

Kann das Zusammenspiel aus Immersion und Präsenz zum Erfolg des Lernprozesses beitragen?

Felix Böck
Fakultät Elektrotechnik & Informatik
Hochschule Coburg
Coburg, Deutschland
felix.boeck@hs-coburg.de

Zusammenfassung — Ein weit verbreitetes Phänomen bei Studierenden ist die fehlende Motivation und die Kontinuität beim Lernen von Nebenfächern während des Semesters. Dabei spielt die visuelle Ablenkung oftmals eine große Rolle. Immersion und Präsenz können dabei helfen, äußere Ablenkungen zu minimieren und die Konzentration auf den Inhalt zu fokussieren. Der Lösungsansatz, der in diesem Beitrag näher verfolgt wird sind 360°-Videos, da diese mit Hilfe von Immersion und Präsenz Studierenden eine erlebnisreichere Lernerfahrung bieten können. In diesem Beitrag wird der aktuelle Stand der Forschung im Bereich der Lehre von 360°-Videos zusammengefasst und anschließend ein Lehrkonzept vorgestellt, sowie die resultierenden Ergebnisse der Umsetzung dargestellt. Erste Ergebnisse der Fallstudie zeigen, dass 360°-Videos ein vielversprechender Ansatz sein können.

Abstract — A widespread phenomenon among students is the lack of motivation and continuity in the learning of minor subjects during their term. Visual distraction often plays a major role in this context. Immersion and presence experience can help to minimise external distractions and focus concentration on the content. The approach that is developed in this paper are 360°-videos, as they can offer students a more eventful learning experience with the synergy of immersion and presence experience. This paper summarizes the current state of research in the field of 360°-educational-lecture-videos and then presents a didactical concept and the final results of its implementation. First results of the case study show that 360°-videos can be a promising approach.

Keywords—360° video, virtual reality, vr, lehre, education, immersion, presence, präsenz

I. EINLEITUNG

Bei jungen Studierenden herrscht oftmals die Fehlvorstellung vor, dass der Besuch der Lehrveranstaltung ausreichend ist, um den zu vermittelnden Inhalt zu verstehen und zu verinnerlichen. In der Präsenzzeit gibt es dazu zusätzliche weiterführende Angebote, wie beispielsweise Übungen, in den die theoretisch vermittelten Inhalte praktisch angewandt werden können und Tutorien, bei denen in kleinen Gruppen nicht verstandene Inhalte gezielt vertieft werden. Meistens sind das die vorhandenen Lernangebote und außerhalb der Präsenzzeiten sind Studierende auf sich alleine gestellt. Zusätzliche geführte, organisierte Lernangebote bilden meist die Ausnahme.

Fehlende Motivation [1] unterstützt dabei nicht förderlich die visuelle Ablenkung beim Lernen außerhalb der Bildungseinrichtung. Um diese Herausforderungen minimiert

zu können, benötigt es Anreize, damit sich Studierende auch mit weniger beliebten beziehungsweise interessanten Inhalten freiwillig auseinandersetzen.

In der Spieleindustrie herrscht das Phänomen vor, das Spieler durch den Spieltrieb einen Anreiz verfolgen, sich mit der Materie langfristig auseinanderzusetzen, bis diese das Ziel erreicht haben und anschließend zu binden. Verbessert wurde die Motivationssteigerung durch den Neuigkeitsaspekt der Technologien rund um das Thema *Virtual Reality*. Dabei ‚taucht‘ der Spieler in eine virtuelle Spielwelt ab und lässt sich dabei auf ein intensiveres Erlebnis ein. Meistens vergessen die Spieler währenddessen jedes Gefühl von Raum und Zeit. Dies ist zurückzuführen auf ein ganzheitliches Präsenzerlebnis. Die spielerischen Elemente außen vorgelassen, sind Parallelen zwischen der Spielwelt und der Lernwelt zu erkennen. Beide verfolgen das gleiche Ziel, dass sich die Probanden auf den jeweiligen Kontext einlassen und sich freiwillig intensiver damit auseinandersetzen. Um einen analogen Effekt auch in der Lernwelt zu erzielen, ist es wichtig, die Bestandteile Immersion und Präsenz in den Lernkontext zu transferieren.

Dieser Artikel soll einen Einblick in das Thema 360°-Lehrveranstaltungs-videos im Bereich der Software Entwicklung anhand eines durchgeführten Experimentes geben. Er zeigt Erfahrungen in der Verwendung mit der Technologie und die möglichen Ansatzpunkte beziehungsweise Mehrwerte beim Einsatz in der Lehre auf. Zu Beginn werden die Rahmenbedingungen und die vorhandene Ausgangslage definiert. Dazu gibt eine kurze Literatur-Recherche, welche einen groben Überblick über den aktuellen Forschungsstand liefern soll. Darauf aufbauend wird das Konzept zur Verwendung von 360°-Videos als Erweiterung der bestehenden klassischen Lehrveranstaltung näher erläutert. Anschließend wird die Durchführung, inklusive Beobachtung und daraus resultierender Ergebnisse dargestellt. Den Abschluss macht der Ausblick mit den nächsten geplanten Schritten in den weiterführenden Arbeiten.

II. FORSCHUNGSFRAGE

Beim Tragen eines *Head-Mounted Displays* („VR-Brille“) ist der Anwender frei von äußeren visuellen Ablenkungen. In Verbindung mit Kopfhörern zusätzlich auch von auditiven Ablenkungen. Dies kann ein tieferes Lernen erleichtern [2][3][4]. Ziel ist es, zu überprüfen, ob mit Hilfe von 360°-Videos im Kontext der Lehrveranstaltung Programmieren Studierende mit Informatik als Nebenfach durch Immersion

und Präsenz einen erfolgreicherer Lernprozess ermöglicht werden kann. Daraus lässt sich die Forschungsfrage ableiten:

Können ein höheres Präsenzerlebnis und eine immersive Rezeption, d.h. mit einem dichteren Rezeptionserlebnis sich dem realen Besuch der Lehrveranstaltung anzunähern, zu einem erfolgreicherer Lernprozess beitragen?

III. AUSGANGSLAGE & STAND DER FORSCHUNG

A. Ausgangslage

Die Problematik aus der Einleitung trifft auch auf die Grundlagenlehrveranstaltung Programmieren im 1. Semester der elektrotechnischen Studiengänge zu. Zum einen zeigen eigene Umfragen und Interviews, dass eine Großzahl an Studierenden direkt von weiterführenden Schulen (Gymnasium oder Fachoberschule) ohne vorherige Ausbildung kommt. Zum anderen, dass die Studierenden ihren Studiengang meist aus persönlichem Interesse wählen, welcher in erster Linie wenig mit Informatik und Programmieren zu tun hat. Dennoch müssen diese im Grundstudium durch die Lehrveranstaltungen Programmieren 1 und 2, weshalb sich auch oftmals die intrinsische Motivation für diese Nebenfächer generell in Grenzen hält wie eigene Erfahrungen zeigen.

