von Defiziten in Basiskompetenzen. Die Rechtfertigung gegenüber Geldgebern und die Wirkung der Technologien waren zentrale Herausforderungen. Die Extraktion von Metadaten zur Generierung von Feedback wurde als hilfreicher Ansatz erwähnt. Die Skalierung von Software und Schulung der Mitwirkenden wurde als erfolgversprechend angesehen. Live-Umfragen ans Publikum zeigten eine Vielfalt von Hürden bei der Implementationsphase auf. Das spiegelt die Schwierigkeit einer skalierbaren Bildung gut ab. Wenn Probleme in allen Bereichen groß sind, dann ist es schwierig eine flächendeckende Lösung einzuführen. Klare Einigung gab es bei der Abfrage von klaren Problemen in der Implementation auf. Neben Begriffen wie „Nachhaltigkeit“ und „Komplexität der Software“ gab es eine große Einigkeit beim Begriff „Datenschutz“. Die Regulation von Datenschutz-Aspekten ist ein großes Thema und trat, unserer Beobachtung nach, in mehreren Workshops zur Diskussion.

Der zweite unveröffentlichte Beitrag von Steffen Rörtgen zum Thema "Bildungsinfrastrukturen ohne Datensilos? - Ein Vorschlag zur Nutzung dezentraler Social Media Protokolle in Bildungsinfrastrukturen" wurde im Rahmen des World Cafés diskutiert.

Weitere Informationen zum Workshop sind unter <https://elearn.rwth-aachen.de/nuts-and-bolts-2023> verfügbar.

Generierung regulärer Ausdrücke zur Prüfung von SQL-Statements

Maximilian Förster¹, Patrick Binkert², Holger Rohland³ und Thiemo Leonhardt⁴

Abstract: SQL-Ausdrücke sind durch die zugrundeliegenden Grammatiken in einer vielfältigen Art und Weise (optionale Leerzeichen, Umformungen) äquivalent formulierbar. Dies führt in e-Assessment-Szenarien zu Problemen bei der automatisierten Bewertung von SQL-Aufgaben. Dieses Problem wird bereits durch zahlreiche Ansätze auf vielfältigste Weisen gelöst. Allen diesen Ansätzen ist gemein, dass sie mit Umsetzungshürden für Lehrkräfte verbunden sind. In diesem Beitrag wird ein Ansatz über die automatisierte Generierung von Regulären Ausdrücken zur Lösung des Problems gewählt. Somit können vorhandene Fragestellungen ohne Übergangshürde in bereits bekannte digitale Formate überführt werden. Zur Evaluation des Ansatzes wurde ein Tool erstellt, das bei Eingabe einer Musterlösung als SQL-Ausdruck einen regulären Ausdruck automatisch generiert. Da die Bewertung einer korrekten Lösung an die Anforderungen des Lernsettings angepasst werden muss, bietet das Tool, die Möglichkeit den abgedeckten korrekten Lösungsraum einzuschränken. Die Evaluation teilt sich auf in das Testen der Funktionalität des Tools mit Probanden (99 % korrekt validiert) sowie auf die Akzeptanz des Ansatzes bei der Zielgruppe der Lehrpersonen über Interviews.

Keywords: e-Assessment, SQL, regulärer Ausdruck, Validierung

1 Motivation

Das Implementieren von Datenbankabfragen in SQL ist ein fester Bestandteil der schulischen und der universitären Lehre in der Informatik. Demzufolge existieren schon unterschiedliche Studien, die das Lehren und Lernen digital unterstützen sollen. Bei der Betrachtung dieser Tools [Na22] in Bezug auf die automatisierte SQL-Statement-Bewertung lassen sich für den einfachen und schnellen Einsatz im Kontext Schule drei Problemgruppen identifizieren: Gruppe 1: externe Tools (Active SQL, SQLator, AsseSQL), Gruppe 2: Konfigurations- und / oder Ressourcenaufwand (SQL-Tester, SQL Knowledge Tester) und Gruppe 3: Verfahren mit (Teil-) CMS-Integration über Plug-Ins bzw. Schnittstellen, z.T. mit Notwendigkeit von Programmierkenntnissen je nach verwendeten LMS (aSQLg).

Ziel unseres Ansatzes ist es bei Lehrkräften bereits etablierter Learning-Managements-Systeme wie z.B. Moodle zu nutzen und gleichzeitig vorhandene Aufgabenformate leicht

¹ m.foerster@gts.lernsax.de

² patrick.binkert@cottygym.lernsax.de

³ TU Dresden, Professur für Didaktik der Informatik, holger.rohland@tu-dresden.de

⁴ TU Dresden, Professur für Didaktik der Informatik, thiemo.leonhardt@tu-dresden.de

überführbar zu machen, um vor allem im schulischen Bereich, in dem Datenbankabfragen nur einen vergleichsweise kleinen Lehr-Anteil haben, den Overhead für automatisierte Überprüfung so gering wie möglich zu halten. Unser stand-alone Online-Tool unterstützt die Lehrenden durch die Generierung lösungsäquivalenter regulärer Ausdrücke zu gegebenen SQL-Statements zur Überprüfung und Bewertung von Lösungsabgaben. Es ist ohne zusätzliche technische Kenntnisse und ohne zusätzlichen Ressourcenaufwand direkt einsetzbar oder bei Bedarf durch die Umsetzung als eigener Microservice in weitere Softwaresysteme integrierbar.

2 Generierung regulärer Ausdrücke aus SQL-Statements

Die strukturierte Abfragesprache SQL (structured query language) ist über Grammatiken genau spezifiziert, damit sind unterschiedliche Ausdrücke mit einem fachlich äquivalenten Ergebnis möglich. Als fachlich äquivalent bezeichnen wir eine Ausgabe der richtigen Attribute der entsprechenden Tupel unter Missachtung der Reihenfolge der Attribute. Gegebenenfalls kann dieses Spektrum durch den Nutzenden auch um Rechtschreibfehler im Statement ergänzt werden, wenn dies im Sinne des Lehrenden noch als fachlich äquivalent anzunehmen ist. Mit der Herausforderung diese fachlichen Äquivalenzen abzubilden, sehen sich Lehrende und Lernende in der Schule, der Hochschulbildung und anderen Ausbildungsbereichen vor allem dann konfrontiert, wenn die Bewertung digitalisiert und automatisiert erfolgen soll. Die Überprüfung gegenüber einer einzigen vorab angefertigten Musterlösung der Lehrkraft ist nicht zielführend, da diese nur eine einzige richtige Lösung repräsentiert, wenngleich es die einzige Möglichkeit in etablierten LMS wie z.B. Moodle ist. Es werden variable Antwortmöglichkeiten gänzlich vernachlässigt und Lernende durch ein negatives Feedback mit hoher Kontiguität der automatischen Korrektur verunsichert. Ein digitales Lehrszenario ist unter Nutzung dieser Methode nicht kompetenzorientiert und lernpsychologisch nicht förderlich [Na07]. Diesem Problem lässt sich dadurch begegnen, dass Antworten von Lernenden gegen einen möglichst großen Lösungsraum validiert werden. Somit kann zumindest *Knowledge of result* [Na07], also Feedback über die Korrektheit der Lösung gegeben werden. Dafür wurden für diesen Beitrag reguläre Ausdrücke genutzt, da diese Mengen von Zeichenketten durch syntaktische Regeln abbilden können.

2.1 Anforderungen an das Tool

Zur Entwicklung eines Prototyps wurde eine Anforderungsanalyse durchgeführt, welche die zu unterstützenden Umwandlungen und Einstellmöglichkeiten beinhaltet. Die geforderte Unterscheidung von syntaktisch notwendigen und optionalen Leerzeichen konnte technisch nicht umgesetzt werden, da je nach Kombinationsmöglichkeit der verschiedenen SQL-Strukturbausteine Leerzeichen nicht eindeutig optional sind und die technische Umsetzung nur über lokales Wissen des jeweiligen Strukturbausteins und kein

globales Wissen über die Gesamtabfrage verfügt. Daher sind alle - auch z.T. optionale - Leerzeichen immer notwendig. Optionale Alias-Namen für Spalten z.B. für die Ausgabe wurden als nicht fachlich relevant und die Umwandlung von ON-Ausdrücken in INNER JOINS zu WHERE-Ausdrücken wurde als in jedem Fall äquivalent eingestuft. Daher wurde für diese drei Anforderungen keine Einstellmöglichkeit bereitgestellt. Alle weiteren Anforderungen wurden mithilfe von Einstellungen zu- bzw. abschaltbar gestaltet, im Speziellen: Die *Rechtschreibung* der Lernenden kann in Aggregat-Funktion, Spaltenname, Funktionsname, Indexspalte, SQL-Keyword, String-Wert und Tabellename Fehler enthalten, die ignoriert werden. Die Einstellung ermöglicht hier einen Rechtschreibfehler pro genannter Struktureinheit. Variationen in der *Reihenfolge der Komponenten* in Spalten, Ausdrücken, Index-Spalten, Spalten in Group By, VALUE-Listen und Tabellennamen können ebenfalls optional berücksichtigt werden. Das Akzeptieren von *Synonymen* für Datums- und Zeitangaben, Funktionen, Aggregatfunktionen und Datentypen ist ebenfalls optional möglich. Des Weiteren werden Synonyme für sonstige SQL-Begriffe wie: Absteigend, Aufsteigend, Nicht, Und, UNIQUE, INDEX, sowie Punkt und Komma als Dezimaltrennzeichen unterstützt.

Dadurch sollen auch komplexe Strukturäquivalente erkennbar werden. Als Beispiel:

```
SELECT col1, col2 FROM tab1 INNER JOIN tab2 ON tab1.pk =
tab2.pk
SELECT      col1 AS name,col2 FROM tab1,tab2      WHERE
tab1.pk=tab2.pk
```

Dabei bleibt die Anwendung nicht auf SELECT-Statements beschränkt. Alle DDM-Statements (SELECT, INSERT, UPDATE, DELETE, sowie die DDL-Statements CREATE TABLE und DROP) sind integriert. Die Implementierung ist insofern beschränkt, dass nur die Schnittmenge aus den im schulischen Bereich viel verwendeten RDBMS-Grammatiken MySQL, MariaDB und Oracle umgesetzt wurde, was aber ohne Nachteil für die allgemeingültige Vermittlung von SQL bleibt.

2.2 Softwarearchitektur

Bei der Analyse bereits vorhandener Programmbibliotheken erwies sich der JSQParser⁵ als besonders zielführend. Dieses OpenSource-Projekt ermöglicht das Zerlegen (Parsen) und Zusammenfügen (Deparsen) von SQL-Statements auf Basis des Visitor-Patterns mithilfe einer traversierbaren Hierarchie. Damit konnte zum einen die Validierung gegenüber den RDMS-Systemen Oracle, MySQL/MariaDB sowie PostgreSQL und zum anderen die Funktionalität des Parsens von diesen syntaktisch korrekten SQL-Ausdrücken gewährleistet werden. Beim Zusammensetzen der Statements kann die benötigte Funktionalität durch Überschreiben der verwendeten Visitor-Klassen gewährleistet

⁵ <https://github.com/JSQParser/JSqParser>

werden, sodass die Ausgabe eines regulären Ausdrucks möglich wird (siehe Abb. 1). Dabei besitzt jeder Statement-Typ sowie wiederkehrende Grammatik Elemente wie z.B. Ausdrücke, Group und Order By ihre eigene Visitor-Klasse.

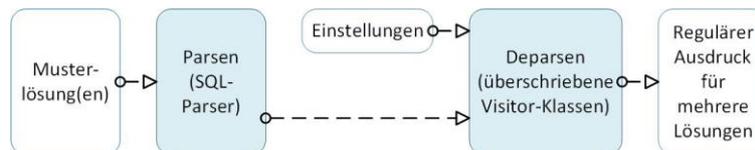


Abb. 1: Schema zur Umwandlungsstruktur

Durch die definierten Anforderungen als plattformunabhängig und die Bereitstellung des Werkzeugs als Webangebot wird das Spring-Framework als Quasi-Standard genutzt. Das System stellt ein Web-Interface zur Verfügung, über das alle Einstellungen vorgenommen, die SQL-Statements eingegeben und die regulären Ausdrücke ausgegeben werden können. Weiterhin wird eine JSON-API bereitgestellt. Diese ist in der Lage, anhand von Presets Konvertierungen vorzunehmen und das Ergebnis als JSON-Objekt zurückzuliefern.

2.3 Limitationen

Bei der Umsetzung des Tools war es nicht möglich Restriktionen bei Eingabe zu vermeiden. Das Web-Interface gibt daher den Nutzenden Hinweise in Bezug auf das für den Parser notwendige Eingabeformat. Darunter fallen Hinweise zur Angabe von:

- 1.) voll-qualifizierten Namen
- 2.) Umwandlungsrichtung für JOIN ON Ausdrücke in WHERE
- 3.) Constraint-Index Namen
- 4.) Schema-Äquivalenten (z.B. bei der Angabe von * oder Spaltennamen unter Verwendung der Count-Funktion)

Zudem sind Tabellenalias nicht produktiv nutzbar, was im schulischen Bereich aber nahezu unbedeutend ist. Spalten-Quotings sind immer optional und damit keine Namen mit Leerzeichen möglich. Weitere Restriktionen aufgrund von Bugs sind den Issues des öffentlichen Repositorys: github.com/StEx2022-23/sql2regex zu entnehmen.

3 Evaluation

Zur Evaluation des erstellten Tools wurde es mit 46 Schülerinnen und Schülern sowie 11 Studierenden getestet. Eingeleitet wurde der Test mit der Frage nach Klassenstufe bzw. Alter, vorhandenem Vorwissen in SQL allgemein und e-Assessment Szenarien in SQL. Dabei nahmen insgesamt 46 Schülerinnen und Schüler aus zwei Gymnasien sowie davon 11 Studierende der TU-Dresden teil. Zu etwa 50% wurden Vorerfahrungen im Umgang mit digitalen Übungs- und/oder Prüfungsszenarien zum Thema SQL angegeben. Diese

bezogen sich auf die Tools InstaHub⁶, SQLIsland⁷ und Opal. Die Aufgabenverteilung der Statements umfasste 5x SELECT, 2x INSERT INTO, 2x UPDATE, 2x DELETE, 1x CREATE DATABASE, 1x CREATE TABLE, 1x DROP TABLE.

Alle Antworten zu Statements gleicher Art wurden dabei für die Auswertung zusammengefasst, da sie auf gleichen DeParser-Klassen beruhen. Die Übergewichtung in Select-Statements beruht auf der zu erwartenden Gewichtung im Schulunterricht. Dabei wird für die Wirksamkeit der Überprüfung durch die generierten regulären Ausdrücke die Handlungsalternativen für einen Test ohne zusätzliche technische Kenntnisse und Ressourcen zwischen *Erkennung ohne RegEx*, *Erkennung ohne RegEx mit Case-Sensitivity* und *Erkennung mittels RegEx* unterschieden. Nach der Auswertung von insgesamt 542 Antworten ergibt sich im Maximum eine signifikante Verbesserung der Validierungsleistung auf 90% anstatt 10% mit herkömmlichen Kontrollmethoden. Ein Verzicht auf die Prüfung von Groß- und Kleinschreibung bei einem Vergleich der Zeichenketten führt zu einer minimal besseren Erkennung richtiger Antworten, allerdings nicht vergleichbar mit den Ergebnissen der Validierung über die Nutzung von regulären Ausdrücken (vgl. Abb. 2).

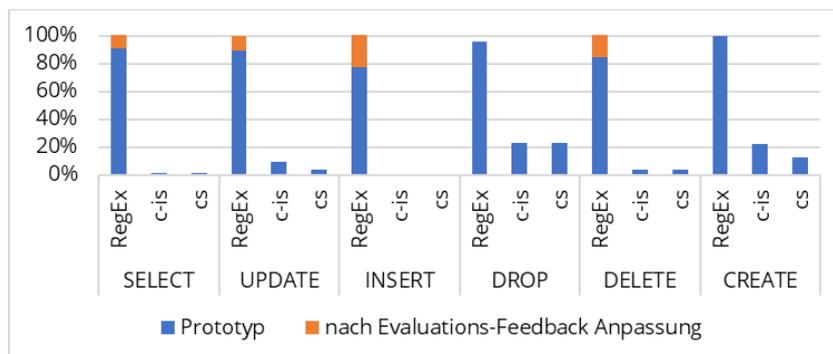


Abb. 2: richtig validierte SQL-Statements mithilfe regulärer Ausdrücke (RegEx), zeichengetreue Kontrolle case-sensitive (c-is) und case-insensitive (cs)

Zusätzlich wurden in der Stichprobe keine falsch-positiven Lösungen detektiert, was vor allem für den Einsatz in Prüfungsszenarien von Bedeutung ist. Allerdings wurden einige falsch-negative Lösungen detektiert, so dass 1.) das Zulassen von Leerzeichen vor und hinter Statements, 2.) die Ergänzung fehlender Zeit- und Datumsformate und 3.) Äquivalenzen aufgrund des Datenbank-Schemas hinzugefügt wurden. Damit konnte die Validierungsleistung für Select, Insert, Update, Delete-Statements im Rahmen der Stichprobe auf 100% gesteigert werden (vgl. Abb. 2).

⁶ <https://instahub.org/>

⁷ <https://sql-island.informatik.uni-kl.de/>

4 Diskussion

Durch den Ansatz über reguläre Ausdrücke konnte eine deutliche Steigerung korrekten Feedbacks gegenüber der zeichengetreuen Kontrolle mit einer Musterlösung erzielt werden. Die bereits guten Ergebnisse des Prototyps konnten nach den wenigen durch den Usertest aufgedeckten Schwachstellen weiter verbessert werden. Das Tool bietet eine größere Flexibilität, da es keine Datenbankimplementierung benötigt sowie den Vorteil der inneren Differenzierung - bspw. über die Einstellungsmöglichkeiten zur Rechtschreibung - gegenüber Ansätzen der Validierung über die Anzahl der Tupel und Attribute, wie es z.B. bei SQL-Island der Fall ist. Für eine vollumfängliche Anwendung im universitären Bereich müsste jedoch als Beispiel die zusätzliche Implementierung der Umwandlung für *Alter Table* bedacht werden. Trotz der theoretischen Einsatzfähigkeit in der Schule steht der praktischen Anwendungen in diesem Bereich die noch fehlende Integration regulärer Ausdrücke in alle bestehende Learning Management Systeme entgegen. Für diese Herausforderung könnte nach dem mit diesem Beitrag erfolgten Proof of Concept die bereits vorhandene JSON-API um die Validierung von Statements erweitert werden. Mithilfe dieser Brückentechnologie könnte der Nutzendenkreis auf alle Umgebungen erweitert werden, welche eigene JavaScript-Snippets erlauben.

Literaturverzeichnis

- [Na07] Narciss, S.: Feedback Strategies for Interactive Learning Tasks. In (Driscoll, M. P.; Jonassen, D. H.; Harris, P. Hrsg.): Handbook of Research for Educational Communications and Technology. A Project of the Association for Educational Communications and Technology. Taylor & Francis, Hoboken, S. 125–143, 2007.
- [Na22] S. Nayak, R. Agarwal and S. K. Khatri, "Review of Automated Assessment Tools for grading student SQL queries," 2022 International Conference on Computer Communication and Informatics (ICCCI), Coimbatore, India, 2022, pp. 1-4, doi: 10.1109/ICCCI54379.2022.9740799.

Konzeption und Umsetzung synthetischer Datengenerierung für Forschung und Entwicklung in Assessment Analytics

Martin Breuer ¹, Malte Persike ¹ und Ulrik Schroeder ²

Abstract: Die Datenbeschaffung für Learning Analytics zur Verbesserung der Bildungstechnologien und Lehrinhalte wird durch lange Wartezeiten, Unklarheiten bezüglich Datenverfügbarkeit und Datenschutz sowie Art der Daten erschwert. Synthetische Datensätze können diese Hürden überwinden, indem sie als Ersatz für echte Daten dienen. In der Literatur werden sowohl Ansätze zur synthetischen Datengenerierung auf Basis echter Daten (z. B. mithilfe künstlicher Intelligenz), als auch Ansätze zur Simulation der Interaktionen auf Basis konkreter Annahmen beschrieben. Diese synthetischen Daten sollen die Entwicklung von Assessment Analytics Tools für das E-Prüfungssystem Dynexite unterstützen. Dieser Beitrag stellt erste Entwicklungsschritte zur Bereitstellung von Testdatensätzen für das E-Prüfungssystem vor: Ein erster Prototyp erstellt automatisiert Prüfungen mit variabler Teilnehmerzahl und zufälligen Ergebnissen. Die notwendigen Konzepte werden in einem nächsten Schritt zu einem Daten-Erstellungs-Service abstrahiert, um die einfache Programmierung weiterer Datensätze zu ermöglichen. Zur Demonstration der Funktionalität wird ein öffentlich verfügbarer Learning Analytics Datensatz importiert. Ein erster Testlauf konnte bereits Skalierbarkeitsprobleme der bestehenden Codebasis aufdecken.

Keywords: E-Prüfungssystem, Assessment Analytics, Learning Analytics, synthetic data.

1 Einleitung

Die Entwicklung und Implementierung skalierbarer Learning Analytics Anwendungen stellt Hochschulen vor technische Herausforderungen. Zentrale Learning Analytics Infrastrukturen wie EXCALIBUR LA [JS22] ermöglichen die Sammlung und Untersuchung von Lerner Daten, die in verschiedenen Plattformen entstehen. Bei der Erweiterung von Learning Analytics Anwendungsfällen und der Anbindung weiterer Plattformen ist es entscheidend, die Verarbeitung realistischer und wachsender Datenmengen zu ermöglichen.

Während der Einsatz effizienterer Verfahren, leistungsstärkerer Maschinen (Scale up) oder Lastverteilung auf mehrere Maschinen (Scale out) erfolgen kann, ist bei der Forschung, Entwicklung und Implementierung lediglich eine Skalierung durch Kollaboration (Scale out) möglich. Die Bereitstellung synthetischer Testdaten ermöglicht es Forschern, Verfahren und Algorithmen zu verbessern und Kooperation zu fördern [Be16].

¹ RWTH Aachen, Center für Lehr- und Lernservices, Kackertstr. 15, 52074 Aachen, {breuer@medien, persike@cls}.rwth-aachen.de, <https://orcid.org/0009-0008-0749-5110>, 0000-0002-7825-089X }

² RWTH Aachen, Lehr- und Forschungsgebiet Informatik 9, Ahornstr. 55, 52074 Aachen, {a.brocker, schroeder}@informatik.rwth-aachen.de, <https://orcid.org/0000-0002-5178-8497>

Dieser Beitrag soll zunächst Möglichkeiten zur Nutzung synthetischer Datengenerierung erläutern und anschließend eine technische Basis für die Einbindung der generierten Daten für zukünftige Forschungs- und Entwicklungsschritte von Assessment Analytics Tools für das E-Prüfungssystem Dynexite³ schaffen.

2 Generierte Datensätze für Forschung und Entwicklung in Assessment Analytics

Ellis definiert Assessment Analytics als Spezialisierung von Learning Analytics im Kontext von Assessments [E113]. Learning Analytics ist zunächst das Messen, Sammeln, Analysieren und Auswerten von Daten über Lernende und Ihren Kontext, mit dem Ziel, das Lernen und die Lernumgebung zu verstehen und zu optimieren [SL11].

Knaub et al. untersuchen die Unterstützung von Learning Analytics durch Personal zur Bereitstellung von Lerner Daten und zur Begleitung des Learning Analytics Prozesses, wobei Lehrende befragt wurden. Herausforderungen bei der Nutzung dieser Unterstützungsmöglichkeit umfassen sowohl individuelle Probleme beim Erhalt und der Auswertung der Lerner Daten, als auch prozessabhängige Hürden, wie lange Wartezeiten zum Erhalt der Daten, Unwissenheit, welche Daten verfügbar sind und wie sie genutzt werden können, sowie Bedenken zum Schutz der Lerner Daten. Als Chance wird die Bereitstellung synthetischer Daten in einem Web-basierten Datenexplorer genannt, um herauszufinden, welche Daten verfügbar sind und ob die Beschaffung echter Daten lohnenswert ist, oder ob relevante Daten nicht verfügbar sind. [Kn16]

Berg et al. diskutieren, dass ein synthetischer Datengenerator in frühen Entwicklungsphasen bei der Entwicklung und Optimierung von Prozessen helfen kann, bevor reale Daten verfügbar sind. Insbesondere, da reale Daten durch niedrigere Qualität von Alpha und Beta Software in nicht-produktiv Umgebungen durch unbeabsichtigte Offenlegung stärker gefährdet sind. Synthetische Daten ermöglichen Dienste aufzubauen, bevor politische, ethische, rechtliche und datenschutzrechtliche Probleme geklärt sind. [Be16]

Zur Erzeugung synthetischer Datensätze werden im Folgenden zwei Ansätze betrachtet: Die erste Methode nutzt echte Daten als Grundlage während die zweite mithilfe von Simulationsmodellen unter Verwendung konkreter Annahmen erfolgt.

