media/rep/

Repositorium für die Medienwissenschaft

Nathanael Riemer; Florian Nowotny

Entwicklung von VR-Anwendungen für kulturwissenschaftliche Schulfächer

2020

https://doi.org/10.25969/mediarep/19923

Veröffentlichungsversion / published version

Sammelbandbeitrag / collection article

Empfohlene Zitierung / Suggested Citation:
Riemer, Nathanael; Nowotny, Florian: Entwicklung von VR-Anwendungen für kulturwissenschaftliche Schulfächer. In: Andreas Beinsteiner, Lisa Blasch, Theo Hug u.a. (Hg.): *Augmentierte und virtuelle Wirklichkeiten.* Innsbruck: Innsbruck University Press 2020, S. 135–153. DOI: https://doi.org/10.25969/mediarep/19923.

Nutzungsbedingungen:
Dieser Text wird unter einer Deposit-Lizenz (Keine Weiterverbreitung - keine Bearbeitung) zur Verfügung gestellt. Gewährt wird ein nicht exklusives, nicht übertragbares, persönliches und beschränktes Recht auf Nutzung dieses Dokuments. Dieses Dokument ist ausschließlich für den persönlichen, nicht-kommerziellen Gebrauch bestimmt. Auf sämtlichen Kopien dieses Dokuments müssen alle Urheberrechtshinweise und sonstigen Hinweise auf gesetzlichen Schutz beibehalten werden. Sie dürfen dieses Dokument nicht in irgendeiner Weise abändern, noch dürfen Sie dieses Dokument für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, aufführen, vertreiben oder anderweitig nutzen.
Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

Terms of use:
This document is made available under a Deposit License (No Redistribution - no modifications). We grant a non-exclusive, non-transferable, individual, and limited right for using this document. This document is solely intended for your personal, non-commercial use. All copies of this documents must retain all copyright information and other information regarding legal protection. You are not allowed to alter this document in any way, to copy it for public or commercial purposes, to exhibit the document in public, to perform, distribute, or otherwise use the document in public.
By using this particular document, you accept the conditions of use stated above.

DFG Deutsche Forschungsgemeinschaft

Philipps Universität Marburg

Entwicklung von VR-Anwendungen für kulturwissenschaftliche Schulfächer

Nathanael Riemer & Florian Nowotny

Zusammenfassung

Der Beitrag untersucht, ob sich VR-Anwendungen durch Lehrkräfte mit relativ geringem technischem, zeitlichem und finanziellem Aufwand für den schulischen Gebrauch erstellen lassen. Der Schwerpunkt liegt dabei auf anwendungsorientierten Überlegungen zur Planung, technischen Erstellung und Machbarkeit einfacher Apps. Zunächst werden Vorbereitungs- und Erstellungsprozesse für eine interaktive 360-Grad-Anwendung vorgestellt, in der die verschiedenen Räumlichkeiten der Berliner Şehitlik-Moschee virtuell erkundet werden können. Das zweite Projekt befindet sich noch in der Konzeptionsphase: In einer 3D-Computersimulation soll der Schatz einer fiktiven Synagoge des 18. Jahrhunderts gerettet werden. Im abschließenden Fazit werden erste Auswertungen vorgenommen und für den Unterricht geeignete Nutzungsmöglichkeiten vorgeschlagen.

1. Ausgangssituation

Während seines Praxissemesters machte Florian Nowotny, Lehramtsstudent der Fächer Lebensgestaltung-Ethik-Religionskunde und Informatik, die Erfahrung, dass Eltern aus Angst vor Radikalisierung der Teilnahme ihrer Kinder an einer Exkursion in eine Moschee nicht zustimmten (vgl. zu einem ähnlichen Fall Hiersemenzel 2016). Damit wurde nicht nur der Ausflug abgesagt, sondern es wurden auch Bildungsinhalte und Vermittlungsbemühungen in Frage gestellt. Wie geht man in einem solchen Fall vor – vor allem dann, wenn das Vertrauen in Schule und Lehrkräfte grundsätzlich prekär geworden sind? Empfiehlt es sich, alle Möglichkeiten staatlicher Gewalt gegenüber den Eltern (GG §4,6, 7) auszunutzen oder nicht einen anderen Weg zu nehmen – einen Weg, der die Organisationsbemühungen und Sicherheitsbedenken von Exkursionen obsolet macht und dennoch das notwendige Wissen einschließlich nachhaltiger Eindrücke vermittelt? Ausgehend von diesen Überlegungen, begann der Lehramtsstudent mithilfe von 360-Grad-Aufnahmen und der Programmierung interaktiver Inhalte, die Möglichkeiten und Grenzen von virtuellen Exkursionen in religiösen Räumen vorzubereiten.

Auch für Nathanael Riemer gab es innerhalb der Disziplin Judaistik/Jüdische Studien eine bestimmte Erfahrung, die eine Idee in Bewegung setzte. Einschlägige Hebräisch- und Jiddischkenntnisse sind für Lehre und Studium der jüdischen Kultur Mitteleuropas unverzichtbar. Dennoch verstärkt sich seit Jahren allerorts der Trend, das zeitaufwendige Erlernen der Sprache dadurch zu umgehen, indem englische Übersetzungen konsultiert und das Studium älterer Epochen durch zeitgeschichtliche Phänomene ersetzt werden (vgl. u. a. Rosenfeld 1995). Offensichtlich wenden sich unsere Gesellschaften von traditionellen

Textkulturen ab und „Ikonen“ in verschiedensten (digitalen) Formen zu. Bestand – zumindest in den monotheistisch geprägten Kulturen – bisher die intellektuelle Aufgabe des Menschen (Jos. 1.8; Dtn. 17.19) im lebenslangen Textstudium, stellt sich nun die Frage, ob sich diese Bildungsstruktur jahrtausendalter Kulturen in einer technologisch aufgerüsteten Zukunft überhaupt noch erhalten lässt? Ist es nicht Gebot der Stunde, diesen Trends energischen Widerstand zu bieten, oder sollten die neuen technologischen Möglichkeiten eher dazu genutzt werden, sie mit traditionellen Wissensverbänden zu verknüpfen? So begann der „Text-Wissenschaftler“ zu überlegen, wie sich in einer 3D-Computersimulation spielerisch die Notwendigkeit vermitteln lässt, dass zum Verständnis von Kultur das Studium antiquiert erscheinender Sprachen und Texte unumgänglich ist.