Das Thema Zeit und Kontinuität sind große Erfolgsfaktoren beim Erlernen von Programmierkenntnissen [1]. Dafür ist die nur kurze wöchentliche Präsenzzeit keineswegs ausreichend. Um die notwendige Kontinuität zu schaffen, ist es notwendig, Möglichkeiten außerhalb der Präsenzphasen anzubieten, da die Vorlesungen bereits durch den Wissenstransfer von Theorien und Paradigmen vollständig ausgeschöpft sind. Neben der Kontinuität sind die praktischen Übungen unerlässlich, um die neu erlernten Konzepte anwenden zu können. Auch der Anteil der betreuten praktischen Übungen ist durch das Curriculum begrenzt, da für Nebenfächer oft weniger Zeit vorgesehen ist.

Doch nicht nur das Lehren und Lernen verändert sich, sondern auch die Studierenden, welche inzwischen größtenteils aus Generation Z – Geburtsjahr zwischen 1997 und 2012 – stammen. Diese Generation verhält sich anders als die Vorgänger-Generation Y [5][6][7][8]. Deshalb ist es wichtig, deren Lernverhalten zu analysieren und die Lehre und dazugehörigen Lernangebote dafür mit abzustimmen. Denn die meisten Studierenden sind sogenannte „*digital Natives*“ [9], was den Schluss nahelegt, die eLearning Angebote im digitalen Umfeld zu erweitern und neue Möglichkeiten durch den Fortschritt der Technik und der Technologien zu schaffen. Denn auch der Wunsch nach zeitgemäßen Lernangeboten in der Hochschulbildung kommt nicht nur von der Studierendenseite [10].

B. Stand der Forschung

Mit Wissen über der zuvor beschriebenen Ausgangslage und dem klar definierten Ziel, wurde im ersten Schritt eine Literatur Recherche durchgeführt, um den aktuellen Stand der Forschung zu evaluieren und auf den bereits erreichten Ergebnissen aufzubauen.

Das Finden der richtigen Suchbegriffe war der erste Schritt bei der Literatur-Recherche. Dabei hat sich die Kombination aus den Begriffen „*360° Video*“ und „*Education*“ als sehr effizient in Bezug auf die Ergebnisse erwiesen. Um zu diesem Ergebnis zu kommen, wurden die Ergebnislisten nach

Variation der einzelnen Suchbegriffe evaluiert und bewertet. Dabei erzielte die Kombination „*360° Video, Education*“ das beste stichprobenartig evaluiert Ergebnis, da dadurch die Ergebnisliste auf den Kontext der Lehre eingeschränkt war, jedoch noch viel Freiraum über weitere inhaltliche Schwerpunkte im Bereich von 360°-Videos lies. Dazu wurden die Suchbegriffe exemplarisch auf zwei Quellen geprüft.

In Schritt zwei wurden die relevanten Informationsquellen näher betrachtet und anschließend ausgewählt. Als Grundlage dafür war die Verbreitung, das Ansehen und die Nutzung der Informationsquelle in Bezug auf die Fachdomäne Lehre im Kontext der Software Entwicklung. Als Ergebnis wurden dann die gängigen Informationsdatenbanken von *IEEE Explore Digital Library*, *ACM Digital Library*, *ResearchGate*, *Cite Seer X*, *arXiv.org*, *Semantic Scholar* und *Google Scholar* ausgewählt. Mit den zuvor in Schritt eins ausgewählten Suchbegriffen wurden über alle ausgewählten Informationsdatenbanken ca. 400.000 Treffer erzielt.

Die vorliegenden Ergebnisse wurden im dritten Schritt weiter durch den Einsatz von weiteren Schlüsselwörtern – wie beispielweise „*VR*“ – und Bibliometrie-Filterkriterien gefiltert, wie Download-Anzahl und Anzahl an Zitaten, um den Ergebnisraum zu konkretisieren und einzuschränken. Anschließend wurde die Ergebnisliste händisch auf Grund der Überschriften und bei nicht eindeutig fachfremden Artikeln unter Einbezug des Abstracts eingegrenzt. Die so resultierenden 100 wissenschaftlichen Artikel wurden mit Hilfe des Abstracts analysiert; bei Bedarf unter Einbezug der Ergebnisse. Zusätzlich wurden dann vereinzelt Quellen aus den jeweiligen Literaturverzeichnissen nochmals genauer betrachtet, auch außerhalb der bisher verwendeten Informationsdatenbanken (aus Schritt zwei).

Die vorliegenden Ergebnisse zeigten eine Tendenz in Richtung von Simulation von Orten und virtuellen Umgebungen meist bei Veranstaltungen, für welche die geografische Landschaft sehr wichtig ist oder auch aus historischer Sichtweise [11]. In den meisten Fällen geht es primär darum, Orte für Personen begehbar zu machen, welche sonst nicht erschlossen sind beziehungsweise nicht ohne weiteren großen wirtschaftlichen Aufwand besucht werden können. Oftmals wird die Technologie auch dazu verwendet, um Rundgänge von Räumen mit erweiterten Informationen und Erklärungen zu Objekten im Raum anzubieten [12]. In der Lehre werden virtuelle Szenarien auch beim Einüben und perfektionieren von (medizinischen) Abläufen [13] eingesetzt und beim Erlernen von Fremdsprachen [14].

In der Auswertung der ausgewählten Arbeiten lässt sich zusammenfassend sagen, dass es bereits viele Ansätze mit verschiedenen Methoden und Techniken gibt, um sich in einer realen oder auch virtuellen Umgebung bewegen zu können und die Umgebung möglichst detailgetreu wieder zu geben, um dem Anwender ein Eintauchen in seine geschaffene Welt zu ermöglichen. Auch spiegeln sich in den einzelnen Artikeln die unterschiedlichsten Ergebnisse wieder und zeigen, dass die Technologie kein Allheilmittel ist. Dennoch gibt es in den Ergebnissen keinen Artikel, der über den Einsatz von 360°-Lehrveranstaltungen im Bereich der Software Entwicklung beziehungsweise unseren Konzeptvorstellungen bei der Vermittlung von Wissen und Kompetenzen im Bereich der Programmierung berichtet. Lediglich in einem ähnlichen Ansatz wurde in einer explorativen Studie 2016 versucht,

betriebswirtschaftliche Inhalte über aufbereitete 360°-Videos zu vermitteln und diese anschließend über Lernerfolgskontrollen abzufragen [15].

