
Themenheft Nr. 56: Making & more: gemeinsam Lernen gestalten.

Herausgegeben von Bernadette Spieler, Manuela Dahinden, Klaus Rummler und Tobias M. Schifferle

VReraum – ein interdisziplinärer Makerspace für die Entwicklung von VR-/AR- Lernszenarien

Lisann Prote¹ , Anja Tschiersch¹  und Nina Brendel¹ 

¹ Universität Potsdam

Zusammenfassung

Die wachsende Bedeutung von VR-/AR-Technologien im unterrichtlichen Kontext (z. B. in Fächern wie Geografie, Chemie, Geschichte, Mathematik, Musik oder Informatik) erfordert eine entsprechende Ausbildung angehender Lehrkräfte, um entsprechende Lernszenarien im Unterricht zielgerichtet einsetzen und die Potenziale dieser Lernmedien ausschöpfen zu können. Welche Kompetenzen dafür erforderlich sind und inwiefern dies (fächerübergreifend) in der Hochschullehre gelingen kann, wurde in dem Projekt VReraum qualitativ mithilfe explorativer Forschungsmethoden untersucht. Das zentrale Element des Projekts stellte der interdisziplinäre Makerspace dar, eine neuartige Form der fächerübergreifenden Hochschullehre, die Ressourcen teilt, Kompetenzen der einzelnen Fächer für alle nutzbar macht und übergreifende fachliche und methodische Hilfestellungen anbietet. Nach dem ersten Durchlauf des Projekts, welches von der Stiftung Innovation in der Hochschullehre gefördert wurde, wurde der Makerspace angepasst und neu strukturiert. Erste Erkenntnisse lagen darin, dass eine Vernetzung der sechs involvierten Fächer nur gelingen kann, wenn eine gewisse Vorstrukturierung der möglichen Schnittstellen zur Nutzung des Makerspace von den Dozierenden erfolgt. Auf diese Weise kann in Zukunft besser auf die Expertise der verschiedenen Fächer zurückgegriffen werden. Als gewinnbringend stellte sich die Erprobung und Evaluation der (selbst entwickelten) VR-/AR- Lernumgebungen in der Schule heraus, die auch im zweiten Durchgang des Projekts Bestandteile einiger Lehrveranstaltungen im Sommersemester 2023 blieben.

VReraum – An Interdisciplinary Makerspace for the Development of VR/AR Learning Scenarios

Abstract

The growing importance of VR/AR technologies in teaching contexts (e.g. in subjects such as geography, chemistry, history, mathematics, music or computer science) requires appropriate training of prospective teachers in order to be able to use VR/AR learning scenarios in classrooms and to utilise the potential of these learning media



in a meaningful sense. The project *VReiraum* used explorative research methods to qualitatively investigate the competencies which are required for this and the conditions for success to which this can be achieved (across disciplines) in university teaching. The central element of the project was an interdisciplinary makerspace, which has been adapted and restructured after the first run of the project. Initial findings showed that networking of the six involved subjects can only succeed, if the lecturers pre-structure possible interfaces for using the makerspace. In this way, the expertise of the various subjects can be better utilized in the future. Testing and evaluating (self-developed) learning scenarios in school has proven to be very important and remain a component of several courses in the second run of the project in summer 2023.

1. Maker-Education als innovative Form der Hochschullehre

Die zunehmende Bedeutung von Makerspaces wird in allen Bildungssektoren – von der frühkindlichen Bildung bis zur Erwachsenen- bzw. Hochschulbildung – deutlich. Es liegt nahe, dieses innovative Konzept in die universitäre Lehrkräftebildung zu integrieren, um angehende Lehrkräfte bereits im Studium an neue Lern- und Unterrichtskulturen heranzuführen (Tillmann und Schönfeld 2021; Winter 2020).

Im Zentrum des Projekts *VReiraum*, welches von der Stiftung *Innovation in der Hochschullehre* über einen Zeitraum von einem Jahr an der Universität Potsdam gefördert wurde, stand ein fächerübergreifender VR-/ AR-Makerspace für Lehramtsstudierende. Die Kooperation sechs verschiedener Fachdisziplinen (Geografie-, Geschichts-, Chemie-, Mathematik- und Musikdidaktik sowie Informatik) im Projekt erforderte ein neues Format der Vernetzung und Zusammenarbeit, da die Umsetzung einer Lehrveranstaltung in diesem Fächerverbund nicht realisierbar gewesen wäre. Damit verbunden waren verschiedene Angebote (s. fünf Säulen des Makerspace, Abb. 2), die über reguläre oder kooperierende Lehrveranstaltungen hinausgingen. Auf praktischer Ebene standen Virtual Reality (VR) und Augmented Reality (AR) im Vordergrund. Diese Technologien sind bereits in allen beteiligten Fächern dieses Projekts in Lehrveranstaltungen integriert und gewinnen auch darüber hinaus im schulischen Kontext, der Wissenschaft und Forschung an Bedeutung (Radianti et al. 2020). Schon jetzt finden beispielsweise 360°-Umgebungen in Form von virtuellen Exkursionen im Geografieunterricht statt. AR-Tools kommen z. B. im Chemieunterricht zur Darstellung von Molekülen oder im Mathematikunterricht für das Modellieren zum Einsatz (Beckmann 2022). Das Fach Geschichte nutzt AR u. a. für Zeitzeugenberichte, die Reisen in eine vergangene Zeit ermöglichen (Westdeutscher Rundfunk 2019). Die Technologien entwickeln sich rasant weiter, wodurch das Potenzial in Zukunft noch weiter ausgeschöpft werden kann, vorausgesetzt, Lehrkräfte fühlen sich im Umgang mit VR-/AR-Lehr-/Lernumgebungen kompetent (KMK 2021). Neben den

Möglichkeiten, die VR-/AR-Technologien im Unterricht bieten, ergeben sich nämlich neue Herausforderungen, die für den Einsatz im Unterricht zu berücksichtigen sind (Zender et al. 2022).

Der im Projekt VReiraum entwickelte Makerspace berücksichtigt die Besonderheit des Lehramtsstudiums, dass Studierende zwei Fächer studieren und so unterschiedliche Zugänge zu VR oder AR erhalten. Diese gezielt zu vernetzen und die Perspektiven sowie das Wissen aller beteiligten Fächer gemeinschaftlich zu nutzen (Ehlers 2020), war der Anstoss und die Kernidee des Projekts. Lehramtsstudierende sollen 360°-Umgebungen, AR oder computergeneriertes VR für ein einzelnes Fach ausprobieren, über die Fächergrenzen hinweg professionelle Kompetenzen für den Einsatz dieser Technologien in ihrem Unterricht erlangen und so fachspezifische wie auch fächerübergreifende Medienkompetenzen für ihren Beruf erwerben. Das *Making* im Projekt VReiraum, d.h. das freie Entdecken von VR-/AR-Technologien und das Gestalten digitaler Produkte in offenen Lernräumen, soll das Unterrichtsverständnis von Lehramtsstudierenden erweitern und ihnen VR-/AR-Einsatzmöglichkeiten sowie fächerübergreifende Perspektiven für ihren eigenen Unterricht aufzeigen. Dabei können sie erste Erfahrungen in der Entwicklung und Erprobung von VR-/AR- Lernszenarien sammeln. Nach Betrachtung des Konzepts eines Makerspace (Stang 2020; Shivers-Mcnaair 2021) stand vor allem die Nutzung gemeinsamer physischer Räume im Zentrum, die häufig über eine technische Ausstattung (wie z. B. 3D-Drucker, (digitale) Werkzeuge, Nähmaschinen etc.) verfügen und so die Gestaltung von Produkten ermöglichen (Schön und Ebner 2020, 39). Das Making wird hierbei teilweise als «informelle[s], nicht formal organisierte[s], auch beiläufige[s] Lernen» (ebd., 33) verstanden.