In beiden VR-Projekten stehen virtuell begehbare sakrale bzw. historische Räume als zentrale Lern- und Begegnungsorte im Mittelpunkt.[1] In beiden Fällen ist jedoch nicht die Bedienung von sich selbst erklärenden Applikationen zu üben, die von Unternehmen kreiert werden und für den Schulunterricht häufig von eher geringem Nutzen sind. Dies ist beispielsweise der Fall, wenn die inhaltliche Auseinandersetzung mit einem Roman weitgehend durch die Erstellung einer virtuellen Welt ersetzt wird (vgl. Wössner 2019). Vielmehr besteht die erste Aufgabe darin, konkret zu erproben, ob sich die Vorbereitung und technische Umsetzung bedarfsgerechter[2] Anwendungen durch Lehrende selbst verwirklichen lässt (vgl. Koehler et al. 2005). Denn erstens soll Lernen ein „selbstgesteuerter, aktivierender und konstruierender Prozess“ (Hellriegel 2018, S. 64) sein; zweitens liegen derzeit keine unabhängigen Studien über fachpädagogisch evaluierte VR-Anwendungen vor.[3]

Die zweite Aufgabenstellung der Autoren des vorliegenden Beitrages sieht vor, dass sich auch innerhalb der zu entwickelnden Anwendungen der aktive Umgang mit diesen „neuen Technologien“ nicht auf die passive Betrachtung von einfachen 360-Grad- oder 3D-Umgebungen beschränkten darf. Zwar soll der Nutzer bzw. Gast zunächst die Möglichkeit erhalten, die Räume selbstständig zu begehen und zu erkunden, jedoch müssen unterschiedliche Handlungsmöglichkeiten zur Auswahl stehen, um ihn zu befähigen, sich zum Akteur entwickeln zu können. Im Idealfall sind die entstehenden VR-Anwendungen so zu gestalten, dass sie den Besucher mit dem konfrontieren, was Menschen zum selbstständigen Lernen anregt: Der Wunsch, eine Neugierde zu befriedigen, eine selbstgestellte Frage zu beantworten und Aufgaben bzw. Probleme zu lösen, die jedoch nicht ökonomischen oder ludischen, sondern fachdidaktischen Zielen folgen müssen.

---

1 Als allgemeine Einführung in die VR-Thematik eignen sich die Beiträge in Dörner et al., 2013.

2 Unter „bedarfsgerecht“ werden Anwendungen verstanden, die zum Verständnis und zur Vertiefung des jeweiligen Unterrichtgegenstandes signifikant beitragen und nicht den Unterrichtsgegenstand durch einen anderen ersetzen.

3 Jedoch wurden bereits mehrere groß angelegte Studien zum allgemeinen Einsatz digitaler Geräte an Schulen erstellt. Vgl. dazu die Abschlussberichte Kammerl et al. 2016, S. 43, 92 und OECD-Bericht 2015, S. 3.

Beide Projekte entstanden aus intrinsischen Motivationen heraus, sind insofern unabhängig, als sie bis zum gegenwärtigen Zeitpunkt ohne Drittmittelfinanzierung von Personal und Sachmittel auskommen mussten und ausschließlich mit privatem Einsatz vorangetrieben wurden. Der vorliegende Beitrag priorisiert anwendungsorientierte Überlegungen zur Planung, Erstellung und technischen Machbarkeit einfacherer Apps, die innerhalb der momentanen Testphase zunächst in nichtschulischen Kontexten entwickelt und erprobt werden. Dabei sollen erste Daten für Kosten-Nutzen-Kalkulationen zur Verfügung gestellt werden. Im Folgenden können weder empirische Evaluationen dieser Anwendungen unter den realen Alltagsbedingungen mitteleuropäischer Schulen noch die Einbindung dieser Ergebnisse in eine Methodik berücksichtigt werden, da diese Aufgaben späteren Arbeitsschritten vorbehalten sind.

2. Risiken der VR-Technologien – „Die Jagd einer ‚neuen Sau' durch das digitale Dorf" oder tatsächlicher Mehrwert?

In den letzten Jahren entwickelte sich die digitale Hochschulbildung zum dynamischen und agilen Versuchslabor. Als die Autoren des vorliegenden Beitrages die Informatiker der Universität Potsdam auf einen Einführungskurs der Harvard University aufmerksam machten, der 2016 als kostenloser Massive Open Online Course in einer 360-Grad-Version gestreamt werden konnte (Shah 2016), antwortete man, dass in diesem Kontext im Regelfall der Neuigkeitswert (vgl. auch Bunnenberg 2018) die Frage nach dem Nutzwert verdrängt: Es bestünde kein sachlicher oder didaktischer Mehrwert darin, einen simplen Vortrag dieser Art im 360-Grad-Format zu streamen.

Ähnlich zurückhaltend fielen die Reaktionen der Bildungspädagogen darauf aus. Die Autoren wurden mit Fragen konfrontiert, die sich auf die primären Aufgaben aller Schulformen beziehen – und nicht nur auf die des Gymnasiums. Um dem Verdacht der Lobbybeihilfe vorzubeugen, sollen die wichtigsten von ihnen aufgezählt werden, ohne sie jedoch aufgrund des beschränkten Raumes ausführlicher diskutieren zu können:

- Worin bestehen die grundsätzlichen und vorrangigen Aufgaben der Schule? Sollte nicht zuerst das Erlernen der wichtigsten Kulturtechniken im Vordergrund stehen und in den höheren Jahrgangsstufen das aktiv-kreative Verfestigen derselben folgen?
- Wenn in städtischen Räumen so-und-so-viel Prozent der in Schulen Lernenden lediglich über eingeschränkte Fertigkeiten in Lesen, Textverständnis, eigenständigem Schreiben und Rechnen verfügen, worin besteht dann der Nutzen, über Grundlagen im Programmieren zu verfügen (vgl. exemplarisch Esterházy 2017)? Oder genauer gefragt: Wenn selbst die Fähigkeiten in den wichtigsten Kulturtechniken prekär sind, macht dann überhaupt das Erlernen von Programmiersprachen und die komplexe Anfertigung von VR-Anwendungen Sinn?
- Sind die finanziellen und zeitlichen Risiken der beiden Vorhaben nicht größer als der tatsächliche Nutzen? So wurden die Autoren gefragt: Wenn Sie als Kollegium über

ein Budget von 100.000 Euro frei verfügen könnten, würden Sie dann das Geld für digitale Gadgets (wörtlich „Schnickschnack“) oder die Renovierung der Schultoilette investieren?

- In welches Unterrichtsfach und in welchem begrenzten Zeitraum des Schulalltags würden Sie Ihr Vorhaben integrieren wollen?
- Können die Gehirne von Kindern und Jugendlichen die angestrebte Immersion bzw. Präsenz überhaupt bewältigen und erwachsen hieraus nicht grenzenlose Möglichkeiten für die politische und ökonomische Manipulation?