2.1 Synthetische Datengenerierung

Eine Methode zur Erstellung synthetischer Datensätze, die ähnliche statistische Eigenschaften wie echte Daten besitzen, ohne jedoch vertrauliche Informationen zu replizieren, ist die Verwendung von Generative Adversarial Networks (GANs) [BI21]. Hierbei werden zwei neuronale Netzwerke eingesetzt: eines zur Datengenerierung und ein weiteres

³ Dynexite Dokumentation, <https://docs.dynexite.rwth-aachen.de/>, Stand: 27.03.2023

zur Diskriminierung zwischen echten und synthetischen Daten. Beide Netzwerke trainieren und verbessern sich gegenseitig in Konkurrenz. Dieser Ansatz kann einerseits die Privatsphäre der Lernenden (auch in kleineren Kursgrößen) schützen und andererseits die Datensatzgröße durch Erzeugung weiterer Datenpunkte beliebig erhöhen [BI21]. Ein Nachteil ist, dass *Overfitting* zu einer 1:1 Replikation des echten Datensatzes führen kann.

Ein weiterer Anwendungsbereich für die Generierung synthetischer Daten besteht darin, fehlende Werte zu ergänzen und das sogenannte *Minority Oversampling* durchzuführen [Ko18]. Letzteres erstellt synthetische Datenpunkte für unterrepräsentierte Minderheitsklassen, zur Verbesserung der Leistung maschinellen Lernens.

2.2 Simulierte Datengenerierung

Ein weiterer Ansatz zur Generierung synthetischer Daten ist die Simulation von Lernerinteraktionen, ohne auf echte Daten angewiesen zu sein. Hierbei werden Modelle und Annahmen entwickelt, die bestimmten Szenarien oder theoretischen Konzepten entsprechen. In einem systematischen Literaturreview [KA23] von Alexandron und Käser werden verschiedene Anwendungsfälle für die Simulation von Lernerinteraktionen im Bildungsbereich und verwandten Gebieten vorgestellt. In der Praxis konzentrieren sich Simulationsmodelle meist nur auf bestimmte Aspekte des Lernens und es erfolgt meist keine Sicherung der Validität. Die Autoren schlagen ein Turing-ähnliches Validitätskriterium vor, bei dem ein Simulationsmodell valide ist, wenn eine Gruppe von Bildungsexperten keinen Verhaltensunterschied zu echten Lernern feststellen können. Zukünftige Forschung könnte sich auf die Entwicklung vollständigerer Lerner Modelle konzentrieren. [KA23]

Der folgende Abschnitt soll erste Erfahrungen bei der technischen Umsetzung zur Generierung eines Referenzdatensatzes für das Prüfungssystem Dynexite³ vorstellen.

3 Datenimport in Bildungstechnologie

Das Ziel ist die Bereitstellung einer Instanz des Prüfungssystems Dynexite³ inklusive eines Testdatensatzes. Dieser Abschnitt beschäftigt sich mit der Frage, wie ein Datensatz in das Prüfungssystem Dynexite³ importiert werden kann. Ob die Daten synthetisch generiert, simuliert oder aus einem bestehenden Datensatz anonymisiert sind, ist für die Schaffung einer technischen Basis zunächst unbedeutend. Ein konkreter Anwendungsfall ist die Weiterentwicklung und Prüfung der Skalierbarkeit und Validität einer Logging-Erweiterung des Prüfungssystems als Datenquelle für eine Assessment Analytics Anwendung [Br23]. Diese würde Kennwerte wie die Ratewahrscheinlichkeit, Bearbeitungsdauer oder Schwierigkeitsgrad ermitteln [Br23].

Zum Test dieser Funktionalitäten wäre die Bereitstellung eines Datensatzes ideal, der ein kleinschrittiges Verfolgen des Lösungsverhaltens der Studierenden mit Bezug zu einzelnen Eingabefeldern ermöglicht. Als Startpunkt dient der frei verfügbare Open University

Learning Analytics Datensatz (OULAD) [KHZ17], der anonymisierte Ergebnisdaten zu Übungen und Prüfungen sowie die Nutzung von Lernmaterialien von ca. 23.000 Studierende in 22 Kursen mit insgesamt 174.000 Prüfungs- und Übungsversuchen enthält. Der Datensatz wurde aufgrund schneller Verfügbarkeit, verständlicher Dokumentation, simplem Dateiformat (CSV) sowie auf den ersten Blick hoher Popularität ausgewählt. Er enthält zwar keinen feingranularen Änderungsverlauf der Antworten während der Prüfungen, diese könnten zu einem späteren Zeitpunkt jedoch synthetisch ergänzt werden, um Testfälle für Detailauswertungen zu entwickeln.

Damit die Prüfungen eines solchen Datensatzes wie echte Prüfungen in Dynexite³ sichtbar sind und als Datenquelle für Assessment Analytics dienen können, müssen sowohl die Dynexite-Event-Logs, als auch der aktuelle Zustand der relationalen Datenbank des Prüfungssystems repliziert werden. Eine vollständige Simulation der Benutzerinteraktionen in der Web-Oberfläche des Prüfungssystems wäre eine realistische Methode zur Generierung des Testdatensatzes. Erfahrungen aus früheren Projekten zeigen jedoch, dass der anfängliche Aufwand für die Erstellung der Simulation und der Wartungsaufwand nach Aktualisierungen der Benutzeroberfläche hoch sind. Die Nutzung der Backend-REST-Schnittstelle würde den Aufwand für Entwicklung und Wartung bereits reduzieren. Die hexagonale Softwarearchitektur des Prüfungssystems, trennt jedoch bereits Businesslogik nach außen verfügbaren Schnittstellen [Co05]. Diese Trennung erlaubt die direkte Verwendung der Businesslogik, sodass Services zur Erstellung von Aufgaben, zum Starten einer Prüfung usw. direkt aufgerufen werden können.

3.1 Durchführung einer Prüfung mit 100 Studierenden

Als erster Schritt vor der Bereitstellung realistischer Prüfungsdaten, gilt es zunächst eine Prüfung maschinell zu erstellen und die Durchführung mit mehreren simulierten Studierenden (z. B. 100) zu imitieren. Aus technischer Sicht muss eine Prüfung mindestens eine Aufgabe enthalten und zum Beenden der Korrekturphase muss jeder Teilnehmende eine Bewertung (Punktzahl) für diese Aufgabe erhalten. Hierzu wird ein einfacher Zufallszahlengenerator verwendet. Namen für Aufgaben, Kurse etc. werden zufällig erstellt, um Duplikate bei wiederholter Ausführung zu vermeiden.

Eine erste lauffähige Version kann mit wenig Entwicklungsaufwand erstellt werden, indem zentrale Komponenten des Prüfungssystems wiederverwendet werden. Da lediglich die Nutzerinteraktion ersetzt wird, können zentrale Konfigurationen wie die Datenbankverbindung beibehalten werden. Die Services zur Erstellung von Aufgaben, Prüfungen, Studierenden usw. können anschließend in einen Service zur Datengenerierung eingebunden werden. Der Prüfungsprozess wird schrittweise durch Aufrufe der Servicefunktionen, z. B. *ItemCreator.CreateItem(...)*, simuliert.

Während dieses Entwicklungsschrittes hat sich gezeigt, dass die bestehenden Komponenten des Prüfungssystems mit wenig Aufwand neu zusammengesetzt werden können, um Codegetriebene Daten zu generieren, die vom Prüfungssystem genauso behandelt werden

wie echte Daten. Als Nebenprodukt konnten mögliche Arbeitspakete zur Verbesserung der Codequalität des Prüfungssystems ermittelt werden, die in der Planung zukünftiger Versionen des Prüfungssystems berücksichtigt werden: in seltenen Fällen gab es Businesslogik außerhalb der Services, teilweise unregelmäßige Benennungen von Dateinamen oder dass Zustandsänderungen zwar gespeichert wurden, zur Weiterverarbeitung aber erneut aus der Datenbank geladen werden mussten.

3.2 Import des Open University Learning Analytics Datensatzes [KHZ17]

Im vorherigen Abschnitt wurde die Simulation des Prüfungsprozesses ohne realistische Daten vorgestellt. Nun erfolgt die Importierung des Open University Learning Analytics Datensatzes (OULAD) [KHZ17]. Um den Import dieses Datensatzes und weiterer synthetischer Datensätze zu erleichtern, wurde die Lösung des letzten Abschnitts refaktoriert. Wiederverwendbare Methoden zum Erstellen von Studierenden, Kursen, Kurszugehörigkeiten, Prüfungsversuchen, Bewertungen usw. wurden in einem Service als weitere Abstraktionsschicht gebündelt. Nach dem Auslesen der CSV-Dateien des OULA-Datensatzes konnten diese Methoden zur erfolgreichen Importierung der Prüfungs- und Übungsversuche inklusive Kurs- und Pseudonym Zuordnung dienen. Eine Limitierung des Datenimports besteht aktuell darin, dass nur Ergebnisdaten importiert wurden. Um zukünftig feingranulare Event-Daten mit realistischen Zeitstempeln zu simulieren, ist die Bereitstellung einer manipulierbaren Uhr im Prüfungssystem notwendig, damit Interaktionen nicht die aktuelle Uhrzeit des Datenimports, sondern des simulierten Zeitpunktes erhält. Dies ist voraussichtlich einfach umsetzbar, jedoch nicht Teil dieses Datenimports, da die bestehende Codebasis des Prüfungssystems angepasst werden müsste.

Ein erster Testdurchlauf unterstreicht die Vorteile eines Testdatensatzes mit realistischer Größe (z. B. > 1000 Teilnehmende): Der Import der ersten Prüfungen dauerte ungewöhnlich lange. Die Untersuchung der Event-Logs deutete auf ein Skalierungsproblem im Prozessschritt zur Beendigung der Ausführungszeit der Prüfungen hin. Durch die frühzeitige Erkennung konnte das Problem vor dem Produktiveinsatz der Prüfungssystem-Version behoben und der Datensatz ohne auffällige Skalierbarkeitsprobleme importiert werden.

4 Fazit

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass sowohl die synthetische Datengenerierung auf Basis echter Daten, als auch die Entwicklung von Simulationsmodellen ein breites Anwendungsspektrum bieten. Obwohl beide Möglichkeiten jeweils keine One-Size-Fits-All Lösung für Datenschutz (z. B. durch Overfittung) oder die Erstellung realistischer Daten bieten können, scheint der Einsatz in Forschung und Entwicklung im Bildungsbereich vielversprechend.

Der vorgestellte Datenimport ermöglicht das detaillierte Betrachten der Daten in Korrektur- und Ergebnisansicht des Prüfungssystems und das Testen grobgranularer Assessment

Analytics Untersuchungen (vgl. [BR23]). Im Rahmen des Projektes NOVA:ea, gefördert durch die Stiftung Innovation in der Hochschullehre, wird ein Prüfungscockpit zur iterativen Verbesserung der E-Prüfungen entwickelt. Die hier vorgestellte technische Basis dient zur Bereitstellung synthetischer Daten für Forschung und Entwicklung. Synthetische Daten sollen künftig auch verwendet werden, um Datenpunkte zu ergänzen, die in aktuell verfügbaren Daten nicht enthalten sind.

Literaturverzeichnis

- [BI21] Bautista, P.; Inventado, P. S.: Protecting Student Privacy with Synthetic Data from Generative Adversarial Networks. In (Roll et al.): Artificial Intelligence in Education, Lecture Notes in Computer Science. Bd. 12749. Springer International Publishing, Cham, S. 66–70, 2021.
- [Br23] Breuer, M. et al.: AxEL - Eine modulare Softwarekomponente für ein dediziertes E-Prüfungssystem zur Generierung von xAPI Statements für Assessment Analytics : 20. Fachtagung Bildungstechnologien (DELFI), S. 91-96, 2023.
- [Be16] Berg, A. M. et al.: The Role of a Reference Synthetic Data Generator within the Field of Learning Analytics. In: Journal of Learning Analytics Bd. 3 (2016), S. 107-128, 2016.
- [Co05] Cockburn, A.: Hexagonal architecture, 2005. URL <https://alistair.cockburn.us/hexagonal-architecture/>. - abgerufen am 2023-10-02.
- [El13] Ellis, C.: Broadening the scope and increasing the usefulness of learning analytics: The case for assessment analytics. In: British Journal of Educational Technology, S. 662-664, 2013.
- [JS22] Judel, S.; Schroeder, U.: EXCALIBUR LA - An Extendable and Scalable Infrastructure Build for Learning Analytics. In: 2022 International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT), S. 155–157, 2022.
- [KA23] Käser, T.; Alexandron, G.: Simulated Learners in Educational Technology: A Systematic Literature Review and a Turing-like Test. In: International Journal of Artificial Intelligence in Education, 2023.
- [Ko18] Kovanović, V. et al.: Understand students' self-reflections through learning analytics. In: Proceedings of the 8th International Conference on Learning Analytics and Knowledge. ACM, Sydney New South Wales Australia, S. 389–398, 2018.
- [Kn16] Knaub, A. V. et al.: Supporting faculty and staff to make better use of learning analytics data. In: 2016 Physics Education Research Conference Proceedings, American Association of Physics Teachers, Sacramento, CA, S. 188–191, 2016.
- [KHZ17] Kuzilek, J; Hlosta, M.; Zdrahal, Z.: Open University Learning Analytics dataset. In:

Scientific Data Bd. 4, Nature Publishing Group, Nr. 1, S. 170-171, 2017.

- [SL11] Siemens, G.; Long, P.: Penetrating the fog: Analytics in learning and education. In: EDUCAUSE review 46(5), S. 31-40, 2011.

Modularisierung als Schlüssel zur Skalierung

Erfahrungen aus der Entwicklung des E-Assessment-Systems JACK

Lukas Glaser¹ und Michael Striewe ²

Abstract: Bildungstechnologische Systeme, die in zeitlich begrenzten Projekten, konkreten Lehrveranstaltungen oder individuellen Qualifikationsvorhaben entwickelt werden, sind nicht immer für den universellen Einsatz geeignet. Soll der Einsatz dennoch deutlich über den ursprünglichen Anwendungsbereich hinaus skaliert werden, sind daher möglicherweise grundlegende Änderungen an der Software notwendig. Anhand von Erfahrungen aus der Entwicklung des E-Assessment-Systems JACK diskutiert der Beitrag, wie die systematische Umsetzung von Modularität in der fachlichen Architektur und dem Systemdesign die Skalierbarkeit eines Systems verbessern kann.

Keywords: E-Assessment, Skalierbarkeit, Modularität, Softwarearchitektur, Komponenten

1 Einleitung

Bildungstechnologische Systeme kommen in zahlreichen Bildungsinstitutionen zum Einsatz und spielen dort teilweise eine zentrale Rolle. Neben etablierten Systemen, die als fertige Softwareprodukte eingesetzt werden können, sind auch Systeme im Einsatz, die Gegenstand kontinuierlicher Forschung und Weiterentwicklung sind. Solche Systeme, die vielleicht initial im Rahmen von zeitlich begrenzten Projekten, konkreten Lehrveranstaltungen oder individuellen Qualifikationsvorhaben entwickelt worden sind, sind jedoch nicht notwendigerweise für den universellen Einsatz geeignet. Soll der Einsatz dennoch deutlich über den ursprünglichen Anwendungsbereich hinaus skaliert werden, sind daher möglicherweise grundlegende Änderungen an der Software notwendig. Ungünstige Designentscheidungen in einer frühen Phase der Entstehung der Software können diese Änderungen aufwändig machen, was die Skalierung möglicherweise ganz verhindert.

Anhand von Erfahrungen aus der Entwicklung des E-Assessment-Systems JACK diskutiert dieser Beitrag, wie die systematische Nutzung von Modularität in der fachlichen Architektur und dem Systemdesign die Skalierbarkeit eines Systems verbessert und zur Sicherstellung seines langfristigen Erfolgs beiträgt. Der Beitrag richtet sich primär an

¹ Universität Duisburg-Essen, paluno – The Ruhr Institute for Software Technology, Gerlingstraße 16, 45127 Essen, lukas.glaser@paluno.uni-due.de

² Universität Duisburg-Essen, paluno – The Ruhr Institute for Software Technology, Gerlingstraße 16, 45127 Essen, michael.striewe@paluno.uni-due.de,  <https://orcid.org/0000-0001-8866-6971>

diejenigen, die beim Entwurf eines Systems vor grundlegenden Designentscheidungen stehen und die Perspektive einer langfristigen Nutzung im Auge behalten wollen.

1.1 Verwandte Arbeiten und State-of-the-Art

Unter den Stichworten „Software Evolution“ [Re19] und „Long-living Software Systems“ [Du12] befasst sich die Forschung im Software Engineering mit dem Phänomen, dass grundlegende Änderungen an einer Software nötig sein können, um diese langfristig nutzen zu können. Fallstudien (z. B. [ZKH18]) zeigen, dass ein Umbau monolithischer Software hin zu einer modularen Architektur hilfreich oder sogar notwendig sein kann. Fallstudien aus der Bildungstechnologie (wie z. B. [SZG15], [St23a]) sind aber selten.

Modularität und Skalierbarkeit von Bildungstechnologie werden in der Literatur dagegen durchaus regelmäßig diskutiert (z. B. [Rö21], [Zs18], [Hi21]). Meist geht es in diesen Fällen jedoch nicht um das Verlassen des ursprünglichen Anwendungskontexts. Bußler et al. [Bu21] befassen sich mit der Langlebigkeit von Bildungstechnologie über das Projektende hinaus, fokussieren dabei aber insbesondere die IT-Infrastruktur und weniger die fachliche Architektur und das Systemdesign der Systeme.

2 Designentscheidungen zur Skalierung

2.1 Modularität der Inhalte

Zentrale Elemente zur Organisation von Inhalten in einem E-Assessment-System sind häufig *Aufgaben* als kleinste inhaltliche Einheiten, die von Lehrenden angelegt und von Lernenden bearbeitet werden. Im Laufe der Entwicklung und des Einsatzes von JACK wurden analog dazu zunächst auch zahlreiche verschiedene Aufgabentypen entwickelt. Dabei entstand in einigen Aufgabentypen der Wunsch, diese in Teilaufgaben unterteilen zu können. Um die technische Komplexität beherrschbar zu halten, erwies es sich als vorteilhaft, *Teilaufgaben* als kleinste inhaltliche und technische Einheit zu betrachten und beliebige Kombinationen von Teilaufgabentypen zuzulassen, anstatt nur in bestimmten Aufgabentypen bestimmte Kombinationen zu ermöglichen.

Jede Aufgabe ist demnach bereits modular und besteht aus einer oder mehreren Teilaufgaben. Jeder Teilaufgabentyp ist ein in sich geschlossenes Modul mit einer gleichförmigen Schnittstelle nach außen, das jeweils eigene Datenmodelle, GUIs und Geschäftslogik implementiert. Das Datenmodell definiert, wie Aufgabendefinitionen und Einreichungen persistiert werden. Die GUIs formen grafische Schnittstellen zur Aufgabendefinition (z. B. die Definition von Eingabefeldern) und zur Einreichung (z. B. über einen Formeleditor). In der Geschäftslogik wird das Bewerten von Einreichungen gesteuert und Feedback generiert (z. B. anhand einer Feedbackregel für ein bestimmtes Eingabefeld).

Technisch wird die Modularisierung über Vererbung und abstrakte Oberklassen sowohl für die Aufgabendefinition als auch die Einreichungen gelöst. Derzeit werden 11 verschiedene Module angeboten, darunter generische Typen wie Multiple-Choice und spezielle Typen für Programmier- und Modellieraufgaben (z. B. Java und UML). Dabei kann ein Modul beliebig komplex sein; so wird beispielsweise bei Programmieraufgaben der eingegebene Code an Microservices für statische Analysen und zum Testen gegen Testfälle gesendet (siehe Abschnitt 2.4). Durch die gleichförmige Schnittstelle aller Typen von Aufgabenteilen stehen generische Eigenschaften wie z. B. die Einstellung des Punktegewichts in Bezug auf die gesamte Aufgabe oder Funktionen wie beispielsweise die Möglichkeit, Hinweise anzufordern, automatisch in allen Typen zur Verfügung.

Organisatorisch werden Aufgaben in Ordnern abgelegt, die jedoch nur eine organisatorische und keine inhaltliche Funktion haben. Als übergeordnetes Konzept zur Zusammenfassung von Aufgaben dienen stattdessen *Kurse*. In diese können Aufgaben entweder fest oder basierend auf einer Auswahl aus Ordnern zugewiesen werden. Dadurch wird die Wiederverwendung von Aufgaben in mehreren Kursen ermöglicht.

2.2 Modularität von Präsentation und Zugriff

Die Struktur aus Teilaufgaben, Aufgaben und Kursen ist für den Zugriff aber noch nicht ausreichend modular. Würden Einstellungen für den Zugriff direkt im Kurs getroffen, kann derselbe Kurs nicht in verschiedenen Kontexten wiederverwendet werden. Es gibt aber Situationen, bei denen dies erforderlich ist, z. B. bei einem Kurs, der in mehreren Klausuren verwendet wird, die unterschiedliche Einstellungen (z. B. Zeitlimits) haben.

Aus diesem Grund ist auch die Präsentation für Lernende in JACK modularisiert ausgelegt. Mit den sogenannten *Kursangeboten* wird eine zusätzliche Ebene über Kursen geschaffen, die den Zugriff regelt. Ein Kursangebot besteht aus drei konfigurierbaren Modulen: Das *Anmeldungsmodul* bietet typische Features, wie die Begrenzung von Plätzen, eine Warteliste und die Auswahl zwischen Terminen. Über das *Bearbeitungsmodul* wird ein Kursangebot mit einem Kurs verknüpft. Für unterschiedliche Einsatzzwecke kann die Bearbeitungssicht detailliert konfiguriert werden, u. a. kann ein Zeitlimit zugeschaltet werden, Feedback oder die Anzeige von Punktzahlen komplett deaktiviert werden oder das Wiederholen des Kurses erlaubt werden. Das *Reviewmodul* regelt den Zugriff nach Beenden des Kurses. Wird es zugeschaltet, können sich Lernende je nach Einstellung ihre Eingaben, erreichte Punktzahlen und Feedback anzeigen lassen.

Mit den drei Modulen sind beliebige Kombinationen möglich, die verschiedenen individuellen Anforderungen von Lehrenden Rechnung tragen. Das alleinige Nutzen des Anmeldungsmoduls wird beispielsweise für die Termineintragung zu mündlichen Prüfungen genutzt. Das Bearbeitungsmodul alleine wird ohne Beschränkungen wie Zeitlimits häufig für offene Übungskurse verwendet. Alle drei Module zusammen mit zeitlichen Beschränkungen werden dafür genutzt, dass sich Lernende zunächst für eine

Prüfung anmelden, erst zu einem späteren Zeitpunkt (ggf. in Präsenz) den Kurs bearbeiten und nach der Abgabe direkt ihre Ergebnisse sehen können.

2.3 Modularität von Rollen und Rechten

JACK wird sowohl für formative Assessments (z. B. Übungsaufgaben zur freien Bearbeitung) als auch für summative Assessments (z. B. in Klausuren) verwendet. Letzteres stellt besondere Anforderungen an das System, da Daten über Prüfungen und Prüflinge einem besonderen Schutz unterliegen [FH12]: Zu jedem Zeitpunkt muss sichergestellt werden, dass kein unbefugter Zugriff auf Prüfungsdaten stattfindet; außerdem sollen sensible Informationen nur einem kleinstmöglichen Personenkreis zugänglich sein. Ein typischer Anwendungsfall ist das Erstellen oder Testen von Aufgaben durch studentische Hilfskräfte. Diese dürfen zwar auf die Konfiguration der Aufgaben zugreifen, jedoch nicht auf Einreichungen, die im Kontext einer Prüfung angefallen sind.

Skaliert man ein System über den Kontext eines einzelnen Lehrstuhls hinaus, ergeben sich zwei Herausforderungen: Erstens müssen Lernende in der Lage sein, als Hilfskraft an einem Lehrstuhl Prüfungsinhalte zu erstellen, während sie gleichzeitig an anderer Stelle als „normale“ Lernende an Übungen und Prüfungen teilnehmen. Zweitens sind Aufgabenverteilungen und daraus resultierende Berechtigungen nicht bei allen nutzenden Lehrstühlen identisch, so dass es keine einheitliche Definition von Rollen oder Berechtigungsleveln geben kann.

JACK implementiert deshalb ein fein-granulares Rechtssystem: Es existieren fünf partiell unabhängige Aspekte (Lesen, Erweitertes Lesen, Schreiben, Bewerten, Verwalten), die jeweils bestimmte Ansichten und Aktionen freischalten. Pro Ordner kann jedes Recht individuell an Accounts oder Accountgruppen vergeben werden. Für einen Account ohne besondere Rechte auf einem Objekt gilt die Sicht für Lernende.

Technisch werden vergebene Rechte als gesetzte Bits gespeichert. Diese Lösung ist nicht nur schlank in der Datenspeicherung, sondern ermöglicht auch eine flexible Erweiterung, falls ein weiterer Aspekt durch ein eigenes Recht abgebildet werden soll. Im Sinne von Access Control Lists werden die vergebenen Rechte pro Ordner gespeichert. Alternativ könnten Rechte auch pro Account gespeichert werden. Typischerweise werden jedoch für jeden Ordner Rechte definiert sein, während viele Accounts keine Rechte haben werden, so dass der gewählte Weg effizienter ist.