Für die Lehrenden, die im Projekt tätig waren, ergab sich die Herausforderung und das Projektziel, übergreifende Gelingensbedingungen für den Einsatz von VR/AR zu schaffen. Gleichermassen sollten die Vorgaben der Kultusministerkonferenz Berücksichtigung finden, die (angehende) Lehrkräfte dazu auffordern, «digitale Medien in ihrem jeweiligen Fachunterricht professionell und didaktisch sinnvoll [zu] nutzen sowie [...] inhaltlich reflektieren [zu] können» (KMK 2017, 25). Zudem wird die Bedeutung der fachübergreifenden Zusammenarbeit betont, die zur Medienkompetenz von Lehrkräften beitragen kann (KMK 2017).

Zu diesem Zweck griff das VReiraum-Projekt klassische Elemente der Maker-Education auf: Es standen geteilte Räume mit frei zugänglicher Infrastruktur zur Verfügung, in denen sich Studierende treffen konnten. Alle Lehrveranstaltungen waren produktorientiert angelegt und die Teilnehmer:innen arbeiteten in fächerübergreifenden Teams zusammen. Ebenso war die nicht-materielle Komponente des VReiraum-Makerspace von Bedeutung: die Expertise und die Kompetenzen der beteiligten Personen (s. Abb. 1). Dies können Erfahrungswerte und Know-how

von Studierenden oder Lehrenden sein, Fachwissen der Wissenschaftler:innen auf Grundlage ihrer Forschungen zu VR/AR oder die Emergenz, die durch interdisziplinäre Kooperation entsteht.



Abb. 1: Komponenten des VRReiraum-Makerspace (eigene Darstellung).

Ergebnisse des Makerspace waren konkrete Produkte: 360°-Lernumgebungen, Unterrichtskonzepte und AR-Lehr-Lernmaterialien. Weiterhin erlangten die Studierenden durch die eigenständige Produktion und Praxis-Implementierung von VR-/AR-Lernumgebungen Kompetenzen, Erfahrungswissen und Reflexionsimpulse. Durch die Arbeit in interdisziplinären Teams wurden neben fachspezifischen auch fachübergreifende Kompetenzen angesprochen und die Studierenden gewannen ein umfassenderes Verständnis bezüglich Potenzialen und Herausforderungen von VR/AR im Unterricht. Insgesamt verfolgt das Projekt folgende Ziele:

- Extraktion von Gelingensbedingungen für die Vermittlung VR-/AR-bezogener Kompetenzen anhand des VR-/AR-Makerspace
- Ermittlung erster interdisziplinärer VR-/AR-bezogener Kompetenzen für Lehramtsstudierende

Im Folgenden werden die Bestandteile des VRReiraum-Makerspace vorgestellt, Einblicke in die Gestaltung der drei Lehrveranstaltungen aus dem Wintersemester 2022/2023 gegeben und die Forschungsinteressen sowie die Forschungsmethodik dargestellt. Abschliessend werden Erfahrungsberichte, Ergebnisse und

Anpassungen für das Re-Design des Makerspace und der Lehrveranstaltungen im Sommersemester 2023 präsentiert, die als mögliche Handlungsempfehlungen für die Einrichtung ähnlicher Makerspaces dienen können.

2. Konzeption des VRReiraum-Makerspace

Die Konzeption des VRReiraum-Makerspace verstand den «Makerspace als Lernraum» (Schön und Ebner 2020, 33), wobei auch informelle Lerngelegenheiten erwünscht waren. Zudem stand in manchen Fächern die eigenständige Entwicklung von VR-/AR-Lehr-/Lernumgebungen in einem gemeinsamen (nicht-physischen) Arbeits- oder Lernraum im Zentrum. Dabei wurde auf ein selbstgesteuertes Lernen der Studierenden Wert gelegt, welches von einem Wissensaustausch zwischen unterschiedlichen Fächern geprägt war. Der Interdisziplinarität kam dabei eine besondere Bedeutung zu, um «das Lernen von- und miteinander» (ebd., 36) zu fördern. Dies sollte mithilfe fünf verschiedener Säulen erreicht werden, welche die Prinzipien des *Maker Movement Manifesto* beinhalten (Hatch 2014) und die ursprüngliche Konzeption des VRReiraum-Makerspace im ersten Durchgang darstellen (s. Abb. 2).



Abb. 2: Die fünf Säulen des VRReiraum-Makerspace an der Universität Potsdam zum Wintersemester 2022/2023 (eigene Darstellung).

2.1 Geteilte Räume

Zwei geteilte Räume (VR-Labore), die technisches Equipment (wie z. B. VR-Brillen, 360°-Kameras, Actionkameras, VR-fähigen Laptop) boten, dienten als ‹Werkstatt› und ermöglichten den Studierenden ein aktives, selbstgesteuertes und offenes Lernen und Ausprobieren von Technik in einem ungezwungenen informellen Lernsetting. Unterstützung erhielten sie durch Ansprechpartner:innen beteiligter Fächer, welche die physischen Räume als Lernbegleiter:innen betreuten.

2.2 Feedback von Dozierenden

Studierende, die in das Projekt VReraum durch die zugehörigen Lehrveranstaltungen involviert waren, waren für ihre Projekte, d. h. eigene VR-/AR-Lernumgebungen, selbst verantwortlich. Die Dozierenden der unterschiedlichen Fächer standen für Fragen und Feedback zur Verfügung und konnten im Zuge der Gestaltung eigener Lehr-/Lernumgebungen die Studierenden beraten.

2.3 Studi-Teams/Netzwerk

Die fächerübergreifenden Studierenden-Teams wurden bei einer Kick-off-Veranstaltung zu Beginn des Semesters vor dem Hintergrund des Peer Learnings gebildet, sollten einen offenen Austausch initiieren sowie zur Vernetzung der Studierenden beitragen. Reflexionsfragen dienten als Impuls für einen fächerübergreifenden Austausch, um Erkenntnisse, Wissen und Perspektiven aus den verschiedenen Lehrveranstaltungen zu teilen und kollaborativ kleinere Arbeitsprodukte zu erstellen. Dadurch konnte Wissen zu VR und AR multiperspektivisch verknüpft und ein interdisziplinäres Lernen gefördert werden.

2.4 Externe Referent:innen

Input-Beiträge externer Referent:innen aus den Bereichen Wissenschaft/Forschung, Bildung sowie VR- und Multimedia-Design wurden angeboten, um neue Perspektiven zu erfahren. Diese sollten zur Horizonterweiterung beitragen und Inspiration für die eigene Arbeit im Makerspace schaffen. Dadurch konnten verschiedene Technologien immersiven Lernens, fachspezifische Möglichkeiten zum Einsatz von VR- und AR-Umgebungen oder kunsthistorische sowie gestalterische Betrachtungsweisen vorgestellt werden.

2.5 Fachspezifische Online-Angebote

Fachspezifische Online-Angebote, z. B. in Form von Tutorials, Leitfäden, Erklärvideos etc., verdeutlichten die Perspektiven der unterschiedlichen Fächer auf VR/AR in der Schule und stellten ein weiteres Unterstützungsangebot für Studierende dar. Diese Angebote wurden zum Teil während des Semesters erstellt, um auf die Bedarfe der Studierenden sowie der Dozierenden zu reagieren und das Angebot zu erweitern.