Diese kritischen Fragen wurden dadurch verschärft, indem man darauf hinwies, dass Schulalltag und Lehrpläne zunehmend sowohl zentralistischer und engmaschiger als auch juristisch anfechtbarer werden (vgl. auch Lankau 2019). Konkrete juristische Forderungen können beispielsweise im Zusammenhang von Motion-Sickness und Traumatisierungen Minderjähriger durch optimierte Immersion/Präsenz erhoben werden. Sofern internationale Unternehmen diese Anwendungen in Schulen einbinden, ist künftig mit Schmerzensgeldforderungen zu rechnen.

Die Autoren des Beitrages haben diese Bedenken zur Kenntnis genommen, verfolgen ihre Vorhaben jedoch als Versuchsprojekte, mit denen keineswegs ein flächendeckender Einsatz angestrebt wird. Die Risiken und Chancen für die Anfertigung einer einfachen Anwendung sollen ergebnisoffen ausgelotet werden. In dieser Testphase lauten die Aufgabenstellungen folgendermaßen:

A: Lassen sich 360-Grad/VR-Anwendungen durch Lehrkräfte mit relativ geringem technischem, zeitlichem und finanziellem Aufwand für den schulischen Gebrauch herstellen? B: In welchen Kontexten und unter welchen Umständen können sich Erstellung und Einsatz von 360-Grad/VR-Anwendungen im Unterricht lohnen?

3. Entwicklung einer 360-Grad-App für einen virtuellen Moscheebesuch

Das Ziel des Vorhabens bestand für Nowotny – im Folgenden als „Entwickler“ bezeichnet – in der Erstellung einer einfachen 360-Grad-Anwendung, in der die verschiedenen Räumlichkeiten einer Moscheeanlage virtuell begangen und erläutert werden können.[4] Der angehende Lehrer beabsichtigte, die App mit einem relativ geringen technischen, zeitlichen und finanziellen Aufwand für den schulischen Gebrauch zu erstellen. Die Anwendung wurde dazu entwickelt, um einen realphysischen Moscheebesuch zu ersetzen.

[4] Einzelne Passagen des vorliegenden Kapitels können Bestandteile der MA-Arbeit von Florian Nowotny sein.

3.1 Vorbereitungsphase

Vor Projektbeginn wurde aus privaten Mitteln eine Garmin-VIRB-360 und Zubehör im Wert von ca. 800 Euro angeschafft, mit der nach einer kurzen Einarbeitung relativ gute Aufnahmen erzeugt werden können.[5] Die vom Hersteller zur Verfügung gestellte Software ist kostenlos und bedienungsfreundlich.

Abbildung 1: Şehitlik-Moschee, Berlin-Neukölln *(Avda, Wikipedia, CC BY-SA 3.0)*

Als darzustellender Raum wurde die zwischen 1999 bis 2005 errichtete Şehitlik-Moschee in Berlin-Neukölln (Abb. 1) ausgewählt. Die Şehitlik-Moschee bot sich für ein solches

[5] Es wurden verschiedene 360-Grad-Kameras getestet. Für eine niederschwellige Umsetzung des Vorhabens eignete sich die Garmin VIRB 360 am besten.

Vorhaben aus mehreren Gründen an: Bei der Gesamtanlage handelt es sich um einen repräsentativen Komplex mit ästhetischer Kuppelhalle, eleganten Minaretten und kunstreich ausgeschmückten Räumen, deren Verzierungen mit theologischen Aussagen korrespondieren. Da sich der Baustil an der osmanischen Architektur des 16. und 17. Jahrhunderts orientiert, jedoch eine eigene Formsprache entwickelt, eignet er sich gut zur Veranschaulichung einer gelungenen Synthese. Das Gelände umfasst einen historischen Friedhof, auf dem seit 1866 zahlreiche prominente muslimische Diplomaten und Botschaftsangehörige bestattet wurden, und bietet sich daher für Exkurse über die muslimische Sepulkralkultur an. Ferner existieren Räume für rituelle Waschungen, Feierlichkeiten, Administration, ein Reisebüro für die Haddsch und eine Cafeteria, sodass die multiple Funktionalität von Moscheen als Kultus- und Kulturzentren (vgl. Korn 2012) sehr gut veranschaulicht werden kann.

Mit der DITIB-Sehitlik Türkisch-Islamischen Gemeinde zu Neukölln e. V. stand von Anfang an eine dem Vorhaben gegenüber sehr aufgeschlossene und kooperationswillige Hausherrin zur Verfügung. Dennoch dauerte es vom ersten Sondierungsgespräch bis zur unterschriebenen Drehgenehmigung für den Moscheekomplex mehrere Monate.

Die Ausarbeitung der Drehbücher sowie die Erstellung und Aufbereitung der benötigten Medien für die geplante App gestaltete sich aufwendiger als zunächst angenommen. Da sich bei einem ersten Termin herausstellte, dass die Wetterbedingungen für die Aufnahmen nicht ideal waren und die technische Ausrüstung optimiert werden sollte, waren weitere Drehtermine anzusetzen. Punktuell wurden technische Berater hinzugezogen, während für die Darstellung einer rituellen Waschung ein Schauspieler zum Einsatz kam. Selbstverständlich mussten die Inhalte der Audio-, Text- und Bildformate mit den Verantwortlichen der Moscheegemeinde abgesprochen und auf fachliche Richtigkeit geprüft werden.

3.2 Technische Realisierung

Ausgehend von der Annahme, dass Anwendungen dieser Art im schulischen Kontext durch Lehrende erstellt werden sollen, die nur über geringe Programmierkenntnisse verfügen, musste sich der Entwickler zunächst im Umgang mit Unity3D üben.[6] Der verwendete Unity3D-Editor stand für das Vorhaben kostenlos zur Verfügung, da keine steuerlich relevanten Einnahmen von mehr als 100.000 Dollar generiert werden sollen.

[6] Unity3D ist eine Entwicklungsumgebung für Videospiele, die auch die Darstellung von 3D-Animationen ermöglicht. Wie alle 3D-Programme werden auch bei Unity3D Objekte in einem Koordinatensystem dargestellt. Innerhalb verschiedener Fenster und Menüs können dreidimensionale Sphären und ihre Teilelemente aufgebaut, skaliert, verschoben und gedreht werden. Da die Sphären als objektorientierte, räumlich dargestellte Datenstrukturen organisiert sind, ist es möglich, den verschiedenen Teilelementen unter anderen Animationen, Bild- und Tondateien zuzuordnen.

Der Entwickler beabsichtigte nicht nur die bloße Erstellung eines virtuellen Moscheerundgangs, sondern das Schaffen eines Grundgerüstes aus Modellen und Skripten, die es ermöglichen, analoge Apps für andere virtuelle Räume innerhalb wesentlich kürzerer Zeit zu erstellen.