2.4 Modularität der Systemarchitektur

Schon die erste Version von JACK enthielt eine modulare Systemarchitektur, um langlaufende Vorgänge bei der Bewertung von Programmieraufgaben als asynchrone Prozesse in separate Komponenten auslagern zu können und die Sicherheit des Systems zu erhöhen [St16]. Daraus ergibt sich bereits eine Skalierbarkeit bei steigender Last, indem zusätzliche Instanzen der benötigten Komponenten gestartet werden können, um den

Durchsatz des Systems zu erhöhen. Gleichzeitig erleichtert dies die Wartung des Systems bei steigender Nutzung: Je mehr unterschiedliche Nutzungen auf dem System stattfinden, umso unwahrscheinlicher wird es, ein geeignetes Zeitfenster zu finden, in dem das System zur Wartung heruntergefahren werden kann. Separate Komponenten können dagegen unabhängig vom übrigen Systembetrieb ausgetauscht werden [Dr17]. Daher wurden in jüngeren Versionen von JACK auch synchrone Prozesse auf die Nutzung von Microservices umgestellt und in separate Komponenten ausgelagert. Diese können nun ebenfalls unabhängig vom Kernsystem aktualisiert und bei hoher Last repliziert werden.

Neben der Skalierung in Bezug auf Last und Nutzungsumfang hilft diese Modularität auch bei der Skalierung des Entwicklungsprozesses und des Entwicklungsteams. Von allen Microservices laufen Instanzen im internen Netzwerk des Entwicklungsteams und müssen daher nicht auf jedem Entwicklungsrechner betrieben werden. Viele Microservices sind für die meisten Anwendungsszenarien zudem optional (da sie z. B. lediglich die Bewertung in einem bestimmten Aufgabentyp vornehmen), sodass selbst ohne Verfügbarkeit dieser Microservices sinnvoll an dem System gearbeitet werden kann. Umgekehrt können neue Features (z. B. neue Bewertungsverfahren) erst einmal unabhängig vom Gesamtsystem und ohne Rücksicht auf dessen Technologiestack entwickelt werden, um später über die vergleichsweise schmale und damit leicht zu realisierende Microservice-Schnittstelle angebunden zu werden [Th15]. Diese Art des Arbeitens ermöglicht es auch, Studierende im Rahmen von Studienarbeiten in die Entwicklung einzubeziehen, ohne dass dabei ein unverhältnismäßig hoher Einarbeitungs- und Betreuungsaufwand anfällt.

3 Diskussion und Fazit

Die vorgestellten Designentscheidungen betreffen Modularität und Skalierung an verschiedenen Stellen der fachlichen Architektur und des Systemdesigns. In nahezu allen Fällen ergaben sich die Entscheidungen aus Anforderungen, die erst durch den langfristigen und wachsenden Einsatz entstanden. Umgekehrt hat sich das Fehlen von Modularität als Hindernis für die weitere Entwicklung des Systems erwiesen, das – wenn überhaupt – nur mit hohem Aufwand überwindbar war. Die Erstellung eines modularen Systemdesigns war jedoch ebenfalls mit großem Aufwand verbunden. Teilweise haben sich Entscheidungen zur Modularisierung rückblickend sogar als falsch erwiesen und mussten überarbeitet werden [St23a]. Dieser jeweils einmalige Aufwand erscheint jedoch gerechtfertigt, da durch die Modularität auch komplexe Erweiterungen (z. B. [PS19], [St23b]) mit vergleichsweise geringem Aufwand umgesetzt werden konnten.

Literaturverzeichnis

- [Bu21] Bußler, D.; Lucke, U.; Strickroth, S.; Weihmann, L.: Managing the Transition of Educational Technology from a Research Project to Productive Use. In: Proceedings of the Software Engineering 2021 Satellite Events, 2021.

- [Dr17] Dragoni, N.; Giallorenzo, S.; Lafuente, A. L.; Mazzara, M.; Montesi, F.; Mustafin, R.; Safina, L.: Microservices: Yesterday, Today and Tomorrow. In: Present and Ulterior Software Engineering, Springer, Cham. S. 195-216, 2017. https://doi.org/10.1007/978-3-319-67425-4_12
- [Du12] Durdik, Z.; Klatt, B.; Koziolok, H.; Krogmann, K.; Stammel J.; Weiss, R.: Sustainability guidelines for long-living software systems. In: 28th Int. Conf. on Software Maintenance (ICSM), Trento, Italy. S. 517-526, 2012. <https://doi.org/10.1109/ICSM.2012.6405316>
- [FH12] Franke, P.; Handke, J.: E-Assessment. In: E-Learning, E-Teaching und E-Assessment in der Hochschullehre, Oldenbourg Wissenschaftsverlag, Kapitel 6, 2012. <https://doi.org/10.1524/9783486716849.147>
- [Hi21] Hinrichs, T.; Bureau, H.; von Pilgrim, J.; Schmolitzky, A.: A Scaleable Online Programming Platform for Software Engineering Education. In: Proceedings of the Software Engineering 2021 Satellite Events, 2021.
- [PS19] Pobel, S.; Striewe, M.: Domain-Specific Extensions for an E-Assessment System. In: Advances in Web-Based Learning - ICWL 2019, Springer, Cham. S. 327-331, 2019. http://doi.org/10.1007/978-3-030-35758-0_32
- [Re19] Reussner, R.; Goedicke, M.; Hasselbring, W.; Vogel-Heuser, B.; Keim, J.; Martin, L. (Hrsg.): Managed Software Evolution, Springer, 2019. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-13499-0>
- [Rö21] Röpke, R.; Drury, V.; Schroeder, U.; Meyer, U.: A Modular Architecture for Personalized Learning Content in Anti-Phishing Learning Games. In: Proceedings of the Software Engineering 2021 Satellite Events, 2021.
- [St16] Striewe, M.: An architecture for modular grading and feedback generation for complex exercises. Science of Computer Programming, Volume 129, S. 35-47, 2016. <http://doi.org/10.1016/j.scico.2016.02.009>
- [St23a] Striewe, M.: Architectural revision of the e-assessment system JACK. In: Companion Proc. 16th Europ. Conf. on Software Architecture (ECSA 2022) Tracks and Workshops, Prague, Czech Republic. 2023. https://doi.org/10.1007/978-3-031-36889-9_3
- [St23b] Striewe, M.: Strukturformeln für Moleküle zeichnen und differenziertes Feedback erhalten: Eine integrierte Lösung im Rahmen des E-Assessment-Systems JACK. In: 21. Fachtagung Bildungstechnologien (DELFI), Aachen, S. 273-274, 2023. <https://doi.org/10.18420/delfi2023-52>
- [SZG15] Striewe, M.; Zurmaar, B.; Goedicke, M.: Evolution of the E-Assessment Framework JACK. In: Gemeinsamer Tagungsband der Workshops der Tagung Software Engineering 2015, Dresden, Germany. S. 118-120, 2015.
- [Th15] Thönes, J.: Microservices. IEEE Software, 32(1), S. 113-116, 2015. <https://doi.org/10.1109/MS.2015.11>
- [ZKH18] Zirkelbach, C.; Krause, A.; Hasselbring, W.: On the Modernization of ExplorViz towards a Microservice Architecture. In: Combined Proceedings of the Workshops of the German Software Engineering Conference 2018. S. 39-42, 2018.

- [Zs18] Zschaler, S.; White, S.; Hodgetts, K; Chapman, M.: Modularity for Automated Assessment: A Design-Space Exploration. In: Combined Proceedings of the Workshops of the German Software Engineering Conference 2018. S. 57-61, 2018.

**Workshop 5: Open Science in den Bildungstechnologien -
Zur Publikation und Begutachtung von Forschungsdaten
inkl. Software der DELFI**

Open Science in den Bildungstechnologien: Zur Publikation und Begutachtung von Forschungsdaten inklusive Software im Rahmen der DELFI

Natalie Kiesler ¹ und Daniel Schiffner ²

Abstract: Der Workshop des Arbeitskreises Open Science zielte darauf ab, gemeinsam mit der Fachcommunity mögliche Verfahren zur Begutachtung von Forschungsdaten (inklusive Software) aus dem Kontext Bildungstechnologien zu erörtern. Dazu gehören sowohl die Entwicklung realistischer und nachvollziehbarer Anforderung an die Publikation von Forschungsdaten, als auch Review Richtlinien für zukünftige DELFI Programmkomitees. Weiterhin war es das Ziel, die Vor- und Nachteile neuer Publikationsformate gegeneinander abzuwiegen und zu diskutieren. Methodisch wurde im Workshop vor allem die Diskussion mit den Teilnehmenden angestrebt, sodass die Umsetzbarkeit neuer Anforderungen im Fokus blieb. In dem vorliegenden Beitrag werden die Ergebnisse des halbtägigen Workshops zusammengefasst.

Keywords: Open Science, FAIR Prinzipien, Software, Forschungsdaten, Review Kriterien, Publikationsformate

1 Einleitung

Die Veröffentlichung von Forschungsdaten im Kontext von Bildungstechnologien gestaltet sich nach wie vor als große Herausforderung für Forscherinnen und Forscher. Die Berichtslegung ist mehrheitlich auf natürliche Sprache ausgelegt. Hohe Anforderungen an Code-Qualität, Dokumentation und beispielsweise Tests verhindern die zeitnahe Publikation und den Austausch von Forschungsdaten inklusive Software. Selbst im Rahmen der Fachcommunity [Ch22a] und speziell der DELFI Fachtagung sind bisher keine Richtlinien oder Verfahren zur Begutachtung von Software und/oder IT-Infrastruktur etabliert. Zum einen sind Forschende nicht verpflichtet, ihre Daten bereitzustellen, dementsprechend schwierig gestaltet sich die Suche danach [Ki23]. Zum anderen ist die Begutachtung abgegebener Daten durch Peers in der Regel optional [KS22, KS23]. Eine aktuelle Untersuchung der DELFI Beiträge zwischen 2018 und 2022 zeigt den Umgang der DELFI-Community mit Forschungsdaten und Softwareartefakten [MS23]. Aus der Studie geht unter anderem hervor, dass nur ein Bruchteil der Forschungsdaten verfügbar gemacht wurde. Vor dem Hintergrund der Anforderungen im

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>

Umgang mit Forschungsdaten (z.B. gemäß der Deutschen Forschungsgemeinschaft [Df22]), den FAIR Prinzipien [Wi16] und deren Übertragung auf Software-Artefakte [Ba22; Ch22b; JHK21; KGH21] wird die Aktualität der Herausforderungen deutlich. Software ist kein Beiwerk im Forschungsprozess, sondern kann als Methode oder Ergebnis einen wesentlichen Beitrag im Erkenntnisprozess leisten [C119]. In der DELFI Community ist der enorme Handlungsbedarf bereits bekannt. So wurde im Dezember 2022 der Arbeitskreis Open Science mit dem Ziel der Verbesserung der Open Science-Kultur in unserer Fachgruppe gegründet. Als einen der ersten Schritte braucht es transparente und realistische Verfahren zur Publikation, die der Realität von Forschenden in den Bildungstechnologien gerecht werden und der Schnellebigkeit der Disziplin Rechnung tragen. In diesem Kontext wurde erste *Workshop Open Science* des gleichnamigen Arbeitskreises konzipiert und durchgeführt.

2 Ziele des Workshops

Im Rahmen des Workshops wurden gemeinsam mit der Fachcommunity die folgenden Ziele aufgearbeitet:

1. Entwicklung realistischer, und nachvollziehbarer Anforderungen an die Publikation von Software im Rahmen der DELFI.
2. Konzeption von Peer-Review Richtlinien für das DELFI Programmkomitee.
3. Abwägung/Gestaltung neuer Publikationsformate/Tracks im Rahmen der DELFI.

Als Ergebnis wurde ein gemeinsames Verständnis über diese Leitfragen angestrebt.

3 Workshop Ablauf (3h)

Der halbtägige Workshop wurde durch den Austausch mit den Teilnehmenden geprägt. Der genaue Ablauf gestaltete sich wie in der Tabelle dargestellt.

Uhrzeit	Aktivität
9:00 Uhr	Einführung in die Thematik: Impulse aus der Literatur, und Einblicke in bestehende Reviewverfahren anderer Konferenzen
9:30 Uhr	World Café mit 3 Thementischen zu jeweils einem der drei Workshopziele (á 25 Minuten, gruppenweiser Wechsel)
10:45 Uhr	Kaffeepause
11:15 Uhr	Ergebnispräsentation aus den World Café Gruppen sowie Erarbeitung konkreter Handlungsanweisungen im Plenum
12:15 Uhr	Zusammenfassung und Abschluss

12:30 Uhr	Workshop Ende
-----------	---------------

4 Ergebnisse des Workshops

Erste Diskussionen wurden noch während des World Cafés, und speziell während der gruppenweisen Ergebnispräsentationen dokumentiert. Die Zusammenfassung durch die Workshopleitung wird nachfolgend präsentiert, und durch die Fotodokumentation der Flipcharts der jeweiligen World Café Gruppen illustriert.

4.1 Anforderungen an die Publikation von Forschungsdaten

Der erste Thementisch des World Cafés fokussierte die Entwicklung realistischer und nachvollziehbarer Anforderungen an die Publikation von Forschungsdaten inklusive Software im Rahmen der DELFI. Dabei wurde eine Reihe von Aspekten beleuchtet und abgewogen.

Anonymisierung. Ganz grundsätzlich wurde darüber diskutiert, ob die Anforderungen an Forschungsdaten und Code denen von wissenschaftlichen Einreichungen in natürlicher Sprache/Textform ähneln sollten. Dabei wurde unter anderem die Frage aufgeworfen, ob die Einreichung von Daten und Code anonym erfolgen sollte. Die Teilnehmenden stellten fest, dass eine einhundertprozentige Anonymisierung oft nicht möglich ist, da z.B. die Größe und die Forschungscommunity eine Rolle spielt, und Forschungsschwerpunkte einzelner Personen bekannt sind. Bei Software könnte es insofern sinnvoll sein, den Kontakt zwischen Reviewenden und Autor*innen aufrechtzuerhalten, und kein doppelt blindes Review anzustreben. In diesem Zusammenhang wurde ein gesonderter Review-Prozess speziell für Forschungsdaten vorgeschlagen. Dadurch könnten spezielle Reviewende mit besonderer Expertise für zu veröffentlichende Forschungsdaten den jeweiligen Einreichungen zugeordnet werden. Dazu sind jedoch die Expertise und Bereitschaft der Reviewenden vorab differenzierter zu erfassen.

One Size Does Not Fit All. Die Teilnehmenden des Workshops betrachteten auch die Ziele der neu zu formulierenden Anforderungen. Dabei kam die Frage auf, ob das Ziel darin besteht, eingereichte (neue) Forschungsdaten zu verifizieren oder die Wiederverwendung von bereits existierenden Lösungen zu fördern. Die Anforderungen an Einreichungen sollten dementsprechend gestaltet werden, und verschiedene Fälle diskriminieren. So sind zum Beispiel Unterscheidungen notwendig für den Fall, dass Forschungsdaten von anderen Forschenden und Entwickler*innen verwendet werden. Dieser Fall benötigt Hinweise zum Zitieren und Beschreiben der fremden Daten. Bei der Erhebung und Nutzung eigens erhobener Daten greifen im Gegensatz dazu andere Anforderungen.

Formale Anforderungen. Reviewende sollten vorrangig überprüfen, ob die eingereichten Forschungsdaten vorhanden sind und ob sie den im Papier behaupteten Informationen entsprechen. Es sollte dabei weniger um die Korrektheit und Qualität der Daten gehen, sondern vielmehr die Gelegenheit geschaffen werden, Feedback zu Stärken und Schwächen zu geben bzw. zu erhalten. Hintergrund dazu sind unter anderem praktische Überlegungen wie die (beschränkte) Ausführbarkeit von Skripten oder Testfällen und die Verfügbarkeit spezieller Hardware (z.B. VR Brillen). Da diese nicht von allen Reviewenden erwartet werden kann, ist die Passung von reviewenden Personen und Autor*innen umso wichtiger. Weiterhin wurde die Bewertung der Anforderungen basierend auf Ja/Nein-Fragen und Skalen vorgeschlagen. Die Erfassung bzw. Konzeption von relevanten Metadaten (z.B. Datenformate, Bereinigungen, Dokumentation, Anonymisierung, etc.) für die Bildungstechnologien könnte hierbei eine wichtige Rolle spielen, und die Formulierung von Anforderungen unterstützen. Ein weiterer essenzieller Aspekt dabei ist die Notwendigkeit eines gewissen Grundvertrauens in Autor*innen. Dieses Grundvertrauen sollte ähnlich wie bei Manuskript-Einreichungen auch gegenüber Forschungsdaten gelten.

Offenheit der Forschungsdaten. Es wurde angemerkt, dass selbst erstellte Software zunehmend als Teil der Forschungsmethodik oder Implementierung betrachtet werden sollte. Daher wird die Publikation der Forschungsdaten als notwendig erachtet. Insofern

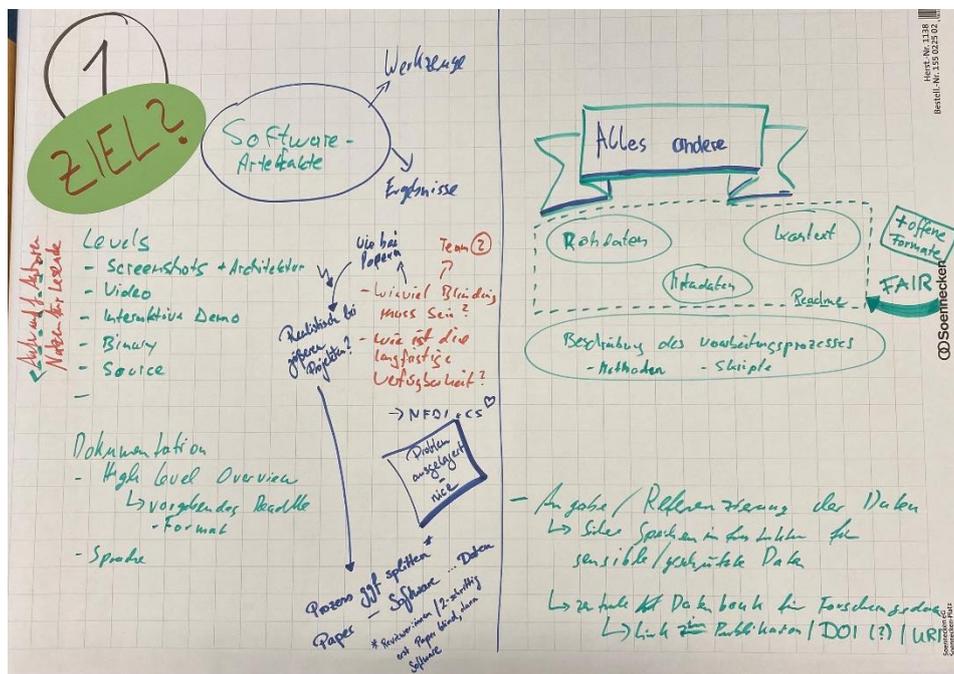


Abbildung 1: Ergebnis der ersten Thementischs zu den Anforderungen an die Publikation von Forschungsdaten (inklusive Software)

geht die Verfügbarkeit ausführbarer Lösungen, deren Dokumentation, und die Verpflichtung zur Datenabgabe, auch wenn sie noch nicht veröffentlicht sind, als weitere Anforderung aus dem Thementisch hervor.

Kommunikation der Anforderungen. In der Diskussion wurde immer wieder betont, dass die Anforderungen von zentraler Bedeutung sind und nicht individuell von Autor*innen und Reviewenden festgelegt werden sollten. So könnten Reviewende beispielsweise zu den speziellen Anforderungen instruiert/geschult werden. Gleichzeitig sollte der Call for Papers und die Website der DELFI angepasst werden. Auch Beispiele für Anforderungen in Form von Screenshots, Demos, Binärdateien und Quellcode sollten den Autor*innen und Reviewenden bereitgestellt werden.

Insgesamt ergab die Diskussion eine Vielzahl von Ansichten und Ideen zur Gestaltung von Anforderungen für die Veröffentlichung von Forschungsdaten und Software, wobei die Herausforderungen und Besonderheiten unterschiedlicher Beitragsformen berücksichtigt wurden.

4.2 Konzeption von Peer-Review Richtlinien

An dem zweiten Thementisch lag der Schwerpunkt auf der Konzeption von Peer-Review Richtlinien für (zukünftige) DELFI Programmkomitees.

Anpassungen im Peer-Review Prozess. Wie schon in 4.1 ausgeführt, wurde auch an diesem Thementisch die Anpassung des Peer-Review Prozesses diskutiert. Bereits im sogenannten Paper-Bidding sollten Reviewende, die besonders für die Überprüfung der Software geeignet sind, erfasst werden, um Reviews von Forschungsdaten gezielt unterstützen zu können. In einer lebhaften Diskussion wurde außerdem die Einführung einer Rebuttal-Phase vorgeschlagen, insbesondere wenn es um die Einreichung von Forschungsdaten und Software geht, und Reviewende ggf. noch nicht mit den neuen Anforderungen an Forschungsdaten vertraut sind. Dies würde es den Autor*innen ermöglichen, zusätzliche Informationen bereitzustellen und den Review-Prozess zu verbessern. In diesem Zusammenhang wurde auch die enorme Schwierigkeit bei der Herabstufung oder Ablehnung von Beiträgen erörtert. Eine Rebuttal-Phase könnte insofern das gegenseitige Verständnis und die Qualität der Einreichungen insgesamt verbessern. Daneben wurde auch ein verstärkter Fokus auf die Diskussionsphase im Review-Prozess vorgeschlagen. Eine asynchrone Diskussion zwischen den Reviewenden könnte ebenso zu einem besseren Verständnis der Einreichungen, deren Stärken und Schwächen beitragen, und qualitativ hochwertigeres Feedback für die Autor*innen generieren.

Qualitätsanforderungen im Peer-Review. Zunächst wurde im Workshop die Frage aufgeworfen, ob es bereits standardisierte Kriterien für die Überprüfung von Forschungsdaten und Software gibt oder ob solche Merkmale neu entwickelt werden sollten. Die Orientierung an anderen Konferenzen, welche Software veröffentlichen,

erschien den Teilnehmenden als überaus sinnvoll. Zudem wurde betont, dass der Fokus im Kontext der DELFI zunächst auf der Festlegung von Basiskriterien liegen sollte. Damit sollte die Bewertung von Einreichungen möglich sein, ohne in Detailfragen zu verfallen. Sprich, Reviewende sollten Qualitätsmerkmale von Daten bewerten können, ohne zwangsläufig deren Kontext und genaue Verwendung zu verstehen. Dies könnte durch das Überprüfen von Klickpfaden und Anweisungen erfolgen, um sicherzustellen, dass die in

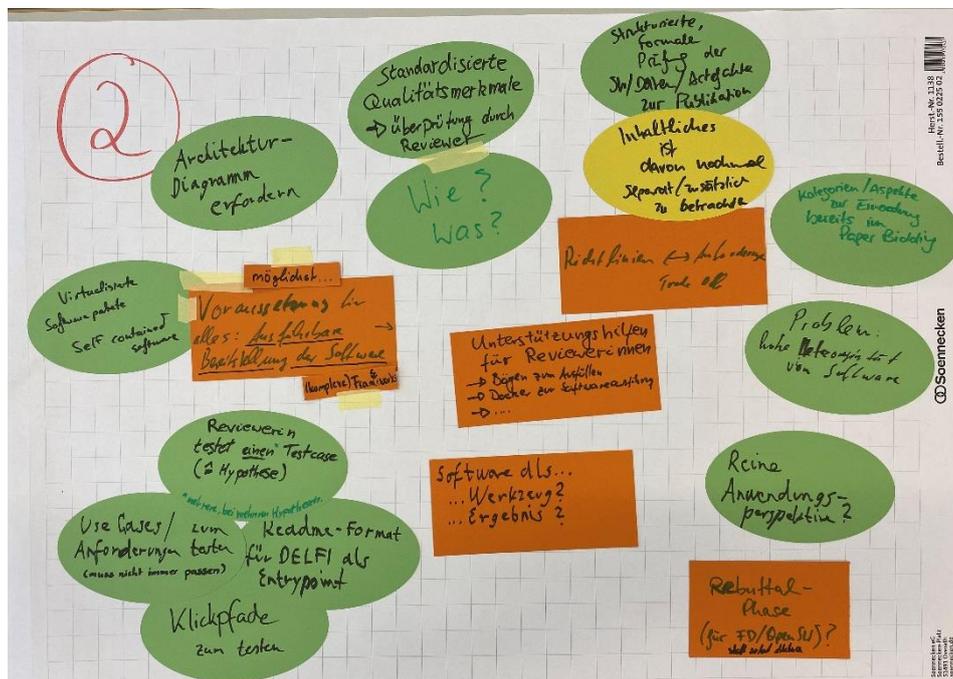


Abbildung 2: Ergebnis der zweiten Thementischs zur Konzeption von Peer-Review Richtlinien für Forschungsdaten (inklusive Software)

den Papieren gemachten Aussagen korrekt sind. Erneut wurde die Zertifizierung von intersubjektiv nachvollziehbaren Kriterien gefordert. Reviewende sollten sich darauf konzentrieren, sachliche Kriterien (z.B. durch elaborierte Checklisten) zu überprüfen, anstatt nach Fehlern im Code zu suchen. Das Ziel des Peer-Reviews ist lediglich die Überprüfung, ob die Einreichungen den Open-Science Kriterien entsprechen. In Ergänzung dazu wurde die Notwendigkeit des Vertrauens in die Forschenden wiederholt. Insofern wurde es infrage gestellt, inwieweit Forschungsdaten „getestet“ bzw. qualitativ „evaluiert“ werden müssen. Derartige Tests sind außerdem erst dann möglich, wenn den reviewenden Personen die entsprechende Hard- und Software zur Verfügung steht.