3. Einblicke in die Gestaltung der Lehrveranstaltungen

Neben den fünf Säulen des Makerspace, die im Zentrum des Projekts VReraum standen, haben im Wintersemester 2022/2023 drei verschiedene Lehrveranstaltungen (Chemie-, Geografie- und Geschichtsdidaktik) stattgefunden, die durch den fächerübergreifenden Makerspace des Projekts erweitert wurden. Die geplanten Lehrveranstaltungen der Mathematik- und der Musikdidaktik konnten aus verschiedenen organisatorischen und personellen Gründen nicht wie geplant angeboten werden. Im Rahmen der verschiedenen Lehrveranstaltungen erhielten die Studierenden neben fachlichen Inputs die Möglichkeit, eigenständig auf die Expert:innen der anderen Fächer zuzugehen, um bei Bedarf nach Rat oder Empfehlungen zu fragen.

Zudem wurden Input-Beiträge zu Tools wie *Uptale* oder *BlippAR* von Dozierenden in die Lehrveranstaltung integriert, um Einblicke in fachspezifische Anwendungen zu fördern. Darüber hinaus fand in den Lehrveranstaltungen die Entwicklung praxisnaher VR-/AR-Lehr-/Lernumgebungen im Sinne der Maker Education (Papert und Harel 1991; Schön und Ebner 2020, 38) sowie ein Transfer in die Schulpraxis statt.

Im Folgenden werden nun die Lehrveranstaltungen vorgestellt, um einen detaillierten Eindruck zur Vermittlung von VR und AR in der universitären Lehrkräfteausbildung zu geben.

3.1 Seminar der Geografiedidaktik

Das Projektseminar der Geografiedidaktik zielte darauf ab, Studierende zu befähigen, fachdidaktisch und mediendidaktisch reflektierte 360°-Lernumgebungen für zwei ausgewählte Zielgruppen zu konstruieren und diese im Geografieunterricht zu implementieren und zu evaluieren. Die ersten Seminarsitzungen konzentrierten sich darauf, mithilfe ausgewählter Forschungsaufsätze in eine Diskussion über Einsatzmöglichkeiten und Wirkung von VR, die Reflexion von Raumwahrnehmungen über und in VR sowie die Gestaltung einer «achtsamen» (Mohring und Brendel 2021) VR-Umgebung einzutreten. Auf den so erarbeiteten mediendidaktischen, neurowissenschaftlichen und geografiedidaktischen theoretischen Grundlagen entwickelten die Studierenden eigenständig didaktische Kriterien für die Gestaltung

eigener 360°-Umgebungen. Für die Konstruktion eigener Lernumgebungen war bedeutsam, dass virtuelle Lernumgebungen nicht manipulativ oder überwältigend auf Schüler:innen wirken (Beutelsbacher Konsens), sondern möglichst als sichere Orte (safe spaces) wahrgenommen werden (Southgate et al. 2019; Bustamante Duarte et al. 2021). Nach einer praktischen Einführung in die Benutzung von 360°-Kameras und pädagogisch-didaktischen Überlegungen zur Gestaltung von 360°-Medien (hinsichtlich Standort, Perspektive, eingefangener Atmosphäre oder Konstruktion von Raumerleben) wechselte die Seminargestaltung in eine Workshop-Phase, in der Studierende unter Nutzung des Makerspace, gecoacht von der Dozentin und weiterer Expert:innen, ihre Produkte gestalteten. So entstanden vier sehr unterschiedliche 360°-Umgebungen zum Thema *nachhaltige Stadtentwicklung*. Ende Januar übernahmen Studierende zwei Doppelstunden in Leistungskursen zweier Gymnasien, um ihre VR-Exkursion mit Schüler:innen zu testen und zu evaluieren. Das Seminar endete mit einer Reflexion von VR als Medium im Geografieunterricht sowie persönlichen Stellungnahmen.

3.2 Seminar der Chemiedidaktik

Im Wahlpflichtseminar der Chemiedidaktik «Forschung und Entwicklung: AR für den Chemieunterricht gemeinsam mit Lehrkräften entwickeln» lag der Fokus auf der partizipativen Entwicklungsforschung. Ziel war es, ein AR-Lernszenario in enger Zusammenarbeit mit einer Chemielehrkraft (Tandempartner:in) zu gestalten und dieses im Chemieunterricht einzusetzen. Ideen für die AR-Lehr-Lernmaterialien brachten die Lehrkräfte ein, die selbst an einer Fortbildung zum Thema AR für den Chemieunterricht teilgenommen hatten. In den ersten Sitzungen befassten sich die Studierenden mit der Theorie von AR und fachdidaktischen Aspekten zum zielgerichteten Einsatz von AR im Chemieunterricht (Tschiersch et al. 2021). Darüber hinaus erhielten die Seminarteilnehmenden einen Überblick über sozialwissenschaftliche Methoden, um die Erprobung im Unterricht zu evaluieren.

Für die Entwicklung des AR-Lernmaterials setzten sich die Studierenden aktiv mit dem Autorentool *BlippAR* zur Gestaltung von interaktiven AR-Elementen, *PowerPoint* zur Erstellung von dynamischen Animationen und der 3D-Modellierung mittels *TinkerCAD* auseinander. Nach dieser umfangreichen Einführungsphase lag der Schwerpunkt der zweiten Semesterhälfte auf der Entwicklung des AR-Lernmaterials und der Planung der Unterrichtsstunde im regelmässigen Austausch mit den Tandempartner:innen.

Die Seminarsitzungen wurden für Peer-Feedback und für die Entwicklung der AR-Lernumgebungen genutzt. So wurden beispielsweise Arbeitsblätter um interaktive und dynamische (3D-)Animationen oder um ein 3D gedrucktes Reaktionsgefäss

zur Gelelektrophorese, das um ein interaktives AR-Element erweitert wurde. Der Einsatz der AR-Lernmaterialien erfolgte gemeinsam mit der Lehrkraft im Team-teaching am Ende des Semesters.

3.3 Seminar der Geschichtsdidaktik

Im Masterseminar der Geschichtsdidaktik stand die Nutzung und Analyse von VR-/AR-Angeboten im Geschichtsunterricht im Vordergrund mit dem Ziel, bei Schüler:innen historisches Denken zu fördern.

Die Rekonstruktion von geschichtlichen Inhalten mit eigenen VR-/AR-Lernumgebungen war für die Studierenden optional. Sie erhielten in einigen einführenden Sitzungen inhaltliche Inputs zu theoretischen und praktischen Grundlagen von VR/AR, zu fachdidaktischen Überlegungen zum Einsatz von VR- bzw. 360°-Lernumgebungen sowie damit verbundenen Problemfeldern. Anschliessend planten die Studierenden in Gruppen eine Unterrichtsstunde mit bestehenden VR- und 360°-Anwendungen, die sie im Seminar den anderen Studierenden vorstellten. Zudem erhielten die Studierenden Feedback durch das Dozierendenteam, bevor die virtuellen Lernumgebungen im Geschichtsunterricht an Kooperationsschulen getestet wurden. Nach der Erprobung der Lernumgebungen folgte die Analyse und Evaluation der durchgeführten Unterrichtsstunde sowie eine Diskussion über die Potenziale und Herausforderungen von VR im Geschichtsunterricht.

