Universität Ulm
Medizinische Fakultät

Virtual Reality in der medizinischen Ausbildung: Hürden und Chancen für Early Adopter auf dem Weg zum didaktischen Mehrwert

Kumulative Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades der Humanbiologie
der Medizinischen Fakultät der Universität Ulm

vorgelegt von

Robert Speidel
geb. in München

2023

Amtierender Dekan: Prof. Dr. Thomas Wirth
Erstgutachter: PD Dr. med. Wolfgang Öchsner
Zweitgutachter: PD Dr. med. Stefan Tschöke
Tag der Promotion: 15. Dezember 2023

INHALTSVERZEICHNIS

Abkürzungsverzeichnis IV

Abbildungsverzeichnis V

1. Einleitung 1

1.1 Vom Potenzial zum Mehrwert 1

1.1.1 Das Versprechen von Virtual Reality 1
1.1.2 Das didaktische Potenzial von VR 2
1.1.3 Der didaktische Einsatz von VR durch Early Adopter 3
1.1.4 Hürden auf dem Weg zum didaktischen Mehrwert 5

1.2 Ziel der kumulativen Forschungsarbeit 8

2. Kumulative Forschungsarbeit 9

2.1 *Did video kill the XR star? Digitale Trends in der Medizinischen Lehre vor und nach dem Ausbruch von COVID-19 aus Sicht der Studierenden und Dozierenden der Medizinischen Fakultät Ulm* 9

2.1.1 Einleitung und Forschungsfragen 9
2.1.2 Material und Methode 10
2.1.3 Ergebnisse und Schlussfolgerung 10

2.2 *Skepsis gegenüber fortschreitender VR-Technologie – die studentische Akzeptanz von VR als Lehr- und Prüfungsmedium in der Medizin* 13

2.2.1 Einleitung und Forschungsfragen 13
2.2.2 Material und Methode 14
2.2.3 Ergebnisse und Schlussfolgerung 15

2.3 *Immersives Medium für die frühzeitige klinische Exposition – Wissenserwerb, räumliche Orientierung und die unerwartete Rolle der Annotation in 360°-VR-Fotos* . 17

2.3.1 Einleitung und Forschungsfragen 17
2.3.2 Material und Methode 18
2.3.3 Ergebnisse und Schlussfolgerung 19

2.4 *Virtual Reality gegen Zoom-Fatigue? Eine Feldstudie zur Lehr- und Lernerfahrung in interaktiven Video- und VR-Konferenzen* 21

2.4.1 Einleitung und Forschungsfragen 21
2.4.2 Material und Methode 22
2.4.3 Ergebnisse und Schlussfolgerung 23

3. Zusammenfassung und Ausblick 25

4. Abstract 27

5. Literaturverzeichnis 28

Anhang 39

Danksagung 124

Lebenslauf 125

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

ANOVA	Analysis of variance
ÄApprO	Approbationsordnung für Ärzte*
d	Effektstärke Cohens *d*
F	Teststatistik einer Varianzanalyse
HMD	Head-mounted display
KI	Konfidenzintervall
LSD	Least significant difference
M	Arithmetischer Mittelwert
MPS	Multimodal Presence Scale
N/*n*	Größe der Population/Stichprobe
NKLM	Nationaler Kompetenzbasierter Lernzielkatalog Medizin
OSCE	Objective structured clinical examination
p	Irrtumswahrscheinlichkeit
Q-Q-Plot	Quantil-Quantil-Diagramm
r	Korrelationskoeffizient
SD	Standardabweichung
SOT	Spatial Orientation Test
SPES	Spatial Presence Experience Scale
SSQ	Simulation Sickness Questionnaire
SoSe	Sommersemester
t	Teststatistik eines *t*-Tests
U	Teststatistik eines Mann-Whitney-*U*-Tests
VR	Virtual Reality
WiSe	Wintersemester
X^2	Teststatistik eines Chi-Quadrat- oder Friedman-Tests
Z	Teststatistik eines Mann-Whitney-*U*-Tests
η^2	Effektstärke Eta-Quadrat
ϕ	Effektstärke Phi

* Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird auf eine geschlechtsneutrale Differenzierung verzichtet. Entsprechende Begriffe gelten im Sinne der Gleichbehandlung grundsätzlich für beide Geschlechter. Die verkürzte Sprachform beinhaltet keine Wertung.

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Subjektive Bedeutung von Virtual Reality für die zukünftige Lehre 11
Abbildung 2: Screenshots aus der Videodemonstration des Funktionsgrads Haptik 14
Abbildung 3: Innen- und Außenansicht beim virtuellen Rundgang mit Textfeldern 18
Abbildung 4: Online-Seminar in einer VR-Konferenz 22

1. EINLEITUNG

1.1 Vom Potenzial zum Mehrwert

1.1.1 Das Versprechen von Virtual Reality

1965 prophezeite Ivan Sutherland die Entwicklung eines „ultimativen Displays“, mit dem man beliebige, computergenerierte Welten räumlich und multisensorisch erleben könne [1]. Den Nutzen eines solchen Displays sah Sutherland vor allem in der Didaktik. Das Display solle es ermöglichen, schwer begreifliche mathematische Phänomene wie das Verhalten von subatomaren Partikeln zu veranschaulichen und über natürliche Gesten erfahrbar zu machen. Sutherland ging sogar so weit, die Möglichkeit, abstrakte Konzepte auf intuitive Weise nachvollziehen zu können, als „das wesentliche Versprechen von Computer-Displays“ (S. 32, Z. 17 f.) zu bezeichnen [2]. Nur drei Jahre später entwickelte er selbst den ersten Prototyp als „Head-Mounted Display“ (HMD), das mit einem sogenannten Tracking-System erstmals die Kopfbewegungen des Nutzers erfasste, um 3D-Objekte perspektivisch korrekt darzustellen. Dieses HMD gilt als technische Geburtsstunde von Virtual Reality (VR) und wird im Deutschen auch als erste VR-Brille bezeichnet, obwohl es nicht den gängigen Definitionen der Technologie entspricht [3].

VR wird häufig anhand der psychologischen „Präsenz“ beschrieben, die sie bewirkt [4]. Präsenz bezeichnet den subjektiven Eindruck, Teil einer fiktiven Welt zu sein, und kann prinzipiell durch jedes Medium erzeugt werden [5]. Zum Beispiel kann ein fesselnder Roman dazu führen, dass sich der Leser in der Geschichte verliert und die Realität um sich herum vergisst. VR zeichnet sich dadurch aus, dieses Präsenzgefühl durch eine umfassende technische Immersion zu begünstigen und zu verstärken. In der Regel geschieht dies mit einer VR-Brille, die den Nutzer von der Realität abschottet und eine alternative, virtuelle Umgebung vermittelt. Sutherlands HMD war streng genommen keine VR-Brille, da es die Realität nicht virtuell ersetzte, sondern über ein transparentes Display virtuell ergänzte. Der Immersionsgrad einer VR-Brille ergibt sich neben technischen Komponenten (z.B. Stereodisplay und Bewegungstracker) und Parametern (z.B. Auflösung und Tracking-Genauigkeit) vor allem durch die Anzahl der Sinnesorgane, die statt den Reizen der Realität digitale Äquivalente registrieren [6]. Heutige VR-Brillen stimulieren die visuelle, die auditive und die haptische Wahrnehmung. Bei den meisten VR-Systemen begrenzt sich die Haptik allerdings noch auf die Wahrnehmung vibrierender Controller und des eigenen Körpers im Raum. Zwar gibt es bereits Datenhandschuhe mit Kraftrückkopplung und spezielle Eingabegeräte, die realen Werkzeugen nachempfunden sind, jedoch stellen diese unter anderem aufgrund hoher Kosten und einer geringen Software-Kompatibilität die Ausnahme dar [7].

Im medizinischen Kontext traf das Versprechen vom intuitiven Lernen in 3D bereits auf Forschungsinteresse, als die dafür notwendige Hardware noch in den Kinderschuhen

steckte. Schon in den neunziger Jahren wurde die Möglichkeit, die Laparoskopie und die minimalinvasive Chirurgie in VR zu trainieren, wissenschaftlich untersucht [4, 8]. Als Anwendungsgebiet für VR zogen diese Studien zunächst nur die Weiterbildung in Betracht, da die Technologie für einen breiteren Einsatz in der medizinischen Ausbildung zu teuer war. Die ersten marktreifen VR-Brillen, die Ende der achtziger Jahre vom VR-Pionier Jaron Lanier und seinem Unternehmen VPL Research vertrieben wurden, kosteten in den USA unter Berücksichtigung der Inflation etwa 120.000 US-Dollar [9]. Aufgrund der aus heutiger Sicht schwachen Rechenleistung der verbauten Prozessoren konnten diese technischen Vorläufer nur rudimentäre 3D-Grafiken mit geringer Bildrate darstellen, sodass die VR-Technologie vorerst kommerziell scheiterte.

Das änderte sich im Jahr 2014, als Facebook für zwei Milliarden US-Dollar das VR-Start-up Oculus kaufte und somit der IT-Branche signalisierte, dass VR mittlerweile profitabel sein könne. Die daraus resultierende neue Generation von VR-Brillen, die ab 2016 von Oculus und Konkurrent HTC vermarktet wurden, waren trotz enormen Leistungssprungs schon ab 700 € in Deutschland erhältlich. Durch die Preisreduktion und die damit einhergehende Verfügbarkeit der Technologie entstand der bisher größte Hype um VR. In der Medizin schnellte das durchschnittliche Wachstum von VR-bezogenen Publikationen zwischen 2014 und 2020 von vormals 20% auf 60% pro Jahr [8]. Dieser Trend scheint sich durch die rasante Digitalisierung in der COVID-19-Pandemie sogar noch weiter zu verstärken [10]. Ein Grund für das starke Interesse an VR ist dessen immenses didaktisches Potenzial, das Sutherland vor knapp sechzig Jahren prophezeite und nun aus technischer und finanzieller Sicht greifbar scheint.

1.1.2 Das didaktische Potenzial von VR

Das didaktische Potenzial von VR ergibt sich aus zwei Eigenschaften, die die Technologie gegenüber anderen Medien auszeichnet [11]. Die erste Eigenschaft ist das bereits genannte Gefühl von Präsenz. Fühlt sich ein Lerner in VR präsent, agiert und reagiert er ähnlich wie in einer realen Situation [12, 13]. Das bedeutet, dass ein Lerner, der mit einer VR-Brille die Rolle eines Stationsarztes einnimmt und auf einen reanimationspflichtigen, virtuellen Patienten trifft, in Abhängigkeit von seinem Ausbildungsstand Stress empfindet und motiviert ist, Maßnahmen der Herz-Lungen-Wiederbelebung einzuleiten [14]. Dieses authentische Erleben und Verhalten in VR sorgt dafür, dass die virtuellen Erlebnisse als facettenreiche, autobiographische Episoden im Hippocampus verarbeitet und ins kortikale Langzeitgedächtnis übertragen werden [15, 16]. Im Vergleich zu Informationen, die beispielweise als Text passiv und abstrahiert verarbeitet werden, führen aktiv erlebte Episoden zu besseren Lernerfolgen; insbesondere, wenn sie subjektiv bedeutsam und emotional gefärbt sind [17, 18].

Die zweite Eigenschaft, die VR didaktisch auszeichnet, ist die körperliche Interaktion mit dem Lerngegenstand [11]. Bei bereits etablierten Lernmedien wie Büchern und Lernvideos begrenzt sich die physische Handlung des Lerners auf Tätigkeiten wie das Umblättern von Seiten oder das Klicken mit einer Maus, die keinen Bezug zum Lerninhalt haben. Nach

dem Verständnis der „Embodied Cognition“ sollte die sensorische Wahrnehmung und die zweckgebundene, motorische Manipulation des Lerngegenstands jedoch Teil des Lernprozesses sein [19]. Im Falle des Lerners, der den Ablauf einer Herz-Lungen-Wiederbelebung verinnerlichen soll, bedeutet dies, dass er die notwendigen Maßnahmen möglichst selbst ausführen sollte, statt sie nur zu beobachten oder auf Mausklicks zu reduzieren. VR bietet ebendiese Möglichkeit, körperlich aktiv zu lernen. Mit einer VR-Brille könnte sich der Lerner auf den virtuellen Patienten zu bewegen, ihn via Spracherkennung ansprechen und ihn gestisch behandeln. Ohne spezielle Eingaberäte sind praktische Handlungen in VR allerdings noch immer zu einem gewissen Maß abstrahiert, da sie keine zur Realität kongruente haptische Wahrnehmung bieten. Zwar lässt sich die Reanimation in dem beschriebenen Lernszenario mit einer zusätzlichen Puppe realisieren, doch weitere Maßnahmen wie das Verrücken des Krankenbetts und das Anlegen einer Sauerstoffmaske bleiben beim jetzigen Stand der Technik schemenhaft. Im Vergleich zu passiven Lernformen wie dem Beobachten führt die lernzielrelevante, körperliche Aktivierung in VR nichtsdestotrotz zu nachweislich besseren Lernerfolgen [11, 20, 21].

Die zwei VR-charakteristischen Eigenschaften der Präsenz und der körperlichen Interaktion eröffnen zusammen die Möglichkeit, in VR erfahrungsbasiert zu lernen [11, 22]. Das Lernen durch Erfahrung wird als konstruktivistischer und zyklischer Prozess verstanden, in dem bestehendes Wissen in der Anwendung getestet, reflektiert und angepasst wird [23, 24]. Das erfahrungsbasierte Lernen ist somit kein Ersatz für passive Lernformen wie das Lesen oder Beobachten, sondern eine wichtige Ergänzung. Ein Medizinstudent, der sich in einer Vorlesung theoretisches Wissen über die Kommunikation mit Alzheimer-Patienten angeeignet hat, könnte dieses Wissen zum Beispiel in einem anschließenden Gespräch mit einem betroffenen, virtuellen Patienten praktisch testen. In einer solchen praktischen Anwendung wird Wissen im Langzeitgedächtnis verankert, vernetzt und mit ausführbaren Fertigkeiten verknüpft, sodass es langfristig zur Lösung variabler und komplexer Probleme genutzt werden kann [25].

1.1.3 Der didaktische Einsatz von VR durch Early Adopter

Die Problemlösefähigkeit steht im Zentrum von Weinerts Kompetenzdefinition und muss bereits in der Ausbildung geschult werden, um die Medizinstudierenden adäquat auf die Patientenversorgung vorzubereiten [26]. Das dabei zu erreichende Kompetenzniveau wird nach Fachbereich differenziert im Nationalen Kompetenzbasierten Lernzielkatalog Medizin (NKLM) beschrieben [27]. Der NKLM soll die verbindliche Grundlage für die nächste Fassung der Ärztlichen Approbationsordnung in Deutschland werden und sieht vor, den klassischen Verlauf vom vorklinischen zum klinischen Studienabschnitt aufzulösen. Zukünftig soll die klinisch-praktische Exposition und Ausbildung bereits mit dem Studienbeginn ansetzen und sukzessive zunehmen.

Die praktische Ausbildung am Patienten ist dafür aus organisatorischen, aus didaktischen und vor allem aus ethischen Gründen ungenügend. Beispielsweise räumt jeder vierte Medizinstudierende ein, bereits einen Fehler in der Praxis begangen zu haben, der

potenziell die Gesundheit eines Patienten gefährdete [28]. Um die Patientensicherheit zu gewährleisten, müssen Studierende im Betrieb intensiv betreut werden. Selbst wenn das Personal dafür zur Verfügung steht, sind reale Fälle nicht plan- und wiederholbar, sodass lehrreiche Situationen rar und ungleich verteilt sind [29, 30]. In der medizinischen Ausbildung werden deshalb Simulationen eingesetzt, deren Inhalt und Komplexität gesteuert werden kann. Eine Simulation ist eine Lerngelegenheit, in der Studierende den Handlungsverlauf von möglichst authentischen Szenarien beeinflussen können und die Raum für Wiederholung, Feedback und Reflexion bietet [31].

Erwartungsgemäß kommt ein Student dem Lernziel einer Simulation näher, je häufiger er sie absolviert [32]. Bei etablierten Simulationsformaten wie Rollenspiele mit Schauspielpersonen oder Simulationspuppen ist die Anzahl der möglichen Wiederholungen jedoch stark begrenzt, da sie räumlich, zeitlich und personell gebunden sind [30, 32, 33]. Hinzu kommen beträchtliche Kosten für die Anschaffung, für die Wartung und für das benötigte Personal [34, 35]. VR-Simulationen scheinen hier ein passender Lösungsansatz. Sie sind günstiger, portabler und können von Studierenden selbstständig genutzt werden, sofern das eingesetzte System automatische Hilfestellungen und adaptives Feedback bietet [36, 37]. Die in VR simulierten Szenarien sind zudem visuell und auditiv detailreicher. Im Vergleich zu Simulationspuppen können virtuelle Patienten mit authentischer Mimik und Gestik über visuell sichtbare Beschwerden klagen. Auch der Kontext einer Situation, wie zum Beispiel ein Patientenzimmer mit besorgten Angehörigen, kann in VR leichter und umfassender dargestellt werden. Der Einsatz von authentischen VR-Simulationen kann folglich auch zur klinischen Exposition im Studium beitragen, wodurch sich Studierende besser auf den klinischen Alltag vorbereitet fühlen [38].

Die didaktischen Einsatzmöglichkeiten von VR beschränken sich nicht nur auf die simulationsbasierte Lehre. Ein weiteres Anwendungsbeispiel sind VR-Konferenzen, in denen Lehrveranstaltungen wie Seminare und Vorlesungen online abgehalten werden können. Im Gegensatz zu Videokonferenzen sind die Teilnehmer in VR-Konferenzen durchweg als Avatare im 3D-Raum repräsentiert, sodass sie aufeinander zugehen und miteinander interagieren können. Über eine VR-Brille wird die reale Gestik und – je nach Ausstattung – auch die reale Mimik in den virtuellen Raum projiziert, sodass die Kommunikation einer realen Unterhaltung ähnelt. Die Möglichkeit, trotz sozialer Distanz mit natürlichen Bewegungen und sichtbaren Gesprächspartnern zu lehren, hat vor allem während der Coronapandemie Aufmerksamkeit erregt [39]. Aufgrund der Quarantänemaßnahmen wurde die Präsenzlehre in der medizinischen Ausbildung zeitweise ausgesetzt und zum Teil mit Videokonferenzen kompensiert [40]. Dozierende und Studierende berichteten von einem Mangel an Interaktion, Motivation und Zufriedenheit in den Videokonferenzen, dem einzelne Dozierende mit VR-Konferenzen entgegnen wollten [41–43].

Trotz vielversprechender Einsatzmöglichkeiten in der medizinischen Ausbildung befindet sich VR in Deutschland noch in der Pilotphase. Die Lehrforschung bietet noch zu wenig Evidenz, wie das Medium effektiv und effizient in Curricula implementiert werden kann

[44, 45]. Die Dozierenden, die VR explorativ in der Lehrpraxis testen und somit dessen curriculare Implementierung vorantreiben, gelten entsprechend als „Early Adopter“ [46–50]. An der Medizinischen Fakultät der Universität Ulm steht Early Adoptern seit 2018 ein eigenes VR-Lab für die Lehre und Forschung zur Verfügung. Die Lehrprojekte, die bisher im Ulmer VR-Lab durchgeführt und wissenschaftlich begleitet wurden, offenbarten unweigerlich praktische Hürden beim Einsatz von VR. Zu diesen Hürden zählten die mäßige Akzeptanz der Technologie und die eingeschränkte Verfügbarkeit der Hard- und Software.

1.1.4 Hürden auf dem Weg zum didaktischen Mehrwert

1.1.4.1 Akzeptanz von VR

Gesellschaftlich wird VR oft als befremdlich anmutendes Spielzeug wahrgenommen, mit dem sich vor allem junge Menschen von der Realität abschotten, um Computerspiele zu spielen und sich in unregulierten 3D-Chatrooms zu treffen [51–53]. Dieser Stereotyp scheint zum Teil auf der medialen Darstellung von VR zu beruhen. Ein Beispiel ist der kommerziell erfolgreiche Science-Fiction-Roman „Ready Player One“ und dessen gleichnamige Verfilmung aus dem Jahr 2018. In dem dystopischen Werk von Ernest Cline flüchten die jugendlichen Protagonisten aus ihrer von Krisen zerrütteten Welt in eine alternative, virtuelle Realität, in der sich alles um den Konsum von popkulturellen Inhalten wie Videospiele und Kinofilme dreht [54]. Die medial geprägte Vorstellung von VR als eskapistische Spielerei ist angesichts aktueller Marktanalysen nicht unberechtigt. 50% des weltweiten Umsatzes mit VR-Hard- und Software geht auf private Endverbraucher zurück [55]. Mit einem Umsatz von 6,3 Milliarden US-Dollar im Jahr 2020 hat die Gaming-Branche daran den größten Anteil [56, 57]. Eine in Deutschland durchgeführte Umfrage über alle Altersstufen hinweg zeigte außerdem, dass die noch immer kleine Nutzergruppe von VR vorwiegend aus Männern im jungen bis mittleren Alter besteht [56]. Die Hälfte aller Befragten gab an, nur ein geringes Interesse an VR zu haben.

Das Verständnis von VR als Nischenprodukt der Unterhaltungsindustrie überschattet dessen produktive Einsatzgebiete wie etwa die Bildung. Der didaktische Einsatz von VR soll bis 2030 knapp 300 Milliarden US-Dollar zur globalen Wirtschaftsleistung beitragen [58]. Ob diese Prognose zutrifft, hängt davon ab, ob die Technologie von den intendierten Nutzern angenommen und eingesetzt wird [46]. Nach dem Technologieakzeptanzmodell von Davis setzt der Einsatz einer Technologie eine als „Akzeptanz“ bezeichnete Verhaltensabsicht der Nutzer voraus [59, 60]. Die Akzeptanz wird von der individuellen Einstellung zur Technologie bedingt, die wiederum von der wahrgenommenen Nützlichkeit und der wahrgenommenen Benutzerfreundlichkeit abhängt. Der Umstand, dass VR oft auf dessen Unterhaltungswert reduziert wird und mit einer neuartigen Bedienung einhergeht, nährt deshalb die Vermutung, dass die Technologie auf eine mäßige Akzeptanz bei Fakultätsmitgliedern und Dozierenden der Medizin trifft, die letztlich über dessen Einsatz entscheiden [61].

Nach seiner Veröffentlichung wurde das Technologieakzeptanzmodell in diversen Anwendungsbereichen validiert und mit sekundären Variablen erweitert [62]. Speziell für VR wurden zum Beispiel technisch induzierte körperliche Beschwerden sowie das erlebte Vergnügen als zusätzliche Einflussfaktoren identifiziert [62–64]. Von anderen Technologien ausgehend könnten sich auch das Alter und die digitale Kompetenz der Nutzer auf dessen Akzeptanz auswirken [65–67]. Damit das didaktische Potenzial von VR realisiert werden kann, statt an Vorbehalten zu scheitern, müssen diese Determinanten der Akzeptanz nachvollzogen und adressiert werden.

1.1.4.2 Verfügbarkeit von Hard- und Software

Seit der Vermarktung der neuen VR-Brillen-Generation im Jahr 2016 ist die Einstiegshürde für private Endverbraucher weiter gesunken. Mit Modellen wie der HTC Vive Focus und der Oculus Quest erschienen in den Folgejahren die ersten „Standalone-VR-Brillen“, die die anspruchsvolle Echtzeitberechnung eigenständig mit integrierten Prozessoren leisten können. Dadurch ist für Software mit moderaten Grafikanforderungen kein zusätzlicher PC mehr nötig, der zuvor einen beträchtlichen Kostenpunkt ausmachte und die technische Einrichtung erschwerte. Nichtsdestotrotz hat die VR-Technologie bisher kaum Einzug in private Haushalte gehalten. In Deutschland besitzen bisher nur 2% aller Bürger eine VR-Brille [56]. Technisch primitive VR-Brillen, die Smartphones als Displays verwenden und nicht im Fokus dieser Arbeit stehen, sind von der Statistik ausgenommen.

In der Lehre kann der private Besitz einer VR-Brille somit nicht vorausgesetzt werden. Um VR curricular zu etablieren, muss die Hardware von den Hochschulen bereitgestellt werden. Dies kann entweder in Form von Leihgeräten oder einem technisch ausgestatteten Lernraum geschehen. Wenn für die intendierte Software ein zusätzlicher PC oder sogar spezifische Ein- oder Ausgabegeräte benötigt werden, ist ein Lernraum mit VR-Technik unabdingbar. Ein solches „VR-Lab“ hat allerdings den schwerwiegenden Nachteil der örtlichen und zeitlichen Begrenzung. Studierende müssen sich den Raum mit ihren Kommilitonen teilen, wodurch sich die potenzielle Lernzeit drastisch reduziert. Die Alternative ist die Ausleihe von Standalone-VR-Brillen mitsamt vorinstallierter Software, die die Studierenden innerhalb einer Leihfrist selbstbestimmt zu Hause nutzen können. Allerdings kann es auch hier zu Einschränkungen kommen, wenn die eingesetzte Software eine hohe Internetgeschwindigkeit voraussetzt und dadurch möglicherweise private Netzwerke überfordert [68]. Beide Varianten gehen neben den Anschaffungs- und Betriebskosten mit einem kontinuierlichen Personalaufwand für die Wartung und Administration der Geräte einher. Dieser finanzielle Aufwand dürfte einer der Gründe sein, warum im Jahr 2020 nur 4% der Studierenden in Deutschland an ihren Hochschulen Zugriff auf VR-Brillen hatten [69].

Eine weitere technische Hürde ist die curriculare Passung der Software. Nur ein Drittel der Lehrforschung, die in den Jahren 2020 und 2021 zum vorklinischen Einsatz von VR veröffentlicht wurde, befasste sich mit frei erhältlicher Software [70]. Dies legt nahe, dass

die Qualität oder die Passung der kommerziell verfügbaren Produkte als unzureichend für den curricularen Einsatz eingestuft werden. Unter Early Adoptern scheint die Bereitschaft, eigene Software zu entwickeln oder zu beauftragen, entsprechend hoch. Dieses Vorgehen erfordert allerdings erhebliche finanzielle und personelle Ressourcen. Schätzungsweise müssen Softwareentwickler, Didaktiker und medizinische Fachexperten mindestens ein Jahr kontinuierlich zusammenarbeiten, um eine didaktisch wertvolle Software zu produzieren [71]. Selbst wenn die Finanzierung gesichert ist, kann ein solches VR-Projekt an diversen Hindernissen im Entwicklungsprozess scheitern. Zu den bekannten Problemquellen zählen etwa interprofessionelle Missverständnisse und fehlende Designstandards für VR [46, 72]. Nach Fertigstellung muss das finale Produkt außerdem regelmäßig technisch aktualisiert werden, damit es mit der rasch voranschreitenden VR-Hardware kompatibel bleibt. Besonders in Entwicklungsprojekten mit zeitlich begrenzter Förderung kann dies den nachhaltigen Einsatz gefährden. Die genannten Schwierigkeiten, eine curricular passende Software zu finden oder zu entwickeln, und die aufwendige Bereitstellung der Hardware sind Hürden, die den bisher geringen didaktischen Einsatz von VR erklären [68, 73]. In einer studiengangsübergreifenden Umfrage des „Hochschulforums Digitalisierung“ gaben im Jahr 2022 nur knapp 2% der befragten Studierenden und Dozierenden in Deutschland an, VR für Lern- oder Lehrzwecke zu nutzen [74].

1.2 Ziel der kumulativen Forschungsarbeit

Seit der Vermarktung der ersten erschwinglichen VR-Brillen im Jahr 2016 scheint das von Sutherland formulierte Versprechen vom intuitiven Lernen in 3D aus technischer und finanzieller Sicht realisierbar. Die Dozierenden, die VR in den folgenden Jahren explorativ in der medizinischen Ausbildung testeten, stießen beim didaktischen Einsatz der Technologie allerdings auf Hürden. Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, zwei dieser Hürden zu untersuchen und daraus Chancen für den didaktisch wertvollen Einsatz von VR abzuleiten. Die übergreifende Forschungsfrage lautet:

> *Wie können die mäßige Akzeptanz und die mangelnde Verfügbarkeit von Hard- und Software überwunden werden, um das didaktische Potenzial von VR in der medizinischen Ausbildung zu erschließen*?

Um dieser Frage nachzugehen, wurden vier Studien durchgeführt und publiziert, die sich nach der jeweils adressierten Hürde differenzieren lassen [75–78].

Hürde „Akzeptanz von VR“:

- Speidel R, Schneider A, Körner J, Grab-Kroll C, Öchsner W. Did video kill the XR star? Digitale Trends in der Medizinischen Lehre vor und nach dem Ausbruch von COVID-19 aus Sicht der Studierenden und Dozierenden der Medizinischen Fakultät Ulm. GMS J Med Educ. 2021;38(6):Doc101.

- Walter S, Speidel R, Hann A, Leitner J, Jerg-Bretzke L, Kropp P, Garbe J, Ebner F. Skepsis gegenüber fortschreitender VR-Technologie – die studentische Akzeptanz von VR als Lehr- und Prüfungsmedium in der Medizin. GMS J Med Educ. 2021;38(6):Doc100.

Hürde „Verfügbarkeit von Hard- und Software“:

- Speidel R, Schneider A, Walter S, Grab-Kroll C, Oechsner W. Immersives Medium für die frühzeitige klinische Exposition – Wissenserwerb, räumliche Orientierung und die unerwartete Rolle der Annotation in 360°-VR-Fotos. GMS J Med Educ. 2023;40(1):Doc8.

- Speidel R, Felder E, Schneider A, Öchsner W. Virtual Reality gegen Zoom-Fatigue? Eine Feldstudie zur Lehr- und Lernerfahrung in interaktiven Video- und VR-Konferenzen. GMS J Med Educ. 2023;40(2):Doc19

2. Kumulative Forschungsarbeit

2.1 *Did video kill the XR star? Digitale Trends in der Medizinischen Lehre vor und nach dem Ausbruch von COVID-19 aus Sicht der Studierenden und Dozierenden der Medizinischen Fakultät Ulm*

2.1.1 Einleitung und Forschungsfragen

Am 11. März 2020 erklärte die Weltgesundheitsorganisation den Ausbruch der Infektionskrankheit COVID-19 zur Pandemie [79]. Daraufhin wurde die Präsenzlehre an Hochschulen weitgehend ausgesetzt, um die Ausbreitung des Virus einzudämmen [80]. Infolgedessen mussten Dozierende ihre Lehre innerhalb weniger Wochen in Online-Formate und digitale Lernmaterialien überführen. Diese ad-hoc Digitalisierung stellte einen Wendepunkt in der medizinischen Ausbildung dar, in der der digitalen Lehre im Allgemeinen und VR im Speziellen noch eine relative geringe Bedeutung zugemessen wurde [81–83]. Allerdings sagte der Horizon Report nur wenige Tage vor den Quarantänemaßnahmen voraus, dass auf den vorherrschenden Hype um VR ein zunehmender Einsatz in der Lehre folgen würde [84, 85].

Diese Vorhersage setzte voraus, dass die Akzeptanz von VR unter Dozierenden steigen würde. Tatsächlich schien die Coronapandemie eine Meinungsänderung gegenüber digitalen Innovationen zu begünstigen, da sich selbst technikaverse Dozierende mit digitalen Medien und deren didaktischen Anwendung auseinandersetzen mussten. Zu diesem Zeitpunkt wurde angenommen, dass Dozierende in der Medizin beträchtliche Wissenslücken und Unsicherheiten im Umgang mit digitalen Medien aufweisen würden [86, 87]. Deren notgedrungener Einsatz war eine Chance, Vorbehalte abzubauen und digitale Kompetenz aufzubauen, was mit einer steigenden Akzeptanz für technische Neuerungen wie VR einhergehen sollte [65, 66, 88]. Eine ähnliche Entwicklung wurde auch seitens der Studierenden erwartet, die in ihrem digitalen Studienalltag vor allem den Mangel an praktischen Übungen monierten, der sich mit VR-Simulationen teilweise kompensieren ließe [89, 90].

Um festzustellen, wie sich die COVID-19-Pandemie auf die digitale Lehre auswirkte, wurde die damals erste Vergleichsstudie zwischen der medizinischen Ausbildung vor und während der ad-hoc Digitalisierung durchgeführt. Dabei wurden drei Fragestellungen aus Sicht der Studierenden und Dozierenden untersucht, die Rückschlüsse darauf bieten, wie die Hürde der mangelnden Akzeptanz von VR überwunden werden kann:

i. Wie hat sich der Einsatz einzelner digitaler Lehrelemente verändert?
ii. Wie hat sich die Einstellung und Befähigung zum digitalen Lehren und Lernen verändert?
iii. Wie hat sich die Bedeutung einzelner digitaler Lehrelemente für die Zukunft verändert?

2.1.2 Material und Methode

In den Sommersemestern 2019 (SoSe19) und 2020 (SoSe20) erhielten alle Studierenden und Dozierenden der Studiengänge Human- und Zahnmedizin der Medizinischen Fakultät Ulm jeweils zwei Einladungen per E-Mail, freiwillig an Online-Umfragen teilzunehmen (s. Tabelle 1 in [75]). Die Umfrage im SoSe20 enthielt die gleichen, selbst erstellten Fragen wie im Vorjahr, ergänzt um spezifische Items zur Auswirkung der pandemisch bedingten Digitalisierung (s. S. 2, Z. 101 ff. in [75]). Die Teilnehmenden konnten die Fragen entweder mit "*Ja*" oder "*Nein*" beantworten, prozentuale Angaben machen oder sich auf fünfstufigen Likert-Skalen verorten (z.B. „*trifft nicht zu*“ bis „*trifft zu*“). Da die Umfragen anonym durchgeführt wurden, war eine individuelle Zuordnung der Antworten zwischen den Messzeitpunkten ausgeschlossen. Die normalverteilten Daten wurden deskriptiv im Längs- (SoSe19 vs. SoSe20) und Querschnitt (Dozierende vs. Studierende) mit arithmetischen Mittelwerten (*M*) und Standardabweichungen (*SD*) ausgewertet sowie inferenzstatistisch mittels Chi-Quadrat- und zweiseitigen *t*-Tests analysiert. Für die statistischen Tests wurden der Phi-Koeffizient (ϕ) und Cohens *d* als Maße für die Effektstärken berechnet. Darüber hinaus wurden die Ergebnisse des SoSe20 anhand linearer Regressionsanalysen auf Einflüsse der Variablen Alter, Semester und Medienaffinität kontrolliert. Ein Signifikanzniveau von $p<.05$ wurde als signifikant betrachtet.

2.1.3 Ergebnisse und Schlussfolgerung

i. Wie hat sich der Einsatz einzelner digitaler Lehrelemente verändert?

Durch den Ausfall der Präsenzlehre hat sich der Anteil der digitalen Lehre erhöht. Im Semestervergleich zeigte sich die Zunahme vor allem beim Einsatz von Vorlesungsaufzeichnungen ($X^2(1)=21.18$, $p<.001$, $\phi=.42$) und in der Kommunikation über Foren und Videokonferenzen ($X^2(1)=17.87$, $p<.001$, $\phi=.40$). Die Studierenden bevorzugten asynchrone Lehrangebote (s. Abbildung 2 in [75]), die sie teils mit externen Lernmaterialien von Anbietern wie Amboss ergänzten.

ii. Wie hat sich die Einstellung und Befähigung zum digitalen Lehren und Lernen verändert?

Im SoSe20 gab mehr als die Hälfte der Dozierenden an, medientechnisches Know-how gewonnen zu haben (77%) und die digitale Lehre mehr zu schätzen als zuvor (53%). Die Wertschätzung nahm vor allem unter jüngeren Dozierenden zu. Medienaffinen Dozierenden fiel die digitale Lehrgestaltung leichter als ihren Kollegen (s. Tabelle 2 in [75]). Mit Blick auf die Zeit nach der Pandemie nahmen sich 58% der Dozierenden vor, auch weiterhin digitaler zu unterrichten als im vorpandemischen SoSe19. Die digitale Lehre schien den Dozierenden und den Studierenden besonders für die Vermittlung von theoretischem Wissen geeignet. Praktische Fertigkeiten könnten dagegen digital kaum erlernt werden (s. Abbildung 4 in [75]).

iii. Wie hat sich die Bedeutung einzelner digitaler Lehrelemente für die Zukunft verändert?

Für die zukünftige Lehre erachteten die meisten Dozierenden und Studierenden die synergetische Verbindung zwischen digitaler und Präsenzlehre („Blended Learning“) für sehr wichtig. Diese Einschätzung änderte sich durch die ad-hoc Digitalisierung kaum (s. Abbildung 5 in [75]). Die subjektive Bedeutung der VR-Technologie, die im Befragungszeitraum noch nicht in den Curricula der Medizinischen Fakultät Ulm implementiert war, fiel initial mäßig aus und nahm durch die Pandemie deskriptiv ab (s. Abbildung 1).

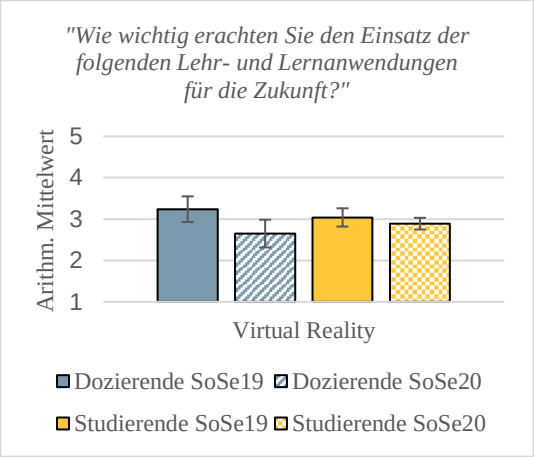


Abbildung 1: Subjektive Bedeutung von Virtual Reality. Modifiziert aus [75] unter CC BY 4.0, https://creativecommons.org/licenses/by/4.0. Antwortskala von 1 („*unwichtig*“) bis 5 („*wichtig*“). 95%-KI Fehlerbalken.

Schlussfolgerung

Die Dozierenden setzten in der abrupten Digitalisierung vor allem auf Vorlesungsaufzeichnungen und Online-Seminare, die es ihnen ermöglichten, ihre bestehenden Lehrkonzepte weitgehend unverändert und somit schnell in die Distanzlehre zu übertragen. Auch wenn sie die Möglichkeiten der digitalen Lehre so nicht ausschöpften, lernten sie diese in der Anwendung zu schätzen und gewannen an digitaler Kompetenz, was mit einer höheren Akzeptanz für VR einhergehen sollte [65, 66, 88]. Diese Annahme bestätigte sich im ersten Semester der Coronapandemie jedoch nicht. Die subjektive Bedeutung von VR für die zukünftige Lehre nahm ab, obwohl VR die Defizite der Distanzlehre teils kompensieren könnte. Zum Beispiel ermöglichen es standortunabhängige VR-Simulationen, praktische und soziale Fertigkeiten trotz räumlicher Distanz zu schulen [90]. Dieses Potenzial wurde in den Umfragen nicht erkannt.

Dieses unerwartete Ergebnis lässt sich auf zwei Umstände zurückführen. Erstens hatten die meisten Dozierenden und Studierenden wahrscheinlich wenig oder keine Erfahrung mit dem didaktischen Einsatz von VR. Zu den Erhebungszeitpunkten wurde VR an der Medizinischen Fakultät Ulm nur in einzelnen, außercurricularen Pilotprojekten eingesetzt. Ohne die Nützlichkeit der Technologie selbst zu erleben, konnten sie dessen zukünftige Bedeutung womöglich nicht adäquat einschätzen [59]. Zweitens musste die Umstellung von Präsenz- auf Distanzlehre innerhalb weniger Wochen erfolgen. Die Aufrechterhaltung des Lehrbetriebs dürfte somit sowohl bei den Dozierenden als auch den Studierenden Priorität gehabt haben. Da der Einsatz von VR aufgrund praktischer Hürden Vorlauf benötigt, konnte die Technologie nicht unmittelbar zur Problemlösung beitragen, was dessen subjektive Bedeutung vermutlich schmälerte. Nichtsdestotrotz wurde aus den Umfragen geschlussfolgert, dass die Coronapandemie langfristig dazu beitragen würde, den Einsatz und die Akzeptanz von VR zu steigern, da die Motivation und die Befähigung

für das digitale Lehren anstieg und zukünftig wieder mehr Zeit für die innovative Gestaltung der Lehre zur Verfügung stehen würde.

Obwohl diese Schlussfolgerung nur auf Daten beruhte, die mit einer moderaten Rücklaufquote ausschließlich an der Medizinischen Fakultät Ulm erhoben wurden, erwies sie sich als richtig. In Ulm und darüber hinaus wurde VR in den folgenden Semestern zunehmend in der medizinischen Lehre eingesetzt, um trotz der Quarantänemaßnahmen erfahrungsbasiertes Lernen zu ermöglichen [37, 91–93]. Zu den Einsatzszenarien zählten zum Beispiel die VR-Simulation der Diagnose und Behandlung von COVID-19 [94, 95]. International wurde auch von einer gestiegenen Akzeptanz von VR unter Dozierenden und Studierenden berichtet [73, 96, 97]. Diese verzögerte Entwicklung bekräftigt die Schlussfolgerung, dass die ad-hoc Digitalisierung den Weg für eine steigende Akzeptanz von VR ebnete. Dozierende und Studierende benötigen jedoch ausreichend Zeit und Gelegenheit, das didaktische Potenzial von VR zu erfahren, woran es zu Beginn der Pandemie mangelte. In Zukunft werden vor allem die Studierenden bereits im privaten Umfeld mit VR in Berührung kommen [55, 57]. Angesichts dessen, dass VR auch in der Patientenversorgung Anwendung findet (z.B. Schmerz- und Psychotherapie) und mit gesundheitlichen Risiken in Verbindung steht (z.B. Depersonalisation und Derealisation), sollte die Technologie jedoch auch − wie vom NKLM gefordert − im Studium thematisiert werden [27, 98–100]. Für eine breite Akzeptanz und Anwendung von VR unter Dozierenden empfehlen sich hingegen Unterstützungsangebote wie Fortbildungen zu digitalen Lehrmöglichkeiten sowie Förderausschreibungen für innovative Lehrprojekte.

2.2 *Skepsis gegenüber fortschreitender VR-Technologie – die studentische Akzeptanz von VR als Lehr- und Prüfungsmedium in der Medizin*

2.2.1 Einleitung und Forschungsfragen

Die Akzeptanz von VR kann dessen Wirksamkeit als Lehr- und Lernmedium bedingen [62]. So kann sich ein Student, der VR als Spielerei abtut oder gar ablehnt, möglicherweise nicht ausreichend auf eine VR-Simulation einlassen, um daraus einen didaktischen Mehrwert zu ziehen [101]. Vorbehalte gegenüber VR scheinen unter Studierenden an deutschen Hochschulen weit verbreitet, da sie der Technologie nur eine geringe bis moderate Bedeutung für sowohl die gegenwärtige als auch die zukünftige Lehre zusprechen [69, 75]. Vor allem die prospektive Einschätzung der Studierenden ist erstaunlich, da das didaktische Potenzial von VR mit dem technischen Fortschritt noch weiter zunehmen müsste. Zum Beispiel wird die bisher vorwiegend audiovisuelle Stimulation in VR voraussichtlich vermehrt mit haptischem Feedback ergänzt [102–104]. Wenn virtuelle Objekte taktil spürbar sind, können nicht mehr nur kognitive (z.B. schematischer Ablauf einer Notfallbehandlung) sondern auch sensomotorische Fertigkeiten geschult werden (z.B. der Wundverschluss). Der rasante Fortschritt im Bereich der künstlichen Intelligenz sollte zudem adaptives Feedback und natürliche Gespräche mit virtuellen Patienten ermöglichen [105–108]. Letzteres würde es erlauben, auch soziale Fertigkeiten alleine in VR zu trainieren (z.B. Gesprächsführung mit Patienten).

Die genannten Beispiele sind technisch noch nicht ausgereift, jedoch skizzieren sie eine Vision der medizinischen Lehre, in der Studierende multisensorische Lernerfahrungen an authentischen, virtuellen Patienten machen. Diese Vision ist didaktisch nur erstrebenswert, wenn sie von Studierenden geteilt und angenommen wird. Um diese Hürde zu überwinden, müssen die Determinanten der Akzeptanz identifiziert und in der weiteren Entwicklung berücksichtigt werden. Mit diesem Ziel wurde die studentische Akzeptanz von VR in der Lehre und in der OSCE-Prüfung (objective structured clinical examination) anhand von vier Fragen differenziert untersucht:

i. Unterscheidet sich die Akzeptanz von VR zwischen den Einsatzszenarien Lehre und OSCE-Prüfung?
ii. Unterscheidet sich die Akzeptanz von VR zwischen unterschiedlichen, teils visionären Funktionsgraden?
iii. Unterscheidet sich die Akzeptanz von VR zwischen den Geschlechtern?
iv. Bestehen Zusammenhänge zwischen der Akzeptanz von VR und dem Fachsemester, dem Alter, der Computeraffinität und der VR-Vorerfahrung?

2.2.2 Material und Methode

Vom 2. Januar bis zum 31. Juli 2020 wurden Medizinstudierende aus dem deutschsprachigen Raum gebeten, freiwillig und anonym an einer zehn bis 15-minütigen Online-Umfrage teilzunehmen. 318 Studierende haben an der Studie teilgenommen. Etwa ein Drittel der Stichprobe waren Studierende der Universität Ulm, die mit einer Rücklaufquote von insgesamt 7.7% zweimal per E-Mail zur Teilnahme eingeladen wurden. An den restlichen Universitäten wurde die Umfrage über Campus-Webseiten und soziale Medien beworben.

In der Online-Umfrage wurden die Studierenden aufgefordert, zehn Videos anzusehen, die zur Dokumentation auf YouTube bereitgestellt wurden (s. Tabelle 2 in [76]). Die Videos veranschaulichen fünf Funktionsgrade der VR-Technologie aus der Anwenderperspektive (s. Abbildung 2) in zwei verschiedenen Einsatzszenarien (Lehre und OSCE-Prüfung). Die dargestellten Funktionsgrade steigern sich in beiden Szenarien kontinuierlich und additiv von marktreifen (visuelle und audiovisuelle Stimulation) bis hin zu visionären Funktionen (Haptik, mündliche Kommunikation und adaptives Feedback/autonome Prüfung). Als Anwendungsbeispiel für VR wurde die Geburtshilfe gewählt, da das praktische Lernen und Prüfen im realen Kreißsaal oft nicht oder nur eingeschränkt möglich ist.



Abbildung 2. Screenshots aus der Videodemonstration des Funktionsgrads Haptik.
Referenziert aus [76]. Ausschnitte aus dem Lehr- (links) und OSCE-Prüfungsszenarios (rechts).

Nach jedem Video wurden die Studierenden aufgefordert, den dargestellten Einsatz von VR anhand von Akzeptanzindikatoren (z.B. vermutete Lernkurve und Innovationskraft) zu bewerten. Dazu verorteten sie Items auf 6-stufigen-Skalen des Likert-Typs („*trifft nicht zu*“ bis „*trifft maximal zu*“). Da die Items untereinander stark korrelierten, wurden die einzelnen Indikatoren zusätzlich aggregiert und gemittelt, um für jedes Video einen Gesamtakzeptanzwert zu erhalten.

Um die nicht normalverteilten Akzeptanzindikatoren einzeln und aggregiert zwischen den (*i*) Einsatzszenarien und zwischen den (*ii*) Funktionsgraden zu vergleichen, wurden Wilcoxon-Rang-Tests sowie Friedman-Tests mit anschließenden Dunn-Bonferroni Post-hoc-Tests durchgeführt. Mann-Whitney-*U*-Tests wurden verwendet, um Mittelwertsvergleiche zwischen den (*iii*) Geschlechtern anzustellen. Als Effektstärkemaß wurde hierfür Cohens *d* herangezogen. Abschließend wurden mittels von Spearman-Korrelationen die (*iv*) Zusammenhänge zwischen der aggregierten Akzeptanz und den

Variablen Fachsemester, Alter, Computeraffinität und VR-Vorerfahrung analysiert. Ein Signifikanzniveau von $p<.05$ wurde als signifikant betrachtet.

2.2.3 Ergebnisse und Schlussfolgerung

i. Unterscheidet sich die Akzeptanz von VR zwischen den Einsatzszenarien Lehre und OSCE-Prüfung?

Der Einsatz von VR wurde über alle Funktionsgrade hinweg signifikant mehr in der Lehre als in der OSCE-Prüfung akzeptiert (s. Tabelle 4 in [76]).

ii. Unterscheidet sich die Akzeptanz von VR zwischen unterschiedlichen, teils visionären Funktionsgraden?

Die aggregierte Akzeptanz von VR unterschied sich in der Lehre ($X^2(4)=97.41$, $p<.001$, $n=318$) und in der OSCE-Prüfung ($X^2(4)=138.07$, $p<.001$, $n=318$) signifikant zwischen den Funktionsgraden. Der audiovisuelle Funktionsgrad wurde am ehesten akzeptiert; die autonome Prüfung am wenigsten (s. Tabelle 5 in [76]). Diese Präferenz zeigt sich sowohl bei den aggregierten als auch bei den einzelnen Akzeptanzindikatoren (s. Abbildung 2 und Anhang in [76]).

iii. Unterscheidet sich die Akzeptanz von VR zwischen den Geschlechtern?

Die aggregierte Akzeptanz fiel bei den männlichen Studierenden in allen Funktionsgraden und Einsatzszenarien deskriptiv höher aus als bei den weiblichen Studierenden. Im Bezug zur OSCE-Prüfung wurde dieser Geschlechtsunterschied bei der audiovisuellen Stimulation ($U=10048.00$, $Z=-2.00$, $p=.045$, $d=.23$) und der autonomen Prüfung ($U=9950.50$, $Z=-2.12$, $p=.034$, $d=.24$) signifikant.

iv. Bestehen Zusammenhänge zwischen der Akzeptanz von VR und dem Fachsemester, dem Alter, der Computeraffinität und der VR-Vorerfahrung?

Die aggregierte Akzeptanz korrelierte über die Einsatzszenarien hinweg stark zwischen den Funktionsgraden ($r=.493$ bis $.851$) und moderat mit der individuellen Computeraffinität ($r=.229$ bis $.372$) (s. Anhang in [76]). Das Alter, das Fachsemester und die VR-Vorerfahrung wiesen hingegen keinen signifikanten Zusammenhang mit der Gesamtakzeptanz auf.

Schlussfolgerung

Die studentische Akzeptanz von VR fiel wie in vorangegangen Umfragen mäßig aus, unterschied sich jedoch zwischen Einsatzszenario und Funktionsgrad [69, 75]. In der OSCE-Prüfung werteten die Studierenden die Akzeptanzindikatoren durchweg geringer als im Lehrszenario. Vermutlich zweifelten die Studierenden daran, dass die VR-Technologie praktische Leistungserhebungen verlässlich unterstützen oder zukünftig sogar automatisieren kann. Nachfolgende Studien haben diese Bedenken bereits adressiert. Malone et al. prüften zum Beispiel die Fähigkeit, instabile Patienten zu erkennen und zu behandeln, in realer und virtueller Simulationsumgebung [109]. Zwar befanden sie beide

Prüfungsmodalitäten als praktikabel, jedoch könne sich in VR die digitale Kompetenz auf die Prüfungsleistung auswirken. Zudem bedarf es weiterer Forschung, ob Leistungen in virtueller Umgebung Lernerfolge valide abbilden können. Diese Einschränkungen scheinen gleichzeitig Grund und Lösungsansatz für die geringe studentische Akzeptanz von VR in OSCE-Prüfungen zu sein. Damit Studierende VR als Prüfungsmedium akzeptieren, muss die Technologie intuitiver werden und sich als verlässlicher Indikator für Lernleistung beweisen.