Verfügbarkeit und Offenheit der Forschungsdaten. Es wurde diskutiert, inwieweit die Software offen sein sollte und wie viel Offenheit gefordert werden kann. In bestimmten

Fällen kann beispielsweise aufgrund sensibler Daten nur ein Teil veröffentlicht werden. Wichtig ist es jedoch, dass im Peer-Review Prozess bewertet wird, dass alle Daten, die im Beitrag erwähnt und angekündigt werden, vorhanden sind. Kleinere Mängel sollen dabei nicht zur Ablehnung führen. Stattdessen geht es darum, dass sich Autor*innen zu Open-Science Kriterien (wie z.B., Verfügbarkeit einer Dokumentation, Lizenzierung, Lauffähigkeit, Freigabe durch Ethikkommission, Anonymisierung, Vollständigkeit, Nachvollziehbarkeit, etc.) bekennen, und Reviewende die Erfüllung dieser Kriterien überprüfen. Um ein besseres Verständnis für die Funktionen der Forschungsdaten inklusive Software zu erhalten, wurden Demos und Video-Tutorials als Ergänzung zur Einreichung vorgeschlagen. Diese könnten zu mehr Transparenz beitragen und durch Metadaten zu den Forschungsdaten ergänzt werden.

Insgesamt legte die Diskussion Wert auf die Entwicklung von klaren und realistischen Kriterien, die den Anforderungen an die Veröffentlichung von Forschungsdaten und Software gerecht werden und gleichzeitig eine effiziente und faire Überprüfung ermöglichen. Es war den Teilnehmern wichtig, dass Reviewende nicht in ihrer Rolle überfordert werden.

4.3 Gestaltung neuer Publikationsformate

Der dritte Tisch regte die Workshop-Teilnehmenden zur Abwägung und Gestaltung neuer Publikationsformate bzw. Tracks im Rahmen der DELFI an. Hierbei wurden verschiedene Aspekte diskutiert, die auch die verschiedenen Phasen vor und nach der Konferenz in den Blick nehmen.

Neue Publikationsformate und -tracks. Als grundsätzlich neue Formate wurden im Workshop der sogenannte Data Track sowie ein Software Track vorgeschlagen. Letzterer könnte beispielsweise als Langbeitrag (d.h. mit einem Umfang von 12 Seiten) eingereicht werden, vor allem dann, wenn eine Evaluation der Software durchgeführt wurde. Im Gegensatz dazu sind auch Kurzbeiträge denkbar, die lediglich die Daten oder Software (und z.B. deren Architektur) vorstellen, wenn diese in den wissenschaftlichen Kontext und Forschungsstand eingebettet sind.

Anpassung bestehender Publikationsformate und -tracks. Die klassischen Demobeiträge könnten durch eine Videoeinreichung oder ein Screencast/Tutorial mit Erläuterungen ergänzt werden, ähnlich einem Let's Play Video. Demobeiträge sollten zumindest durch ein Bild oder einen Screenshot illustriert werden, dafür muss unter anderem die Beschränkung auf zwei Seiten Text beendet werden. Ergänzend dazu sollte auch die Dokumentation des Quellcodes veröffentlicht werden. Dafür sollte den Autor*innen eine Handreichung vor der Einreichung zur Verfügung gestellt werden. Zudem sind klare Anforderungen für alle Tracks notwendig. Auch wenn Anforderungen bereits bestehen und dokumentiert sind, sollten Reviewende verstärkt daran erinnert werden. Good Practice Beispiele für die einzelnen Tracks können zudem helfen, allen

Beteiligten die Anforderungen an die einzelnen Tracks zu illustrieren und ins Gedächtnis zu rufen.

Neue Konferenzformate. Neben neuen Publikationsformaten wurde ein neues Format für die Konferenz selbst vorgeschlagen. Der sogenannte „Coder’s Workshop“ könnte intensive Diskussionen über technische Details und Erfahrungen basierend auf Einreichungen in den neuen Data oder Software Tracks ermöglichen. Das Ziel eines derartigen Formats ist zudem vermehrt Feedback für die Autor*innen, da dies im Rahmen der bisherigen Demo-Sessions nur eingeschränkt realisiert werden kann.

Auch an diesem Thementisch wurde deutlich, dass die DELFI-Konferenz verschiedene Formate und Medien effektiver integrieren könnte, um klare Richtlinien für Einreichungen bereitzustellen und die Sichtbarkeit und Qualität der veröffentlichten Forschungsdaten und -ergebnisse zu verbessern.

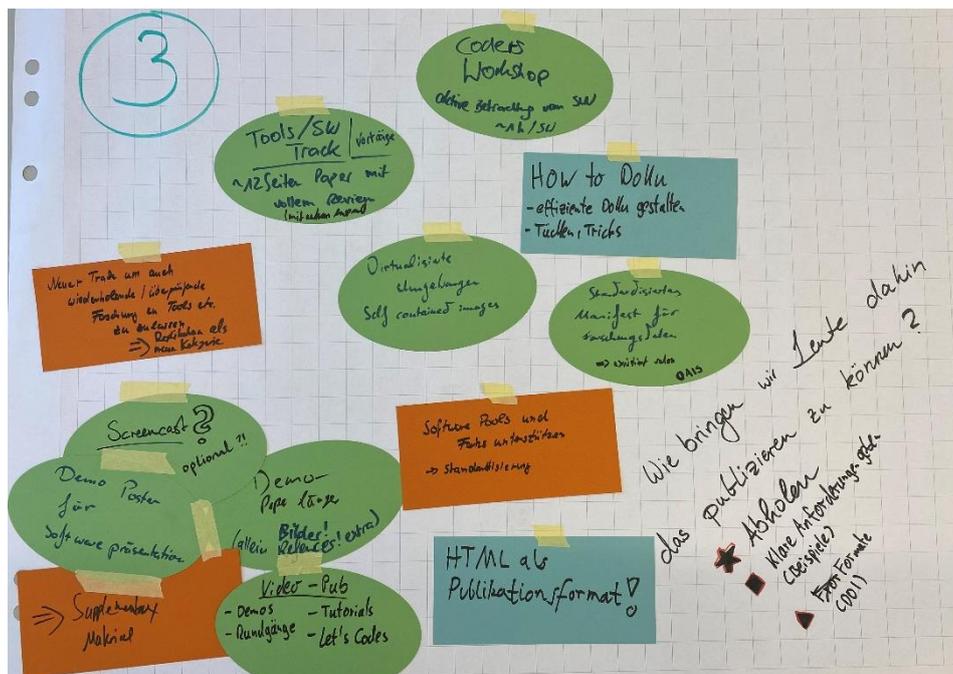


Abbildung 3: Ergebnis der dritten Thementischs zur Gestaltung neuer Publikationsformate und Tracks für Forschungsdaten (inklusive Software)

5 Zusammenfassung und Ausblick

Die erfolgreiche Durchführung des ersten *Open Science Workshops* im Rahmen der DELFI 2023 in Aachen lieferte eine ganze Reihe von Anregungen, Ideen und

Diskussionspunkten für den gleichnamigen Arbeitskreis der Gesellschaft für Informatik e.V. Dank der zwölf engagierten Teilnehmenden und regen Diskussionen konnten erste Eckpunkte als Konsens für neue Publikationsformen und -formate und deren Review in den Bildungstechnologien identifiziert werden.

Der Workshop brachte auch weitere Punkte zum Vorschein, die im weiteren Verlauf in Augenschein genommen werden müssen. Neben der offensichtlichen Öffnung des Einreichungsverfahrens (Rebuttal-Phase) sowie der Erweiterung um neue Tracks, sind die Herausforderungen der knappen Deadlines vor einer DELFI Konferenz zu berücksichtigen. Leitfäden und Handreichungen können nur einen beispielhaften Einblick geben, der durch die Forschung auch stetig weiterentwickelt wird. Gerade wenn es darum geht, vertrauensvoll mit Forschungsergebnissen umzugehen, muss die Community noch Lösungsvorschläge unterbreiten, sodass hier eine Öffnung in Richtung Open-Science realisiert werden kann. Final ist auch zu beachten, dass Reviewende in dem Prozess bestmöglich unterstützt werden, um eine offene, konstruktive Feedbackkultur zu wahren.

Der Arbeitskreis Open Science wird die genannte Thematik weiterverfolgen und eine weitere Öffnung der Bildungstechnologien anstreben. Neben Workshops auf der DELFI und der Mitwirkung bei der Gestaltung der DELFI Konferenz sind auch Umfragen zur Nutzung von Forschungsdaten und Forschungsergebnissen ein wichtiger Beitrag. Unsere Community und unser Arbeitskreis leben dabei von den Freiwilligen und Interessierten, die sich aktiv an der Gestaltung beteiligen und mit neuen Ideen unsere gemeinsame Zukunft formen.

6 Danksagung

Die Workshop-Leitung dankt dem Workshop-Komitee für die Unterstützung bei der Vor- und Nachbereitung des Workshops. Konkret waren dabei involviert (in alphabetischer Reihenfolge): Katarzyna Biernacka, Ulrike Lucke, Niels Pinkwart, René Röpke, Sandra Schulz, Sven Strickroth, und Michael Striwe.

Zudem bedankt sich die Workshopleitung ganz herzlich bei allen zwölf Teilnehmenden des Workshops für die aktive Mitgestaltung, Input, Ideen und Anregungen zum Thema. Die Teilnehmenden des Workshops umfassen (in alphabetischer Reihenfolge): Matthias Ehlenz, Joel Fuchs, Birte Heinemann, Yannic Jäckel, Tobias Johnen, Thimo Leonhardt, René Röpke, Frederic Salmen, Sven Strickroth, Michael Striwe, Soeren Roesges sowie Richard Werkes. Vielen herzlichen Dank für Ihre Mitwirkung.

Literaturverzeichnis

- [Ba22] Barker, M. et.al.: Introducing the FAIR Principles for research software. *Sci Data* 9, 622, 2022. DOI: 10.1038/s41597-022-01710-x
- [Ch22a] CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, <https://chi2022.acm.org/for-authors/presenting/papers/>, Letzter Zugriff: 17.02.2022.
- [Ch22b] Chue Hong, N. P. et.al.: FAIR Principles for Research Software (FAIR4RS Principles). RDA Recommendation. DOI: 10.15497/RDA00068
- [Cl19] Clément-Fontaine, M. et.al.: Encouraging a wider usage of software derived from research: Opportunity Note. Comité pour la science ouverte, 2019. DOI: 10.52949/4
- [Df22] Deutsche Forschungsgemeinschaft, https://www.dfg.de/foerderung/grundlagen_rahmenbedingungen/forschungsdaten/, Letzter Zugriff: 30.1.2023.
- [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.
- [Ki23] Kiesler, N.; Impagliazzo, J.; Biernacka, K.; Kapoor, A.; Kazmi, Z.; Ramagoni, S. G.; Sane, A.; Tran, K.; Taneja, S.; Wu, Z. Where's the Data? Exploring Datasets in Computing Education. In: *Proceedings of the ACM Conference on Global Computing Education Vol 2 (CompEd 2023)*. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA. <https://doi.org/10.1145/3617650.3624951>
- [KS22] Kiesler, N.; Schiffner, D.: On the Lack of Recognition of Software Artifacts and IT Infrastructure in Educational Technology Research. In: Henning, P. A., Striewe, M., Wölfel, M. (Hrsg.), 20. Fachtagung Bildungstechnologien (DELFI). Gesellschaft für Informatik e.V., Bonn, S. 201-206, 2022. <https://doi.org/10.18420/delfi2022-034>
- [KS23] Kiesler, N., Schiffner, D.: Why We Need Open Data in Computer Science Education Research. In: *Proceedings of the 2023 Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education V. 1 (ITiCSE 2023)*. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 348–353. <https://doi.org/10.1145/3587102.3588860>
- [MS23] Melkamu Jate; W.; Striewe, M.: Umgang der DELFI-Community mit Forschungsdaten und Softwareartefakten - Eine Erhebung auf Basis der Tagungsbände im Zeitraum 2018-2022. In: Röpke, R., Schroeder, U. (Hrsg.), 21. Fachtagung Bildungstechnologien (DELFI). Gesellschaft für Informatik e.V., Bonn, S. 167-172, 2023. <https://doi.org/10.18420/delfi2023-27>
- [Wi16] Wilkinson, M. D. et.al.: The FAIR Guiding Principles for scientific data management and stewardship. *Sci Data* 3, 160018, 2016. DOI: 10.1038/sdata.2016.18

**Workshop 6: KI-gestützte Studienplanung und
Kohortenverfolgung**

KI-gestützte Studienplanung und Kohortenverfolgung

Sven Judel¹ und René Röpke¹

Abstract: Dieser Workshop beschäftigte sich mit den Einsatzmöglichkeiten unterschiedlicher KI-Technologien in der Studienplanung und Kohortenverfolgung. Mit wachsenden Studierendenzahlen und einer zunehmenden Heterogenität der Studierendenschaft stehen Hochschulen vor großen Herausforderungen. Individuelle Studienverläufe und -profile, aber auch neuartige Lehr- und Lernkonzepte benötigen skalierende, personalisierbare Unterstützungsangebote. Durch die Exploration und Integration von KI in der Hochschulbildung können sowohl Studierende als auch Lehrende in ihren Aufgaben unterstützt werden. So kann KI sowohl in der Studienorganisation als auch der Kohortenverfolgung und -analyse eingesetzt werden. Im Rahmen dieses halbtägigen Workshops stellten Akteurinnen und Akteure Forschungsergebnisse vor und tauschten sich untereinander aus.

Keywords: Künstliche Intelligenz; Studienplanung, Kohortenverfolgung, Studienorganisation

1 Motivation und Inhalt

Lehren, Lernen und Prüfen finden im Kontext rasanten akademischen und gesellschaftlichen Wandels statt. Kennzeichnend hierfür ist die Digitalisierung sowohl der Kompetenzvermittlung mitsamt ihrer Prüfung als auch der Verwaltung von Studienprozessen. Studierende erzeugen dabei immer mehr Daten in den digitalen Systemen ihrer Hochschulen, darunter Moduleinschreibungen, Prüfungsanmeldungen und Leistungsartefakte in Campus-, Lernmanagement- oder Prüfungssystemen [If20]. Solche Daten werden im Kontext von Learning Analytics (LA) u.a. mit Methoden des Maschinellen Lernens und Data Mining analysiert [Ch12]. Zu den Zielen gehören die Klassifikation von Studierenden, Inhalten und Interaktionen [Sc12], die Analyse von Lernstrategien [Ma20] oder sozialer Lernnetzwerke [FKS11] sowie die Lernendenmodellierung [AKB19]. Dabei sind europaweit klare Trends und Herausforderungen bei der Einführung von LA an Hochschulen erkennbar [Ts20].

Hochschulen beginnen aktuell damit, das Potenzial KI-basierter Verfahren für Lehr- und Lernprozesse nicht nur in Forschungs- und Entwicklungsprojekten, sondern auch im realen Einsatz zu erproben [Be19]. Im Fokus steht dabei meist die Betrachtung von Lern- und Prüfungsprozessen [Za20]. Weniger Beachtung findet die Analyse übergreifender Studienverlaufsdaten, für die Daten aus verschiedenen Hochschulsystemen zusammengeführt werden [BEA15, Ba20]. Die Nutzung belastbarer Daten für

¹ RWTH Aachen, Lerntechnologien, {judel, roepke}@informatik.rwth-aachen.de

evidenzbasierte Studienberatung, Studienverlaufsempfehlungen oder Gestaltung von Studiengängen kann diese Aufgaben jedoch positiv beeinflussen [Hi20].

Gleichzeitig erleben Hochschulen eine soziodemografische Diversifizierung. Studierende unterscheiden sich immer stärker in ihren Eingangsprofilen, Bildungsbiografien und Lebenssituationen. Ebenso ermöglichen Hochschulen eine zunehmende Vielfalt im Studienangebot und den Ausgestaltungsmöglichkeiten in Studiengängen. Wahlbereiche, interdisziplinäre Angebote, zusätzliche Leistungen, kooperative Studiengänge und die Anerkennung extern erbrachter Leistungen führen vermehrt zu individualisierten Studienverläufen. Folglich werden die Wege zum Studienabschluss vielfältiger und komplexer. Generische Studienverlaufspläne können individuelle Planungsbedarfe oftmals nicht mehr zufriedenstellend abbilden.

An dieser Stelle können verschiedene KI-Technologien eingesetzt werden, um sowohl die Studienplanung und -organisation als auch die Kohortenverfolgung und evidenzbasierte Studiengangsgestaltung zu unterstützen. Bei der Exploration und Integration von KI-Technologien in der Hochschulbildung treten neben technischen auch didaktische und ethische Fragestellungen in den Vordergrund und es wird wissenschaftlicher, aber auch praxisorientierter Diskurs gefordert. So werden mit Förderung auf unterschiedlichen Ebenen derzeit zahlreiche Forschungs- und Entwicklungsvorhaben in diesem Bereich stark unterstützt (z. B. AIStudyBuddy [Wa22], VoLL-KI, KI:edu.nrw, Digital Mentoring). Deren erste Ergebnisse und Fortschritte sollten ausgetauscht und diskutiert werden. Der Workshop im Rahmen der DELFI 2023 schaffte eine Möglichkeit, über KI-Technologien im Einsatz zur Studienverlaufplanung und Kohortenverfolgung zu sprechen und den wissenschaftlichen Diskurs mitzugestalten.

2 Ablauf und Ergebnisse des Workshops

Der Workshop gliederte sich in zwei Phasen. In der ersten Phase wurde fünf Forschungs- und Entwicklungsvorhaben in Form von 10-minütigen Vorträgen vorgestellt. Anschließend konnten in einer ersten kurzen Diskussion Fragen gestellt werden, welche in der zweiten Phase des Workshops wieder aufgegriffen wurden, um sie zu vertiefen und weiterzudenken. In der zweiten Phase bildeten die Teilnehmenden fünf Gruppen um zu fünf Diskussionspunkten ihre Ansichten, Meinungen und Ideen zu teilen und zu sammeln. Im Fokus standen der Einfluss von digitaler Studienplanung und des Studienmonitorings auf den Studienerfolg, ethische und datenschutzrechtliche Dimensionen, Herausforderungen und potentielle Lösungsideen für die erfolgreiche Entwicklung um Umsetzung sowie weitere Entwicklungen von Funktionen und Tools.

Eine zentrale Frage die an den Stationen zum Einfluss auf den Studienerfolg aufkam war die nach der Definition von Studienerfolg. Studierenden sollte die Möglichkeit gegeben werden, für das Studium eigene Ziele zu setzen, deren Erreichen unterstützt und entsprechend gemessen werden kann. Dies sollte den Studierenden zurückgemeldet

werden um Selbstreflexionsprozesse anzuregen. Es wurde angemerkt, dass ein Studienabbruch nicht immer etwas Negatives sein muss und langfristig über die Unterstützung bei der Umorientierung (mit KI) nachgedacht werden könnte.



Abb. 1: Gesammelte Punkte zu Einflüssen auf den Studienerfolg

Die Diskussionen ethischer und datenschutzrechtlicher Dimensionen beinhalteten neben DSGVO-bezogenen Aspekten wie Opt-In/Opt-Out und Transparenz auch Themen des Bewusstseins, z.B. Bias-Kontrolle, Inklusion und Barrierefreiheit. Damit einhergehend wurde die Forderung nach einem frühen Einbezug der Ethik sowie betroffener Personen in Bezug auf Inklusion und Barrierefreiheit gestellt. Dies soll eine positive Zielsetzung ermöglichen und negative Nebenwirkungen antizipieren, um ihnen früh entgegenzuwirken.



Abb. 2: Gesammelte Punkte zu ethischen und datenschutzrechtlichen Dimensionen

Bei den Herausforderungen der erfolgreichen Entwicklung und Umsetzung wurden speziell Herausforderungen mit Daten identifiziert. Notwendige Daten zu ermitteln und deren Erhalt und Verarbeitung datenschutzrechtlich abzustimmen wurde als zeitintensiv benannt. Zudem müssen aufgrund der Datenvielfalt und mehrerer Standards viel Aufwand in die Zusammenführung investiert werden. Um nicht alle Lösungen selbst neu zu erfinden, sollte bestmöglich auf bestehenden Arbeiten aufgebaut werden. Jedoch berichteten die Teilnehmenden vermehrt von Problemen mit der Nutzbarkeit von Quellcode, dem bei neuen Projekten u. a. durch angemessene Dokumentation und die Sicherstellung der Wartbarkeit entgegengewirkt werden soll. Es muss z. B. klar sein, wie zukünftig eventuell veraltete Bibliotheken aktualisiert und ersetzt werden können. Ein Transfer eines Forschungsprojekts in die Open Source Community hätte das Potential die Pflege zu unterstützen. Um die Akzeptanz von Lösungen zu fördern, sollten diese u. a. eine gute Usability gewährleisten und für die Zielgruppen verständlich sein. Dies kann die Vermittlung von Data und AI Literacy Kenntnissen beinhalten.



Abb. 3: Gesammelte Punkte zu Herausforderungen der erfolgreichen Entwicklung und Umsetzung

Bei der Sammlung von Ideen zur Weiterentwicklung wurde die Nutzung weiterer KI-Technologien genannt, um z. B. einen Chatbot für die Studienberatung bereitzustellen. Neben der Ermöglichung der gemeinsamen Studienverlaufsplanung in Gruppen (z. B. Freundeskreisen) wurde auch die Erschließung weiterer Datenquellen außerhalb einer Universität genannt, um ein ganzheitliches Bild über Studierende zu ermitteln und entsprechende Einflüsse in den Studienverlauf besser begründen zu können.



Abb. 4: Gesammelte Punkte zu weiteren Entwicklungen

Der Workshop zeigte, dass das Feld der KI-gestützten Studienverlaufsplanung und -analyse noch nicht vollständig abgedeckt wird. Die verschiedenen Forschungs- und Entwicklungsprojekte leisten Pionierarbeit, die es in Zukunft fortzusetzen gilt. Ein Austausch zu Zielen, gemeinsamen Herausforderungen sowie bisherigen Lessons Learned kann die Durchführung der Projekte unterstützen.

Danksagung Wir bedanken uns bei unseren Mit-Organisator*innen Luis Rumert, Leandro Henao, Katharina Batz und Dominik Bär, den Autor*innen der vorgestellten Beiträge sowie den Teilnehmer*innen für den spannenden und angeregten Austausch.

Literaturverzeichnis

- [AKB19] Abyaa, A.; Khalidi Idrissi, M.; Bennani, S.: Learner Modelling: Systematic Review of the Literature from the Last 5 Years. *Educational Technology Research and Development* 67/5, S. 1105–1143, 2019.
- [Ba20] Baumann, A. et al.; Friedrich-Schiller-Universität Jena; Technische Universität Berlin: Digitalisierung an Hochschulen: Eine Multifallstudie aus Campus Management Perspektive. In: *WI2020 Community Tracks*. GITO Verlag, S. 2–16, 2020.
- [Be19] Berens, J. et al.: Early Detection of Students at Risk - Predicting Student Dropouts Using Administrative Student Data from German Universities and Machine Learning Methods. *Educational Data Mining* 11/3, S. 1–41, 2019.
- [BEA15] Baumann, A.; Endraß, M.; Alezard, A.: *Visual Analytics in der Studienverlaufsplanung*. De Gruyter Oldenbourg, 2015.

- [Ch12] Chatti, M.A.; Dyckhoff, A.L.; Thüs, H.; Schroeder, U.: A Reference Model for Learning Analytics. *Technology Enhanced Learning: IJTEL 4/5/6*, S. 318–331, 2012.
- [FKS11] Fournier, H.; Kop, R.; Sitlia, H.: The Value of Learning Analytics to Networked Learning on a Personal Learning Environment. In: *1st International Conference on Learning Analytics & Knowledge. LAK '11*, ACM, New York, S. 104–109, 2011.
- [Hi20] Hilliger, I. et al.: Design of a Curriculum Analytics Tool to Support Continuous Improvement Processes in Higher Education. In: *Proceedings of the Tenth International Conference on Learning Analytics & Knowledge. LAK '20*, Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, S. 181–186, 2020.
- [If20] Ifenthaler, D.: Supporting Higher Education Students through Analytics Systems. *Applied Research in Higher Education 12/1*, S. 1–3, 2020.
- [Ma20] Matcha, W. et al.: A Systematic Review of Empirical Studies on Learning Analytics Dashboards: A Self-Regulated Learning Perspective. *IEEE Transactions on Learning Technologies 13/2*, S. 226–245, 2020.
- [Sc12] Scheffel, M. et al.: Key Action Extraction for Learning Analytics. In: *21st Century Learning for 21st Century Skills. LNCS*, Berlin, Heidelberg, S. 320–333, 2012.
- [Ts20] Tsai, Y.-S.; Rates, D.; Moreno-Marcos, P.M.; Muñoz-Merino, P.J.; Jivet, I.; Scheffel, M.; Drachler, H.; Delgado Kloos, C.; Gašević, D.: Learning Analytics in European Higher Education—Trends and Barriers. *Computers & Education 155/*, S. 103933, 2020.
- [Wa22] Wagner, M. et al.: A Combined Approach of Process Mining and Rule-based AI for Study Planning and Monitoring in Higher Education. In: *EduPM Workshop at 4th International Conference on Process Mining (ICPM)*, IEEE, Bolzano, Italy, 2022.
- [Za20] Zawacki-Richter, O. et al.: Einsatzmöglichkeiten Künstlicher Intelligenz in der Hochschulbildung – Ausgewählte Ergebnisse eines Systematic Review. In: *Digitale Bildung und Künstliche Intelligenz in Deutschland: Nachhaltige Wettbewerbsfähigkeit und Zukunftsaenda. AKAD University Edition, Springer Fachmedien, Wiesbaden*, S. 501–517, 2020.