4. Wissenschaftliche Begleitforschung

4.1 Ansatz und methodisches Vorgehen der wissenschaftlichen Begleitforschung

Das Projekt wurde über zwei Semester, welche jeweils einen Zyklus darstellten, mittels einer evaluativen Begleitforschung untersucht, wodurch die Gelingensbedingungen für den zielgerichteten Einsatz von VR/ AR in der Hochschullehre extrahiert werden sollten. Somit war die Begleitforschung durch ein zyklisches Vorgehen, Praxisnähe und die Erforschung während des Prozesses gekennzeichnet. Der Forschungsansatz ist angelehnt an die Designforschung (McKenney und Reeves 2014) und die partizipative Aktionsforschung (James, Milenkiewicz, und Bucknam 2008).

Es wird angestrebt, zum Ende des Projekts erste Erkenntnisse zu VR-/AR-bezogenen Kompetenzen für die Lehrkräftebildung zu generieren. Aktuell können daher noch keine Aussagen zu Kompetenzen getroffen werden.

Während der zwei Zyklen wurde das Konzept des interdisziplinären Makerspace fortwährend evaluiert und überarbeitet. Dabei bediente sich die wissenschaftliche Begleitforschung qualitativer Forschungsmethoden und orientierte sich bei dem

methodischen Vorgehen an den Gütekriterien von Mayring (2016): Verfahrensdokumentation, Argumentative Interpretationsabsicherung, Regelgeleitetheit, Nähe zum Gegenstand, Kommunikative Validierung und Triangulation. Die qualitative Herangehensweise zeigte sich in der Flexibilität, in den kommunikativen Forschungsmethoden und in deren Offenheit, wodurch erste Hypothesen zur Vermittlung von VR-/AR-bezogenen Professionskompetenzen in der universitären Lehrkräftebildung generiert werden sollen (Lamnek und Krell 2016). Der gesamte Forschungsvorgang wurde durch einen wissenschaftlichen Beirat begleitet, der wiederkehrend in den Forschungsprozess durch Beratungen involviert war.

Vor Beginn des Wintersemesters 2022/23 formulierten die Dozierenden Kompetenzziele und eine Kurzbeschreibung ihrer eigenen Lehrveranstaltung. Während des Semesters wurden die Lehrveranstaltungen zweimal beobachtet. Dies diente in erster Linie dazu, die konkrete Umsetzung der einzelnen Lehrveranstaltungen zu protokollieren, um so fächerverbindende Gemeinsamkeiten, fachspezifische Unterschiede und ggf. erste Bedingungen extrahieren zu können. Die Kompetenzziele wurden von den Dozierenden sowie Studierenden am Ende des Semesters reflektiert und analysiert, inwiefern diese erreicht wurden. Diese Besprechungen stellten eine kommunikative Validierung dar.

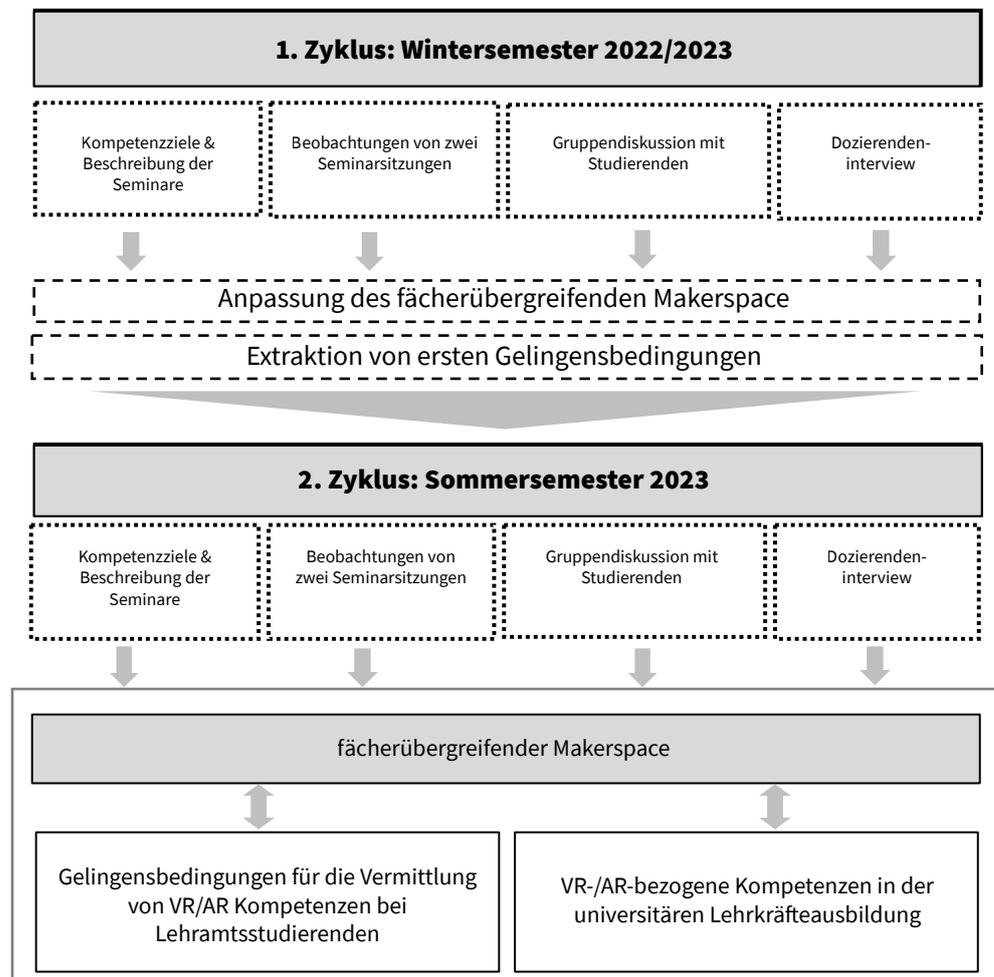


Abb. 3: Forschungsdesign der wissenschaftlichen Begleitforschung (eigene Darstellung).

Zum Semesterende wurden in allen Lehrveranstaltungen Gruppendiskussionen (Helfferrich 2011) mit den Studierenden und separate Leitfadenterviews mit den Dozierenden (ebd.) geführt (s. Abb. 3). Diese waren wesentlich für die Evaluation des ersten Durchlaufs. In beiden Gesprächsformaten wurden u. a. die Angebote und die Nutzung des VR/AR-Makerspace sowie die Gestaltung der Lehrveranstaltung reflektiert. Hierdurch sollten mögliche Erweiterungen bzw. Anpassungen des Makerspace herausgestellt werden. In den Gruppendiskussionen wurde durch Impulsfragen ein Austausch über Erfahrungen und die Haltung der Studierenden zum Einsatz von VR/AR in der Schule initiiert und Bedarfe der Studierenden kommuniziert (z. B. weitere Unterstützungsmöglichkeiten im Makerspace).