Bei den Vergleichen zwischen den Funktionsgraden wurde in beiden Einsatzszenarien der marktreife Status Quo von VR besser angenommen als die visionären Funktionen (z.B. Haptik). Diese Skepsis gegenüber technologischen Innovationen war unter weiblichen Studierenden stärker ausgeprägt und im Detail kontraintuitiv. Mit steigendem Funktionsgrad nahm nicht nur die vermutete Umsetzbarkeit, sondern auch die Innovationskraft, Simulationsqualität und Lernkurve ab. Diese Einschätzung steht im Widerspruch zum Potenzial, das den technischen Neuerungen zugesprochen wird, und lässt sich wahrscheinlich auf die menschliche Tendenz zurückführen, das Bekannte anzunehmen und das Unbekannte zu meiden [110]. Studierenden scheint es an Erfahrungswerten mit neuen Technologien wie der künstlichen Intelligenz zu fehlen, um deren Mehrwert für VR adäquat einschätzen zu können. Die Hürde der geringen studentischen Akzeptanz von VR würde demnach bereits durch dessen didaktischen Einsatz absinken. Forschungsarbeiten, in denen die Exposition mit VR zu einer höheren Akzeptanz führte, stützen diese Annahme [69, 111]. Allerdings wurde in der vorgestellten Umfrage kein signifikanter Zusammenhang zwischen VR-Vorerfahrung und Akzeptanz gemessen. Dies lässt sich auf eine Messungenauigkeit zurückführen. Die Qualität und Quantität der VR-Vorerfahrung wurde nicht abgefragt, wodurch das verwendete Item wahrscheinlich nicht präzise genug war, um den erwarteten Zusammenhang zu finden. Neben diesem Versäumnis wird die Aussagekraft der Daten auch durch die geringe Rücklaufquote von 7.7% in Ulm beschränkt. Ob sich die Schlussfolgerung, dass die studentische Akzeptanz von VR mit dessen didaktischem Einsatz steigt, dennoch bewahrheitet, wird sich unweigerlich in den kommenden Jahren offenbaren. In der Geburtshilfe wurde zwischenzeitlich bereits von VR-Simulationen berichtet, in denen die Untersuchung von Föten und dem weiblichen Intimbereich erfolgreich trainiert wurde [112, 113].

2.3 *Immersives Medium für die frühzeitige klinische Exposition – Wissenserwerb, räumliche Orientierung und die unerwartete Rolle der Annotation in 360°-VR-Fotos*

2.3.1 Einleitung und Forschungsfragen

VR-Software muss inhaltlich zum Lernziel passen, um einen didaktischen Mehrwert zu bieten. Kommerziell frei erhältliche Produkte scheinen diese Anforderung oft nicht zu erfüllen, da sich viele VR-Anwender in der medizinischen Ausbildung für die Eigenentwicklung entscheiden [70]. Dabei ist die Softwareentwicklung für VR ressourcenintensiv und nicht immer nachhaltig erfolgreich [46, 71, 72]. Dieser Hürde kann womöglich mit kostengünstigen 360°-Fotos entgegnet werden, die Dozierende oder Fakultätsmitarbeiter selbst produzieren können. Durch das Verknüpfen von 360°-Fotos entstehen sogenannte „virtuelle Rundgänge“, die einen Rundumblick in medizinisch relevante Umgebungen wie OP-Bereiche bieten. Diese können mit Lehrinhalten annotiert und auf allen gängigen Endgeräten wiedergegeben werden. Über eine VR-Brille betrachtet (s. Abbildung 3) gelten die Fotos mit Rundumblick als Variante von VR und werden entsprechend als 360°-VR-Fotos bezeichnet [114, 115]. Im Gegensatz zu computergenerierten VR-Umgebungen bieten sie allerdings weder eine freie räumliche Bewegung noch eine direkte Objektinteraktion.

Zum Zeitpunkt des Forschungsvorhabens waren lehrbezogene Studien zu 360°-VR-Fotos selten und noch auf den Bereich des Bauwesens und der Sicherheitsausbildung beschränkt. Zum Beispiel lernten die Teilnehmer an einer Studie von Kim et al. [116] subjektiv erfolgreich prozedurale Informationen über Baumaßnahmen. Aufgrund der schwachen Forschungslage war weitgehend unklar, welche Lernziele sich überhaupt für 360°-VR-Fotos eignen. In einer experimentellen Studie wurde deshalb untersucht, ob ein deklarativer Wissenserwerb und eine räumliche Orientierung zusammen effektiv in 360°-VR-Fotos erreicht werden können. Um Randbedingungen zu identifizieren, wurden zusätzlich individuelle Lernereigenschaften, die Benutzererfahrung und die Annotationsmodalität (Textfeld vs. Audiokommentar) kontrolliert. Insgesamt wurden drei Hypothesen getestet, die indirekt darauf Rückschluss bieten, ob und wie der Mangel an didaktisch wertvoller VR-Software mit 360°-VR-Fotos kompensiert werden kann:

i. Der Einsatz von 360°-VR-Fotos als visuelle Referenz verbessert das Erinnern und Verstehen von Informationen.
ii. Die Annotation von Textfeldern in 360°-VR-Fotos beeinträchtigt die räumliche Orientierung und Präsenz.
iii. Annotierte Audiokommentare sind annotierten Textfeldern in Bezug auf die kognitive Belastung und den Wissenserwerb überlegen.

2.3.2 Material und Methode

An der Universität Ulm wurden Medizinstudierende per E-Mail und Blogposts eingeladen, freiwillig an einem virtuellen Rundgang durch den OP-Bereich des Universitätsklinikums Ulm teilzunehmen. Dieser Einladung sind 61 Studierende der Human- (*n*=53) und Zahnmedizin (*n*=8) gefolgt. Der virtuelle Rundgang wurde in drei verschiedenen Varianten mit 360°-VR-Fotos gestaltet. Die Studienteilnehmer wurden den Varianten quasi-randomisiert in Abhängigkeit von ihrem Anmeldezeitpunkt in einer vordefinierten Reihenfolge zugeordnet. In zwei Varianten wurden interaktive Schaltflächen verwendet („Hotspots“), um deklarative Informationen über die Ausstattung und die Prozesse im OP-Bereich entweder als Textfeld (s. Abbildung 3) oder als Audiokommentar zu präsentieren. In der dritten Variante wurden die gleichen Informationen separat auf einem gedruckten Handout zur Verfügung gestellt, das direkt vor dem virtuellen Rundgang innerhalb von zehn Minuten gelesen werden sollte. Die Studierenden erlebten den Rundgang über eine HTC Vive VR-Brille (s. Abbildung 3) und aktivierten die Hotspots via Blicksteuerung. Um sich mit der Technologie vertraut zu machen, absolvierten die Teilnehmer vor dem virtuellen Rundgang ein kurzes Tutorial.

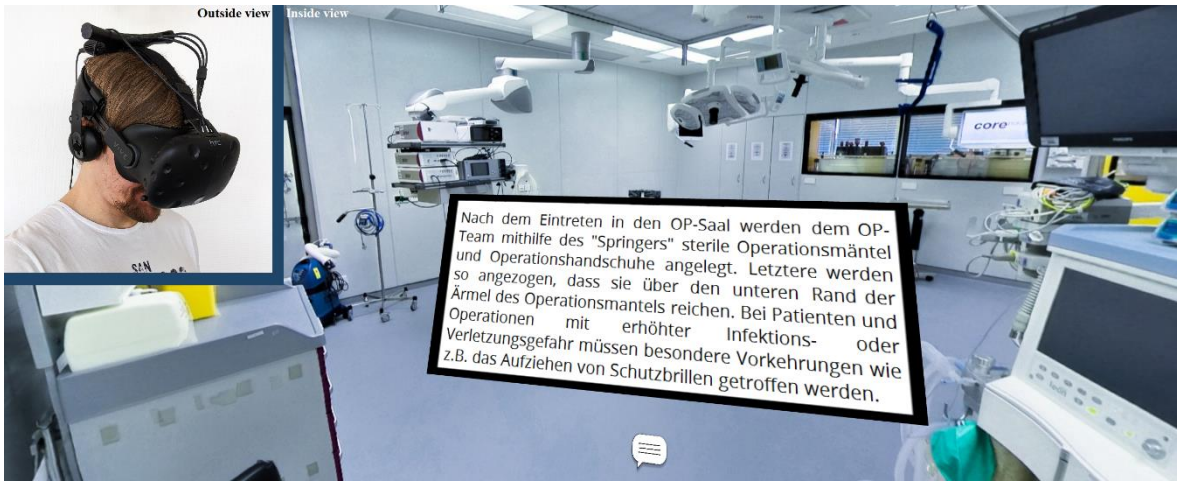


Abbildung 3: Innen- und Außenansicht beim virtuellen Rundgang mit Textfeldern.
Referenziert aus [77]. Das Foto links oben zeigt einen Studienteilnehmer mit HTC Vive VR-Brille. Der nebenstehende, beschnittene Screenshot stammt aus dem virtuellen Rundgang mit annotierten Textfeldern und entsprechenden Hotspots.

Der Wissenserwerb wurde mit einem Test quantifiziert, der aus 23 offenen Fragen bestand. Der Test verlangte, die präsentierten Informationen innerhalb eines Zeitlimits von 15 Minuten abzurufen (15 Fragen) und deren Verständnis zu demonstrieren (acht Fragen). Die Antworten wurden anhand eines standardisierten Bewertungsschemas (s. Anhang in [77]) von zwei medizinischen Experten bewertet, die keine Kenntnis über die jeweilige Gruppenzugehörigkeit hatten. Die räumliche Orientierungsleistung wurde nach der Selbst- und Objektverortung differenziert. Die Selbstverortung wurde mit einer individuell angepassten Version des Spatial Orientation Tests (SOT) von Hegarty et al. gemessen, der zur Kontrolle der Orientierungsfähigkeit vorab auch in Originalform durchgeführt wurde [117]. Die Objektverortung wurde mit zehn beschnittenen Gebäudeplänen des OP-Bereichs ermittelt. Die Studierenden wurden aufgefordert, aus jeweils sieben Auswahlmöglichkeiten die korrekte Position eines zuvor virtuell gesehenen Objekts zu bestimmen. Technisch

induzierte körperlich Beschwerden (Simulation Sickness Questionnaire, SSQ), die Präsenz (Spatial Presence Experience Scale, SPES) und die kognitive Belastung wurden mit standardisierten Skalen gemessen [118–120]. Um die bevorzugte Art der Annotation und das Interesse an VR- und 360°-Medien abzufragen, wurden zusätzlich eigene Items verfasst.

Basierend auf einer visuellen Analyse von Q-Q-Plots wurden für die gesammelten Daten Normalverteilung und Varianzhomogenität angenommen. Unterschiede in den arithmetischen Mittelwerten wurden entsprechend mit *t*-Tests für unabhängige Stichproben und einfachen ANOVAs untersucht. Letztere wurden mit LSD-Post-Hoc-Tests (least significant difference) nach Fisher differenziert. Die Analysen waren zweiseitig und *p*-Werte unter .05 wurden als signifikant angesehen. Als Maß der Effektgrößen wurde das partielle Eta-Quadrat (η^2) für ANOVAs und Cohens *d* für *t*-Tests berechnet. Darüber hinaus wurden Binomialtests verwendet, um Beziehungen zwischen kategorialen Variablen zu untersuchen, während Zusammenhänge zwischen metrischen Variablen mit Pearson-Korrelationen getestet wurden.

2.3.3 Ergebnisse und Schlussfolgerung

i. Der Einsatz von 360°-VR-Fotos als visuelle Referenz verbessert das Erinnern und Verstehen von Informationen.

Die arithmetisch mittlere Gesamtpunktzahl des Wissenstests war in der Textfeld-Bedingung signifikant höher ($F(2.57) = 5.13$, $p=.009$, $\eta^2=.15$) als in der Audiokommentar- ($p_{LSD}=.003$) und der Handout-Bedingung ($p_{LSD}=.042$). Die Gruppe, die den Text im virtuellen Rundgang las, schnitt sowohl beim Erinnern als auch beim Verstehen am besten ab. Allerdings war der Unterschied zwischen den annotierten Textfeldern und dem gedruckten Text der Handout-Bedingung bei Fragen, die das Verständnis prüften, nicht signifikant ($p_{LSD}=.195$).

ii. Die Annotation von Textfeldern in 360°-VR-Fotos beeinträchtigt die räumliche Orientierung und Präsenz.

Hinsichtlich der Leistung bei der Objektverortung ($F(2.58)=.00$, $p=.996$, $\eta^2=.00$), der Selbstverortung ($F(2.58)=.37$, $p=.693$, $\eta^2=.01$) und der Präsenz ($F(2.58)=1.66$, $p=.199$, $\eta^2=.05$) wurden keine signifikanten Gruppenunterschiede gefunden. Auf deskriptiver Ebene wies die Audiokommentar-Bedingung ($M=4.32$, $SD=.70$) jedoch eine höhere Präsenzbewertung auf als die Textfeld- ($M=3.85$, $SD=.83$) und die Handout-Bedingung ($M=4.1$, $SD=.92$).

iii. Annotierte Audiokommentare sind annotierten Textfeldern in Bezug auf die kognitive Belastung und den Wissenserwerb überlegen.

Die Kontrollgruppe, die die Informationen auf einem gedruckten Handout las, berichtete über eine deskriptiv höhere extrinsische Belastung und eine signifikant niedrigere lernbezogene Belastung ($F(2.58)=4.16$, $p=.02$, $\eta^2=.13$) als die Teilnehmenden der

Audiokommentar-Bedingung (p_{LSD}=.014) und der Textfeld-Bedingung (p_{LSD}=.017). Die Ergebnisse aus dem Wissenstest werden unter der Hypothese *i* berichtet.

Schlussfolgerung

360°-VR-Fotos können deklarative Informationen und ein Gefühl der räumlichen Orientierung effektiv in einem Lernszenario vermitteln. Im Vergleich zum bloßen Lesen verbessern sie sogar den deklarativen Wissenserwerb, allerdings ist dabei die Annotationsform bedeutsam. Teilnehmer, die im virtuellen Rundgang Textfelder lasen, schnitten beim Erinnern und Verstehen von Informationen besser ab als die Teilnehmer, die die Informationen hörten oder vorab als Handout erhielten. Die räumliche Orientierung und die Präsenz unterschieden sich hingegen nicht signifikant zwischen den Gruppen. Ohne weitere Forschung lassen sich die Ergebnisse allerdings nicht pauschalisieren. Zum Beispiel ist die Lernleistung vermutlich von der Länge und der Qualität des Textes abhängig [121]. Bei kürzeren Texten und optionalen Untertiteln könnte der Unterschied zum subjektiv bevorzugten Audiokommentar schrumpfen oder sich gar umkehren. Es bedarf weiterer Studien, um die Ergebnisse zu validieren und Randbedingungen zu identifizieren. Dabei sollten die Limitationen der Studie wie die Beschränkung auf Kurzzeiteffekte und die unzulängliche Messung der kognitiven Belastung adressiert und verbessert werden.

Die Studie demonstrierte nichtsdestotrotz den didaktischen Wert von 360°-VR-Fotos, medizinisch relevante Umgebungen räumlich und inhaltlich auf immersive Weise erkunden zu können. Über dieses Einsatzszenario hinaus stellen sie allerdings keinen adäquaten Ersatz für computergenerierte VR-Software dar. Dies liegt vor allem an der fehlenden körperlichen Interaktion mit dem Lerngegenstand, die als elementarer Baustein von VR das Erlernen von prozeduralem Wissen und kognitiven Fertigkeiten unterstützt [11]. 360°-VR-Fotos bedienen somit eine eigene didaktische Nische und können den Mangel an didaktischer VR-Software nicht lösen. Allerdings stellen sie für Early Adopter in der medizinischen Ausbildung eine niedrigschwellige Möglichkeit dar, erste Erfahrungen mit VR zu sammeln und dadurch das eigene Verständnis von dessen didaktischem Potenzial zu schärfen.

2.4 *Virtual Reality gegen Zoom-Fatigue? Eine Feldstudie zur Lehr- und Lernerfahrung in interaktiven Video- und VR-Konferenzen*

2.4.1 Einleitung und Forschungsfragen

Während der Coronapandemie wurde der Ausfall der Präsenzlehre teils mit Videokonferenzen kompensiert [75]. Dabei beklagten Dozierende, dass sich in videobasierten Online-Seminaren die ohnehin geringe studentische Beteiligung weitgehend auf den Chat beschränke [41–43, 75]. Die zurückhaltende Kommunikation der Studierenden wurde unter anderem auf das Erschöpfungsphänomen „Zoom-Fatigue“ zurückgeführt, das durch Videokonferenzen ausgelöst werden soll [122]. Wenn Studierende unter Zoom-Fatigue leiden, fällt es ihnen schwerer, sich im Unterricht zu konzentrieren und zu beteiligen [42, 43, 123, 124]. Als eine mögliche Ursache für das Phänomen wird die eingeschränkte verbale und nonverbale Kommunikation diskutiert [122, 125, 126]. Zum Beispiel fehlen selbst bei eingeschalteter Videokamera Teile der Gestik und die Möglichkeit, feine Änderung im mimischen und stimmlichen Ausdruck zu erkennen [43, 122]. Diese widrigen Bedingungen behindern den wechselseitigen Gesprächsfluss und erschöpfen das limitierte Arbeitsgedächtnis [43, 122, 127], das eine zentrale Rolle in der Informationsverarbeitung und -speicherung einnimmt [128].

Eine Alternative zu Videokonferenzen sind VR-Konferenzen, in denen Dozierende und Studierende als Avatare in virtuellen 3D-Umgebungen repräsentiert sind und räumlich interagieren können (s. Abbildung 4) [129, 130]. Moderne VR-Konferenzsysteme ermöglichen die Teilnahme sowohl über nicht-immersive Endgeräte wie Laptops als auch über immersive VR-Brillen. In letzterem Fall wird die reale Gestik und – je nach Ausstattung – auch die Mimik in den virtuellen Raum projiziert. Die Kommunikation über eine VR-Brille ähnelt somit einer realen Unterhaltung und könnte es Dozierenden ermöglichen, wie in Präsenz mit Gestik und sichtbaren Gesprächspartnern zu lehren. Die Studierenden steuern ihre Avatare in der Regel mit nicht-immersiven Endgeräten, da die wenigsten eine eigene VR-Brille besitzen [56]. Dadurch reduziert sich ihr nonverbaler Ausdruck unter anderem auf die Positionierung im Raum und auf vordefinierte Handlungen (z.B. Hand heben und Applaudieren). Die nicht-immersive Teilnahmemöglichkeit scheint allerdings eine Kompromisslösung für die Hürde der mangelnden VR-Hardware in privaten Haushalten.

Um den didaktischen Mehrwert von VR-Konferenzen zu untersuchen, wurden in einer Feldstudie Online-Seminare als VR-Konferenz, als Videokonferenz und als Selbststudium angeboten, verglichen und – in Bezug auf die Lehrerfahrung in VR – dem Präsenzunterricht gegenübergestellt. Dabei wurden folgende Forschungsfragen untersucht:

i. *Lehrerfahrung der Dozierenden:*
Unterscheidet sich das Lehrverhalten und -erleben mit einer VR-Brille vom Unterricht in Präsenz?

Welche didaktischen Mehrwerte und Hürden haben VR-Konferenzen gegenüber Videokonferenzen?

ii. *Wahl des Lehrformats*:
Welches Lehrformat wird von Medizinstudierenden bevorzugt?

iii. *Lernerfahrung der Studierenden:*
In welchem Lehrformat ist die Lernerfahrung (u.a. soziale Präsenz und Beteiligung) am besten?

iv. *Lernleistung der Studierenden:*
In welchem Lehrformat ist die Lernleistung (deklarativ und räumlich) am besten?

2.4.2 Material und Methode



Abbildung 4: Online-Seminar in einer VR-Konferenz. Referenziert aus [78]. Der Dozent lehrte mit einer VR-Brille und anhand von 3D-Modellen. Die Studierenden nahmen mit nicht-immersiven Endgeräten teil.

Die Studie wurde in zwei aufeinanderfolgenden Pflichtseminaren des dritten (WiSe 2020/21) und vierten Fachsemesters (SoSe 2021) des Studiengangs Humanmedizin an der Medizinischen Fakultät Ulm durchgeführt. Die Seminare des Fachbereichs Allgemeine Physiologie thematisierten physiologische Regelkreise und die Blutdruckregulation. Zu Beginn beider Lehrveranstaltungen konnten die Studierenden (N_{WiSe}=328; N_{SoSe}=308) zwischen den Lehrformaten (a) VR-Konferenz, (b) Videokonferenz und (c) Selbststudium wählen. Die Lehrinhalte und Fragen zur Verständnissicherung waren in allen Lehrformaten deckungsgleich.

Je nach Formatwahl absolvierten die Studierenden entweder zwei Konferenztermine à 90 Minuten oder zwei Selbstlerneinheiten auf der Lernplattform Moodle. Die Selbstlerneinheiten umfassten Erklärvideos mit 2D-Grafiken und MC-Fragen. Im Lehrformat Videokonferenz, das von acht verschiedenen Dozierenden angeboten wurde, fanden dieselben Lehrmaterialien Anwendung. In den VR-Konferenzen, in denen ausschließlich der Lehrverantwortliche der Veranstaltung mit einer Meta Quest VR-Brille lehrte, wurden statt der 2D-Grafiken selbst erstellte 3D-Modelle eingesetzt. Die Studierenden konnten die 3D-Modelle räumlich erkunden, ohne diese zu manipulieren. Die VR-Konferenzen fanden nach einer technischen Einführung über das Konferenzsystem Engage statt, das zur Teilnahme die Installation der Software und die Erstellung eines Accounts voraussetzte.

Die freiwillige Teilnahme an der Datenerhebung fand nach dem jeweils letzten Seminartermin bzw. nach dem asynchronen Seminarabschluss statt. Im WiSe 2020/21 schätzten die Studierenden ihre Lernerfahrung und ihren Lernerfolg zunächst subjektiv in einem Fragebogen ein. Die studentische Lernerfahrung wurde unter anderem hinsichtlich der sozialen Präsenz, des Cognitive Loads und der Beteiligung erhoben (s. Tabelle 1 in

[78]). Soziale Präsenz wurde mit einer deutschen Übersetzung der Multimodal Presence Scale (MPS) gemessen, das fünf Items mit einer Antwortskala von 1 („*Ich stimme absolut nicht zu.*“) bis 5 („*Ich stimme absolut zu.*“) umfasst [131, 132]. Extraneous und Germane Cognitive Load wurden mit fünf Items von Klepsch et al. abgefragt, die auf einer Antwortskala von 1 („*Ich stimme absolut nicht zu.*“) bis 7 („*Ich stimme absolut zu.*“) beantwortet wurden [118]. Dieselbe Antwortskala fand auch bei den restlichen Konstrukten der Lernerfahrung (s. Tabelle 1 in [78]) sowie bei den subjektiven Fragen zum deklarativen Lerninhalt und dessen räumlicher Verortung Anwendung (s. Anhang in [78]). Um den Lernerfolg objektiv zu validieren, wurde im SoSe 2021 in allen Lehrformaten ein freiwilliger Single-Choice Wissenstest durchgeführt, der acht Fragen mit jeweils fünf Antworten zur Auswahl bot (s. Anhang in [78]). Die Lernerfahrung wurde im SoSe 2021 nicht erneut abgefragt. Die Darstellung erfolgte anhand des arithmetischen Mittels (*M*), der Standardabweichung (*SD*) und ergänzenden, qualitativen Rückmeldungen der Studierenden. Die Lehrerfahrung des Dozierenden, der in den VR-Konferenzen unterrichtete, wurde im WiSe 2020/21 in einem semistrukturierten Interview erhoben. Das Interview wurde aufgezeichnet und händisch transkribiert. Die gesammelten Aussagen wurden nach Relevanz für die zwei Forschungsfragen zur Lehrerfahrung gefiltert, geordnet und als Fließtext zusammengefasst.

2.4.3 Ergebnisse und Schlussfolgerung

i. Lehrerfahrung der Dozierenden

Durch die Möglichkeit, sich mit einer VR-Brille räumlich zu bewegen und frei zu gestikulieren, stellte sich beim Dozierenden ein Lehrerlebnis wie in Präsenz ein, welches er als größten Mehrwert von VR-Konferenzen bezeichnete. Als weiterer Vorzug wurde die Vielfalt an Medien (z.B. 3D-Modelle) und Tools (z.B. Zeichnen in 3D) genannt, die frei im Raum verwendet werden können. Eine bedeutende Hürde sei die initiale Vorbereitung von VR-Konferenzen.

ii. Wahl des Lehrformats

In beiden Semestern entschied sich die knappe absolute Mehrheit der Studierenden für das Selbststudium (S) (n_{WiSe}=174, n_{SoSe}=159). Darauf folgten die Lehrformate Videokonferenz (VK) (n_{WiSe}=136, n_{SoSe}=120) und – deutlich abgeschlagen – VR-Konferenz (VRK) (n_{WiSe}=18, n_{SoSe}=29) (s. Abbildung 2 in [78]).

iii. Lernerfahrung der Studierenden

Der arithmetisch durchschnittliche Extraneous Load fiel in der VR-Konferenz am niedrigsten aus (M_{VRK}=2.14, SD_{VRK}=1.04; M_{VK}=3.23, SD_{VK}=1.08; M_S=3.12, SD_S=1.28). Der Germane Load war im Selbststudium am höchsten (M_S=5.54, SD_S=1.02; M_{VRK}=4.91, SD_{VRK}=1.29; M_{VK}=4.75, SD_{VK}=1.68). Im Gegensatz zu den Videokonferenzen stellte sich in der VR-Konferenz ein moderates Gefühl der sozialen Präsenz ein (s. Abbildung 3 in [78]). Auch die Interaktion, die Aufmerksamkeit, die Beteiligung, der Spaß und das

Seminar selbst wurden in VR besser bewertet als in den Videokonferenzen (s. S. 7, Z. 2 ff. in [78]).

iv. Lernleistung der Studierenden

Die Selbsteinschätzung des räumlichen und deklarativen Verständnisses fiel in der VR-Konferenz höher aus als in den Videokonferenzen. Im Falle des räumlichen Verständnisses auch gegenüber dem Selbststudium (s. Abbildung 5 in [78]). Im objektiven Wissenstest schnitt die VR-Konferenz deskriptiv geringfügig schlechter ab als die anderen Lehrformate (s. Abbildung 6 in [78]).

Schlussfolgerung

Für den Dozierenden war das Lehren mit VR-Brille eine Möglichkeit, trotz sozialer Distanz nahezu wie in Präsenz zu unterrichten. Besonders in internationalen Studiengängen und während Pandemien, in denen Präsenzunterricht ausgeschlossen ist, können VR-Konferenzen die Lehrerfahrung deutlich verbessern. Die Hardware ist hierbei keine schwerwiegende Hürde, da lediglich eine VR-Brille für den Dozierenden benötigt wird. Allerdings war die initiale Einarbeitung und Vorbereitung der VR-Konferenz ein hohes Zeitinvestment. Wenn VR-Konferenzen zukünftig einen breiteren Anwenderkreis erreichen sollen, müssen VR-Brillen mitsamt VR-Konferenzsystem und technischer Einweisung universitär bereitgestellt werden.

Die Studierenden präferierten mehrheitlich das Selbststudium und die Videokonferenzen. Dies legt nahe, dass sich nur diejenigen für die VR-Konferenzen anmeldeten, die Interesse an der VR-Technologie haben und den damit verbundenen Mehraufwand tolerierten (u.a. Software-Installation und Testkonferenz). Für die breite Studierendenschaft werden VR-Konferenzen vermutlich erst mit zunehmender Bekanntheit und einer verbesserten Zugänglichkeit attraktiv [69]. Allerdings fiel die studentische Lernerfahrung (z.B. Aufmerksamkeit und Motivation) in den VR-Konferenzen besser aus als in den etablierten Lehrformaten [133–141]. Ein Grund dafür scheinen die virtuellen Avatare zu sein [142, 143]. Als Avatare sind die Studierenden zwar durchweg körperlich repräsentiert, jedoch werden sie real nicht gesehen. Dadurch haben sie während der VR-Konferenz keinen Anlass, ihr reales Erscheinungsbild zu kontrollieren, was womöglich den geringeren Extraneous Load begründet. Auch die räumliche und deklarative Lernleistung wurde in VR am höchsten eingeschätzt. Diese Tendenz hat sich in Bezug auf die deklarativen Inhalte allerdings nicht im objektiven Wissenstest bestätigt.

Die Verlässlichkeit der studentischen Angaben muss grundsätzlich kritisch betrachtet werden, da sie ihre Gruppenzugehörigkeit selbst wählten. Zudem könnte der Novelty-Effekt eine positive Einschätzung der VR-Konferenzen begünstigt haben [144]. Nichtsdestotrotz demonstrierte die Feldstudie, dass VR-Konferenzen eine Chance für interessierte Dozierende und Studierende sein können, das Potenzial von VR in der Distanzlehre zu realisieren, ohne den privaten Besitz einer VR-Brille vorauszusetzen.

3. Zusammenfassung und Ausblick

Virtual Reality birgt das didaktische Potenzial, anhand von virtuellen Erfahrungen aktiv zu lernen. Im Sinne des NKLM könnte VR dazu beitragen, praxisorientierte Kompetenzen und die klinische Exposition über den gesamten Verlauf der medizinischen Ausbildung zu fördern. Early Adopter, die dieses Potenzial früh erkannten und explorativ in der Lehre testeten, stießen beim Einsatz von VR jedoch auf Hürden. Dazu zählt die mäßige Akzeptanz von VR sowie die mangelnde Verfügbarkeit von Hard- und Software. Die kumulative Forschungsarbeit verfolgte das Ziel, diese Hürden zu untersuchen und daraus Chancen für den didaktisch wertvollen Einsatz von VR abzuleiten.

Die Studien [75] und [76] adressierten die Hürde der Akzeptanz. In [75] wurde die Lehre vor und während der COVID-19-Pandemie verglichen, um festzustellen, wie sich die Quarantänemaßnahmen auf die digitale Lehre auswirkten. Die digitale Lehre sowie die Motivation und Befähigung zu dieser nahmen zu, jedoch führte diese Veränderung wider Erwarten nicht zu einer höheren Akzeptanz von VR [65, 66, 88]. Tatsächlich nahm die ohnehin mäßige Akzeptanz unter Dozierenden und Studierenden deskriptiv ab. Dies wurde darauf zurückgeführt, dass die Akzeptanz einer Technologie unter anderem von dessen subjektiv wahrgenommener Nützlichkeit abhängt [59]. Zum Erhebungszeitpunkt hatten die meisten Dozierenden und Studierenden kaum Gelegenheit, den Nutzen von VR selbst zu erleben. Aus den Ergebnissen lässt sich schließen, dass ein Anstieg der digitalen Kompetenz und Affinität allein nicht ausreicht, um die Akzeptanz von VR zu steigern. Dozierende und Studierende benötigen zusätzlich Zeit und Gelegenheit, VR selbst anzuwenden. Eine Chance, das Potenzial von VR zu realisieren, sind universitäre Unterstützungsangebote für Dozierende wie Fortbildungen und Förderausschreibungen zum Einsatz von VR [46]. Mit Blick auf die Studierenden sollte VR zudem nicht nur als Lehrmedium, sondern auch als Lerngegenstand eingeführt werden, da die Technologie auch in der Patientenversorgung Anwendung findet (z.B. Schmerz- und Psychotherapie) [98, 99]. Wie im NKLM vorgesehen, müssen Studierende im professionellen und ethisch verantwortungsvollen Einsatz von digitalen Werkzeugen wie VR unterrichtet werden, damit schließlich die Patienten von ihnen profitieren [27, 46, 145].

Die Studie [76], in der die studentische Akzeptanz differenziert zwischen Einsatzszenario und Funktionsgrad untersucht wurde, führte zur selben Schlussfolgerung. Die erneut mäßige Akzeptanz fiel in der OSCE-Prüfung geringer aus als im Lehrszenario [69, 75]. Außerdem wurde der marktreife Status quo von VR besser angenommen als visionäre Funktionen wie zum Beispiel auf KI-basierende Gespräche mit virtuellen Patienten. Die beobachtete Tendenz, den Prüfungseinsatz zu scheuen und bekannte Funktionen anzunehmen, weist erneut darauf hin, dass VR erst akzeptiert wird, wenn sie sich im Einsatz als nützlich und verlässlich erwiesen hat [69, 110, 111]. Die bereits genannten Maßnahmen können dazu beitragen, allerdings bestehen für deren organisatorische und inhaltliche Gestaltung empirisch fundierte Standards [87, 146]. Die Förderung und Integration von VR in der medizinischen Ausbildung sollte deshalb auch weiterhin wissenschaftlich begleitet werden [145].

Die Hürde der mangelnden Soft- und Hardware wurde in [77] und [78] thematisiert. So bot die experimentelle Studie [77] zur didaktischen Eignung und Gestaltung von 360°-VR-Fotos indirekt darauf Rückschluss, ob das Medium den vorherrschenden Mangel an didaktischer VR-Software kompensieren könne. Die Studie offenbarte, dass 360°-VR-Fotos deklarative Informationen und ein Gefühl der räumlichen Orientierung effektiv vermitteln können. Im Vergleich zum bloßen Lesen können sie sogar den deklarativen Wissenserwerb verbessern. Für das räumliche und inhaltliche Erkunden von medizinisch relevanten Umgebungen wie OP-Bereichen sind 360°-VR-Fotos demnach geeignet. Zudem sind sie eine niedrigschwellige Chance, die VR-Technologie kennenzulernen. Computergenerierte VR-Software, die zum Beispiel das Behandeln von virtuellen Patienten ermöglichen, können sie jedoch nicht ersetzen. Dies liegt vor allem an der fehlenden körperlichen Aktivierung, die VR gegenüber anderen Medien auszeichnet [11]. Um das gesamte Potenzial von VR zu erschließen, scheint die ressourcenintensive Entwicklung von didaktischer VR-Software alternativlos. Allerdings kann mit einer lernzielorientierten, interdisziplinären Entwicklung und der Verwendung von offenen Lizenzen dafür Sorge getragen werden, dass der Aufwand nachhaltig und wirksam ist [61].

Eine mögliche Chance, VR trotz des Hardware-Mangels didaktisch zu nutzen, wurde in [78] untersucht. Dazu wurden VR-Konferenzen, in denen nur der Dozierende eine VR-Brille trug, mit etablierten Lehrformaten in der curricularen Lehre verglichen. Obwohl es subjektiv die beste Lernerfahrung bot, entschied sich nur eine Minderheit der Studierenden für die nicht-immersive Teilnahme an den VR-Konferenzen, was auf eine geringe Akzeptanz deutet. Allerdings stieg die Teilnehmerzahl zwischen den Semestern. Analog zum Technologieakzeptanzmodell scheint die Nachfrage nach VR-Konferenzen zu steigen, wenn deren Vorzüge bekannt werden [59]. Dem Dozierenden bot das Lehren mit VR-Brille die gesuchte Möglichkeit, trotz sozialer Distanz nahezu wie in Präsenz zu unterrichten und neue didaktische Möglichkeiten zu ergründen. Aufgrund des erhöhten Aufwands und der Sorge, dass sich die digitale Kompetenz auf die Lernwirksamkeit auswirken könnte, sind VR-Konferenzen noch nicht als Pflichtformat geeignet [147]. Allerdings stellen sie zumindest für interessierte Dozierende und Studierende eine Kompromisslösung dar, um das Potenzial von VR zumindest zum Teil zu realisieren, ohne den privaten Besitz einer VR-Brille vorauszusetzen.

Die vorgestellten Studien bieten wertvolle Erkenntnisse für Medizinische Fakultäten und Dozierende, die das didaktische Potenzial von VR in ihrer Lehre erschließen wollen. Allerdings ist der Weg zum didaktischen Mehrwert mit mehr Hürden gespickt, als in dieser Forschungsarbeit adressiert wurden. Dazu zählen die schwierige curriculare Organisation bei großen Kohorten, mögliche Benachteiligungen durch physische Merkmale (z.B. Epilepsie und Sehstörungen) und letztlich auch die noch unzureichende Validierung, dass Lerneffekte in VR auf die Realität übertragbar sind [45, 46]. Damit sich Sutherlands Versprechen vom intuitiven Lernen in 3D bewahrheitet, benötigt es weiterer Lehrforschung, die auf den Erfahrungen von Early Adoptern aufbaut und evidenzbasierte Empfehlungen für zukünftige Anwender bietet.

4. ABSTRACT

Virtual Reality (VR) birgt das didaktische Potenzial, anhand von virtuellen Erfahrungen aktiv zu lernen. Im Sinne des Nationalen Kompetenzbasierten Lernzielkatalogs Medizin (NKLM) könnte VR dazu beitragen, praxisorientierte Kompetenzen und die klinische Exposition zu fördern. Early Adopter von VR stießen jedoch auf Hürden. Die kumulative Forschungsarbeit verfolgte das Ziel, zwei dieser Hürden zu untersuchen und daraus Chancen für den didaktisch wertvollen Einsatz von VR abzuleiten. Die übergreifende Forschungsfrage lautete: Wie können die Hürden der mäßigen Akzeptanz und der mangelnden Verfügbarkeit von Hard- und Software überwunden werden, um das didaktische Potenzial von VR in der medizinischen Ausbildung zu erschließen?

Um dieser Frage nachzugehen, wurden vier Studien durchgeführt. Zwei dieser Studien adressierten die Hürde der Akzeptanz mit Online-Umfragen unter Dozierenden und Studierenden. Die eingesetzten Fragebögen beleuchteten die Akzeptanz von VR vor dem Hintergrund der pandemiebedingten Digitalisierung und des technischen Fortschritts, der das didaktische Potenzial von VR noch weiter steigern könnte. Die mäßige Akzeptanz von VR, die sich in den Studien bestätigte, wurde vor allem darauf zurückgeführt, dass die Befragten noch zu wenig Erfahrung mit der Technologie hatten, um dessen aktuellen und zukünftigen Nutzen zu erkennen. Um die Akzeptanz zu steigern, benötigen Dozierende und Studierende Zeit und Gelegenheit, VR selbst zu erleben. Im Fall der Dozierenden empfehlen sich dafür universitäre Unterstützungsangebote wie Fortbildungen und Förderausschreibungen. Mit Blick auf die Studierenden sollte – wie im NKLM vorgesehen – die professionelle und ethisch verantwortungsvolle Anwendung von VR unterrichtet werden, da die Technologie zunehmend auch in der Patientenversorgung eingesetzt wird.

Um Chancen zu identifizieren, wie die Hürde der mangelnden Soft- und Hardware überwunden werden kann, wurde ein Experiment und eine Feldstudie durchgeführt. In dem Experiment wurde die didaktische Eignung und Gestaltung von 360°-VR-Fotos untersucht, die die fehlende VR-Software kompensieren sollten. Die Studie offenbarte, dass 360°-VR-Fotos für das räumliche und inhaltliche Erkunden von Umgebungen geeignet sind. VR-Software, die zum Beispiel das Behandeln von virtuellen Patienten ermöglichen, können sie jedoch nicht ersetzen. Für den Mangel an VR-Hardware wurden VR-Konferenzen, die mit und ohne VR-Brille genutzt werden können, in der Feldstudie mit etablierten Lehrformaten verglichen. Für den Dozierenden ermöglichte das Lehren mit VR-Brille, trotz sozialer Distanz nahezu wie in Präsenz zu unterrichten. Die Studierenden, die ohne VR-Brille an den VR-Konferenzen teilnahmen, profitierten subjektiv von einer besseren Lernerfahrung. VR-Konferenzen sind somit eine Chance, das Potenzial von VR in der Distanzlehre zu realisieren, ohne den privaten Besitz einer VR-Brille vorauszusetzen.

Die vorgestellten Studien bieten Erkenntnisse für Medizinische Fakultäten und Dozierende, die das didaktische Potenzial von VR erschließen wollen. Allerdings ist der Weg zum didaktischen Mehrwert mit weiteren Hürden wie der schwierigen curricularen Organisation gespickt, die in der zukünftigen Lehrforschung adressiert werden sollten.

5. LITERATURVERZEICHNIS

1. Sutherland IE. The Ultimate Display. In: Kalenich WA, Hrsg. Proceedings of IFIP Congress 65. Washington: Spartan Books; 1965. S. 506–508.
2. Sutherland IE. Das ultimative Display. In: Schröter J, Thielmann T, Hrsg. Navigationen: Display II – digital. Marburg: Schüren Verlag; 2007. S. 29–32. doi:10.25969/mediarep/2089.
3. Felnhofer A, Kothgassner O. The Tower of Babel: Virtual Reality Revisited. Digit Psych. 2022;3:1–2. doi:10.24989/dp.v3i2.2181.
4. Cipresso P, Giglioli IAC, Raya MA, Riva G. The Past, Present, and Future of Virtual and Augmented Reality Research: A Network and Cluster Analysis of the Literature. Front Psychol. 2018;9:2086. doi:10.3389/fpsyg.2018.02086.
5. Slater M. A Note on Presence Terminology. Presence Connect. 2003;3:1–5.
6. Slater M, Wilbur S. A Framework for Immersive Virtual Environments (FIVE): Speculations on the Role of Presence in Virtual Environments. Presence: Teleoperators and Virtual Environments. 1997;6:603–16. doi:10.1162/pres.1997.6.6.603.
7. Wee C, Yap KM, Lim WN. Haptic Interfaces for Virtual Reality: Challenges and Research Directions. IEEE Access. 2021;9:112145–62. doi:10.1109/ACCESS.2021.3103598.
8. Pawassar CM, Tiberius V. Virtual Reality in Health Care: Bibliometric Analysis. JMIR Serious Games. 2021;9:e32721. doi:10.2196/32721.
9. Lanier J. Dawn of the new everything: Encounters with reality and virtual reality. New York, N.Y.: Picador/Henry Holt and Company; 2018.
10. Sadek O, Baldwin F, Gray R, Khayyat N, Fotis T. Impact of Virtual and Augmented Reality on Quality of Medical Education During the COVID-19 Pandemic: A Systematic Review. J Grad Med Educ. 2023;15:328–38. doi:10.4300/JGME-D-22-00594.1.
11. Johnson-Glenberg MC. Immersive VR and Education: Embodied Design Principles That Include Gesture and Hand Controls. Front Robot AI. 2018;5:81. doi:10.3389/frobt.2018.00081.
12. Chirico A, Gaggioli A. When Virtual Feels Real: Comparing Emotional Responses and Presence in Virtual and Natural Environments. Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking. 2019;22:220–6. doi:10.1089/cyber.2018.0393.
13. Felnhofer A, Kothgassner OD, Schmidt M, Heinzle A-K, Beutl L, Hlavacs H, Kryspin-Exner I. Is virtual reality emotionally arousing? Investigating five emotion inducing virtual park scenarios. International Journal of Human-Computer Studies. 2015;82:48–56. doi:10.1016/j.ijhcs.2015.05.004.
14. Chang TP, Beshay Y, Hollinger T, Sherman JM. Comparisons of Stress Physiology of Providers in Real-Life Resuscitations and Virtual Reality-Simulated Resuscitations. Simul Healthc. 2019;14:104–12. doi:10.1097/SIH.0000000000000356.

15. Schöne B, Wessels M, Gruber T. Experiences in Virtual Reality: a Window to Autobiographical Memory. Curr Psychol. 2019;38:715–9. doi:10.1007/s12144-017-9648-y.
16. Eichenbaum H. A cortical-hippocampal system for declarative memory. Nat Rev Neurosci. 2000;1:41–50. doi:10.1038/35036213.
17. Freeman S, Eddy SL, McDonough M, Smith MK, Okoroafor N, Jordt H, Wenderoth MP. Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. Proc Natl Acad Sci USA. 2014;111:8410–5. doi:10.1073/pnas.1319030111.
18. Tyng CM, Amin HU, Saad MNM, Malik AS. The Influences of Emotion on Learning and Memory. Front Psychol. 2017;8:1454. doi:10.3389/fpsyg.2017.01454.
19. Shapiro L, Stolz SA. Embodied cognition and its significance for education. Theory and Research in Education. 2019;17:19–39. doi:10.1177/1477878518822149.
20. Kontra C, Lyons DJ, Fischer SM, Beilock SL. Physical experience enhances science learning. Psychol Sci. 2015;26:737–49. doi:10.1177/0956797615569355.
21. Bian Y, Zhou C, Gai W, Liu J, Yang C. The effect of embodied interaction designs on flow experience: examination in VR games. Virtual Reality. 2023;27:1549–65. doi:10.1007/s10055-023-00758-3.
22. Kwon C. Verification of the possibility and effectiveness of experiential learning using HMD-based immersive VR technologies. Virtual Reality. 2019;23:101–18. doi:10.1007/s10055-018-0364-1.
23. Kolb DA. Experiential learning: Experience as the source of learning and development. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall; 1984.
24. Gibbons M, Hopkins D. How Experiential is Your Experience-Based Program? Journal of Experiential Education. 1980;3:32–7. doi:10.1177/105382598000300107.
25. Markant DB, Ruggeri A, Gureckis TM, Xu F. Enhanced Memory as a Common Effect of Active Learning. Mind, Brain, and Education. 2016;10:142–52. doi:10.1111/mbe.12117.
26. Weinert FE. Vergleichende Leistungsmessung in Schulen - eine umstrittene Selbstverständlichkeit. In: Weinert FE, Hrsg. Leistungsmessungen in Schulen. 3rd ed. Weinheim, Basel: Beltz; 2014. S. 17–32.
27. Medizinischer Fakultätentag. Nationaler Kompetenzbasierter Lernzielkatalog Medizin. https://nklm.de. Letzter Zugriff 24 Jul 2023.
28. Kiesewetter J, Kager M, Lux R, Zwissler B, Fischer MR, Dietz I. German undergraduate medical students' attitudes and needs regarding medical errors and patient safety - a national survey in Germany. Med Teach. 2014;36:505–10. doi:10.3109/0142159X.2014.891008.
29. Chernikova O, Heitzmann N, Stadler M, Holzberger D, Seidel T, Fischer F. Simulation-Based Learning in Higher Education: A Meta-Analysis. Review of Educational Research. 2020;90:499–541. doi:10.3102/0034654320933544.
30. Bokken L, Rethans J-J, Scherpbier AJJA, van der Vleuten CPM. Strengths and weaknesses of simulated and real patients in the teaching of skills to medical students: a review. Simulation in Healthcare: The Journal of the Society for Simulation in Healthcare. 2008;3:161–9. doi:10.1097/SIH.0b013e318182fc56.

31. Kaldheim HKA, Bergland Å, Ølnes MA, Hofsø K, Dihle A, Creutzfeldt J, et al. Use of simulation-based learning among perioperative nurses and students: A scoping review. Nurse Educ Today. 2019;73:31–7. doi:10.1016/j.nedt.2018.09.013.
32. McGaghie WC, Issenberg SB, Petrusa ER, Scalese RJ. Effect of practice on standardised learning outcomes in simulation-based medical education. Med Educ. 2006;40:792–7. doi:10.1111/j.1365-2929.2006.02528.x.
33. Al-Ghareeb AZ, Cooper SJ. Barriers and enablers to the use of high-fidelity patient simulation manikins in nurse education: an integrative review. Nurse Educ Today. 2016;36:281–6. doi:10.1016/j.nedt.2015.08.005.
34. Chinnugounder S, Hippe DS, Maximin S, O'Malley RB, Wang CL. Perceived Barriers to the Use of High-Fidelity Hands-On Simulation Training for Contrast Reaction Management: Why Programs are Not Using It. Current Problems in Diagnostic Radiology. 2015;44:474–8. doi:10.1067/j.cpradiol.2015.03.006.
35. Eppich WJ, Nypaver MM, Mahajan P, Denmark KT, Kennedy C, Joseph MM, Kim I. The role of high-fidelity simulation in training pediatric emergency medicine fellows in the United States and Canada. Pediatr Emerg Care. 2013;29:1–7. doi:10.1097/PEC.0b013e31827b20d0.
36. Haerling KA. Cost-Utility Analysis of Virtual and Mannequin-Based Simulationy. Simul Healthc. 2018;13:33–40. doi:10.1097/SIH.0000000000000280.
37. Curran VR, Xu X, Aydin MY, Meruvia-Pastor O. Use of Extended Reality in Medical Education: An Integrative Review. Medical science educator. 2022:1–12. doi:10.1007/s40670-022-01698-4.
38. Sudin E, Hiddema L, Bahri S, Khin-Htun SY, Kythreotis N, Coughlin T. Simulation Matrix: Using Virtual Reality to Help Medical Students Transition into Clinical Practice During COVID-19. British Journal of Surgery. 2022;109:i8. doi:10.1093/bjs/znac040.021.
39. Prasolova-Forland E, Estrada JG. Towards increasing adoption of online VR in higher education. In: Sourin A, Rosenberger C, Sourina O, Hrsg. 2021 International Conference on Cyberworlds (CW); 28.09.2021 - 30.09.2021; Caen, France. Los Alamitos, CA: IEEE Computer Society; 2021. S. 166–173. doi:10.1109/CW52790.2021.00036.
40. Hilburg R, Patel N, Ambruso S, Biewald MA, Farouk SS. Medical Education During the Coronavirus Disease-2019 Pandemic: Learning From a Distance. Advances in Chronic Kidney Disease. 2020;27:412–7. doi:10.1053/j.ackd.2020.05.017.
41. Joshi PK, Bodkha PG. A comparative evaluation of students' insight of face to face classroom lectures and virtual online lectures. National Journal of Physiology, Pharmacy and Pharmacology. 2021;11:28–33. doi:10.5455/njppp.2021.10.08225202026082020.
42. Peper E, Wilson V, Martin M, Rosegard E, Harvey R. Avoid Zoom Fatigue, Be Present and Learn. NR. 2021;8:47–56. doi:10.15540/nr.8.1.47.
43. Massner CK. Zooming in on Zoom Fatigue: A Case Study of Videoconferencing and Zoom Fatigue in Higher Education [Dissertation]. Lynchburg, VA: Liberty University; 2021.