C. 360°-Videos: Immersion & Präsenz

Bei 360°-Videos lassen sich Effekte der Immersion und Präsenz wiederfinden. Dabei beschreibt die Immersion den Grad der integrativen Abbildung der Realität für die Sinne eines menschlichen Probanden [16], das oftmals umgangssprachliche ‚Eintauchen‘ in die virtuelle Umgebung. Dabei kann die Immersion eine objektive und quantifizierbare Beschreibung des Angebots des Systems sein, wie viele und wie umfänglich beispielsweise menschliche Sinne über das Ausgabegerät angesprochen werden. Die Präsenz ist ein Bewusstseinszustand, sich in einer virtuellen Umgebung zu befinden. Die Intension ist, dass hoch präsente Probanden die virtuelle Umgebung als die momentane umgebende physische Welt erleben und wahrnehmen. D.h. die Präsenz erfordert, dass sich Probanden mit der virtuellen Umgebung identifizieren können [16]. Beim Präsenzerlebnis wird „die Rezeption [...] subjektiv als derart überwältigend erfahren, dass das Bewusstsein ihrer Vermittlung in den Hintergrund tritt“ [17] und dass der Effekt des Vergessens während des Konsums des Erlebnisses auftritt [18]. Etwaige störende Einflüsse sollten weitgehend abgeschirmt werden durch den Einsatz eines *Head-Mounted Display*, insbesondere durch die Verwendung von Kopfhörern. Dadurch können virtuelle Szenen erlebnisreichere Lernerfahrungen bieten.

Warum sollte eine abgefilmte Vorlesung als 360°-Video erstellt werden, wenn sich nahezu ausschließlich das Geschehen vorne an der Tafel beziehungsweise dem Beamer-Bild abspielt? Die Abbildung einer Vorlesung in einem 360°-Video kann immersiv sein und ein Präsenzerlebnis vermitteln. Zusätzlich findet keine visuelle beziehungsweise unter Umständen auditive Ablenkung statt, somit kann sicher der Proband ganz auf den Konsum des Inhaltes konzentrieren. Der neugeschaffene virtuelle Raum könnte dann mit zusätzlichen Inhalten gefüllt werden und dadurch den Lernprozess gezielt unterstützen.

IV. IDEE & KONZEPT

Die im Kapitel zuvor vorausgegangene Literatur Recherche zeigt, dass in dem Forschungsgebiet bereits viel geforscht wird, jedoch der Teilbereich der Lehre – im speziellen der Lehre von Software Entwicklung – noch nahezu unerforscht ist. Meist wird die Technologie in der Lehre dazu verwendet, eine nur schwer beziehungsweise oftmals gar nicht begehbare reale Umgebung in einem virtuellen Raum begehbar zu machen [19][20][21]. Ein andere häufig verwendeter Ansatz ist virtuelle Modelle greifbarer zu machen, indem diese als 3D-Modell in den virtuellen Raum gelegt wird, um sie von allen Seiten betrachten zu können [22][23]. Dies zeigt, dass der Einsatz von virtuellen Räumen in der Lehre grundlegend tragbar ist, da es bereits viele Publikationen dazu gibt. Im Bereich der Software Entwicklung gibt es bisher jedoch nur wenige Veröffentlichungen, weshalb es das mögliche Potential für den Bildungseinsatz in der Informatik zu untersuchen gilt.

Anknüpfend an bereits bestehenden Lernangeboten, welche sich hauptsächlich auf außerhalb der Präsenzzeiten der Lehrveranstaltung fokussieren, wollten wir eine weitere zusätzliche Möglichkeit schaffen, neben Lernvideos den

Inhalt der Vorlesung wiederholbar zu machen. Bei den bisherigen Lernvideos werden themenbezogen die Inhalte der Vorlesung erneut aufbereitet. Zusätzlich soll die Möglichkeit geschaffen werden, Studierenden den Inhalt der Lehrveranstaltung möglichst detailgetreu nachempfinden zu lassen, auch wenn sie daran selbst nicht teilnehmen konnten.

A. Erster Konzeptentwurf (Version 1)

Im ersten Konzeptentwurf sollte dazu die Vorlesung zusammen mit dem Dozenten abgefilmt und den Studierenden zur Verfügung gestellt werden. Nach Interviews mit Studierenden und mehreren Umfragen zeigte sich, dass sich Studierende außerhalb der Vorlesung bei der Nachbearbeitung von Inhalten bei Fächern, welche nicht primär im Vordergrund des Studienziels liegen, leicht ablenken lassen. Aus diesem Grund wollen wir Studierenden einen abgeschirmten Raum zur Verfügung stellen, in dem sie sich die Videos nochmals in Ruhe anschauen können. Damit Studierende die Videos zeit- und vor allem auch ortunabhängig nutzen können, muss der Raum virtuell sein. Die einfachste Möglichkeit war, das Video der Lehrveranstaltung in einen leeren virtuell erzeugten Raum zu legen. Setzen sich Studierende nun ein *Head-Mounted Display* auf, so tauchen diese in eine virtuelle Welt mit dem eingefügten Bestandteil der Vorlesung aus der realen Welt ein. Die ersten Tests zeigten jedoch schnell, dass das gewünschte Ergebnis nur zum Teil erreicht wurde. Der Ablenkungsfaktor wurde minimiert, jedoch wurde eine künstliche Situation geschaffen, welche laut Aussagen von befragten Studierenden nicht real wirkt und so nur bedingt zum Lernerfolg beiträgt.

B. Verbessertes Konzeptentwurf (Version 2)

Die ersten Ergebnisse wurden dazu verwendet, um einen zweiten Konzeptentwurf anzufertigen, der die vermeintlichen Nachteile möglichst zu beseitigen versucht. Dazu wurde die gefilmte Lehrveranstaltung in einen virtuell nachgebildeten Hörsaal eingefügt, um den bisher leeren virtuellen Raum an einen realen Hörsaal anzugleichen. Nach ersten Feldversuchen stellte sich heraus, dass es für Studierende eine beklemmende Situation darstellen kann, alleine in einem Hörsaal zu sitzen. Versucht man, dem entgegenzuwirken und füllt den Raum mit virtuellen Zuhörern, so kann es auf der einen Seite sehr schnell aufwendig und komplex werden, die Personen zu modellieren und mit Gestik und Mimik zu beleben und situativ richtig reagieren zu lassen und auf der anderen Seite schwierig werden, den Vorlesungscharakter nicht zu verlieren und somit beim Betrachter das Gefühl eines Videospieles zu generieren.