Die Auswertung der qualitativen Daten (Transkripte der Gruppendiskussionen und Dozierendeninterviews) wurde mithilfe einer inhaltlich strukturierenden qualitativen Inhaltsanalyse durchgeführt (Kuckartz 2018). Eine vorerst deduktive Kategorienbildung erfolgte hierbei anhand der Leitfäden der Gespräche und der im Vorfeld formulierten Kompetenzziele. In den Unterkategorien ergaben sich während der Analyse induktive Codes wie z. B. «Probleme» [in der Praxiserprobung]. Darüber hinaus wurde versucht, Bezüge zu den beobachteten Seminarsitzungen und Veranstaltungsbeschreibungen herzustellen. Beobachtungen und Beschreibungen führten mit den zwei Arten der Abschlussgespräche zu einer Datentriangulation, die dazu diente, verschiedene Perspektiven zu berücksichtigen. Im Wesentlichen orientierte sich die Ergebniszusammenfassung entlang der Hauptkategorien (Kuckartz 2018) und soll durch Argumente aus der Theorie gestützt werden. Die Anwendung der Erhebungs- und Auswertungsmethoden fand regelgeleitet statt; Anpassungen im Verfahrensvorgang wurden dokumentiert. Zur Anpassung des Makerspace-Konzepts im Sommersemester 2023 wurden die Ergebnisse der bis dahin erfolgten wissenschaftlichen Begleitforschung genutzt.

4.2 Ausgewählte Ergebnisse des ersten Zyklus

Im Folgenden sollen erste Erkenntnisse der Evaluation des Makerspace nach dem ersten Zyklus dargestellt werden.

4.2.1 Geteilte Räume

Die geteilten Räume wurden von den Studierenden weniger genutzt als erhofft, da für sie z. T. keine Notwendigkeit bestand oder sie bereits bestehende 360°-Umgebungen nutzten und somit keine technische Unterstützung vonnöten war. In den Gruppendiskussionen kam jedoch zum Ausdruck, dass die Studierenden gerne mehr praktische Erfahrungen z. B. im Umgang mit VR-Brillen gesammelt hätten, wofür sich die geteilten Räume anboten. Auch wenn der interdisziplinäre Austausch über die Räume kaum gelang, wurde *ein* VR-Labor von den Studierenden des Geografiedidaktik-Seminars während der fakultativen Sitzungen stark frequentiert.

4.2.2 Feedback von Dozierenden

Es stellte sich heraus, dass die Studierenden nur wenig Rückmeldung von den Dozierenden erfragten. Mehrere fachspezifische technische Input-Beiträge in den Lehrveranstaltungen, beispielsweise von der Informatik zu den Tools *Uptale* und *Unity*, wurden von den Studierenden und Dozierenden als sehr wertvoll empfunden.

Demnach scheint es sinnvoll zu sein, die Unterstützung der Dozierenden anstelle der Feedbackmöglichkeit (Säule 2, *Feedback von den Dozierenden*, in Abb. 2) in Form einer Support-Struktur in die Seminare zu integrieren.

4.2.3 Studierendenteams

Die Impulsfragen, die in den Studierendenteams bearbeitet wurden und einem interdisziplinären Austausch dienen sollten, wurden von diesen mehrheitlich als «Zusatzaufgabe»¹ wahrgenommen. Dennoch wurde der Ansatz positiv, d.h. «die Idee an sich von interdisziplinären Studi-Teams [...] ganz gut»² bewertet,

«weil man [...] dann auf einer Augenhöhe nochmal diskutieren kann, einfach andere Einblicke bekommt und vielleicht auch andere Inputs, [...] was aber trotzdem auf das eigene [Fach; Ergänz. d. Verf.], zumindest teilweise anwendbar ist.»¹

Studierende empfanden es als «interessant»,¹ «eine/n andere/n Ansprechpartner[:in] aus einem anderen Fach zu haben.»¹ So konnten Geschichtsstudierende Geografiestudierenden während der Gestaltung einer Lernumgebung weiterhelfen.¹ Zudem berichteten sie, dass sie den Austausch, sofern er stattgefunden hat, mochten.^{1,3} Darüber hinaus erfolgte eine interdisziplinäre Betrachtung über die in das Projekt involvierten Fächer hinaus, da Studierende beispielsweise ihre «Zweifächer»¹ in das Blickfeld rückten und gemeinsam überlegten «wie ist es denn in Latein, wie ist es in Deutsch, wie könnte man das da einsetzen, warum setzen die [Fächer] es nicht ein?»¹

Insofern konnten die Studierendenteams zum Teil ihren gewünschten Zweck erfüllen und einen Beitrag zu einer fächerübergreifenden Betrachtung von VR/ AR im Unterricht leisten.

4.2.4 Externe Referent:innen

Die Input-Beiträge durch externe Referent:innen wurden von den Studierenden im Wintersemester wenig genutzt. Gründe hierfür lagen laut den Studierenden z. B. in der zeitlichen Organisation oder darin, dass sie nicht an einem zusätzlichen Input interessiert waren. Eine Gruppe von Geschichtsstudierenden berichtete beispielsweise, sie seien «gut zurechtgekommen»¹ und hätten somit «kein extra Input gebraucht»³. Im Gegenzug stellte sich die grosse Bedeutung der Input-Beiträge für die Dozierenden heraus, die diese Beiträge als grossen Mehrwert einstufte und über

1 Gruppendiskussion der Studierenden aus dem Seminar der Geschichtsdidaktik.

2 Gruppendiskussion der Studierenden aus dem Seminar der Geografiedidaktik.

3 Gruppendiskussion der Studierenden aus dem Seminar der Chemiedidaktik.

deren Inhalte diskutieren konnten. Er ermöglichte ihnen, die Arbeitsweise und Haltung der anderen Dozierenden besser einzuschätzen und die Seminare so besser aufeinander abzustimmen. Daher wird dieses Angebot des Makerspace weiterhin bestehen bleiben, jedoch vorwiegend als Angebot für Dozierende eingeordnet.

4.2.5 Fachspezifische (Online-)Angebote

Die meisten Studierenden und Dozierenden äusserten sich «interessiert»^{4,5} an den Arbeitsergebnissen der anderen Fächer und gaben an, dass «es echt cool [wäre], auch wirklich die anderen Produkte [aus den Lehrveranstaltungen; d. Verf.] zu sehen.»⁶ In diesem Zusammenhang wurde der Wunsch nach einer Art Pool von den Studierenden geäußert und als «hilfreich»⁷ erachtet, um die vielfältigen Arbeitsprodukte zu betrachten und zu einem späteren Zeitpunkt darauf zurückgreifen zu können. So könnten andere Unterrichtskonzepte und -ideen sowie 360°-Lernumgebungen u. U. auch für den Unterricht im Zweitfach oder «Vertretungsstunden»⁸ von Bedeutung sein. Dieser Pool wurde über einen gemeinsamen Kurs und einen virtuellen Ausstellungsraum realisiert.