Nutzung von Studienverlaufsdaten im Kontext eines Studienplanungsassistenten

Erste Analysen und Limitationen

Tobias Hirmer¹, Michaela Ochs¹, Andreas Stöckl¹, Adrian Völker¹

Abstract: Die Analyse von Studierendenendaten bietet Potentiale für Hochschulen, Studienangebote zielgerichtet und studierendenfreundlich zu verbessern. Im Hinblick auf Studienverlaufsdaten muss jedoch deren Verfügbarkeit, Datenqualität und -quantität berücksichtigt werden. Der Beitrag zeigt erste Erfahrungen aus der Analyse von Studienverlaufsdaten von Studierenden ($n = 181$) für die zukünftige Nutzung von maschinengestützten Verfahren. Es werden notwendige Transformationen und zu berücksichtigende Faktoren bei der Interpretation der Ergebnisse adressiert und die Implikationen für den Einsatz von KI-Systemen im Kontext eines Studienplanungsassistenten aufgezeigt.

Keywords: Studienplanung, Studienmonitoring, Studienverlaufsdaten, Kohortenanalyse

1 Einführung

Die Verbesserung von Studienangeboten und Studienbedingungen durch Universitäten stellt aus rechtlicher Perspektive [BA23] eine zentrale Aufgabe dar. Um entsprechende Verbesserungsbedarfe und Potentiale zu ermitteln, können mithilfe einer Analyse von bisher weitgehend ungenutzten Datenbeständen Handlungsbedarfe und -optionen für unterschiedliche Zielgruppen herausgearbeitet werden (siehe auch [Ta23, Wa23]). Dieser Beitrag soll die ersten Erfahrungen aus Projektvorhaben an der Universität Bamberg aufzeigen und Einblicke in derzeitige Exploration und die Nutzbarmachung von Studienverlaufsdaten für einen digitalen Studienplanungsassistenten (DSPA) aufzeigen. Hierzu werden der Kontext des DSPA kurz umrissen, die Erfahrungen insbesondere aus der statistischen Analyse erster Testdaten reflektiert und mögliche Ansatzpunkte für die Unterstützung durch KI-Systeme diskutiert. Aufgrund der Platzbeschränkungen in diesem Extended Abstract werden die Erkenntnisse hier ohne Bezug auf konkrete Beispiele beschrieben. Beispielhafte Modulkonstellationen werden im Workshop vorgestellt.

Das primäre Ziel des DSPA ist es, Studierende bei der Studienplanung zu unterstützen. Hierfür stellt das System auf Basis von Modulhandbüchern sowie einer Schnittstelle zum Lehrveranstaltungsverwaltungssystem grundlegende Funktionalitäten bereit. Diese umfassen ein Dashboard zur Abbildung des Studienverlaufs und -fortschritts, eine interaktive

¹ Universität Bamberg, Lehrstuhl für Medieninformatik, An der Weberei 5, 96047 Bamberg, {tobias.hirmer, michaela.ochs, andreas.stoeckl, adrian.voelker}@uni-bamberg.de

Darstellung des Modulangebots, eine Möglichkeit zur Stundenplanung für das aktuelle Semester sowie eine langfristige Planungskomponente für die Belegung von Modulen für kommende Semester. Gerade für letztere Planungsaufgabe bietet die Analyse von Studienverlaufsdaten² vielfältige Potenziale zur Entscheidungsunterstützung (siehe z. B. [Bi15]), indem die auf Basis von Kohorten ermittelten Erkenntnisse im Hinblick auf Belegungs- und Erfolgskorrelationen mit der studierendenspezifischen Belegungshistorie innerhalb des DSPA³ für individuelle Empfehlungen kombiniert werden. Hierfür wurden erste Analysen⁴ im Hinblick auf ein Modulempfehlungssystem zunächst auf der Datenbasis von Studienverläufen ($n=181$) im Bereich der Informatik durchgeführt. Diese Daten wurden manuell aus dem Prüfungsverwaltungssystem extrahiert und pseudonymisiert, dienten bisher jedoch nur dem Zweck der Archivierung und Dokumentation.

2 Derzeitige Explorationen

In einem ersten Schritt mussten die Testdaten in ihrer Struktur stark verändert werden, um sie für die Analyse vorzubereiten. Die Daten enthielten Noten Studierender, welche jedoch vor Kontextinformationen, wie dem Modul und dem Semester, in dem sie erzielt wurden, interpretiert werden müssen. Da diese Details in unserem Fall nur lose verknüpft waren, mussten die Informationen über Note, Modul und Semester für die Auswertung verbunden werden. Da jedes Modul in unterschiedlichen Semestern belegt werden konnte, mussten Datensätze angelegt werden, welche in der Lage waren, jede mögliche Kombination abzubilden und die klare Zuordnung von Modulnote, Modul und Semester zu erhalten. Für jeden Studierenden wurde ein einzelner Datensatz pro Semester angelegt, welcher alle belegbaren Module beinhaltet. Dies ermöglichte zwar die Auswertungen, erhöhte die Größe des Datensatzes jedoch substantiell. Derartige Lösungen sind jedoch davon abhängig, in welcher Form und Struktur die jeweiligen Studienverlaufsdaten vorliegen sowie von der Auswertungsmethode bzw. -software. Die benötigte Vorbereitung kann sich also in individuellen Fällen unterscheiden.

Eine weitere Herausforderung stellt die Individualität von Studienverläufen dar, insbesondere wenn der Studiengang viele Freiheiten in der Modulbelegung lässt. Eine Vielzahl individueller Verläufe wirkt sich ungünstig auf die Fallzahl spezifischer Fragestellungen aus und erschwert damit die statistische Auswertbarkeit. Eine beispielhafte Fragestellung lautet, ob sich das Bestehen eines Moduls günstig auf das Bestehen eines anderen Moduls auswirkt. Eine robuste Auswertung benötigt eine hinreichend große Anzahl von Studierenden, welche beide Module belegt haben, sowie auch eine Gruppe Studierender, welche nur eines der Module belegt hat, um einen robusten Vergleich zwischen diesen Gruppen zu ermöglichen. Anwendbar ist diese Fragestellung also primär auf Module, welche von

² Belegungszeitpunkt und -abfolge von Modulen und Modulnote

³ Die individuelle Belegungshistorie wird derzeit aufgrund fehlender Schnittstellen zum Prüfungsverwaltungssystem explizit im DSPA erfasst.

⁴ Diese beziehen sich auf die von der Universität bereitgestellten Studienverlaufsdaten. Die Interpretation von Analyseergebnissen sind zwangsläufig studiengangs- bzw. universitätsspezifisch.

vielen Studierenden belegt werden. Bei Modulen mit kleinerer Belegung können mehrere dieser Module zu Gruppen inhaltsverwandter Module zusammengefasst werden, um für eine ausreichende Fallzahl zu sorgen. Jedoch muss hier auf die Strukturierung des Studiengangs geachtet werden. Müssen beispielsweise zwei bestimmte Module belegt werden, um das Studium erfolgreich abzuschließen, wird das Bestehen dieser Module mit hoher Wahrscheinlichkeit positiv korrelieren.

Da die zeitliche Abfolge der Modulbelegung variabel ist, ist die Frage der Kausalitätsrichtung von Relevanz. Variationen im Auswertungsmodell können sich also nicht nur auf die Module, sondern auch die zeitliche Abfolge beziehen. Zeigt sich eine positive Korrelation der Modulnoten von *Modul A* und *Modul B*, nur dann, wenn *Modul A* zuerst belegt wird, werden in *Modul A* vermutlich tatsächlich hilfreiche Kompetenzen für *Modul B* vermittelt. Eine Empfehlung, *Modul A* zuerst zu belegen, ist also sinnvoll. Korrelieren die Noten von *Modul A* und *B* auch, wenn *Modul B* zuerst belegt wird, werden womöglich in beiden Modulen ähnliche Kompetenzen vermittelt, deren Erwerb das Bestehen des anderen Fachs günstig beeinflusst. Viele Module können inhaltlich so konzipiert sein, dass sie ohne spezifisches Vorwissen verständlich sind. Eine andere mögliche Erklärung ist, dass eine günstige Prädisposition unter den Studierenden vorliegt, wie etwa Motivation oder Vorkenntnisse, welche erst zur Auswahl dieser Module geführt haben. Hier kann sich die Empfehlung lediglich darauf beziehen, dass beide Module inhaltlich verwandt scheinen, und eine Belegung beider Module aus einer erfolgsorientierten Perspektive sinnvoll ist.

Bei der Interpretation spielt auch das Semester eine Rolle. Je später ein Modul bestanden wird, umso größer ist die Anzahl der Module, die zuvor bestanden wurden, was die Korrelation zwischen diesen Modulen beeinflussen kann, sprich, der Erfolg später belegter Module wird eher mit dem Erfolg in früher belegten Modulen korrelieren. Ein tatsächlicher positiver Zusammenhang zwischen dem Bestehen von Modulen würde sich nur ergeben, wenn sich dieser auch bei der Belegung und dem Bestehen in früheren Semestern zeigt. Weiterhin muss die Anzahl der Versuche⁵, welche zum Bestehen eines Moduls benötigt werden, bei der Interpretation Berücksichtigung finden. Liegen mehrere Versuche für ein Modul vor, so wird dieses eher in späteren Semestern bestanden. Dies kann zu dem kontraintuitiven Ergebnis führen, dass das Bestehen eines früheren Moduls die Erfolgsaussichten eines späteren Moduls negativ beeinflusst. Dies ist jedoch unplausibel und in diesem Fall sollte eher von keinem Zusammenhang zwischen den Modulen ausgegangen werden. Eine Beschränkung auf Studierende, welche beide Module im Erstversuch bestanden haben, ist möglich, bringt jedoch das Problem der Selektivität mit sich.

Die bisherigen Analysen geben also Anlass zur Vorsicht bei der Interpretation von Ergebnissen. Notwendige Kontextdaten von Modulnoten, wie die Modulbezeichnung und das Semester, sowie die zeitliche Abfolge der Modulbelegung und die daraus resultierende Individualisierung von Studienverläufen sind Faktoren, welche bei der Konzeption und Interpretation von Auswertungen umfassend berücksichtigt werden müssen. Die zahlreichen Kombinationen machen eine manuelle Auswertung von Studienverlaufsdaten

⁵ Versuch = Belegung eines Moduls. Die Regelung der Fehlversuche unterscheidet sich je nach Fakultät bzw. Universität. Hier sind unbegrenzt Versuche (im Rahmen der Höchststudiendauer) möglich.

schwierig. Letzte Limitationen verbleiben jedoch selbst bei umfassender Vorbereitung der Daten. Der Studienerfolg Studierender kann von zahlreichen weiteren Faktoren beeinflusst werden.⁶ Es ist somit wichtig, neben der reinen Analyse von Studienverläufen weitere individuelle Faktoren bei der Generierung von Empfehlungen zu berücksichtigen. Zudem sollten Empfehlungen an Studierende wirklich nur als Empfehlungen gewertet und keinesfalls mit krisensicheren Erfolgsrezepten gleichgesetzt werden.

3 Diskussion und Ausblick

Die vorherigen Ausführungen sind besonders auch auf den geplanten Einsatz von Techniken aus dem Machine Learning (z. B. *kausale probabilistische Netze* [Fr13]) zu übertragen. Im Falle größerer Datenmengen ist eine automatisierte Lösung sowie die Aufteilung der Daten in Trainings-, Validierungs- und Evaluationsset im Kontext fundierter Empfehlungen sinnvoll, resultiert jedoch aufgrund der Individualität von Modulbelegungen bzw. Studienverläufen in der Regel in geringen Fallzahlen. Schwerpunkte der Implementierung solcher Ansätze im Kontext des DSPA sind somit der *Human in the loop* Ansatz (Unterstützung von KI-Systemen durch menschliche Komponente) sowie Aspekte der *Erklärbarkeit* (*Explainable AI*) zur Unterstützung von transparenten und informierten Entscheidungen seitens der Studierenden. Auch für weitere Zielgruppen bietet der DSPA und die Analyse von Studienverlaufsdaten Handlungsoptionen. So sind z. B. (Miss-)Erfolgsanalysen, insbesondere für das Studienmonitoring und die Verbesserung von Studienangeboten durch die Universität, relevant.

Literaturverzeichnis

- [BA23] BayHIG: Art. 82 Studienberatung, abgerufen 11. Mai 2023, <https://www.gesetze-bayern.de/Content/Document/BayHIG-82>.
- [Bi15] Bittner, P.: Modulempfehlungen über Vorgänger- und Nachfolgemodule. In (Cunningham, D. W., Hofstedt, P., Meer, K. & Schmitt, I., Hrsg.): INFORMATIK 2015, Bonn: Gesellschaft für Informatik e.V., S. 725-733, 2015.
- [Fr13] Friedman, N. et al.: Learning the Structure of Dynamic Probabilistic Networks. ArXiv preprint arXiv:1301.7374, 2013.
- [Ta23] Tauböck, S. et al.: PASSt – Predictive Analytics Services für Studienerfolgsmanagement. Zeitschrift für Hochschulentwicklung, 18 (Sonderheft Hochschullehre): S. 251–277, 2023.
- [Wa23] Wagner, M. et al.: A Combined Approach of Process Mining and Rule-Based AI for Study Planning and Monitoring in Higher Education. In (Montali, Marco; Senderovich, Arik; Weidlich, Matthias, Hrsg.): Process Mining Workshops. Lecture Notes in Business Information Processing, Springer Nature Switzerland, Cham, S. 513–525, 2023.

⁶ z. B. persönliche Motivation, präexistente Kompetenzen oder Lernzeitrestriktionen durch Nebenbeschäftigungen

KI-basierte Studienplanung unter Berücksichtigung der Anforderungen einer heterogenen Studierendenschaft

Jonas Arndt ¹, Magdalena Vock² und Ulrike Lucke ¹

Abstract: Es wird ein auf symbolischer KI basierendes System zur individuellen Studienplanung mit besonderer Berücksichtigung von Studierenden mit Beeinträchtigung präsentiert. Ausgewählte Assistenzfunktionen werden erläutert, die im nächsten Schritt prototypisch implementiert und evaluiert werden sollen.

Keywords: Individuelle Studienplanung, Heterogene Studierendenschaft, Symbolische KI

1 Einleitung

Für Studierende mit Benachteiligungen wie Behinderungen oder chronischen Erkrankungen stellt die Studienplanung eine besondere Herausforderung dar, da neben den einzuhaltenden Regularien auch die individuelle Situation berücksichtigt werden muss, bereitgestellte Dokumente und Leitfäden aber nur eingeschränkt anwendbar sind. Von den Studierenden in Deutschland geben 15,9 % an, eine gesundheitliche Beeinträchtigung zu haben, die sich erschwerend auf ihr Studium auswirkt [Kr23]. Nachteilsausgleiche sollen gleiche Chancen bei der Erbringung von Studien- und Prüfungsleistungen gewährleisten, jedoch werden sie von weniger als einem Drittel der betroffenen Studierenden beantragt [Po18]. Dass sich häufig weder der Nachteilsausgleich selbst noch die daraus resultierenden Anpassungen des Studienverlaufs, wie etwa eine verlängerte Studienzeit durch Zeitverlängerung bei Hausarbeiten, im Campus-Management-System (CMS) widerspiegeln, sorgt für zusätzliche Intransparenz und erschwert den Studienplanungsprozess.

In der Literatur werden eine Reihe von Systemen zur Unterstützung der Studienplanung beschrieben, die sich in Intention und Funktionsumfang unterscheiden. Dazu gehören z. B. die Garantie, dass der Studienplan Anforderungen von Lehrplan und Kursvoraussetzungen erfüllt [RND03], die Aufbereitung von Prüfungsordnungen hin zu einer besseren Verständlichkeit [GW03] oder die Unterstützung einer individuellen Semesterplanung [HW07]. In [HEH22] werden die Darstellung verschiedener Arten von Hinweisen, die Empfehlung von ähnlichen oder vertiefenden Modulen, die Visualisierung von Modulabhängigkeiten und erforderlichem Vorwissen sowie die Möglichkeit zur

¹ Universität Potsdam, Institut für Informatik & Computational Science, An der Bahn 2, 14476 Potsdam, vorname.nachname@uni-potsdam.de, <https://orcid.org/0000-0002-9128-2626> | 0000-0003-4049-8088

² Universität Potsdam, Dezernat für Studienangelegenheiten, Am Neuen Palais 10, 14469 Potsdam, vorname.nachname@uni-potsdam.de

Gruppierung, Suche und Filterung von Modulen erläutert. Das im Projekt SIDDATA [SI18] entwickelte System umfasst vier Module: Ein Persönlichkeitsmodul gibt Hinweise auf Lernvorlieben, um das Lernverhalten zu optimieren, das Modul ‘Auslandssemester’ unterstützt Studierende bei der Durchführung von Auslandsaufenthalten, ‘Matchmaking’ vernetzt Studierende mit ähnlichen Interessen und das Modul ‘Fachliche Interessen’ bietet Reflexionsmöglichkeiten an und empfiehlt passende Veranstaltungen und Materialien [Lü23]. Der AIStudyBuddy empfiehlt Studierenden erfolgversprechende Studienverläufe, die auf Basis von CMS-Daten und modellierten Studienordnungen ermittelt wurden. Neben Unterstützung bei der Planung und Konformitätsprüfung werden Rückmeldungen über mögliche Verstöße gegen die Prüfungsordnung gegeben [Wa22]. Während eine individuelle Studienplanung also bereits ermöglicht wird, fehlt die Berücksichtigung individueller Beeinträchtigungen, was eine weitere Untersuchung rechtfertigt.

2 Berücksichtigung von Benachteiligungen in der Studienplanung

Um die individuellen Bedarfe Studierender bei der Studienplanung berücksichtigen zu können, verwenden wir als Grundlage Answer Set Programming (ASP) zur Ermittlung der individuell möglichen Kurse und Studienverläufe. Wir stellen dadurch sicher, dass stets valide Lösungen gefunden und gleichzeitig die Wahlmöglichkeiten der Studierenden nicht unnötig eingeschränkt werden. Zur Ermittlung valider Semester- und Studienverlaufspläne nutzen wir mit Hilfe der Modellierungssprache SemaLogic formalisierte Studienordnungen [He23], die automatisiert in ASP-Fakten konvertiert werden können. Verwendet werden außerdem der Modulkatalog, aus dem die zu erbringenden Prüfungsleistungen sowie Abhängigkeiten zwischen Modulen abgeleitet werden können, der exemplarische Studienverlaufsplan, der Aufschluss über eine empfohlene Reihenfolge der zu besuchenden Module und Kurse gibt, sowie die bisher erbrachten Leistungen.

Zur systematischen Erfassung der individuellen Bedarfe Studierender haben wir mit einer Erhebung von Studiensituationen, daraus resultierenden Auswirkungen sowie möglichen Strategien bei der Studienplanung begonnen. Die Grundlage dafür bieten leitfadengestützte Interviews mit acht Studienfachberatenden, drei Studienberatenden und drei Studierenden-vertretenden der Universität Potsdam. Zusätzlich fanden Gespräche mit dem Beauftragten für Studierende mit Behinderungen und dem Team von ‘Eine Universität für alle - Beratung für eine inklusive Studiengestaltung’ statt. Anstatt konkrete Beeinträchtigungen der Studierenden zu erheben, was zu Datenschutzproblemen und einer höheren Hürde bei der Preisgabe persönlicher Daten führen könnte, arbeiten wir mit Studiensituationen wie z. B. “Meine zeitliche Flexibilität ist eingeschränkt”, “Ich kann kurzfristig ausfallen” oder “Ich benötige barrierefrei zugängliche Räume”. Dadurch vermeiden wir eine redundante Erhebung von Situationen, die aufgrund verschiedener Lebenssituationen und Beeinträchtigungen entstehen können, und erhoffen uns eine höhere Abdeckung individueller Anforderungen von Studierenden in verschiedensten Situationen.

Das User Interface soll neben der initialen Abfrage bisher absolvierter Kurse verschiedene Planungsebenen des Studiums abbilden: Semesterplanung für eine konkrete Kursauswahl, Studienverlaufsplanung zur Planung der Abfolge von Modulen und eine semesterübergreifende Zeitplanung, die kurs- und modulunabhängige Fristen, Praktika sowie Auslandsaufenthalte berücksichtigt. Darüber hinaus sollen Einflussfaktoren auf die Studienplanung sowie eventuell gewährte Nachteilsausgleiche erfasst werden können. Die im User Interface geplanten Assistenzfunktionen lassen sich anhand der Einflussfaktoren auf die Studienplanung unterteilen:

- *Strukturelle Faktoren* entsprechen den Elementen der strukturellen Studierbarkeit wie Anforderungen durch die Studienordnung, die zeitliche und räumliche Lage der Lehrveranstaltungen sowie Studienformate (vgl. [Bu19]). Das Einhalten der strukturellen Faktoren ist die Grundlage für die individuelle Studienplanung und ein Verstoßen gegen diese Vorgaben ist nicht möglich.
- *Limitierende Faktoren* zielen auf eine gute Studienqualität ab und beinhalten die Berücksichtigung der beschriebenen individuellen Studiensituation. Die Verletzung limitierender Faktoren wird in Form von Warnungen im System sichtbar.
- *Individuelle Faktoren* ermöglichen das Setzen eigener Schwerpunkte und Präferenzen. Getroffene Entscheidungen manifestieren sich durch konkrete Konsequenzen, wie z. B. den Wegfall von Alternativen mit der Wahl für ein Vertiefungsgebiet.

Diese Unterteilung stellt sicher, dass die Wahlmöglichkeiten bei der Studienplanung nicht unnötig eingeschränkt werden. Während strukturelle Faktoren restriktiv nur valide Studienverläufe zulassen, dienen die limitierenden Faktoren der Orientierung und eine Verletzung dieser Vorgaben ist möglich. Individuelle Faktoren wirken unterstützend und vereinfachen die Suche nach individuell passenden Möglichkeiten.

3 Zusammenfassung und Ausblick

Es wurde ein System konzipiert, das Studierenden die Studienplanung aus verschiedenen Perspektiven erlaubt und dabei Rücksicht auf verschiedene individuelle Studiensituationen nimmt. Die formalisierten Studienordnungen und die geplante Anbindung an das CMS gewährleisten eine realitätsnahe Planung. Verschiedene Formen der Assistenz stellen sicher, dass die Eigenverantwortung und Entscheidungskompetenz der Studierenden erhalten bleiben. Eine erste Zusammenstellung mit Auswirkungen verschiedener Studiensituationen auf die Studienplanung von Studierenden mit Beeinträchtigung wurde erstellt, auf deren Basis eine systematisierte Empfehlung von individuell passenden Studienverläufen erfolgen kann. Eine erste Diskussion des Konzepts erfolgte mit Studierenden im Rahmen eines Forschungsseminars, empirische Nachweise, z. B. ob das konzipierte System zu einer hilfreichen Verbesserung der Situation führt, stehen allerdings noch aus. Als nächste Schritte sind die Fortsetzung der Erhebung und Diskussion der Studiensituationen und damit verbundener Strategien, eine prototypische Entwicklung des Systems sowie dessen Evaluierung vorgesehen.

Danksagung

Die hier beschriebenen Arbeiten wurden im Projekt CAVAS+ vom BMBF unter Kennzeichen 16DHBKI024 gefördert.

Literaturverzeichnis

- [Bu19] Buß, I.: Elemente struktureller Studierbarkeit. In (Buß, I., Hrsg.) Flexibel studieren – Vereinbarkeit ermöglichen, Springer Fachmedien, Wiesbaden, S. 61–74, 2019.
- [Lü23] Lübecke, M. et al.: Künstliche Intelligenz zur Studienindividualisierung. In (Schmohl, T.; Watanabe, A.; Schelling, K. Hrsg.): Künstliche Intelligenz in der Hochschulbildung: Chancen und Grenzen des KI-gestützten Lernens und Lehrens, Hochschulbildung: Lehre und Forschung. Bd. 4., 1. Aufl. transcript Verlag, Bielefeld, 2023
- [GW03] Gumhold M, Weber M.: Internetbasierte Studienassistenten am Beispiel von SASy. doIT Software-Forschungstag, Stuttgart, Fraunhofer IRB Verlag, 2003.
- [HW07] Hackelbusch, R.; Winkels, L.: Erweiterung des Open-Source-Lernmanagementsystems Stud.IP um ein ontologiebasiertes Curriculums-Planungsmodul. In (Herzog, O. et al. Hrsg.): Informatik 2007 – Informatik trifft Logistik – Band 2, Gesellschaft für Informatik e. V., Bonn, S. 58-62, 2007.
- [HEH22] Hirmer, T.; Etschmann, J.; Henrich, A.: Requirements and Prototypical Implementation of a Study Planning Assistant in CS Programs. In: 2022 International Symposium on Educational Technology (ISET). IEEE, Hong Kong, S. 281–285, 2022.
- [Kr23] Kroher, M. et al.: Die Studierendenbefragung in Deutschland: 22. Sozialerhebung. Die wirtschaftliche und soziale Lage der Studierenden in Deutschland 2021, Bundesministerium für Bildung und Forschung, Berlin, 2023.
- [Po18] Poskowsky, J. et al.: beeinträchtigt studieren – best2. Datenerhebung zur Situation Studierender mit Behinderung und chronischer Krankheit 2016/17. Köllen Druck + Verlag GmbH, Berlin, 2018.
- [RND03] Rytkonen, A.; Niklander, T.: Desmond: a Web-based service for study planning. In: Proceedings 3rd IEEE International Conference on Advanced Technologies. IEEE Comput. Soc, Athens, S. 474, 2003.
- [SI18] SIDDATA – Verbundprojekt zur Studienindividualisierung durch digitale, datengestützte Assistenten, www.siddata.de, Stand 17.06.2023
- [He23] von der Heyde, M. et al.: Integrating AI Tools with Campus Infrastructure to Support the Life Cycle of Study Regulations. In: Proc. European University Information Systems Conference (EUNIS), in print.
- [Wa22] Wagner, M. et.al.: A Combined Approach of Process Mining and Rule-Based AI for Study Planning and Monitoring in Higher Education. arXiv:2211.12190, 2022.