44. Jiang H, Vimalesvaran S, Wang JK, Lim KB, Mogali SR, Car LT. Virtual Reality in Medical Students' Education: Scoping Review. JMIR Medical Education. 2022;8:e34860. doi:10.2196/34860.
45. Cook M, Lischer-Katz Z, Hall N, Hardesty J, Johnson J, McDonald R, Carlisle T. Challenges and Strategies for Educational Virtual Reality: Results of an Expert-led Forum on 3D/VR Technologies across Academic Institutions. Information Technology and Libraries. 2019;38:25–48. doi:10.6017/ITAL.V38I4.11075.
46. Baniasadi T, Ayyoubzadeh SM, Mohammadzadeh N. Challenges and Practical Considerations in Applying Virtual Reality in Medical Education and Treatment. Oman Medical Journal. 2020;35:e125. doi:10.5001/omj.2020.43.
47. Herur-Raman A, Almeida ND, Greenleaf W, Williams D, Karshenas A, Sherman JH. Next-Generation Simulation – Integrating Extended Reality Technology Into Medical Education. Front. Virtual Real. 2021. doi:10.3389/frvir.2021.693399.
48. Rogers EM. Diffusion of innovations. 5th ed. New York, N.Y.: Simon & Schuster; 2003.
49. Foxman MH. Playing with Virtual Reality: Early Adopters of Commercial Immersive Technology [Dissertation]. New York, NY: Columbia University; 2018.
50. Marks B, Thomas J. Adoption of virtual reality technology in higher education: An evaluation of five teaching semesters in a purpose-designed laboratory. Educ Inf Technol. 2022;27:1287–305. doi:10.1007/s10639-021-10653-6.
51. Lien T. Virtual reality isn't just for video games. 2015. https://www.latimes.com/business/la-fi-virtual-reality-20150109-story.html. Letzter Zugriff 24 Jul 2023.
52. Ortiz L. Risks of the Metaverse: A VRChat Study Case. JICW. 2022;5:53–128. doi:10.21810/jicw.v5i2.5041.
53. Spiegel B. VRx: How virtual therapeutics will revolutionize medicine. New York: Basic Books; 2020.
54. Cline E. Ready player one: Ready player. 1st ed. New York: Crown Publishers; 2011.
55. Grand View Research. Virtual Reality Market Size, Share & Trends Analysis Report […], 2023 - 2030. 2022. www.grandviewresearch.com/industry-analysis/virtual-reality-vr-market. Letzter Zugriff 24 Jul 2023.
56. Nordlight Research. Metaversum, VR und AR - Nische oder Megatrend? 2022. https://trendmonitor-deutschland.de/studie-metaversum-vr2022. Letzter Zugriff 24 Jul 2023.
57. Fortune Business Insides. Virtual Reality Market Size, Share & COVID-19 Impact Analysis […], 2023-2030. 2022. www.fortunebusinessinsights.com/industry-reports/virtual-reality-market-101378. Letzter Zugriff 24 Jul 2023.
58. PricewaterhouseCoopers. Seeing is believing. 2019. www.pwc.com/seeingisbelieving. Letzter Zugriff 24 Jul 2023.
59. Davis FD, Bagozzi RP, Warshaw PR. User Acceptance of Computer Technology: A Comparison of Two Theoretical Models. Management Science. 1989;35:982–1003. doi:10.1287/mnsc.35.8.982.

60. Holden RJ, Karsh B-T. The technology acceptance model: its past and its future in health care. J Biomed Inform. 2010;43:159–72. doi:10.1016/j.jbi.2009.07.002.
61. Zweifach SM, Triola MM. Extended Reality in Medical Education: Driving Adoption through Provider-Centered Design. Digit Biomark. 2019;3:14–21. doi:10.1159/000498923.
62. Fussell SG, Truong D. Using virtual reality for dynamic learning: an extended technology acceptance model. Virtual Reality. 2022;26:249–67. doi:10.1007/s10055-021-00554-x.
63. Sagnier C, Loup-Escande E, Lourdeaux D, Thouvenin I, Valléry G. User Acceptance of Virtual Reality: An Extended Technology Acceptance Model. Int J Hum Comput Interact. 2020;36:993–1007. doi:10.1080/10447318.2019.1708612.
64. Manis KT, Choi D. The virtual reality hardware acceptance model (VR-HAM): Extending and individuating the technology acceptance model (TAM) for virtual reality hardware. Journal of Business Research. 2019;100:503–13. doi:10.1016/j.jbusres.2018.10.021.
65. Antonietti C, Cattaneo A, Amenduni F. Can teachers' digital competence influence technology acceptance in vocational education? Computers in Human Behavior. 2022;132:107266. doi:10.1016/j.chb.2022.107266.
66. Ziefle M, Schaar AK. Technical Expertise and Its Influence on the Acceptance of Future Medical Technologies: What Is Influencing What to Which Extent? In: Leitner G, Hitz M, Holzinger A, Hrsg. HCI in Work and Learning, Life and Leisure. Berlin, Heidelberg: Springer Nature; 2010. S. 513–529. doi:10.1007/978-3-642-16607-5_40.
67. Hauk N, Hüffmeier J, Krumm S. Ready to be a Silver Surfer? A Meta-analysis on the Relationship Between Chronological Age and Technology Acceptance. Computers in Human Behavior. 2018;84:304–19. doi:10.1016/j.chb.2018.01.020.
68. Liaw SY, Choo T, Wu LT, Lim WS, Choo H, Lim SM, et al. "Wow, woo, win"-Healthcare students' and facilitators' experiences of interprofessional simulation in three-dimensional virtual world: A qualitative evaluation study. Nurse Educ Today. 2021;105:105018. doi:10.1016/j.nedt.2021.105018.
69. Weisflog W, Böckel A. Ein studentischer Blick auf den Digital Turn: Auswertung einer bundesweiten Befragung von Studierenden für Studierende. Essen; 2020.
70. Wu Q, Wang Y, Lu L, Chen Y, Long H, Wang J. Virtual Simulation in Undergraduate Medical Education: A Scoping Review of Recent Practice. Front Med (Lausanne). 2022;9:855403. doi:10.3389/fmed.2022.855403.
71. Mok T-N, Chen J, Pan J, Ming W-K, He Q, Sin T-H, et al. Use of a Virtual Reality Simulator for Tendon Repair Training: Randomized Controlled Trial. JMIR Serious Games. 2021;9:e27544. doi:10.2196/27544.
72. McGrath JL, Taekman JM, Dev P, Danforth DR, Mohan D, Kman N, et al. Using Virtual Reality Simulation Environments to Assess Competence for Emergency Medicine Learners. Academic Emergency Medicine. 2018;25:186–95. doi:10.1111/acem.13308.

73. Kolecki R, Pręgowska A, Dąbrowa J, Skuciński J, Pulanecki T, Walecki P, et al. Assessment of the utility of Mixed Reality in medical education. Translational Research in Anatomy. 2022;28:100214. doi:10.1016/j.tria.2022.100214.
74. Hense J, Goertz L. Monitor Digitalisierung 360°. 2023. https://hochschulforumdigitalisierung.de/sites/default/files/dateien/HFD_AP_68_Monitor_Digitalisierung.pdf. Letzter Zugriff 24 Jul 2023.
75. Speidel R, Schneider A, Körner J, Grab-Kroll C, Öchsner W. Did video kill the XR star? Digital trends in medical education before and after the COVID-19 outbreak from the perspective of students and lecturers from the faculty of medicine at the University of Ulm. GMS J Med Educ. 2021;38:Doc101. doi:10.3205/zma001497.
76. Walter S, Speidel R, Hann A, Leitner J, Jerg-Bretzke L, Kropp P, et al. Skepticism towards advancing VR technology - student acceptance of VR as a teaching and assessment tool in medicine. GMS J Med Educ. 2021;38:Doc100. doi:10.3205/zma001496.
77. Speidel R, Schneider A, Walter S, Grab-Kroll C, Oechsner W. Immersive medium for early clinical exposure – knowledge acquisition, spatial orientation and the unexpected role of annotation in 360° VR photos. GMS J Med Educ 2023. doi:10.3205/zma001590.
78. Speidel R, Felder E, Schneider A, Öchsner W. Virtual reality against Zoom fatigue? A field study on the teaching and learning experience in interactive video and VR conferencing. GMS J Med Educ 2023. doi:10.3205/zma001601.
79. Ghebreyesus TA. WHO Director-General's opening remarks at the media briefing on COVID-19. Genf; 11.03.2020.
80. Alt P-A. HRK-Präsident zu den Auswirkungen der Corona-Pandemie auf die Hochschulen; 13.03.2020.
81. Persike M, Friedrich J-D. Lernen mit digitalen Medien aus Studierendenperspektive: Sonderauswertung aus dem CHE Hochschulranking für die deutschen Hochschulen. 2016. https://www.che.de/download/hfd_ap_nr_17_lernen_mit_digitalen_medien_aus_studierendenperspektive-pdf/?wpdmdl=10546&ind=5d1a08d777ccc. Letzter Zugriff 24 Jul 2023.
82. Kuhn S, Frankenhauser S, Tolks D. Digitale Lehr- und Lernangebote in der medizinischen Ausbildung: Schon am Ziel oder noch am Anfang? Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz. 2018;61:201–9. doi:10.1007/s00103-017-2673-z.
83. Tolks D. eLearning in der medizinischen Aus-, Weiter- und Fortbildung. In: Fischer F, Krämer A, Hrsg. eHealth in Deutschland. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2016. S. 223–239. doi:10.1007/978-3-662-49504-9_11.
84. Dillon JD. LearnGeek Hype Cycle for Emerging Workplace Learning Concepts. 2020. https://www.learningguild.com/articles/in-real-life-the-l-d-hype-cycle-continues. Letzter Zugriff 24 Jul 2023.
85. Brown M, McCormack M, Reeves J, Brooks DC, Grajek S, Alexander B, et al. 2020 EDUCAUSE Horizon Report: Teaching and Learning Edition. 2020. https://library.educause.edu/-

/media/files/library/2020/3/2020_horizon_report_pdf.pdf?la=en&hash=08A92C17998E8113BCB15DCA7BA1F467F303BA80. Letzter Zugriff 24 Jul 2023.
86. Comité Permanent Des Médecins Européens (CPME). CPME Policy on Digital Competencies for Doctors. Brüssel; 2020.
87. Foadi N, Koop C, Behrends M. Medizinische Ausbildung: Welche digitalen Kompetenzen braucht der Arzt? Dtsch Arztebl. 2020;117:596–600.
88. Garrett B, Taverner T, Gromala D, Tao G, Cordingley E, Sun C. Virtual Reality Clinical Research: Promises and Challenges. JMIR Serious Games. 2018;6:e10839. doi:10.2196/10839.
89. Sharma D, Bhaskar S. Addressing the Covid-19 Burden on Medical Education and Training: The Role of Telemedicine and Tele-Education During and Beyond the Pandemic. Front Public Health. 2020;8:589669. doi:10.3389/fpubh.2020.589669.
90. Pottle J. Virtual reality and the transformation of medical education. Future Healthc J. 2019;6:181–5. doi:10.7861/fhj.2019-0036.
91. Carty I, Shah R. The use of virtual reality simulation to facilitate surgical ward-based learning in medical students during the COVID-19 Pandemic. Pakistan Journal of Medical Sciences. 2021;37:609. doi:10.12669/pjms.37.2.4118.
92. Pfeil A, Marcus F, Hoffmann T, Klemm P, Oelzner P, Müller-Ladner U, et al. OP0075 Evaluation of a Virtual Reality Teaching Concept for Medical Students During the SARS-Cov-2 Pandemic. Annals of the Rheumatic Diseases. 2021;80:40. doi:10.1136/annrheumdis-2021-eular.2578.
93. Pallavicini F, Pepe A, Clerici M, Mantovani F. Virtual Reality Applications in Medicine During the COVID-19 Pandemic: Systematic Review. JMIR Serious Games. 2022;10:e35000. doi:10.2196/35000.
94. Birrenbach T, Zbinden J, Papagiannakis G, Exadaktylos AK, Müller M, Hautz WE, Sauter TC. Effectiveness and Utility of Virtual Reality Simulation as an Educational Tool for Safe Performance of COVID-19 Diagnostics: Prospective, Randomized Pilot Trial. JMIR Serious Games. 2021;9:e29586. doi:10.2196/29586.
95. Cecil J, Kauffman S, Gupta A, McKinney V, Miguel Pirela-Cruz MD. Design of a Human Centered Computing (HCC) based Virtual Reality Simulator to train First Responders Involved in the COVID-19 Pandemic. In: 2021 IEEE International Systems Conference (SysCon); 4/15/2021 - 5/15/2021; Vancouver, BC, Canada: IEEE; 2021. S. 1–7. doi:10.1109/SysCon48628.2021.9447090.
96. Tsekhmister YV, Konovalova T, Tsekhmister BY, Agrawal A, Ghosh D. Evaluation of Virtual Reality Technology and Online Teaching System for Medical Students in Ukraine During COVID-19 Pandemic. International Journal of Emerging Technologies in Learning. 2021;16:127–39. doi:10.3991/ijet.v16i23.26099.
97. Mergen M, Meyerheim M, Graf N. Towards Integrating Virtual Reality into Medical Curricula: A Single Center Student Survey. Education Sciences. 2023;13:477. doi:10.3390/educsci13050477.
98. Dellazizzo L, Potvin S, Luigi M, Dumais A. Evidence on Virtual Reality-Based Therapies for Psychiatric Disorders: Meta-Review of Meta-Analyses. J Med Internet Res. 2020;22:e20889. doi:10.2196/20889.

99. Goudman L, Jansen J, Billot M, Vets N, Smedt A de, Roulaud M, et al. Virtual Reality Applications in Chronic Pain Management: Systematic Review and Meta-analysis. JMIR Serious Games. 2022;10:e34402. doi:10.2196/34402.
100. Spiegel JS. The Ethics of Virtual Reality Technology: Social Hazards and Public Policy Recommendations. Sci Eng Ethics. 2018;24:1537–50. doi:10.1007/s11948-017-9979-y.
101. Velev D, Zlateva P. Virtual Reality Challenges in Education and Training. IJLT. 2017;3:33–7. doi:10.18178/ijlt.3.1.33-37.
102. Zender R, Weise M, von der Heyde M, Söbke H. Lehren und Lernen mit VR und AR – Was wird erwartet? Was funktioniert? In: Krömker D, Schroeder U, Hrsg. DeLFI; 10.-12.09.2018; Frankfurt am Main. Bonn: Köllen; 2018. S. 1–12.
103. Frithioff A, Frendø M, Mikkelsen PT, Sørensen MS, Andersen SAW. Ultra-high-fidelity virtual reality mastoidectomy simulation training: a randomized, controlled trial. Eur Arch Otorhinolaryngol. 2020;277:1335–41. doi:10.1007/s00405-020-05858-3.
104. Rangarajan K, Davis H, Pucher PH. Systematic Review of Virtual Haptics in Surgical Simulation: A Valid Educational Tool? Journal of Surgical Education. 2020;77:337–47. doi:10.1016/j.jsurg.2019.09.006.
105. Mirchi N, Bissonnette V, Yilmaz R, Ledwos N, Winkler-Schwartz A, Del Maestro RF. The Virtual Operative Assistant: An explainable artificial intelligence tool for simulation-based training in surgery and medicine. PLoS ONE. 2020;15:e0229596. doi:10.1371/journal.pone.0229596.
106. Veneziano D, Cacciamani G, Rivas JG, Marino N, Somani BK. VR and machine learning: novel pathways in surgical hands-on training. Current opinion in urology. 2020;30:817–22. doi:10.1097/MOU.0000000000000824.
107. Shorey S, Ang E, Yap J, Ng ED, Lau ST, Chui CK. A Virtual Counseling Application Using Artificial Intelligence for Communication Skills Training in Nursing Education: Development Study. J Med Internet Res. 2019;21:e14658. doi:10.2196/14658.
108. Talbot TB, Rizzo AS, Dubbels BR. Virtual standardized patients for interactive conversational training: A grand experiment and new approach. In: Dubbels BR, Hrsg. Exploring the Cognitive, Social, Cultural, and Psychological Aspects of Gaming and Simulations. Hershey, PA: IGI Global; 2019. S. 333. doi:10.4018/978-1-5225-7461-3.ch003.
109. Malone M, San Miguel C, Leung C, Danforth D, Maicher K, Vakil J, et al. Virtual Reality Simulation to Assess EPA-10 in Fourth-Year Medical Students. Annals of Emergency Medicine. 2022;80:149-150.
110. Castro D, McQuinn A. The Privacy Panic Cycle: A Guide to Public Fears About New Technologies. 2015. https://www2.itif.org/2015-privacy-panic.pdf. Letzter Zugriff 24 Jul 2023.
111. Tursø-Finnich T, Jensen RO, Jensen LX, Konge L, Thinggaard E. Virtual Reality Head-Mounted Displays in Medical Education: A Systematic Review. Simul Healthc. 2023;18:42–50. doi:10.1097/SIH.0000000000000636.

112. Kane D, Ryan G, Mangina E, McAuliffe FM. A randomized control trial of a virtual reality learning environment in obstetric medical student teaching. Int J Med Inform. 2022;168:104899. doi:10.1016/j.ijmedinf.2022.104899.
113. Cheung VYT, Tang YM, Chan KKL. Medical students' perception of the application of a virtual reality training model to acquire vaginal examination skills. Int J Gynecol Obstet. 2023;161:827–32. doi:10.1002/ijgo.14670.
114. Brivio E, Serino S, Negro Cousa E, Zini A, Riva G, Leo G de. Virtual reality and 360° panorama technology: a media comparison to study changes in sense of presence, anxiety, and positive emotions. Virtual Reality. 2020;25:303–11. doi:10.1007/s10055-020-00453-7.
115. Milgram P, Takemura H, Utsumi A, Kishino F. Augmented reality: a class of displays on the reality-virtuality continuum. In: Das H, Hrsg. SPIE Proceedings: Telemanipulator and Telepresence Technologies; 1995. S. 282–292. doi:10.1117/12.197321.
116. Kim JS, Leathem T, Liu J. Comparing Virtual Reality Modalities and 360° Photography in a Construction Management Classroom. In: Sulbaran T, Hrsg. ASC Annual International Conference; 10.04.-13.04.19; Denver. Cheyenne, WY: Associated Schools of Construction; 2019. S. 221–228.
117. Hegarty M, Waller D. A dissociation between mental rotation and perspective-taking spatial abilities. Intelligence;32:175–91. doi:10.1016/j.intell.2003.12.001.
118. Klepsch M, Schmitz F, Seufert T. Development and Validation of Two Instruments Measuring Intrinsic, Extraneous, and Germane Cognitive Load. Front Psychol. 2017;8:1997. doi:10.3389/fpsyg.2017.01997.
119. Kennedy RS, Lane NE, Berbaum KS, Lilienthal MG. Simulator Sickness Questionnaire: An Enhanced Method for Quantifying Simulator Sickness. The International Journal of Aviation Psychology. 1993;3:203–20. doi:10.1207/s15327108ijap0303_3.
120. Hartmann T, Wirth W, Schramm H, Klimmt C, Vorderer P, Gysbers A, et al. The Spatial Presence Experience Scale (SPES). Journal of Media Psychology. 2016;28:1–15. doi:10.1027/1864-1105/a000137.
121. Leahy W, Sweller J. Cognitive load theory, modality of presentation and the transient information effect. Appl. Cognit. Psychol. 2011;25:943–51. doi:10.1002/acp.1787.
122. Bailenson JN. Nonverbal overload: A theoretical argument for the causes of Zoom fatigue. Technology, Mind, and Behavior. 2021;2:1–16. doi:10.1037/tmb0000030.
123. Francescucci A, Rohani L. Exclusively Synchronous Online (VIRI) Learning: The Impact on Student Performance and Engagement Outcomes. Journal of Marketing Education. 2019;41:60–9. doi:10.1177/0273475318818864.
124. Umphrey LR, Wickersham JA, Sherblom JC. Student Perceptions of the Instructor's Relational Characteristics, the Classroom Communication Experience, and the Interaction Involvement in Face-to-Face versus Video Conference Instruction. Communication Research Reports. 2008;25:102–14. doi:10.1080/08824090802021954.

125. Bailenson J. Transformed Social Interaction in Collaborative Virtual Environments. In: Messaris P, Humphreys L, Hrsg. Transformations in Human Communication. New York, Oxford: Peter Lang; 2006. S. 255–264.
126. Matthews B, See ZS, Day J. Crisis and extended realities: remote presence in the time of COVID-19. Media International Australia. 2021;178:198–209. doi:10.1177/1329878X20967165.
127. Schoenenberg K, Raake A, Koeppe J. Why are you so slow? – Misattribution of transmission delay to attributes of the conversation partner at the far-end. International Journal of Human-Computer Studies. 2014;72:477–87. doi:10.1016/j.ijhcs.2014.02.004.
128. Sweller J. Cognitive load theory, learning difficulty, and instructional design. Learning and Instruction. 1994;4:295–312. doi:10.1016/0959-4752(94)90003-5.
129. Yoshimura A, Borst CW. Evaluation of Headset-based Viewing and Desktop-based Viewing of Remote Lectures in a Social VR Platform. In: Teather RJ, Joslin C, Stuerzlinger W, Figueroa P, Hu Y, Batmaz AU, et al., Hrsg: Association for Computing Machinery; 2020. S. 1–3. doi:10.1145/3385956.3422124.
130. Eriksson T. Failure and Success in Using Mozilla Hubs for Online Teaching in a Movie Production Course. In: 7th International Conference of the Immersive Learning Research Network (iLRN); 17.05.2021 - 10.06.2021; Eureka, CA, USA: IEEE; 2021. S. 1–8. doi:10.23919/iLRN52045.2021.9459321.
131. Makransky G, Terkildsen TS, Mayer RE. Adding immersive virtual reality to a science lab simulation causes more presence but less learning. Learning and Instruction. 2019;60:225–36. doi:10.1016/j.learninstruc.2017.12.007.
132. Volkmann T, Wessel D, Jochems N, Franke T. German Translation of the Multimodal Presence Scale. In: Dachselt R, Weber G, Hrsg. Mensch und Computer 2018 - Tagungsband. Bonn: Gesellschaft für Informatik e.V.; 2018. doi:10.18420/muc2018-mci-0428.
133. Reisoglu I, Topu B, Yilmaz R, Karakus Yilmaz T, Goktas Y. 3D virtual learning environments in education: A meta-review. Asia Pacific Education Review. 2017;18:81–100. doi:10.1007/s12564-016-9467-0.
134. Ozonur M, Yanpar Yelken T, Sancar Tokmak H. Social presence and motivation in online environments: Second Life versus the Enocta Learning Management System/Adobe Connect. AJET. 2018;34:1–14. doi:10.14742/ajet.3128.
135. Mystakidis S, Berki E, Valtanen J-P. Deep and Meaningful E-Learning with Social Virtual Reality Environments in Higher Education: A Systematic Literature Review. Applied Sciences-Basel. 2021;11:1–25. doi:10.3390/app11052412.
136. Mystakidis S, Berki E, Valtanen J. Designing and Implementing a Big Open Online Course by Using a 3D Virtual Immersive Environment - Lessons Learned. In: Gómez Chova L, López Martínez A, Candel Torres I, Hrsg. Barcelona: IATED Academy; 2017. S. 8070–8079. doi:10.21125/edulearn.2017.0487.
137. Beltrán Sierra LM, Gutiérrez RS, Garzón-Castro CL. Second Life as a support element for learning electronic related subjects: A real case. Computers & Education. 2012;58:291–302. doi:10.1016/j.compedu.2011.07.019.

138. Burgess ML, Slate JR, Rojas-LeBouef A, LaPrairie K. Teaching and learning in Second Life: Using the Community of Inquiry (CoI) model to support online instruction with graduate students in instructional technology. The Internet and Higher Education. 2010;13:84–8. doi:10.1016/j.iheduc.2009.12.003.
139. Z. Schiller S, Mennecke BE, Nah FF-H, Luse A. Institutional boundaries and trust of virtual teams in collaborative design: An experimental study in a virtual world environment. Computers in Human Behavior. 2014;35:565–77. doi:10.1016/j.chb.2014.02.051.
140. Tapsis N, Tsolakidis K, Vitsilaki C. Virtual Worlds and Course Dialogue. American Journal of Distance Education. 2012;26:96–109. doi:10.1080/08923647.2012.655053.
141. Taylor MJ, Shikaislami C, McNicholas C, Taylor D, Reed J, Vlaev I. Using virtual worlds as a platform for collaborative meetings in healthcare: a feasibility study. BMC Health Services Research. 2020;20:1–10. doi:10.1186/s12913-020-05290-7.
142. Lorenzo-Alvarez R, Rudolphi-Solero T, Ruiz-Gomez MJ, Sendra-Portero F. Medical Student Education for Abdominal Radiographs in a 3D Virtual Classroom Versus Traditional Classroom: A Randomized Controlled Trial. AJR Am J Roentgenol. 2019;213:644–50. doi:10.2214/AJR.19.21131.
143. Englund C, Gustafsson M, Gallego G. Pharmacy Students' Attitudes and Perceptions of "Virtual Worlds" as an Instructional Tool for Clinical Pharmacy Teaching. Pharmacy. 2017;5:1–11. doi:10.3390/pharmacy5010005.
144. Clark RE. Reconsidering Research on Learning from Media. Review of Educational Research. 1983;53:445. doi:10.2307/1170217.
145. Beams R, Brown E, Cheng W-C, Joyner JS, Kim AS, Kontson K, et al. Evaluation Challenges for the Application of Extended Reality Devices in Medicine. J Digit Imaging. 2022;35:1409–18. doi:10.1007/s10278-022-00622-x.
146. Foadi N, Varghese J. Digital competence - A Key Competence for Todays and Future Physicians. J Eur CME. 2022;11:2015200. doi:10.1080/21614083.2021.2015200.
147. Wiecha J, Heyden R, Sternthal E, Merialdi M. Learning in a virtual world: experience with using second life for medical education. J Med Internet Res. 2010;12:e1. doi:10.2196/jmir.1337.

ANHANG

Publikation 1

Speidel R, Schneider A, Körner J, Grab-Kroll C, Öchsner W. Did video kill the XR star? Digitale Trends in der Medizinischen Lehre vor und nach dem Ausbruch von COVID-19 aus Sicht der Studierenden und Dozierenden der Medizinischen Fakultät Ulm. GMS J Med Educ. 2021;38(6):Doc101. doi: 10.3205/zma001497

© Speidel et al. 2021

Dieser Artikel wurde ursprünglich im GMS Journal for Medical Education veröffentlicht und steht als Open-Access-Artikel unter den Lizenzbedingungen der Creative Commons Attribution 4.0 License (CC BY). Lizenz-Angaben: http://creativecommons.org/licenses/by/4.0

Eigenanteil:

- Allgemeine Anteile:
  - Verfassen des Manuskripts
  - Erstellen der Grafiken und Tabellen
  - Datenanalyse
- Anteile ab dem 2. Messzeitpunkt:
  - Recherche
  - Fragebogenkonstruktion
  - Datenerhebung und -bereinigung

Did video kill the XR star? Digital trends in medical education before and after the COVID-19 outbreak from the perspective of students and lecturers from the faculty of medicine at the University of Ulm

Robert Speidel[1]
Achim Schneider[2]
Jasmin Körner[1]
Claudia Grab-Kroll[2]
Wolfgang Öchsner[3]

1 University of Ulm, Faculty of Medicine, Office of the Dean of Studies, Competence Center eEducation in Medicine, Ulm, Germany

2 University of Ulm, Faculty of Medicine, Office of the Dean of Studies, Ulm, Germany

3 University Hospital Ulm, Cardioanesthesiology, Ulm, Germany

Abstract

Aim: Using a comparison of digital teaching in medicine before and after the COVID-19 outbreak, the aim of the study was to examine how ad hoc digitization has changed (1) the design of digital teaching, (2) the attitudes toward and the capabilities of digital teaching and learning and (3) the future importance of individual digital teaching elements.
Methods: Students and lecturers from the Medical Faculty of Ulm were asked to voluntarily participate in online surveys during the summer semesters of 2019 and 2020. The data was subsequently analyzed from a longitudinal and cross-sectional view descriptively as well as by using t-tests and Chi^2-tests. In addition, using regression analyses, the results were controlled for associations with age, study progress, and media affinity.
Results: In the summer semester 2019, 163 students (6.1% response rate) and 56 lecturers (11.5%) participated in the surveys. In the following year, the participation increased to 285 students (10.4%) and 64 lecturers (12.8%). Video-based teaching elements such as videoconferencing and lecture recordings were increasingly used after the COVID-19 outbreak and considered more significant for future teaching. In contrast, virtual reality, augmented reality and 360°-videos, grouped under the term extended reality (XR), are descriptively becoming less important. Most lecturers would like to teach more digitally even after the pandemic but fear a decrease in learning effectiveness and contact with students, who tend to prefer asynchronous learning opportunities.
Conclusion: Video-based teaching elements proved to be a low-threshold and time-efficient solution during the lockdown and were also recommended for future use. The XR technology has been put on the back burner for the time being, but in view of the increased digital teaching motivation and capabilities, it can be assumed that lecturers will recognize and use the potential of XR as soon as they have the freedom to design innovative teaching again.

Keywords: medical education, digital teaching, e-learning, future

1. COVID-19 and digital teaching in medicine

In mid-March 2020, federal and state representatives, together with universities, decided to suspend face-to-face teaching as much as possible to contain the spread of the COVID-19 pathogen [1]. Medical schools were thus faced with the challenge of offering most of the upcoming summer semester online. Within weeks, entire courses had to be converted to online formats with digital learning materials. As a result of this unprecedented ad-hoc transition, the digital medical education component is likely to be higher after the pandemic [2], [3]. Whether this push for digitization means that established or novel technologies will be increasingly used depends primarily on how digital solutions have performed during the lockdown. To discern a possible trend reversal, a comparison must be made between teaching before and after the COVID-19 outbreak.

In medicine, digital teaching before COVID-19 was mainly characterized by the use of traditional digital media [4], [5], which, in most cases, played a minor role as an optional addition to the curriculum [6]. Learning management systems such as Moodle were used to communicate and share written (e.g., lecture notes and slides) and video-based data (e.g., lecture recordings and instructional videos). In contrast to other degree programs, electronic examination systems were also increasingly used in medicine for summative learning assessments (e.g., tablet-based OSCE). In contrast, new technologies such as extended reality (XR), which combines virtual reality (VR), augmented reality (AR) and immersive 360°-videos, were still in the pilot phase. However, XR was seen as having great potential, especially since it facilitates learning and collaboration in simulations independent of time and location. For example, just days before the lockdown, the Horizon Report [7] predicted that the hype around XR [8] would be followed by its increased use for teaching purposes [9], [10], [11].

How digital teaching is designed and how successful it is depends, in particular, on the digital competence of the lecturers [5]. Without referring to current empirical evidence, it is commonly assumed that the medical teaching staff has significant knowledge gaps and uncertainties in dealing with digital technologies [12], [13]. In contrast, students, who, as "digital natives", have largely grown up with the technological advances, tend to be familiar with digital media but rarely use them actively on their own in their learning process. Most medical students use digital media for their studies only when they are a mandatory part of a course [5]. Prior to the pandemic, almost half of the medical students stated that their contact with digital technologies in the teaching context was mainly limited to traditional digital media and e-exams [4].

The COVID-19 pandemic changed the digital usage patterns of lecturers and students, which means that predictions such as those in the Horizon Report may have become less valid. Previous surveys of Corona-related online teaching at the international [14], [15] and national [16], [17] levels omit the XR technology, offer little medicine-specific insight, and are limited to the period after the SARS-CoV-2 virus outbreak. To determine the impact of COVID-19 on digital teaching in medicine, this study compares the 2019 (SS19) and 2020 (SS20) summer semesters. The longitudinal comparison is intended to answer three questions from the perspective of students and faculty:

1. How has the use of individual digital teaching elements changed?
2. How have the attitudes toward and the capabilities of digital teaching and learning changed?
3. How has the importance of individual digital teaching elements changed for the future?

2. Method

In order to investigate these questions, all students and lecturers from the study programs in human and dental medicine at the Medical Faculty of Ulm were asked twice via circular mail to voluntarily participate in online surveys before and after the outbreak of COVID-19 (see table 1). The surveys in the SS20 repeated the questions from the previous year and added individual items regarding the effects of ad-hoc digitization (e.g., *"I gained technical know-how by switching to online teaching in the summer semester 2020."*). The items used were developed after a relevant literature review on the basis of general survey development guidelines [18], [19] and were checked for validity by subject matter experts from medicine, media didactics, and statistics. Participants answered the self-generated items in either a binary form (*"yes"* or *"no"*), as a percentage or with the help of 5-point Likert-type scales (e.g., *"disagree"* to *"agree"*). Sample items being cited throughout the text refer to the latter response format. Because the surveys were conducted anonymously, an individual case assignment between measurement points is not possible. The normally distributed data was descriptively analyzed longitudinally (SS19 vs. SS20) and cross-sectionally (faculty vs. students) and by using t tests and Chi^2 tests inferentially. In addition, using linear regression analyses, the SS20 results were controlled for influences of the variables age, semester, and media affinity.

Parallel to the research questions, the results are presented in three sections, each subdivided into lecturers and students. The section (1) "digital teaching design" contains information from the lecturers about the proportion of digital teaching, the teaching elements used, and the resource of time (e.g., *"I don't have enough time to deal with digital teaching."*). The students rated the usefulness of the teaching elements that were utilized and provided information about their learning behavior (e.g., *"I obtained further learning content on my own."*).

In the second section, the (2) "attitude toward and the capabilities of digital teaching" are reported. Lecturers indicated, among other things, the subjective added value

Table 1: Sample description

Group	Semester	Survey period	Total	Return rate	Study program			Age[a]		Teaching experience[a], or semester	
					Human Medicine	Dentistry	N/A	*M*	*SD*	*M*	*SD*
Lecturer	SS19	Sept. '19	56	11.5%	[b]	[b]	56	48.0	10.0	13.7	9.5
	SS20	Jul - Aug. '20	64	12.8%	60	22	0	48.9	9.9	15.7	10.2
Students	SS19	Apr. - May '19	163	6.1%	136	25	2	23.6	4.5	5.6	3.3
	SS20	Aug. '20	285	10.4%	254	30	1	23.3	3.7	5.4	2.7

[a] In years
[b] Only lecturers in human medicine and/or dentistry were invited to participate; in the SS19, however, the study program was not surveyed.

and effort of digital teaching (e.g., *"Creating a digital learning unit is more time-consuming and difficult for me than preparing a face-to-face event."*). Students compared the digital learning process with face-to-face teaching (e.g., *"It is more difficult for me to learn from digital learning units than learning in a face-to-face setting."*). Students and lecturers assessed the gain in media technology know-how and the fit of individual learning objectives for digital teaching.

The third section looks at the (3) "future of digital teaching". Lecturers and students assessed whether the proportion of digital teaching has increased in a sustainable manner and which teaching elements would play a significant role in future teaching (*"How important do you consider the use of the following teaching and learning applications for the future?"*).

3. Results

3.1. Digital teaching design

3.1.1. Lecturers

With regard to their total teaching load, 50% of the lecturers in the SS19 had assessed the digital portion of their teaching as (rather) low, while 21% had assessed it as (rather) high. Prior to COVID-19, this digital teaching component mainly consisted of supplementary teaching materials such as sets of slides and educational videos. Lecture recordings and web-based communication via video conference or discussion forums still played a subordinate role (see figure 1).

In the online teaching during the SS20, lecturers were able to deliver an average of 67% (*SD*=23) of their teaching load digitally. In this ad-hoc digitization, lecturers in the SS20 (*M*=3.46, *SD*=1.23) had significantly more time for digital teaching ($t(118)=2.47$, $p=.015$, $d=.45$) than in the previous year (*M*=2.89, *SD*=1.30). In addition to providing supplementary teaching materials, the time available was particularly invested in lecture recordings ($X^2(1)=21.18$, $p<.001$, $\varphi=.42$) and communication via videoconference or discussion forums ($X^2(1)=17.87$, $p<.001$, $\varphi=.40$), which were used significantly more often compared to the previous year (see figure 1).

3.1.2. Students

In the SS20, students rated the usefulness of the teaching elements used and indicated a preference for asynchronous teaching. Learning materials such as lecture recordings and slide sets that can be accessed regardless of time and location were descriptively considered more useful than online events on fixed dates (see figure 2). The students stated they had worked on the self-study tasks provided (*M*=4.34, *SD*=.93) and had partly supplemented them with external learning materials (*M*=3.69, *SD*=1.34). The medicine-specific learning platform "Amboss" was most frequently visited for external learning content (85%).

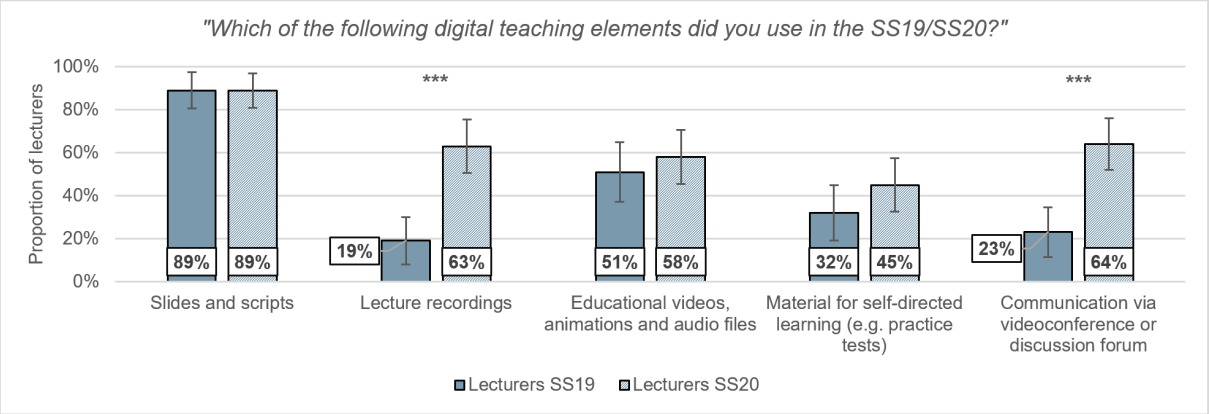
3.2. Attitude toward and capabilities of digital teaching

3.2.1. Lecturers

Many lecturers had considered digital teaching an enrichment in the SS19 (*M*=4.18, *SD*=.94). This assessment did not change in the second survey (*M*=4.22, *SD*=.92). Nevertheless, 53% of lecturers said in the SS20 that they value digital teaching more than in the previous year, and 58% felt motivated to make their teaching more digital even after the pandemic. Nevertheless, 53% of the lecturers estimated the learning effect in the digital SS20 to be lower than in the regular teaching in the SS19 (see figure 3). The fact that digital teaching was accompanied by limited contact with students was also noticed significantly more in the SS20 (*M*=4.50, *SD*=.84) ($t(118)=7.45$, $p<.001$, $d=1.36$) than in the SS19 (*M*=3.12, *SD*=1.12).

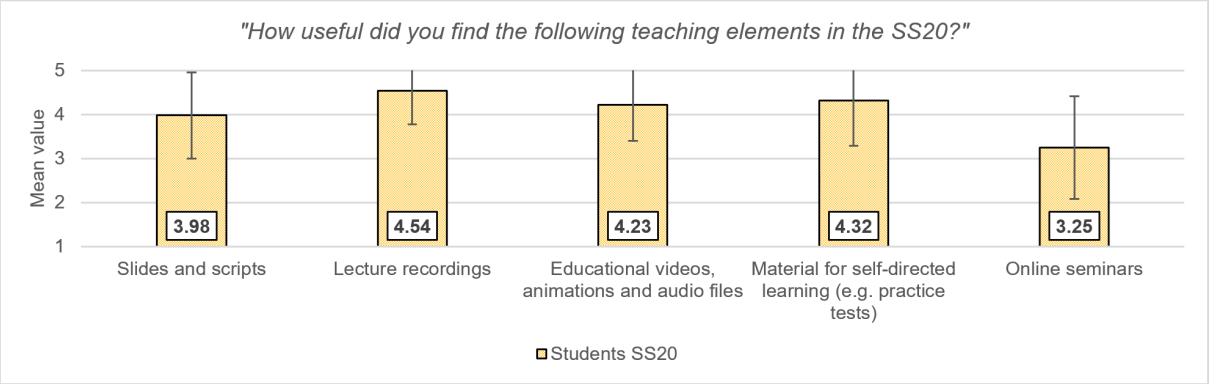
In the SS20, the lecturers saw the added value of digital teaching primarily in the transfer of theoretical knowledge and media competence. Practical skills and social competence, on the other hand, were deemed unsuitable as subject matters for digital teaching (see figure 4).

As a result of the switch to online teaching, 77% of the lecturers also stated that they had gained in know-how in media technology. An indication of this gain is that the complexity of digital teaching was assessed significantly lower in the SS20 (*M*=2.11, *SD*=1.07) ($t(118)=2.05$, $p=.042$, $d=.38$) than in in SS19 (*M*=2.54, *SD*=1.21). Nevertheless, the lecturers in the SS20 estimated the effort required for an online course to be higher than for a face-to-face course. This applied both to the creation (*M*=4.03, *SD*=1.12) and to the supervision (*M*=3.59, *SD*=1.24) of online courses.



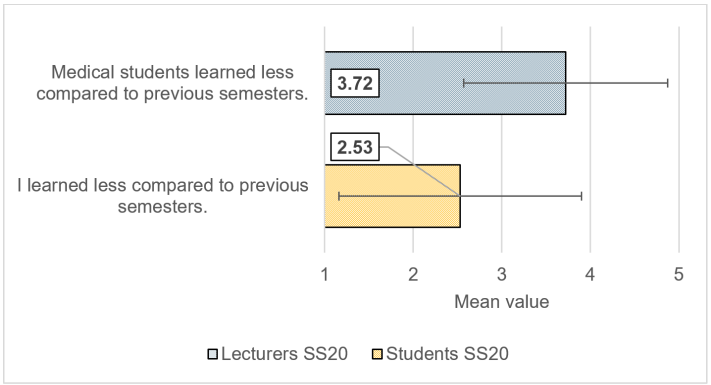
Note: 95%-CI error bars. *p<.05. **p<.01. ***p<.001

Figure 1: Percentage use of teaching elements



Note. Response scale from 1 *("not at all useful")* to 5 *("very useful")*. +/- 1 SD error bars.

Figure 2: Subjective usefulness of teaching elements used



Note: Response scale from 1 ("*strongly disagree*") to 5 ("*strongly agree*"). +/- 1 SD error bars.

Figure 3: Subjective learning effectiveness

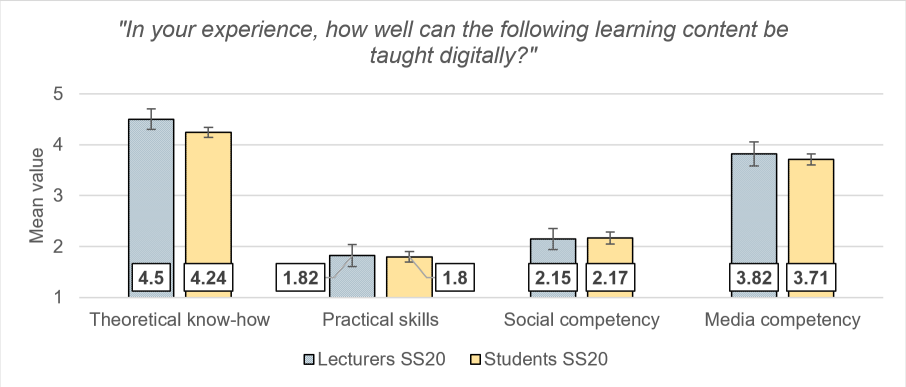
3.2.2. Students

Overall, students in the SS20 were undecided as to whether they found learning more difficult in a digital course unit than in a face-to-face course (*M*=2.92, *SD*=1.28), but only 28% felt that they had learned less in the digital SS20 than in the previous, predominantly analog semester (see figure 3). For 46% of the students, the motivation for their studies was weaker than in the previous semester, and they estimated their gain in media technology know-how (*M*=2.59, *SD*=1.14) significantly lower as compared to the lecturers (*t*(347)=9.20, *p*<.001, *d*=1.27). In line with the lecturers, they saw the strength of digital teaching in the transfer of theoretical knowledge and media skills (see figure 4).

3.3. Future of digital teaching

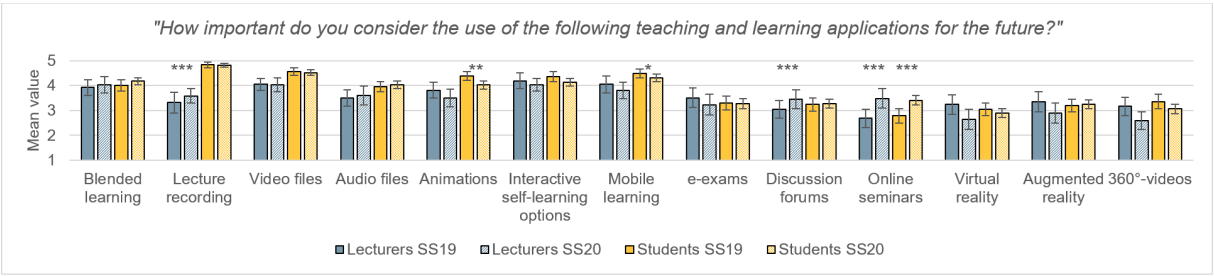
3.3.1. Lecturers

With regard to future digital teaching, the lecturers in the SS19 considered supplementary teaching materials such as interactive self-learning options (e.g. online lessons),



Note: Response scale from 1 ("*very poorly*") to 5 ("*very well*"). 95%-CI error bars.

Figure 4: Suitable learning objectives for digital teaching



Note. Response scale from 1 ("*unimportant*") to 5 ("*important*"). 95%-CI error bars. Significant cross-sectional comparisons are not marked. *p<.05. **p<.01. ***p<.001

Figure 5: Future significance of individual teaching elements

educational videos and mobile learning to be particularly important. Accordingly, they predicted a high relevance for the corresponding didactic concept of blended learning. The new XR technologies VR, AR and 360°-videos were predicted to make a moderate contribution to teaching. Online seminars seemed to be rather insignificant to them (see figure 5).

During the restrictions of the Corona pandemic in the SS20, online seminars (t(115)=5.35, p<.001, d=.99), lecture recordings (t(118)=2.56, p<.012, d=.47) and discussion forums (t(112)=2.17, p=.032, d=.41) gained significantly in importance among lecturers. That the latter will replace traditional lectures in lecture halls was assumed by 28% of the lecturers. All other teaching elements – with the exception of audio files and the teaching concept of blended learning – descriptively lost significance (see figure 5). This also applies, to a non-significant extent, to VR (t(102)=1.77, p=.079, d=.35), 360°-videos (t(94)=1.21, p<.229, d=.25) and AR (t(104)=1.06, p=.290, d=.21). Nevertheless, 84% of the lecturers estimated the future proportion of digital teaching in medical studies to be higher than before the pandemic.

3.3.2. Students

Similar to the lecturers, the students before COVID-19 estimated that in the future supplementary teaching materials would play the most significant role in digital teaching designed as blended learning (see figure 5). They did, however, attribute a higher importance to mobile learning (t(214)=3.42, p<.001, d=.54), video files (t(211)=3.90, p<.001, d=.61), audio files (t(208)=3.85, p<.001, d=.61), animations (t(207)=3.94, p<.001, d=.62) and especially lecture recordings (t(213)=11.58, p<.001, d=1.80) than the lecturers. They considered e-exams (t(202)=2.19, p=.03, d=1.21) to be less relevant, however. Like the lecturers, they attributed moderate importance to the XR elements for future teaching.

With regard to the experience during the online semester 2020, the future expectations of students differed (see figure 5). Online seminars increased significantly in importance (t(414)=5.39, p<.001, d=.56) while animations (t(427)=2.78, p=.006, d=.28) and mobile learning (t(438)=2.36, p=.019, d=.23) decreased significantly in relevance. The immersive teaching formats of VR (t(389)=1.69, p=.091, d=.18) and 360°-videos (t(390)=1.75, p=.080, d=.18) also lost importance, although not to a significant degree. Students continued to consider lecture recordings most important with only 35% believing that they will replace traditional lectures. Compared to the lecturers in the SS20, they felt that animations (t(329)=2.74, p=.007, d=.40), mobile learning (t(339)=3.28, p<.001, d=.46), audio files (t(335)=3.59, p=.01, d=.50), video files (t(342)=3.77, p<.001, d=.53) and lecture recordings (t(345)=11.56, p<.001, d=1.6) were more important. Overall, 85% of students expected that the percentage of online teaching would be higher after the Corona crisis than before.

Table 2: Linear regression analyses with the control variables age, semester, and media affinity

Group	IV	DV	*β*	*t*	*df*	*p*
Lecturer	Age	Perception of digital teaching as enrichment	-.04	-3.27	61	.002**
		Supervision effort required for digital learning units compared to face-to-face teaching	.04	2.83	61	.006**
		Effort required to create digital learning units compared to face-to-face teaching	.04	2.67	60	.010*
	Media affinity	Complexity of the digital teaching design	-.31	-2.28	64	.026*
Students	Semester	Future importance of blended learning	.06	2.79	269	.006**
		Perception of having learned less in online teaching than in regular pre-semester teaching	.08	2.57	281	.011*
	Media affinity	Difficulty learning digitally instead of in a face-to-face teaching context	-.16	-2.21	285	.028*

*p<.05. **p<.01. ***p<.001

3.4. Age, number of semesters and media affinity as control factors in the SS20

The statements made by the SS20 lecturers are partly related to their age (see table 2). The older they were, the more likely they perceived the creation and supervision of a digital learning unit as additional effort compared to classroom teaching. The perception of digital teaching as an enrichment, on the other hand, decreases with age.

For SS20 students, age is positively related to the semester (r=.36, p<.001), but as a predictor, the semester is more appropriate contextually (see table 2). The more advanced students were in their studies, the more likely they were to feel they had learned less in an online teaching format than in the previous semester, which still mostly consisted of face-to-face teaching. The blended learning concept is also rated as more important by students in higher semesters.

Media affinity helps to clarify interindividual variance among students and lecturers (see table 2). For example, students with a high affinity for media had less difficulty learning digitally rather than face-to-face. Lecturers with a high affinity for media, on the other hand, found digital teaching less complicated.

4. Discussion

The outbreak of COVID-19 gave medical education an unprecedented digitization push. To determine how this ad hoc digitization in medicine has changed (1) the design of digital teaching, (2) attitudes toward and the capabilities of digital teaching and learning and (3) the future importance of individual digital teaching elements, we analyzed and compared the respective surveys completed by lecturers and students from the summer semesters of 2019 and 2020.

As expected, the proportion of digital teaching increased after the COVID-19 outbreak and, according to the lecturers and students interviewed, will not return to pre-pandemic levels. The increase was expressed primarily in the greater use of video-based teaching elements such as lecture recordings and online seminars, which played a much smaller role prior to the pandemic [4], [5]. This technically low-threshold solution approach was also pursued across courses at international universities [14]. Students generally accepted the resulting digital teaching that was offered but preferred asynchronously offered teaching content. The desire to determine when to learn and study seems to be particularly pronounced among medical students [20], which may be due to the high time demands of medical degree programs [21]. Due to the time pressure, medical students might prefer to learn superficially with videos and texts instead of anchoring their knowledge more deeply in time-intensive exchanges with fellow students and lecturers. Contrary to previous surveys [4], students in online studies not only passively consumed digital learning materials [5] but also independently accessed them on external platforms. Due to this independent design of the learning process, it appears that the students' digital media use became more differentiated.