Obwohl nicht alle Säulen des Makerspace von den Studierenden gleich stark genutzt wurden, gab es vermehrt positive Rückmeldungen zur fächerübergreifenden Vernetzung der Lehrveranstaltungen. In allen Abschlussveranstaltungen wurde von den Studierenden der Vorschlag einer gemeinsamen, parallelen Seminarzeit geäußert, um eine «tiefere Zusammenarbeit»⁷ zu ermöglichen. Dies ist nach Auskunft der Dozierenden^{4,5} jedoch schwierig, da durch die Vielzahl der Studierenden und Dozierenden eine gemeinsame Umsetzung der Lehrveranstaltungen zur selben Zeit nicht realisierbar ist. Als grössten «Motivator»⁷ bzw. «das Wichtigste»⁶ empfanden die Studierenden trotz des Mehraufwands in Organisation und Vorbereitung der Unterrichtsstunde die Erprobung in der Schule.⁸

Von den Studierenden wurde eine «gewisse Seniorität»⁵ gefordert, da Eigenständigkeit sowie Verantwortungsbereitschaft für die Entwicklung der Lernumgebungen sowie für die Erprobung in der Schule unabdingbar waren, um das Vorgehen mit den involvierten Lehrkräften in der Schule abzustimmen. Zudem war es förderlich, dass die Studierenden im fortgeschrittenen Masterstudium waren, sodass im Seminar Themen wie z. B. der Aufbau einer Unterrichtsstunde nicht mehr grundlegend behandelt werden mussten.^{5,9} Insbesondere die Entwicklung der VR-/AR-Lernprodukte

4 Dozierende des Geschichtsdidaktikseminars.

5 Dozierende des Geografiedidaktikseminars.

6 Gruppendiskussion der Studierenden aus dem Seminar der Geografiedidaktik.

7 Gruppendiskussion der Studierenden aus dem Seminar der Geschichtsdidaktik.

8 Gruppendiskussion der Studierenden aus dem Seminar der Chemiedidaktik.

9 Dozierende des Chemiedidaktikseminars.

bzw. die Planung der VR-/AR-Lernszenarien verlangte von den Studierenden ein gutes Zeitmanagement und Eigeninitiative, um beispielsweise Unterstützungsmöglichkeiten zu erfragen und anzunehmen.

Dozierende nahmen den Austausch und die Diskussionen untereinander als «wertvoll»⁵ und «sehr wichtig»^{5,9} wahr. Diese beinhalteten u. a. einen Erfahrungsaustausch sowie fachdidaktische Beratungen zur Gestaltung der VR-/AR-bezogenen Lehrveranstaltungen. Zudem wurde die Unterstützung durch fachfremde Dozierende innerhalb der eigenen Lehrveranstaltung als Bereicherung angesehen. In diesem Rahmen wurde zum Beispiel im Geschichtsseminar die Erstellung von AR-Elementen durch die Dozentin der Chemiedidaktik vorgestellt.

Weiterhin stellte sich heraus, dass die Involviertheit der Dozierenden in das Projekt einen grossen Anteil daran hat, inwieweit eigene Lehrveranstaltungen an projektbezogene Vorhaben (wie z. B. fächerübergreifende Zusammenarbeit) angepasst werden und eine Vernetzung von Studierenden unterschiedlicher Fachdisziplinen gelingt.

«[D]ie grosse Frage war: Wie viel sind Dozierende bereit, ihre Lehrveranstaltung anzupassen an ein übergeordnetes Projekt und wie flexibel sind sie und wie viel Herzblut ist da drin, wie viel Engagement? Und ich glaube, das ist eine[] der [...] Hauptgelingensbedingungen für so ein interdisziplinäres Projekt: Offenheit, Mut, Kreativität, Flexibilität.»¹⁰

Dabei ist jedoch zu beachten, dass die universitären Vorgaben sehr heterogen sind, die Flexibilität der involvierten Fächer einschränken und unterschiedlich grossen Gestaltungsspielraum bieten.

Aus der bisherigen Auswertung der Daten lassen sich erste Gelingensbedingungen für einen fächerübergreifenden Makerspace (s. Abb. 4) und die Vermittlung VR-/AR-bezogener Kompetenzen in der Lehrkräfteausbildung sowie Anpassungsmöglichkeiten für den Makerspace im Sommersemester ableiten, die nun vorgestellt werden sollen.

Die fächerübergreifende Zusammenarbeit im Projekt erforderte Anpassungsbereitschaft und Flexibilität bei Dozierenden, um auf Bedarfe von Studierenden zu reagieren und die Angebote des Makerspace gemeinsam zu gestalten. In den Projektseminaren wurde den Studierenden von Beginn an Verantwortung für die Entwicklung eigener virtueller Lernumgebungen übertragen. Zudem mussten sie auf didaktisches Vorwissen und Fachwissen zurückgreifen. Die Erprobung der jeweiligen Lernumgebung in der Schule erforderte ein selbstständiges Arbeiten und Engagement, weshalb Verantwortungsbereitschaft, Partizipation und Seniorität bei Studierenden vorteilhaft waren. Die teilnehmenden Studierenden empfanden den Bezug zur Schule als äusserst wertvoll. Dies trug zur Motivation bei, sich mit neuen

10 Dozierende des Geografiedidaktikseminars.

Technologien im Hinblick auf die Schule auseinanderzusetzen (Praxisbezug). Der fächerübergreifende Austausch, die gegenseitige Unterstützung (kollegiale Intervention) und interdisziplinäre Austauschmöglichkeiten stellten sich für die Dozierenden in der Evaluation und Anpassung der Lehrveranstaltungen als gewinnbringend heraus.



Abb. 4: Erste Gelingensbedingungen zur Vermittlung von VR-/AR-bezogener Kompetenzen in einem fächerübergreifenden Projekt (eigene Darstellung).

4.3 Anpassung des Makerspace für das Sommersemester

Aufgrund der Tatsache, dass ein fächerübergreifender VR-/AR-Makerspace im Vorfeld noch nicht an der Universität Potsdam umgesetzt worden war, war das Format wegen seiner Offenheit und Andersartigkeit neu für die Studierenden (und Dozierenden) und ermöglichte so eine Vielzahl an Möglichkeiten. Es kamen jedoch ebenso vielfältige Herausforderungen zum Ausdruck.

Eine davon war die Offenheit des Makerspace, die Studierende vor Herausforderungen stellen kann, da diese mit den Strukturen nicht vertraut sind und sich an die offene Form des Lernsettings Schritt für Schritt herantasten mussten (Schön und Ebner 2020, 40). Hinzu kam, dass die Themen VR und AR im Projekt VReraum für die meisten Studierenden im universitären Kontext neu waren. Vor diesem Hintergrund entwickelte sich bei den Studierenden aus einer anfänglichen Unsicherheit am Ende des Semesters die Erkenntnis, dass VR/AR «Potenzial [hätte].»¹¹

¹¹ Gruppendiskussion der Studierenden aus dem Seminar der Geschichtsdidaktik.

Zudem wurde deutlich, dass eine gewisse Vorstrukturierung des Makerspace bzw. der fächerübergreifenden Vernetzung von den Studierenden gewünscht ist. Die Säule 3 «Studi-Teams/Netzwerk» (Abb. 2) war deshalb nicht erneut Bestandteil des Makerspace, weil ihnen die Arbeit in Teams, so die Studierenden, wenig Mehrwert brachte und der interdisziplinäre Austausch nur bedingt gelungen sei. Dies lag u. a. daran, dass die Zusammensetzung der Teams aufgrund unterschiedlicher Teilnehmer:innenzahlen der Lehrveranstaltungen nicht immer für einen überfachlichen Austausch geeignet war. Im Sommersemester wurde die Vernetzung von Studierenden und Dozierenden stattdessen über eine *Ideen-Werkstatt* während des Semesters (s. Abb. 5: neue Säule *Vernetzungs- und Dokumentationsplattform*) für die Studierenden des Sommersemesters sowie die Studierenden des Wintersemesters mit allen Dozierenden umgesetzt. Dabei konnten Arbeitsprodukte aus dem vergangenen Semester vorgestellt, Erfahrungen ausgetauscht und Fragen von Studierenden beantwortet werden. Dafür entfiel eine Kick-off-Veranstaltung, die im Wintersemester zu Beginn stattgefunden und nicht den gewünschten Zweck einer Vernetzung von Studierenden erfüllt hatte.