Ein Dashboard für die Studienberatung: Technische Infrastruktur und Studienverlaufsplanung im Projekt KI:edu.nrw

Frederik Baucks¹, Jonas Leschke¹, Christian Metzger¹ und Laurenz Wiskott¹

Abstract: In diesem Beitrag präsentieren wir die Entwicklung und ein erster Prototyp für ein Learning Analytics-Dashboard zur Studienverlaufsplanung in der Studienberatung. Das Dashboard wird im Rahmen des interdisziplinären Projekts KI:edu.nrw entwickelt, mit dem Ziel, die Studienberatung zu verbessern und einen individuellen Studienverlauf zu fördern. Unser Beitrag konzentriert sich auf die Vorstellung der technischen Infrastruktur sowie deren Anwendung in dem speziellen Dashboard.

Keywords: KI, Infrastruktur, Verlaufsplanung, Studienberatung, Dashboard

1 Perspektiven auf Learning Analytics in der Hochschulbildung

Im vom Ministerium für Kultur und Wissenschaft des Landes Nordrhein-Westfalen (NRW) geförderten Projekt KI:edu.nrw wird sondiert, wie Learning Analytics (LA) und KI an Hochschulen in NRW in der Praxis eingesetzt werden kann. Dafür werden an der Ruhr-Universität Bochum (RUB), in enger Zusammenarbeit mit der RWTH Aachen, in einem interdisziplinären Team aus Ethikern, Beratenden, Didaktiker*innen, Technikern, Datenschützern und Lehrenden relevante Fragestellungen identifiziert und Lösungsvorschläge erarbeitet [LSan]. Ein Beispiel hierfür stellen wiederkehrende datenschutzrechtliche Fragen dar, die in engem Austausch mit den lehrbezogenen Fakultätsprojekten und den Datenschutzbeauftragten der Hochschulen in NRW vom Datenschutzteam im Projekt systematisch zusammengetragen und erstmalig im Rahmen eines Rechtsgutachtens für NRW geklärt wurden [Ge23].²

Dieser hochschulweite Einsatz von LA setzt auch eine technische Infrastruktur voraus, die den LA-Zyklus von den Lerndaten, über die Analyse bis zur Lernintervention abbilden kann [CI12]. Zudem müssen durch die Infrastruktur u. a. die zuvor beschriebenen datenschutzrechtlichen Vorgaben und die Nutzbarkeit durch die verschiedenen Stakeholder der Hochschullehre sichergestellt werden. Ausgehend von diesen Herausforderungen werden wir in den folgenden Kapiteln die im Projekt KI:edu.nrw verwendete Infrastruktur vorstellen und am Beispiel eines Dashboards zur Unterstützung der Studienverlaufsplanung für die Studienberatung exemplarisch konkretisieren.

¹ Ruhr-Universität Bochum, Universitätsstraße 150, 44801 Bochum, {frederik.baucks; jonas.leschke; christian.metzger; laurenz.wiskott}@rub.de

² Die vollständige Projektanlage ist auf der Website des Projekts unter <http://zfw.rub.de/kiedu-nrw> dargestellt.

2 Technische Infrastruktur

Basierend auf dem System EXCALIBUR LA [JS22] wird im Projekt KI:edu.nrw die in Abbildung 1 dargestellte Infrastruktur eingesetzt.

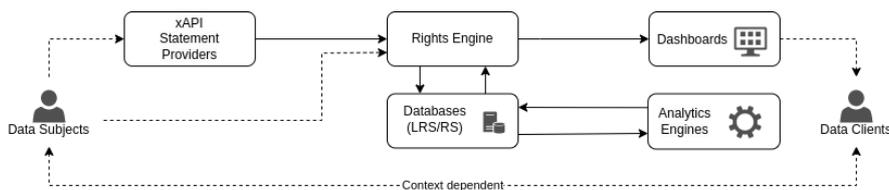


Abb. 1: Infrastruktur für den Einsatz von Learning Analytics an der RUB

Die Infrastruktur besteht aus verschiedenen Systemen, die miteinander interagieren. Die *Data Subjects* [Id18] (z. B. Student*innen) erzeugen durch ihre (Lern-)Handlungen in einem Lernmanagementsystem (z. B. Moodle) Daten. Diese werden als *xAPI-Statements* (Experience API), entsprechend rechtlicher Vorgaben oder durch die Einwilligung der Data Subjects, im Learning Record Store (LRS) gespeichert. Die *Rights Engine* gewährleistet den Datenschutz, wobei die Datenhoheit bei den Data Subjects liegt, welche außerdem die Datenspeicherung pausieren, die Zustimmung zur Datenverarbeitung widerrufen sowie die gespeicherten Daten exportieren oder löschen können. Im *Result Store* (RS) werden die Analyseergebnisse gespeichert. Diese Analyseergebnisse werden durch *Analytics Engines* erzeugt. Dabei kann auch Künstliche Intelligenz eingesetzt werden. Die Engines sind modular aufgebaut, was das Hinzufügen und Entfernen von Analysen ermöglicht. Die Rights Engine gibt die Analyseergebnisse rechteabhängig für die grafische Darstellung im *Dashboard* frei. Die mit dem Dashboard interagierenden Personen werden *Data Clients* [Id18] genannt. In Abhängigkeit vom Kontext interagieren die Data Clients (z. B. Studienberatenden) anschließend mit den Data Subjects und schließen so den LA-Kreislauf [CI12] (z. B. Beratungsdashboard und zu beratende(r) Student*in) oder die Data Subjects entsprechen den Data Clients (z. B. Studierende). Der Data Client kann bspw. aber auch das Qualitätsmanagement einer Hochschule sein [Le23], was keine sofortige Rückführung der Ergebnisse zu den Data Subjects voraussetzt.

3 Datensatz und Analysen für die Studienberatung

Die Analytics Engine und das Dashboard wurden auf Grundlage eines Datensatzes von Noten des Informatik Bachelorstudiengangs der RUB entwickelt. Zwischen 2013 und 2022 wurden Prüfungsergebnisse von 1098 Studierenden (Data Subjects) in 19 Pflichtkursen erfasst. Diese schließen Daten von eingeschriebenen und exmatrikulierten Studierenden ein. Die Bewertungsskala jeder Prüfung reicht von 0 bis 100 Punkten. Eine Prüfung gilt als bestanden, wenn mindestens 50 Punkte erreicht werden. Nach Anonymisierung, Aufbereitung [Ba23] und Filterung (Rights Engine) können die im LRS abgelegten Datensätze bis zu 664 Studierende und 127 Prüfungen in 19 Kursen enthalten.

Für die Analyse der Daten (Analytics Engine) benutzen wir das Rasch-Modell als grundlegendes Modell der Item Response Theorie [Ad88]. Das Modell findet in vielen Bereichen der Bildungswissenschaften Anwendung. In unserer früheren Arbeit [Ba23] hat das Rasch-Modell eine detaillierte Analyse der 127 Prüfungen ermöglicht. Das Modell basiert auf der vereinfachenden Annahme, dass die Bestehenswahrscheinlichkeit einer Prüfung ausschließlich von der Fähigkeit des Studierenden und der Schwierigkeit der Prüfung abhängt. So lassen sich die Schwierigkeit der Kurse im Zeitverlauf unabhängig von den teilnehmenden Studierenden und die Leistung eines Studierenden unabhängig von der Schwierigkeit besuchter Kurse modellieren. Wir visualisieren Bestehensvorhersagen, das Studierendenniveau und die Kursschwierigkeit von Kursen in unterschiedlichen Semestern auf dieser Basis [Ba23] in dem folgenden Dashboard.

4 Dashboard für die Studienberatung

LA-Dashboards ermöglichen eine umfassende Visualisierung von Studierenden Daten, wie beispielsweise Kursleistungen, Lernfortschritt und Interaktionsmuster. Die Visualisierungen können von Beratenden genutzt werden, um die Studierenden in ihrer Studienverlaufsplanung zu unterstützen und gezielte Interventionen zu planen, wie die Untersuchungen mit dem LADA-Dashboard zeigen [Gu20]. Das Dashboard bietet Echtzeit-Visualisierungen von Lernaktivitäten und Leistungen, um die Überwachung des Studienfortschritts zu unterstützen. Unser analoger Dashboard-Entwurf wurde in zwei Schritten entwickelt.

Erstens wurde in Gesprächen mit Studienberatern der Beratungsprozess eruiert, um den Prozess zu verstehen und mögliche Verbesserungspotenziale zu identifizieren.

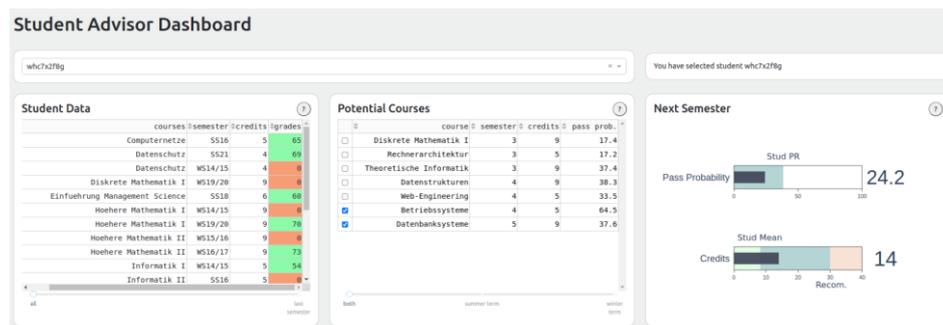


Abb. 2: Teilansicht des Dashboards. [Links] Die Prüfungsdaten des/der gewählten Studierenden gefärbt nach bestandenen (grün) und nicht bestandenen (rot) Prüfungen, mit der Möglichkeit nach den Prüfungen des letzten Semesters zu filtern. [Mitte] Tabelle mit den noch zu besuchenden Kursen, die nach Winter- oder Sommersemester gefiltert und ausgewählt werden können (Checkboxen). Neben Kurseigenschaften wird die vom Rasch-Modell prognostizierte Bestehenswahrscheinlichkeit des/der gewählten Studierenden gezeigt. [Rechts] Rasch-Modell Vorhersage und personalisierte Workloadanzeige der aktuellen Auswahl der Kurse aus der Tabelle in der „Mitte“.

Dabei wurden insbesondere die übersichtliche Darstellung der Prüfungsdaten und Individualisierung der Abbildungen (Kachelsystem) gewünscht. Zweitens wurden mithilfe des Datensatzes und des Rasch-Modells alle Visualisierungen für das Dashboard erstellt (vgl. exemplarisch Abbildung 2) und das Dashboard selbst implementiert.

5 Ausblick

Das Dashboard stellt eine begründet entwickelte Diskussionsgrundlage für die Einbindung der Studienberatung in Learning Analytics-Systeme dar und soll im weiteren Projektverlauf weiter diskutiert werden.

Wie im ersten Kapitel angemerkt, werden in diesem Artikel nicht alle notwendigen Perspektiven im Rahmen der Entwicklung von LA-Systemen und damit auch Dashboards eingenommen. Konkret muss das vorgeschlagene Dashboard noch hinsichtlich der digitalen Barrierefreiheit und Data Literacy-Komponenten diskutiert werden. Auch die ethische Bewertung steht noch aus. Entsprechend findet das Dashboard aktuell noch keine praktische Anwendung und ist abschließend mit den Kolleginnen und Kollegen der Studienberatung zu evaluieren.

Danksagung: Diese Publikation ist im Rahmen des vom Ministerium für Kultur und Wissenschaft des Landes NRW geförderten Projekts „KI:edu.nrw“ entstanden.

Literaturverzeichnis

- [Ad88] Andrich, David. Rasch models for measurement. Vol. 68. Sage, 1988.
- [Ba23] Baucks, F., et al. "Tracing Changes in University Course Difficulty Using Item-Response Theory" AAAI Workshop on AI for Education (2023).
- [Cl12] Clow, D.: The learning analytics cycle: Closing the loop effectively. Proceedings of the 2nd International Conference on Learning Analytics and Knowledge, 134–138, 2012.
- [Gu20] Gutiérrez, F., et al. "LADA: A learning analytics dashboard for academic advising." Computers in Human Behavior 107 (2020): 105826.
- [Ge23] Geminn, C.; Johannes, P. C.; Nebel, M.; Bile, T.: Datenschutzrechtliche Beurteilung von Learning Analytics an Hochschulen in NRW, 2023.
- [Id18] Ifenthaler, D.; Drachsler, H.: Learning Analytics. In (Niegemann, H.; Weinberger, A., Hrsg): Lernen mit Bildungstechnologien. Springer Reference Psychologie. Springer, Berlin, Heidelberg, 2018.
- [JS22] Judel, S.; Schroeder, U.: EXCALIBUR LA - An Extendable and Scalable Infrastructure Build for Learning Analytics. 2022 International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT), 155–157. 2022.
- [LSan] Leschke, J. & Salden, P. „Lehrinnovationen in der Praxis als interdisziplinäre Gemeinschaftsaufgabe. Erfahrungen aus dem Praxisprojekt KI:edu.nrw“ TURN23. Angenommen.
- [Le23] Leschke, J.; Salden, P.; Wissing, F.: Von Learning Analytics zu einem vertieften Qualitätsmanagement an Hochschulen: Potenziale lehrbezogener Datenanalysen in Zeiten Künstlicher Intelligenz. Handbuch Qualität in Studium, Lehre und Forschung, 2023.

Scalable Interventions in Higher Education: An AI-Supported Feedback Tool to ASSIST Self-Reflection

Luis Rumert¹, Johannes Berens², Thomas Gößl¹, Leandro Henao¹, Moritz Salamon³,
Kerstin Schneider¹

Abstract: ASSIST is an intelligent feedback portal for smartphones that helps students monitor their academic progress and predict their likelihood of success. It allows students to reflect on their current situation and explore individualized study scenarios.

Keywords: study success, scalable interventions, self-reflection, learning analytics.

1 Introduction

While the number of new enrollments per semester has increased in Germany, the concern regarding high dropout rates and slow completion remains. In this regard, one of the major contributions from Educational Data Mining and Learning Analytics has been the implementation of dropout prediction systems (see, e.g., [Be19]). While these tools exhibit high levels of prediction accuracy and open the door to targeted interventions for at-risk students, more is needed. Indeed, such treatments often barely lead to any behavioral adjustment among students [OP19] or only help improve academic outcomes among already successful students [BHJ22]; in other cases, the interventions are too costly and difficult to scale up. To overcome these limitations, the authors of this paper have designed ASSIST. This tool is an AI-supported smartphone application that provides personalized feedback, encourages the students' self-reflection, and foregrounds the role of their effort in shaping future academic outcomes. This application integrates the advantages of low-threshold and scalable interventions (e.g., [HJW19]) in an intelligent student monitoring system that illustrates absolute and relative performance metrics and provides success probabilities based on the student's decisions. In this contribution, we provide an overview of the data, the algorithmic approach, and the technical characteristics of the application.

2 Data and Predictions

Standardized and anonymized administrative data (68,124 unique IDs) collected between 2007 and 2023 by a large state university from North Rhine-Westphalia were used for the

¹ University of Wuppertal, Gaußstr. 20, Wuppertal, 42119, {Rumert, Goessl, Henao, Schneider}@wiwi.uni-wuppertal.de

² University of Wuppertal and RFH Köln, Gaußstr. 20, Wuppertal, 42119, Berens@wiwi.uni-wuppertal.de

³ University of Wuppertal, Gaußstr. 20, Wuppertal, 42119, moritz.salamon@rwth-aachen.de

predictions. In addition to demographic variables, information on university entrance qualifications and study progression is available. In our context, a person who is continuously (less than one semester of interruption) enrolled is considered to be one *student*; *graduation* is defined as the successful completion of a study program; and the status *dropout* is assigned if a student is disenrolled from the university for one or more semesters without finishing the final exam. Data on university examination results can only be linked to the unique ID of a student and not to their respective study program, preventing a clear comparison of academic achievements and activity within and across different fields of study.⁴ Examination data collected by the university was matched with the definition of a student/observation above. To estimate probabilities of success for active students in varying semesters, the training data is censored by only including former students who reached at least the semester of interest, excluding variables that change over time and excluding variables that include information on later semesters. This results in one training dataset for each prediction setting (e.g., after semester 1).⁵ Now, the current probability of graduation can be estimated and used as a starting point. In the next step, the probability of graduating is predicted for every active student for every possible combination of passed credit points and average grades in the upcoming semester. To achieve this, every observation is multiplied until the prediction dataset includes one version of every student for every possible outcome. Afterwards, one can predict the probability of graduating for these synthetical observations and receive the full spectrum of approximations. To show how well students performed (credit points and average grades) compared to their peers in the past semesters, they are grouped and ranked in deciles for both outcomes of interest. The highest surpassed level is saved as the minimum number of peers the student surpassed in the respective semester. The peer group is defined as the same cohort of students (the same date of enrolment) enrolled at the same faculty in the respective semester.⁶

3 Algorithmic Approach

The predictive model is a Multi-layer Perceptron classifier (MLP) with two hidden layers (16, 8), the logistic activation function, and 400 epochs for the stochastic optimization procedure and was implemented in Python with the *scikit-learn* library version 1.17.1. Aside from the mentioned parameters, we use the default settings suggested by *scikit-learn*. The model is utilized in a supervised learning approach to learn the non-linear relationship between our input features and an outcome of interest, given a training dataset with an arbitrary number of features and a target variable (here, the outcome of studying). The outcome probability is the result of the input variables of an active student running

⁴ Ungraded examinations like internships and some practical assignments are only considered for estimating variables that do not depend on this information, e.g., the number of passed exams.

⁵ Our training datasets consist of observations of former students (graduates or dropouts) from 2008 to 2018.

⁶ We save our estimates in multiple datasets, which can be linked using an identifier. A randomized and unique UUID replaces the person ID to ensure the pseudonymization of the results. In the last step, we write the data to a PostgreSQL database on a university server.

through the hidden layers and its activation functions, plus a normalization layer with a *softmax* function. To evaluate the model and address potential miscalibration issues, calibration curves for all semesters were estimated using students from cohorts between 2009 and 2013 for the training process and then using students from cohorts between 2014 and 2016 as the test dataset. Calibration curves plot the positive label's true frequency against the model's grouped predicted probability. Model calibration should be applied if our graph deviates too strongly from the perfectly calibrated line [NC05].

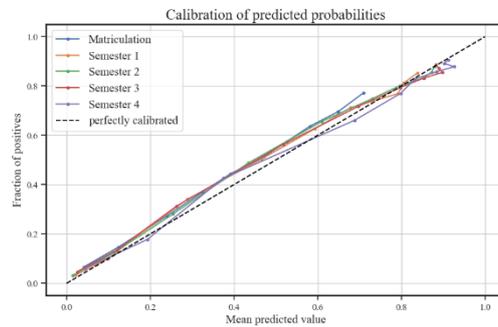


Fig. 1: MLP calibration curves at matriculation and after the four following semesters

Figure 1 shows that for all displayed semesters and at matriculation, the MLP estimates reasonable success probabilities for the test cohorts. The model predicts higher graduation probabilities after university performance data is available, which resembles some level of uncertainty for the earliest. To check if the model learns the changing parameters of interest correctly and yields an improved probability for graduation if a student passes more credit points or achieves a better average grade, partial dependence plots (PDP) [HTF09] and individual conditional expectation plots (ICE) [Go15] were estimated. They visualize the response between an input feature and the target variable, and the plots show that an increase in passed credit points leads to an increase in the probability of graduation, while a worse average grade leads to a decrease in the probability of graduation.⁷

4 Smartphone Application

The smartphone application allows students to observe their current performance and predict their success probability. While giving the students feedback on their current studies, this tool also enables research on the effectiveness of performance feedback on study behavior. The front end was developed using *flutter*, thus allowing deployment on Android and iOS. Students log in with the same user credentials that are required for other digital services of the university. On the first page (left side) are static probabilities over the last semesters and a variable probability for the current semester. On the second page,

⁷ The plots can be provided upon request.

students can compare their academic achievements (credit points and grades) to others. Two colored lines show the share of surpassed students.



Fig. 2: Application showcase with dummy data

Figure 2 shows the smartphone application for a fictive student by utilizing dummy data.

Bibliography

- [BHJ22] Brade, R.; Himmler, O.; Jäckle, R.: Relative performance feedback and the effects of being above average — field experiment and replication. *Economics of Education Review*, 89, 102268, 2022.
- [Be19] Berens, J.; Schneider, K.; Görtz, S.; Oster, S.; Burghoff, J.: Early Detection of Students at Risk-Predicting Student Dropouts Using Administrative Student Data and Machine Learning Methods. *Journal of Educational Data Mining*, 11(3), 1-41, 2019.
- [Go15] Goldstein, A.; Kapelner, A.; Bleich, J.; Pitkin, E.: Peeking Inside the Black Box: Visualizing Statistical Learning With Plots of Individual Conditional Expectation. *Journal of Computational and Graphical Statistics*, 24(1), 44-65, 2015.
- [HJW19] Himmler, O.; Jäckle, R.; Weinschenk, P.: Soft Commitments, Reminders, and Academic Performance. *American Economic Journal: Applied Economics*, 11(2), 114-142, 2019.
- [HTF09] Hastie, T.; Tibshirani, R.; Friedman, J.: *The Elements of Statistical Learning*. Second Edition, Springer, New York, 2009.
- [NC05] Niculescu-Mizil, A.; Caruana, R.: Predicting good probabilities with supervised learning. *International Conference on Machine Learning, Bonn 2005*, 625-632, 2005.
- [OP19] Oreopoulos, P.; Petronijevic, U.: The Remarkable Unresponsiveness of College Students to Nudging And What We Can Learn from It. *NBER Working Papers*, 26059, 2019.

KI-gestützte Studienverlaufsplanung und -analyse mit AIStudyBuddy

Sven Judel¹, Katharina Batz², René Röpke¹, Dominik Bär³, J. Leandro Henao⁴ und Luis Rumert⁴

Abstract: Dieser Beitrag präsentiert das Projekt AIStudyBuddy, in dem unter Einsatz datengetriebener und regelbasierter KI-Technologie zwei Webanwendungen zur Studienverlaufsplanung für Studierende und dem Studienmonitoring für Studiengangdesigner entwickelt werden. In einer gemeinsamen Referenzarchitektur und einem vereinheitlichten Datenmodell werden relevante Daten in einer Analyseinfrastruktur aufbereitet und für die Anwendungen bereitgestellt.

Keywords: Studienverlaufsplanung; Studienmonitoring; Feedback; Curriculumsentwicklung; Process Mining; Mixed Integer Programming

1 Einleitung

Steigende Diversifizierung von Studierenden in ihren Eingangsprofilen, Bildungsbiografien und Lebenssituationen sowie die zunehmende Vielfalt an Studienangeboten und deren Ausgestaltungsmöglichkeiten stellen für die individuelle Studienverlaufsplanung an Hochschulen eine wachsende Herausforderung dar. Statische Hilfsmittel wie Regelstudienpläne für idealtypische Studierende sind unzureichend, sobald Module im vorgesehenen Semester nicht bestanden werden oder durch unterschiedlichste Umstände nicht die intendierte Anzahl an Credits pro Semester erreicht werden kann. Individuelle Beratungsangebote der Fachstudienberatungen können Studierende bei der Planung unterstützen, sind jedoch durch begrenzte Personalressourcen und die steigende Zahl Studierender schnell ausgeschöpft.

An dieser Stelle setzt das Verbundprojekt *AIStudyBuddy* an. Unter Einsatz moderner KI-Technologien sollen Studierende in der individuellen Planung und Reflexion ihrer Studienverläufe unterstützt werden. Außerdem soll mittels Kohortenverfolgung und (hochschulübergreifendem) Studienmonitoring eine evidenzbasierte Curriculumsgestaltung und Weiterentwicklung für Studiengangdesigner ermöglicht werden.