The subjective value and appeal of digital teaching have also increased as a result of the lockdown, particularly among younger lecturers, which should strengthen the didactic use of digital media in the long term [5]. Across the generations, however, the limited contact with students was criticized, and a lower learning effectiveness was suspected. Lecturers may have found it difficult to assess, during digital exchanges on discussion forums or during video conferences, whether students understood the content. However, the students did not share the fear that they learned less digitally, even if their motivation for studying suffered as part of the social distancing during the SS20. Especially in the predominantly theoretical preclinical study section, digital teaching seems to be an adequate substitute; the omission of practical exercises, on the other hand, can hardly be compensated digitally.

According to lecturers and students, the future of digital teaching lies in the teaching concept of blended learning. This basic understanding did not change in the summer semester 2020 during which digital teaching was used not only as a support but also as a substitute. Especially students in the practically oriented clinical study section appreciated the synergetic combination of digital and analog teaching. By switching to online teaching, lecturers also increasingly found lecture recordings more valuable, while students had already considered them valuable prior to the pandemic. In line with the concept of blended learning, however, only a minority on both sides assumed that video recordings would replace traditional lectures.

The subjective relevance of XR technology, which was equally moderate among lecturers and students before COVID-19, descriptively decreased due to the pandemic, although XR could compensate for the deficits of digital teaching mentioned above. For example, practical and

social skills that can hardly be taught with traditional media can be trained in collaborative VR simulations despite spatial distance [9]. Furthermore, XR conferences in which lecturers and students meet virtually as 3D avatars are an alternative to the communication in discussion forums and videoconferences, which lecturers find restrictive. However, in contradiction to pre-pandemic predictions [7], [8], [9], [10], [11], the potential of XR for future teaching was rated low. One explanation for this is that VR, AR, and 360°-videos have mostly been used only for individual pilot projects [5], so there is a lack of practical experience with the technologies to recognize and exploit their didactic potential. In line with this assumption, students consider individual teaching elements more important when they are available to them in their studies [22]. Moreover, the short-term transition to online teaching left little time for the introduction of creative approaches, so lecturers preferred to use familiar, video-based teaching elements. However, the relative disregard for XR is likely to be short-lived [23], [24]. The increased motivation for digital teaching rather suggests that the interest in XR will increase as soon as lecturers have time again to design their teaching not only pragmatically but also innovatively.

Since teaching resources are unevenly distributed at German universities [25] and the design of digital teaching depends on the attitudes and media competencies of individual faculty members [5], the time course of this development will depend on the respective location. In the same vein, the transferability of the results discussed must also be viewed critically since the surveys were conducted exclusively at the Medical Faculty of Ulm and participation was moderate. By providing the only comparison to date between digital teaching before and after the COVID-19 outbreak, the results, nonetheless, offer valuable insights into the short- and possibly long-term impact of the pandemic on medical education. Whether the observed trends will continue or reverse after the return of face-to-face teaching should be examined in future surveys.

5. Conclusion

During the lockdown, video-based teaching elements such as lecture recordings and online seminars proved to be a low-threshold and time-efficient solution for lecturers and students and thus recommend themselves for future use in teaching designed as blended learning. In pure online teaching, the lecturers lacked, above all, contact with the students, who preferred asynchronous teaching despite a loss of motivation. XR technology could be a solution, but at the moment it has been pushed into the background. However, in view of the increased motivation and capabilities for digital teaching, it can be assumed that lecturers will recognize and use the potential of XR as soon as they have time to develop innovative teaching designs again.

Competing interests

The authors declare that they have no competing interests.

References

1. Hochschulrektorenkonferenz (HRK). Auflagen und Regelungen der Bundesländer für den Lehr- und Prüfungsbetrieb an Hochschulen im Sommersemester 2020 und Wintersemester 2020/21. Berlin: Hochschulrektorenkonferenz; 2020. Zugänglich unter/available from: https://www.hrk.de/themen/hochschulsystem/covid-19-pandemie-und-die-hochschulen
2. Goh PS, Sandars J. A vision of the use of technology in medical education after the COVID-19 pandemic. MedEdPublish. 2020;9(1):1-8. DOI: 10.15694/mep.2020.000049.1
3. Sideris M, Hanrahan JG, Papalois V. COVID-19 and surgical education: Every cloud has a silver lining. Ann Med Surg (Lond). 2020;58:20-21. DOI: 10.1016/j.amsu.2020.08.017
4. Persike M, Friedrich JD. Lernen mit digitalen Medien aus Studierendenperspektive. Berlin: Hochschulforum Digitalisierung; 2016. Zugänglich unter/available from: https://www.che.de/download/hfd_ap_nr_17_lernen_mit_digitalen_medien_aus_studierendenperspektive-pdf/?wpdmdl=10546&ind=5d1a08d777ccc
5. Kuhn S, Frankenhauser S, Tolks D. Digitale Lehr- und Lernangebote in der medizinischen Ausbildung: Schon am Ziel oder noch am Anfang? Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz. 2018; 61(2):201-209. DOI: 10.1007/s00103-017-2673-z
6. Tolks D. eLearning in der medizinischen Aus-, Weiter- und Fortbildung. In: Fischer F, Krämer A, editor. eHealth in Deutschland. Berlin, Heidelberg: Springer; 2016. p.223-239. DOI: 10.1007/978-3-662-49504-9_11
7. Brown M, McCormack M, Reeves J, Brooks DC, Grajek S, Alexander B, Ball M, Bulgur S, Dark S, Engelbert N, Gannon K, Gauthier A, Gibson D, Gibson R, Lundlin B, Veletsianos G, Weber N. 2020 EDUCAUSE Horizon Report: Teaching and Learning Edition. Louisville, CO: EDUCAUSE; 2020. Zugänglich unter/available from: https://library.educause.edu/-/media/files/library/2020/3/2020_horizon_report_pdf.pdf?a=en&hash=08A92C17998E8113BCB15DCA7BA1F467F303BA80
8. Dillon JD. LearnGeek Hype Cycl. LearnGeek; 2020. Zugänglich unter/available from: https://www.learngeek.co/ld-hype-cycle
9. Pottle J. Virtual reality and the transformation of medical education. Future Healthc J. 2019; 6(3):181-185. DOI: 10.7861/fhj.2019-0036
10. Tabatabai S. COVID-19 impact and virtual medical education. J Adv Med Educ Prof. 2020;8(3):140-143. DOI: 10.30476/jamp.2020.86070.1213
11. Joda T, Bornstein MM, Jung RE, Ferrari M, Waltimo T, Zitzmann NU. Recent Trends and Future Direction of Dental Research in the Digital Era. Int J Environ Res Public Health. 2020;17(6):1987. DOI: 10.3390/ijerph17061987
12. Comité Permanent Des Médecins Européens (CPME). CPME Policy on Digital Competencies for Doctors. Brüssel: CPME Board; 2020. Zugänglich unter/available from: https://www.cpme.eu/index.php?downloadunprotected=/uploads/adopted/2020/11/CPME_AD_Board_21112020_100.FINAL_.CPME_.Policy.Digital.Competencies.for_.Doctors.pdf
13. Foadi N, Koop C, Behrends M. Medizinische Ausbildung: Welche digitalen Kompetenzen braucht der Arzt? Dtsch Arztebl. 2020;117(12):596-600.

14. Fox K, Bryant G, Lin N, Srinivasan N. Time for Class COVID-19 Edition: Part 1: A National Survey of Faculty During COVID-19. Boulder, CO: Tyton Partners and Every Learner Everywhere; 2020. Zugänglich unter/available from: https://www.everylearnereverywhere.org/resources/time-for-class-covid-19-edition/

15. Means B, Neisler J; Langer Research Associates. Suddenly Online: A National Survey of Undergraduates During the COVID-19 Pandemic. San Mateo, CA: Digital Promise; 2020. DOI: 10.51388/20.500.12265/98

16. Traus A, Höffken K, Thomas S, Mangold K, Schröer W. Stu.diCo. - Studieren digital in Zeiten von Corona. Hildesheim: Universitätsverlag Hildesheim; 2020. DOI: 10.18442/150

17. Stammen KH, Ebert A. Noch online? Studierendenbefragung zur medientechnischen Ausstattung im Sommersemester 2020. Düsseldorf: Universität Düsseldorf; 2020. Zugänglich unter/available from: https://panel.uni-ue.de/assets_websites/18/StammenEbert_2020_NochOnline_Gesamtbericht.pdf

18. De Vellis RF. Scale Development: Theory and Applications. Thousand Oaks, CA: Sage Publications; 2003.

19. Menold N, Bogner K. Design of Rating Scales in Questionnaires. Gestaltung von Ratingskalen in Fragebögen. Mannheim: GESIS - Leibniz-Institut für Sozialwissenschaften; 2015. DOI: 10.15465/gesis-sg_en_015

20. Lange, R. Studierendenbefragung - technische Voraussetzungen im SoSe 2020. Göttingen: Universität Göttingen; 2020. Zugänglich unter/available from: https://www.uni-goettingen.de/de/studierendenbefragung+-+technische+voraussetzungen+im+sose+2020/626971.html

21. Multrus F, Majer S, Bargel T, Schmidt M. 13. Studierendensurvey an Universitäten und Fachhochschulen: Studiensituation und studentische Orientierungen. Bielefeld: Bertelsmann Verlag; 2017. Zugänglich unter/available from: https://www.soziologie.uni-konstanz.de/typo3temp/secure_downloads/101284/0/8f0c2b692bb060753bead044da8dfd2a4eb3a54e/Studierendensurvey_Ausgabe_13_Hauptbericht.pdf

22. Weisflog W, Böckel A. Ein studentischer Blick auf den Digital Turn: Auswertung einer bundesweiten Befragung von Studierenden für Studierende. Arbeitspapier Nr. 54. Berlin: Hochschulforum Digitalisierung; 2020. DOI: 10.5281/zenodo.4264646

23. Woolliscroft JO. Innovation in Response to the COVID-19 Pandemic Crisis. Acad Med. 2020;95(8):1140-1142. DOI: 10.1097/ACM.0000000000003402

24. Dedeilia A, Sotiropoulos MG, Hanrahan JG, Janga D, Dedeilias P, Sideris M. Medical and Surgical Education Challenges and Innovations in the COVID-19 Era: A Systematic Review. In Vivo. 2020;34(3):1603-1611. DOI: 10.21873/invivo.11950

25. Offergeld C, Ketterer M, Neudert M, Hassepaß F, Weerda N, Richter B, Traser L, Becker C, Deeg N, Knopf A, Wersarg T, Rauch AK, Jakob T, Ferver F, Lang F, Vielsmeier V, Hackenberg S, Dienstuhber M, Praetorius M, Hofauer B, Mansour N, Kuhn S, Hildenbrand T. "Ab morgen bitte online": Vergleich digitaler Rahmenbedingungen der curricularen Lehre an nationalen Universitäts-HNO-Kliniken in Zeiten von COVID-19. HNO. 2020;69:213-220. DOI: 10.1007/s00106-020-00939-5

Corresponding author:
Robert Speidel
University of Ulm, Faculty of Medicine, Office of the Dean of Studies, Competence Center eEducation in Medicine, Albert-Einstein-Allee 11c, D-89081 Ulm, Germany
robert.speidel@uni-ulm.de

Please cite as
Speidel R, Schneider A, Körner J, Grab-Kroll C, Öchsner W. Did video kill the XR star? Digital trends in medical education before and after the COVID-19 outbreak from the perspective of students and lecturers from the faculty of medicine at the University of Ulm. GMS J Med Educ. 2021;38(6):Doc101.
DOI: 10.3205/zma001497, URN: urn:nbn:de:0183-zma0014973

This article is freely available from
https://www.egms.de/en/journals/zma/2021-38/zma001497.shtml

Received: *2020-11-18*
Revised: *2021-05-27*
Accepted: *2021-06-25*
Published: *2021-09-15*

Copyright
©2021 Speidel et al. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 License. See license information at http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/.

Did video kill the XR star? Digitale Trends in der Medizinischen Lehre vor und nach dem Ausbruch von COVID-19 aus Sicht der Studierenden und Dozierenden der Medizinischen Fakultät Ulm

Robert Speidel[1]
Achim Schneider[2]
Jasmin Körner[1]
Claudia Grab-Kroll[2]
Wolfgang Öchsner[3]

1 Universität Ulm, Medizinische Fakultät, Studiendekanat, Kompetenzzentrum eEducation in der Medizin, Ulm, Deutschland

2 Universität Ulm, Medizinische Fakultät, Studiendekanat, Ulm, Deutschland

3 Universitätsklinikum Ulm, Kardioanästhesiologie, Ulm, Deutschland

Zusammenfassung

Zielsetzung: Mit einem Vergleich zwischen der digitalen Lehre in der Medizin vor und nach dem Ausbruch von Covid-19 soll untersucht werden, wie die ad-hoc Digitalisierung (1) die Gestaltung der digitalen Lehre, (2) die Einstellung und Befähigung zum digitalen Lehren und Lernen, und (3) die zukünftige Bedeutung einzelner digitaler Lehrelemente verändert hat.

Methodik: Die Studierenden und Dozierenden der Medizinischen Fakultät Ulm wurden in den Sommersemestern 2019 und 2020 gebeten, freiwillig an Online Umfragen teilzunehmen. Die Daten wurden anschließend im Längs- und Querschnitt deskriptiv sowie anhand von t- und Chi^2-Tests analysiert. Zusätzlich wurden die Ergebnisse mit Regressionsanalysen auf Zusammenhänge mit dem Alter, dem Studienfortschritt und der Medienaffinität kontrolliert.

Ergebnisse: Im Sommersemester 2019 nahmen 163 Studierende (6.1% Rücklaufquote) und 56 Dozierende (11.5%) an den Umfragen teil. Im Jahr darauf stieg die Teilnahme auf 285 Studierende (10.4%) und 64 Dozierende (12.8%). Videobasierte Lehrelemente wie Videokonferenzen und Vorlesungsaufzeichnungen wurden nach dem Ausbruch von COVID-19 verstärkt eingesetzt und für die zukünftige Lehre bedeutsamer erachtet. Virtual Reality, Augmented Reality und 360°-Videos, die im Begriff Extended Reality (XR) zusammengefasst werden, verlieren dagegen deskriptiv an Bedeutung. Die meisten Dozierenden möchten auch nach der Pandemie digitaler unterrichten, fürchten jedoch Einbußen in der Lernwirksamkeit und im Kontakt zu den Studierenden, die eher asynchrone Lernangebote präferieren.

Schlussfolgerung: Videobasierte Lehrelemente haben sich während des Lockdowns als niederschwellige und zeiteffiziente Lösung bewährt und sich auch für einen zukünftigen Einsatz empfohlen. Die XR-Technologie ist augenblicklich in den Hintergrund gerückt, mit Blick auf die gestiegene Motivation und Befähigung für das digitale Lehren ist jedoch anzunehmen, dass die Dozierenden das Potenzial von XR erkennen und nutzen werden, sobald sie wieder Freiräume für die innovative Gestaltung der Lehre haben.

Schlüsselwörter: Medizinische Ausbildung, digitale Lehre, E-Learning, Zukunft

1. COVID-19 und die digitale Lehre in der Medizin

Mitte März 2020 beschlossen die Vertreterinnen und Vertreter von Bund und Länder gemeinsam mit den Hochschulen, die Präsenzlehre weitestgehend auszusetzen, um die Ausbreitung des COVID-19-Erregers einzudämmen [1]. Die medizinischen Fakultäten sahen sich somit mit der Herausforderung konfrontiert, das bevorstehende Sommersemester größtenteils online zu halten. Innerhalb weniger Wochen mussten ganze Lehrveranstaltungen in Online Formate und digitale Lernmaterialien überführt werden. Durch diese beispiellose ad-hoc Umstellung wird der digitale Anteil in der medizinischen Ausbildung wahrscheinlich auch über die Pandemie hinaus höher sein als zuvor [2], [3]. Ob dieser Digitalisierungsschub einen verstärkten Einsatz etablierter oder neuartiger Technologien bedeutet, ist vor allem davon abhängig, wie sich die digitalen Lösungen während des Lockdowns bewährt haben. Um eine mögliche Trendwende auszumachen, muss ein Vergleich zwischen der Lehre vor und nach dem Ausbruch von Covid-19 angestellt werden.

In der Medizin zeichnete sich die digitale Lehre vor COVID-19 vor allem durch den Einsatz klassischer digitaler Medien aus [4], [5], die als freiwillige Ergänzung zum Curriculum meist eine untergeordnete Rolle einnahmen [6]. Lernmanagementsysteme wie Moodle wurden für die Kommunikation und den Austausch von schrift- (z.B. Skripte und Folien) und videobasierten Daten (z.B. Vorlesungsaufzeichnungen und Lehrfilme) verwendet. Im Gegensatz zu anderen Studiengängen kamen in der Medizin außerdem vermehrt elektronische Prüfungssysteme für die summative Lernerfolgskontrolle zum Einsatz (z.B. tabletbasierte OSCE-Prüfungen). Neue Technologien wie Extended Reality (XR), die Virtual Reality (VR), Augmented Reality (AR) und immersive 360°-Videos in sich vereint, befanden sich dagegen noch in der Pilotphase. XR wurde jedoch großes Potenzial zugesprochen, vor allem da sie ermöglicht, in Simulationen zeit- und ortsunabhängig zu lernen und zu kollaborieren. So sagte der Horizon Report [7] nur wenige Tage vor dem Lockdown voraus, dass auf den Hype um XR [8] ein zunehmender Einsatz in der Lehre folgen würde [9], [10], [11].

Womit und mit welchem Erfolg die digitale Lehre gestaltet wird, ist insbesondere von der digitalen Kompetenz der Dozierenden abhängig [5]. Ohne auf aktuelle empirische Belege zu verweisen, wird gemeinhin angenommen, dass das medizinische Lehrpersonal deutliche Wissenslücken und Unsicherheiten im Umgang mit digitalen Technologien aufweist [12], [13]. Dagegen sind Studierende, die größtenteils als „digital natives“ mit dem technologischen Fortschritt aufgewachsen sind, tendenziell mit digitalen Medien vertraut, jedoch nutzen sie diese kaum eigenaktiv in ihrem Lernprozess. Die meisten Medizinstudierenden verwenden digitale Medien nur für ihr Studium, wenn diese obligatorischer Bestandteil einer Lehrveranstaltung sind [5]. Vor der Pandemie gaben fast die Hälfte der Medizinstudierenden an, dass sich ihr Kontakt mit digitalen Technologien im Lehrkontext vorwiegend auf klassische digitale Medien und ePrüfungen beschränkt [4].

Die Covid-19-Pandemie hat das digitale Nutzungsverhalten von Dozierende und Studierende verändert, wodurch Vorhersagen wie die des Horizon-Reports womöglich an Gültigkeit verloren haben. Bisherige Umfragen zur Coronabedingten Online Lehre auf internationaler [14], [15] und nationaler [16], [17] Ebene sparen die XR-Technologie aus, bieten kaum medizinspezifische Erkenntnisse und beschränken sich auf die Zeit nach dem Ausbruch des SARS-CoV-2-Virus. Um den Einfluss von COVID-19 auf die digitale Lehre in der Medizin zu bestimmen, wird in dieser Studie ein Vergleich zwischen den Sommersemestern 2019 (SS19) und 2020 (SS20) gezogen. Mit dem Längsschnittvergleich sollen drei Fragestellungen aus der Sicht von Studierenden und Dozierenden beantwortet werden:

1. Wie hat sich der Einsatz einzelner digitaler Lehrelemente verändert?
2. Wie hat sich die Einstellung und Befähigung zum digitalen Lehren und Lernen verändert?
3. Wie hat sich die Bedeutung einzelner digitaler Lehrelemente für die Zukunft verändert?

2. Methode

Um diese Fragestellungen zu untersuchen, wurden vor und nach dem Ausbruch von COVID-19 alle Studierenden und Dozierenden aus den Studiengängen Human- und Zahnmedizin der Medizinischen Fakultät Ulm jeweils zweimal via Rundmail gebeten, freiwillig an Online Umfragen teilzunehmen (siehe Tabelle 1). Die Umfragen im SS20 wiederholten die Fragen aus dem Vorjahr und ergänzten einzelne Items zu den Auswirkungen der ad-hoc Digitalisierung (z.B. *„Durch die Umstellung auf die Online Lehre im Sommersemester 2020 habe ich an technischem Know-how gewonnen.“*). Die verwendeten Items wurden nach einer einschlägigen Literaturrecherche anhand allgemeiner Richtlinien zur Fragebogenkonstruktion [18], [19] entwickelt und von Fachexperten aus der Medizin, der Mediendidaktik und der Statistik auf ihre Validität hin überprüft. Die Teilnehmenden beantworteten die selbst erstellten Items entweder binär (*„ja“* oder *„nein“*), prozentual oder auf 5-stufigen-Skalen des Likert-Typs (z.B. *„trifft nicht zu“* bis *„trifft zu“*), wobei sich die im Text angeführten Beispielitems durchweg auf das letztere Antwortformat beziehen. Da die Umfragen anonym durchgeführt wurden, ist eine individuelle Fallzuordnung zwischen den Messzeitpunkten nicht möglich. Die normalverteilten Daten wurden im Längs- (SS19 vs. SS20) und Querschnitt (Dozierende vs. Studierende) deskriptiv sowie anhand von *t*- und Chi^2-Tests inferenzstatistisch analysiert. Außerdem wurden die Ergebnisse des SS20 anhand linearer Regressionsanalysen auf Einflüsse der Variablen Alter, Semester und Medienaffinität kontrolliert.

Analog zu den Forschungsfragen werden die Ergebnisse in drei Abschnitten präsentiert, die jeweils in Dozierende und Studierende untergliedert sind. Der Abschnitt (1.)

Tabelle 1: Stichprobenbeschreibung

Gruppe	Semester	Erhebungs-zeitraum	Total	Rücklauf-quote	Studiengang			Alter[a]		Lehrerfahrung[a], bzw. Fachsemester	
					Humanmedizin	Zahnmedizin	k.A.	*M*	*SD*	*M*	*SD*
Dozierende	SS19	Sept. '19	56	11.5%	[b]	[b]	56	48.0	10.0	13.7	9.5
	SS20	Jul – Aug. '20	64	12.8%	60	22	0	48.9	9.9	15.7	10.2
Studierende	SS19	Apr. – Mai '19	163	6.1%	136	25	2	23.6	4.5	5.6	3.3
	SS20	Aug. '20	285	10.4%	254	30	1	23.3	3.7	5.4	2.7

[a] Angabe in Jahren
[b] Zur Teilnahme wurden nur Dozierende der Human- und/ oder Zahnmedizin aufgerufen, im SS19 wurde der Studiengang jedoch nicht erhoben.

„Gestaltung der digitalen Lehre" beinhaltet Angaben der Dozierenden zum Anteil der digitalen Lehre, zu den eingesetzten Lehrelementen sowie zur Ressource Zeit (z.B. *„Mir fehlt die Zeit, um mich mit der digitalen Lehre auseinanderzusetzen."*). Die Studierenden bewerteten die Nützlichkeit der eingesetzten Lehrelemente und machten Angaben zu ihrem Lernverhalten (z.B. *„Ich habe mir selbstständig weiterführende Lerninhalte besorgt."*).
Im zweiten Abschnitt wird die (2.) „Einstellung und Befähigung zur digitalen Lehre" berichtet. Dozierende gaben u.a. den subjektiven Mehrwert und -aufwand der digitalen Lehre an (z.B. *„Das Erstellen einer digitalen Lerneinheit ist für mich aufwendiger als die Vorbereitung einer Präsenzveranstaltung."*). Studierende verglichen den digitalen Lernprozess mit der Präsenzlehre (z.B. *„Das Lernen mit digitalen Lerneinheiten ist für mich schwieriger als das Lernen rund um eine Präsenzveranstaltung."*). Den Zugewinn an medientechnischem Know-how und die Passung einzelner Lernziele zur digitalen Lehre beurteilten Studierende und Dozierende.
Im dritten Abschnitt wird die (3.) „Zukunft der digitalen Lehre" beleuchtet. Dozierende und Studierende schätzten ein, ob sich der Anteil der digitalen Lehre nachhaltig erhöht hat und welche Lehrelemente eine bedeutsame Rolle in der zukünftigen Lehre spielen würden (*„Wie wichtig erachten Sie den Einsatz der folgenden Lehr- und Lernanwendungen für die Zukunft?"*).

3. Ergebnisse

3.1. Gestaltung der digitalen Lehre

3.1.1. Dozierende

Mit Blick auf ihr gesamtes Lehrpensum hatten im SS19 50% der Dozierenden den digitalen Anteil ihrer Lehre als (eher) gering eingeschätzt, bei 21% fiel er (eher) hoch aus. Dieser Lehranteil wurde vor COVID-19 vorwiegend mit ergänzenden Lehrmaterialien wie Foliensätze und Lehrvideos realisiert. Vorlesungsaufzeichnungen sowie die webbasierte Kommunikation via Videokonferenz oder Forum spielten noch eine untergeordnete Rolle (siehe Abbildung 1).
In der Online Lehre des SS20 konnten die Dozierenden durchschnittlich 67% (*SD*=23) ihres Lehrpensums digital vermitteln. Bei dieser ad-hoc Digitalisierung blieb den Dozierenden im SS20 (*M*=3.46, *SD*=1.23) signifikant mehr Zeit für die digitale Lehre ($t(118)=2.47$, $p=.015$, $d=.45$) als im Vorjahr (*M*=2.89, *SD*=1.30). Die zur Verfügung stehende Zeit wurde neben der Bereitstellung von ergänzenden Lehrmaterialien insbesondere in Vorlesungsaufzeichnungen ($X^2(1)=21.18$, $p<.001$, $\varphi=.42$) und die Kommunikation via Videokonferenz oder Forum ($X^2(1)=17.87$, $p<.001$, $\varphi=.40$) investiert, die im Vergleich zum Vorjahr signifikant häufiger eingesetzt wurden (siehe Abbildung 1).

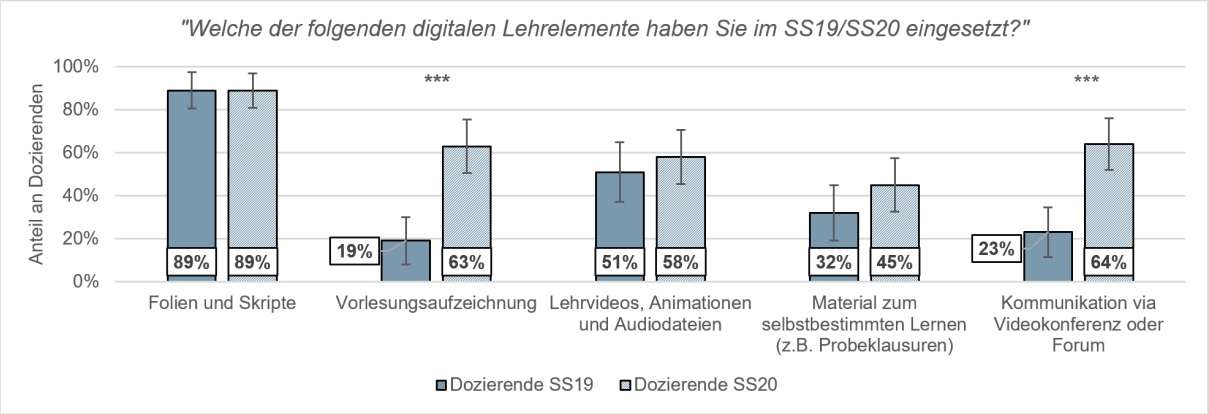
3.1.2. Studierende

Die Nützlichkeit der eingesetzten Lehrelemente bewerteten die Studierenden im SS20 mit einer Präferenz für die asynchrone Lehre. Lernmaterialien wie Vorlesungsaufzeichnungen und Foliensätze, die zeit- und ortsunabhängig abgerufen werden können, wurden deskriptiv nützlicher erachtet als Online Veranstaltungen zu festen Terminen (siehe Abbildung 2). Die bereitgestellten Aufgaben zum Selbststudium hatten die Studierenden nach eigener Aussage bearbeitet (*M*=4.34, *SD*=.93) und teils mit externen Lernmaterialien ergänzt (*M*=3.69, *SD*=1.34). Die medizinspezifische Lernplattform „Amboss" wurde dabei am häufigsten für externe Lerninhalte aufgesucht (85%).

3.2. Einstellung und Befähigung zur digitalen Lehre

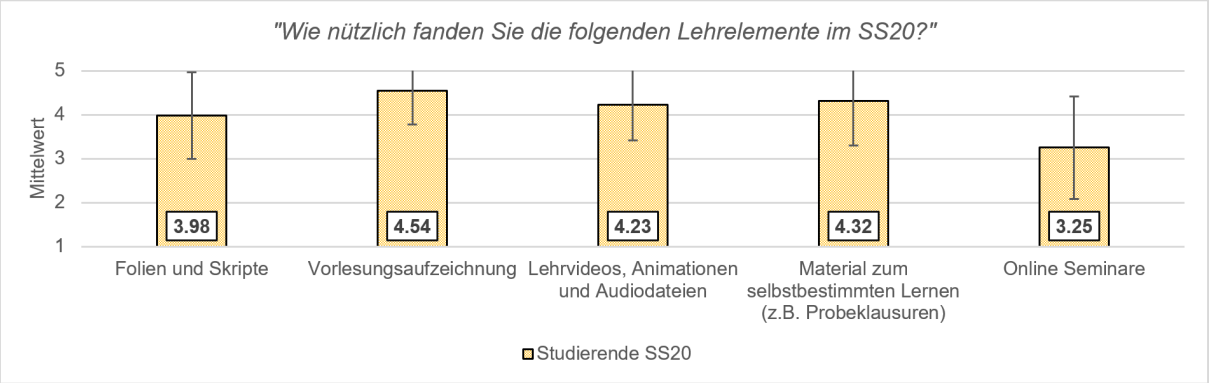
3.2.1. Dozierende

Die digitale Lehre wurde bereits im SS19 von vielen Dozierenden als Bereicherung angesehen (*M*=4.18, *SD*=.94). Diese Einschätzung hat sich zur zweiten Erhebung nicht verändert (*M*=4.22, *SD*=.92). Nichtsdestotrotz gaben 53% der Dozierenden im SS20 an, die digitale Lehre (eher) mehr zu schätzen als im Vorjahr, und 58% fühlten sich (eher) motiviert, Ihre Lehre auch nach der Pandemie digitaler zu gestalten. Den Lerneffekt im digitalen SS20 schätzten 53% der Dozierenden trotzdem (eher) geringer ein als in der regulären Lehre des SS19 (siehe Abbildung 3). Auch der Umstand, dass die digitale Lehre mit einem eingeschränkten Kontakt zu Studierenden einhergeht, wurde im SS20 (*M*=4.50, *SD*=.84) deutlich stärker wahrgenommen ($t(118)=7.45$, $p<.001$, $d=1.36$) als im SS19 (*M*=3.12, *SD*=1.12).
Den Mehrwert der digitalen Lehre sahen die Dozierenden im SS20 vor allem in der Vermittlung von theoretischem Wissen und Medienkompetenz. Praktische Fertigkeiten und Sozialkompetenz seien dagegen als Lernziele in der digitalen Lehre ungeeignet (siehe Abbildung 4).
77% der Dozierenden gaben außerdem an, durch die Umstellung auf die Online Lehre an medientechnischem



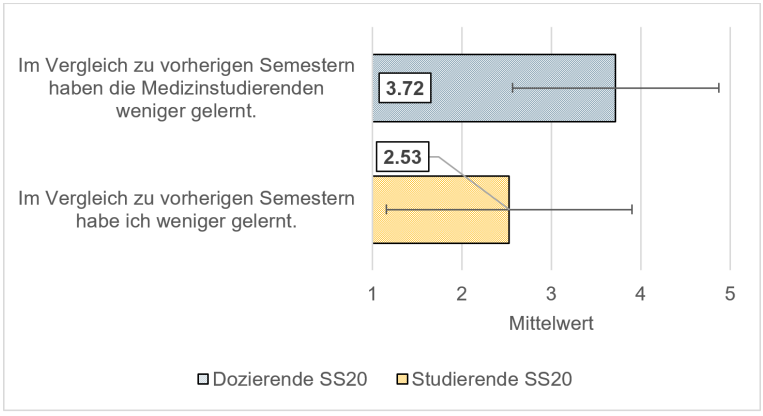
Notiz. 95%-KI Fehlerbalken. *p < .05. **p < .01. ***p < .001

Abbildung 1: Prozentualer Einsatz von Lehrelementen



Notiz. Antwortskala von 1 („*gar nicht nützlich*“) bis 5 („*sehr nützlich*“). +/- 1 SD Fehlerbalken

Abbildung 2: Subjektive Nützlichkeit eingesetzter Lehrelemente



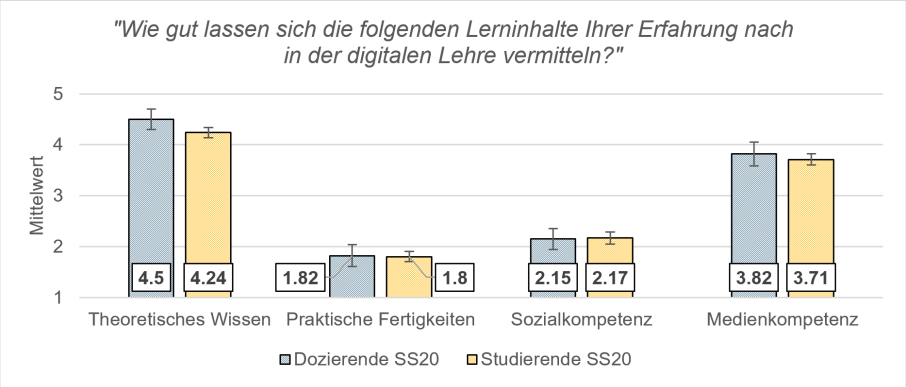
Notiz. Antwortskala von 1 („*trifft nicht zu*“) bis 5 („*trifft zu*“). +/- 1 SD Fehlerbalken.

Abbildung 3: Subjektive Lernwirksamkeit

Know-how gewonnen zu haben. Ein Indiz für diesen Zugewinn ist, dass die Komplexität der digitalen Lehrgestaltung im SS20 (*M*=2.11, *SD*=1.07) signifikant geringer eingeschätzt wurde (*t*(118)=2.05, *p*=.042, *d*=.38) als im SS19 (*M*=2.54, *SD*=1.21). Den Aufwand, der mit einer Online Lehrveranstaltung einhergeht, schätzten die Dozierenden im SS20 trotzdem höher ein als für eine Präsenzveranstaltung. Dies gilt sowohl für das Erstellen (*M*=4.03, *SD*=1.12) als auch für das Betreuen (*M*=3.59, *SD*=1.24).

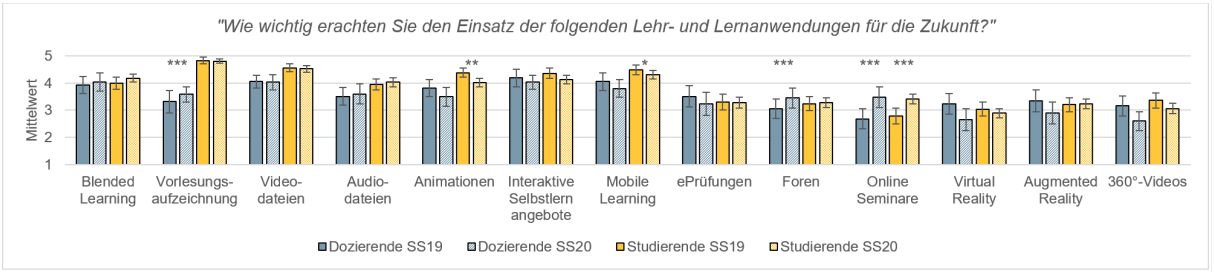
3.2.2. Studierende

Insgesamt waren die Studierenden im SS20 unschlüssig, ob ihnen das Lernen in einer digitalen Lerneinheit schwerer fällt als in einer Präsenzveranstaltung (*M*=2.92, *SD*=1.28), doch nur 28% waren (eher) der Meinung, im digitalen SS20 weniger gelernt zu haben als im vorwiegend analogen Vorsemester (siehe Abbildung 3). Die Motivation für ihr Studium fiel bei 46% der Studierenden schwächer aus als im vorangegangenen Semester und ihr Zugewinn an medientechnischem Know-how (*M*=2.59,



Notiz. Antwortskala von 1 („*sehr schlecht*“) bis 5 („*sehr gut*“). 95%-KI Fehlerbalken

Abbildung 4: Geeignete Lernziele für die digitale Lehre



Notiz. Antwortskala von 1 („*unwichtig*“) bis 5 („*wichtig*“). 95%-KI Fehlerbalken. Signifikante Querschnittsvergleich sind nicht markiert. *p < .05. **p < .01. ***p < .001

Abbildung 5: Zukünftige Bedeutung einzelner Lehrelemente

SD=1.14) schätzten sie signifikant geringer ein als die Dozierenden (t(347)=9.20, p<.001, d=1.27). Im Einklang mit den Dozierenden sahen sie die Stärke der digitalen Lehre bei der Vermittlung von theoretischem Wissen und Medienkompetenz (siehe Abbildung 4).

3.3. Zukunft der digitalen Lehre

3.3.1. Dozierende

Mit Blick auf die zukünftige digitale Lehre werteten die Dozierenden im SS19 vor allem ergänzende Lehrmaterialien wie interaktive Selbstlernangebote (z.B. Online Lektionen), Lehrvideos und Mobile Learning als bedeutsam. Dem dazu passenden didaktischen Konzept Blended Learning sagten sie dementsprechend eine hohe Relevanz voraus. Den neuartigen XR-Technologien VR, AR und 360°-Videos wurde ein moderater Beitrag zur Lehre prognostiziert. Eher unbedeutend erschienen ihnen Online Seminare (siehe Abbildung 5).
Während den Einschränkungen der Corona-Pandemie im SS20 gewannen bei den Dozierenden Online Seminare (t(115)=5.35, p<.001, d=.99), Vorlesungsaufzeichnungen (t(118)=2.56, p<.012, d=.47) und Foren (t(112)=2.17, p=.032, d=.41) signifikant an Bedeutung. Dass letztere klassische Vorlesungen in Hörsälen ersetzen werden, nahmen 28% der Dozierenden (eher) an. Alle anderen Lehrelemente verloren – mit der Ausnahme von Audiodateien und dem Lehrkonzept Blended Learning – deskriptiv an Bedeutsamkeit (siehe Abbildung 5). Das betrifft in nicht-signifikantem Maße auch VR (t(102)=1.77, p=.079, d=.35), 360°-Videos (t(94)=1.21, p<.229, d=.25) und AR (t(104)=1.06, p=.290, d=.21). Den zukünftigen Anteil der digitalen Lehre im Medizinstudium schätzten 84% der Dozierenden trotzdem höher ein als vor der Pandemie.

3.3.2. Studierende

Ähnlich wie die Dozierenden schätzten die Studierenden vor COVID-19, dass zukünftig ergänzende Lehrmaterialien die bedeutendste Rolle in einer als Blended Learning konzipierten digitalen Lehre spielen würden (siehe Abbildung 5). Mobile Learning (t(214)=3.42, p<.001, d=.54), Videodateien (t(211)=3.90, p<.001, d=.61), Audiodateien (t(208)=3.85, p<.001, d=.61), Animationen (t(207)=3.94, p<.001, d=.62) und vor allem Vorlesungsaufzeichnungen (t(213)=11.58, p<.001, d=1.80) schrieben sie jedoch einen höheren Stellenwert zu als die Lehrenden. ePrüfungen (t(202)=2.19, p=.03, d=1.21) empfanden Sie stattdessen weniger relevant. Den XR-Elementen schrieben sie wie die Dozierenden eine moderate Bedeutung für die zukünftige Lehre zu.
Mit den Erfahrungen aus dem Online Semester 2020 differenzierten sich die Zukunftserwartungen der Studierenden (siehe Abbildung 5). Online Seminare nahmen signifikant an Bedeutung zu (t(414)=5.39, p<.001, d=.56), während Animationen (t(427)=2.78, p=.006, d=.28) und Mobile Learning (t(438)=2.36, p=.019, d=.23) signifikant an Relevanz verloren. Auch die immersiven Lehrformate Virtual Reality (t(389)=1.69, p=.091, d=.18) und 360°-Videos (t(390)=1.75, p=.080, d=.18) verloren an Wichtigkeit, wenngleich nicht im signifikanten Maße.

Tabelle 2: Lineare Regressionsanalysen mit den Kontrollvariablen Alter, Semester und Medienaffinität

Gruppe	UV	AV	*β*	*t*	*df*	*p*
Dozierende	Alter	Wahrnehmung der digitalen Lehre als Bereicherung	-.04	-3.27	61	.002**
		Betreuungsaufwand digitaler Lerneinheiten im Vergleich zur Präsenzlehre	.04	2.83	61	.006**
		Erstellungsaufwand digitaler Lerneinheiten im Vergleich zur Präsenzlehre	.04	2.67	60	.010*
	Medienaffinität	Komplexität der digitalen Lehrgestaltung	-.31	-2.28	64	.026*
Studierende	Semester	Zukünftige Bedeutung von Blended Learning	.06	2.79	269	.006**
		Gefühl, in der Online Lehre weniger gelernt zu haben als im regulären Vorsemester	.08	2.57	281	.011*
	Medienaffinität	Schwierigkeit, digital statt im Rahmen der Präsenzlehre zu lernen	-.16	-2.21	285	.028*

*p<.05. **p<.01. ***p<.001

Am wichtigsten hielten die Studierenden weiterhin Vorlesungsaufzeichnungen, wobei nur 35% (eher) glaubten, dass diese klassische Vorlesungen ersetzen werden. Im Vergleich zu den Dozierenden im SS20 schätzten sie wie im Vorjahr Animationen (t(329)=2.74, p=.007, d=.40), Mobile Learning (t(339)=3.28, p<.001, d=.46), Audiodateien (t(335)=3.59, p=.01, d=.50), Videodateien (t(342)=3.77, p<.001, d=.53) und Vorlesungsaufzeichnungen (t(345)=11.56, p<.001, d=1.6) wichtiger ein. Insgesamt gingen 85% der Studierenden (eher) davon aus, dass der Anteil der Online Lehre nach der Corona-Krise höher sein wird als zuvor.

3.4. Alter, Semesterzahl und Medienaffinität als Kontrollfaktoren im SS20

Die Angaben der Dozierenden des SS20 hängen teilweise mit ihrem Alter zusammen (siehe Tabelle 2). Umso früher das Geburtsjahr, desto eher wird das Erstellen und Betreuen einer digitalen Lerneinheit als Mehraufwand gegenüber Präsenzlehre empfunden. Die Wahrnehmung der digitalen Lehre als Bereicherung nimmt dagegen mit den Jahren ab.

Bei den Studierenden des SS20 hängt das Alter positiv mit der Fachsemesteranzahl zusammen (r=.36, p<.001), als Prädiktor ist das Semester jedoch inhaltlich besser geeignet (siehe Tabelle 2). Umso weiter die Studierenden in ihrem Studium fortgeschritten waren, desto eher hatten sie das Gefühl, in der Online Lehre weniger gelernt zu haben als im Vorsemester, das noch in der Präsenz verankert war. Das Lehrkonzept Blended Learning wird außerdem in höheren Semestern wichtiger eingeschätzt.

Die Medienaffinität trägt bei Studierenden und Dozierenden zur Klärung der interindividuellen Varianz bei (siehe Tabelle 2). So hatten medienaffine Studierende weniger Schwierigkeiten damit, digital statt in Präsenz zu lernen. Dozierende mit einer hohen Medienaffinität empfinden dagegen die digitale Lehrgestaltung weniger kompliziert.

4. Diskussion

Der Ausbruch von COVID-19 hat der medizinischen Ausbildung einen beispiellosen Digitalisierungsschub versetzt. Um festzustellen, wie diese ad-hoc Digitalisierung in der Medizin (1) die Gestaltung der digitalen Lehre, (2) die Einstellung und Befähigung zum digitalen Lehren und Lernen, und (3) die Bedeutung einzelner digitaler Lehrelemente für die Zukunft verändert hat, wurden entsprechende Umfragen unter Dozierenden und Studierenden aus den Sommersemester 2019 und 2020 ausgewertet und verglichen.

Der Anteil der digitalen Lehre hat nach dem Ausbruch von COVID-19 erwartungsgemäß zugenommen und wird laut den befragten Dozierenden und Studierenden nicht mehr auf den Stand vor der Pandemie zurückfallen. Die Zunahme äußerte sich vor allem im verstärkten Einsatz von videobasierten Lehrelementen wie Vorlesungsaufzeichnungen und Online Seminaren, die vor der Pandemie eine deutlich geringere Rolle einnahmen [4], [5]. Dieser technisch niederschwellige Lösungsansatz wurde studiengangsübergreifend auch an internationalen Hochschulen verfolgt [14]. Die Studierenden nahmen das so entstandene digitale Lehrangebot grundsätzlich an, sie präferierten jedoch asynchron angebotene Lehrinhalte. Der Wunsch nach zeitlicher Selbstbestimmung scheint bei Medizinstudierenden besonders ausgeprägt [20], was sich womöglich im hohen zeitlichen Aufwand der Medizinstudiengänge [21] begründet. Durch den zeitlichen Druck könnten es Medizinstudierende bevorzugen, oberflächlich mit Videos und Texten zu lernen, statt ihr Wissen im zeitintensiven Austausch mit Kommilitonen und Dozierenden tiefer zu verankern. Entgegen vorangegangener Erhebungen [4] haben die Studierenden im Online Studium digitale Lernmaterialien nicht nur passiv konsumiert [5], sondern auch selbstständig auf externen Plattformen aufgesucht. Durch diese eigenverantwortliche Gestaltung des Lernprozesses hat sich die digitale Mediennutzung der Studierenden vermutlich differenziert.

Der subjektive Wert und Anreiz der digitalen Lehre haben durch den Lockdown außerdem besonders bei jüngeren Dozierenden zugenommen, was den didaktischen Einsatz digitaler Medien nachhaltig stärken sollte [5]. Über die Generationen hinweg wurde jedoch der eingeschränkte Kontakt zu den Studierenden moniert und eine geringere Lernwirksamkeit vermutet. Den Dozierenden fiel es möglicherweise schwer, im digitalen Austausch über Foren und Videokonferenzen einzuschätzen, ob die Studierenden Inhalte verstanden haben. Die Befürchtung, dass sie digital weniger gelernt haben, teilten die Studierenden jedoch nicht, auch wenn ihre Motivation für das Studium in der sozialen Distanz des SS20 litt. Besonders im vorwiegend theoretisch ausgelegten vorklinischen Studienabschnitt scheint die digitale Lehre ein adäquater Ersatz, der Wegfall praktischer Übungen könne dagegen digital kaum kompensiert werden.

Die Zukunft der digitalen Lehre liegt nach den Dozierenden und Studierenden im Lehrkonzept Blended Learning.

Dieses Grundverständnis hat sich im Sommersemester 2020, in der die digitale Lehre nicht nur unterstützend, sondern ersetzend Anwendung fand, nicht verändert. Besonders Studierende im praktisch ausgerichteten klinischen Studienabschnitt schätzten die synergetische Verbindung der digitalen und analogen Lehre. Durch die Umstellung auf die Online Lehre räumten Dozierende außerdem Vorlesungsaufzeichnungen verstärkt die Bedeutung ein, die sie bei den Studierenden schon vor der Pandemie hatten. Im Sinne des Blended Learning ging jedoch beidseitig nur eine Minderheit davon aus, dass Videoaufzeichnungen klassische Vorlesungen ersetzen werden.

Die subjektive Relevanz der XR-Technologie, die bei Dozierenden wie Studierenden vor COVID-19 gleichermaßen moderat ausfiel, nahm durch die Pandemie deskriptiv ab, obwohl XR die genannten Defizite der digitalen Lehre ausgleichen könnte. Praktische und soziale Fertigkeiten, die mit klassischen Medien kaum vermittelt werden können, lassen sich zum Beispiel trotz räumlicher Distanz in kollaborativen VR-Simulationen trainieren [9]. Darüber hinaus sind XR-Konferenzen, in denen sich Dozierende und Studierende als 3D-Avatare virtuell begegnen, eine Alternative zur Kommunikation über Foren und Videokonferenzen, die das Lehrpersonal als einschränkend empfindet. Im Widerspruch zu vorpandemischen Vorhersagen [7], [8], [9], [10], [11] wurde das Potenzial von XR für die zukünftige Lehre jedoch gering bewertet. Eine Erklärung dafür ist, dass VR, AR und 360°-Videos bisher meist nur in einzelnen Pilotprojekten Anwendung fanden [5] und es somit an praktischer Erfahrung mit den Technologien fehlt, um deren didaktischen Möglichkeiten zu erkennen und zu nutzen. So erachten Studierende einzelne Lehrelemente wichtiger, wenn sie ihnen in ihrem Studium zur Verfügung stehen [22]. Die kurzfristige Umstellung auf die Online Lehre ließ darüber hinaus wenig Zeit für die Einführung kreativer Lösungsansätze, sodass Dozierende bevorzugt auf bekannte, videobasierte Lehrelemente zurückgriffen. Die relative Geringschätzung von XR dürfte jedoch nur von kurzer Dauer sein [23], [24]. Die gestiegene Motivation für das digitale Lehren spricht vielmehr dafür, dass das Interesse an XR zunehmen wird, sobald die Lehrenden wieder Zeit haben, ihre Lehre nicht nur pragmatisch, sondern auch innovativ zu gestalten.

Da die Ressourcen für die Lehre an deutschen Universitäten ungleich verteilt [25] und die Gestaltung der digitalen Lehre von den Einstellungen und Medienkompetenzen einzelner Fakultätsmitarbeiter abhängig ist [5], wird der zeitliche Verlauf dieser Entwicklung vom jeweiligen Standort abhängig sein. Im gleichen Sinne muss auch die Übertragbarkeit der diskutierten Ergebnisse kritisch betrachtet werden, da die Umfragen ausschließlich an der Medizinische Fakultät Ulm durchgeführt wurden und die Beteiligung moderat ausfiel. Durch den bisher einzigen Vergleich zwischen der digitalen Lehre vor und nach dem Ausbruch von COVID-19 bieten die Ergebnisse nichtsdestotrotz wertvolle Erkenntnisse über die kurz- und möglicherweise langfristigen Auswirkungen der Pandemie auf die medizinische Ausbildung. Ob sich die beobachteten Trends fortsetzen oder nach der Rückkehr der Präsenzlehre gar umkehren, sollte in zukünftigen Erhebungen überprüft werden.

5. Schlussfolgerung

Videobasierte Lehrelemente wie Vorlesungsaufzeichnungen und Online Seminare haben sich während des Lockdowns bei Dozierenden und Studierenden als niederschwellige und zeiteffiziente Lösung bewährt und sich somit für einen zukünftigen Einsatz in einer als Blended Learning konzipierten Lehre empfohlen. In der reinen Online Lehre fehlte den Dozierenden vor allem der Kontakt zu den Studierenden, die trotz Motivationseinbußen asynchrone Lehrangebote bevorzugten. Die XR-Technologie könnte ein Lösungsansatz sein, augenblicklich ist sie jedoch in den Hintergrund gerückt. Mit Blick auf die gestiegene Motivation und Befähigung für das digitale Lehren ist jedoch anzunehmen, dass die Dozierenden das Potenzial von XR erkennen und nutzen werden, sobald sie wieder zeitliche Freiräume für die innovative Gestaltung der Lehre haben.