C. Realisiertes Konzept (Version 3)

Deshalb wurde die Lehrveranstaltung im dritten Konzeptentwurf aus mehreren Blickwinkeln gefilmt und zu einem 360°-Video zusammen gefügt, um den virtuellen Raum möglichst detailgetreu an die Lehrveranstaltung anzugleichen. Dies erspart zusätzlich den Aufwand, die Personen im Hörsaal mit zu erzeugen. Zusätzlich wurden im Blickwinkel des virtuellen Studierenden noch studententypische Accessoires wie Vorlesungsunterlagen, Block und Stift auf dem Tisch platziert, um später im Video eine möglichst realistische Situation darzustellen. Auch die Positionierung der 360°-Kamera ist essentiell für das Erlebnisgefühl des Betrachters, das zeigten Experimente. Wird die Kamera direkt frontal beim Dozenten aufgestellt, so kann dies bei den Studierenden das ‚Eintauchen‘ in die Vorlesung verhindern, da dies eine unnatürliche Sitzposition von Studierenden ist. Gute

Ergebnisse haben wir erzielen können, als wir die Kamera, in die Menge der Studierenden inkludiert haben. Die Kamerahöhe sollte dabei auf der durchschnittlichen Höhe des Kopfes von sitzenden Studierenden sein.

Zu Beginn wurden die ersten Veranstaltungen wurde zum filmen Kameras mit einer Auflösung von 2K (*H264: 1920×960 | 29.97 Bilder/Sekunde*) verwendet. Auf Grund der negativen Rückmeldungen der Studierenden und den ungewollten Bildartefakten wurde gegen Mitte des ersten Durchlaufs eine bessere Kamera verwendet. Die neue Kamera ersellte Aufnahmen mit bis zu 5.2K (*Cineform '422 High': 4992×2496 | 30 Bilder/Sekunde*).

Für das Experiment wurden allen Studierenden *Virtual-Reality-Headsets* für Smartphones zur kostenfreien Verfügung gestellt, welche in Verbindung mit dem eigenen Smartphone als Projektionsmedium als *Head-Mounted Displays* fungierten.

V. ANSATZ & METHODIK

Um der Frage nachzugehen, ob ein hohes Präsenzerlebnis und eine Immersion zu einem erfolgreichen Lernprozess beitragen können, muss individuell geklärt werden, wann der Lernprozess erfolgreich ist. Anhand von verschiedenen Kriterien lässt sich ein erfolgreicher Lernprozess beurteilen. Grundsätzlich muss dabei zwischen Selbst- und Fremdeinschätzung unterschieden werden. Beide Ansätze ergänzen sich und schärfen die Ergebnisse. Die benötigten Daten zur Selbsteinschätzung wurden über Umfragebögen und Einzelinterviews erfasst. Bei der Fremdeinschätzung wurde auf Beobachtungen zurückgegriffen.

A. Fragebögen

Vor Projektstart wurden zu Beginn und am Ende des Semesters jeweils Fragebögen an alle anwesenden Studierende verteilt. Zu Beginn wurden die Erwartungen in Bezug auf eine virtuelle Vorlesung mit 360°-Videos abgefragt. Dabei wurden neben demografischen Fragen auch Fragen wie beispielsweise: Wie hoch ist das Interesse? Welchen Mehrwert könnten 360°-Veranstaltungen bieten? Wie Studierende die Aufzeichnung ansehen werden? gestellt. Letztere Frage beinhaltet die Antwortmöglichkeiten: als VR-360°-Video und/oder als reines 2D-Video. Nach der Durchführung am Ende des Semesters wurden die Erfahrungen der Studierenden abgefragt, um diese später mit den zuvor erhobenen Erwartungen abgleichen zu können. Ziel der Umfragebögen war es zum einen den Vergleich zwischen Erwartung und Erfahrung vollziehen zu können und zum anderen bieten Umfragen die Möglichkeit eine möglichst große Grundgesamtheit zu erreichen. Dies kann bei der Erkennung von Tendenzen und Grundstimmungen hilfreich sein.

B. Interviews

Um die Daten aus den geschlossenen Fragen der Umfragebögen zu erweitern, wurden Studierende zu Beginn und am Ende des Semesters zu Einzelinterviewterminen eingeladen. Dabei wurden gezielt anhand eines Interviewleitfadens mit offenen Fragen zuerst demografischen Fragen und anschließend Fragen über ihren eigenen bisherigen und über den Lernprozess mit 360°-Videos gestellt. Mit Hilfe der Interviews sollten die Umfragedaten angereichert und stichprobenartig validiert werden.

C. Beobachtungen

Während der Nutzung der 360°-Aufzeichnungen mit einem *Head-Mounted Display*, wurden die Aktionen und Reaktionen der Probanden von Dritten beobachtet und das Verhalten analysiert. Dabei sollte die zuvor eingeholte Selbstreflexion durch die Fremdeinschätzung validiert werden. Zusätzlich sollte auf neues, bisher unbekanntes Verhalten geachtet werden. Beobachtet wurden zufällig ausgewählte einzelne Probanden, welche im Nachgang teilweise mit ihrem Verhalten konfrontiert wurden. Außerdem wurden anonymisierte Nutzungsdaten erhoben und ausgewertet.

VI. AUSWERTUNG, ERGEBNISSE UND EVALUIERUNG

Die Teilnehmeranzahl der Studierenden lag bisher bei über 250 Studierendenrückmeldungen (235 Umfragebögen, 20 Interview-Teilnehmer und 5 Beobachtungen).

Um eine unvoreingenommene Einstellung der Studierenden gegenüber den 360°-Vorlesungen als gemeinsame Ausgangsbasis verwenden zu können, wurde den Studierenden weder die Idee, noch das Konzept näher erläutert, sondern lediglich die Materialien (360°-Videos und *Head-Mounted Displays*) unkommentiert zur Verfügung gestellt.

Der erste Durchlauf fand im Wintersemester 2018/19 und der zweite im aktuellen Wintersemester 2019/20 statt. Die Daten aus dem zweiten Durchlauf sind vorläufige Hochrechnungen, da die gesamte Auswertung zum Zeitpunkt der Einreichung noch nicht vollständig vorlag. Zwischen beiden Durchläufen – im Sommersemester 2019 – gab es keine diesbezügliche Vorlesung und die Studierenden hatten somit nur die Möglichkeit, die Vorlesung aus dem zurückliegenden Wintersemester mediengestützt mit dem 360°-Video zu lernen und zu wiederholen, statt wie normalerweise lediglich durch das Durcharbeiten des Skriptes.