¹ RWTH Aachen, Lerntechnologien, {judel,roepke}@informatik.rwth-aachen.de

² Ruhr-Universität Bochum, Fakultät für Wirtschaftswissenschaft, katharina.batz@ruhr-uni-bochum.de

³ Ruhr-Universität Bochum, Ethik der digitalen Methoden und Techniken, dominik.baer@ruhr-uni-bochum.de

⁴ Bergische Universität Wuppertal, Lehrstuhl für Finanzwissenschaft und Steuerlehre, {henao,rumert}@wiwi.uni-wuppertal.de

2 Statische Studienpläne und fehlende Rückmeldungen

An den im Verbund beteiligten Hochschulen stehen eine Vielzahl statischer Hilfsmittel wie Prüfungsordnungen, Modulhandbücher und Beispielpläne zur Studienverlaufsplanung zur Verfügung. Diese Hilfsmittel, insbesondere Beispielpläne, welche die Regelstudienzeit abbilden, sind auf idealtypische Studierende ausgerichtet. Manche Studierende stehen jedoch vor der Herausforderung, ihr Studium mit anderen Verpflichtungen wie z. B. beruflichen Tätigkeiten oder die Betreuung von Angehörigen oder eigenen Kindern in Einklang zu bringen. Starre Beispielpläne lassen oft nur wenig Raum für Flexibilität, sodass es schwierig ist, die eigenen Verpflichtungen zu berücksichtigen. Zudem müssen oft mehrere Quellen konsultiert werden, wenn eigene Pläne auf Durchführbarkeit untersucht werden sollen. Nicht jedes Modul kann in jedem Semester belegt werden und können in Abhängigkeit zu Studieninhalten (Modul A muss/sollte bestanden sein um Modul B belegen zu dürfen) stehen. Gerade Empfehlungen (A sollte vor B gehört werden), werden oft nur mündlichen von Studierenden untereinander kommuniziert. Das Nicht-Bestehen eines Moduls im vorgesehenen Semester kann eine große Zahl an Anpassungen des eigenen Plans bedeuten, welche sorgfältig durchgeführt und überprüft werden müssen. Individuelle Beratungsgespräche mit der (Fach-)Studienberatung können dabei zusätzlich unterstützen.

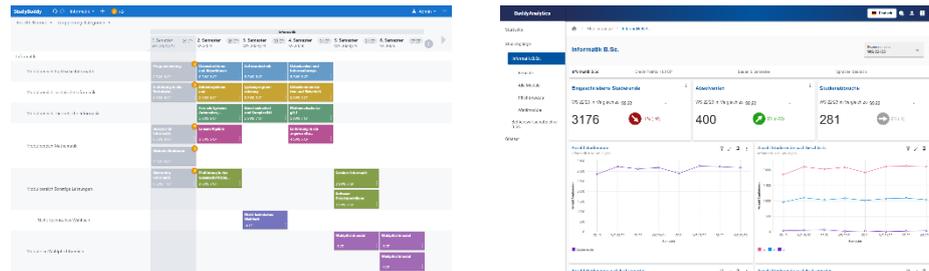
Eine Befragung der Studierenden ergab, dass vorgeschlagene Pläne und Gespräche mit Kommiliton:innen die meist genutzten Informationsquellen zur Studienplanung sind, während Gespräche mit der (Fach-)Studienberatung am seltensten in Anspruch genommen werden. Mögliche Gründe könnten der Aufwand der Terminfindung sowie der Bedarf nach unmittelbarer statt in der Zukunft liegender Unterstützung sein. Jedoch sind es nur diese Gespräche, in denen Studierenden direkte Rückmeldungen zu den empfohlenen Regelstudienverläufen geben können.

3 Planung und Monitoring von Studienverläufen

Zur Erreichung der Projektziele werden zwei Webanwendungen konzeptioniert und umgesetzt. Abbildung 1 stellt links den StudyBuddy und rechts BuddyAnalytics dar.

StudyBuddy Mit dem StudyBuddy steht Studierenden ein Tool zur Verfügung, das sie bei der informierten, reflektierten Planung ihres Studiums unterstützt. Der erste Prototyp entwickelte sich auf einem fachspezifischen Planungswerkzeug [Ju23] und wird im Rahmen des Projektes erweitert. Es bietet grafische Darstellungen des Studienverlaufs und liefert Feedback zur Orientierung. Module können nur in vorgesehene Semester verschoben werden und nicht eingehaltene Modulvoraussetzungen werden graphisch hervorgehoben. Mittels KI-Unterstützung kann (automatisiert) ein Plan generiert werden, welcher die Regularien des Studiengangs einhält und an den individuellen Studienfortschritt der Studierenden angepasst ist. Generiertes Feedback basiert auf vordefinierten Studienverlaufsplänen sowie auf Indikatoren und Empfehlungen, die

mithilfe von KI-Technologie ermittelt wurden und zu einem erfolgreichen Studienabschluss führen sollen. Auf diese Weise ergänzt der StudyBuddy standardisierte Studienverlaufspläne um ein Werkzeug zur individuellen Studienplanung.



(a) Den StudyBuddy nutzen Studierende um ihr Studium zu planen.

(b) BuddyAnalytics nutzen Studiengangdesigner zur Curriculumentwicklung.

Abb. 1: Die aktuellen Prototypen von StudyBuddy (links) und BuddyAnalytics (rechts)

BuddyAnalytics Studiengangdesigner erhalten Zugang zu BuddyAnalytics, einem interaktiven Monitoring- und Reporting-Tool zur Unterstützung bei Planungsentscheidungen wie der kompetenzorientierten Curriculumentwicklung und Studienberatung. Das Tool visualisiert Ergebnisse der Analyse von Studienverlaufsdaten aus verschiedenen Hochschulsystemen in Form unterschiedlicher Dashboards und Berichte, welche es Studiengangdesignern ermöglichen, evidenzbasierte Anpassungen und Verbesserungen der eigenen Studiengänge vorzunehmen. Dadurch können Probleme bei der Gestaltung von Studiengängen und im Studienverhalten identifiziert werden, die von der ursprünglichen Studienverlaufsplanung abweichen.

4 Angewandte KI-Technologien, Infrastruktur und Datenschutz

Zum Erreichen der Projektziele werden erstmalig datengestützte und regelbasierte KI-Paradigmen im Anwendungsbereich der Studienplanung und Kohortenverfolgung kombiniert. Mit Process Mining (PM) als datengestützte KI wird das reale Studienverhalten anhand der Daten aus Campusmanagement-, Lernmanagement- und Prüfungssystemen analysiert. Reale Studienverläufe werden anschließend den intendierten gegenübergestellt. Eine detaillierte Beschreibung dieser Technik ist in [Wa23] gegeben. Regelbasierte KI soll transparente Begründungen für Feedback generieren, das für Nicht-Domänenexperten verständlich ist. Dabei sollen Regularien des Studiengangs wie Modul-Turnus und Teilnahmevoraussetzungen als auch reale, durch das PM identifizierte Studienverläufe berücksichtigt werden. Die Regularien werden aus Prüfungsordnungen und deren Modulhandbüchern extrahiert und maschinenlesbar gespeichert und verarbeitet. Anfangs wurde hierfür Answer Set Programming (ASP) verwendet, aus Performancegründen jedoch auf Mixed Integer Linear Programs (MIPs) gewechselt. Somit ist eine schnelle Evaluation der von Studierenden erstellten Pläne und die Rückmeldung von Feedback möglich.

Die verschiedenen Komponenten des Projekts werden in einer Referenzarchitektur zusammengebracht. Diese folgt dem Konzept der Learning Analytics Infrastruktur Excalibur LA [JS22]. In einem zentralen Data Warehouse werden die Daten aller Partner in Form eines Referenzmodells gespeichert. Die verschiedenen Analysekomponenten rufen diese Daten nach Bedarf zur Verarbeitung ab und speichern die Ergebnisse proaktiver Analysen in einem Result Store ab, sodass diese in kurzer Zeit abgerufen und in den Webanwendungen dargestellt werden können. Die Einhaltung von Datenschutz und Datenethik wird durch eine Rights Engine gewährleistet. Diese verwaltet sowohl Zustimmungen von Studierenden zur Sammlung von Daten und dem Durchführen ausgewählter Analysen als auch Zugriffsrechte auf die Analyseergebnisse. Die Umsetzung dieser Komponente wie auch das gesamte Projektvorhaben wird unter Berücksichtigung ethischer Fragestellungen begleitet und geprüft.

5 Zusammenfassung und Ausblick

Das Verbundprojekt AIStudyBuddy nutzt daten- und regelbasierte KI-Technologien, um Studierende in der individuellen Planung und Reflexion ihres Studiums zu unterstützen und Studiengangdesignern evidenzbasierte Rückmeldungen zur Gestaltung von Studiengängen zu geben. Für beide Zielgruppen wird je eine Webanwendung zur Unterstützung ihrer Aufgaben konzipiert und entwickelt: Der StudyBuddy ermöglicht die individuelle und interaktive Studienverlaufsplanung unter Berücksichtigung der Studiengangsregularien, während BuddyAnalytics reale Verläufe intendierten Studienplänen gegenüberstellt und Einsicht in das Studienverhalten erlaubt. Aktuell liegen die Komponenten des Projekts prototypisch vor und werden iterativ und nutzerzentriert evaluiert und erweitert. Das Referenzmodell für die Studienverlaufsdaten ist so gestaltet, dass sich weitere Hochschulen dem Vorhaben anschließen können und folglich hochschulübergreifendes Studienmonitoring ermöglicht wird. Eine maßgebliche Voraussetzung hierfür ist, dass zuvor Vereinbarungen zur gemeinsamen Datenverarbeitung getroffen wurden.

Literaturverzeichnis

- [JS22] Judel, S.; Schroeder, U.: EXCALIBUR LA - An Extendable and Scalable Infrastructure Build for Learning Analytics. In: 2022 International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT). IEEE, Bucharest, Romania, S. 155–157, Juli 2022.
- [Ju23] Judel, S. et al.: Supporting Individualized Study Paths Using an Interactive Study Planning Tool. In (Roepke, R.; Schroeder, U., Hrsg.): 21. Fachtagung Bildungstechnologien (DELFI). Gesellschaft für Informatik, Bonn, S. 225–230, 2023. (*In publication*).
- [Wa23] Wagner, M. et al.: A Combined Approach of Process Mining and Rule-Based AI for Study Planning and Monitoring in Higher Education. In (Montali, M.; Senderovich, A.; Weidlich, M., Hrsg.): Process Mining Workshops, Jgg. 468 in Lecture Notes in Business Information Processing, S. 513–525. Springer Nature Switzerland, 2023.

**Workshop 7: Richtlinien für vertrauenswürdige und
ethische KI-Nutzung in der Bildung**

Richtlinien für vertrauenswürdige und ethische Nutzung von Künstlicher Intelligenz (KI) in der Bildung

Aktueller Hintergrund, Erwartungen und Ausblick

Christian M. Stracke  ¹

Abstract: Wie können wir Richtlinien für vertrauenswürdige und ethische KI-Nutzung in der Bildung für die Praxis ausarbeiten und einsetzen? Dieses akute und viel besprochene Thema war die Ausgangsfrage des Workshops bei der DELFI-Tagung 2023. In diesem Artikel wird zunächst der aktuelle Hintergrund des Themas erörtert, der auch im Mittelpunkt der thematischen Einführung stand. Anschließend werden Konzeption, Verlauf und Ergebnisse des Workshops hier präsentiert. Dabei haben nach der Einführung und unter der Anleitung und Moderation von Christian M. Stracke 20 Teilnehmende intensiv diskutiert, welche Bedingungen für eine vertrauenswürdige und ethische Nutzung von Künstlicher Intelligenz (KI) in der Bildung gegeben sein sollten und müssen. Als zentrales Ergebnis lässt sich konstatieren, dass die intensiven Austausche und Diskussionen im Workshop die Erkenntnisse und Erfahrungen zu KI bei den Teilnehmenden erhöhten. Der Artikel endet mit einem Ausblick über die fünf Hauptbedingungen der ethischen KI- Nutzung, die als Basis für eine digitale Kompetenzentwicklung zu KI und vor allem für weiteren Forschung zu ethischen Fragestellungen in der Beziehung von KI und Bildung genutzt werden können.

Keywords: Künstlicher Intelligenz (KI), Vertrauenswürdigkeit und Ethik in der Bildung, Interaktive World-Café-Methode, Digitale Kompetenzentwicklung.

1 Hintergrund: KI und Bildung

Künstliche Intelligenz (KI) ist seit ihrer begrifflichen Einführung in der 50er-Jahren, die häufig John McCarthy zugeschrieben wird, kontrovers diskutiert (Aiken & Epstein, 2000, Huang et al., 2023). Seitdem ist KI in vielen Branchen und Disziplinen weltweit eingeführt worden (Borenstein & Howard, 2021).

Die Nutzung von KI in der Bildung ist seit mehr als 40 Jahren im Fokus der Forschung unter ganz unterschiedlichen Perspektiven (Dillenbourg, 2016, Kent, & du Boulay, 2022, Pinkwart, 2016), vor allem in der Schulbildung (Hrastinski et al., 2019, Luckin et al., 2022) und der akademischen Bildung (Crompton et al., 2020). Dabei sind auch diverse systematischen Literaturübersichten erstellt und ausgewertet worden (Chen et al., 2020, Crompton et al., 2022, Kurdi et al., 2020, Sanusi et al., 2022, Sottolare et al., 2018,

¹ Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Wissenschaftliches Hochschulrechenzentrum (HRZ),

Wegelerstr. 6, 53115 Bonn, stracke@uni-bonn.de,  <https://orcid.org/0000-0001-9656-8298>

Zawacki-Richter et al., 2019). Die vorausgesagten Auswirkungen von KI haben viele Forschende und Initiativen veranlasst, die Diskussion und Definition von ethischer KI-Nutzung zu starten (European Commission, 2022, HLEG on AI, 2019, Kazim & Koshiyama, 2021, Larsson & Heintz, 2020, UNESCO, 2021) bis hin zur Ethik der ethischen KI-Nutzung (Hagendorff, 2020).

Im Bildungsbereich ist die ethische KI-Nutzung von besonderer Relevanz, da gerade die schulische Ausbildung einen speziellen Sektor darstellt. Zum einen gibt es das Grundrecht auf Bildung, verankert in den Menschenrechten, der Kinderrechtskonvention und im Nachhaltigkeitsziel Nr. 4, sowie die damit weltweit gegebene Pflicht zum Schulbesuch (United Nations, 1948, 1990, 2015). Dies schließt auch den gleichberechtigten und inklusiven Zugang zu hochwertiger Bildung mit ein, was zusätzliche Anforderungen an eine ethische KI-Nutzung in der (schulischen) Bildung stellt. Zum anderen ist Bildung kein Produkt wie jedes andere aus zwei Gründen: Erstens, Bildungsangebote und deren Verläufe und Ergebnisse sind nicht vorhersehbar und zweitens, niemand kann zum Lernen gezwungen werden (Stracke, 2019).

Daher sind neben gesetzlichen Vorgaben zur Regulierung, die aktuell ausgearbeitet werden, insbesondere interne Richtlinien für die ethische KI-Nutzung sinnvoll und vonnöten, um den rechtlichen und vor allem ethischen Unsicherheiten zu begegnen. Zu deren Diskussion wurde ein Workshop "Richtlinien für vertrauenswürdige und ethische Nutzung von Künstlicher Intelligenz (KI) in der Bildung" bei der DELFI-Tagung 2023 vorgeschlagen und durch ein Peer-Review ausgewählt und realisiert. Dabei kann er auf den Erfahrungen und Ergebnissen eines ersten Workshops bei der AIED Conference 2023 in Tokyo zuvor aufbauen (Holmes et al., 2023).

2 Konzeption, Verlauf und Ergebnisse des Workshops

2.1 Konzeption des Workshops

Der interaktive Workshop wurde von Christian M. Stracke konzipiert und folgt dabei der World-Café-Methode. Für den Workshop wurden folgende Leitfragen formuliert:

- Wie können wir Richtlinien für vertrauenswürdige und ethische KI-Nutzung in der Bildung für die Praxis ausarbeiten und einsetzen?
- Wie können wir mit KI-unterstützten Lehr-Lern-Angeboten die Menschenrechte, Demokratie und Gesetzesregeln wahren und vielleicht sogar stärken?
- Welche Anforderungen und Rahmenbedingungen benötigen wir, um eine vertrauenswürdige und ethische KI-Nutzung in der Bildung sicherzustellen?
- Und wie können wir alle Beteiligte dabei einbeziehen?

Der Workshop richtete sich sowohl an interessierte Laien ohne Vorkenntnisse zu Künstlicher Intelligenz (KI) als auch an Expert*innen. Dabei sollte vor allem die Diskussion und den Austausch gefördert werden. Als Lernziele wurden angestrebt:

- Mögliche Richtlinien für eine vertrauenswürdige und ethische KI-Nutzung in der Bildung kennenlernen und deren Struktur und Einsatzmöglichkeiten kritisch reflektieren
- Persönliche Ideen für die eigene zukünftige (vertrauenswürdige und ethische) KI-Nutzung in der Bildung entwerfen und gegenseitig vorstellen und besprechen
- In Kleingruppen und abschließend im Plenum diskutieren, wie Richtlinien für eine vertrauenswürdige und ethische KI-Nutzung in der Bildung entwickelt und gestaltet werden können

Diese Konzeption wurde eingereicht und im Peer-Review-Verfahren dank der guten Ergebnisse als halbtägiger Workshop ausgewählt.

2.2 Verlauf des Workshops

Im Workshop am 11. September 2023 wurde die vorgeschlagene interaktive Konzeption der World-Café-Methode, die drei Teile vorsah, umgesetzt. Das Thema war so attraktiv, dass insgesamt 20 Teilnehmende sich einfanden und aktiv mitwirkten. Zu Beginn wurde durch eine Abfrage ermittelt, auf welchem Niveau sich alle Teilnehmenden hinsichtlich des Themas selbst einschätzen und in kurzen Statements diese Auswahlen begründet.

Im ersten Teil wurden die World-Café-Methode sowie das Thema "Richtlinien für vertrauenswürdige und ethische KI-Nutzung in der Bildung" kurz vorgestellt. Dabei gab der Workshop-Moderator Christian M. Stracke eine kurze Einführung in die Künstliche Intelligenz, deren Einsatz in der Bildung sowie aktuelle ethische Fragestellungen und Regulierungsbedarfe dazu (Stracke, 2023).

Im zweiten Teil, dem längsten Hauptteil, wurden drei ausgewählte Themen an vorbereiteten Gruppentischen besprochen, wozu sich fünf Gruppen mit 3 bis 5 Teilnehmenden bildeten. Das Vorgehen war dann an allen Tischen in den drei aufeinander folgenden Runden, die von einer Pause unterbrochen wurden, identisch:

1. Erst wurde das Thema, das immer aus einer offenen Frage bestand, vorgelesen und dessen Verständnis geklärt.
2. Dann wurden Beiträge (= Antworten auf die Fragestellung des Themas) in Form von Notizzetteln (Post-it) auf dem Gruppentisch von allen gesammelt.
3. Zuletzt wurden alle gesammelten Beiträge in offener Diskussion sortiert und nach selbst gewählten Oberpunkten bzw. Kriterien geclustert, so dass sie später

präsentiert werden konnten. Dies konnte unabhängig von den bisherigen Runden erfolgen oder auch mit den schon zuvor gewählten Oberpunkten bzw. Kriterien.

Im dritten Teil wurden dann die Ergebnisse der Tische im Plenum vorgestellt und abschließend kritisch reflektiert und besprochen. Die Abbildung 1 präsentiert die Zusammenfassungen der Ergebnisse aus den fünf Gruppen zu den drei Fragen.

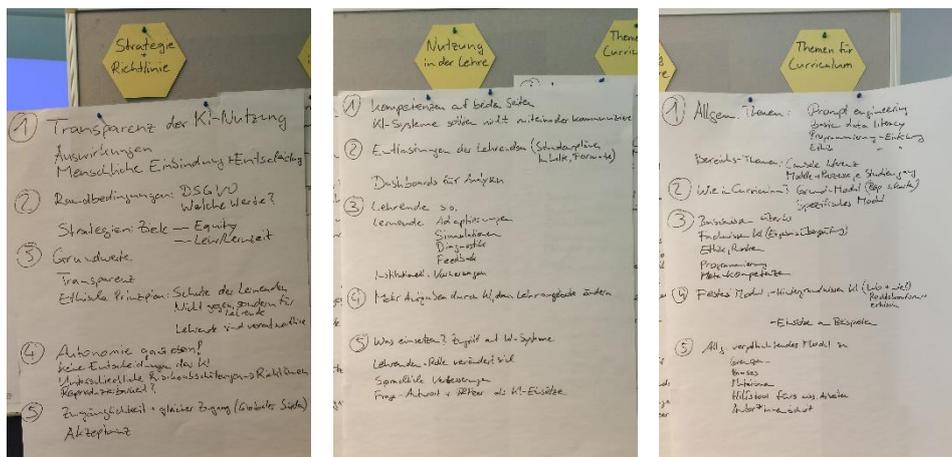


Abb. 1: Ergebnisse der fünf Gruppen zu den drei Fragen

Die Präsentation als Einführung des Workshops enthält in der frei zugänglichen Version auch die Kurzfassungen der Ergebnisse (Stracke, 2023).

Und zum allgemeinen Abschluss wurde über den Workshop und die Erkenntnisgewinne insgesamt während einer Aufstellung diskutiert und ausschließlich positives Feedback seitens der Teilnehmenden gegeben.

2.3 Ergebnisse des Workshops

Das zentrale Ergebnis des Workshops war sofort deutlich sichtbar: Zu Beginn und zum Ende hat der Workshop-Moderator alle Teilnehmenden gebeten, sich in Aufstellungen an einer Linie zu positionieren, die eine Skala von 0 (keine Kenntnisse und Erfahrungen zu KI) bis 10 (KI-Expertise) abbildete. Die Verschiebungen in höhere Werte waren offensichtlich und wurden von den Erklärungen der Teilnehmenden auch bestätigt und vor allem durch die intensiven Austausche, Diskussionen und Zugewinne an Erkenntnissen und Erfahrungen zu KI begründet.

Alle detaillierten Ergebnisse des Workshops und der fünf Gruppen sind online verfügbar: <http://delfi2023.learning-innovations.eu>

3 Ausblick: Hauptbedingungen der ethischen Nutzung von KI

Der interaktive Workshop "Richtlinien für vertrauenswürdige und ethische Nutzung von Künstlicher Intelligenz (KI) in der Bildung" bei der DELFI-Tagung 2023 hat gezeigt, wie wichtig das Thema angesehen wird und welche offenen Fragen und Unsicherheiten bestehen. Der Workshop-Moderator und Autor kann die dortigen Diskussionen mit den Erfahrungen aus dem ebenfalls von ihm moderierten Workshop zum gleichen Thema bei der AIED 2023 (Holmes et al.2023) sowie aus den von ihm angebotenen offenen KI-Workshops an der Universität Bonn vergleichen. In der Analyse ergeben sich sehr ähnliche Fragestellungen und Unsicherheiten, die die zentralen KI-Eigenschaften und den Umgang damit betreffen. Zusammengefasst lassen sie sich in fünf Hauptbedingungen der KI formulieren, die wesentlich für das grundlegende KI-Verständnis sind:

- KI verursacht beispiellose Veränderungen
- KI ist nicht intelligent
- KI basiert auf menschlicher Verantwortung
- KI benötigt Risikoabwägung
- KI benötigt Bildung über KI

Diese fünf Hauptbedingungen der KI können und sollten daher als Basis für eine digitale Kompetenzentwicklung zu KI und vor allem für weiteren Forschungen zu ethischen Fragestellungen in der Beziehung von KI und Bildung genutzt werden.