Zunächst werden die aufgenommenen 360-Grad-Videos innerhalb von Sphären dargestellt. Um einen einfachen 360-Grad-Rundgang zu ermöglichen, sind mehrere dieser Sphären (Räume) zu erstellen und interaktive Objekte zu schaffen, die als Navigations-Hotspots (vgl. Saarinen et al. 2017, S. 263–272) bezeichnet werden. Diese Hotspots ermöglichen die Navigation beziehungsweise den Wechsel zwischen den einzelnen Sphären- beziehungsweise Räumen (Abb. 2).

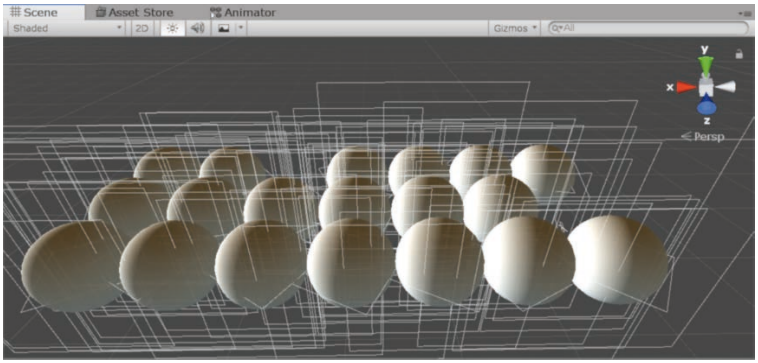

Abbildung 2: Darstellung der Sphären in Unity3D, Ausschnitt *(Screenshot Nowotny)*

In der Anwendung nimmt der Besucher die Hotspots durch farbliche Veränderungen und Öffnung des Gaze-Pointers[7] zu einem Kreis wahr und kann durch Anklicken von Raum zu Raum navigieren. In Unity3D sind diese Navigations-Hotspots an die jeweilige Position zu verschieben und dem Raum zuzuordnen, in den sie den Besucher führen sollen. Ebenso werden die abzuspielenden Videos den jeweiligen Räumen zugeordnet und automatisch geladen.

Um ein eigenständiges Erkunden der SchülerInnen zu fördern, können Informations-Hotspots (vgl. Saaringen et al. 2017) implementiert werden, welche als solche zunächst nicht sichtbar sind. Diese unsichtbaren Informations-Hotspots werden lediglich durch das Öffnen des Gaze-Pointers angedeutet. Mit ihrer Hilfe lassen sich informative Inhalte wie zum Beispiel Audios oder Videos abspielen, die den SchülerInnen das jeweilige Objekt näher erläutern. Beispielsweise verbirgt sich hinter einem Trinkwasserbrunnen ein Informations-Hotspot (Abb. 3), der über einen Klick eine Audiodatei mit Erklärung zum

[7] Ein Gaze-Pointer beziehungsweise ein Fadenkreuz dient dem Anvisieren von Objekten.

Objekt aktiviert. Die Audio- und Videodateien müssen im Vorfeld erstellt, in einschlägigen Programmen bearbeitet und passgenau geschnitten werden.

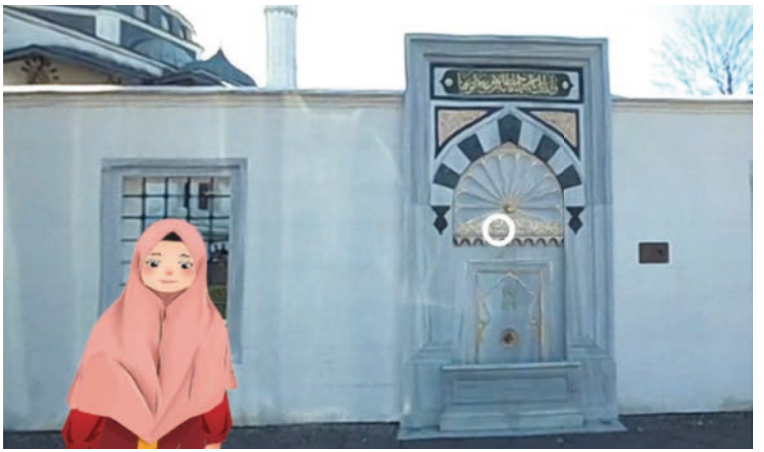

Abbildung 3: Brunnen als Informations-Hotspot mit Aleyna als Guide, Ausschnitt *(Screenshot Nowotny)*

Eine weitere Form der Orientierung und der Informationsbeschaffung wird über ein virtuelles Buch (Abb. 4) bereitgestellt, das in einem Rucksack versteckt zu Füßen des Besuchers liegt. Praktischerweise verbirgt dieser ein möglicherweise unschönes Stitching und/oder sichtbare Teile des Kamerastativs. Das Buch stellt die allgemeinen Informationen zu den jeweiligen Räumen auch als Text dar und enthält unter dem Reiter „Navigation“ eine Karte des Moscheegeländes, die nicht nur den aktuellen Standort des Besuchers markiert, sondern auch die bereits besuchten Räume anzeigt und auf Möglichkeiten des Raumwechsels hinweist.

Abbildung 4: Menüführung in Form eines virtuellen Buches, Ausschnitt (*Screenshoot Nowotny*)

Eine wichtige Erweiterung der 360-Grad-App besteht im virtuellen Charakter Aleyna, der SchülerInnen als persönlicher Guide bzw. Spezialist zur Seite steht. Aleyna ist Arabisch und bedeutet wörtlich „über uns“. Ganz im Sinne des Namens tritt Aleyna als Gemeindemitglied auf und übernimmt eine kurze Einführung in den Umgang mit der App. Im weiteren Verlauf gibt sie die zu transportierenden Informationen über Audiodateien wieder. Die Wiedergabe der Audiodateien wird durch Anklicken der Informations-Hotspots aktiviert. Innerhalb des gesamten Rundganges ist der fachliche Fokus auf die rituelle Waschung und den Ablauf des Gebets ausgerichtet. Dazu werden in den jeweiligen Räumen, dem Waschraum sowie dem oberen Gebetsraum nach Aktivierung der betreffenden Informations-Hotspots Videos abgespielt, welche ein Gemeindemitglied zeigen, während Aleyna die rituellen Abläufe erläutert.

Ein größerer Aufwand stellt das korrekte Positionieren des virtuellen Charakters sowie der zahlreichen Spots dar, da diese nicht während der Laufzeit verschoben und gleichzeitig gespeichert werden können. Es müssen also für jeden einzelnen Spot die Koordinaten während der Laufzeit notiert und jeweils händisch eingefügt werden. Somit steigt der Zeitaufwand linear mit der Anzahl der Spots.