A. Ergebnisse aus den evaluierten Fragebögen

Im ersten Durchlauf bekundeten 60% der Studierenden ihr Interesse an den 360°-Vorlesungsaufzeichnungen, wovon die Hälfte der Studierenden ($n=29$) angab, die Aufzeichnungen vermutlich als 360°-Videos anzusehen. Bei einer gesamten Teilnehmeranzahl von 85 Studierenden, schauten sich auf freiwilliger Basis ca. 47% der Studierenden ($n=40$) die Aufzeichnungen als 360°-Video an. Das Interesse blieb über das Semester konstant. 50% der Studierenden geben an, dass die Videos für die Nachbereitung und das Verständnis hilfreich waren. 35% geben an, dass sie sich vorstellen könnten, die Vorlesung durch eine 360°-Aufzeichnung zu ersetzen. Die Länge der einzelnen Videos (90 Minuten) war für 55% genau richtig, für 40% zu lang. Grundsätzlich war eine ausgewogene Tendenz der Abfrage, ob die Videos themenbezogen (mehrere kleine Teile) geschnitten werden sollen oder vorlesungsbezogen (90-minütig).

Im darauf folgenden Sommersemester ohne Vorlesungsangebot nutzten laut Umfragebogen über 70% der Studierenden ($n=7$) die 360°-Aufzeichnungen als Vorlesungersatz zum Wiederholen und Vorbereiten auf die Leistungskontrolle.

Im zweiten Durchlauf ($n=89$) gaben von den Befragten über 80% an, sehr interessiert an den 360°-Aufzeichnungen zu sein, 77% vermuteten, dass die 360°-Videos die klassische

Vorlesung ersetzen könnten. Bei der Länge der Videos gaben 80% der Studierenden an, dass eine 90-minütige Lehrveranstaltung die richtige Länge der Aufzeichnung wäre, entgegen der Meinung des Vorjahres. Rund 75% der Probanden gaben an, die Videos mit einem *Head-Mounted Display* anzuschauen. Zusätzlich wurde seit der zweiten Iteration die Freitextfrage nach dem vermuteten Mehrwert von 360°-Aufzeichnungen gestellt. Dabei gaben ca. 50% keinen Mehrwert an und die andere Hälfte führte unter anderem die Punkte „das Gefühl live dabei zu sein“ (~11%), „die Möglichkeit verpasste Veranstaltungen nachzuholen“ (~31%), „(unabhängige) Wiederholungsmöglichkeit (zur Intensivierung)“ (~39%), „in gewohnter Umgebung zu lernen“ (~5%) und „wenig Ablenkung, mehr Konzentration“ (~9%) auf.

Abbildung 1 stellt einen Ausschnitt der Auswertung der Umfragebögen der beiden Wintersemester 2018/19 und 2019/20 in direkten Vergleich gegenüber. Dabei unterscheidet sich die Anzahl an Probanden nur geringfügig. Es zeigt sich, dass das allgemeine Interesse an einer 360°-VR-Lehrveranstaltungsaufzeichnung und die vermutete Wiedergabe über ein *Head-Mounted Display* höher ausfallen im Vergleich zum Vorjahr. Die Gegenüberstellung mit den Wiedergaben kann erst nach der Beendigung des aktuellen Semesters erfolgen. Jedoch lässt sich sagen, dass im Wintersemester 2018/19 mehr Wiedergaben mit einem *Head-Mounted Display* erfolgten, als ursprünglich erwartet. Mehr als doppelt so viele Studierende wie aus dem zurückliegenden Wintersemester glauben, dass eine 360°-VR-Lehrveranstaltungsaufzeichnung zukünftig eine bisherige Lehrveranstaltung ersetzen könnte. Bei der Angabe der Wunschvideodauer unterscheiden sich die Auswertungen zwischen den beiden Semestern. Der untere Teil des Balkens zeigt die Kategorie „zu lang“, der mittlere Teil „genau richtig“ und der obere Teil „zu kurz“ immer in Bezug auf 90 Minuten Videos.

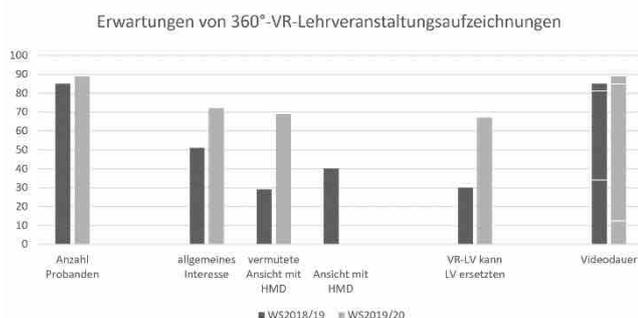


Abb. 1. Erwartungen von 360°-VR-Lehrveranstaltungsaufzeichnungen.

B. Auswertung der Interviews

Im ersten Durchlauf bestätigten die Probanden die schlechte technische Qualität der Videos in den Interviews und führten dies als Grund auf, weshalb sie die Videos nicht mehr schauten. Teilweise kam es hierbei auch zu Kopfschmerzen. Auch ab der zweiten Hälfte des ersten Durchgangs teilten die Studierenden mit, dass trotz der besseren Auflösung des Videos das Beamer-Bild nur mit Mühe zu lesen sei. Deshalb wurde zusätzlich zu den bereits vorhandenen studentischen Accessoires auf dem Tisch auch

noch ein Bildschirm platziert, auf dem die Studierenden das Beamer-Bild nochmals näher und schärfer sahen. Nach Beendigung des ersten Durchlaufs gaben die Studierenden an, den zusätzlichen Bildschirm nicht zu nutzen, weshalb er für den Durchlauf zwei wieder entfernt wurde. Stattdessen wurde der Wunsch geäußert, das Beamer-Bild nachzubearbeiten und zu schärfen. Deshalb soll im zweiten Durchlauf das Beamer-Bild durch die Bildschirmaufzeichnung des Dozenten nachträglich ersetzt werden. Zusätzlich sollte auch die Audiospuren des Videos – vor allem bei Fragen aus dem Publikum, welche nicht immer gut zu verstehen sind – aufbereitet werden, sodass der Dozent im zweiten Durchlauf mit einem Stereomikrofon zusätzlich verkabelt wurde.

Außerdem beklagten die Probanden die Länge der Videos, sowie die fehlende Möglichkeit sich Notizen zu machen – wie es in einer realen Lehrveranstaltung üblich ist, ohne dabei ständig das *Head-Mounted Display* abnehmen zu müssen. Auch vermissen die Probanden die Interaktionsmöglichkeiten im Video, wie beispielweise Zoom, Abspiel-Geschwindigkeit, Lautstärke und das gezielte Springen zu Kapiteln. Dies zeigte sich auch bei den Beobachtungen, bei denen zu erkennen war, dass Probanden versuchten mit Gesten im Video erfolglos zu interagieren. An den Interaktionsmöglichkeiten sowie den Steuerungsmöglichkeiten im Video wird im Moment entwickelt und ist deshalb noch nicht Bestandteil des zweiten Durchlaufs.