Die Verantwortung für das Gelingen der fächerübergreifenden Kooperation im Projekt wurde insgesamt von der Ebene der Studierenden (Studi-Teams) mehr auf die Ebene der Dozierenden verlagert. Ebenso stellten die wiederkehrenden Treffen der Dozierenden zur Besprechung des weiteren Vorgehens und zur Evaluation eine essenzielle Komponente des Makerspace dar, sodass diese im Sommersemester als eine Säule des Makerspace aufgegriffen wurde (s. Abb. 5; neue Säule (3) *Dozierenden-Netzwerk*). Es ist von besonderer Bedeutung, dass zunächst die Vernetzung zwischen den Dozierenden gefördert wird, woran anschliessend auch eine Vernetzung und Kollaboration unter Studierenden gelingen kann.

So berichteten die Studierenden beispielsweise, dass es Phasen gab, in denen sie weniger zu tun hatten und wiederum Phasen, in denen die Arbeitsbelastung (und z. T. Überforderung) relativ hoch war, sodass kaum Zeit für Zusatzangebote (wie z. B. Erprobung von Technik in den geteilten Räumen oder Expert:innen-Beiträge) blieb. Durch das agile Projektmanagement konnte daher auf die Bedürfnisse und Wünsche der Studierenden und Projektbeteiligten flexibel reagiert und nach gewinnbringenden Lösungen für alle Beteiligten gesucht werden.

Fachspezifische Online-Angebote sollten bestehen bleiben, da diese von allen Beteiligten als Mehrwert angesehen wurden. Allerdings wurden diese unter der neuen Säule (2) *Support-Struktur* gefasst, worunter auch Unterstützung sowie Betreuung in den geteilten Räumen subsumiert waren. Die verschiedenen Unterstützungsangebote erfolgten bedarfsorientiert und konnten im Sommersemester noch ausgeweitet werden, da drei neue Lehrveranstaltungen (Mathematik- und Musikdidaktik sowie Informatik) zu den Seminaren der Geografie- und Geschichtsdidaktik hinzukamen.



Abb. 5: Angepasster Makerspace im Sommersemester 2023 (eigene Darstellung).

Dadurch wurde einerseits den Wünschen der Studierenden aus dem Wintersemester Rechnung getragen; andererseits wurde eine gewisse Anpassungsbereitschaft bei den Dozierenden erforderlich, da Seminarinhalte ggf. gekürzt oder mit anderen fachspezifischen Perspektiven verbunden werden mussten. Im Wintersemester stellte sich im Seminar zur Geografiedidaktik heraus, dass insbesondere die fakultativen Coachings der Dozentin von den Studierenden sehr gut angenommen wurden. So konnten sie die Arbeitszeit vor Ort produktiv nutzen, das Feedback der Dozentin direkt in die Entwicklung ihrer 360°-Lernumgebungen einfließen lassen, eine gewisse Problemlösekompetenz oder Frustrationskompetenz stärken, um bei Herausforderungen eigenständig nach Lösungen zu forschen.

Zudem war eine stärkere Verzahnung des Makerspace mit den Lehrveranstaltungen notwendig, um die praktische Arbeit – das Ausprobieren und Entdecken der Technik – mit den theoretischen Inhalten der Seminare zu verknüpfen. Darüber hinaus berichteten die Studierenden aller drei Seminare, dass insbesondere der Einsatz der virtuellen Lernumgebungen in der Schule einen grossen Mehrwert für sie hatte und bestehen bleiben sollte. So formulierten sie in den Abschlussdiskussionen, dass «man darauf reagieren [muss], dass die Kids mehr mit Medien arbeiten»¹² und dass sich bei ihnen nach dem Semester «ein Bewusstsein aufgebaut [hat], wie man Themen in Geschichte damit [mit 360°-Umgebungen, Ergänz. d. Verf.] kombinieren

12 Gruppendiskussion der Studierenden aus dem Seminar der Geschichtsdidaktik.

kann».¹² Der Einsatz der virtuellen Lernumgebungen in der Schule wurde als «prägend»¹² beschrieben. In ersten Ansätzen konnten durch das Konzept des VR-/AR-Makerspace sowie die Erprobungen in der Schulpraxis Kompetenzen wie z. B. Reflexionsfähigkeit, kritisches Denken sowie Gestaltungskompetenz und Antizipationsfähigkeit bei Studierenden festgestellt werden, wenn beispielsweise Inhalte virtueller Lernumgebungen ausgewählt, analysiert oder für den Unterricht didaktisch aufbereitet wurden.

5. Fazit

Nach dem ersten Zyklus des Projekts VRReiraum liessen sich diverse Erkenntnisse festhalten, die im zweiten Zyklus berücksichtigt wurden. Insbesondere durch die Abschlussdiskussionen mit den Dozierenden und mit den Studierenden stellte sich heraus, dass manche Angebote des Makerspace aus verschiedenen Gründen nur bedingt angenommen wurden, weil sie anders waren als von den Dozierenden intendiert oder weil sie für die Vernetzung nicht zielführend waren. So wurden konkrete Anpassungsmöglichkeiten für das Sommersemester deutlich. Dadurch wurden Änderungen an dem Konzept des Makerspace vorgenommen, um eine stärkere Verbindung von Theorie und Praxis zu fördern. Zugleich müssen hochschulinterne Rahmenbedingungen und verschiedene Interessenlagen beachtet werden, welche die interdisziplinäre Zusammenarbeit einschränken können.

Um einen fächerübergreifenden VR-/AR-Makerspace an einer Hochschule zu etablieren, ist einerseits die Kooperation von Dozierenden notwendig, andererseits die kritische Reflexion von Inhalten eigener Lehrveranstaltungen und von Angeboten des Makerspace. Darüber hinaus war für die Studierenden des Lehramts ein Praxisbezug sowie der Kontakt zu Lehrkräften und Schüler:innen sehr gewinnbringend, der teilweise und zuletzt aufgrund der Corona-Pandemie in der universitären Lehrkräfteausbildung zu kurz gekommen war. Austauschmöglichkeiten für Dozierende (Dozierenden-Peer-Feedback/ Intervision) und externe Expert:innen stärkten die Zusammenarbeit. Zudem wurden fächerübergreifende Austauschmöglichkeiten von den Studierenden als wertvoll eingestuft.

Die Koordination dieser Austauschmöglichkeiten sollte jedoch im Sommersemester stärker von den Dozierenden gelenkt werden, wodurch sich der Verantwortungsbereich verschob. Um die Entwicklung von eigenen Lernumgebungen zu ermöglichen, eignen sich neben festen Terminen in den Lehrveranstaltungen, die vermehrt theoretische Inputs umfassen, freie, offen gestaltete, fakultative Arbeitsphasen mit Workshop-Charakter, in denen Studierende eigenständig zusammenarbeiten und beispielsweise 360°-Aufnahmen tätigen können.

Für die Gestaltung eines fächerübergreifenden Makerspace zur Vermittlung von VR-/AR-bezogenen Kompetenzen im Lehramtsstudium ergeben sich daher aus dem ersten Zyklus erste Gelingensbedingungen (s. Abb. 4):

- Anpassungsbereitschaft und Flexibilität bei Dozierenden
- Verantwortungsbereitschaft, Seniorität und Partizipation bei Studierenden
- Praxisbezug
- Interdisziplinäre Austauschmöglichkeiten
- Gegenseitige Unterstützung und kollegiale Intervention

Der zweite Durchlauf des Projekts wurde mit einer Abschlussveranstaltung zur Präsentation und Diskussion der Arbeitsergebnisse sowie Erfahrungen mit allen Projektbeteiligten und externen Interessent:innen beendet. Die Ergebnisse des zweiten Zyklus sowie eine Gesamtreflexion des Projekts sind bei Prote, Brendel und Tschiersch (2024) nachzulesen. Durch das positive Feedback aller Projektbeteiligten bleibt zu hoffen, dass mit dem VRraum-Makerspace ein innovatives Format der universitären Lehrkräftebildung geschaffen wurde, das auch in andere Kontexte und auf andere Standorte übertragbar ist.