3.3 Machbarkeit

Vom Beginn der technischen Realisierung des Projektes vor vier Monaten bis zum gegenwärtigen Zeitpunkt (Juni 2019) wurde die Moschee-App vollständig fertiggestellt, sodass ihre Funktionalität und Verwendungsmöglichkeit gewährleistet ist.

Ursprünglich wurde diese App zwar als Alternative zum klassischen Moscheebesuch in Form einer Schulexkursion geplant, doch schnell stellte sich heraus, dass sie keine

gleichwertigen Erfahrungen vermitteln kann. Um Räume ganzheitlich erfahren zu können, bedarf es der Einbindung aller Sinne sowie der körperlich-realweltlichen Begegnung mit den Räumen, den Objekten und den Menschen selbst. Geruchssinn und Haptik werden in absehbarer Zeit wohl nicht simuliert werden können, sind jedoch ebenso essentiell wie akustische Erlebnisse. Der virtuelle Moscheebesuch bleibt jedoch eine attraktive „Notlösung“ beziehungsweise stellt eine sinnvolle Möglichkeit dar, den Besuch eines sakralen Raumes vorzubereiten oder zu ergänzen.

Ein weiteres Ziel des Entwicklers bestand darin, ein Grundgerüst aus Modellen und Skripten zu schaffen, das es dem Lehrpersonal ermöglicht, ähnliche Projekte wesentlich effizienter zu verwirklichen, da für größere Vorhaben im schulischen Alltag zumeist keine Kapazitäten zur Verfügung stehen. Auch dieses Ziel wurde erreicht. Sofern die Lehrkraft es anstreben sollte, schülergenerierten Content zu kleineren Anwendungen zusammenzufügen, wird dies nach Aneignung des entsprechenden Fachwissens der Lehrkraft möglich sein. Ein wesentlicher Vorteil der Entwicklung von 360-Grad/VR-Anwendungen in Lernkontexten besteht darin, dass nach erfolgreicher Fertigstellung oftmals ein beachtliches Erfolgserlebnis zu verzeichnen ist, das sich positiv und gruppenbildend auf alle Beteiligten auswirken kann (Bucher et al. 2018) und für den weiteren Lebensweg stimulierend sein dürfte.

Für den Einsatz der Moscheeanwendung sind die verschiedenen Ausgabeformate beziehungsweise Plattformen für die Darstellung zu berücksichtigen. Da nur wenige Schulen sich einen ganzen Klassensatz von beispielsweise Oculus-Rift-, Sony-PS-VR- oder Google-Daydream-Brillen leisten können, wurde die Ausgabe für Google-Cardboard optimiert, die kostengünstig erworben werden können. Die Google-Cardboards müssen jedoch mit Smartphones verbunden werden, die die meisten SchülerInnen besitzen dürften. Aufgrund der naturgemäß begrenzten Hardware (Arbeitsspeicher, etc.) kann die Qualität sehr bescheiden sein. Längere Ladezeiten, ruckelnde oder verpixelte Darstellungen sind deshalb gelegentlich möglich.

Der Einsatz der Anwendung selbst sowie die Ausgabe über schülereigene Smartphones und Google-Cardboards wurden durch die Autoren noch nicht getestet und empirisch ausgewertet. Diese Arbeitsschritte sollen zu einem späteren Zeitpunkt durchgeführt werden. Bei der Unterrichtsplanung ist die Einrichtung von Soft- und Hardware auf den höchst diversen Smartphones von ca. 25-30 SchülerInnen zu berücksichtigen.

4. Konzeption einer 3D-Computersimulation mit fiktiver Synagoge

Ausgangspunkt für die Synagogen-Anwendung war die Feststellung von Riemer – im Folgenden als „Planer“ bezeichnet – dass die für das Verständnis der jüdischen Kultur unabkömmlichen Sprachkenntnisse im Hebräischen und Jiddischen häufig nicht mehr erworben werden. Damit drohen wesentliche Aspekte des Judentums, dessen religiöse

Tradition in unauflösbarer Weise mit schriftlich fixierten Diskursen verbunden ist, der Vergessenheit anheimzufallen oder durch neue Fakten überformt zu werden.

Bisher haben medial-technische Veränderungen nicht nur der allgemeinen Menschheitsgeschichte, sondern auch den jüdischen Kulturen gutgetan: Ohne die Annahme und Entwicklung eines Alphabetes und geeigneter Schreibmaterialien wäre der Wechsel von einer mündlichen Erzähltradition zu einer Textkultur nicht vollzogen und die Texte der Bibel und des Talmuds nicht schriftlich fixiert und kanonisiert worden. Auch der Übergang von der handschriftlichen Kultur zur Annahme der Schwarzen Kunst bereicherte die jüdische Kultur ungemein. Sollte sich der eingangs geäußerte Eindruck als richtig erweisen, dass sich die globale Menschheit von einer Textkultur in steuerbare Digital- und Datenkulturen hineinbewegt, bestünde die Herausforderung für die Buchkulturen nicht in der Verkündigung von Kassandrarufen, sondern in der Frage, wie und welche wesentliche Inhalte in neue Formen gegossen werden können.

Der Planer des Vorhabens konzipiert eine 3D-Computersimulation, die ludisches Handeln ermöglicht und im 18. Jahrhundert angesiedelt ist. Die Quest lautet, den Schatz einer fiktiven Synagoge zu retten und dazu das Gebäude zu betreten. Der Spieler weiß zu Beginn des Spiels jedoch nicht, dass keine materiellen Güter in Gefahr sind, sondern eben die Tradierungskette der jüdischen Wissenskultur. Diese setzte sich bis zum gegenwärtigen Zeitpunkt aus klassischen Meister-Schüler-Lernkontexten, dem Selbststudium und Diskussionen in Kleingruppen über die Texte zusammen und machte nicht selten kleinste philologische Details zu entscheidenden Kriterien. Der Spieler kann sich zum simulierten Gebäude auf drei Wegen Zutritt verschaffen:

a.) Derjenige, der das hebräische Alphabet beherrscht, kann durch das Beantworten einer einfachen Lernaufgabe die Synagoge auf „legitimen Pfad“ als „Wissender“ betreten. Er wird sukzessive durch verschiedene selbstständig zu lösende Texträtsel aus der Traditionsliteratur über den tatsächlichen Hintergrund seiner Aufgabe aufgeklärt. Das heißt also, dass bei diesem Pfad ein Basiswissen vorausgesetzt wird, das durch weitere Quests zu diversen Erkenntnisgewinnen führen soll.

b.) Derjenige, der über kein Vorwissen verfügt, erhält die Gelegenheit, durch ein virtuelles jüdisches Gemeindemitglied die Synagoge als „unwissender Besucher“ zu betreten. In diesem Fall tritt der Gastgeber als aktiver Teil und Lehrer auf, der dem passiven Besucher die wesentlichen Grundkenntnisse vermittelt. Nach einem Neustart der Anwendung hat der Spieler die Möglichkeit, die erste Variante in der aktiven Rolle durchzuspielen.

c.) Ein dritter Pfad besteht darin, die Synagoge weder als „Wissender“ noch als „Gast“, sondern als „illegitimer Einbrecher“ zu betreten. Dies wäre der Fall, wenn der Spieler weder die Eingangsquest zu lösen vermag, noch als passiver Besucher die notwendige Geduld für das Lernen, also den zweiten Handlungsstrang, aufbringen möchte.