Sehr positiv bewertet von den Studierenden wurde die reale Umgebung im Video, da das Lernen in vertrauter Umgebung mit ihren Mits Studierenden realistischer und angenehmer ist als in einem leeren Hörsaal oder gar mit ‚fremden‘ Personen, welche sie vorher nicht gesehen haben. Mit dem Aufbau konnten sich die Studierenden identifizieren und besser in die Situation einfinden. Vereinzelt wurde auf Nachfrage auch eingestanden, weniger auf den Dozenten zu achten, mehr auf die eigene Persönlichkeit und auf die Mits Studierenden, jedoch wurde jedes Mal hinzugefügt, man könne sich beim zweiten Mal Ansehen des Videos, dann komplett auf den Inhalt und den Dozenten konzentrieren. Zusätzlich war die Ablenkung außerhalb des Videos nicht mehr wahrzunehmen.

Die Studierenden wurden zum Thema Wiederholung der Lehrveranstaltung ohne angebotene Vorlesung befragt. Die Tendenz der Meinungen ging einheitlich in die gleiche Richtung, dass die Wiederholung von Vorlesungsinhalten ohne vorlesungsbegleitende Veranstaltungen über 360°-Videos nahezu einen ähnlichen Wirkung in Bezug auf ihr Lernverhalten hat, wie eine stattfindende Veranstaltung. Ob die Aussagen der Studierenden mit den Lernleistungen und Erfolg in der Prüfungsleistung korrespondieren, gilt es noch weitmöglichst zu validieren.

Vereinzelt haben Studierende das Thema Zeit und Streaming angesprochen. Auf Grund der großen Dateigröße dauert es bei langsamen Internetanbindungen unter Umständen sehr lange, das Video zu puffern, um es anschließend ohne Bildartefakte flüssig abspielen zu können. Dafür haben wir im Moment noch keine ideale Lösung gefunden.

C. Ergebnisse aus den Beobachtungen

Studierende schauten anfänglich die mit einer 2K-Qualität aufgenommenen Videos, brachen diese jedoch meist nach nur wenigen Minuten ab und es konnte ein Rückgang der

Videoklicks und der Verweildauer beobachtet werden. Ab dem dritten Video schauten nur noch sehr wenige die Videos und fast keine Studierenden mehr bis zum Ende. Der Grund aus den Interviews bestätigten oben genannte Beobachtungen: Die technische Qualität der Videos war nicht befriedigend. Deshalb wurde zur Mitte des ersten Durchlaufs eine bessere Kamera verwendet, welche Aufnahmen mit bis zu 5.2K anfertigt. Das hatte zur Folge, dass die Anzahl an Nutzer wieder leicht anstieg, jedoch nicht mehr den ursprünglichen Maximalwert erreichte. Damit verbunden stieg auch wieder die Länge der Zeit, welche Nutzer im Durchschnitt pro Video anschauten. Doch weiterhin blieb die Gesamtanzahl an kompletten Video-Views geringer als die Anzahl zu Beginn.

Beim Tragen des *Head-Mounted Displays* wurde zum Ende der Videos eine Konzentrationsschwäche beobachtet, welche auch in den Interviews nach dem ersten Durchlauf bestätigt wurden. Um die Konzentrationsdauer im virtuellen Raum und das Tragen des *Head-Mounted Displays* nicht unnötig zu verlängern, wurde über eine Verkürzung der Lehrveranstaltungsvideo für den zweiten Durchlauf nachgedacht. Dazu könnten die bisher 90-minütige Lehrveranstaltungsvideos in der zweiten Iteration auf 60 Minuten gekürzt werden, sodass lediglich der zu vermittelnde Theorieteil mit den Erklärungen im 360°-Video zu sehen ist. Sowohl die Zusammenfassung des letzten Kapitels zu Beginn jeder Lehrveranstaltung, als auch der Praxisanteil in der letzten Viertelstunde würden somit aus dem Video herausgeschnitten werden. Auf Grund der positiven Resonanz über 90-Minuten-Videos im zweiten Durchgang, wurde die Videolänge vorerst konstant gelassen.

D. Evaluierung der Annahme

Die Ergebnisse sowohl aus den Umfragen als auch aus den Interviews decken sich mit den Beobachtungen, dass eine intensivere und gezieltere Beschäftigung mit den Lerninhalten stattfindet. Dies war bei den Jahrgängen zuvor nicht so gegeben, da es sich bei der Lehrveranstaltung um ein Pflichtfach mit zu vermittelnden Grundlagen aus einem anderen Fachbereich handelt. Auch das Präsenzerlebnis wurde von den Probanden als hilfreich und förderlich beim Lernprozess beschrieben. Nach nur zwei Durchgängen lässt sich noch nicht bestätigen, ob 360°-Videos zu einem erfolgreichen Lernprozess beitragen, jedoch ist eine negative Folge in Bezug auf Lernleistungen bisher nicht zu erkennen.

VII. MÖGLICHE LIMITIERUNGEN DES ANSATZES

Auch der beschriebene Ansatz hat seine Limitierungen. Angefangen bei der Videogröße, welche im Moment auf Grund der oftmals vergleichsweise schlechten Internetanbindung in ländlichen Regionen ein mögliches Hindernis darstellt, um spontan eine Vorlesungsaufzeichnung zu streamen. Auch der Aufwand der Vor- und Nachbereitung, inklusive Bereitstellung auf Seiten der Dozierenden ist bei den ersten Durchgängen nicht zu vernachlässigen. Mit vernünftiger Hardware lässt es sich der wöchentliche Aufwand pro Lehrveranstaltung auf ca. 6 Stunden zusammenfassen. Dabei sollte immer der Verhältnis zwischen Aufwand und Nutzen in angemessener Relation stehen. Ein breiter Einsatz mit vielen Lehrveranstaltungen ist damit ohne Unterstützung nur schwierig möglich, jedoch sollte dabei auch bedacht werden, dass das Konzept an Reiz verliert – laut Aussagen der Studierenden – wenn jede Lehrveranstaltung auf 360°-VR-Aufzeichnungen setzt. Der Videokonsum wäre

aus Sicht der Studierenden über das gesamte Studium gesehen zu hoch. Zusätzlich kann dieser auch über kürzere Lehrveranstaltungen gesenkt werden, sodass ausschließlich die zu vermittelnden Inhalte abgefilmt werden und der praktische Übungsteil entfällt. Bei ausbleibenden anwesenden Studierenden in der Vorlesung, könnte die Kürzung der Videos auch das Phänomen des Fortbleibens minimieren, sodass wieder mehr Studierende in die Vorlesungen kommen und vermutlich die Videos als Nach- beziehungsweise Vorbereitung nutzen und weniger als Lehrveranstaltungsersatz. Eine Bestätigung dieser Annahme gilt es jedoch erst noch zu validieren.