Interessenkonflikt

Die Autor*innen erklären, dass sie keinen Interessenkonflikt im Zusammenhang mit diesem Artikel haben.

Literatur

1. Hochschulrektorenkonferenz (HRK). Auflagen und Regelungen der Bundesländer für den Lehr- und Prüfungsbetrieb an Hochschulen im Sommersemester 2020 und Wintersemester 2020/21. Berlin: Hochschulrektorenkonferenz; 2020. Zugänglich unter/available from: https://www.hrk.de/themen/hochschulsystem/covid-19-pandemie-und-die-hochschulen
2. Goh PS, Sandars J. A vision of the use of technology in medical education after the COVID-19 pandemic. MedEdPublish. 2020;9(1):1-8. DOI: 10.15694/mep.2020.000049.1
3. Sideris M, Hanrahan JG, Papalois V. COVID-19 and surgical education: Every cloud has a silver lining. Ann Med Surg (Lond). 2020;58:20-21. DOI: 10.1016/j.amsu.2020.08.017
4. Persike M, Friedrich JD. Lernen mit digitalen Medien aus Studierendenperspektive. Berlin: Hochschulforum Digitalisierung; 2016. Zugänglich unter/available from: https://www.che.de/download/hfd_ap_nr_17_lernen_mit_digitalen_medien_aus_studierendenperspektive-pdf/?wpdmdl=10546&ind=5d1a08d777ccc
5. Kuhn S, Frankenhauser S, Tolks D. Digitale Lehr- und Lernangebote in der medizinischen Ausbildung: Schon am Ziel oder noch am Anfang? Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz. 2018; 61(2):201-209. DOI: 10.1007/s00103-017-2673-z
6. Tolks D. eLearning in der medizinischen Aus-, Weiter- und Fortbildung. In: Fischer F, Krämer A, editor. eHealth in Deutschland. Berlin, Heidelberg: Springer; 2016. p.223-239. DOI: 10.1007/978-3-662-49504-9_11

7. Brown M, McCormack M, Reeves J, Brooks DC, Grajek S, Alexander B, Ball M, Bulgur S, Dark S, Engelbert N, Gannon K, Gauthier A, Gibson D, Gibson R, Lundlin B, Veletsianos G, Weber N. 2020 EDUCAUSE Horizon Report: Teaching and Learning Edition. Louisville, CO: EDUCAUSE; 2020. Zugänglich unter/available from: https://library.educause.edu/-/media/files/library/2020/3/2020_horizon_report_pdf.pdf?a=en&hash=08A92C17998E8113BCB15DCA7BA1F467F303BA80

8. Dillon JD. LearnGeek Hype Cycl. LearnGeek; 2020. Zugänglich unter/available from: https://www.learngeek.co/ld-hype-cycle

9. Pottle J. Virtual reality and the transformation of medical education. Future Healthc J. 2019; 6(3):181-185. DOI: 10.7861/fhj.2019-0036

10. Tabatabai S. COVID-19 impact and virtual medical education. J Adv Med Educ Prof. 2020;8(3):140-143. DOI: 10.30476/jamp.2020.86070.1213

11. Joda T, Bornstein MM, Jung RE, Ferrari M, Waltimo T, Zitzmann NU. Recent Trends and Future Direction of Dental Research in the Digital Era. Int J Environ Res Public Health. 2020;17(6):1987. DOI: 10.3390/ijerph17061987

12. Comité Permanent Des Médecins Européens (CPME). CPME Policy on Digital Competencies for Doctors. Brüssel: CPME Board; 2020. Zugänglich unter/available from: https://www.cpme.eu/index.php?downloadunprotected=/uploads/adopted/2020/11/CPME_AD_Board_21112020_100.FINAL_.CPME_.Policy.Digital.Competencies.for_.Doctors.pdf

13. Foadi N, Koop C, Behrends M. Medizinische Ausbildung: Welche digitalen Kompetenzen braucht der Arzt? Dtsch Arztebl. 2020;117(12):596-600.

14. Fox K, Bryant G, Lin N, Srinivasan N. Time for Class COVID-19 Edition: Part 1: A National Survey of Faculty During COVID-19. Boulder, CO: Tyton Partners and Every Learner Everywhere; 2020. Zugänglich unter/available from: https://www.everylearnereverywhere.org/resources/time-for-class-covid-19-edition/

15. Means B, Neisler J; Langer Research Associates. Suddenly Online: A National Survey of Undergraduates During the COVID-19 Pandemic. San Mateo, CA: Digital Promise; 2020. DOI: 10.51388/20.500.12265/98

16. Traus A, Höffken K, Thomas S, Mangold K, Schröer W. Stu.diCo. - Studieren digital in Zeiten von Corona. Hildesheim: Universitätsverlag Hildesheim; 2020. DOI: 10.18442/150

17. Stammen KH, Ebert A. Noch online? Studierendenbefragung zur medientechnischen Ausstattung im Sommersemester 2020. Düsseldorf: Universität Düsseldorf; 2020. Zugänglich unter/available from: https://panel.uni-ue.de/assets_websites/18/StammenEbert_2020_NochOnline_Gesamtbericht.pdf

18. De Vellis RF. Scale Development: Theory and Applications. Thousand Oaks, CA: Sage Publications; 2003.

19. Menold N, Bogner K. Design of Rating Scales in Questionnaires. Gestaltung von Ratingskalen in Fragebögen. Mannheim: GESIS - Leibniz-Institut für Sozialwissenschaften; 2015. DOI: 10.15465/gesis-sg_en_015

20. Lange, R. Studierendenbefragung - technische Voraussetzungen im SoSe 2020. Göttingen: Universität Göttingen; 2020. Zugänglich unter/available from: https://www.uni-goettingen.de/de/studierendenbefragung+-+technische+voraussetzungen+im+sose+2020/626971.html

21. Multrus F, Majer S, Bargel T, Schmidt M. 13. Studierendensurvey an Universitäten und Fachhochschulen: Studiensituation und studentische Orientierungen. Bielefeld: Bertelsmann Verlag; 2017. Zugänglich unter/available from: https://www.soziologie.uni-konstanz.de/typo3temp/secure_downloads/101284/0/8f0c2b692bb060753bead044da8dfd2a4eb3a54e/Studierendensurvey_Ausgabe_13_Hauptbericht.pdf

22. Weisflog W, Böckel A. Ein studentischer Blick auf den Digital Turn: Auswertung einer bundesweiten Befragung von Studierenden für Studierende. Arbeitspapier Nr. 54. Berlin: Hochschulforum Digitalisierung; 2020. DOI: 10.5281/zenodo.4264646

23. Woolliscroft JO. Innovation in Response to the COVID-19 Pandemic Crisis. Acad Med. 2020;95(8):1140-1142. DOI: 10.1097/ACM.0000000000003402

24. Dedeilia A, Sotiropoulos MG, Hanrahan JG, Janga D, Dedeilias P, Sideris M. Medical and Surgical Education Challenges and Innovations in the COVID-19 Era: A Systematic Review. In Vivo. 2020;34(3):1603-1611. DOI: 10.21873/invivo.11950

25. Offergeld C, Ketterer M, Neudert M, Hassepaß F, Weerda N, Richter B, Traser L, Becker C, Deeg N, Knopf A, Wersarg T, Rauch AK, Jakob T, Ferver F, Lang F, Vielsmeier V, Hackenberg S, Dienstuhber M, Praetorius M, Hofauer B, Mansour N, Kuhn S, Hildenbrand T. "Ab morgen bitte online": Vergleich digitaler Rahmenbedingungen der curricularen Lehre an nationalen Universitäts-HNO-Kliniken in Zeiten von COVID-19. HNO. 2020;69:213-220. DOI: 10.1007/s00106-020-00939-5

Korrespondenzadresse:
Robert Speidel
Universität Ulm, Medizinische Fakultät, Studiendekanat, Kompetenzzentrum eEducation in der Medizin, Albert-Einstein-Allee 11c, 89081 Ulm, Deutschland
robert.speidel@uni-ulm.de

Bitte zitieren als
Speidel R, Schneider A, Körner J, Grab-Kroll C, Öchsner W. Did video kill the XR star? Digital trends in medical education before and after the COVID-19 outbreak from the perspective of students and lecturers from the faculty of medicine at the University of Ulm. GMS J Med Educ. 2021;38(6):Doc101.
DOI: 10.3205/zma001497, URN: urn:nbn:de:0183-zma0014973

Artikel online frei zugänglich unter
https://www.egms.de/en/journals/zma/2021-38/zma001497.shtml

Eingereicht: *18.11.2020*
Überarbeitet: *27.05.2021*
Angenommen: *25.06.2021*
Veröffentlicht: *15.09.2021*

Copyright
©2021 Speidel et al. Dieser Artikel ist ein Open-Access-Artikel und steht unter den Lizenzbedingungen der Creative Commons Attribution 4.0 License (Namensnennung). Lizenz-Angaben siehe http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/.

Publikation 2

Walter S, Speidel R, Hann A, Leitner J, Jerg-Bretzke L, Kropp P, Garbe J, Ebner F. Skepsis gegenüber fortschreitender VR-Technologie – die studentische Akzeptanz von VR als Lehr- und Prüfungsmedium in der Medizin. GMS J Med Educ. 2021;38(6):Doc100. doi: 10.3205/zma001496

© Speidel et al. 2021

Dieser Artikel wurde ursprünglich im GMS Journal for Medical Education veröffentlicht und steht als Open-Access-Artikel unter den Lizenzbedingungen der Creative Commons Attribution 4.0 License (CC BY). Lizenz-Angaben: http://creativecommons.org/licenses/by/4.0

Eigenanteil:

- Verfassen des Manuskripts
- Erstellen der Grafiken und Tabellen
- Recherche
- Datenbereinigung
- Datenanalyse

Skepticism towards advancing VR technology – student acceptance of VR as a teaching and assessment tool in medicine

Abstract

Objective: The high didactic potential of Virtual Reality (VR) contrasts with the point of view of students that the technology only has a relatively low significance for current and future teaching. This discrepancy was studied in a differentiated manner in order to gear the further development and implementation of VR towards the target group.

Methods: From January 2020 to July 2020, medical students (*N=318*) were asked to watch ten videos online and rate them on the basis of acceptance indicators (e.g., fun and fairness). Using obstetrics as an example, the videos demonstrated five levels of VR technology functionality (e.g., haptic and adaptive feedback), some of which were visionary, in two use scenarios (teaching and the OSCE). The individual and aggregate indicators were compared with non-parametric testing procedures across application scenarios, functional levels and genders. In addition, correlations between the acceptance and the factors of semester, age, computer affinity, and previous VR experience were analyzed.

Results: Across all functional levels, VR was more likely to be accepted in the classroom than in the OSCE. Comparisons across functional levels also revealed that the VR ready to be marketed was significantly more accepted than the visionary functions. This skepticism toward advancing VR technology was most pronounced with regard to the vision of autonomous VR examinations and among female students with a low computer affinity.

Conclusion: The results suggest that the students' reservations are due to a lack of experience with the VR technology. In order for young physicians to become familiar with the technology and to be able to use it competently in the everyday clinical practice in the future, VR should not only be used as a teaching tool but also be part of the curriculum. Practical examinations using VR, on the other hand, are only recommended once the technology has become established in teaching and has been proven to be reliable.

Keywords: virtual reality, virtual patient, medical training, future, acceptance

Steffen Walter[1]
Robert Speidel[2]
Alexander Hann[3]
Janine Leitner[1]
Lucia Jerg-Bretzke[1]
Peter Kropp[4]
Jakob Garbe[5]
Florian Ebner[6]

1 Ulm University Hospital, Department of Psychosomatic Medicine and Psychotherapy, Medical Psychology Section, Ulm, Germany

2 University of Ulm, Faculty of Medicine, Competence Center eEducation in Medicine, Ulm, Germany

3 University Hospital Würzburg, Medical Clinic and Policlinic II, Gastroenterology, Würzburg, Germany

4 Rostock University Medical Center, Institute for Medical Psychology and Medical Sociology, Rostock, Germany

5 Halle University Hospital, Department of Internal Medicine I, Halle, Germany

6 Helios Amper Hospital Dachau, Dachau, Germany

1. The didactic potential of virtual reality

Inert knowledge is not only useless in medicine but life-threatening. Physicians must master specialized knowledge and automate skills in order to make the correct diagnosis and respond adequately in stressful situations. To ensure this level of competency, the National Competency-Based Learning Objective Catalog of Medicine (Nationale Kompetenzbasierte Lernzielkatalog Medizin, NKLM) was introduced in 2015 [http://www.nklm.de]. Students can only achieve the practice-oriented graduate profile of the NLKM if they have sufficient opportunity to practice by using authentic problems from everyday clinical practice during their training [1]. For organizational, financial, and ethical reasons, practicing on patients is insufficient in this regard [2]. One in four medical students admits, for example, to at least one error during training that potentially endangered a patient's health [3].

Therefore, simulations are used in medical training with which, for example, clinical decision-making and sensorimotor skills can be trained safely. Simulations are understood as learning environments in which students can influence the course of action of scenarios that are as authentic as possible [4], [5]. The most commonly used simulation method in medicine is role-playing with actor-patients [6] or simulation mannequins. However, since these require space, time, and personnel [7], computer-based simulations are becoming increasingly popular as well since they can be used flexibly and allow for an automatic performance assessment [2]. The subject is usually a "virtual patient" who is presented in an interactive video [8] or animation [9], [10]. Depending on the simulation, students can ask the virtual patients about their medical history, physically examine, or treat them. Since the students are usually seated in front of a conventional screen during the exercise and are limited in the actions they can take, these simulations have a relatively high degree of abstraction.

One way to remedy this deficit is the modern virtual reality (VR) simulation. Using VR goggles, students are immersed in a computer-generated world that gives them the impression of being physically present in the learning environment. This immersion, created in part by the high freedom of movement and interaction [11], makes the individual experience and behavior in VR simulations similar to that in a real situation [12]. This opens up the possibility of experiential learning in VR [13], [14] and thus a lasting learning effect. Although the quality of previous research may raise some issues (including small sample size, lack of control groups, and incomplete study reports), quantitative [15], [16] and qualitative [17] meta-analyses largely attest to the didactic added value of VR. It was found with regard to medical education and training, for example, that learning in virtual reality can be more effective than other digital (e.g., videos and online courses) and traditional (e.g., books and lectures) teaching formats [16].

In view of the competence orientation demanded by the NKLM, VR is of great interest in medicine. Every fourth study in the research field of VR has a medical reference [18]. Its use in medical didactics is increasing as well. At the University of Ulm, for example, students have access to a medical VR lab in which they can diagnose and treat virtual patients. In Germany such opportunities are still the exception [19], [20], whereas in English-speaking countries, VR is more widespread and, in some cases, already an integral part of the curriculum [21]. However, the best technology available today does not fully exploit the potential of this technology. If the technical development continues to advance, the currently predominantly audiovisual stimulation in VR [22] will most likely be supplemented with haptic feedback [23], [24]. This will make it possible to not just practice cognitive skills (e.g., process flows in the operating room) but also sensorimotor skills (e.g., physical examinations). Furthermore, the use of artificial intelligence will, in all likelihood, allow for adaptive performance feedback [25], [26] as well as natural verbal communication with virtual patients [9], [10]. The latter will make it possible to practice social skills (e.g., conversational skills with patients) alone in VR alone. The references cited are pilot projects but already paint a vision of a future medical education in which holistic learning experiences in VR are an integral part of the curriculum.

Whether and in what form this vision can become a reality depends in part on how students accept the technology and its future functions. In recent surveys conducted at German universities, students ascribe only a low to moderate importance to VR for both current and future teaching [19], [27]. The objective of this study is to obtain a more differentiated assessment by medical students in order to explore the discrepancy between the didactic potential and the subjectively perceived importance. The findings may help gear the further technical development and integration of VR into the curriculum toward the target group. The following questions were used to conduct the study and structure the presentation of the results:

1. Does the acceptance of VR differ between the teaching and the OSCE application scenarios?
2. Does the acceptance of VR differ between different levels of functionality, some of which are visionary?
3. Does the acceptance of VR differ between genders?
4. Are there correlations between the acceptance of VR and the particular student's semester, age, computer affinity, and prior VR experience?

Table 1: Sample description

Recruitment	*N*	Gender		Age		Semester		Computer affinity[a]		VR experience[b]		Own VR googles	
		♀ *N* (%)	♂ *N* (%)	*M*	*SD*	*M*	*SD*	*M*	*SD*	*M*	*SD*	Yes *N* (%)	No *N* (%)
University Ulm[c]	111	63 (56.8%)	47 (42.3%)	24.49	.78	5.76	.31	3.99	.12	3.32	.18	10 (9.0%)	101 (91.0%)
Other universities[d]	207	139 (67.1%)	68 (32.9%)	24.68	.30	6.42	.22	3.95	.09	2.97	.13	11 (5.3%)	196 (94.7%)
Total	318	202 (63.5%)	115 (36.2%)	24.61	5.98	6.19	3.24	3.96	1.26	3.09	1.84	21 (6.6%)	297 (93.4%)

[a] "*You love working with computers*" - Response scale from 1 ("strongly *disagree*") to 6 ("*strongly agree*").
[b] "*You have already had some form of experience with VR experiences*" - Response scale from 1 ("*strongly disagree*") to 6 ("strongly agree").
[c] The response rate was 7.7% in Ulm.
[d] Berlin, Bern, Bochum, Bonn, Düsseldorf, Erlangen, Frankfurt, Freiburg, Giessen, Göttingen, Greifswald, Halle, Hamburg, Hanover, Heidelberg, Innsbruck, Jena, Kiel, Cologne, Lübeck, Mainz, Marburg, Munich, Regensburg, Rostock, Tübingen, Würzburg, Zurich, and N/A (*M* = 6.90, *SD* = 6.66).

2. Method

In order to answer these questions, medical students from German-speaking countries were asked to participate voluntarily and without remuneration in the online study (see table 1). The majority of the students were enrolled at the University of Ulm and were invited twice via e-mail to participate in the study. Of the students that were contacted, 7.7% responded and participated in the study. At the remaining universities, students were made aware of the study via campus websites and student councils on social media. The anonymous data collection took approximately 15 to 20 minutes for each student and was conducted from January 02, 2020 to July 31, 2020. Upon request, the ethics committee of the University of Ulm decided that the study project did not present a problem and did not require an ethics vote.

An invitation link directed students to the online study where they were asked to watch ten short videos. The videos, which can be accessed on YouTube, demonstrate and explain five levels of functionality of VR technology from the user's perspective (see figure 1) in two different application scenarios (teaching and the OSCE) (see table 2). The level of functionality shown increases successively and cumulatively from market-ready (visual and audiovisual stimulation) to visionary functions (haptics, oral communication, and adaptive feedback/autonomous testing) in both scenarios. Obstetrics was chosen as the application example because students are rarely able to observe and practice in real delivery rooms due to the intimacy surrounding pregnancy and childbirth.

After each video, students were asked to rate the demonstrated use of VR on the basis of acceptance indicators (e.g., presumed learning curve and innovativeness) (see table 3). To do so, students answered items on 6-point Likert-type scales (*"strongly disagree"* to *"strongly agree"*). Since the items correlated with each other in a highly significant manner (see attachment 1), they were also aggregated and averaged to obtain an overall acceptance score for each video.

In order to measure the acceptance indicators individually and in an aggregated manner between (1) the application scenarios and (2) the levels of functionality, Wilcoxon signed-rank tests as well as Friedman tests followed by Dunn-Bonferroni post-hoc tests were performed. Mean value comparisons between (3) the genders were addressed with Mann-Whitney U tests, and finally (4) the correlations between the overarching acceptance and the variables semester, age, computer affinity *("You love to work with computers"*) and prior VR (*"You have already had some form of experience with VR experiences"*) were analyzed using Spearman correlations.

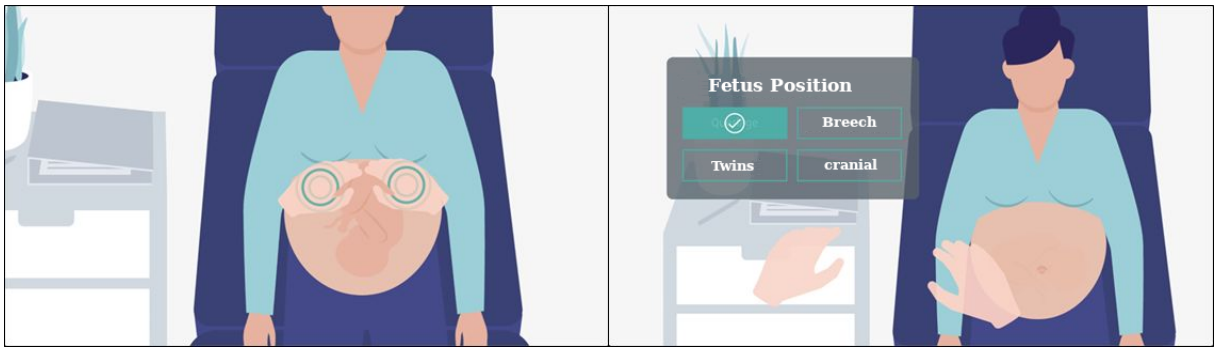


Figure 1: Video screenshot of the haptics function in the teaching (left) and OSCE scenario (right)

Table 2: YouTube links and duration of the videos

Level of functionality in the application scenarios	YouTube link	Duration in seconds
Visual stimulation		
Teaching	https://youtu.be/I4488FovEjU	63
OSCE	https://youtu.be/Mi6ocJg_rOc	37
Audiovisual stimulation		
Teaching	https://youtu.be/tvXegfsa-R4	39
OSCE	https://youtu.be/M4nV1oy5gnY	44
+ **Haptics**		
Teaching	https://youtu.be/YNU4JhRIAMk	57
OSCE	https://youtu.be/IvaSj_asDB0	41
+ **Oral communication**		
Teaching	https://youtu.be/EHcRSaVkssg	69
OSCE	https://youtu.be/qplw-ckhccI	32
+ **Adaptive feedback**, or **autonomous testing**		
Teaching	https://youtu.be/F4RjPSg73Ao	44
OSCE	https://youtu.be/ZNxTxyvGiRs	34

Table 3: Acceptance indicators

Acceptance indicator	Operational scenario	Item[a]
Learning curve	Teaching	"*I believe that my learning curve could be improved if such a vision became a reality*"
Fun	Teaching	"*I think I would enjoy learning more if such a vision became a reality*"
Fairness	OSCE	"*I believe that the examination would be more objective and fairer than an examination involving a lecturer*"
Simulation quality[b]	Teaching & OSCE	"*I believe that the FUNCTION can simulate the patient contact well*"
Innovative strength	Teaching & OSCE	"*I think the development of the FUNCTION in teaching is innovative*"
Usefulness	Teaching & OSCE	"*I consider the FUNCTION to be useful in the application as a whole*"
Feasibility	Teaching & OSCE	"*I think the implementation of the FUNCTION in teaching is realistic*"

[a] "FUNCTION" is representative for the respective complexity level of the technology.
[b] The simulation quality indicator was omitted from the adaptive teaching scenario.

Table 4: Overarching acceptance of levels of functionality between teaching and the OSCE

Application scenario/test	Statistics	Degree of function				
		Visual stimulation	Audiovisual stimulation	+ Haptics	+ Oral communi-cation	+ Adaptive feedback/ autonomous testing
Teaching	*M*	4.14	4.45	4.02	3.94	3.90
	SD	1.10	1.08	1.24	1.28	1.31
OSCE	*M*	3.95	4.13	3.68	3.65	3.45
	SD	1.06	1.08	1.24	1.31	1.30
Wilcoxon signed-rank test	*Z*	4.27	8.35	8.83	6.70	7.16
	p	.000***	.000***	.000***	.000***	.000***
	r	.24	.47	.50	.38	.40

Note: The response scale ranged from 1 ("*strongly disagree*") to 6 ("*strongly agree*").
*p < .05. **p < .01. ***p < .001

Table 5: Dunn-Bonferroni post-hoc tests on the overall acceptance between levels of functionality

Teaching			OSCE		
Comparison of levels of functionality	Test statistics	p^a	Comparison of levels of functionality	Test statistics	p^a
F1 - F2	-.81	.000***	F1 - F2	-.39	.020*
F1 - F3	-.15	1.000	F1 - F3	-.50	.001**
F1 - F4	-.14	1.000	F1 - F4	-.42	.009**
F1 - F5	-.17	1.000	F1 - F5	-.89	.000***
F2 - F3	-.96	.000***	F2 - F3	-.89	.000***
F2 - F4	-.95	.000***	F2 - F4	-.80	.000***
F2 - F5	-.98	.000***	F2 - F5	-1.27	.000***
F3 - F4	-.01	1.000	F3 - F4	-.09	1.000
F3 - F5	-.02	1.000	F3 - F5	-.38	.022*
F4 - F5	-.03	1.000	F4 - F5	-.47	.002**

Note: Visual stimulation (F1), audiovisual stimulation (F2), + haptics (F3), + oral communication (F4), + adaptive feedback/ autonomous testing (F5).
[a] To avoid an alpha error accumulation, the p-value was corrected by using the Bonferroni method.
*p < .05. **p < .01. ***p < .001

3. Results

3.1. Acceptance of the level of functionality regarding teaching and the OSCE

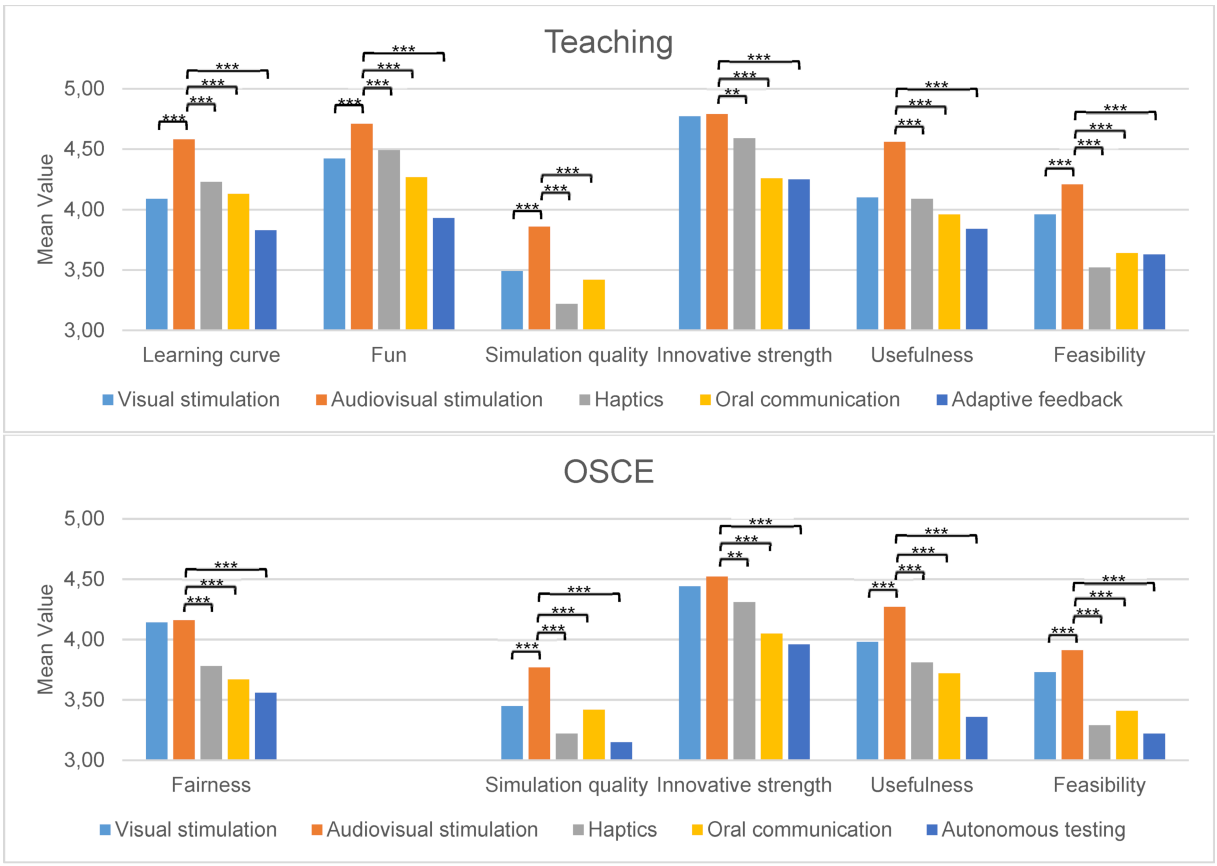
The use of VR depicted in the videos was significantly more accepted in teaching than in the OSCE across all levels of functionality (see table 4).

3.2. Acceptance differences between the levels of functionality

In both teaching ($X^2(4)=97.41$, $p<.001$, n=318) and the OSCE ($X^2(4)=138.07$, $p<.001$, n=318), VR acceptance differed significantly between the levels of functionality. The post-hoc testing (see table 5) specified that the audiovisual degree of functionality was significantly best accepted in both application scenarios. Visual stimulation was the second preference but was only rated significantly better than the more complex haptic, oral communication and autonomous levels of functionality in the OSCE. Students rated the latter the lowest in the OSCE with a significant margin. A differentiated look at the individual acceptance indicators shows that all items scored significantly highest for the audiovisual stimulation (see figure 2, see attachment 1, table A1 and table A2). The exception is the visual stimulation, which was only descriptively rated lower for the innovativeness and fairness indicators.

3.3. Acceptance differences between the sexes

Male students exhibited a higher overarching acceptance than female students in all levels of functionality and application scenarios. Regarding the OSCE scenario videos, this gender difference became significant with regard to the functional levels of audiovisual stimulation ($U=10048.00$, $Z=-2.00$, $p=.045$, $d_{Cohen}=.23$) and autonomous examination ($U=9950.50$, $Z=-2.12$, $p=.034$, $d_{Cohen}=.24$). In addition, the computer affinity was also higher among male students ($U=7206.50$, $Z=-5.79$, $p<.000$, $d_{Cohen}=.67$).



Note: The marked results of the Wilcoxon signed-rank tests between the audiovisual stimulation and the other levels of functionality are shown in the attached tables A1 and A2. The response scale ranged from 1 ("strongly *disagree*") to 6 ("*strongly agree*").
*p < .05. **p < .01. ***p < .001

Figure 2: Acceptance indicators by level of functionality and application scenario

3.4. Relationship between overarching acceptance and control factors

The acceptance scores across the application scenarios correlated strongly between the levels of functionality (*r*=.493 to .851) and moderately with regard to the individual computer affinity (**r**=.229 to .372) (see attachment 1, table A3). In contrast, the control factors of age, semester and prior VR experience did not show a significant relationship with student acceptance.

4. Discussion

The high didactic potential of VR contrasts with the point of view of students that the technology only has a relatively low significance for current and future teaching. This discrepancy was examined in a differentiated manner in the present study in order to gear the further technical development and the implementation of VR into the curriculum towards the target group. With this goal "in mind", the student acceptance between different (1) application scenarios and (2) levels of functionality was compared. In addition, it was checked whether, with regard to the acceptance, (3) gender differences or (4) correlations between the factors of semester, age, computer affinity and previous VR experience exist.

As in previous surveys [19], [27], the acceptance of the use of VR was generally moderate.

Referencing the comparisons made, however, this general statement is not specific enough. Across all levels of functionality, for example, VR was found to be more accepted in teaching than in the OSCE. This suggests that students have doubts about whether the novel VR technology can reliably support practical performance assessments or even automate them in the future. With regard to the Technology Acceptance Model [28], the low acceptance of autonomous VR examinations can probably be attributed to the lack of control over the system. Comparisons between levels of functionality reveal further reservations about the technology. The market-ready status quo of VR (visual and audiovisual stimulation) was significantly better accepted than the features (haptics, oral communication and adaptive feedback/autonomous testing) that are still under development in both application scenarios. Medical students thus appear to be skeptical about technological innovations that have not yet been proven in practice. This skepticism is most pronounced for autonomous VR examinations and among female students.

Since there are only few empirical arguments for the visionary VR features, this reluctance is especially understandable when it comes to examination scenarios that are directly relevant to a student's grading. In detail,

however, the results are counterintuitive. As the level of functionality increased, not only did the assumed feasibility decrease but so did the innovativeness, simulation quality, meaningfulness, and learning curve. The same is true for the application-specific factors of fun, learning curve, and fairness. These statements contradict the potential attributed to the technical innovations. While haptic feedback is primarily intended to improve the immersion and quality of the simulation, the integration of artificial intelligence in VR promises individual learning and examination experiences with lifelike virtual patients. These potentials are not reflected in the assessment of the medical students. One reason for this counterintuitive assessment may be the human tendency to embrace the ordinary (audiovisual stimulation) and to avoid the unknown (e.g., autonomous performance assessment) [29]. This basic attitude is substantially reflected in the positive correlation between acceptance and computer affinity. Since the use of haptic feedback and AI is still in development and thus generally unknown, student skepticism towards visionary levels of functionality can possibly be attributed to a lack of experience.

The restrained acceptance of the market-ready status quo can possibly be explained in a similar manner. In a cross-curriculum survey by Weisflog and Böckel [19], students considered VR more important for their studies if the technology was available to them at their university. In 2019, however, only about 4% of the students in Germany had VR equipment at their disposal on campus. Even in the private sector, the use of VR – despite increasing hardware and software sales – is currently still limited to a technology-savvy minority [https://www2.deloitte.com/de/de/pages/presse/contents/zukunftsperspektiven-fuer-virtual-augmented-reality.html]. Consequently, only a small percentage of students has had the opportunity to make practical use of the current VR technology and overcome possible reservations. However, this explanatory approach is not supported by the prior VR experience measured in the study. The corresponding item presumably fails to express the individual level of knowledge of VR technology since the quality and quantity of the VR experiences were not surveyed.

Also noteworthy is the consistently high correlation between the acceptance indicators (see attachment 1, table A3). The high internal consistency suggests that many medical students have an established opinion about the use of VR that has conditioned their responses across application scenarios and levels of functionality. The transferability of these findings needs to be critically discussed, however. The low response rate of 7.7% in Ulm limits the representativeness of the sample. In addition, the video demonstrations referred exclusively to obstetrics, which means that the acceptance values can be concluded for other fields of application only indirectly. Finally, when interpreting the results, it must also be taken into account that the students only evaluated videos on the use of VR since the higher levels of functionality have not yet reached market maturity. In line with the assumption that the acceptance of VR increases as awareness rises, the assessment would probably be more positive if students had had a practical demonstration.

Regardless, however, the study results make it clear that the concerns and technical knowledge of students must be taken into account in the further development and the implementation of VR in the curriculum. In order for real learning effects to result from the potential of VR, the technology should be introduced not only as a teaching tool but also be part of the medical studies curriculum. The opportunity to learn about the application of VR in a guided manner and to discuss it critically also promotes the media competence of medical students who will possibly work with VR in their future daily clinical routine (e.g., simulation-based planning of surgical interventions). Whether VR will also be suitable for conducting practical examinations or whether student skepticism will continue to be justified in the future should be scientifically examined as soon as the technology has become established in teaching and proven to be reliable.

5. Conclusion

The differentiated assessment of the acceptance of VR by students revealed that the subjectively low perceived importance of VR is due to a skepticism towards emerging technologies. Medical students seem to have too little knowledge about VR to adequately assess its didactic potential. In order for medical students to become familiar with the technology and to be able to use it competently in their everyday clinical practice in the future, VR should be introduced not only as a teaching tool but also integrated into the curriculum. The implementation of practical examinations in VR, on the other hand, is only recommended once the technology has proven itself to be reliable in teaching.

Authors

The authors S. Walter and R. Speidel share the first authorship.

Competing interests

The authors declare that they have no competing interests.

Attachments

Available from
https://www.egms.de/en/journals/zma/2021-38/zma001496.shtml

1. Attachment_1.pdf (108 KB)
   Attachment 1

References

1. Boshuizen H, Schmidt H. The development of clinical reasoning expertise. Clin Reason Health Prof. 2008;3:113-121.
2. Keifenheim KE, Teufel M, Ip, J, Speiser N, Leehr EJ, Zipfel S, Herrmann-Werner A. Teaching history taking to medical students: A systematic review. BMC Med Educ. 2015;15:159. DOI: 10.1186/s12909-015-0443-x
3. Kiesewetter J, Kager M, Lux R, Zwissler B, Fischer MR, Dietz I. German undergraduate medical students' attitudes and needs regarding medical errors and patient safety - a national survey in Germany. Med Teach. 2014;36(6):505-510. DOI: 10.3109/0142159X.2014.891008
4. Cook DA. How much evidence does it take? A cumulative meta-analysis of outcomes of simulation-based education. Med Educ. 2014;48(8):750-760. DOI: 10.1111/medu.12473
5. Kononowicz AA, Woodham LA, Edelbring S, Stathakarou N, Davies D, Saxena N, Tudor Car L, Carlsted-Duke J, Car J, Zary N. Virtual patient simulations in health professions education: Systematic review and meta-analysis by the digital health education collaboration. J Med Internet Res. 2019;21(7):e14676. DOI: 10.2196/14676
6. Huwendiek S, De leng BA, Zary N, Fischer MR, Ruiz JG, Ellaway R. Towards a typology of virtual patients. Med Teach. 2009;31(8):743-748. DOI: 10.1080/01421590903124708
7. Bokken L, Rethans JJ, Scherpbier AJ, van der Vleuten CP. Strengths and weaknesses of simulated and real patients in the teaching of skills to medical students: a review. Simul Healthc. 2008;3(3):161-169. DOI: 10.1097/SIH.0b013e318182fc56
8. Cook DA, Hamstra SJ, Brydges R, Zendejas B, Szostek JH, Wang AT, Erwin PJ, Hatala R. Comparative effectiveness of instructional design features in simulation-based education: Systematic review and meta-analysis. Med Teach. 2013;35(1):867-898. DOI: 10.3109/0142159X.2012.714886
9. Shorey S, Ang E, Yap J, Ng ED, Lau ST, Chui CK. A Virtual Counseling Application Using Artificial Intelligence for Communication Skills Training in Nursing Education: Development Study. J Med Internet Res. 2019;21(10):e14658. DOI: 10.2196/14658
10. Talbot TB, Rizzo AS, Dubbels BR. Virtual standardized patients for interactive conversational training: A grand experiment and new approach. Hershey, PA: IGI Global; 2019. DOI: 10.4018/978-1-5225-7461-3.ch003
11. Slater M, Wilbur S. A Framework for Immersive Virtual Environments (FIVE): Speculations on the Role of Presence in Virtual Environments. Presence. 1997;6(6):603-616. DOI: 10.1162/pres.1997.6.6.603
12. Chirico A, Gaggioli A. When Virtual Feels Real: Comparing Emotional Responses and Presence in Virtual and Natural Environments. Cyberpsychol Behav Soc Netw. 2019;22(3):220-226. DOI: 10.1089/cyber.2018.0393
13. Kolb DA. Experiential learning: Experience as the source of learning and development. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall; 1984.
14. Kwon C. Verification of the possibility and effectiveness of experiential learning using HMD-based immersive VR technologies. Virt Reality. 2019;23(1):101-118. DOI: 10.1007/s10055-018-0364-1
15. Chavez B, Bayona S. Virtual Reality in the Learning Process. In: Rocha Á, Adeli H, Reis LP, Costanzo S, editors. Advances in Intelligent Systems and Computing. Trends and Advances in Information Systems and Technologies. Cham: Springer International Publishing; 2018. p.1345-1356. DOI: 10.1007/978-3-319-77712-2_129
16. Kyaw BM, Saxena N, Posadzki P, Vseteckova J, Nikolaou CK, George PP, Divakar U, Masiello I, Kononowicz AA, Zary N, Tudor Car L. Virtual Reality for Health Professions Education: Systematic Review and Meta-Analysis by the Digital Health Education Collaboration. J Med Internet Res. 2019;21(1):e12959. DOI: 10.2196/12959
17. Pourmand A, Davis S, Lee D, Barber S, Sikka N. Emerging Utility of Virtual Reality as a Multidisciplinary Tool in Clinical Medicine. Games Health J. 2017;6(5):263-270. DOI: 10.1089/g4h.2017.0046
18. Cipresso P, Giglioli IAC, Raya MA, Riva G. The Past, Present, and Future of Virtual and Augmented Reality Research: A Network and Cluster Analysis of the Literature. Front Psychol. 2018;9:2086. DOI: 10.3389/fpsyg.2018.02086
19. Weisflog W, Böckel A. Ein studentischer Blick auf den Digital Turn: Auswertung einer bundesweiten Befragung von Studierenden für Studierende. Arbeitspapier Nr. 54. Berlin: Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft, Hochschulforum Digitalisierung; 2020. Zugänglich unter/available from: https://hochschulforumdigitalisierung.de/sites/default/files/dateien/HFD_AP_54_Studierendenbefragung.pdf
20. Kuhn S, Frankenhauser S, Tolks D. Digitale Lehr- und Lernangebote in der medizinischen Ausbildung: Schon am Ziel oder noch am Anfang? [Digital learning and teaching in medical education : Already there or still at the beginning?]. Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz. 2018;61(2):201-209. DOI: 10.1007/s00103-017-2673-z
21. Pottle J. Virtual reality and the transformation of medical education. Future Healthc J. 2019;6(3):181-185. DOI: 10.7861/fhj.2019-0036
22. Zender R, Weise M, von der Heyde M, Söbke H. Lehren und Lernen mit VR und AR - Was wird erwartet? Was funktioniert? In: Krömker D, Schroeder U, editors. DeLFI 2018 - Die 16. E-Learning Fachtagung Informatik. Bonn: Gesellschaft für Informatik e.V.; 2018. p.275-276.
23. Frithioff A, Frendø M, Mikkelsen PT, Sørensen MS, Andersen SA. Ultra-high-fidelity virtual reality mastoidectomy simulation training: a randomized, controlled trial. Eur Arch Otorhinolaryngol. 2020;277(5):1335-1341. DOI: 10.1007/s00405-020-05858-3
24. Rangarajan K, Davis H, Pucher PH. Systematic Review of Virtual Haptics in Surgical Simulation: A Valid Educational Tool? J Surg Educ. 2020;77(2):337-347. DOI: 10.1016/j.jsurg.2019.09.006
25. Mirchi N, Bissonnette V, Yilmaz R, Ledwos N, Winkler-Schwartz A, Del Maestro RF. The Virtual Operative Assistant: An explainable artificial intelligence tool for simulation-based training in surgery and medicine. PLoS ONE. 2020;15(2):e0229596. DOI: 10.1371/journal.pone.0229596
26. Veneziano D, Cacciamani G, Rivas JG, Marino NS, Bhaskar K. VR and machine learning: novel pathways in surgical hands-on training. Curr Opin Urol. 2020;30(6):817-822. DOI: 10.1097/MOU.0000000000000824
27. Speidel R, Schneider A, Koerner J, Grab-Kroll C, Oechsner W. Did video kill the XR star? Digital trends in medical education before and after the COVID- 19 outbreak from the perspective of students and lecturers from the faculty of medicine at the University of Ulm. GMS J Med Educ. 2021;38(6):Doc101. DOI: 10.3205/zma001497
28. Holden RJ, Karsh BT. The technology acceptance model: its past and its future in health care. J Biomed Inform. 2010;43(1):159-172. DOI: 10.1016/j.jbi.2009.07.002
29. Castro D, McQuinn A. The Privacy Panic Cycle: A Guide to Public Fears About New Technologies. Washington, DC: The Information Technology & Innovation Foundation; 2015. p.39. Zugänglich unter/available from: http://www2.itif.org/2015-privacy-panic.pdf

Corresponding author:
Steffen Walter
Ulm University Hospital, Department of Psychosomatic Medicine and Psychotherapy, Medical Psychology Section, Frauensteige 6, D-89075 Ulm, Germany
steffen.walter@uni-ulm.de

Please cite as
Walter S, Speidel R, Hann A, Leitner J, Jerg-Bretzke L, Kropp P, Garbe J, Ebner F. Skepticism towards advancing VR technology – student acceptance of VR as a teaching and assessment tool in medicine. GMS J Med Educ. 2021;38(6):Doc100.
DOI: 10.3205/zma001496, URN: urn:nbn:de:0183-zma0014967

This article is freely available from
https://www.egms.de/en/journals/zma/2021-38/zma001496.shtml

Received: *2021-01-27*
Revised: *2021-05-17*
Accepted: *2021-06-25*
Published: *2021-09-15*

Copyright
©2021 Walter et al. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 License. See license information at http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/.

Skepsis gegenüber fortschreitender VR-Technologie – die studentische Akzeptanz von VR als Lehr- und Prüfungsmedium in der Medizin

Steffen Walter[1]
Robert Speidel[2]
Alexander Hann[3]
Janine Leitner[1]
Lucia Jerg-Bretzke[1]
Peter Kropp[4]
Jakob Garbe[5]
Florian Ebner[6]

1 Universitätsklinikum Ulm, Klinik für Psychosomatische Medizin und Psychotherapie, Sektion Medizinische Psychologie, Ulm, Deutschland

2 Universität Ulm, Medizinische Fakultät, Kompetenzzentrum eEducation in der Medizin, Ulm, Deutschland

3 Universitätsklinikum Würzburg, Medizinische Klinik und Poliklinik II, Gastroenterologie, Würzburg, Deutschland

4 Universitätsmedizin Rostock, Institut für Medizinische Psychologie und Medizinische Soziologie, Rostock, Deutschland

5 Universitätsklinikum Halle, Klinik für Innere Medizin I, Halle, Deutschland

6 Helios Amper-Klinikum Dachau, Dachau, Deutschland

Zusammenfassung

Zielsetzung: Das hohe didaktische Potenzial von VR steht im Kontrast zur studentischen Einschätzung, dass die Technologie nur eine relativ geringe Bedeutung für die gegenwärtige und zukünftige Lehre hat. Diese Diskrepanz wurde differenziert untersucht, um die Weiterentwicklung und Implementierung von VR zielgruppenorientiert auszurichten.
Methodik: Von Januar bis Juli 2020 wurden Medizinstudierende (N=318) gebeten, zehn Videos online anzusehen und anhand von Akzeptanzindikatoren (z.B. Spaß und Fairness) zu bewerten. Am Beispiel der Geburtshilfe demonstrierten die Videos fünf teils visionäre Funktionsgrade der VR-Technologie (z.B. haptisches und adaptives Feedback) in zwei Einsatzszenarien (Lehre und OSCE-Prüfung). Die einzelnen und aggregierten Indikatoren wurden mit nicht-parametrischen Testverfahren zwischen den Einsatzszenarien, Funktionsgraden und Geschlechtern verglichen. Darüber hinaus wurden Zusammenhänge zwischen der Akzeptanz und den Faktoren Fachsemester, Alter, Computeraffinität und VR-Vorerfahrung analysiert.
Ergebnisse: Über alle Funktionsgrade hinweg wurde VR in der Lehre eher akzeptiert als in der OSCE-Prüfung. Die Vergleiche zwischen den Funktionsgraden offenbarten außerdem, dass der marktreife Status Quo von VR signifikant besser angenommen wurde als die visionären Funktionen. Diese Skepsis gegenüber der fortschreitenden VR-Technologie war bei der Vision autonomer VR-Prüfungen und unter weiblichen Studierenden mit geringer Computeraffinität am stärksten ausgeprägt.
Schlussfolgerung: Die Ergebnisse legen nahe, dass die Vorbehalte der Studierenden auf mangelnde Erfahrungswerte mit der VR-Technologie zurückzuführen sind. Damit die angehenden Ärzte die Technologie kennenlernen und zukünftig kompetent im Klinikalltag anwenden können, sollte VR nicht nur als Lehrmedium sondern auch als Lerngegenstand curricular eingeführt werden. Praktische Prüfungen in VR empfehlen sich dagegen erst, wenn sich die Technologie in der Lehre etabliert und als verlässlich erwiesen hat.

Schlüsselwörter: Virtuelle Realität, virtueller Patient, medizinische Ausbildung, Zukunft, Akzeptanz

1. Das didaktische Potenzial der virtuellen Realität

Träges Wissen ist in der Medizin nicht nur unbrauchbar, sondern lebensbedrohlich. Ärzte müssen Fachwissen durchdringen und Fertigkeiten automatisieren, um in Belastungssituationen die richtige Diagnose zu stellen und adäquat zu reagieren. Um dieses Kompetenzniveau sicherzustellen, wurde 2015 der Nationale Kompetenzbasierte Lernzielkatalog Medizin (NKLM) eingeführt [http://www.nklm.de]. Für Studierende ist das praxisorientierte Absolventenprofil des NLKM nur erreichbar, wenn sie in ihrer Ausbildung ausreichend Gelegenheit haben, anhand authentischer Problemstellungen aus dem Klinikalltag praktisch zu üben [1]. Das Üben am Patienten ist dafür aus organisatorischen, finanziellen und ethischen Gründen ungenügend [2]. Beispielsweise räumt jeder vierte Medizinstudierende mindestens einen Fehler in der Ausbildung ein, der potenziell die Gesundheit eines Patienten gefährdete [3].

In der medizinischen Ausbildung werden deshalb Simulationen eingesetzt, mit denen beispielweise die klinische Entscheidungsfindung und sensomotorische Fertigkeiten gefahrlos trainiert werden können. Unter Simulationen werden Lernumgebungen verstanden, in denen Studierende den Handlungsverlauf von möglichst authentischen Szenarien beeinflussen können [4], [5]. Die in der Medizin am häufigsten angewendete Simulationsmethode sind Rollenspiele mit Schauspielpatienten [6] oder Simulationspuppen. Da diese jedoch räumlich, zeitlich und personell gebunden sind [7], werden vermehrt auch computerbasierte Simulationen verwendet, die flexibel einsetzbar sind und eine automatische Leistungsbeurteilung ermöglichen [2]. Der Lerngegenstand ist hierbei in der Regel ein „virtueller Patient“, der als interaktives Video [8] oder Animation [9], [10] dargestellt wird. Die Studierenden können die virtuellen Patienten je nach Simulation zur ihrer Krankheitsgeschichte befragen, körperlich untersuchen oder behandeln. Da sie bei der Übung meist vor einem konventionellen Bildschirm sitzen und in ihren Aktionsmöglichkeiten beschränkt sind, weisen diese Simulationen einen relativ hohen Abstraktionsgrad auf.

Ein Lösungsansatz für dieses Defizit sind moderne Simulationen in der virtuellen Realität (VR). Mit einer VR-Brille tauchen Studierende in eine computergenerierte Welt ein, die ihnen den Eindruck vermittelt, physisch in der Lernumgebung präsent zu sein. Durch diese Immersion, die unter anderem durch die hohe Bewegungs- und Interaktionsfreiheit entsteht [11], ähnelt das individuelle Erleben und Verhalten in VR-Simulationen dem in einer realen Situation [12]. Das eröffnet die Möglichkeit, in VR erfahrungsbasiert zu lernen [13], [14] und somit einen nachhaltigen Lerneffekt zu erzielen. Zwar ist die Qualität der bisherigen Forschung zu diskutieren (u.a. geringe Stichprobengröße, fehlende Kontrollgruppen und lückenhafte Studienberichte), doch quantitative [15], [16] und qualitative [17] Metaanalysen bescheinigen den didaktischen Mehrwert von VR weitgehend. Mit Blick auf gesundheitsbezogene Aus- und Weiterbildungen zeigt sich etwa, dass das Lernen in der virtuellen Realität effektiver sein kann als in anderen digitalen (z.B. Videos und Online-Kurse) und traditionellen (z.B. Bücher und Vorlesungen) Lehrformaten [16].