> Nachdem er sich durch illegitimen Einbruch Zugang verschafft hat, wird er durch die jüdischen und christlichen Bewohner der Siedlung im Gefängnisturm gefangengesetzt und verurteilt. Die Führung dieser Narration folgt einer fachwissenschaftlichen Intention: Sie soll die gemeinsame Interessensvertretung und Kooperation von jüdischen und christlichen Bewohnern bei Bedrohung betonen, die überwiegend durch eine klischeehafte Opfergeschichtsschreibung im Stile von Heinrich Graetz überdeckt wird (vgl. Brenner 2006, S. 90-93).

Der Planer ist sich dessen bewusst, dass die Intention der Anwendung die Anlage eines sogenannten „serious game“ erkennen lässt. Die Herausforderung besteht in der Bewältigung des Spagates zwischen einer einerseits freien, ludischen Erfahrung, die zumindest im zweiten Weg ausgeschlossen wird, und der fachdidaktischen Kernbotschaft. Damit der erste Weg die ludischen Freiheiten ermöglicht, sind weitere Nebenhandlungen einzuflechten, die jedoch den Gesamtaufwand signifikant erhöhen. Dagegen mag der dritte, destruktive Pfad sowohl Spannung als auch einen Erkenntnisgewinn bieten.

Während Inhalt und didaktische Intentionen relativ gut ausgearbeitet werden können, besteht die größte Hürde in der technischen Umsetzung. Im Vergleich zu komplexen Videospielen und VR-Anwendungen würde die 3D-simulierte Synagoge zwar bescheidener ausfallen, jedoch stellt sich die Frage nach der finanziellen Machbarkeit dieser Anwendung. Und hier wird ein wesentlicher Unterschied zu kommerziellen Großprojekten deutlich, die sich an numerisch relevante Zielgruppen mit klaren Bedürfnissen richten und die Kaufbereitschaft der Kunden einkalkulieren. Die Idee für diese interaktive Computersimulation mag wie viele kommende Konzepte fachdidaktisch mehr oder weniger in eine interessante Richtung gehen, kann aber nur dann umgesetzt werden, wenn entsprechende Budgets zur Verfügung stehen. Selbst für ein Pilotprojekt stellt die Gesamtaufgabe sicherlich eine spannende Aufgabe dar, doch ist auch hier zu überlegen, ob für eine relativ kleine Zielgruppe der Aufwand von Steuergeldern zu rechtfertigen ist. Dieselben Inhalte können im klassischen Unterricht für einen Bruchteil der Kosten vermittelt werden – und wenn sie ludisch umgesetzt werden sollen, ließe sich dies beispielsweise in einem Pen-&-Paper-Rollenspiel verwirklichen (vgl. Traut 2011).

5. Erste Auswertungen

Für die Erstellung der 360-Grad-App mit einem virtuellen Moscheerundgang fallen neben der Anschaffung einer Grundausstattung in der Höhe von ca. 800 Euro nur geringe Kosten für Ausgabegeräte an, sofern Google-Cardboard-Lösungen priorisiert werden.

Der zeitliche Aufwand für die Vorbereitung und Erstellung des 360-Grad-Moscheerundganges ist relativ hoch und belief sich auf 168 Gesamtstunden aller Beteiligten. Allerdings lässt sich der Arbeitsaufwand mit zunehmender praktischer Erfahrung und der Wahl kleinerer Vorhaben deutlich reduzieren und professionalisieren.

In Hinblick auf Aufnahmen in sakralen und historischen Räumen müssen in der Regel längere Vor- und Abstimmungsgespräche mit den jeweiligen Institutionen geführt werden, da diverse Befürchtungen aus dem Weg zu räumen sind. Diese Befürchtungen betreffen 1.) die ethische Pietät der Immobilie, 2.) Sicherheitsauflagen für das Objekt und/oder der Projektmitarbeiter und/oder 3.) den Denkmalschutz, der überwiegend bei historischen Bauten greift. Ferner müssen mit den Hausherren rechtliche Einigungen erzielt werden, um den Umgang mit dem Bildmaterial und der Anwendung zu klären.

Jedes Vorhaben, angefangen von einfachen 360-Grad-Aufnahmen bis hin zur Erstellung komplexer 3D-Simulationen, verlangt detaillierte Planungen in Form von Drehbüchern – vor allen Dingen dann, wenn beispielsweise Schauspieler oder andere Beteiligte eingebunden werden müssen. Die Anfertigung des Bildmaterials für reine 360-Grad-Aufnahmen[8] ist deutlich weniger aufwendig als die von 360-Grad-Apps mit interaktiven Features oder gar ludisch angelegte 3D-Computersimulationen. Doch selbst für die Anfertigung von einfachen 360-Grad-Aufnahmen können ungünstige Licht- und/oder Wetterverhältnisse in Innen- und Außenbereichen mehrere Termine und ggf. größeres Equipment notwendig machen. Der Eintritt von unvorhergesehenen Ereignissen aller Art und das Ansetzen weiterer Termine ist mit allen Beteiligten im Vorfeld abzusprechen. Sofern bei der durchführenden Lehrkraft wenige oder keine Vorerfahrungen mit dem technischen Equipment vorliegen, erhöht sich die Wahrscheinlichkeit deutlich, mehrere Termine ansetzen zu müssen.

Für beide Projekte wurden zehn- bis fünfzehnminütige Laufzeiten der Anwendungen mit maximal vier bis fünf Räumen empfohlen, da die Einbindung der Apps im schulischen Unterricht eine thematische Hinführung und Auswertung benötigt. Zudem empfehlen sich kürzere Laufzeiten aufgrund von ggf. eintretender Motion-Sickness und nachlassender Aufmerksamkeit. In Hinblick auf die Erstellung interaktiver 360-Grad-Anwendungen und 3D-Computersimulationen entstehen vor allem dann höhere Kosten, wenn inhaltliche und technische Bestandteile nicht selbst, sondern durch Fachleute (Game Designer etc.) ausgeführt werden sollen.