Literaturverzeichnis

- Aiken, R. M., & Epstein, R. G. (2000). Ethical Guidelines for AI in Education: Starting a Conversation. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 11, 163–176.
- Borenstein, J., & Howard, A. (2021). Emerging challenges in AI and the need for AI ethics education. *AI and Ethics*, 1(1), 61–65. <https://doi.org/10.1007/s43681-020-00002-7>
- Bozkurt, A., Gjelsvik, T., Adam, T., Asino, T. I., Atenas, J., Bali, M., ..., & Zawacki Richter, O. (2023). Openness in Education as a Praxis: From Individual Testimonials to Collective Voices. *Open Praxis*, 15(2), pp. 76–112. <https://doi.org/10.55982/openpraxis.15.2.574>
- Bozkurt, A., Xiao, J., Lambert, S., Pazurek, A., Crompton, H., Koseoglu, S., ..., & Jandrić, P. (2023). Speculative Futures on ChatGPT and Generative Artificial Intelligence (AI): A Collective Reflection from the Educational Landscape. *Asian Journal of Distance Education*, 18(1), 53-130. <https://www.asianjde.com/ojs/index.php/AsianJDE/article/view/709/394>
- Chen, L., Chen, P., & Lin, Z. (2020). Artificial intelligence in education: A review. *IEEE Access*, 8, 75264–75278. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2988510>

- Crompton, H., Bernacki, M. L., & Greene, J. (2020). Psychological foundations of emerging technologies for teaching and learning in higher education. *Current Opinion in Psychology*, 36, 101–105. <https://doi.org/10.1016/j.copsyc.2020.04.011>
- Crompton, H., Jones, M. V., & Burke, D. (2022). Affordances and challenges of artificial intelligence in K-12 education: a systematic review. *Journal of Research on Technology in Education*. <https://doi.org/10.1080/15391523.2022.2121344>
- Dillenbourg, P. (2016). The evolution of research on digital education. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 26, 544–60. <https://doi.org/10.1007/s40593-016-0106-z>.
- European Commission (2022). *Ethical guidelines on the use of artificial intelligence (AI) and data in teaching and learning for educators*, <https://data.europa.eu/doi/10.2766/153756>, last accessed 2023/01/13.
- Hagendorff, T. (2020). The ethics of AI ethics: An evaluation of guidelines. *Minds and Machines*, 30(1), 99–120. <https://doi.org/10.1007/s11023-020-09517-8>
- High-Level Expert Group (HLEG) on AI (2019). *Ethics Guidelines for Trustworthy AI*, <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/ethics-guidelines-trustworthy-ai>, last accessed 2023/01/13.
- Holmes, W., Stracke, C. M., Chounta, I.-A., Allen, D., Baten, D., Dimitrova, V., ..., & Wasson, B. (2023). AI and Education. A View Through the Lens of Human Rights, Democracy and the Rule of Law. Legal and Organizational Requirements. In: Wang, N., Rebollo-Mendez, G., Dimitrova, V., Matsuda, N., Santos, O.C. (Eds.) *Artificial Intelligence in Education. AIED 2023. Communications in Computer and Information Science*, vol 1831. (pp. 79-84). https://doi.org/10.1007/978-3-031-36336-8_12
- Hrastinski, S., Olofsson, A. D., Arkenback, C., Ekström, S., Ericsson, E., Fransson, G., Jaldemark, J., Ryberg, T., Öberg, L.-M., Fuentes, A., Gustafsson, U., Humble, N., Mozelius, P., Sundgren, M., & Utterberg, M. (2019). Critical imaginaries and reflections on artificial intelligence and robots in post digital K-12 education. *Postdigital Science and Education*, 1(2), 427–445. <https://doi.org/10.1007/s42438-019-00046-x>
- Huang, R., Tlili, A., Xu, L., Chen, Y., Zheng, L., Saleh Metwally, A. H., Da, T., Chang, T., Wang, H., Mason, J., Stracke, C. M., Sampson, D., & Bonk, C. J. (2023). Educational futures of intelligent synergies between humans, digital twins, avatars, and robots - the iSTAR framework. *Journal of Applied Learning & Teaching*, 6(2), 1-16. <https://doi.org/10.37074/jalt.2023.6.2.33>
- Kazim, E., & Koshiyama, A. S. (2021). A high-level overview of AI ethics. *Patterns*, 2(9), 100314. <https://doi.org/10.1016/j.patter.2021.100314>
- Kent, C., & du Boulay, B. (2022). *AI for Learning*. CRC Press, Boca Raton, FL. <https://doi.org/10.1201/9781003194545>
- Kurdi, G., Leo, J., Parsia, B., Sattler, U., & Al-Emari, S. (2020). A systematic review of automatic question generation for educational purposes. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 30, 121-204. <https://doi.org/10.1007/s40593-019-00186-y>
- Larsson, S., & Heintz, F. (2020). Transparency in artificial intelligence. *Internet Policy Review*, 9(2), 1–16. <https://doi.org/10.14763/2020.2.1469>

- Luckin, R. (2017). Towards artificial intelligence-based assessment systems. *Nature Human Behaviour*, 1(3), 1–3. <https://doi.org/10.1038/s41562-016-0028>
- Pinkwart, N. (2016). Another 25 years of AIED? Challenges and opportunities for intelligent educational technologies of the future. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 26, 771-83. <https://doi.org/10.1007/s40593-016-0099-7>
- Sanusi, I.T., Oyelere, S.S., Vartiainen, H., Suhonen, J., & Tukiainen, M. (2022). A systematic review of teaching and learning machine learning in K-12 education. *Education and Information Technologies*. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11416-7>
- Sottolare, R. A., Burke, S., Salas, E., Sinatra, A. M., Johnston, J. H., & Gilbert, S. B. (2018). Designing adaptive instruction for teams: a meta-analysis. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 28, 225-64. <https://doi.org/10.1007/s40593-017-0146-z>
- Stracke, C. M. (2019). Quality Frameworks and Learning Design for Open Education. *The International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 20(2), 180-203. <https://doi.org/10.19173/irrodl.v20i2.4213>
- Stracke, C. M. (2020). Open Science and Radical Solutions for Diversity, Equity and Quality in Research: A Literature Review of Different Research Schools, Philosophies and Frameworks and Their Potential Impact on Science and Education. In D. Burgos (Ed.), *Radical Solutions and Open Science. An Open Approach to Boost Higher Education. Lecture Notes in Educational Technology* (pp. 17-37). Springer: Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-15-4276-3_2
- Stracke, C. M. (2023). *Richtlinien für vertrauenswürdige und ethische KI-Nutzung in der Bildung*. Präsentation als Einführung im Workshop der DELFI-Tagung 2023 am 11.9.2023. <https://zenodo.org/records/10001397>
- Stracke, C. M., Sharma, R. C., Bozkurt, A., Burgos, D., Swiatek, C., Inamorato dos Santos, A., ..., & Truong, V. (2022). Impact of COVID-19 on formal education: An international review on practices and potentials of Open Education at a distance. *The International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 23(4), 1-18. <https://doi.org/10.19173/irrodl.v23i4.6120>
- Stracke, C. M., Burgos, D., Santos-Hermosa, G., Bozkurt, A., Sharma, R. C., Swiatek, C., ..., & Truong, V. (2022). Responding to the initial challenge of COVID-19 pandemic: Analysis of international responses and impact in school and higher education. *Sustainability*, 14(3), 1876. <https://doi.org/10.3390/su14031876>
- United Nations (1948). *Universal Declaration of Human Rights*. <https://www.un.org/sites/un2.un.org/files/2021/03/udhr.pdf>
- United Nations (1990). *Convention on the Rights of the Child*. <https://www.ohchr.org/sites/default/files/crc.pdf>
- United Nations (2015). *Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development*. A/RES/70/1. <https://sdgs.un.org/sites/default/files/publications/21252030%20Agenda%20for%20Sustainable%20Development%20web.pdf>

United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO) (2021). *Recommendation on the Ethics of Artificial Intelligence*, <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000381137>, last accessed 2023/01/13.

Zawacki-Richter, O., Marín, V. I., Bond, M., & Gouverneur, F. (2019). Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education – Where are the educators? *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 16(1), 1–27. <https://doi.org/10.1186/s41239-019-0171-0>

Workshop 8: KI-gestützte Erstellung von Prüfungsleistungen

Workshop: KI-gestützte Erstellung von Prüfungsleistungen

Bastian Küppers¹, Svenja Bedenlier², Stefanie Gerl³, Matthias Bandtel⁴

Abstract: ChatGPT ist dieser Tage in aller Munde. Auf den ersten Blick ist ChatGPT eine Bedrohung für Prüfungsleistungen, speziell für asynchrone Prüfungsleistungen wie Hausarbeiten, da der anforderbare Output von ChatGPT sehr geeignet für die Lösung entsprechender Aufgabenstellungen erscheint. Doch ein näherer Blick zeigt: Chat GPT ist ein Sprachmodell und hat entsprechende Limitierungen. Der Workshop „KI-gestützte Erstellung von Prüfungsleistungen“ hat mit einem praxisorientierten Fokus Expertise aus der Praxis der aktuellen Prüfungslandschaft an verschiedenen Hochschulen gebündelt und Probleme und Chancen von generativer KI betrachtet.

Keywords: Künstliche Intelligenz, Elektronische Klausuren, Klausuren, Prüfungen

1 Einleitung

ChatGPT bzw. generative KI auf Basis von Sprachmodellen ist dieser Tage in aller Munde. Auf den ersten Blick stellen solche Technologien eine Bedrohung für Prüfungsleistungen, speziell für asynchrone Prüfungsleistungen wie Hausarbeiten dar, da der anforderbare Output sehr geeignet für die Lösung entsprechender Aufgabenstellungen erscheint. Doch ein näherer Blick zeigt: Generative KI kann nur auf den Informationen arbeiten, mit denen sie trainiert wurde, und hat entsprechende Limitierungen. Dementsprechend lohnt sich ein näherer Blick, um Risiken und Chancen sinnvoll bewerten zu können. Dabei hat der Workshop einen praxisorientierten Fokus und soll Expertise aus der Praxis und den aktuellen Prüfungslandschaften an verschiedenen Hochschulen bündeln.

Im Workshop wurden dazu drei Leitfragen jeweils in verschiedenen Arbeitsmodi bearbeitet:

¹ RWTH Aachen University IT Center / Learning Technologies Research Group, Seffenter Weg 23, D-52074 Aachen, kueppers@itc.rwth-aachen.de

² FAU Erlangen-Nürnberg, Institut für Lern-Innovation, Dr.-Mack-Straße 77, D-90762 Fürth, svenja.bedenlier@ili.fau.de

³ FAU Erlangen-Nürnberg, Institut für Lern-Innovation, Dr.-Mack-Straße 77, D-90762 Fürth, stefanie.gerl@ili.fau.de

⁴ KIT Karlsruhe, Karl-Friedrich-Straße 17, D-76133 Karlsruhe, matthias.bandtel@kit.edu

1. Wie sehr bedroht generative KI die aktuell etablierten Prüfungsformate an Hochschulen tatsächlich?
2. Wie können aktuell etablierte Prüfungsformate gegebenenfalls angepasst werden, damit generative KI nicht als Tool zur (teilweisen) Lösung von Prüfungen verwendet werden kann?
3. Welche Chancen birgt generative KI möglicherweise im Hinblick auf (elektronische) Prüfungen?

2 Beschreibung der Arbeitsmodi

2.1 Frage 1: Wie sehr bedroht generative KI die aktuell etablierten Prüfungsformate an Hochschulen tatsächlich?

Anhand einer leicht abgewandelten 6-Hüte-Methode⁵ sollte die tatsächliche „Bedrohungslage“ von Prüfungen im Hochschulbereich durch generative KI erörtert werden. Die Methode wurde dabei gewählt, um eine möglichst umfassende Betrachtung zu ermöglichen, wurde jedoch leicht abgewandelt, um der Fragestellung und dem Kontext gerecht zu werden. Die gewählten Hüte sollten jeweils die folgenden Aspekte berücksichtigen:

- Weißer Hut: Analytisches Denken
- Roter Hut: Emotionales Denken
- Schwarzer Hut: Kritisches Denken
- Gelber Hut: Optimistisches Denken

Beim analytischen Denken sollte dabei eine möglichst reelle Einschätzung der Bedrohungslage erarbeitet werden, indem sowohl Prüfungslandschaft als auch generative KI analysiert werden und darauf aufbauend die tatsächliche Bedrohungslage abgeleitet werden.

Beim emotionalen Denken sollten hauptsächlich Bedenken hinsichtlich der Bedrohungslage gesammelt werden. Dabei sollte zunächst nicht unterschieden werden, ob eine Bedrohung ein realistisches Szenario oder nur ein befürchtetes Szenario darstellt.

Beim kritischen Denken sollten realistische Bedrohungen erarbeitet werden, dabei sollte jedoch ein kritischer Grundgedanke im Vordergrund stehen, sodass auch mögliche, jedoch sehr unwahrscheinliche, Bedrohungen gesammelt werden. Im Gegensatz dazu sollten beim optimistischen Denken zwar ebenfalls realistische Bedrohungen erarbeitet werden,

⁵ De Bono E. (1985). Six thinking hats. ISBN: 0-14-013784-X

jedoch mit einem optimistischen Fokus, sodass die Menge der gesammelten Bedrohungen am Ende nur wahrscheinliche Szenarien enthält.

2.2 Frage 2: Wie können aktuell etablierte Prüfungsformate gegebenenfalls angepasst werden, damit generative KI nicht als Tool zur (teilweisen) Lösung von Prüfungen verwendet werden kann?

Mit dem methodischen Ansatz des „World Café“⁶ sollten Möglichkeiten erarbeitet werden, wie aktuell verwendete Prüfungsformate angepasst werden könnten, damit generative KI keine Bedrohung mehr für die Reliabilität der Prüfungsleistungen darstellt. Dabei gab es Tischen zu folgenden Themen:

- Präsentationen
- Portfolios
- Klausuren
- E-Klausuren
- Hausarbeiten

In drei direkt aufeinanderfolgenden Runden sollten die Teilnehmenden des Workshops selbstgewählt jeweils an einem anderen Tisch pro Runde die Entwicklungsmöglichkeiten der jeweils am Tisch repräsentierten Prüfungsform erörtern. Die Themenpaten an den Tischen haben ab der zweiten Runde jeweils kurz die Ergebnisse der vorherigen Runden vorgestellt, sodass die Runden thematisch aufeinander aufgebaut waren.

2.3 Frage 3: Welche Chancen birgt generative KI möglicherweise im Hinblick auf (elektronische) Prüfungen?

Die dritte Frage wurde in zwei Gruppen diskutiert, wobei eine Gruppe einen Fokus auf E-Prüfungen hatte und die andere Gruppe sich mit Papierprüfungen beschäftigt hat. Dazu muss erwähnt werden, dass sich generative KI bei Papierprüfungen nicht ohne Weiteres während der Prüfungsdurchführung einsetzen lässt, sodass der Fokus in dieser Gruppe auf der Vor- und Nachbereitung von Prüfungen lag, während der Fokus der ersten Gruppe deutlich mehr auf die Prüfungsdurchführung ausgerichtet war. Beiden Gruppen war während des Workshops freigestellt, den Arbeitsmodus selbst zu wählen.

⁶ Brown, J.J., & Isaacs, D. (2005). *The World Café: Shaping Our Futures Through Conversations That Matter*. ISBN: 978-1-57675-258-6

3 Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse der einzelnen Sessions wurden jeweils nach den Sessions im Plenum vorgestellt und kurz diskutiert. Die jeweils erzielten Ergebnisse werden in den folgenden Abschnitten dargestellt und kurz diskutiert.

3.1 Ergebnisse zu Frage 1

Die Gruppen mit den jeweiligen Hüten haben während der Sessions folgende Punkte erarbeitet:

Weißer Hut – Analytisches Denken

Die einzelnen Komponenten einer Prüfung müssen in der Bewertung anders gewichtet werden, d.h. der Fokus muss auf Punkte wie Argumentationen und Schlussfolgerungen gelegt werden. Zudem müssen sich die geprüften Kompetenzen verändern: Weg von der Reproduktion von Wissen hin zur Anwendung des Wissens.

Roter Hut – Emotionales Denken

Es wird eine Ungerechtigkeit in Prüfungen befürchtet, da generative KI nicht von allen Studierenden gleich gut genutzt werden kann, da auch dies bestimmte Kompetenzen erfordert. Hinsichtlich der Vor- und Nachbereitungen von Prüfungen wurden zudem Vor- und Nachteile erarbeitet. Es wird als positiv gesehen, dass generative KI-Routineaufgaben übernehmen könnte und der Umgang damit sogar Spaß machen kann bzw. eine gewisse Faszination mit sich bringt. Auf der anderen Seite wird befürchtet, dass manche Aufgaben und damit langfristig Arbeitsplätze ganz von einer KI übernommen werden könnten und so zudem die Wertschätzung für geleistete Arbeit abnimmt. Darüber hinaus wird auf die Möglichkeit technischer Probleme bzw. generell auf neue Herausforderungen im Arbeitsalltag bei der Verwendung generativer KI im Arbeitsalltag hingewiesen.

Schwarzer Hut – Kritisches Denken

Bei nicht in Präsenz abgelegten Prüfungen wird es schwierig die abgegebene Prüfungsleistung gerecht zu bewerten. Darüber hinaus sind aktuelle Prüfungsordnungen nicht auf Prüfungsszenarien in denen generative KI – erlaubt oder unerlaubt – eingesetzt wird ausgelegt. Daher wird rechtliche Unsicherheit bei der Durchführung von Prüfungen befürchtet.

Gelber Hut – Optimistisches Denken

Generative KI kann als unerlaubtes Hilfsmittel, während einer nicht in Präsenz abgelegten Prüfung verwendet werden, allerdings birgt diese Prüfungsmodus immer ein erhöhtes Risiko, dass die Prüfungsabgabe unter Zuhilfenahme unerlaubter Werkzeuge bzw. unerlaubter Hilfe anderer Menschen angefertigt worden ist. Daher wird die tatsächliche Bedrohung durch generative KI zwar als existent anerkannt, aber nicht als grundsätzlich

neuartiges Problem eingeordnet. Darüber hinaus werden auch sehr positive Aspekte generativer KI gesehen, da diese Technologie es beispielsweise ermöglicht Prüfungsaufgaben dynamisch generieren zu lassen und so mehrere gleichwertige Varianten einer Aufgabe in einer Prüfung einzusetzen. Somit wird einfaches Abschreiben bei Präsenzprüfungen deutlich erschwert, was die Reliabilität einer Prüfung am Ende sogar verstärkt. Zudem kann über automatisch generierte Aufgaben den Studierenden zur Vorbereitung auf eine Prüfung ein wirkungsvolles Hilfsmittel zum Lernen an die Hand gegeben werden. Dies gilt insbesondere, wenn die generierten Aufgaben auch mit einer Musterlösung versehen sind. Sofern zu einer bestimmten Aufgabe eine Musterlösung mittels generativer KI erzeugt werden kann, könnte dies darüber hinaus auch bei der Korrektur einer Prüfung helfen und so den Arbeitsaufwand für die Korrektur senken.

3.2 Ergebnisse zu Frage 2

In den drei Runden des World Cafés wurden während des Workshops folgende Punkte an den einzelnen Thementischen erarbeitet:

Präsentationen

Generative KI kann bei einer Präsentation nur in der Vorbereitung eingesetzt werden, beispielsweise indem eine Gliederung oder ganze Folien generiert werden. Bei der Präsentation selbst und einer anschließenden Diskussion sind die Prüflinge auf sich allein gestellt. Daher sollte der Fokus auf diesen beiden Elementen der Prüfung liegen und die Folien als solche nur sekundäres Kriterium zur Bewertung sein. Zudem wird die Nutzbarkeit von automatisch generierten Folieninhalten insgesamt in Frage gestellt, da die Folien immer auf die Zuhörenden und den Kontext der Präsentation (Seminar, Kolloquium, ...) abgestimmt sein. Zudem ist die Bewertung und Spezifika einer Präsentation sowie der Gestaltung zugehöriger Folien sehr von der Fachdisziplin abhängig, sodass eine generative KI diesen Kontext kennen müsste, um verwertbare Ergebnisse zu liefern. Zusätzlich zu den vorstehend genannten Punkten ist die Generierung bzw. Einbindung von nicht-textuellen Inhalten wie Bildern oder Tabellen zumindest im Moment noch nicht möglich.

Portfolio

Portfolios sind generell als kompetenzorientierte Prüfungsform anzusehen. Daher ist die reine Reproduktion von Informationen durch eine generative KI ohnehin nicht sonderlich hilfreich. Hinzu kommt, dass jedes Artefakt des Portfolios einzeln im Kontext des Portfolios abgewogen werden muss, um sinnvoll zum Gesamtwerk beizutragen. Diese kontextabhängige Abwägung und Auswahl von Artefakten kann durch eine generative KI nicht in dieser Form vorgenommen werden.

Klausur

Bei Präsenzklausuren wird der Einsatz von generativer KI als unerlaubtes Hilfsmittel als nahezu unmöglich angesehen. Anders sieht es bei Distanzklausuren aus, wo es stark von den genauen Umständen abhängt, ob generative KI unbemerkt eingesetzt werden kann. Zeitbegrenzung und notwendiges Spezialwissen aus der zugehörigen Lehrveranstaltung lassen aber Zweifel daran aufkommen, ob generative KI bei einer Klausur gewinnbringend als unerlaubtes Hilfsmittel eingesetzt werden kann. Anders sieht es aus, wenn generative KI als explizit erlaubtes Hilfsmittel eingesetzt werden soll, um die Kompetenz im Umgang mit diesem Werkzeug unter Beweis zu stellen. In diesem Fall muss der verwendete Prompt mit abgegeben werden, um diesen in die Bewertung einzubeziehen.

E-Klausuren

Bei elektronischen Klausuren hängt es sehr von der Organisation der Prüfung ab, ob der Zugang zu generativer KI gesperrt werden kann, oder nicht. In einem PC-Pool der Hochschule ist dies möglich, bei einer BYOD-Prüfung eher nicht. Daher sollten die Vorteile elektronischer Prüfungen ausgespielt werden, sodass generative KI den Aufgabenstellungen nicht mehr gerecht werden kann. Dies kann zum Beispiel durch multimediale Aufgaben geschehen, oder durch Bezug zu konkreten Fallbeispielen oder Projekten. Zudem sollte ein stärkerer Fokus auf den Lösungsweg, nicht nur auf die Lösung selbst gelegt werden.

Hausarbeiten

Da Hausarbeiten in der Regel ohne direkte Aufsicht und über einen längeren Zeitraum angefertigt werden, scheint die Möglichkeit zur unerlaubten Nutzung generativer KI hier besonders realistisch. Um dem zuvorzukommen sollte bei der Bewertung ein Fokus auf den Arbeitsprozess, nicht nur auf die finale Abgabe gelegt werden. Der Arbeitsprozess kann im besten Fall auch durch regelmäßige Treffen zwischen Lehrenden und Studierenden dokumentiert werden. Zudem kann die Hausarbeit zusätzlich zur Anfertigung der eigentlichen Arbeit mit einer Präsentation abgeschlossen werden, sodass potenziell ein Korrektiv zur Verfügung steht, wenn etwas mit der Hausarbeit selbst nicht stimmen sollte. Außerdem kann eine zusätzliche Fokussierung auf das Fazit sowie weiterführende Arbeiten die eigene Leistung der Studierenden deutlich hervorheben, da diese Punkte nicht ohne eigene Beschäftigung mit dem Thema ausformuliert werden können.

3.3 Ergebnisse zu Frage 3

In den beiden Themengruppe zu elektronischen Prüfungen und Papierprüfungen werden im Workshop die folgenden Ergebnisse erarbeitet:

Papierklausuren mit Fokus auf Prüfungsvor- und Nachbereitung

Generative KI macht es möglich Aufgaben dynamisch anzupassen, sowie den Kontext der Aufgaben zu personalisieren. Beispielsweise können Aufgaben zum gleichen Thema auf

verschiedenen Niveaustufen oder eingekleidete Aufgaben mit einem persönlichen Kontext erstellt werden. Zudem kann generative KI auch von Studierenden zur Vorbereitung auf eine Prüfung genutzt werden, beispielsweise indem Übungsaufgaben generiert werden oder Feedback zu Probeklausuren gegeben wird. Letztgenannter Mechanismus könnte ebenfalls bei der Korrektur der Prüfung genutzt werden, um Bewertungs- bzw. Notenvorschläge zu erzeugen. Dies deckt sich mit den Ergebnissen, die teilweise bereits zu Frage 1 erarbeitet worden sind.

Elektronische Klausuren mit Fokus auf Prüfungsdurchführung

Die gezielten Einsatzmöglichkeiten generativer KI während der Durchführung sind breit gefächert. Tools wie ChatGPT können beispielsweise in open-book Klausuren verwendet werden, um die dort abgefragten Inhalte für die Weiterbearbeitung durch die Studierenden vorzubereiten. Dies würde eine Abkehr vom Auswendiglernen bedeuten, was generell begrüßenswert erscheint. Allerdings muss auch der Einsatz generativer KI zunächst fachbezogen erlernt werden. Daher sollte neben den Lernzielen einzelner Module in einem Studium auch ein übergeordnetes Lernziel „KI-Kompetenz“ existieren, was beispielsweise in einem eigenen Soft-Skill-Modul, ähnlich dem vielerorts angebotenen Kurs „wissenschaftliches Arbeiten“, realisiert werden könnte.

Ähnlich wie die elektronische Klausur selbst, bietet auch generative KI viele Chancen sinnvoll in einer Prüfung eingesetzt zu werden. Dies sollte als Impuls aufgefasst werden, Prüfungen jetzt weiterzuentwickeln, um das Potenzial beider Punkte sinnvoll zu entfalten. Damit einher geht auch die Frage, was eine Modulprüfung wirklich prüfen soll: Nur das Endergebnis bzw. gemerktes Wissen, oder doch erworbene Kompetenzen bzw. die Entwicklung der Studierenden während des Lernens?

4 Diskussion der Ergebnisse und Fazit

Die während des Workshops unter Berücksichtigung der drei Fragen zusammengetragenen Ergebnisse zeichnen ein klares Bild: Generative KI wird nicht als ernstzunehmende Bedrohung des Prüfungswesens in den Hochschulen bewertet. An Stellen, wo generative KI als unerlaubtes Hilfsmittel eingesetzt werden könnte, gibt es hinreichend viele Ansätze, Prüfungen derart zu modifizieren, dass der Einsatz solcher Tools nicht mehr als gewinnbringend einzustufen ist.

Darüber hinaus wird aber das große Potenzial gesehen, das neue Technologien – und hier geht die Perspektive an mancher Stelle durchaus über die generative KI der aktuellen Generation hinaus – für Prüfungen im Hochschulwesen mitbringen. Dieses Potenzial zu nutzen und sinnvoll in das Prüfungswesen zu integrieren wird eine der großen Herausforderungen der nächsten Jahre sein. Gerade im Kontext elektronischer Prüfungen, die selbst oft noch nicht zur Gänze exploriert wurden bzw. im Einsatz sind, scheint generative KI als weiterer wertvoller Baustein, um diese Art der Prüfungen weiterzuentwickeln.

Sicher ist in jedem Falle Folgendes: Die technologische Entwicklung wird in rasantem Tempo weiter gehen. Diese einfach zu ignorieren und Prüfungen nicht daran anzupassen wird selbst mittelfristig nicht mehr funktionieren. Am Ende müssen die Prüfenden entscheiden, ob sie die Entwicklung der nächsten Jahre mitgestalten wollen, oder ob sie eines Tages von der Entwicklung überholt werden wollen.