Angesichts der vom NKLM geforderten Kompetenzorientierung trifft VR in der Medizin auf großes Interesse. Bereits jede vierte Studie im Forschungsfeld VR weist einen medizinischen Bezug auf [18]. Auch der medizindidaktische Einsatz nimmt zu. An der Universität Ulm steht den Studierenden beispielweise ein medizinisches VR-Lab zur Verfügung, in dem sie virtuelle Patienten diagnostizieren und behandeln können. In Deutschland sind solche Angebote noch die Ausnahme [19], [20], im englischsprachigen Raum ist VR dagegen weiter verbreitet und teils schon fester Bestandteil des Curriculums [21]. Dabei reizt der aktuelle Stand der Technik nicht das Potenzial der Technologie aus. Schreitet die technische Entwicklung weiter voran, wird die bisher vorwiegend audiovisuelle Stimulation in VR [22] voraussichtlich mit haptischem Feedback [23], [24] ergänzt. Dadurch können nicht mehr nur kognitive (z.B. Prozessabläufe im OP-Bereich) sondern auch sensomotorische Fertigkeiten (z.B. körperliche Untersuchungen) geschult werden. Außerdem wird der Einsatz von künstlicher Intelligenz aller Wahrscheinlichkeit nach adaptives Feedback zur erbrachten Leistung [25], [26] sowie eine natürliche, mündliche Kommunikation mit virtuellen Patienten [9], [10] ermöglichen. Letzteres würde es schließlich erlauben, auch soziale Fertigkeiten (z.B. Gesprächsführung mit Patienten) alleine in VR zu trainieren. Die angeführten Referenzen sind Pilotprojekte, zeichnen jedoch bereits eine Vision der zukünftigen medizinischen Ausbildung, in der holistische Lernerfahrungen in VR fester Bestandteil des Curriculums sind.

Ob und in welcher Form diese Vision realisiert wird, ist nicht zuletzt davon abhängig, wie die Studierenden die Technologie und ihre zukünftigen Funktionen annehmen. In aktuellen, an deutschen Hochschulen durchgeführten Umfragen bescheinigen sie VR nur eine geringe bis moderate Bedeutung für sowohl die gegenwärtige als auch die zukünftige Lehre [19], [27]. Das Ziel dieser Studie ist es, eine differenziertere Einschätzung der Medizinstudierenden zu erhalten, um die Diskrepanz zwischen didaktischem Potenzial und subjektiv wahrgenommener Bedeutung zu ergründen. Die Erkenntnisse sollen dazu beitragen, die technische Weiterentwicklung und curriculare Implementierung von VR zielgruppenorientiert auszurichten. Die folgenden Fragen leiteten das Studienvorhaben und gliedern die Darstellung der Ergebnisse:

1. Unterscheidet sich die Akzeptanz von VR zwischen den Einsatzszenarien Lehre und OSCE-Prüfung?
2. Unterscheidet sich die Akzeptanz von VR zwischen unterschiedlichen, teils visionären Funktionsgraden?
3. Unterscheidet sich die Akzeptanz von VR zwischen den Geschlechtern?
4. Bestehen Zusammenhänge zwischen der Akzeptanz von VR und dem Fachsemester, dem Alter, der Computeraffinität und der VR-Vorerfahrung?

Tabelle 1: Stichprobenbeschreibung

Rekrutierung	*N*	Geschlecht		Alter		Fachsemester		Computer-Affinität[a]		VR-Erfahrung[b]		Eigene VR-Brille	
		♀ *N* (%)	♂ *N* (%)	*M*	*SD*	*M*	*SD*	*M*	*SD*	*M*	*SD*	Ja *N* (%)	Nein *N* (%)
Universität Ulm[c]	111	63 (56.8%)	47 (42.3%)	24.49	.78	5.76	.31	3.99	.12	3.32	.18	10 (9.0%)	101 (91.0%)
Restliche Universitäten[d]	207	139 (67.1%)	68 (32.9%)	24.68	.30	6.42	.22	3.95	.09	2.97	.13	11 (5.3%)	196 (94.7%)
Total	318	202 (63.5%)	115 (36.2%)	24.61	5.98	6.19	3.24	3.96	1.26	3.09	1.84	21 (6.6%)	297 (93.4%)

[a] "*Sie lieben es, mit Computern umzugehen.*" - Antwortskala von 1 („*trifft nicht zu*") bis 6 („*trifft maximal zu*").
[b] „*Sie haben bereits in irgendeiner Form Erfahrungen mit VR-Erlebnissen gemacht.*" - Antwortskala von 1 („*trifft nicht zu*") bis 6 („*trifft maximal zu*").
[c] Die Rücklaufquote betrog in Ulm 7,7%.
[d] Berlin, Bern, Bochum, Bonn, Düsseldorf, Erlangen, Frankfurt, Freiburg, Gießen, Göttingen, Greifswald, Halle, Hamburg, Hannover, Heidelberg, Innsbruck, Jena, Kiel, Köln, Lübeck, Mainz, Marburg, München, Regensburg, Rostock, Tübingen, Würzburg, Zürich und k.A (*M* = 6.90, *SD* = 6.66).

2. Methode

Um diese Fragestellungen zu untersuchen, wurden Medizinstudierende aus dem deutschsprachigen Raum gebeten, freiwillig und ohne Entlohnung an der online durchgeführten Studie teilzunehmen (siehe Tabelle 1). Der Großteil der Studierenden war an der Universität Ulm eingeschrieben und wurde zweimalig via E-Mail zur Studie eingeladen. 7.7% der Adressaten sind dem Aufruf gefolgt und haben an der Studie teilgenommen. An den restlichen Universitäten wurden die Studierenden über Campus-Webseiten und Fachschaften in sozialen Medien auf die Studie aufmerksam gemacht. Die anonyme Datenerhebung dauerte jeweils ca. 15 bis 20 Minuten und wurde vom 02. Januar bis zum 31. Juli 2020 durchgeführt. Auf Anfrage entschied die Ethikkomission der Universität Ulm, dass das Studienvorhaben unbedenklich sei und keinem Ethikvotum bedürfe.

Ein Einladungslink leitete die Studierenden zur Online Studie, bei der sie aufgefordert wurden, zehn kurze Videos anzusehen. Die auf YouTube abrufbaren Videos demonstrieren und erklären fünf Funktionsgrade der VR-Technologie aus der Perspektive des Anwenders (siehe Abbildung 1) in zwei verschiedenen Einsatzszenarien (Lehre und OSCE-Prüfung) (siehe Tabelle 2). Der dargestellte Funktionsgrad steigert sich in beiden Szenarien sukzessive und kumulativ von marktreifen (visuelle und audiovisuelle Stimulation) bis hin zu visionären Funktionen (Haptik, mündliche Kommunikation und adaptives Feedback/autonome Prüfung). Als Anwendungsbeispiel wurde die Geburtshilfe ausgewählt, da Studierende wegen der Intimität rund um Schwangerschaft und Geburt selten im realen Kreißsaal hospitieren und üben können.

Nach jedem Video wurden die Studierenden angehalten, den demonstrierten Einsatz von VR anhand von Akzeptanzindikatoren (z.B. vermutete Lernkurve und Innovationskraft) zu beurteilen (siehe Tabelle 3). Dazu beantworteten die Studierenden Items auf 6-stufigen-Skalen des Likert-Typs („*trifft nicht zu*" bis „*trifft maximal zu*"). Da die Items untereinander hochsignifikant korrelierten (siehe Anhang 1), wurden sie zusätzlich aggregiert und gemittelt, um für jedes Video einen übergreifenden Akzeptanzwert zu erhalten.

Um die Akzeptanzindikatoren einzeln und aggregiert zwischen den (1) Einsatzszenarien und zwischen den (2) Funktionsgraden zu vergleichen, wurden Wilcoxon-Rang-Tests sowie Friedman-Tests mit anschließenden Dunn-Bonferroni Post-hoc-Tests durchgeführt. Mittelwertsvergleiche zwischen den (3) Geschlechtern wurden mit Mann-Whitney-U-Tests angestellt. Abschließend wurden die (4) Zusammenhänge zwischen der übergreifenden Akzeptanz und den Variablen Fachsemester, Alter, Computeraffinität („*Sie lieben es mit Computern umzugehen.*") und VR-Vorerfahrung („*Sie haben bereits in irgendeiner Form Erfahrungen mit VR-Erlebnissen gemacht.*") anhand von Spearman-Korrelationen analysiert.

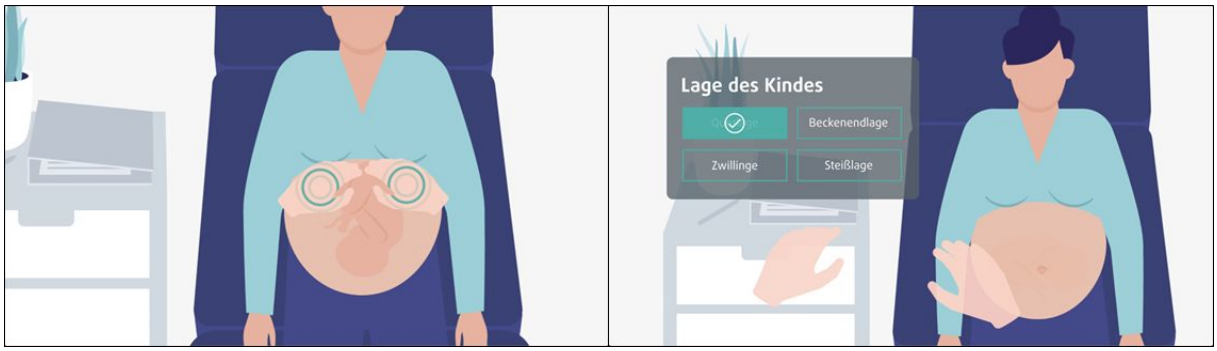


Abbildung 1: Videoscreenshot zum Funktionsgrad Haptik im Lehr- (links) und OSCE-Prüfungsszenario (rechts)

Tabelle 2: YouTube-Links und Dauer der Videos

Funktionsgrad in Einsatzszenarien	YouTube-Link	Dauer in Sekunden
Visuelle Stimulation		
Lehre	https://youtu.be/l4488FovEjU	63
OSCE-Prüfung	https://youtu.be/Mi6ocJg_rOc	37
Audiovisuelle Stimulation		
Lehre	https://youtu.be/tvXegfsa-R4	39
OSCE-Prüfung	https://youtu.be/M4nV1oy5gnY	44
+ **Haptik**		
Lehre	https://youtu.be/YNU4JhRIAMk	57
OSCE-Prüfung	https://youtu.be/lvaSj_asDB0	41
+ **Mündliche Kommunikation**		
Lehre	https://youtu.be/EHcRSaVkssg	69
OSCE-Prüfung	https://youtu.be/qplw-ckhccI	32
+ **Adaptives Feedback**, bzw. **Autonome Prüfung**		
Lehre	https://youtu.be/F4RjPSg73Ao	44
OSCE-Prüfung	https://youtu.be/ZNxTxyvGiRs	34

Tabelle 3: Indikatoren der Akzeptanz

Akzeptanzindikator	Einsatzszenario	Item[a]
Lernkurve	Lehre	*„Ich glaube, dass meine Lernkurve durch die Verwirklichung einer solchen Vision verbessert werden könnte.“*
Spaß	Lehre	*„Ich glaube mit der Verwirklichung einer solchen Vision hätte ich mehr Spaß am Lernen.“*
Fairness	OSCE-Prüfung	*„Ich empfinde die Prüfungssituation als objektiver und gerechter als jene in einer Prüfung mit einem Dozenten.“*
Simulationsqualität[b]	Lehre & OSCE-Prüfung	*„Ich glaube, dass die FUNKTION den Patientenkontakt gut simulieren kann.“*
Innovationskraft	Lehre & OSCE-Prüfung	*„Ich halte die Entwicklung der FUNKTION in der Lehre für innovativ.“*
Sinnhaftigkeit	Lehre & OSCE-Prüfung	*„Ich erachte die FUNKTION in der Anwendung insgesamt für sinnvoll.“*
Umsetzbarkeit	Lehre & OSCE-Prüfung	*„Ich halte die Umsetzung der FUNKTION in der Lehre für realistisch.“*

[a] „FUNKTION“ ist stellvertretend für den jeweiligen Funktionsgrad.
[b] Der Indikator Simulationsqualität wurde beim adaptiven Lehrszenario ausgelassen.

Tabelle 4: Übergreifende Akzeptanz der Funktionsgrade zwischen Lehre und OSCE-Prüfung

Einsatz-szenario/ Test	Statistik	Funktionsgrad				
		Visuelle Stimulation	Audiovisuelle Stimulation	+ Haptik	+ mündliche Kommuni-kation	+ adaptives Feedback/ autonome Prüfung
Lehre	*M*	4.14	4.45	4.02	3.94	3.90
	SD	1.10	1.08	1.24	1.28	1.31
OSCE-Prüfung	*M*	3.95	4.13	3.68	3.65	3.45
	SD	1.06	1.08	1.24	1.31	1.30
Wilcoxon-Rang-Test	*Z*	4.27	8.35	8.83	6.70	7.16
	p	.000***	.000***	.000***	.000***	.000***
	r	.24	.47	.50	.38	.40

Notiz. Die Antwortskala reichte von 1 („*trifft nicht zu*“) bis 6 („*trifft maximal zu*“).
*p < .05. **p < .01. ***p < .001

Tabelle 5: Dunn-Bonferroni Post-hoc-Tests zur übergreifenden Akzeptanz zwischen den Funktionsgraden

Lehre			OSCE-Prüfung		
Vergleich von Funktions-graden	Teststatistik	*p*[a]	Vergleich von Funktions-graden	Teststatistik	*p*[a]
F1 – F2	-.81	.000***	F1 – F2	-.39	.020*
F1 – F3	-.15	1.000	F1 – F3	-.50	.001**
F1 – F4	-.14	1.000	F1 – F4	-.42	.009**
F1 – F5	-.17	1.000	F1 – F5	-.89	.000***
F2 – F3	-.96	.000***	F2 – F3	-.89	.000***
F2 – F4	-.95	.000***	F2 – F4	-.80	.000***
F2 – F5	-.98	.000***	F2 – F5	-1.27	.000***
F3 – F4	-.01	1.000	F3 – F4	-.09	1.000
F3 – F5	-.02	1.000	F3 – F5	-.38	.022*
F4 – F5	-.03	1.000	F4 – F5	-.47	.002**

Notiz. Visuelle Stimulation (F1), audiovisuelle Stimulation (F2), + Haptik (F3), + mündliche Kommunikation (F4), + adaptives Feedback/autonome Prüfung (F5)
[a] Um eine Alphafehler-Kumulierung zu vermeiden, wurde der p-Wert mit der Bonferroni-Methode korrigiert.
*p < .05. **p < .01. ***p < .001

3. Ergebnisse

3.1. Akzeptanz der Funktionsgrade zwischen Lehre und OSCE-Prüfung

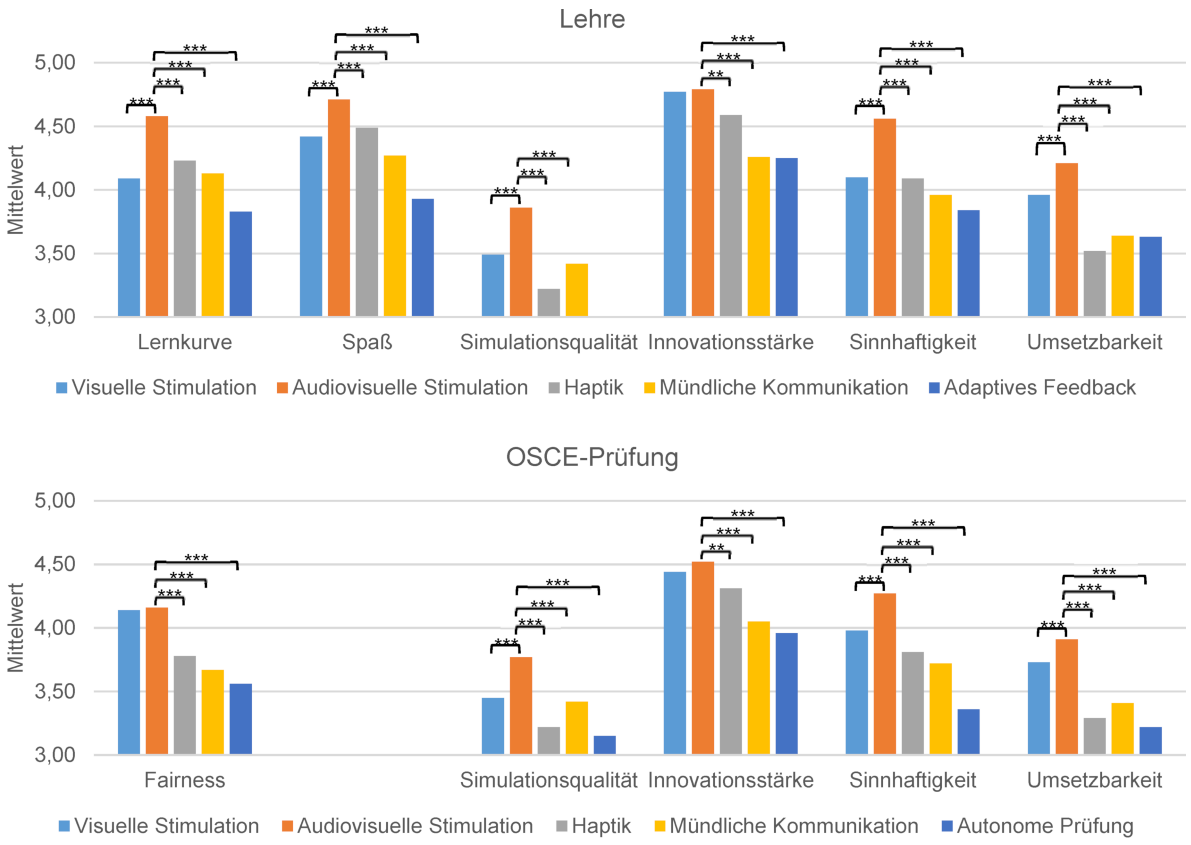
Der in den Videos dargestellte Einsatz von VR wurde über alle Funktionsgrade hinweg signifikant mehr in der Lehre als in der OSCE-Prüfung akzeptiert (siehe Tabelle 4).

3.2. Akzeptanzunterschiede zwischen den Funktionsgraden

Sowohl in der Lehre ($X^2(4)=97.41$, $p<.001$, $n=318$) als auch in der OSCE-Prüfung ($X^2(4)=138.07$, $p<.001$, $n=318$) unterschied sich die Akzeptanz von VR signifikant zwischen den Funktionsgraden. Die Post-hoc-Testung (siehe Tabelle 5) präzisierte, dass in beiden Einsatzszenarien der audiovisuelle Funktionsgrad signifikant am besten angenommen wurde. Als zweite Präferenz stellte sich die visuelle Stimulation heraus, die jedoch nur in der OSCE-Prüfung signifikant besser beurteilt wurde als die komplexeren Funktionsgrade Haptik, mündliche Kommunikation und autonome Prüfung. Letzteren haben die Studierenden im Rahmen der OSCE-Prüfung signifikant am geringsten bewertet. Ein differenzierter Blick auf die einzelnen Akzeptanzindikatoren zeigt, dass alle Items bei der audiovisuellen Stimulation signifikant am höchsten ausfielen (siehe Abbildung 2, siehe Anhang 1, Tabelle A1 und Tabelle A2). Die Ausnahme ist die visuelle Stimulation, die bei den Indikatoren Innovationskraft und Fairness nur deskriptiv geringer bewertet wurde.

3.3. Akzeptanzunterscheide zwischen den Geschlechtern

Die männlichen Studierenden wiesen in allen Funktionsgraden und Einsatzszenarien deskriptiv eine höhere, übergreifende Akzeptanz auf als die weiblichen Studierenden. Bei den Videos zum OSCE-Prüfungsszenario wurde dieser Geschlechtsunterschied bei den Funktionsgraden audiovisuelle Stimulation ($U=10048.00$, $Z=-2.00$, $p=.045$, $d_{Cohen}=.23$) und autonome Prüfung ($U=9950.50$, $Z=-2.12$, $p=.034$, $d_{Cohen}=.24$) signifikant. Darüber hinaus fiel auch die Computeraffinität bei den männlichen Stu-



Notiz. Die markierten Ergebnisse der Wilcoxon-Rang-Tests zwischen der audiovisuellen Stimulation und den restlichen Funktionsgraden sind in den angehängten Tabellen A1 und A2 aufgeführt. Die Antwortskala reichte von 1 („*trifft nicht zu*“) bis 6 („*trifft maximal zu*“). *p < .05. **p < .01. ***p < .001

Abbildung 2: Akzeptanzindikatoren nach Funktionsgrad und Einsatzszenario

dierenden höher aus (U=7206.50, Z=-5.79, p<.000, d_{Cohen}=.67).

3.4. Zusammenhang zwischen übergreifender Akzeptanz und Kontrollfaktoren

Die Akzeptanzwerte korrelieren über die Einsatzszenarien hinweg stark zwischen den Funktionsgraden (r=.493 bis .851) und moderat mit der individuellen Computeraffinität (r=.229 bis .372) (siehe Anhang 1, Tabelle A3). Die Kontrollfaktoren Alter, Fachsemester und VR-Vorerfahrung wiesen hingegen keinen signifikanten Zusammenhang mit der studentischen Akzeptanz auf.

4. Diskussion

Das hohe didaktische Potenzial von VR steht im Kontrast zur studentischen Einschätzung, dass die Technologie nur eine relativ geringe Bedeutung für die gegenwärtige und zukünftige Lehre hat. Diese Diskrepanz wurde in der vorliegenden Studie differenziert untersucht, um die technische Weiterentwicklung und curriculare Implementierung von VR zielgruppenorientiert auszurichten. Mit diesem Ziel „vor Augen“ wurde die studentische Akzeptanz zwischen unterschiedlichen (1) Einsatzszenarien und (2) Funktionsgraden verglichen. Außerdem wurde überprüft, ob bezüglich der Akzeptanz (3) Geschlechterunterschiede oder (4) Zusammenhänge mit den Faktoren Fachsemester, Alter, Computeraffinität und VR-Vorerfahrung bestehen.

Wie in vorangegangen Umfragen [19], [27] fiel die Akzeptanz für den Einsatz von VR allgemein moderat aus. Mit Verweis auf die angestellten Vergleiche greift diese pauschale Aussage jedoch zu kurz. So zeigte sich über alle Funktionsgrade hinweg, dass VR eher in der Lehre akzeptiert wird als in der OSCE-Prüfung. Dieser Umstand lässt vermuten, dass die Studierenden Zweifel daran haben, ob die neuartige VR-Technologie praktische Leistungserhebungen verlässlich unterstützen oder in Zukunft gar automatisieren kann. Mit Verweis auf das Technology Acceptance Modell [28] lässt sich die geringe Akzeptanz von autonomen VR-Prüfungen vermutlich auf die fehlende Kontrolle über das System zurückführen. Die Vergleiche zwischen den Funktionsgraden offenbaren weitere Vorbehalte gegenüber der Technik. Der marktreife Status Quo von VR (visuelle und audiovisuelle Stimulation) wurde in beiden Einsatzszenarien signifikant besser angenommen als die Funktionen, die sich noch in der Entwicklung befinden (Haptik, mündliche Kommunikation und adaptives Feedback/autonome Prüfung). Medizinstudierende scheinen demnach technologischen Innovationen, die sich noch nicht praktisch bewährt haben, skeptisch gegenüberzustehen. Diese Skepsis ist bei autonomen VR-

Prüfungen und unter weiblichen Studierenden am stärksten ausgeprägt.

Da es bisher wenig empirische Argumente für die visionären VR-Funktionen gibt, ist diese Zurückhaltung besonders in Prüfungsszenarien nachvollziehbar, die unmittelbar für den Studienerfolg relevant sind. Im Detail sind die Ergebnisse jedoch kontraintuitiv. Mit steigendem Funktionsgrad nahmen bei den Studierenden nicht nur die vermutete Umsetzbarkeit, sondern auch die Innovationskraft, Simulationsqualität, Sinnhaftigkeit und Lernkurve ab. Gleiches gilt für die einsatzspezifischen Faktoren Spaß, Lernkurve und Fairness. Diese Angaben stehen im Widerspruch zum Potenzial, das den technischen Neuerungen zugesprochen wird. Während das haptische Feedback vor allem die Immersion und Qualität der Simulation verbessern soll, verspricht die Integration von künstlicher Intelligenz in VR individuelle Lern- und Prüfungserfahrungen mit natürlich anmutenden virtuellen Patienten. Diese Potenziale spiegeln sich nicht in der Einschätzung der Medizinstudierenden wider. Ein Grund für diese kontraintuitive Bewertung mag die menschliche Tendenz sein, das Gewöhnliche (audiovisuelle Stimulation) anzunehmen und das Unbekannte (z.B. autonome Leistungsbeurteilung) zu meiden [29]. Diese Grundeinstellung zeigt sich bereits wesentlich im positiven Zusammenhang zwischen Akzeptanz und Computeraffinität. Da sich der Einsatz von haptischem Feedback und KI noch in der Entwicklung befindet und somit grundsätzlich unbekannt ist, lässt sich die studentische Skepsis gegenüber den visionären Funktionsgraden möglicherweise auf fehlende Erfahrungswerte zurückführen.

Im gleichen Sinne lässt sich womöglich auch die verhaltene Akzeptanz des marktreifen Status Quo erklären. In einer studiengangsübergreifenden Umfrage von Weisflog und Böckel [19] erachteten Studierende VR für ihr Studium wichtiger, wenn ihnen die Technologie an ihrer Hochschule zur Verfügung stand. 2019 traf das in Deutschland jedoch nur auf etwa 4% der Studierenden zu. Auch im privaten Bereich beschränkt sich der Einsatz von VR – trotz steigendem Hard- und Software-Absatz – derzeit noch auf eine technikaffine Minderheit [https://www2.deloitte.com/de/de/pages/presse/contents/zukunftsperspektiven-fuer-virtual-augmented-reality.html]. Folglich hatte bisher nur ein kleiner Teil der Studierenden die Möglichkeit, den gegenwärtigen Stand der VR-Technik praktisch anzuwenden und mögliche Vorbehalte abzubauen. Dieser Erklärungsansatz wird jedoch nicht von der in der Studie gemessenen VR-Vorerfahrung gestützt. Das entsprechende Item hat vermutlich zu wenig Aussagekraft über den individuellen Kenntnisstand der VR-Technologie, da die Qualität und Quantität der abgefragten VR-Erlebnisse nicht erhoben wurden.

Bemerkenswert ist auch die durchweg hohe Korrelation zwischen den Akzeptanzindikatoren (siehe Anhang 1, Tabelle A3). Die hohe interne Konsistenz legt nahe, dass viele Medizinstudierende eine gefestigte Meinung zum VR-Einsatz haben, die die Antworten über die Einsatzszenarien und Funktionsgrade hinweg bedingt hat. Die Übertragbarkeit dieser Erkenntnisse muss jedoch kritisch diskutiert werden. Die geringe Rücklaufquote von 7,7% in Ulm schränkt die Repräsentativität der Stichprobe ein. Außerdem bezogen sich die Videodemonstrationen ausschließlich auf die Geburtshilfe, sodass die Akzeptanzwerte nur indirekt auf andere Anwendungsfelder schließen lassen. Letztlich muss bei der Interpretation der Ergebnisse auch berücksichtigt werden, dass die die Studierenden nur Videos über den Einsatz von VR bewerteten, da die höheren Funktionsgrade noch keine Marktreife erreicht haben. Entsprechend der Annahme, dass die Akzeptanz von VR mit steigendem Bekanntheitsgrad zunimmt, sollte die Bewertung bei einer praktischen Demonstration positiver ausfallen.

Die Studienergebnisse verdeutlichen nichtsdestotrotz, dass bei der Weiterentwicklung und curricularen Implementierung von VR die Bedenken und Technikkenntnisse der Studierenden berücksichtigt werden müssen. Damit aus dem Potenzial von VR reale Lerneffekte resultieren, sollte die Technologie nicht nur als Lehrmedium sondern auch als Lerngegenstand im Medizinstudium eingeführt werden. Die Möglichkeit, die Anwendung von VR angeleitet zu erlernen und kritisch zu diskutieren, fördert auch die Medienkompetenz angehender Ärzte, die im zukünftigen Klinikalltag womöglich mit VR arbeiten werden (z.B. simulationsbasierte Planung von chirurgischen Eingriffen). Ob sich VR in Zukunft auch für die Durchführung praktischer Prüfungen anbietet oder die studentische Skepsis künftig weiterhin begründet ist, sollte wissenschaftlich geprüft werden, sobald sich die Technologie in der Lehre etabliert und als verlässlich erwiesen hat.

5. Schlussfolgerung

Die differenzierte Untersuchung der studentischen VR-Akzeptanz offenbarte,
dass sich die subjektiv gering wahrgenommene Bedeutung von VR in einer Skepsis gegenüber aufkommenden Technologien begründet. Medizinstudierende scheinen zu wenig Kenntnisse über VR zu haben, um dessen didaktisches Potenzial adäquat einzuschätzen. Damit die angehenden Ärzte die Technologie kennenlernen und zukünftig kompetent im Klinikalltag anwenden können, sollte VR nicht nur als Lehrmedium sondern auch als Lerngegenstand curricular eingeführt werden. Die Durchführung praktischer Prüfungen in VR empfiehlt sich dagegen erst, wenn sich die Technologie in der Lehre als verlässlich erwiesen hat.

Autoren

Die Autoren S. Walter und R. Speidel teilen sich die Erstautorenschaft.

Interessenkonflikt

Die Autor*innen erklären, dass sie keinen Interessenkonflikt im Zusammenhang mit diesem Artikel haben.

Anhänge

Verfügbar unter
https://www.egms.de/de/journals/zma/2021-38/zma001496.shtml

1. Anhang_1.pdf (110 KB)
   Anhang 1

Literatur

1. Boshuizen H, Schmidt H. The development of clinical reasoning expertise. Clin Reason Health Prof. 2008;3:113-121.
2. Keifenheim KE, Teufel M, Ip, J, Speiser N, Leehr EJ, Zipfel S, Herrmann-Werner A. Teaching history taking to medical students: A systematic review. BMC Med Educ. 2015;15:159. DOI: 10.1186/s12909-015-0443-x
3. Kiesewetter J, Kager M, Lux R, Zwissler B, Fischer MR, Dietz I. German undergraduate medical students' attitudes and needs regarding medical errors and patient safety - a national survey in Germany. Med Teach. 2014;36(6):505-510. DOI: 10.3109/0142159X.2014.891008
4. Cook DA. How much evidence does it take? A cumulative meta-analysis of outcomes of simulation-based education. Med Educ. 2014;48(8):750-760. DOI: 10.1111/medu.12473
5. Kononowicz AA, Woodham LA, Edelbring S, Stathakarou N, Davies D, Saxena N, Tudor Car L, Carlsted-Duke J, Car J, Zary N. Virtual patient simulations in health professions education: Systematic review and meta-analysis by the digital health education collaboration. J Med Internet Res. 2019;21(7):e14676. DOI: 10.2196/14676
6. Huwendiek S, De leng BA, Zary N, Fischer MR, Ruiz JG, Ellaway R. Towards a typology of virtual patients. Med Teach. 2009;31(8):743-748. DOI: 10.1080/01421590903124708
7. Bokken L, Rethans JJ, Scherpbier AJ, van der Vleuten CP. Strengths and weaknesses of simulated and real patients in the teaching of skills to medical students: a review. Simul Healthc. 2008;3(3):161-169. DOI: 10.1097/SIH.0b013e318182fc56
8. Cook DA, Hamstra SJ, Brydges R, Zendejas B, Szostek JH, Wang AT, Erwin PJ, Hatala R. Comparative effectiveness of instructional design features in simulation-based education: Systematic review and meta-analysis. Med Teach. 2013;35(1):867-898. DOI: 10.3109/0142159X.2012.714886
9. Shorey S, Ang E, Yap J, Ng ED, Lau ST, Chui CK. A Virtual Counseling Application Using Artificial Intelligence for Communication Skills Training in Nursing Education: Development Study. J Med Internet Res. 2019;21(10):e14658. DOI: 10.2196/14658
10. Talbot TB, Rizzo AS, Dubbels BR. Virtual standardized patients for interactive conversational training: A grand experiment and new approach. Hershey, PA: IGI Global; 2019. DOI: 10.4018/978-1-5225-7461-3.ch003
11. Slater M, Wilbur S. A Framework for Immersive Virtual Environments (FIVE): Speculations on the Role of Presence in Virtual Environments. Presence. 1997;6(6):603-616. DOI: 10.1162/pres.1997.6.6.603
12. Chirico A, Gaggioli A. When Virtual Feels Real: Comparing Emotional Responses and Presence in Virtual and Natural Environments. Cyberpsychol Behav Soc Netw. 2019;22(3):220-226. DOI: 10.1089/cyber.2018.0393
13. Kolb DA. Experiential learning: Experience as the source of learning and development. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall; 1984.
14. Kwon C. Verification of the possibility and effectiveness of experiential learning using HMD-based immersive VR technologies. Virt Reality. 2019;23(1):101-118. DOI: 10.1007/s10055-018-0364-1
15. Chavez B, Bayona S. Virtual Reality in the Learning Process. In: Rocha Á, Adeli H, Reis LP, Costanzo S, editors. Advances in Intelligent Systems and Computing. Trends and Advances in Information Systems and Technologies. Cham: Springer International Publishing; 2018. p.1345-1356. DOI: 10.1007/978-3-319-77712-2_129
16. Kyaw BM, Saxena N, Posadzki P, Vseteckova J, Nikolaou CK, George PP, Divakar U, Masiello I, Kononowicz AA, Zary N, Tudor Car L. Virtual Reality for Health Professions Education: Systematic Review and Meta-Analysis by the Digital Health Education Collaboration. J Med Internet Res. 2019;21(1):e12959. DOI: 10.2196/12959
17. Pourmand A, Davis S, Lee D, Barber S, Sikka N. Emerging Utility of Virtual Reality as a Multidisciplinary Tool in Clinical Medicine. Games Health J. 2017;6(5):263-270. DOI: 10.1089/g4h.2017.0046
18. Cipresso P, Giglioli IAC, Raya MA, Riva G. The Past, Present, and Future of Virtual and Augmented Reality Research: A Network and Cluster Analysis of the Literature. Front Psychol. 2018;9:2086. DOI: 10.3389/fpsyg.2018.02086
19. Weisflog W, Böckel A. Ein studentischer Blick auf den Digital Turn: Auswertung einer bundesweiten Befragung von Studierenden für Studierende. Arbeitspapier Nr. 54. Berlin: Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft, Hochschulforum Digitalisierung; 2020. Zugänglich unter/available from: https://hochschulforumdigitalisierung.de/sites/default/files/dateien/HFD_AP_54_Studierendenbefragung.pdf
20. Kuhn S, Frankenhauser S, Tolks D. Digitale Lehr- und Lernangebote in der medizinischen Ausbildung: Schon am Ziel oder noch am Anfang? [Digital learning and teaching in medical education : Already there or still at the beginning?]. Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz. 2018;61(2):201-209. DOI: 10.1007/s00103-017-2673-z
21. Pottle J. Virtual reality and the transformation of medical education. Future Healthc J. 2019;6(3):181-185. DOI: 10.7861/fhj.2019-0036
22. Zender R, Weise M, von der Heyde M, Söbke H. Lehren und Lernen mit VR und AR - Was wird erwartet? Was funktioniert? In: Krömker D, Schroeder U, editors. DeLFI 2018 - Die 16. E-Learning Fachtagung Informatik. Bonn: Gesellschaft für Informatik e.V.; 2018. p.275-276.
23. Frithioff A, Frendø M, Mikkelsen PT, Sørensen MS, Andersen SA. Ultra-high-fidelity virtual reality mastoidectomy simulation training: a randomized, controlled trial. Eur Arch Otorhinolaryngol. 2020;277(5):1335-1341. DOI: 10.1007/s00405-020-05858-3
24. Rangarajan K, Davis H, Pucher PH. Systematic Review of Virtual Haptics in Surgical Simulation: A Valid Educational Tool? J Surg Educ. 2020;77(2):337-347. DOI: 10.1016/j.jsurg.2019.09.006
25. Mirchi N, Bissonnette V, Yilmaz R, Ledwos N, Winkler-Schwartz A, Del Maestro RF. The Virtual Operative Assistant: An explainable artificial intelligence tool for simulation-based training in surgery and medicine. PLoS ONE. 2020;15(2):e0229596. DOI: 10.1371/journal.pone.0229596

26. Veneziano D, Cacciamani G, Rivas JG, Marino NS, Bhaskar K. VR and machine learning: novel pathways in surgical hands-on training. Curr Opin Urol. 2020;30(6):817-822. DOI: 10.1097/MOU.0000000000000824

27. Speidel R, Schneider A, Koerner J, Grab-Kroll C, Oechsner W. Did video kill the XR star? Digital trends in medical education before and after the COVID- 19 outbreak from the perspective of students and lecturers from the faculty of medicine at the University of Ulm. GMS J Med Educ. 2021;38(6):Doc101. DOI: 10.3205/zma001497

28. Holden RJ, Karsh BT. The technology acceptance model: its past and its future in health care. J Biomed Inform. 2010;43(1):159-172. DOI: 10.1016/j.jbi.2009.07.002

29. Castro D, McQuinn A. The Privacy Panic Cycle: A Guide to Public Fears About New Technologies. Washington, DC: The Information Technology & Innovation Foundation; 2015. p.39. Zugänglich unter/available from: http://www2.itif.org/2015-privacy-panic.pdf

Korrespondenzadresse:
Steffen Walter
Universitätsklinikum Ulm, Klinik für Psychosomatische Medizin und Psychotherapie, Sektion Medizinische Psychologie, Frauensteige 6, 89075 Ulm, Deutschland
steffen.walter@uni-ulm.de

Bitte zitieren als
Walter S, Speidel R, Hann A, Leitner J, Jerg-Bretzke L, Kropp P, Garbe J, Ebner F. Skepticism towards advancing VR technology – student acceptance of VR as a teaching and assessment tool in medicine. GMS J Med Educ. 2021;38(6):Doc100.
DOI: 10.3205/zma001496, URN: urn:nbn:de:0183-zma0014967

Artikel online frei zugänglich unter
https://www.egms.de/en/journals/zma/2021-38/zma001496.shtml

Eingereicht: *27.01.2021*
Überarbeitet: *17.05.2021*
Angenommen: *25.06.2021*
Veröffentlicht: *15.09.2021*

Copyright
©2021 Walter et al. Dieser Artikel ist ein Open-Access-Artikel und steht unter den Lizenzbedingungen der Creative Commons Attribution 4.0 License (Namensnennung). Lizenz-Angaben siehe http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/.

Publikation 3

Speidel R, Schneider A, Walter S, Grab-Kroll C, Oechsner W. Immersives Medium für die frühzeitige klinische Exposition – Wissenserwerb, räumliche Orientierung und die unerwartete Rolle der Annotation in 360°-VR-Fotos. GMS J Med Educ. 2023;40(1):Doc8. doi: 10.3205/zma001590

© Speidel et al. 2023

Dieser Artikel wurde ursprünglich im GMS Journal for Medical Education veröffentlicht und steht als Open-Access-Artikel unter den Lizenzbedingungen der Creative Commons Attribution 4.0 License (CC BY). Lizenz-Angaben: http://creativecommons.org/licenses/by/4.0

Eigenanteil:

- Verfassen des Manuskripts
- Erstellen der Grafiken und Tabellen
- Erstellen des virtuellen Rundgangs
- Studiendesign
- Anpassung des Spatial Orientation Tests von Hegarty & Waller (2004)
- Fragebogenkonstruktion
- Datenerhebung und -bereinigung
- Datenanalyse
- Recherche
- Technische Betreuung

Immersive medium for early clinical exposure – knowledge acquisition, spatial orientation and the unexpected role of annotation in 360° VR photos

Abstract

Aim: 360° VR photos could be a low-threshold possibility to increase early clinical exposure. Apart from granting insights into local routines and premises, the medium should facilitate knowledge acquisition and spatial orientation depending on its design. This assumption, however, is not yet substantiated empirically. Thus, three hypotheses were tested in consideration of Mayer's modality principle: 1) Providing 360° VR photos as visual reference improves retention and comprehension of information. 2) The annotation of text boxes in 360° VR photos compromises spatial orientation and presence. 3) Annotated audio commentary is superior to annotated text boxes in terms of cognitive load and knowledge acquisition.

Methods: Using head-mounted displays, students of human (*N*=53) and dental medicine (*N*=8) completed one of three virtual tours through a surgical unit, which were created with 360° VR photos. In the first two variants, information about the facilities, medical devices and clinical procedures was annotated either as text boxes or audio commentary comprising 67 words on average (*SD*=6.67). In the third variant, the same information was given separately on a printed handout before the virtual tour. Taking user experience and individual learner characteristics into account, differences between conditions were measured regarding retention, comprehension, spatial orientation, cognitive load, and presence.

Results: Concerning retention and comprehension of information, annotated text boxes outperformed annotated audio commentary and the handout condition. Although annotated audio commentary exhibited the lowest knowledge test scores, students preferred listening over reading. Students with an interest in VR and 360° media reported higher levels of enjoyment and presence. Regarding spatial orientation and presence, no significant group differences were found.

Conclusions: 360° VR photos can convey information and a sense of spatial orientation effectively in the same learning scenario. For students, their use is both enjoyable and instructive. Unexpectedly, the ideal mode of annotation is not dictated by Mayer's modality principle. For information like in this study, annotated text boxes are better for knowledge acquisition than the subjectively preferred audio commentary. This finding is probably contingent on the length and the quality of the annotated text. To identify boundary conditions and to validate the findings, more research is required on the design and educational use of 360° VR photos.

Keywords: 360° photos, 360° VR photos, virtual reality, learning, orientation, annotation

Robert Speidel[1]
Achim Schneider[2]
Steffen Walter[3]
Claudia Grab-Kroll[2]
Wolfgang Oechsner[4]

1 Ulm University, Medical Faculty, Division of Learning and Teaching, Competence Center eEducation in Medicine, Ulm, Germany

2 Ulm University, Medical Faculty, Division of Learning and Teaching, Ulm, Germany

3 University Hospital Ulm, Department of Medical Psychology, Ulm, Germany

4 University Hospital Ulm, Clinic for Anesthesiology and Intensive-Care Medicine, Ulm, Germany

1. Introduction

1.1. Clinical exposure through 360° VR photos

The call for early clinical exposure slowly disbands the rigid sequence from preclinical to clinical education [1]. Yet, providing clinical exposure throughout the curriculum is a challenge for medical faculties, especially in regard of the rising number of medical students [2], [3]. Virtual reality (VR) could be a remedy even if its didactic potential is not yet fully acknowledged among lecturers and students alike [4]. Steve Bryson defines the technology as "the use of three-dimensional displays and interaction devices to explore real-time computer-generated environments" [5]. His definition applies to a range of different hardware but nowadays head-mounted displays (HMDs) are the most common association. When running VR software, HMDs isolate the user from reality and simultaneously render an environment depending on the user's movements and actions, thereby creating an immersive illusion of an alternate, virtual reality. If the illusion succeeds, the user experiences a feeling of "presence", i.e. the impression of actually being in the displayed environment [6]. In this mental state, the individual experience and behavior in VR resembles that in a real situation [7]. In medical education, VR could allow students to assume the role of a physician and treat virtual patients from their first semester onwards. However, the generic clinical wards and treatments of freely available VR software do not depict local hospitals with their unique premises, clinical routines, and medical specializations. If medical educators want to grant an immersive, early glimpse into regional practices, they require their own custom VR environments. At present, the development of VR software requires extensive financial and human resources in form of programmers, 3D-artists, and subject-matter experts. A budget alternative to creating custom, computer-generated VR environments are 360° media, which can be produced by medical educators themselves with little technical knowledge required.

The term "360° media" refers to both 360° videos and 360° photos which provide an omnidirectional view of a recorded environment. While 360° videos may depict action, 360° photos are static (see figure 1). Both types of 360° media are produced with 360° cameras, which currently range between a hundred to a few thousand euros depending on the desired visual quality. In contrast to real-time computer-generated VR, 360° media restrict spatial movement to the position of the 360° camera and reduce interaction to so-called "hotspots". Hotspots are visual control elements added in post-production which allow users to teleport between viewpoints and to display additional information in form of textual (text boxes or audio commentary) or graphical (e.g. close-ups or 3D models) annotations. 360° media which are linked and annotated through hotspots are referred to as "virtual tours" and can be viewed on all common display types (desktop, laptop, tablet, smartphone, or HMD). If viewed on an HMD (see figure 2), virtual tours induce the VR characteristic feeling of presence [8], even though they do not fully comply with Bryson's VR definition. The combination of 360° media and HMDs is therefore considered a variation of VR [9] and referred to as "360° VR media". 360° videos and 360° photos which are displayed on HMDs are called "360° VR videos" and "360° VR photos", accordingly. This terminology corresponds with previous research in the field [10], [11].

360° VR media allow medical students to virtually attend surgeries and explore locations with restricted access such as surgical and intensive care units in an immersive manner and independent of timetables and teaching personnel. While both 360° VR videos and 360° VR photos could potentially facilitate early clinical exposure, this study focuses specifically on 360° VR photos. However, the following chapter references findings on 360° VR videos too, because educational research on 360° VR photos in particular is scarce.

1.2. Learning objectives in 360° VR media

Previous research ascribes a high didactic value to real-time computer-generated VR [12], [13], [14]. However, the referenced meta-analyses do not apply to 360° VR media automatically because camera recordings prohibit free spatial movement and direct object interaction. While these constraints do not reduce learning effectiveness necessarily [15], they prevent users to perform manual tasks in the virtual environment, limiting the application of 360° VR media for educational purposes. In fact, it is still unclear which learning objectives may be facilitated by 360° VR media as relevant research is still rare. In this study, we consider the general learning objectives of knowledge acquisition and spatial orientation.

According to Anderson and Krathwohl' s revision of Bloom et al.'s taxonomy [16], [17], knowledge acquisition can be differentiated along two dimensions. The first dimension refers to four categories of attainable knowledge: Factual, conceptual, procedural, and metacognitive (examples in chapter 2.2). The second dimension refers to six levels of cognitive processing: Remember, understand, apply, analyze, evaluate, and create. Together, the two dimensions describe specific goals in knowledge acquisition (e.g. *remembering* the *factual* ratio of a child's bodyweight to the amount of energy required in defibrillation). So far, educational research on 360° VR media mostly lacks this differentiation. Concerning 360° VR videos, studies have shown that the medium is only similarly effective as conventional videos and traditional lessons for acquiring knowledge of uncategorized nature [18], [19], [20], albeit being associated with increased levels of interest, engagement and enjoyment among students [11], [18], [19]. For 360° VR photos, educational studies are even rarer and currently limited to the field of construction management and safety education. In a study by Kim et al. [21], participants learned procedural information about construction activities with 360° VR photos. Compared to learning with 360° photos on smartphones, the 360° VR photos subjectively improved



Figure 1: 360° photo of an operating room. The 360° photo provides an omnidirectional view on an operating room of the University Clinic in Ulm. If displayed spherically on an HMD, users can explore the then called 360° VR photo without distortion through movements of the head (see figure 2).

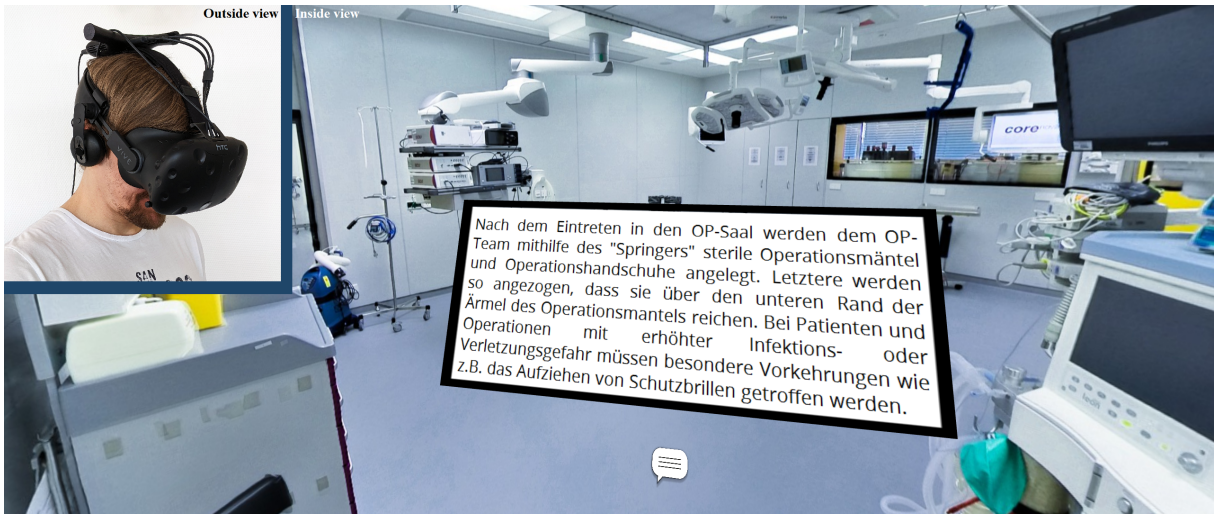


Figure 2: Study participant reading text (in German) in the virtual tour. The photo in the top left corner shows a study participant wearing a HTC Vive HMD. The adjacent image is a cropped screenshot of the virtual tour with an annotated text box above the corresponding hotspot.

knowledge acquisition and were recommended to supplement or even replace actual field trips by most in the sample. Another argument for the didactic application of 360° VR photos is their immersive quality. According to a study by Krokos et al. spatially represented information is recalled more readily if it is acquired while wearing an HMD instead of sitting in front of a conventional display [22].

The second learning objective investigated in this study is spatial orientation, which refers to the ability to identify the relative location and direction of oneself and objects in an environment. Spatial orientation is required to contemplate action and to navigate to a desired destination [23]. Google Street View, which is available on conventional devices such as tablets and smartphones, is a prominent example for regular 360° photos being used in everyday life for spatial orientation. The use of HMDs has not been found to improve spatial orientation performance [24], [25], but it allows to explore distant or inaccessible locations in an immersive and natural manner through movements of the head. Moreover, research with rodents showed that the cognitive processing associated with spatial orientation is similar between real-time computer-generated VR and real environments [26]. Again, these findings do not apply to 360° VR photos automatically because they restrict locomotion to teleporting between viewpoints. Compared to actual walking, teleportation might compromise spatial orientation [25], [27], [28], [29]. This concern, however, does not discount the potential of 360° VR photos for exploring clinical environments when real site visits are not an option.