Die Erstellung einer interaktiven und einsatzfähigen 360-Grad-App durch Lehrende ist – wenn auch unter erheblichem zeitlichem Aufwand – durchaus möglich und kann angesichts der Ausgangssituation eine interessante Alternative oder Ergänzung zum Unterricht darstellen. In Anbetracht der Realität des Schulalltages wird die Erstellung komplexer 360-Grad-Anwendungen vermutlich mit einer hohen, nicht vergüteten Eigeninitiative einhergehen, die zu Lasten der Work-Life-Balance geht. Aus den gewonnenen Erfahrungen heraus empfiehlt sich daher die Erstellung von interaktiven 360-Grad-Apps

[8] Die Aufnahme, Bearbeitung und Wiedergabe von einfachen 360-Grad-Photos und Filmen lässt sich innerhalb von ein bis zwei Stunden realisieren.

eher für Lehrende, die über einschlägige Vorkenntnisse verfügen oder dazu bereit sind, sich diese anzueignen. Dagegen können einfache 360-Grad-Photos oder Videos mit vergleichsweise wenig Aufwand in AGs oder während Projektwochen geplant, erstellt und im Unterricht punktuell eingesetzt werden.

Während die Anfertigung von einfachen 360-Grad-Anwendungen zeitlich überschaubar ist, steigt der Aufwand für die Erstellung komplexer 3D-Umgebungen signifikant. Anhand des zweiten Projektes wurde deutlich, dass graphisch, ludisch und fachdidaktisch sinnvolle VR-Anwendungen extrem hohe technische und finanzielle Eintrittsbarrieren aufweisen, die sich nur durch Förderungen seitens der Bildungsministerien oder der Wirtschaft realisieren lassen. Grundsätzlich sind dabei marktwirtschaftliche Grundregeln, insbesondere die Zahl der potenziellen Nutzer zu berücksichtigen.

6. Nutzungspotentiale – ein Fazit

Der tatsächliche Nutzen von VR-Anwendungen ist innerhalb der stark textorientierten Kultur- und Geisteswissenschaften derzeit zweifelhaft und umstritten. Die meisten Lehrenden werden in Anbetracht der sehr begrenzten Ressourcen klassische, niederschwellige Lehr- und Lernkonzepte den digitalen Neuerungen vorziehen, welche sich durch hohe technische, zeitliche und finanzielle Eintrittsbarrieren auszeichnen.

Dennoch – und das soll trotz der eingangs zitierten Kritik hervorgehoben werden – existieren in den kulturwissenschaftlichen Fächern Lerninhalte, in denen die herkömmlichen Beschreibungsmethoden an ihre Grenzen gelangen. Diese Situation ist immer dann gegeben, wenn dreidimensionale Räume im Verhältnis zu anderen Objekten interpretiert und ihre Wirkweise verstanden werden müssen, jedoch nicht unmittelbar zugänglich sind.

Dies soll exemplarisch anhand einer baulichen Veränderung erläutert werden, die in der Ronneburg (Main-Kinzig-Kreis, Abb. 5) vorgenommen wurde und sich für eine Einbindung in den Geschichtsunterricht besonders gut eignet. Die Umbaumaßnahmen der Ronneburg erfolgten im 15. und 16. Jahrhundert, um die mittelalterliche Verteidigungs- und Verwaltungsanlage als repräsentativen Residenzsitz adäquater nutzen zu können (vgl. Nieß 1959, S. 23 ff.). Konkret lassen sich die Veränderungen beispielsweise an der inneren und äußeren Gestaltung des Bergfriedes erläutern – jener architektonisch verfestigten Drohgebärde, die Angreifer abzuschrecken versuchte und als ein weithin sichtbares Macht- und Statussymbol (Decker et al. 2014, S. 40) zu lesen ist. Mit der Weiterentwicklung der Waffentechnik verlor der Bergfried seine eigentliche Funktion, konnte jedoch auch für repräsentative Zwecke – beispielsweise als Aussichtsturm über das Herrschaftsgebiet des Landesherrn – genutzt werden. Im Geschichtsunterricht eignet sich die Ronneburg besonders gut, die Veränderungen vom Mittelalter zur Frühen Neuzeit zu veranschaulichen.

Abbildung 5: Ronneburg (*Freunde der Ronneburg e.V.*)

Eine entscheidende Umbaumaßnahme lässt sich zwar anhand eines herkömmlichen Fotos (Abb. 6) erläutern – allerdings werden die meisten SchülerInnen dieser Ausführung nicht folgen können, da in der Mittelstufe noch zu wenige Erfahrungen mit historischen Räumen vorliegen. Als 360-Grad-Darstellung könnte ein- und dieselbe Raumsituation wesentlich besser demonstriert werden. Denn dann wird sofort erkennbar, was dem Betrachter der vorliegenden Abbildung verborgen bleibt:

Abbildung 6: Aufbau der barocken Wendeltreppe im Bergfried der Ronneburg (*Riemer*)

Hinter ihm befindet sich der ursprüngliche Einstieg in den Bergfried, der in acht Meter Höhe betreten werden konnte. Ohne dieses Wissen vermag der Betrachter auch nicht die auf dem herkömmlichen Foto abgebildete Umgebung zu verstehen: Im Steinboden zu erkennen ist das „Angstloch“ (vgl. dazu allgemein Piper 1912, S. 192 ff.), der ursprünglich einzige Zugang zu den zwei unteren Stockwerken des Bergfrieds, der durch eine Vermauerung unbenutzbar gemacht wurde. Ferner befindet sich der linke Teil der ersten Treppenstufe auf dieser Vermauerung. Ein genaueres Verständnis über den tatsächlichen Aufbau der Wendeltreppe wird sich ebenfalls mit Hilfe einer 360-Grad-Abbildung besser vermitteln lassen: Es handelt sich um eine massive Spindeltreppe aus Stein, die 1477 nachträglich in den Bergfried eingebaut wurde. Ihre Gesamtlast ruht auf einer freitragenden Spitzbogenkonstruktion, die sich auf drei Rippen mit einem gemeinsamen Schlussstein in Körperhöhe verteilt. Bei der 360-Grad-Darstellung würde ein weiterer Aspekt den Funktionswechsel vom Mittelalter in die Frühe Neuzeit deutlich werden, da nicht nur das Angstloch vermauert ist, sondern der rechte, freiliegende Rippenbogen den mittelalterlichen Zugang zum Bergfried maßgeblich behindert.