VIII. SCHLUSSFOLGERUNGEN UND KÜNFTIGE ARBEITEN

Die Wahl des richtigen Aufbaus zusammen mit der richtigen Hardware erwies sich als erste große Schwierigkeit. Dazu zählt auch die Auswahl des *Head-Mounted Displays*, wenn dabei der Kostenfaktor als Rahmenbedingung mit zu beachten ist. Gute Erfahrungen haben wir bei der Verwendung der *GoPro Fusion* als Aufnahmegerät und als *Head-Mounted Displays* die Kombination aus eigenen Smartphones der Studierenden und dem *Virtual-Reality-Headset Zeiss VR ONE Plus* als Halterung gemacht.

Das wichtigste Ergebnis, welches von Studierendenseite reflektiert wurde, ist die technische Qualität der Videos. Mit ihr steht und fällt das Konzept von 360°-Lehrveranstaltungen. Schlechte Qualität trägt maßgebend dazu bei, dass es bei Probanden schnell zu Kopfschmerzen kommen kann und damit die Konsumdauer abnimmt. Einen erneuten Versuch mit Videos von besserer Qualität lehnten viele Studierende ab. Deshalb sollte stets darauf geachtet werden, dass Studierenden bereits beim ersten Video eine gute Auflösung zur Verfügung steht, damit diese das Angebot auch weiterhin nutzen. Zur Videoqualität zählt auch zusätzlich die Aufbereitung des Beamer-Bildes zur besseren Lesbarkeit im Video. Dabei haben sich bewährt, den Bildschirm während der Präsentation vom Dozenten abzufilmen und dieses Bild im nachbearbeiteten Video über das Beamer-Bild zu legen. Verbunden mit der Qualität des Videos steigt auch linear die Videogröße, welche vor dem Ansehen von den Studierenden geladen werden muss, damit das gestreamte Video im Anschluss flüssig betrachtet werden kann. In Gegenden mit schlechter Internetanbindung kann dies oftmals eine große Herausforderung darstellen, da vor dem Betrachten des Videos längere Zeit gewartet werden muss. Alternativ das Video komprimiert anzusehen, würde nur kontraproduktiv wirken, weil es im Video wieder zu den ungewollten Bild-Artefakten kommen würde.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass sich 360°-Videos von Lehrveranstaltungen gut zur Vor- und Nachbereitung der einzelnen Inhalte verwenden lassen. Zusätzlich bietet die Technologie neue Möglichkeiten für mediengestützte Lern- und Reflexionsprozesse im Bereich der Software Entwicklung. Man könnte darüber nachdenken, die erstellten Videos auch als Teil eines *Blended Learning* Kurses einzusetzen, jedoch würde dann der zuvor beschriebene Effekt des vertrauten Umfelds der Mitstudierenden verloren gehen, da dafür eine neue Aufzeichnung pro Semester notwendig ist. Es lässt sich somit festhalten, dass sich 360°-Videos ideal als Ergänzung zur bestehenden Vorlesung eignen, jedoch nach dem aktuellen Stand die klassische Vorlesung in diesem Sinne nicht ersetzen können.

Technische Herausforderungen gibt es noch bei den Themen 360°-Video-Webplayer mit Steuerungsmöglichkeiten und Dateiablageort. Eine 90-minütige Vorlesung benötigt um die 500 GB Festplattenkapazität bei einer Auflösung von 5K. Wir haben hier eine große Video-Upload-Plattform verwendet, um unsere Videos in komprimierter Form zur Verfügung zu stellen und binden diese dann in unserer bestehende eLearning-Plattform ein. Auch über die mobile Verwendung der Videos muss sich Gedanken gemacht werden, da mehr und mehr in der heutigen Gesellschaft von unterwegs auf dem eigenen Smartphone erledigt wird [24].

Weiterhin offen bleibt auch die Frage nach Interaktionsmöglichkeiten beim Betrachten des Videos mit einem *Head-Mounted Displays*. Studierenden muss eine Möglichkeit gegeben werden, sich während des Videos Notizen zu machen, das Video live zu taggen, ohne andauerndes Absetzen des *Head-Mounted Displays*, wodurch die Effekte der Immersion und Präsenz verloren gehen. Auch dazu gibt es bereits verschiedene theoretische Ansätze, von einer virtuellen Tastatur, welche mit Controller oder den Augen gesteuert werden, bis hin zur Spracheingabe. Allerdings ist es sehr anstrengend, mit den Augen einen Cursor zu steuern und damit Notizen zu verfassen, gleiches gilt für eine bisher noch unnatürliche 90-minütige Handhabung eines Controller, um einzelne Buchstaben auf einer virtuellen Tastatur zu tippen.

Die Videos sollten bereits mit Inhaltspunkten vorkennzeichnet sein, sodass Studierende nur noch die für sie relevanten Teile der Videos anschauen und im Video schneller interaktiv zwischen den verschiedenen Themen hin und her wechseln können. Zusätzlich sollte den Studierenden die Möglichkeit geboten werden, das Video individuell zu markieren und eigene *Tags* zu setzen. Neben den bereits angesprochenen thematischen und inhaltlichen interaktiven Teilbereichen in einem Video, sind auf lange Sicht Steuerungsmöglichkeiten für die Regelung der Abspielgeschwindigkeit, Lautstärke und dem Zoom-Faktor essentiell, um ein angenehmeres Benutzerverhalten zu gewährleisten.

Ein anderes Thema, das mit 360°-Videos einhergeht, ist die Frage nach der intelligenten Raumnutzung und dessen Nutzungskonzepts. Wenn eine Szene 360° gefilmt und komplett im virtuellen Raum dargestellt wird, ergeben sich daraus zahlreiche neue Nutzungsmöglichkeiten, um den vorhandenen (bisher meist didaktisch in die Lehrveranstaltung wenig einbezogenen) Hörsaal mit interaktiven Elementen zur Förderung der Lernprozesse zu befüllen. Auch [15] empfiehlt ein Lehrkonzept zur Raumnutzung, um die medien-spezifische Mehrwerte von 360°-Videos im Kontext von Vorlesungsaufzeichnungen nutzbar zu machen. Denkbare wären Ansätze, wie beispielweise die Nutzung einer bisher leeren Wand als Pinnwand für inhaltlich besprochene Themen, um diese schneller für den Lernenden greifbar zu machen. Alternativ können auch interaktive Quizfragen zum aktuellen Thema, welches vom Dozierenden besprochen wird, in den Raum projiziert werden, um die Aufmerksamkeit zwischen langen Monologen zu erhöhen.

Auch das Verhältnis zwischen Immersion und Präsenz war bisher keinerlei Forschungsgegenstand. Doch auch dieses sollte keinesfalls vernachlässigt, sondern in den nächsten weiterführenden Schritten mit erforscht und validiert werden.