In short, theory and preceding research suggest that 360° VR photos should be beneficial for both spatial orientation and knowledge acquisition. This assumption, however,

is not yet substantiated empirically. The present study therefore investigates whether information can be learned effectively in annotated 360° VR photos, without compromising the learner's spatial orientation and presence. To check for boundary conditions, the findings are analyzed and interpreted in consideration of individual learner characteristics (spatial orientation ability, affinity for information technology, prior experience with VR, interest in VR and 360° media) and the user experience (cognitive load, presence, simulation sickness, enjoyment, preferred mode of annotation, subjective didactic value of 360° VR photos). These factors provide additional information about the educational application of 360° VR photos. For example, interest and prior experience in VR are associated with a more favourable appraisal of the technology and reduced simulation sickness [30], [31], [32], [33]. Simulation sickness can compromise the learning experience through symptoms of fatigue, disorientation and nausea [34].

1.3. Modality principle

To determine the most efficient and least disruptive mode of annotation, the validity of the modality principle was tested in the context of 360° VR photos [35], additionally. The modality principle derives from Mayer's cognitive theory of multimedia learning and states that learning with graphics such as videos and photos is more prolific if the graphics are accompanied with audio commentary instead of written text. In theory, processing graphics and text simultaneously may overload the visual channel, whereas listening to spoken commentary utilizes the auditory channel too, thereby reducing the overall cognitive load [36]. This principle has been verified for computer-based learning [37], but previous research only considered graphics in a rectangular format on non-immersive displays (e.g. physiological functioning of the kidney illustrated on a desktop screen [38]). The principle is expected to apply to 360° VR photos too, because the omnidirectional view through an HMD should constitute a high strain for the visual channel, resulting in compromised reading comprehension and retention. As text boxes partially block the field of view, audio commentary is also expected to be preferable for spatial orientation and the feeling of presence.

1.4. Hypotheses

Bearing these considerations in mind, three hypotheses were tested.

1. Providing 360° VR photos as visual reference improves retention and comprehension of information.
2. The annotation of text boxes in 360° VR photos compromises spatial orientation and presence.
3. Annotated audio commentary is superior to annotated text boxes in terms of cognitive load and knowledge acquisition.

2. Methods

2.1. Sample

To test the hypotheses, medical students were asked via e-mail and blog posts to voluntarily partake in a virtual tour through the surgical unit of the University Clinic in Ulm. After giving informed consent in writing, 61 students, who were enrolled in either human (*N*=53) or dental medicine (*N*=8), eventually participated in the study. As an incentive, each student received a 30€ voucher for their participation. None of the students had received medical education outside of their studies and had visited an operating theatre before. The participants were predominantly female (71%), mostly in their early twenties (*M*=21.79, *SD*=2.49) and on average in their fifth semester (*M*=4.54, *SD*=2.02). The latter statistic and prior completion of a clinical traineeship were unevenly distributed between conditions. Moreover, the Lang-Stereotest revealed that all but two participants perceived depth stereoscopically [39], meaning most were able to derive depth information by merging the two perspectives of their eyes. A detailed overview of the sample is provided in table 1 and table 2.

2.2. Experimental design

The virtual tour was created with 360° VR photos (3840x3840 pixels per photo, captured with the 360° camera model Insta360 Pro 2) and designed in three different variations. In a manner of quasi-randomization, study participants were allocated to these variations depending on their date of registration in a predefined sequence. In the first two variants, hotspots were used to link the 360° VR photos and to present information about the facilities, medical devices and clinical procedures either as text boxes (see figure 2) or as audio commentary. In terms of Anderson and Krathwohl's revision of Bloom's taxonomy [16], [17], the given information was factual (discrete elements of information, e.g. a definition of "nosocomial"), conceptual (interrelationship between elements of information, e.g. functional organization of a surgical unit), and procedural (series of steps, e.g. sequence of a surgical hand disinfection) in nature. The hotspots, which were realised as icons of speech bubbles and megaphones (see figure 3), could only be activated once. The length of the individual annotations was 67.36 words on average (*SD*=6.67), which were recorded intelligibly with a moderate average speed of 2.46 words per seconds (*SD*=.21). The speed and volume of the audio commentary as well as the size of the text, which was deemed clearly legible by the authors, could not be modified by the participants. In the third control variant, the same information was not annotated but given separately on a printed handout (H) (see attachment 1), which was to be read once before the virtual tour within a time limit of 10 minutes. The participants were instructed to refrain from rereading if they finished early.

Table 1: Nominal sample description

Group	*N*	Field of study[a]		Sex		Nursing internship		Clinical traineeship		Prior VR experience	
		HM *N* (%)	DM *N* (%)	♀ *N* (%)	♂ *N* (%)	Yes *N* (%)	No *N* (%)	Yes *N* (%)	No *N* (%)	Yes *N* (%)	No *N* (%)
Text boxes	20	16 (80%)	4 (20%)	14 (70%)	6 (30%)	17 (85%)	3 (15%)	0 (0%)	20 (100%)	6 (30%)	14 (70%)
Audio commentary	21	19 (91%)	1 (10%)	16 (76%)	5 (24%)	18 (86%)	3 (14%)	10 (48%)	11 (52%)	4 (19%)	17 (81%)
Handout (Control Group)	20	18 (90%)	2 (10%)	13 (65%)	7 (35%)	17 (85%)	3 (15%)	11 (55%)	9 (45%)	7 (35%)	13 (65%)
Total	61	53 (87%)	8 (13%)	43 (71%)	18 (30%)	52 (85%)	9 (15%)	21 (24%)	40 (66%)	17 (28%)	44 (72%)

Note: In a visual analysis of the major variables (knowledge acquisition, self- and object-location, cognitive load, presence, and simulation sickness), no systematic differences were found between the tabulated, binominal categories.
[a] Human (HM) and dental medicine (DM).

Table 2: Metric sample description

Group	*N*	Age in years		Semester		Affinity for IT[a]		Interest in VR and 360° media[b]		Instances of VR usage in previous year	
		M	*SD*	*M*	*SD*	*M*	*SD*	*M*	*SD*	*M*	*SD*
Text boxes	20	20.70	1.81	3.40	1.73	3.10	1.12	4.55	.69	.83	.75
Audio commentary	21	22.48	3.08	4.76	2.14	3.10	1.18	4.48	.81	1.00	.82
Handout (Control Group)	20	22.15	2.11	5.45	1.67	3.25	1.12	4.10	1.25	1.86	1.68
Total	61	21.79	2.49	4.54	2.02	3.15	1.12	4.38	.95	1.29	1.26

[a] IT = Information technology.
[b] The items were rated on a Likert-type scale ranging from 1 (*"I totally disagree"*) to 5 (*"I totally agree"*).

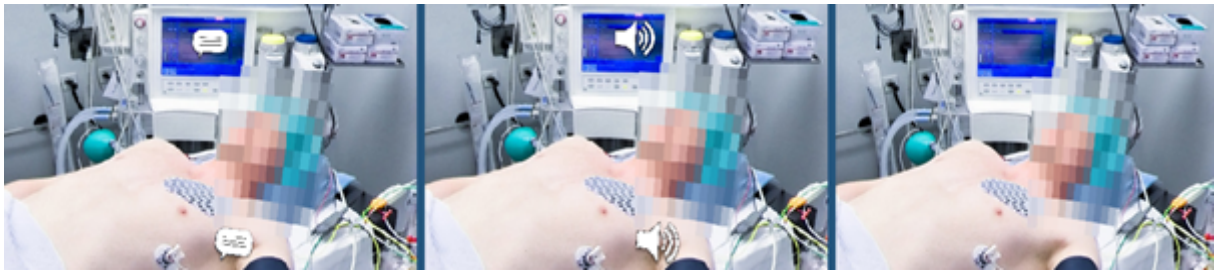


Figure 3: Cropped screenshots of the three virtual tours and their difference in annotation. The cropped screenshots depict the same scene but differ in annotation. From left to right: Hotspots for text boxes, hotspots for audio commentary and no hotspots (handout condition). Hotspots were activated and deactivated with gaze control, i.e. by looking at them for 1.5 seconds.

The students experienced the tour with an HTC Vive HMD (1080x1200 pixels per eye, 90 frames per second, 110° field of view) (see figure 2), which comprises two distinct displays, i.e. one per eye. Stereoscopic vision was achieved by displaying each scene with a slight offset between the two displays. Using gaze control, students activated hotspots and name tags by looking at them for 1.5 seconds. Controller input was therefore absent. To familiarize the participants with the technology, they completed a short tutorial before starting the virtual tour through the surgical unit with a time limit of 10 (handout) or 20 minutes (annotated), respectively. Time limits differed between conditions because annotation prolonged the virtual tour compared to the control group. If a student passed the time limit, she or he was urged to finish rapidly once. Before and after the virtual tour, data was gathered with tests and questionnaires (see figure 4).

2.3. Instruments

2.3.1. Knowledge acquisition

To evaluate knowledge acquisition, a knowledge test was conducted at the end of the study (see attachment 2). To avoid recognition instead of recollection, the test

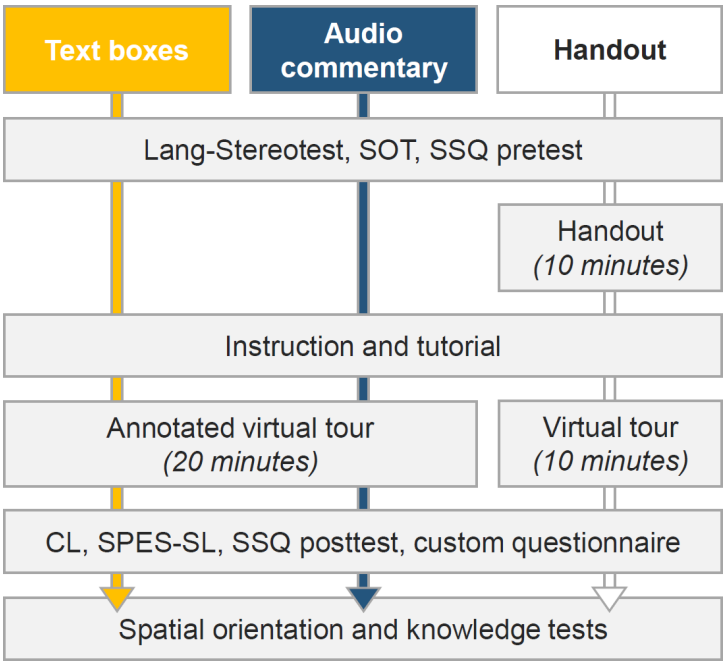


Figure 4: Study design and applied instruments. SOT=Spatial Orientation Test [40], SPES-SL=Spatial Presence Experience Scale – self location [41], SSQ=Simulation Sickness Questionnaire [42], CL=Cognitive load instrument by Klepsch et al. [43].

consisted of 23 open questions without options to choose. According to Anderson and Krathwohl's levels of cognitive processing [16], [17] the questions required the participants to remember the presented information (retention; 15 questions) or to demonstrate their understanding of it (comprehension; 8 questions) within a time limit of 15 minutes. The knowledge test did not differentiate between factual, conceptual and procedural information, because the categories could not be distinguished accurately enough. With group affiliation masked, the participants' answers were assessed by two medical experts, who were guided by a standardized scoring scheme (see attachment 2). One of the experts co-authored this article. After scoring the answers independently, the experts discussed discrepancies and reached consensus based on the scoring scheme. The scores were eventually aggregated to a total value, which could be distinguished between retention and comprehension with maximum scores of 41.5 and 23 points, respectively.

2.3.2. Spatial orientation

With regard to spatial orientation, two factors were measured. Performance in self-location was measured with a custom adaption of the Spatial Orientation Test (SOT) by Hegarty et al. [40]. After the intervention, students were given eight rectangular screenshots from the virtual tour which were annotated with red crosshairs marking their line of sight. With this reference point being depicted as a line on a piece of paper, the participants were asked to draw another line in the assumed direction of the recently seen operating table (see figure 5). The angular differences between the answers and the correct directions were aggregated and averaged to a self-location performance score ranging from 0 to 180, with a lower score being more favorable.

The second aspect of spatial orientation measured was object-location. Students were given ten extracts of the building plan, depicting different parts of the surgical unit. The students were tasked with locating one object per map among seven positional options each. Correct answers were aggregated to an object-location rating with a maximum score of 10.

2.3.3. User experience

For measuring presence, an authorized German translation of the Spatial Presence Experience Scale (SPES) was administered [41]. The students rated three items concerning their feeling of physical presence on a Likert-type scale ranging from 1 (*"I totally disagree"*) to 5 (*"I totally agree"*). One SPES item referring to observable action was omitted because 360° VR photos are static.

Simulation sickness was measured with the SSQ (Simulation Sickness Questionnaire) before and after the virtual tour [42]. The total SSQ score, which was defined as the increment between the two measurements, expresses the severity of the simulation sickness caused by the virtual tour. According to the authors, a total score of 10 or higher relates to a significant level of discomfort.

The individual cognitive load was measured directly after the virtual tour. According to the cognitive load theory [36], the effort of keeping information in the working memory can be categorized in three different loads. While "intrinsic load" is determined by the complexity and novelty of the input, "extraneous load" is imposed by an adverse mode of presentation. Ideally, extraneous load is minimized to facilitate the cognitive learning process, which in turn constitutes "germane load". All three types



Figure 5: Test for self-location performance as an aspect of spatial orientation. The test was modelled after the Spatial Orientation Test (SOT) by Hegarty et al. [40].

of cognitive loads were measured with the German version of Klepsch et al.'s cognitive load instrument, comprising sevens items in total. Participants rated the items on a Likert-type scale ranging from 1 (*"I totally disagree"*) to 7 (*"I totally agree"*) [43].
Moreover, participants were asked to appraise the didactic value of 360° VR photos and give feedback on their virtual tour (enjoyment and preferred mode of annotation). These items were rated either binary (*"yes"* or *"no"*) or on a Likert-type scale ranging from 1 (*"I totally disagree"*) to 5 (*"I totally agree"*).

2.3.4. Learner characteristics

The participants' spatial orientation ability was assessed with the unmodified SOT [40], which quantifies the self-location aspect of spatial orientation only. Analogous to its modified version (see chapter 2.3.2), the unmodified SOT yields an average deviation in degrees between 0 and 180. A lower score indicates to a higher spatial orientation ability. In addition, custom items were included to survey sociodemographic and personality variables such as affinity for information technology (IT) and interest in VR and 360° media with a Likert-type scale ranging from 1 (*"I totally disagree"*) to 5 (*"I totally agree"*).

2.4. Statistical analysis

Based on a visual analysis of QQ-plots, normal distribution and homogeneity of variances was assumed for the collected data. Differences in mean values were therefore investigated with *t*-tests for independent samples and one-way ANOVAs. The latter were differentiated with subsequent Fisher's LSD post-hoc tests. Analyses were two-tailed and p-values below 0.05 were considered to be significant. For effect sizes, partial eta squared (η^2) for ANOVAs and Cohen's *d* for *t*-tests were calculated. Moreover, binominal tests were used to examine relations between categorical variables, whereas reciprocal contingencies between metric variables were tested with Pearson correlations.

3. Results

3.1. Time

For all participants in the control group, 10 minutes was sufficient for reading the entire handout. Regarding the virtual tour, the majority in the handout (M=8.32, SD=2.09) and the annotated text box condition (M=18.90, SD=4.26) reached the end before their respective time limit of 10 and 20 minutes. With annotated audio commentary, however, most participants exceeded their time limit of 20 minutes (M=20.76, SD=2.50) by 2.20 minutes (SD=1.80) on average.

3.2. Knowledge acquisition

The mean overall test score was significantly higher in the annotated text box condition ($F(2,57)=5.13$, $p=.009$, $\eta^2=.15$) than in the annotated audio commentary ($p_{LSD}=.003$) and the handout condition ($p_{LSD}=.042$) (see figure 6). The group who read text in the virtual tour performed best on both levels of cognitive processing even though the margin between annotated and printed text was insignificant for questions requiring understanding ($p_{LSD}=.195$). Despite performing worse than the annotated text box condition, the group who listened to the annotated audio commentary deemed 360° VR photos more suitable for knowledge acquisition ($t(39)=2.48$, $p=.017$, $d=.79$). Moreover, 83% of the participants who learned with some form of annotation believed or rather believed that recall in the real surgical unit is improved if information is integrated in the virtual tour.

3.3. Spatial orientation

Concerning performance in object-location ($F(2,58)=.00$, $p=.996$, $\eta^2=.00$) (see figure 7) and performance in self-location ($F(2,58)=.37$, $p=.693$, $\eta^2=.01$) (see figure 8) no significant group differences were found.

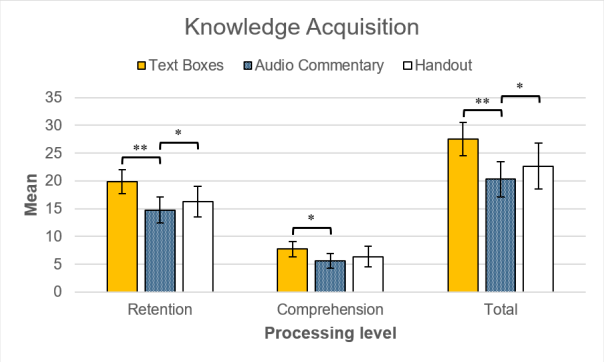


Figure 6: Group comparison of mean values in knowledge acquisition. 95%-CI error bars. Asterisks denote *p*-values of LSD post-hoc tests. The maximum scores for retention (41.5) and comprehension of knowledge (23) amount to a total maximum score of 64.5 points. **p*<.05. ***p*<.01. ****p*<.001

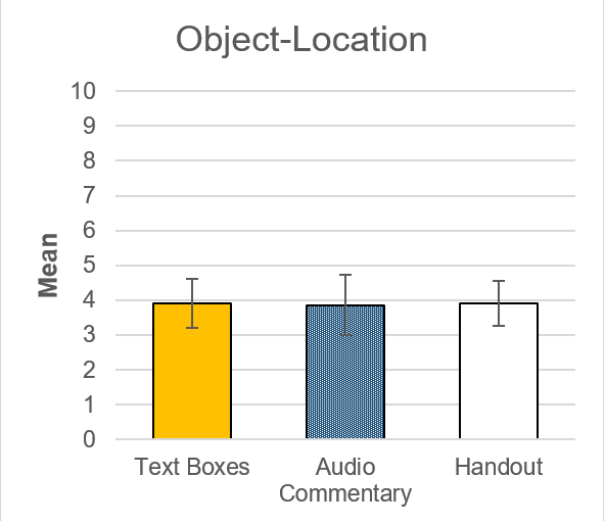


Figure 7: Group comparison of mean values in object-location. Object location ranges between 0 and 10, with the latter representing a perfect score. 95%-CI error bars.

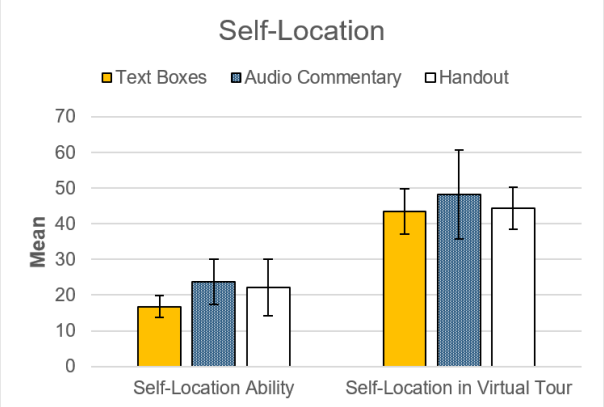


Figure 8: Group comparison of mean values in self-location. Self-location ranges between 0 and 180 degrees of average deviation, with a lower degree being more favorable. Significant differences between groups were absent. 95%-CI error bars.

3.4. User experience

For simulation sickness ($F(2,58)=.38$, $p=.69$, $\eta^2=.01$) and presence ($F(2,58)=1.66$, $p=.199$, $\eta^2=.05$), no significant group differences were found either. Both factors also did not correlate significantly with the knowledge and spatial orientation test scores, even though 28% of the participants across conditions experienced significant levels of discomfort. On a descriptive level, however, annotated audio commentary ($M=4.32$, $SD=.70$) allowed for a higher presence score than the annotated ($M=3.85$, $SD=.83$) and printed text conditions ($M=4.1$, $SD=.92$), and was deemed less disruptive than text boxes ($t(39)=1.80$, $p=.080$, $d=.56$).

While no significant differences in cognitive load were found between the two modes of annotation, annotated audio commentary was evaluated more favorably in general (see table 3). Audio commentary scored descriptively higher on enjoyment and presumed didactic value across conditions. Moreover, reading text in the virtual tour proved to be more difficult than understanding the annotated audio commentary acoustically ($t(39)=5.56$, $p<.001$, $d=1.74$). The control group, which read the information before the virtual tour on a printed handout (H), reported a descriptively higher extraneous load and a significantly lower germane load ($F(2,58)=4.16$, $p=.02$, $\eta^2=.13$) than the annotated audio commentary (AC) ($p_{LSD}=.014$) and annotated text box condition (TB) ($p_{LSD}=.017$). In line with these results, binominal tests showed that most participants preferred to acquire knowledge within the virtual tour ($p_{TB}<.001$; $p_{AC}<.001$; $p_H=.003$), with annotated audio commentary being their favoured mode of annotation (see figure 9).

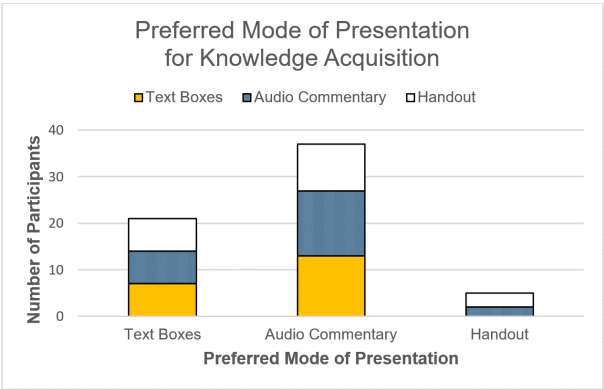


Figure 9: Group comparison of preferred mode of presentation.

3.5. Learner characteristics

Self-location ability (see figure 8), affinity for IT, interest in VR and 360° media, and prior usage of VR (see table 2) were not associated with performance in the knowledge or spatial orientation tests. However, interest in VR and 360° media correlated positively with enjoyment ($r=.37$, $p<.001$), presence ($r=.46$, $p<.001$) and presumed didactic value of 360° VR photos ($r=.46$, $p<.001$).

Table 3: Descriptive statistics of cognitive load measurements and subjective appraisals

Group	Intrinsic cognitive load		Extraneous cognitive load		Germane cognitive load		Total cognitive load		Enjoyment		Didactic value of 360° VR photos	
	M	*SD*	*M*	*SD*	*M*	*SD*	*M*	*SD*	*M*	*SD*	*M*	*SD*
Text boxes	3.00	1.50	2.29	.89	6.13	.93	3.59	.74	4.65	.81	4.25	.97
Audio commentary	3.19	1.13	2.16	.96	6.14	.59	3.59	.55	4.81	.51	4.62	.59
Handout (Control Group)	3.30	1.70	2.72	1.15	5.25	1.62	3.61	1.06	4.70	.73	4.40	.94
Total	3.16	1.44	2.39	1.02	5.84	1.18	3.60	.79	4.72	.69	4.43	.85

Note: Klepsch et al.'s cognitive load instrument [43] relies a Likert-type scale ranging from 1 (*"I totally disagree"*) to 7 (*"I totally agree"*). Enjoyment and the didactic value of 360° VR photos, however, were rated on a scale from 1 (*"I totally disagree"*) to 5 (*"I totally agree"*).

4. Discussion

With 360° VR photos, medical educators can grant immersive insights into regional practices for early clinical exposure. To determine how 360° VR photos should be applied and designed to facilitate learning, three hypotheses were tested in this study:

Hypothesis 1: Providing 360° VR photos as visual reference improves retention and comprehension of information

Providing 360° VR photos as visual reference does improve knowledge acquisition as previous research suggested [21], [22], but the choice of modality is significant (see 3rd hypothesis). The students' subjective appraisal confirms the effectiveness of 360° VR photos, with the majority believing that they facilitate subsequent recall in real life. Similarly to previous research on 360° VR videos [11], [18], [19], enjoyment and presumed didactic value of 360° VR photos was high in all variants of the virtual tour. Therefore, their application for early clinical exposure would likely be welcomed by students and convey information effectively depending on their design.

Hypothesis 2: The annotation of text boxes in 360° VR photos compromises spatial orientation and presence

Concerning spatial orientation and presence, annotated text boxes did not impair the learners to a significant extent. This is unexpected because the text boxes were deemed more disruptive than the audio commentary. For presence, one explanation might be a missing benchmark as 72% of the participants had no previous VR experience. Having never experienced higher levels of immersion, they may have overrated their sense of being in the displayed surgical unit [44]. Thus, annotated text boxes may still have a diminishing effect on presence but at least less experienced VR users do not mind. With respect to spatial orientation, reading appears to be no hindrance as long as learners have enough time to explore the 360° VR photos in between texts.

Hypothesis 3: Annotated audio commentary is superior to annotated text boxes in terms of cognitive load and knowledge acquisition

According to the modality principle [35], text boxes should lead to a higher extraneous load and a lower learning effectiveness compared to audio commentary. However, the knowledge test results are inverse to this prediction even though participants in the annotated text box condition were at a potential disadvantage due to their lack of previous clinical traineeships and to being in a lower semester on average. Annotated text boxes outperformed annotated auditory annotation and the handout condition in both retention and comprehension. Despite spending the most time in the virtual tour, the annotated auditory annotation exhibited the lowest test scores on average. This unexpected outcome can be explained by the learning content. First, the visual reference may not have been essential enough for understanding the presented information. The modality principle applies when two sources of information need to be simultaneously processed and mentally integrated [35]. If students could ignore the displayed environment in large part and focus on reading, the annotated text boxes presumably did not cause cognitive overload. Second, the annotated text boxes could be reread as long as the hotspot was activated, whereas the annotated audio commentary was transient. According to Leahy and Sweller [45], this advantage is particularly impactful with lengthy material. Students may have struggled to adequately process the 67 words on average before the audio commentary ended. Therefore, the finding that audio commentary is disadvantageous for knowledge acquisition might only apply to long texts which cannot be accessed in written form.

The given explanations are not supported by the conducted cognitive load measurements. The inconsistency is likely caused by the subjective nature of the self-report instrument. Learners may not be able to discern the three types of cognitive load and have different internal

standards for evaluating cognitive effort [46], [47]. This assumption is substantiated by the significantly higher extraneous load in the handout condition. Without any annotated information, students could focus exclusively on spatial orientation. In theory, this should have resulted in a lower extraneous load. Regarding the other factors of user experience, annotated audio commentary was the favoured option on a descriptive level. Students reported greater feelings of presence and enjoyment with auditory annotation. Even though it prolonged the virtual tour, most would choose annotated audio commentary over annotated text boxes and a handout when given the chance. Thus, annotated audio commentary is recommended, if knowledge acquisition is not a priority or the information is accessible in written form, too.

Simulation sickness has afflicted almost a third of the participating students across conditions but did not impair neither learning nor spatial orientation performance. The relatively high prevalence might be explained by the fact that the students did not see themselves in the 360° VR photos and appeared to float in mid-air. If the learners were represented as virtual avatars, simulation sickness might decrease. With respect to the measured learner characteristics, no determinant was found for the effectiveness of 360° VR photos for knowledge acquisition and spatial orientation. However, students with an interest in VR and 360° media tend to immerse and enjoy themselves more in 360° VR photos and ascribe a greater didactic value to them. These findings conform with previous research and imply that a greater application of 360° VR photos in medical education would be followed by a higher demand and appreciation of the medium [30], [31], [32], [33].

Naturally, the findings of this study must be interpreted in regard of its limitations. Apart from [21], the combination of 360° photos and HMDs has been given little attention in research so far. To validate the reported findings, they must be replicated with discretely measurable knowledge categories and greater sample sizes exhibiting a higher variance in familiarity with VR. Moreover, the knowledge and spatial orientation tests were conducted shortly after the virtual tour. The results therefore only demonstrate the short-term effectiveness of 360° VR photos. Lastly, measuring cognitive load physiologically with an EEG and eye-tracking in the HMDs would have helped to explain the findings more conclusively [48], [49]. Future studies should use these methods to further explore how cognitive capacity may be directed and efficiently used in 360° VR photos. In doing so, the quality of the annotated information should be considered. Apart from its length, the learning experience might also be influenced by the speed or volume of the audio commentary. In addition, the effectiveness of 360° VR photos should be compared with learning scenarios in real life such as an in-person tour through the surgical unit.

5. Conclusion

360° VR photos are a low-threshold and cost-efficient possibility to facilitate clinical exposure in the early stages of medical training. Apart from granting immersive insights into the daily clinical routine, the medium can convey information and a sense of spatial orientation effectively in the same learning scenario. While its educational application is generally well-received by students, those with an interest in VR and 360° media immerse and enjoy themselves more in 360° VR photos than others and ascribe a higher didactic value to them. Contrary to the authors' expectation, the ideal mode of annotation is not dictated by Mayer's modality principle. For information like in this study, annotated text boxes are better for knowledge acquisition than the subjectively preferred audio commentary. This finding, however, is probably contingent on the length and the quality of the annotated text. To identify boundary conditions and validate the findings, more research is required on the design and educational use of 360° VR photos.

Notes

Funding details

This work was supported by the committee of educational research at the Medical Faculty of Ulm University.

Ethics committee

The ethics committee of Ulm University determined that the study required neither legal nor ethical approval.

Competing interests

The authors declare that they have no competing interests.

Attachments

Available from https://doi.org/10.3205/zma001590

1. Attachment_1.pdf (137 KB)
   Handout
2. Attachment_2.pdf (149 KB)
   Knowledge test and scoring scheme

References

1. Shah CJ. Early clinical exposure- Why and how? J Educ Technol Health Sci. 2020;5(1):2-7. DOI: 10.18231/2393-8005.2018.0002

2. Association of American Medical Colleges (AAMC). Applicants, Matriculants, and Enrollment of U.S. Medical Schools, 1980-1981 through 2020-2021. Washington (DC): AAMC; 2022. Zugänglich unter/available from: https://www.aamc.org/media/37836/download?attachment
3. Statista. Anzahl der Studierenden im Fach Humanmedizin in Deutschland nach Geschlecht in den Wintersemestern von 2007/2008 bis 2020/2021. Hamburg: Statistia; 2021. Zugänglich unter/available from: https://de.statista.com/statistik/daten/studie/200758/umfrage/entwicklung-der-anzahl-der-medizinstudenten/
4. Speidel R, Schneider A, Körner J, Grab-Kroll C, Öchsner W. Did video kill the XR star? Digital trends in medical education before and after the COVID-19 outbreak from the perspective of students and lecturers from the faculty of medicine at the University of Ulm. GMS J Med Educ. 2021;38(6):Doc101. DOI: 10.3205/ZMA001497
5. Bryson S. Call for Participation. IEEE Symposium on Research Frontiers in Virtual Reality, Ocotober 25-26 1993, Red Lion Inn, San Jose, CA. 1993. Zugänglich unter/available from: https://groups.google.com/g/comp.graphics.visualization/c/V6bxB5-bJKY
6. Slater M. A note on presence terminology. Presence Conn. 2003;3(3):1-5.
7. Chirico A, Gaggioli A. When Virtual Feels Real: Comparing Emotional Responses and Presence in Virtual and Natural Environments. Cyberpsychol Behavd Soc Netw. 2019;22(3):220-226. DOI: 10.1089/cyber.2018.0393
8. Brivio E, Serino S, Negro Cousa E, Zini A, Riva G, de Leo G. Virtual reality and 360° panorama technology: a media comparison to study changes in sense of presence, anxiety, and positive emotions. Virtual Real. 2021;25(2):303-311. DOI: 10.1007/s10055-020-00453-7
9. Milgram P, Takemura H, Utsumi A, Kishino F. Augmented reality: a class of displays on the reality-virtuality continuum. In: Das H, editor. SPIE Proceedings: Telemanipulator and Telepresence Technologies. Vol. 2351. SPIE.Digital Library; 1995. p.282-292. Zugänglich unter/available from: https://spie.org/Publications/Proceedings/Volume/2351?SSO=1
10. Bertel T, Yuan M, Lindroos R, Richardt C. OmniPhotos: casual 360° VR photography. ACM Trans Graph. 2020;39(6):1-12. DOI: 10.1145/3414685.3417770
11. Snelson C, Hsu YC. Educational 360-Degree Videos in Virtual Reality: a Scoping Review of the Emerging Research. TechTrends. 2020;64(3):404-412. DOI: 10.1007/s11528-019-00474-3
12. Kyaw BM, Saxena N, Posadzki P, Vseteckova J, Nikolaou CK, George PP, Divakar U, Masiello I, Kononowicz AA, Zary N, Tudor Car L. Virtual Reality for Health Professions Education: Systematic Review and Meta-Analysis by the Digital Health Education Collaboration. J Med Internet Res. 2019;21(1):e12959. DOI: 10.2196/12959
13. Pourmand A, Davis S, Lee D, Barber S, Sikka N. Emerging Utility of Virtual Reality as a Multidisciplinary Tool in Clinical Medicine. Games Health J. 2017;6(5):263-270. DOI: 10.1089/g4h.2017.0046
14. Chavez B, Bayona S. Virtual Reality in the Learning Process. In: Rocha Á, Adeli H, Reis LP, Costanzo S, editors. Trends and Advances in Information Systems and Technologies. Vol. 746. Cham: Springer International Publishing; 2018. p.1345-1356.
15. Buttussi F, Chittaro L. Effects of Different Types of Virtual Reality Display on Presence and Learning in a Safety Training Scenario. IEEE Trans Vis Comput Graph. 2018;24(2):1063-1076. DOI: 10.1109/TVCG.2017.2653117
16. Anderson LW, Krathwohl DR. A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives. London: Longman; 2001.
17. Bloom BS, Engelhart MD, Furst EJ, Hill WH, Krathwohl DR. Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals. London: Longman; 1956.
18. Lee SH, Sergueeva K, Catangui M, Kandaurova M. Assessing Google Cardboard virtual reality as a content delivery system in business classrooms. J Educ Bus. 2017;92(4):153-160. DOI: 10.1080/08832323.2017.1308308
19. Harrington CM, Kavanagh DO, Wright-Ballester G, Dicker P, Traynor O, Hill A, Tierney S. 360degree Operative Videos: A Randomised Cross-Over Study Evaluating Attentiveness and Information Retention. J Surg Educ. 2018;75(4):993-1000. DOI: 10.1016/j.jsurg.2017.10.010
20. Ulrich F, Helms NH, Frandsen UP, Rafn AV. Learning effectiveness of 360° video: experiences from a controlled experiment in healthcare education. Interact Learn Environ. 2019;3(2):1-14. DOI: 10.1080/10494820.2019.1579234
21. Kim JS, Leatham T, Liu J. Comparing Virtual Reality Modalities and 360° Photography in a Construction Management Classroom. In: 55th ASC Annual International Conference Proceedings. 2019. p.221-228.
22. Krokos E, Plaisant C, Varshney A. Virtual memory palaces: immersion aids recall. Virtual Real. 2019;23(1):1-15. DOI: 10.1007/s10055-018-0346-3
23. Rieser JJ, Narasimham G, Erdemir A. Spatial Orientation. In: Ramachandran VS, editor. Encyclopedia of human behavior. 2nd ed. Burlington, MA: Elsevier/Academic Press; 2012. p.519-524.
24. Napieralski PE, Altenhoff BM, Bertrand JW, Long LO, Babu SV, Pagano CC, Davis TA. An evaluation of immersive viewing on spatial knowledge acquisition in spherical panoramic environments. Virtual Real. 2014;18:189-201. DOI: 10.1007/s10055-014-0245-1
25. Zhao J, Sensibaugh T, Bodenheimer B, McNamara TP, Nazareth A, Newcombe N, Minear M, Klippel A. Desktop versus immersive virtual environments: effects on spatial learning. Spat Cogn Comput. 2020;20(4):328-363. DOI: 10.1080/13875868.2020.1817925
26. Aronov D, Tank DW. Engagement of Neural Circuits Underlying 2D Spatial Navigation in a Rodent Virtual Reality System. Neuron. 2014;84(2):442-456. DOI: 10.1016/j.neuron.2014.08.042
27. Cherep LA, Lim AF, Kelly JW, Acharya D, Velasco A, Bustamente E, Ostrander AG, Gilbert SB. Spatial cognitive implications of teleporting through virtual environments. J Exp Psychol Appl. 2020;26(3):480-492. DOI: 10.1037/xap0000263
28. Chrastil ER, Warren WH. Active and passive contributions to spatial learning. Psychon Bull Rev. 2012;19(1):1-23. DOI: 10.3758/s13423-011-0182-x
29. Riecke BE, Bodenheimer B, McNamara TP, Williams B, Peng P, Feuereissen D. Do We Need to Walk for Effective Virtual Reality Navigation? Physical Rotations Alone May Suffice. In: Hölscher C, editor. Spatial cognition. Vol. 6222. Berlin: Springer; 2010. p.234-247.
30. Manis KT, Choi D. The virtual reality hardware acceptance model (VR-HAM): Extending and individuating the technology acceptance model (TAM) for virtual reality hardware. J Bus Res. 2019;100:503-513. DOI: 10.1016/j.jbusres.2018.10.021
31. Freitag S, Weyers B. Kuhlen TW. Examining Rotation Gain in CAVE-like Virtual Environments. IEEE Trans Vis Comput Graph. 2016;22(4):1462-1471. DOI: 10.1109/TVCG.2016.2518298
32. Shen CW, Ho JT, Ly PT, Kuo TC. Behavioural intentions of using virtual reality in learning: perspectives of acceptance of information technology and learning style. Virtual Real. 2019;23:313-324. DOI: 10.1007/s10055-018-0348-1

33. Weisflog W, Böckel A. Ein studentischer Blick auf den Digital Turn: Auswertung einer bundesweiten Befragung von Studierenden für Studierende. Hochschulforum Digitalisierung. 2020;54:1-34. Zugänglich unter/available from: https://hochschulforumdigitalisierung.de/sites/default/files/dateien/HFD_AP_54_Studierendenbefragung.pdf

34. Chang E, Kim HT, Yoo B. Virtual Reality Sickness: A Review of Causes and Measurements. Int J Human Comput Inter. 2020;36(17):1658-1682. DOI: 10.1080/10447318.2020.1778351

35. Mayer R. The Cambridge Handbook of Multimedia Learning. Cambridge: Cambridge University Press; 2014. DOI: 10.1017/CBO9781139547369

36. Sweller J. Cognitive load theory, learning difficulty, and instructional design. Learn Instruct. 1994;4(4):295-312. DOI: 10.1016/0959-4752(94)90003-5

37. Mayer RE. Using multimedia for e-learning. J Comp Ass Learn. 2017;33(5):403-423. DOI: 10.1111/jcal.12197

38. Cierniak G, Scheiter K, Gerjets P. Explaining the split-attention effect: Is the reduction of extraneous cognitive load accompanied by an increase in germane cognitive load? Comp Human Behav. 2009;25(2):315-324. DOI: 10.1016/j.chb.2008.12.020

39. Lang JI, Lang TJ. Eye Screening with the Lang Stereotest. Am Orth J. 1988;38(1):48-50. DOI: 10.1080/0065955X.1988.11981769

40. Hegarty M. A dissociation between mental rotation and perspective-taking spatial abilities. Intelligence. 2004;32(2):175-191. DOI: 10.1016/j.intell.2003.12.001

41. Hartmann T, Wirth W, Schramm H, Klimmt C, Vorderer P, Gysbers A, Böcking S, Ravaja N, Laarni J, Saari T, Gouveia F, Sacau AM. The Spatial Presence Experience Scale (SPES). J Media Psychol. 2016;28(1):1-15. DOI: 10.1027/1864-1105/a000137

42. Kennedy RS, Lane NE, Berbaum KS, Lilienthal MG. Simulator Sickness Questionnaire: An Enhanced Method for Quantifying Simulator Sickness. Int J Aviat Psychol. 1993;3(3):203-220. DOI: 10.1207/s15327108ijap0303_3

43. Klepsch M, Schmitz F, Seufert T. Development and Validation of Two Instruments Measuring Intrinsic, Extraneous, and Germane Cognitive Load. Front Psychol. 2017;8:1997. DOI: 10.3389/fpsyg.2017.01997

44. Freeman J, Avons SE, Pearson DE, IJsselsteijn WA. Effects of Sensory Information and Prior Experience on Direct Subjective Ratings of Presence. Presence (Camb). 1999;8(1):1-13. DOI: 10.1162/105474699566017

45. Leahy W, Sweller J. Cognitive load theory, modality of presentation and the transient information effect. Appl Cogn Psychol. 2011;25:943-951. DOI: 10.1002/acp.1787

46. Bjork RA. Memory and Metamemory Considerations in the Training of Human Beings. In: Metcalfe J, Shimamura AP, editors. Metacognition. The MIT Press; 1994.

47. de Jong T. Cognitive load theory, educational research, and instructional design: some food for thought. Instr Sci. 2010;38(2):105-134. DOI: 10.1007/s11251-009-9110-0

48. Clay V, König P, König S. Eye Tracking in Virtual Reality. J Eye Mov Res. 2019;12(1). DOI: 10.16910/jemr.12.1.3

49. Makransky G, Terkildsen TS, Mayer RE. Adding immersive virtual reality to a science lab simulation causes more presence but less learning. Learn Instruct. 2019;60:225-236. DOI: 10.1016/j.learninstruc.2017.12.007

Corresponding author:
Robert Speidel
Ulm University, Medical Faculty, Division of Learning and Teaching, Competence Center eEducation in Medicine, Meyerhofstr. M28-TTU, D-89081 Ulm, Germany, Phone: +49 (0)731/5033-685
robert.speidel@uni-ulm.de

Please cite as
Speidel R, Schneider A, Walter S, Grab-Kroll C, Oechsner W. Immersive medium for early clinical exposure – knowledge acquisition, spatial orientation and the unexpected role of annotation in 360° VR photos. GMS J Med Educ. 2023;40(1):Doc8.
DOI: 10.3205/zma001590, URN: urn:nbn:de:0183-zma0015902

This article is freely available from
https://doi.org/10.3205/zma001590

Received: *2021-12-23*
Revised: *2022-10-28*
Accepted: *2022-11-08*
Published: *2023-02-15*

Copyright
©2023 Speidel et al. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 License. See license information at http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/.

Immersives Medium für die frühzeitige klinische Exposition – Wissenserwerb, räumliche Orientierung und die unerwartete Rolle der Annotation in 360°-VR-Fotos

Robert Speidel[1]
Achim Schneider[2]
Steffen Walter[3]
Claudia Grab-Kroll[2]
Wolfgang Oechsner[4]

1 Universität Ulm, Medizinische Fakultät, Dekanatsverwaltung, Bereich Studium und Lehre, Kompetenzzentrum eEducation in der Medizin BW, Ulm, Deutschland

2 Universität Ulm, Medizinische Fakultät, Dekanatsverwaltung, Bereich Studium und Lehre, Ulm, Deutschland

3 Universitätsklinikum Ulm, Sektion Medizinische Psychologie, Ulm, Deutschland

4 Universitätsklinikum Ulm, Klinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin, Ulm, Deutschland

Zusammenfassung

Zielsetzung: 360°-VR-Fotos könnten eine niedrigschwellige Möglichkeit sein, die klinische Exposition in den frühen Phasen der medizinischen Ausbildung zu steigern. Das Medium soll nicht nur Einblicke in lokale Räumlichkeiten und Abläufe bieten, sondern auch abhängig von der Annotationsform den Wissenserwerb und die räumliche Orientierung fördern. Empirisch belegt ist diese Annahme allerdings noch nicht. Daher wurden unter Berücksichtigung des Modalitätsprinzips nach Mayer drei Hypothesen getestet: 1) Der Einsatz von 360°-VR-Fotos als visuelle Referenz verbessert das Erinnern und Verstehen von Informationen. 2) Die Annotation von Textfeldern in 360°-VR-Fotos beeinträchtigt die räumliche Orientierung und Präsenz. 3) Annotierte Audiokommentare sind annotierten Textfeldern in Bezug auf die kognitive Belastung und den Wissenserwerb überlegen.

Methodik: Mittels VR-Brillen absolvierten Studierende der Human- (*N*=53) und Zahnmedizin (*N*=8) einen von drei virtuellen Rundgängen durch einen OP-Bereich, die mit 360°-VR-Fotos erstellt wurden. In den ersten beiden Varianten wurden Informationen zu den Räumlichkeiten, medizinischen Geräten und klinischen Verfahren entweder in Form von Textfeldern oder Audiokommentaren mit durchschnittlich 67 Wörtern (*SD*=6,67) annotiert. In der dritten Variante wurden dieselben Informationen separat vor dem virtuellen Rundgang auf einem gedruckten Handout ausgeteilt. Unter Berücksichtigung individueller Lernereigenschaften und der Benutzererfahrung wurden Unterschiede zwischen den Bedingungen hinsichtlich des Erinnerns, des Verstehens, der räumlichen Orientierung, der kognitiven Belastung und der Präsenz gemessen.

Ergebnisse: Hinsichtlich des Erinnerns und Verstehens von Informationen schnitten die annotierten Textfelder besser ab als die annotierten Audiokommentare und die Handout-Bedingung. Obwohl die annotierten Audiokommentare die niedrigsten Werte im Wissenstest aufwiesen, zogen die Studierenden das Hören dem Lesen vor. Studierende mit Interesse an VR und 360°- Medien berichteten über ein höheres Maß an Vergnügen und Präsenz. Hinsichtlich der räumlichen Orientierung und Präsenz wurden keine signifikanten Gruppenunterschiede festgestellt.

Schlussfolgerung: 360°-VR-Fotos können Informationen und ein Gefühl der räumlichen Orientierung effektiv in einem Lernszenario vermitteln. Für die Studierenden ist ihre Verwendung unterhaltsam und lehrreich. Die ideale Art der Annotation wird wider Erwarten nicht durch Mayers Modalitätsprinzip vorgeschrieben. Für Informationen wie die in dieser Studie eignen sich annotierte Textfelder besser zum Wissenserwerb als die subjektiv bevorzugten Audiokommentare. Dieses Ergebnis ist wahrscheinlich abhängig von der Länge und Qualität des annotierten Textes. Um Randbedingungen zu identifizieren und die Ergebnisse zu validieren, sind weitere Untersuchungen zur Gestaltung und didaktischen Nutzung von 360°-VR-Fotos erforderlich.

Schlüsselwörter: 360°-Fotos, 360°-VR-Fotos, virtuelle Realität, Lernen, Orientierung, Annotation

1. Einleitung

1.1. Klinische Exposition durch 360°-VR-Fotos

Die Forderung nach frühzeitiger klinischer Exposition löst langsam die starre Abfolge von vorklinischer zu klinischer Ausbildung ab [1]. Die Einbindung klinischer Exposition über den gesamten Studienverlauf hinweg ist jedoch eine Herausforderung für medizinische Fakultäten, insbesondere im Hinblick auf die steigende Zahl von Medizinstudierenden [2], [3]. Die virtuelle Realität (VR) könnte Abhilfe schaffen, auch wenn ihr didaktisches Potenzial noch nicht gänzlich von den Dozierenden und Studierenden anerkannt wird [4]. Steve Bryson definiert die Technologie als „die Verwendung von 3D-Displays und Eingabegeräten zur Erkundung von in Echtzeit computergenerierten Umgebungen“ [5]. Seine Definition umfasst eine Reihe unterschiedlicher Hardware, allerdings sind VR-Brillen heutzutage die häufigste Assoziation. VR-Brillen isolieren den Nutzer von der Realität und stellen gleichzeitig eine Umgebung in Abhängigkeit von dessen Bewegungen und Aktionen dar. Dadurch entsteht die immersive Illusion einer alternativen, virtuellen Realität. Gelingt die Illusion, erfährt der Nutzer ein Gefühl der „Präsenz“; also den Eindruck, sich tatsächlich in der dargestellten Umgebung zu befinden [6]. In diesem mentalen Zustand ähnelt das individuelle Erleben und Verhalten in VR dem in einer realen Situation [7].

In der medizinischen Ausbildung könnte die VR-Technologie den Studierenden ermöglichen, vom ersten Semester an in die Rolle eines Arztes zu schlüpfen und virtuelle Patienten zu behandeln. Die generischen Krankenhausstationen und Behandlungen in frei verfügbarer VR-Software bilden jedoch nicht die lokalen Kliniken mit ihren individuellen Räumlichkeiten, Routinen und medizinischen Spezialisierungen ab. Wenn medizinische Ausbilder einen frühzeitigen immersiven Einblick in die regionale Praxis gewähren wollen, benötigen sie ihre eigenen, maßgeschneiderten VR-Umgebungen. Gegenwärtig erfordert die Entwicklung von VR-Software umfangreiche finanzielle und personelle Ressourcen in Form von Programmierern, 3D-Künstlern und medizinischen Fachleuten. Eine kostengünstigere Alternative zur Erstellung individueller, computergenerierter VR-Umgebungen sind 360°-Medien, die kaum technisches Wissen voraussetzen und somit von medizinischen Ausbildern selbst produziert werden können.

Der Begriff „360°-Medien“ bezieht sich sowohl auf 360°-Videos als auch auf 360°-Fotos, die eine Rundumansicht einer aufgezeichneten Umgebung bieten. Während 360°-Videos Handlungen darstellen können, sind 360°-Fotos statisch (siehe Abbildung 1). Beide Arten von 360°-Medien werden mit 360°-Kameras produziert, die derzeit je nach gewünschter Bildqualität zwischen hundert und einigen tausend Euro kosten. Im Gegensatz zu computergenerierten VR-Umgebungen beschränken 360°-Medien die räumliche Bewegung auf die Position der 360°-Kamera und reduzieren die Interaktion auf sogenannte „Hotspots“. Hotspots sind visuelle Steuerelemente, die in der Nachbearbeitung hinzugefügt werden und es dem Nutzer ermöglichen, den Standort zu wechseln und zusätzliche Informationen in Form von textlichen (Textfelder oder Audiokommentare) oder grafischen (z. B. Nahaufnahmen oder 3D-Modelle) Annotationen anzuzeigen. Über Hotspots verknüpfte und annotierte 360°-Medien werden als „virtuelle Rundgänge“ bezeichnet und können auf allen gängigen Endgeräten (Desktop, Laptop, Tablet, Smartphone oder VR-Brille) wiedergegeben werden. Über eine VR-Brille betrachtet (siehe Abbildung 2) erzeugen virtuelle Rundgänge das VR-charakteristische Gefühl der Präsenz [8], auch wenn sie der VR-Definition von Bryson nicht vollständig entsprechen. Die Kombination von 360°-Medien und VR-Brillen wird daher als eine Variante von VR angesehen [9] und unter dem Begriff „360°-VR-Medien“ subsumiert. 360°-Videos und 360°-Fotos, die auf VR-Brillen angezeigt werden, werden dementsprechend als „360°-VR-Videos“ und „360°-VR-Fotos“ bezeichnet. Diese Terminologie deckt sich mit der bisherigen Forschung [10], [11].