Auch in anderen Lehr- und Lernkontexten können herkömmliche Beschreibungsmethoden an ihre Grenzen gelangen. Dies gilt beispielsweise für sakrale und profane Bauwerke, deren architektonische Anlagen und Besonderheiten bestimmte Aussagen artikulieren, mit Ausschmückungen (Bildwerken, Inschriften) korrespondieren und durch dreidimensionale Objekte (z. B. Reliquien, Throne) in ihrer Bedeutung gesteigert oder gestört werden. Ferner ist es möglich, die Wirkung von Räumen für performative Akte schneller nachzuvollziehen, wenn Lichteinfall oder Mechaniken (z. B. im historischen Theater) die zeitgenössischen Akteure emotional involvieren wollten. Der Einsatz der 360-Grad-Technologien bietet sich vor allem auch dann an, wenn die originalen Räume aufgrund von Entfernungen oder politischer Grenzen nicht real besucht werden können. Der eigentliche Mehrwert der VR-Technologie im Bildungssektor ergibt sich im punktuellen schulischen Einsatz, der wissenschaftlichen Erprobung und der musealen Präsentation.

In Hinblick auf die Kriege in Syrien, im Jemen und die kürzlich ausgebrannte Kathedrale Notre Dame wäre es wünschenswert gewesen, wenn zahlreiche Bauwerke von immenser Bedeutung vor ihrer unwiederbringlichen Zerstörung zeichnerisch, fotografisch und eben auch digital dokumentiert worden wären. Bedrohte Räume mögen auch in Zukunft nicht immer physisch, jedoch virtuell durch die besprochenen Technologien „erhalten“ und „begehbar“ gemacht werden können.

Literatur

Brenner, Michael (2006): *Propheten des Vergangenen. Jüdische Geschichtsschreibung im 19. und 20. Jahrhundert*. München: C.H. Beck.

Bucher, Kristina & Grafe, Silke (2019): Designing Augmented and Virtual Reality Application with Pre-Service Teachers. *Proceedings of the 10th international conference on Virtual Worlds and Games for Serious Applications (VS-Games)* [IEEExplore forthcoming].

Bunnenberg, Christian (2018): Virtual Time Travels? Public History and Virtual Reality. *Public History Weekly* 6 (3). Abgerufen unter: dx.doi.org/10.1515/phw-2018-10896 [Stand vom 16-5-2019]

Decker, Klaus Peter & Großmann, G. Ulrich (2014): *Die Ronneburg*. Regensburg: Schnell & Steiner.

Dörner, Ralf; Broll, Wolfgang; Grimm, Paul & Jung, Bernhard (Hrsg.) (2013): *Virtual and Augmented Reality (VR/AR). Grundlagen und Methoden der Virtuellen und Augmentierten Realität.* Heidelberg: Springer

Esterházy, Yvonne (2017): Programmieren in Schulen. So lernen fünfjährige britische Schüler das Programmieren. Abgerufen unter: https://www.wiwo.de/technologie/digitale-welt/programmieren-in-schulen-so-lernen-fuenfjaehrige-britische-schueler-das-programmieren/19208820.html [Stand vom 15-5-2019]

Hellriegel, Jan & Cubela, Dino (2018): Das Potenzial von Virtual Reality für den schulischen Unterricht. Eine konstruktivistische Sicht. *MedienPädagogik. Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung*, Dezember, S. 58-80. Abgerufen unter: https://doi.org/110.21240/mpaed/00/2018.12.11.X [Stand vom 15-5-2019]

Hiersemenzel, Christian (2016): Moschee-Besuch verboten. *Kieler Nachrichten online*. Abgerufen unter: https://www.kn-online.de/Nachrichten/Hamburg/Schueler-lehnt-Moschee-Besuch-ab-Staatsanwaltschaft-prueft [Stand vom 15-5-2019]

Kammerl, Rudolf; Unger, Alexander; Günther, Silke & Schwedler, Anja (2016): *BYOD – Start in die nächste Generation. Abschlussbericht der wissenschaftlichen Evaluation des Pilotprojekts*. Hamburg: Universität Hamburg.

Koehler, Matthew J. & Mishra, Punya (2005): What happens when teachers design educational technology? The development of technological pedagogical content knowledge. *Journal of Educational Computing Research*, 32 (2), S. 131–152.

Korn, Lorenz: *Die Moschee. Architektur und religiöses Leben*. München: C.H. Beck.

Lankau, Ralf: Digitalisierung als De-Humanisierung von Schulen oder: Vom Unterrichten zum Vermessen. Bildungseinrichtungen unter dem Diktat von Betriebswirtschaft und Datenökonomie. Schriftliche Stellungnahmen zum Expertengespräch der Kinderkommission des Deutschen Bundestags „Chancen und Risiken des frühen Gebrauchs von digitalen bzw. Bildschirmmedien“, 16. Januar 2019, Berlin. Abgerufen unter: http://futur-iii.de/wp-content/uploads/sites/6/2019/01/dbt-kinderkommission_jan2016_text_lankau.pdf [Stand vom 16-5-2019]

Nieß, Peter (1959): Siebenhundert Jahre Ronneburg. *Büdinger Geschichtsblätter*, 3, S. 9-44.

OECD (2015): *Students, Computers and Learning: Making the Connection*. Pisa Paris: OECD Publishing. Abgerufen unter: https://doi.org/10.1787/9789264239555-en [Stand vom 14-5-2019].

Piper, Otto (1912): *Burgenkunde. Bauwesen und Geschichte der Burgen. Dritte vielfach verbesserte Auflage*. München: Piper.

Rosenfeld, Alvin H. (1995): *Americanization of the Holocaust*. Ann Arbor: The University of Michigan.

Saarinen, Santeri; Mäkelä, Ville; Kallioniemi, Pekka; Hakulinen, Jaakko; Turunen, Markku (2017): Guidelines for Designing Interactive Omnidirectional Video Applications. Bernhaupt, Regina; Dalvi, Girish; Joshi, Anirudha; Balkrishan, Devanuj K.; O'Neill, Jacki; Winckler, Marco (Hrsg.): *Human-Computer Interaction – INTERACT 2017*. Berlin: Springer.

Shah, Dhawal (2016): Get a front-row seat in Harvard's largest class, thanks to virtual reality. Abgerufen unter: https://medium.freecodecamp.org/@dhawalhs?source=post_header_lockup [Stand vom 15-5-2019].

Traut, Lucia (2011): *Ritualisierte Imagination. Das Fantasy-Rollenspiel „Das Schwarze Auge“*. Münster: LIT Verlag.

Wössner, Stephanie (2019): Virtual Reality. Unterrichtsbeispiele – LITERATUR X (MEETS) VIRTUAL REALITY. Abgerufen unter: https://www.lmz-bw.de/medien-und-bildung/medienwissen/virtual-und-augmented-reality/virtual-reality-unterrichtsbeispiele/ [Stand vom 23-5-2019].