Diese Arbeit ist Teil des EVELIN-Projekts und wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung im Rahmen der Fördermittel 01PL12022A und 01PL17022A gefördert.

RERFERENZEN

- [1] J. Figueiredo, F. J. García-Peñalvo, "Building Skills in Introductory Programming", in Proceedings of the Sixth International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality (TEEM'18), New York, NY, USA, 2018, pp. 46-50.
- [2] L.-Y. Chung, „Virtual reality in college english curriculum: Case study of integrating second life in Freshman English Course“ in 26th International Conference on Advanced Information Networking and Applications Workshops, IEEE, 2012, pp. 250-253.
- [3] J. Falah, S. Khan, T. Alfalah, S. F. M. Alfalah, W. Chan, D. K. Harrison, V. Charissis, „Virtual Reality medical training system for anatomy education“ in Science and Information Conference, IEEE, 2014, pp. 752-758.
- [4] A. A. Rizzo, J. G. Buckwalter, T. Bowerly, C. Van Der Zaag, L. Humphrey, U. Neumann, C. Chua, C. Kyriakakis, A. Van Rooyen, D. Sisemore, „The virtual classroom: A Virtual Reality environment for the assessment and rehabilitation of attention deficits“ in CyberPsychology & Behavior, vol. 3, issue 3, 2000, pp. 483-499.
- [5] B. Karaoglan, T. Kislal, "How Does E-portfolio Align with New Students' Educational Aspirations?", in Proceedings of the 22nd EAEEIE Annual Conference (EAEEIE), Maribor, Slovenia, 2011, pp. 1-4.
- [6] A. Ivanova, G. Ivanova, "Net-generation learning style: a challenge for higher education", in Proceedings of the International Conference on Computer Systems and Technologies and Workshop for PhD Students in Computing (CompSysTech '09), New York, NY, USA, 2009, pp. 1-6.
- [7] Julisar, "Text-book versus E-book: Media for learning process in generation Z", in Proceedings of the International Conference on Information Management and Technology (ICIMTech), Yogyakarta, 2017, pp. 139-143.
- [8] V. Izquierdo-Álvarez, E. Lahuerta-Otero, R. Cordero-Gutiérrez, "Kahoot, win the learning race", in Proceedings of the Sixth International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality (TEEM'18), New York, NY, USA, 2018, pp. 737-741.
- [9] M. Prensky, „Digital Natives, Digital Immigrants“ in On The Horizon, vol. 9, issue: 5, 2001, pp. 1-6.
- [10] S. Kavanagh, A. Luxton-Reilly, B. Wüensche, B. Plimmer, „Creating 360° educational video: a case study“ in Proceedings of the 28th Australian Conference on Computer-Human Interaction (OzCHI '16), New York, NY, USA: ACM, 2016, pp. 34-39.
- [11] J. Calvert, R. Abadia, S. M. Tauseef, "Design and testing of a Virtual Reality enabled experience that enhances engagement and simulates empathy for historical events and characters", IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces (VR), Osaka, Japan, 2019, pp. 868-869.
- [12] D. Demeter, J. Banský, "Virtual laboratory for the e-learning education in the electronics technologies", 35th International Spring Seminar on Electronics Technology, Bad Aussee, 2012, pp. 476-480.
- [13] R. Kleinert, N. Heiermann, R. Wahba, D. H. Chang, A. H. Hölscher, D. L. Stippel, "Design, realization, and first validation of an immersive web-based virtual patient simulator for training clinical decisions in surgery", in J Surg Educ, vol. 72, issue 6, 2015, pp 1131-1138.
- [14] A. Berns, J. M. Mota Macias, I. Ruiz-Rube, J. M. Dodero, „Exploring the potential of a 360° video application for foreign language learning“ 6th Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality, Salamanca, Spain, 2018.
- [15] A. Hebbel-Seeger, A. Kopischke, P. Riehm, M. Baranovskaa, „LectureCast als 360°-Video“ in: Teilhabe in der digitalen Bildungswelt, Waxmann Verlag, Münster, New York: Waxmann, Medien in der Wissenschaft, Band 75, 2019, pp. 118-127.
- [16] M. Slater, S. Wilbur, „A framework for immersive virtual environments (FIVE): Speculations on the role of presence in virtual environments“ in Presence: Teleoperators and Virtual Environments, vol. 6, issue 6, 1997, pp. 603-616.

- [17] W. Wirth, M. Hofer, „Präsenzerleben. Eine medienpsychologische Modellierung“ in *montage AV, Zeitschrift für Theorie und Geschichte audiovisueller Kommunikation*, Jg. 17 (2008), Nr. 2, pp. 159-175.
- [18] B. O. Rothbaum, L. F. Hodges, R. Kooper, D. Opydyke, J. S. Williford, M. North, „Virtual Reality graded exposure in the treatment of acrophobia“ in *Behavior Therapy* Jg. 26 (1995), pp. 547-554.
- [19] C. Peranetti, M. Pillon, D. Calaan, S. Tricarico, "It is unique, it is fragile, but it is open to all: Virtual 3d enhancement of the archaeological collections of the S. Mark Square, Venice", in *Digital Heritage International Congress (DigitalHeritage)*, Marseille, 2013, pp. 319-322.
- [20] J. Häkkinä, P. Hannula, E. Luiro, E. Launne, S. Mustonen, T. Westerlund, A. Colley, "Visiting a virtual graveyard: designing virtual reality cultural heritage experiences", in *Proceedings of the 18th International Conference on Mobile and Ubiquitous Multimedia (MUM '19)*, New York, NY, USA, 2019, Article 56, pp. 1-4.
- [21] S. Ahmed, R. Islam, S. S. Himalay, J. Uddin, "Preserving heritage sites using 3D modeling and virtual reality technology", in *Proceedings of the 3rd International Conference on Cryptography, Security and Privacy (ICCSP '19)*, New York, NY, USA, 2019, pp. 267-272.
- [22] A. Genty, "Virtual Reality for the construction industry, The CALLISTO-SARI project, benefits for BOUYGUES CONSTRUCTION", in *Proceedings of the Virtual Reality International Conference (VRIC '15)*, New York, NY, USA, 2015, Article 11, pp. 1-7.
- [23] A. Gaitatzes, D. Christopoulos, M. Roussou, "Reviving the past: cultural heritage meets virtual reality", in *Proceedings of the conference on Virtual reality, archeology, and cultural heritage (VAST '01)*, New York, NY, USA, 2001, pp. 103-110.
- [24] X. Hou, S. Dey, J. Zhang, M. Budagavi, „Predictive view generation to enable mobile 360-degree and VR experiences“ in *Proceedings of the 2018 Morning Workshop on Virtual Reality and Augmented Reality Network (VR/AR Network '18)*, ACM, New York, NY, USA, 2018, 20-26.