Literatur

- Beckmann, Astrid. 2022. «Zur Bedeutung von Augmented Reality im Mathematikunterricht der Sekundarstufen: Eine mathematikdidaktische Diskussion an zentralen unterrichtsrelevanten Aspekten». *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung* 47 (AR/VR - Part 1): 53–75. <https://doi.org/10.21240/mpaed/47/2022.04.03.X>.
- Bustamante Duarte, Ana Maria, Mehrnaz Ataei, Auriol Degbello, Nina Brendel, und Christian Kray. 2021. «Safe Spaces in Participatory Design with Young Forced Migrants». *CoDesign* 17 (2): 188–210. <https://doi.org/10.1080/15710882.2019.1654523>.
- Ehlers, Ulf-Daniel. 2020. *Future Skills. Lernen der Zukunft – Hochschule der Zukunft. Zukunft der Hochschulbildung – Future Higher Education*. Wiesbaden: Springer.
- Hatch, Mark. 2014. *The maker movement manifesto: rules for innovation in the new world of crafters, hackers, and tinkerers*. New York: McGraw-Hill Education.
- Helfferrich, Cornelia. 2011. *Die Qualität qualitativer Daten: Manual für die Durchführung qualitativer Interviews*. 4. Aufl. Lehrbuch. Wiesbaden: VS.
- James, E. Alana, Margaret T. Milenkiewicz, und Alan Bucknam. 2008. *Participatory action research for educational leadership: using data-driven decision making to improve schools*. Los Angeles: Sage Publications.
- Kuckartz, Udo. 2018. *Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung*. Weinheim: Beltz.

- Kultusministerkonferenz KMK. 2017. *Bildung in der digitalen Welt – Strategie der Kultusministerkonferenz*. https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/PresseUndAktuelles/2018/Digitalstrategie_2017_mit_Weiterbildung.pdf.
- Kultusministerkonferenz KMK. 2021. «Lehren und Lernen in der digitalen Welt. Ergänzung zur Strategie der Kultusministerkonferenz «Bildung in der digitalen Welt»». 2021. Berlin: Kultusministerkonferenz.
- Lamnek, Siegfried, und Claudia Krell. 2016. *Qualitative Sozialforschung: mit Online-Material*. 6., überarbeitete Auflage. Weinheim, Basel: Beltz.
- Mayring, Philipp. 2016. *Einführung in die qualitative Sozialforschung*. Weinheim: Beltz.
- McKenney, Susan, und Thomas C. Reeves. 2014. «Educational Design Research». In *Handbook of Research on Educational Communications and Technology*, herausgegeben von J. Michael Spector, M. David Merrill, Jan Elen, und M. J. Bishop, 131–40. New York, NY: Springer New York. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3185-5_11.
- Mohring, Katharina, und Nina Brendel. 2021. «Producing Virtual Reality (VR) Field Trips – a Concept for a Sense-Based and Mindful Geographic Education». *Geographica Helvetica* 76 (3): 369–80. <https://doi.org/10.5194/gh-76-369-2021>.
- Papert, Seymour, und Idit Harel. 1991. «Preface, Situating Constructionism». In *Constructivism: research reports and essays, 1985–1990*, herausgegeben von Idit Harel, Seymour Papert, und Massachusetts Institute of Technology. Norwood, N.J.: Ablex Pub. Corp.
- Prote, Lisann, Nina Brendel, und Anja Tschiersch (im Erscheinen). 2024. «VReraum – ein interdisziplinärer Makerspace in der Hochschullehre im Spiegel der Future Skills». *Zeitschrift für Hochschulentwicklung* 19 (1), herausgegeben von Pascale Stephanie Petri, René Krempkow, Martin Ebner, Bernadette Spieler und Barbara Getto. Graz: fnma.
- Radianti, Jaziar, Tim A. Majchrzak, Jennifer Fromm, und Isabell Wohlgenannt. 2020. «A Systematic Review of Immersive Virtual Reality Applications for Higher Education: Design Elements, Lessons Learned, and Research Agenda». *Computers & Education* 147 (April): 103778. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103778>.
- Schön, Sandra, und Martin Ebner. 2020. «Ziele von Makerspaces: Didaktische Perspektiven». In *Lernwelt Makerspace*, herausgegeben von Viktoria Heinzl, Tobias Seidl, und Richard Stang, 33–47. De Gruyter. <https://doi.org/10.1515/9783110665994-004>.
- Shivers-Mcnair, Ann. 2021. *Beyond the makerspace: making and relational rhetorics. Sweetland digital rhetoric collaborative*. Ann Arbor: University of Michigan Press.
- Southgate, Erica, Shamus P. Smith, Chris Cividino, Shane Saxby, Jivvel Kilham, Graham Eather, Jill Scevak, David Summerville, Rachel Buchanan, und Candace Bergin. 2019. «Embedding Immersive Virtual Reality in Classrooms: Ethical, Organisational and Educational Lessons in Bridging Research and Practice». *International Journal of Child-Computer Interaction* 19 (März): 19–29. <https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2018.10.002>.
- Stang, Richard. 2020. «Makerspace als Lehr- und Lernraum. Zur Gestaltung eines Optionsraums». In *Lernwelt Makerspace: Perspektiven im öffentlichen und wissenschaftlichen Kontext*, herausgegeben von Viktoria Heinzl, Tobias Seidl und Richard Stang, 48–56. De Gruyter. <https://doi.org/10.1515/9783110665994>.

- Tillmann, Thomas, und Jan Schönfeld. 2021. *Lernhacks: mit einfachen Routinen Schritt für Schritt zur agilen Lernkultur*. München: Franz Vahlen.
- Tschiersch, Anja, Manuel Krug, Johannes Huwer, und Amitabh Banerji. 2021. «Augmented Reality in Chemistry Education – an Overview». *CHEMKON* 28 (6): 241–44. <https://doi.org/10.1002/ckon.202100009>.
- Westdeutscher Rundfunk*. 2019. «Gegen das Vergessen – Zeitzeugen als Hologramm im Klassenzimmer», 18. Februar 2019. <https://www1.wdr.de/unternehmen/der-wdr/unternehmen/augmented-reality-app-wdr-zeitzeugen-100.html>.
- Winter, Felix. 2020. *Leistungsbewertung. Eine neue Lernkultur braucht einen anderen Umgang mit den Schülerleistungen*. Bd. 49. Grundlagen der Schulpädagogik. Baltmannsweiler: Schneider Hohengehren.
- Zender, Raphael, Josef Buchner, Caterina Schäfer, David Wiesche, Kathrin Kelly, und Ludger Tüshaus. 2022. «Virtual Reality für Schüler:innen: Ein ›Beipackzettel‹ für die Durchführung immersiver Lernszenarien im schulischen Kontext». *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung* 47 (AR/VR - Part 1): 26–52. <https://doi.org/10.21240/mpaed/47/2022.04.02.X>.