360°-VR-Medien ermöglichen es Medizinstudierenden, virtuell an Operationen teilzunehmen und Orte mit beschränktem Zugang wie OP-Bereiche und Intensivstationen auf immersive Weise und unabhängig von Terminplänen und Lehrpersonal zu erkunden. Sowohl 360°-VR-Videos als auch 360°-VR-Fotos könnten potenziell die frühzeitige klinische Exposition fördern, jedoch konzentriert sich die vorliegende Studie speziell auf 360°-VR-Fotos. Das folgende Kapitel verweist allerdings auch auf Forschungsergebnisse zu 360°-VR-Videos, da bisher kaum Lehrforschung zu 360°-VR-Fotos im Speziellen besteht.

1.2. Lernziele für 360°-VR-Medien

Die bisherige Forschung schreibt der VR, die in Echtzeit computergeneriert wird, einen hohen didaktischen Wert zu [12], [13], [14]. Die referenzierten Metaanalysen gelten jedoch nicht automatisch auch für 360°-VR-Medien, da in den Kameraaufnahmen weder die freie räumliche Bewegung noch die direkte Objektinteraktion möglich sind. Obwohl diese Einschränkungen die Lerneffektivität nicht zwangsläufig verringern [15], hindern sie die Nutzer daran, manuelle Aufgaben in der virtuellen Umgebung auszuführen, was den Nutzen von 360°-VR-Medien für Bildungszwecke begrenzt. Tatsächlich ist noch immer unklar, welche Lernziele durch 360°-VR-Medien unterstützt werden können, da es nur wenige einschlägige Forschungsarbeiten gibt. In dieser Studie betrachten wir die allgemeinen Lernziele des Wissenserwerbs und der räumlichen Orientierung.

Gemäß Anderson und Krathwohls überarbeiteter Taxonomie von Bloom et al. [16], [17] kann der Wissenserwerb entlang zweier Dimensionen differenziert werden. Die erste Dimension bezieht sich auf vier Kategorien von erreichbarem Wissen: faktisch, konzeptionell, prozedural, metakognitiv (Beispiele in Kapitel 2.2). Die zweite Dimension bezieht sich auf sechs Ebenen der kognitiven Verarbeitung: Erinnern, Verstehen, Anwenden, Analysieren,



Abbildung 1: 360°-Foto eines Operationssaals. Das 360°-Foto bietet einen Rundumblick auf einen Operationssaal des Universitätsklinikums Ulm. Wird es über eine VR-Brille sphärisch dargestellt, kann der Nutzer das dann sogenannte 360°-VR-Foto ohne Verzerrung durch Kopfbewegungen erkunden (siehe Abbildung 2).

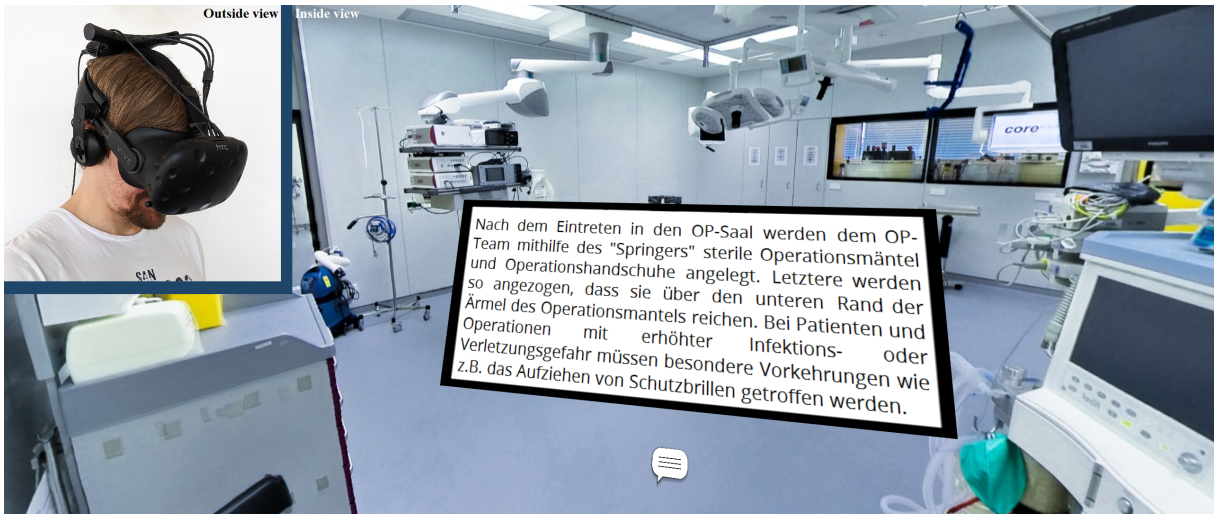


Abbildung 2: Studienteilnehmer liest Text im virtuellen Rundgang. Das Foto in der linken oberen Ecke zeigt einen Studienteilnehmer, der eine HTC Vive VR-Brille trägt. Das nebenstehende Bild ist ein beschnittener Screenshot des virtuellen Rundgangs mit einem annotierten Textfeld über dem entsprechenden Hotspot.

Beurteilen und Erschaffen. Zusammen beschreiben die beiden Dimensionen spezifische Ziele des Wissenserwerbs (z. B. das *Erinnern* des *faktischen* Verhältnisses zwischen dem Körpergewicht eines Kindes und der bei der Defibrillation benötigten Energiemenge). In der Lehrforschung zu 360°-VR-Medien fehlt diese Differenzierung bisher weitgehend. In Bezug auf 360°-VR-Videos haben Studien gezeigt, dass das Medium für den Erwerb von unkategorisiertem Wissen ähnlich effektiv ist wie herkömmliche Videos und regulärer Unterricht [18], [19], [20]. Allerdings stehen 360°-VR-Videos mit einem höheren Maß an Interesse, Beteiligung und Vergnügen bei den Studierenden in Verbindung [11], [18], [19]. Lehrbezogene Studien zu 360°-VR-Fotos sind noch seltener und derzeit auf den Bereich des Bauwesens und der Sicherheitsausbildung beschränkt. In einer Studie von Kim et al. [21] lernten die Teilnehmenden anhand von 360°-VR-Fotos prozedurale Informationen über Baumaßnahmen. Verglichen mit 360°-Fotos, die über Smartphones betrachtet wurden, verbesserten die 360°-VR-Fotos subjektiv den Wissenserwerb und wurden von den meisten Studienteilnehmenden als Ergänzung oder sogar als Ersatz für reale Exkursionen empfohlen. Ein weiteres Argument für den didaktischen Einsatz von 360°-VR-Fotos ist deren immersive Qualität. Laut einer Studie von Krokos et al. sind räumlich dargestellte Informationen leichter abrufbar, wenn beim Lernen eine VR-Brille getragen wurde, anstatt vor einem herkömmlichen Display zu sitzen [22]. Das zweite in dieser Studie untersuchte Lernziel ist die räumliche Orientierung, d. h. die Fähigkeit, den relativen Standort und die Ausrichtung von sich selbst und von Objekten in einer Umgebung zu bestimmen. Die räumliche Orientierung ist erforderlich, um Handlungen zu planen und zu einem gewünschten Ziel zu navigieren [23]. Google

Street View, das auf herkömmlichen Geräten wie Tablets und Smartphones verfügbar ist, ist ein bekanntes Beispiel für die Nutzung normaler 360°-Fotos zur räumlichen Orientierung im Alltag. Der Einsatz einer VR-Brille verbessert die räumliche Orientierungsleistung nicht [24], [25], allerdings ermöglicht es die VR-Brille, entfernte oder unzugängliche Orte auf immersive und natürliche Weise durch Kopfbewegungen zu erkunden. Darüber hinaus haben Untersuchungen mit Ratten ergeben, dass sich die räumliche Orientierung in einer computergenerierten VR auf neurologischer Ebene der Orientierung in der Realität ähnelt [26]. Auch diese Ergebnisse gelten nicht automatisch für 360°-VR-Fotos, da diese die Fortbewegung auf die Teleportation zwischen Standpunkten beschränken. Im Vergleich zum tatsächlichen Gehen könnte die Teleportation die räumliche Orientierung beeinträchtigen [25], [27], [28], [29]. Diese Bedenken schmälern jedoch nicht das Potenzial von 360°-VR-Fotos für die Erkundung klinischer Umgebungen, wenn reale Besuche vor Ort ausgeschlossen sind.

Kurz gesagt, die Theorie und die vorangegangene Forschung legen nahe, dass 360°-VR-Fotos sowohl für die räumliche Orientierung als auch für den Wissenserwerb geeignet sind. Empirisch belegt ist diese Annahme bisher jedoch noch nicht. In der vorliegenden Studie wird daher untersucht, ob Informationen in annotierten 360°-VR-Fotos effektiv gelernt werden können, ohne die räumliche Orientierung und Präsenz der Lernenden zu beeinträchtigen. Zur Überprüfung der Randbedingungen werden die Ergebnisse unter Berücksichtigung individueller Lernereigenschaften (räumliche Orientierungsfähigkeit, Affinität zur Informationstechnologie, Vorerfahrung mit VR, Interesse an VR und 360°-Medien) und der Benutzererfahrung (kognitive Belastung, Präsenz, Simulatorkrankheit, Vergnügen, bevorzugte Art der Annotation, subjektiver didaktischer Nutzen von 360°-VR-Fotos) analysiert und interpretiert. Diese Faktoren liefern zusätzliche Informationen über den didaktischen Einsatz von 360°-VR-Fotos. So stehen beispielsweise Interesse und Vorerfahrung mit VR mit einer günstigeren Bewertung der Technologie und einer geringeren Ausprägung der Simulatorkrankheit in Verbindung [30], [31], [32], [33]. Die Simulatorkrankheit kann die Lernerfahrung durch Symptome wie Müdigkeit, Orientierungslosigkeit und Übelkeit beeinträchtigen [34].

1.3. Modalitätsprinzip

Um die effizienteste und am wenigsten immersionsbrechende Art der Annotation zu ermitteln, wurde zusätzlich die Validität des Modalitätsprinzips im Kontext von 360°-VR-Fotos getestet [35]. Das Modalitätsprinzip leitet sich aus Mayers kognitiver Theorie des multimedialen Lernens ab und besagt, dass das Lernen mit Hilfe von Grafiken wie Videos und Fotos wirksamer ist, wenn die Grafiken mit Audiokommentaren anstelle von geschriebenem Text begleitet werden. Der Theorie nach überlastet die gleichzeitige Verarbeitung von Grafiken und Text den visuellen Kanal, während das Anhören von gesprochenen Kommentaren auch den auditiven Kanal nutzt und so die kognitive Gesamtbelastung verringert [36]. Dieses Prinzip wurde für computergestütztes Lernen verifiziert [37], aber in der bisherigen Forschung wurden nur Grafiken in einem rechteckigen Format und auf nicht-immersiven Bildschirmen betrachtet (z. B. die physiologische Funktion der Niere auf einem Desktop-Bildschirm [38]). Es wird erwartet, dass das Prinzip auch auf 360°-VR-Fotos anwendbar ist, da die Rundumsicht in der VR-Brille eine hohe Belastung für den visuellen Kanal darstellen dürfte, was zu einer Beeinträchtigung des Leseverständnisses und der Merkfähigkeit führen sollte. Da Textfelder teilweise das Sichtfeld versperren, wird erwartet, dass Audiokommentare auch im Hinblick auf die räumliche Orientierung und das Gefühl der Präsenz vorzuziehen sind.

1.4. Hypothesen

Vor dem Hintergrund dieser Überlegungen wurden drei Hypothesen getestet.

1. Der Einsatz von 360°-VR-Fotos als visuelle Referenz verbessert das Erinnern und Verstehen von Informationen.
2. Die Annotation von Textfeldern in 360°-VR-Fotos beeinträchtigt die räumliche Orientierung und Präsenz.
3. Annotierte Audiokommentare sind annotierten Textfeldern in Bezug auf die kognitive Belastung und den Wissenserwerb überlegen.

2. Methodik

2.1. Stichprobe

Zur Überprüfung der Hypothesen wurden Medizinstudierende per E-Mail und Blogposts eingeladen, freiwillig an einem virtuellen Rundgang durch den OP-Bereich des Universitätsklinikums Ulm teilzunehmen. Nach Abgabe einer schriftlichen Einverständniserklärung nahmen schließlich 61 Studierende der Human- (N=53) und Zahnmedizin (N=8) an der Studie teil. Als Anreiz für die Teilnahme erhielt jeder Student einen 30€-Gutschein. Keiner der Studierenden hatte außerhalb seines Studiums eine medizinische Ausbildung begonnen oder zuvor einen Operationssaal besucht. Die Teilnehmenden waren überwiegend weiblich (71%), großteils Anfang zwanzig (M=21,79, SD=2,49) und im Durchschnitt im fünften Semester (M=4,54, SD=2,02). Die letztgenannte Statistik und der vorherige Abschluss einer Famulatur waren zwischen den Bedingungen ungleichmäßig verteilt. Darüber hinaus ergab der Lang-Stereotest, dass bis auf zwei Teilnehmende alle über stereoskopische Tiefenwahrnehmung verfügten [39], d. h. die meisten waren in der Lage, die zwei Perspektiven ihrer Augen zusammenzuführen und daraus Tiefeninformationen abzuleiten. Eine detaillierte Übersicht der Stichprobe findet sich in Tabelle 1 und Tabelle 2.

Tabelle 1: Nominale Stichprobenbeschreibung

Gruppe	*N*	Studiengang[a]		Geschlecht		Krankenpflege-praktikum		Famulatur		VR-Vorerfahrung	
		HM *N* (%)	ZM *N* (%)	♀ *N* (%)	♂ *N* (%)	Ja *N* (%)	Nein *N* (%)	Ja *N* (%)	Nein *N* (%)	Ja *N* (%)	Nein *N* (%)
Textfelder	20	16 (80 %)	4 (20 %)	14 (70 %)	6 (30 %)	17 (85 %)	3 (15 %)	0 (0 %)	20 (100 %)	6 (30 %)	14 (70 %)
Audiokommentar	21	19 (91 %)	1 (10 %)	16 (76 %)	5 (24 %)	18 (86 %)	3 (14 %)	10 (48 %)	11 (52 %)	4 (19 %)	17 (81 %)
Handout (Kontrollgruppe)	20	18 (90 %)	2 (10 %)	13 (65 %)	7 (35 %)	17 (85 %)	3 (15 %)	11 (55 %)	9 (45 %)	7 (35 %)	13 (65 %)
Gesamt	61	53 (87 %)	8 (13 %)	43 (71 %)	18 (30 %)	52 (85 %)	9 (15 %)	21 (24 %)	40 (66 %)	17 (28 %)	44 (72 %)

Anmerkung: In einer visuellen Analyse der Hauptvariablen (Wissenserwerb, Selbst- und Objektverortung, kognitive Belastung, Präsenz und Simulatorkrankheit) wurden keine systematischen Unterschiede zwischen den aufgeführten binären Kategorien festgestellt.
[a] Humanmedizin (HM) und Zahnmedizin (ZM).

Tabelle 2: Metrische Stichprobenbeschreibung

Gruppe	*N*	Alter in Jahren		Semester		IT-Affinität[a]		Interesse an VR und 360°-Medien[b]		VR-Nutzungen im Vorjahr	
		M	*SD*	*M*	*SD*	*M*	*SD*	*M*	*SD*	*M*	*SD*
Textfelder	20	20,70	1,81	3,40	1,73	3,10	1,12	4,55	0,69	0,83	0,75
Audiokommentar	21	22,48	3,08	4,76	2,14	3,10	1,18	4,48	0,81	1,00	0,82
Handout (Kontrollgruppe)	20	22,15	2,11	5,45	1,67	3,25	1,12	4,10	1,25	1,86	1,68
Gesamt	61	21,79	2,49	4,54	2,02	3,15	1,12	4,38	0,95	1,29	1,26

[a] IT = Informationstechnologie.
[b] Die Items wurden auf einer Likert-Skala von 1 („*Ich stimme überhaupt nicht zu*“) bis 5 („*Ich stimme vollkommen zu*“) bewertet.

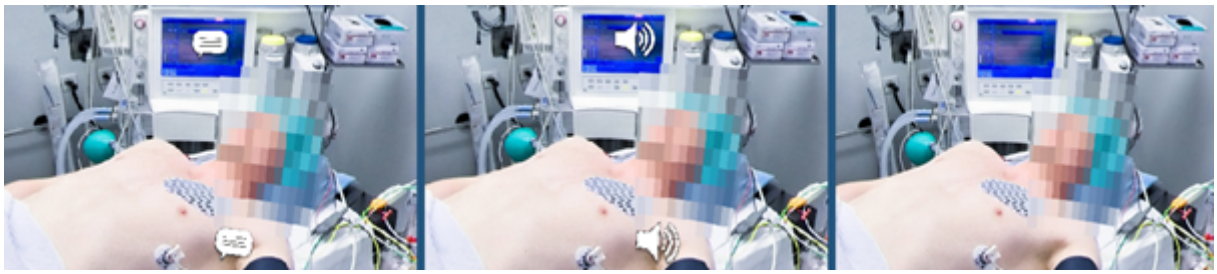


Abbildung 3: Screenshots aus den drei virtuellen Rundgängen mit unterschiedlicher Annotation. Die beschnittenen Screenshots zeigen die gleiche Szene, unterscheiden sich aber in der Annotation. Von links nach rechts: Hotspots für Textfelder, Hotspots für Audiokommentare und keine Hotspots (Handout-Bedingung). Die Hotspots wurden durch Blicksteuerung aktiviert und deaktiviert, d. h. durch 1,5 Sekunden langes Betrachten der Hotspots.

2.2. Versuchsaufbau

Der virtuelle Rundgang wurde mit 360°-VR-Fotos (3840x3840 Pixel pro Foto, aufgenommen mit einer Insta360 Pro 2 360°-Kamera) erstellt und in drei verschiedenen Varianten gestaltet. In einer Art Quasi-Randomisierung wurden die Studienteilnehmenden diesen Varianten in Abhängigkeit von ihrem Anmeldezeitpunkt in einer vordefinierten Reihenfolge zugeordnet. In den ersten beiden Varianten wurden Hotspots verwendet, um die 360°-VR-Fotos zu verknüpfen und Informationen zu den Räumlichkeiten, medizinischen Geräten und klinischen Verfahren entweder als Textfelder (siehe Abbildung 2) oder als Audiokommentare zu präsentieren. Im Hinblick auf Anderson und Krathwohls Revision der Bloomschen Taxonomie [16], [17] waren die angegebenen Informationen faktischer (diskrete Informationselemente, z. B. eine Definition von „nosokomial“), konzeptioneller (Zusammenhänge zwischen Informationselementen, z. B. funktionelle Organisation eines OP-Bereichs) und prozeduraler (Abfolge von Schritten, z. B. Ablauf einer chirurgischen Händedesinfektion) Natur. Die Hotspots, die als Piktogramme in Form von Sprechblasen und Megaphonen eingefügt wurden (siehe Abbildung 3), ließen sich nur einmal aktivieren. Die Länge der einzelnen Annotationen betrug im Durchschnitt 67,36 Wörter (*SD*=6,67), die mit einer mo-

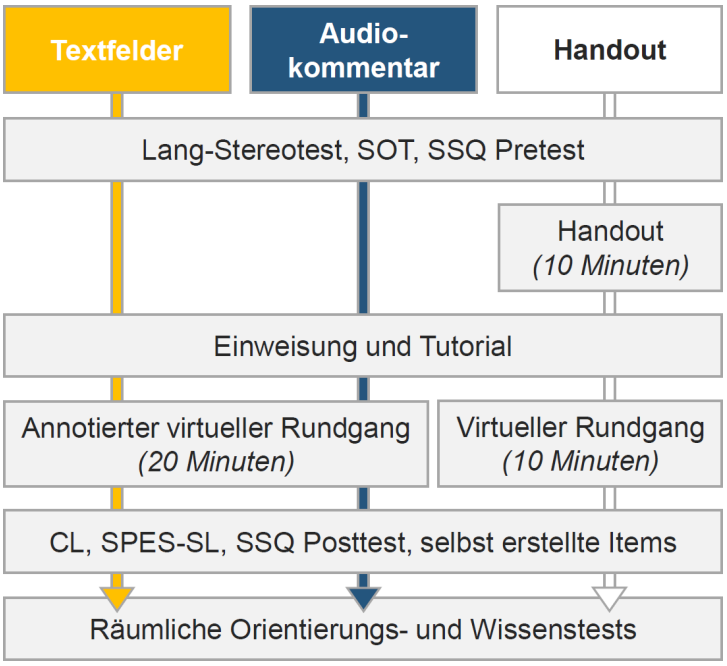


Abbildung 4: Versuchsaufbau und eingesetzte Instrumente. SOT=Spatial Orientation Test [40], SPES-SL=Spatial Presence Experience Scale – Selbstverortung [41], SSQ=Simulation Sickness Questionnaire [42], CL=Instrument zur Messung der kognitiven Belastung (cognitive load) von Klepsch et al. [43].

deraten Durchschnittsgeschwindigkeit von 2,46 Wörtern pro Sekunde (*SD*=0,21) verständlich aufgenommen wurden. Die Geschwindigkeit und Lautstärke der Audiokommentare sowie die Schriftgröße, die von den Autoren als deutlich lesbar eingestuft wurde, konnten von den Teilnehmenden nicht verändert werden. In der dritten Variante (Kontrollvariante) wurden die gleichen Informationen nicht im virtuellen Rundgang eingebunden, sondern separat auf einem gedruckten Handout (H) zur Verfügung gestellt (siehe Anhang 1), das vor dem virtuellen Rundgang innerhalb eines Zeitlimits von 10 Minuten einmal gelesen werden sollte. Die Teilnehmenden wurden angewiesen, das Handout nicht erneut zu lesen, wenn sie vor Ablauf des Zeitlimits fertig wurden.

Die Studierenden erlebten den Rundgang über eine HTC Vive VR-Brille (1080x1200 Pixel pro Auge, 90 Bilder pro Sekunde, 110° Sichtfeld) (siehe Abbildung 2), die aus zwei getrennten Displays besteht, d. h. einem pro Auge. Stereoskopisches Sehen wurde erreicht, indem jede Szene mit einem leichten Versatz zwischen den beiden Displays angezeigt wurde. Die Studierenden aktivierten Hotspots und Namensschilder via Blicksteuerung, indem sie diese 1,5 Sekunden lang anschauten. Eingaben über einen Controller waren daher nicht erforderlich. Um sich mit der Technologie vertraut zu machen, absolvierten die Teilnehmenden ein kurzes Tutorial, bevor sie den virtuellen Rundgang durch den OP-Bereich begannen. Das Zeitlimit betrug 10 (Handout) bzw. 20 Minuten (annotiert). Die Zeitlimits unterschieden sich zwischen den Bedingungen, da die Annotation den virtuellen Rundgang im Vergleich zur Kontrollgruppe verlängerte. Wenn ein Student das Zeitlimit überschritt, wurde er einmalig aufgefordert, den Rundgang schnellstmöglich zu beenden. Vor und nach dem virtuellen Rundgang wurden anhand von Tests und Fragebögen Daten erhoben (siehe Abbildung 4).

2.3. Instrumente

2.3.1. Wissenserwerb

Um den Wissenserwerb zu bewerten, wurde am Ende der Studie ein Wissenstest durchgeführt (siehe Anhang 2). Um bloßes Wiedererkennen zu vermeiden, bestand der Test aus 23 offenen Fragen ohne Auswahlmöglichkeiten. In Anlehnung an die kognitiven Verarbeitungsebenen nach Anderson und Krathwohl [16], [17] verlangten die Fragen von den Teilnehmenden, sich innerhalb eines Zeitlimits von 15 Minuten an die präsentierten Informationen zu erinnern (15 Fragen) oder zu demonstrieren, diese zu verstehen (8 Fragen). Im Wissenstest wurde nicht zwischen faktischen, konzeptionellen und prozeduralen Informationen differenziert, da die Kategorien nicht präzise genug unterschieden werden konnten. Bei verblindeter Gruppenzuordnung wurden die Antworten der Teilnehmenden von zwei medizinischen Experten bewertet, die sich dabei an einem standardisierten Bewertungsschema orientierten (siehe Anhang 2). Einer dieser Experten ist Mitverfasser dieses Artikels. Nachdem sie die Antworten unabhängig voneinander bewertet hatten, diskutierten die Experten Diskrepanzen und erzielten auf der Grundlage des Bewertungsschemas einen Konsens. Die Punktzahlen wurden schließlich zu einem Gesamtwert zusammengefasst, wobei zwischen Erinnern mit einer Höchstpunktzahl von 41,5 und Verstehen mit einer Höchstpunktzahl von 23 Punkten unterschieden werden konnte.



Abbildung 5: Test zur Selbstverortung als Aspekt der räumlichen Orientierung. Der Test wurde in Anlehnung an den Spatial Orientation Test (SOT) von Hegarty et al. entwickelt [40].

2.3.2. Räumliche Orientierung

Im Hinblick auf die räumliche Orientierung wurden zwei Faktoren gemessen. Die Leistung bei der Selbstverortung wurde mit einer individuell angepassten Version des Spatial Orientation Test (SOT) von Hegarty et al. gemessen [40]. Nach der Intervention wurden den Studierenden acht rechteckige Screenshots aus dem virtuellen Rundgang vorgelegt, die jeweils mit einem roten Fadenkreuz versehen waren, das ihre Blickrichtung markierte. Anhand dieses Referenzpunktes, der als Linie auf einem Blatt Papier abgebildet war, sollten die Teilnehmenden eine weitere Linie in die vermutete Richtung des zuvor gesehenen Operationstisches ziehen (siehe Abbildung 5). Die Winkelabweichungen zwischen den Antworten und den korrekten Richtungen wurden summiert und zu einem Durchschnittswert für die Selbstverortungsleistung gemittelt, wobei der Wert zwischen 0 und 180 liegen konnte. Je niedrigerer der Wert, desto besser die Leistung.
Der zweite gemessene Aspekt der räumlichen Orientierung war die Objektverortung. Den Studierenden wurden zehn Ausschnitte des Gebäudeplans vorgelegt, auf denen verschiedene Teile des OP-Bereichs abgebildet waren. Die Studierenden wurden gebeten, aus jeweils sieben Positionsmöglichkeiten jeweils ein Objekt pro Ausschnitt auszuwählen. Richtige Antworten wurden zu einer Objektverortungsleistung mit einer Maximalpunktzahl von 10 aggregiert.

2.3.3. Benutzererfahrung

Zur Messung der Präsenz wurde eine autorisierte deutsche Übersetzung der Spatial Presence Experience Scale (SPES) eingesetzt [41]. Die Studierenden bewerteten drei Items zu ihrem Gefühl der physischen Präsenz auf einer Likert-Skala von 1 (*„Ich stimme überhaupt nicht zu“*) bis 5 (*„Ich stimme vollkommen zu“*). Ein SPES-Item, das sich auf beobachtbare Handlungen bezog, wurde ausgelassen, da 360°-VR-Fotos statisch sind.
Die Simulatorkrankheit wurde vor und nach dem virtuellen Rundgang mit dem SSQ (Simulation Sickness Questionnaire) gemessen [42]. Der SSQ-Gesamtwert, der als die Zunahme zwischen den beiden Messungen definiert wurde, drückt den Schweregrad der durch den virtuellen Rundgang verursachten Simulatorkrankheit aus. Den Autoren zufolge weist ein Gesamtwert von 10 oder höher auf ein bedeutsames Maß an Unbehagen hin.
Die individuelle kognitive Belastung wurde unmittelbar nach dem virtuellen Rundgang gemessen. Nach der Cognitive Load Theory [36] kann die Anstrengung, Informationen im Arbeitsgedächtnis zu behalten, in drei verschiedene kognitive Belastungen eingeteilt werden. Während die „intrinsische Belastung“ durch die Komplexität und Neuartigkeit des Lernmaterials bestimmt wird, wird die „extrinsische Belastung“ durch eine ungünstige Präsentationsform auferlegt. Im Idealfall wird die extrinsische Belastung minimiert, um den kognitiven Lernprozess zu begünstigen, welcher wiederum die „lernbezogene Belastung“ darstellt. Alle drei Arten der kognitiven Belastung wurden anhand der deutschen Version des Instruments zur Messung der kognitiven Belastung von Klepsch et al. gemessen, das insgesamt sieben Items umfasst. Die Teilnehmenden bewerteten die Items auf einer Likert-Skala von 1 (*„Ich stimme überhaupt nicht zu“*) bis 7 (*„Ich stimme vollkommen zu“*) [43].
Darüber hinaus wurden die Teilnehmenden gebeten, den didaktischen Nutzen von 360°-VR-Fotos zu bewerten und Feedback zu ihrem virtuellen Rundgang zu geben (Vergnügen und bevorzugte Art der Annotation). Diese Items wurden entweder binär (*„ja“* oder *„nein“*) oder auf einer Likert-Skala von 1 (*„Ich stimme überhaupt nicht zu“*) bis 5 (*„Ich stimme vollkommen zu“*) bewertet.

2.3.4. Lernereigenschaften

Die räumliche Orientierungsfähigkeit der Teilnehmenden wurde anhand des unveränderten SOT [40] erhoben, der lediglich den Selbstverortungsaspekt der räumlichen Orientierung erfasst. Analog zu seiner angepassten Version (siehe Kapitel 2.3.2) liefert der unveränderte SOT eine durchschnittliche Abweichung in Grad (zwischen 0 und 180). Ein niedrigerer Wert deutet auf ein besseres räumliches Orientierungsvermögen hin. Darüber hinaus wurden Items zu soziodemografischen und Persönlichkeitsvariablen wie die Affinität zur Informationstechnologie (IT) und das Interesse an VR- und 360°-Medien selbst erstellt und mit Likert-Skalen von 1 (*„Ich stimme über-*

haupt nicht zu“) bis 5 (*„Ich stimme vollkommen zu*“) eingesetzt.

2.4. Statistische Auswertung

Basierend auf einer visuellen Analyse von Q-Q-Plots wurde für die gesammelten Daten Normalverteilung und Varianzhomogenität angenommen. Unterschiede in den Mittelwerten wurden daher mit *t*-Tests für unabhängige Stichproben und einfachen ANOVAs untersucht. Letztere wurden mit anschließenden LSD-Post-Hoc-Tests nach Fisher differenziert. Die Analysen waren zweiseitig und *p*-Werte unter 0,05 wurden als signifikant angesehen. Als Maß der Effektgrößen wurde das partielle Eta-Quadrat (η^2) für ANOVAs und Cohens *d* für *t*-Tests berechnet. Darüber hinaus wurden Binomialtests verwendet, um Beziehungen zwischen kategorialen Variablen zu untersuchen, während Zusammenhänge zwischen metrischen Variablen mit Pearson-Korrelationen getestet wurden.

3. Ergebnisse

3.1. Zeit

Für alle Teilnehmenden in der Kontrollgruppe reichten 10 Minuten aus, um das gesamte Handout zu lesen. Beim virtuellen Rundgang erreichte die Mehrheit der Teilnehmenden in der Handout- (*M*=8,32, *SD*=2,09) und in der Textfeld-Bedingung (*M*=18,90, *SD*=4,26) vor Ablauf des jeweiligen Zeitlimits von 10 bzw. 20 Minuten das Ende. Bei der Audiokommentar-Bedingung hingegen überschritten die meisten Teilnehmenden ihr Zeitlimit von 20 Minuten (*M*=20,76, *SD*=2,50) um durchschnittlich 2,20 Minuten (*SD*=1,80).

3.2. Wissenserwerb

Die mittlere Gesamtpunktzahl des Tests war in der Textfeld-Bedingung signifikant höher (*F*(2,57)=5,13, *p*=0,009, η^2=0,15) als in der Audiokommentar- (p_{LSD}=0,003) und der Handout-Bedingung (p_{LSD}=0,042) (siehe Abbildung 6). Die Gruppe, die den Text im virtuellen Rundgang las, schnitt auf beiden Ebenen der kognitiven Verarbeitung am besten ab. Allerdings war der Unterschied zwischen den annotierten Textfeldern und dem gedruckten Text der Handout-Bedingung bei Fragen, die das Verständnis prüfen, nicht signifikant (p_{LSD}=0,195). Obwohl die Teilnehmenden in der Audiokommentar-Bedingung schlechter abschnitten als die Teilnehmenden in der Textfeld-Bedingung, hielten sie die 360°-VR-Fotos für den Wissenserwerb besser geeignet (*t*(39)=2,48, *p*=0,017, *d*=0,79). Darüber hinaus glaubten 83% der Teilnehmenden, die die Informationen in annotierter Form gelernt hatten, dass das Erinnern im realen OP-Bereich durch die Integration der Informationen in den virtuellen Rundgang eher verbessert oder verbessert wird.

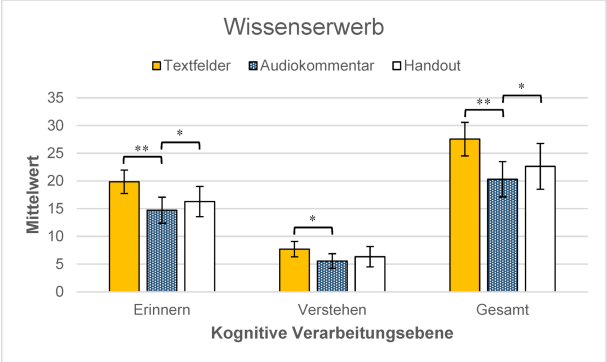


Abbildung 6: Mittelwertvergleiche des Wissenserwerbs. 95%-CI-Fehlerbalken. Sternchen kennzeichnen *p*-Werte von LSD-Post-hoc-Tests. Die Maximalwerte für Erinnern (41,5) und Verstehen von Wissen (23) ergeben eine maximale Gesamtpunktzahl von 64,5. **p*<0,05. ***p*<0,01. ****p*<0,001

3.3. Räumliche Orientierung

Hinsichtlich der Leistung bei der Objektverortung (*F*(2,58)=0,00, *p*=0,996, η^2=0,00) (siehe Abbildung 7) und Selbstverortung (*F*(2,58)=0,37, *p*=0,693, η^2=0,01) (siehe Abbildung 8) wurden keine signifikanten Gruppenunterschiede gefunden.

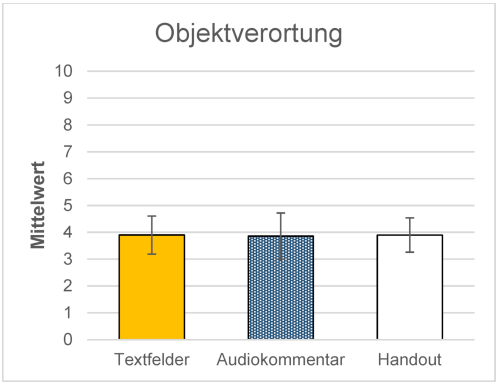


Abbildung 7: Mittelwertvergleiche der Objektverortung. Für die Objektverortung werden zwischen 0 und 10 Punkte vergeben, wobei 10 für die Höchstpunktzahl steht. 95%-CI-Fehlerbalken.

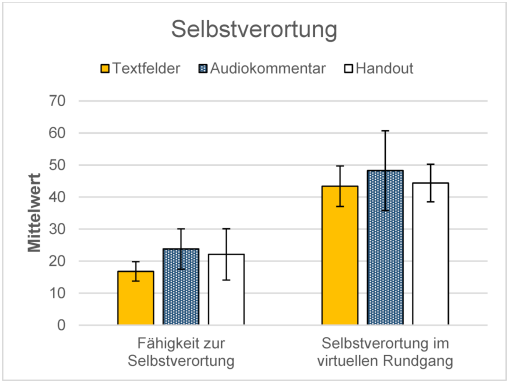


Abbildung 8: Mittelwertvergleiche der Selbstverortung. Die Selbstverortung liegt bei zwischen 0 und 180 Grad durchschnittlicher Abweichung, wobei ein geringerer Grad eine günstigere Bewertung darstellt. Signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen gab es nicht. 95%-CI-Fehlerbalken.

3.4. Benutzererfahrung

Bei der Simulatorkrankheit ($F(2,58)=0,38$, $p=0,69$, $\eta^2=0,01$) und bei der Präsenz ($F(2,58)=1,66$, $p=0,199$, $\eta^2=0,05$) wurden ebenfalls keine signifikanten Gruppenunterschiede gefunden. Beide Faktoren korrelierten auch nicht signifikant mit den Testergebnissen für Wissen und räumliche Orientierung, obwohl 28% aller Teilnehmenden ein bedeutsames Maß an Unbehagen empfanden. Auf deskriptiver Ebene wies die Audiokommentar-Bedingung ($M=4,32$, $SD=0,70$) jedoch eine höhere Präsenzbewertung auf als die Textfeld- ($M=3,85$, $SD=0,83$) und die Handout-Bedingung ($M=4,1$, $SD=0,92$) und wurde als weniger immersionsbrechend empfunden als Textfelder ($t(39)=1,80$, $p=0,080$, $d=0,56$).
Zwar wurden zwischen den beiden Annotations-Bedingungen keine signifikanten Unterschiede in der kognitiven Belastung gefunden, jedoch wurde die Audiokommentar-Bedingung insgesamt günstiger bewertet (siehe Tabelle 3). Gegenüber den anderen Bedingungen schnitt der Audiokommentar hinsichtlich des Vergnügens und des mutmaßlichen didaktischen Nutzens deskriptiv besser ab. Außerdem erwies sich das Lesen des Textes im virtuellen Rundgang als schwieriger als das akustische Verstehen des Audiokommentars ($t(39)=5,56$, $p<0,001$, $d=1,74$). Die Kontrollgruppe, die die Informationen vor dem virtuellen Rundgang auf einem gedruckten Handout (H) las, berichtete über eine deskriptiv höhere extrinsische Belastung und eine signifikant niedrigere lernbezogene Belastung ($F(2,58)=4,16$, $p=0,02$, $\eta^2=0,13$) als die Teilnehmenden der Audiokommentar-Bedingung (AK) ($p_{LSD}=0,014$) und der Textfeld-Bedingung (TB) ($p_{LSD}=0,017$). In Übereinstimmung mit diesen Ergebnissen zeigten Binomialtests, dass die meisten Teilnehmenden es vorzogen, sich Wissen innerhalb des virtuellen Rundgangs anzueignen ($p_{TB}<0,001$; $p_{AK}<0,001$; $p_H=0,003$), wobei der Audiokommentar die bevorzugte Art der Annotation war (siehe Abbildung 9).

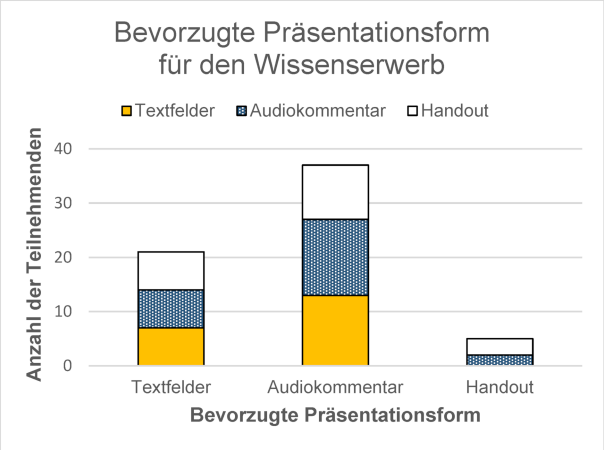


Abbildung 9: Gruppenvergleich der bevorzugten Präsentationsform.

3.5. Lernereigenschaften

Die Fähigkeit zur Selbstverortung (siehe Abbildung 8), die IT-Affinität, das Interesse an VR und 360°-Medien und die vorherige Nutzung von VR (siehe Tabelle 2) waren nicht mit der Leistung in den Wissens- und räumlichen Orientierungstests assoziiert. Das Interesse an VR und 360°-Medien korrelierte jedoch positiv mit dem Vergnügen ($r=0,37$, $p<0,001$), der Präsenz ($r=0,46$, $p<0,001$) und dem mutmaßlichen didaktischen Nutzen von 360°-VR-Fotos ($r= 0,46$, $p<0,001$).

4. Diskussion

Mit Hilfe von 360°-VR-Fotos können medizinische Ausbilder immersive Einblicke in die regionale Praxis gewähren, um eine frühzeitige klinische Exposition zu ermöglichen. Um festzustellen, wie 360°-VR-Fotos lernförderlich eingesetzt und gestaltet werden können, wurden in dieser Studie drei Hypothesen getestet:

Hypothese 1: Der Einsatz von 360°-VR-Fotos als visuelle Referenz verbessert das Erinnern und das Verstehen von Informationen

Wie frühere Forschungsarbeiten nahelegten [21], [22], verbessert der Einsatz von 360°-VR-Fotos als visuelle Referenz den Wissenserwerb, wobei die Wahl der Annotationsform bedeutsam ist (siehe 3. Hypothese). Die subjektive Einschätzung der Studierenden bestätigt die Lernwirksamkeit von 360°-VR-Fotos. Die Mehrheit war der Meinung ist, dass die Fotos das spätere Erinnern im realen OP-Bereich erleichtern. Ähnlich wie bei früheren Untersuchungen zu 360°-VR-Videos [11], [18], [19] war das Vergnügen und der mutmaßliche didaktische Nutzen von 360°-VR-Fotos bei allen Varianten des virtuellen Rundgangs hoch. Ihre Anwendung für die frühzeitige klinische Exposition würde daher wahrscheinlich von den Studierenden begrüßt und je nach Gestaltung effektiv Informationen vermitteln.

Hypothese 2: Die Annotation von Textfeldern in 360°-VR-Fotos beeinträchtigt die räumliche Orientierung und Präsenz

Was die räumliche Orientierung und Präsenz betrifft, so beeinträchtigten Textfelder die Lernenden in keinem nennenswerten Umfang. Das ist unerwartet, da die Textfelder als immersionsbrechender empfunden wurden als die Audiokommentare. Eine Erklärung im Hinblick auf die Präsenz könnten fehlende Vergleichswerte sein, da 72 % der Teilnehmenden noch keine VR-Erfahrung hatten. Da sie noch nie ein höheres Maß an Immersion erlebt hatten, könnten sie ihr Gefühl, sich im dargestellten OP-Bereich zu befinden, überschätzt haben [44]. Demnach haben Textfelder möglicherweise dennoch eine präsenzmindernde Wirkung, aber zumindest stört das weniger

Tabelle 3: Deskriptive Statistik der kognitiven Belastung und der subjektiven Einschätzungen

Gruppe	Intrinsische Belastung		Extrinsische Belastung		Lernbezogene Belastung		Gesamte kognitive Belastung		Vergnügen		Didaktischer Nutzen von 360°-VR-Fotos	
	M	*SD*	*M*	*SD*	*M*	*SD*	*M*	*SD*	*M*	*SD*	*M*	*SD*
Textfelder	3,00	1,50	2,29	0,89	6,13	0,93	3,59	0,74	4,65	0,81	4,25	0,97
Audiokommentar	3,19	1,13	2,16	0,96	6,14	0,59	3,59	0,55	4,81	0,51	4,62	0,59
Handout (Kontrollgruppe)	3,30	1,70	2,72	1,15	5,25	1,62	3,61	1,06	4,70	0,73	4,40	0,94
Gesamt	3,16	1,44	2,39	1,02	5,84	1,18	3,60	0,79	4,72	0,69	4,43	0,85

Anmerkung: Das Instrument zur Messung der kognitiven Belastung von Klepsch et al. [43] stützt sich auf eine Likert-Skala von 1 („*Ich stimme überhaupt nicht zu*“) bis 7 („*Ich stimme vollkommen zu*“). Das Vergnügen und der didaktische Nutzen von 360°-VR-Fotos wurden hingegen auf einer Skala von 1 („*Ich stimme überhaupt nicht zu*“) bis 5 („*Ich stimme vollkommen zu*“) bewertet.

erfahrene VR-Nutzer nicht. In Bezug auf die räumliche Orientierung scheint das Lesen kein Hindernis zu sein, solange die Lernenden noch genügend Zeit haben, die 360°-VR-Fotos zu erkunden.

Hypothese 3: Annotierte Audiokommentare sind annotierten Textfeldern in Bezug auf die kognitive Belastung und den Wissenserwerb überlegen

Nach dem Modalitätsprinzip [35] sollten Textfelder im Vergleich zu Audiokommentaren zu einer höheren extrinsischen Belastung und einem geringeren Lerneffekt führen. Die Ergebnisse des Wissenstests widersprechen dieser Vorhersage jedoch, obwohl die Teilnehmenden in der Textfeld-Bedingung aufgrund der fehlenden Famulatur und ihres durchschnittlich niedrigeren Semesters potenziell benachteiligt waren. Die Textfelder übertrafen die Audiokommentare und die Handout-Bedingung sowohl in Bezug auf das Erinnern als auch das Verstehen. Obwohl sie die meiste Zeit im virtuellen Rundgang verbrachten, erzielten die Teilnehmenden in der Audiokommentar-Bedingung im Durchschnitt die schlechtesten Testergebnisse. Dieses unerwartete Ergebnis lässt sich durch den Lerninhalt erklären. Zum einen war der visuelle Bezug möglicherweise nicht wesentlich genug für das Verstehen der präsentierten Informationen. Das Modalitätsprinzip greift, wenn zwei Informationsquellen gleichzeitig verarbeitet und mental integriert werden müssen [35]. Wenn die Studierenden die dargestellte Umgebung weitgehend ignorieren und sich auf das Lesen konzentrieren konnten, führten die Textfelder vermutlich nicht zu einer kognitiven Überlastung. Zum anderen konnten die Textfelder wiederholt gelesen werden, solange der Hotspot aktiviert war, während die Audiokommentare nur einmalig abgespielt wurden. Dieser Vorteil kommt laut Leahy und Sweller [45] besonders bei umfangreichem Material zum Tragen. Die Studierenden hatten möglicherweise Mühe, die durchschnittlich 67 Wörter angemessen zu verarbeiten, bevor die Audiokommentare endeten. Das Ergebnis, dass Audiokommentare für den Wissenserwerb nachteilig sind, gilt somit vermutlich nur für lange Texte, die nicht in schriftlicher Form zugänglich sind.

Diese Erklärungen werden nicht durch die durchgeführten Messungen zur kognitiven Belastung gestützt. Dieser Widerspruch ist wahrscheinlich auf die subjektive Natur der Selbstauskunft zurückzuführen. Möglicherweise sind die Lernenden nicht in der Lage, die drei Arten der kognitiven Belastung zu unterscheiden und haben unterschiedliche interne Standards für die Bewertung der kognitiven Belastung [46], [47]. Diese Annahme wird durch die signifikant höhere extrinsische Belastung in der Handout-Bedingung gestützt. Ohne Annotationen konnten sich die Studierenden ausschließlich auf die räumliche Orientierung konzentrieren. Der Theorie nach hätte dies zu einer geringeren extrinsischen Belastung führen müssen. Was die anderen Faktoren der Benutzererfahrung betrifft, so war der Audiokommentar auf deskriptiver Ebene die bevorzugte Option. Die Studierenden in der Audiokommentar-Bedingung berichteten, dass sie sich präsenter fühlten und mehr Spaß hatten. Auch wenn der virtuelle Rundgang dadurch länger dauerte, würden die meisten den Audiokommentar den Textfeldern und einem Handout vorziehen. Audiokommentare sind daher zu empfehlen, wenn der Wissenserwerb nicht im Vordergrund steht oder die Informationen zusätzlich in schriftlicher Form zugänglich sind.

In allen Bedingungen litten fast ein Drittel der teilnehmenden Studierenden unter der Simulatorkrankheit, was aber weder das Lernen noch die räumliche Orientierung beeinträchtigte. Die relativ hohe Prävalenz könnte darauf zurückzuführen sein, dass sich die Studierenden in den 360°-VR-Fotos nicht selber sahen und in der Luft zu schweben schienen. Wenn die Lernenden als virtuelle Avatare dargestellt würden, könnte die Prävalenz der Simulatorkrankheit abnehmen. Hinsichtlich der gemessenen Lernereigenschaften konnte keine Determinante für die Wirksamkeit von 360°-VR-Fotos für den Wissenserwerb und die räumliche Orientierung gefunden werden. Allerdings tauchen Studierende mit Interesse an VR und 360°-Medien tendenziell mehr in 360°-VR-Fotos ein, haben mehr Spaß daran und schreiben ihnen einen größeren didaktischen Nutzen zu. Diese Ergebnisse decken sich mit denen früherer Untersuchungen und deuten

darauf hin, dass eine stärkere Anwendung von 360°-VR-Fotos in der medizinischen Ausbildung zu einer höheren Nachfrage und Wertschätzung des Mediums führen würde [30], [31], [32], [33].
Natürlich müssen die Ergebnisse dieser Studie angesichts ihrer Limitationen interpretiert werden. Abgesehen von [21] wurde der Kombination von 360°-Fotos und VR-Brillen in der Forschung bisher wenig Beachtung geschenkt. Um die Ergebnisse zu validieren, müssen sie mit diskret messbaren Wissenskategorien und größeren Stichproben, die eine höhere Varianz in der Vertrautheit mit VR aufweisen, repliziert werden. Außerdem wurden die räumlichen Orientierungs- und Wissenstests kurz nach dem virtuellen Rundgang durchgeführt. Die Ergebnisse belegen daher nur die kurzfristige Wirksamkeit von 360°-VR-Fotos. Zu guter Letzt hätte eine physiologische Messung der kognitiven Belastung mittels EEG und Eye-Tracking in den VR-Brillen geholfen, die Ergebnisse schlüssiger zu erklären [48], [49]. Zukünftige Studien sollten diese Methoden nutzen, um weitergehend zu untersuchen, wie kognitive Kapazitäten in 360°-VR-Fotos gelenkt und effizient genutzt werden können. Dabei sollte auch die Qualität der Annotationen berücksichtigt werden. Neben der Länge könnte die Lernerfahrung auch durch die Geschwindigkeit oder Lautstärke der Audiokommentare beeinflusst werden. Darüber hinaus sollte die Wirksamkeit von 360°-VR-Fotos mit realen Lernszenarien verglichen werden, z. B. mit einer persönlichen Führung durch den OP-Bereich.

5. Schlussfolgerung

360°-VR-Fotos sind eine niedrigschwellige und kostengünstige Möglichkeit, die klinische Exposition in den frühen Phasen der medizinischen Ausbildung zu fördern. Das Medium gewährt nicht nur immersive Einblicke in den klinischen Alltag, sondern kann auch Informationen und ein Gefühl der räumlichen Orientierung effektiv in einem Lernszenario vermitteln. Während ihr Einsatz bei Studierenden generell gut ankommt, tauchen diejenigen, die sich für VR und 360°-Medien interessieren stärker in die 360°-VR-Fotos ein, haben mehr Spaß daran und schreiben ihnen einen höheren didaktischen Nutzen zu. Entgegen der Erwartung der Autoren wird die ideale Art der Annotation nicht durch das Modalitätsprinzip nach Mayer vorgeschrieben. Für Informationen wie die in dieser Studie eignen sich Textfelder besser zum Wissenserwerb als die subjektiv bevorzugten Audiokommentare. Dieses Ergebnis ist jedoch wahrscheinlich von der Länge und Qualität des Textes abhängig. Um Randbedingungen zu identifizieren und die Ergebnisse zu validieren, sind weitere Untersuchungen zur Gestaltung und pädagogischen Nutzung von 360°-VR-Fotos erforderlich.

Anmerkungen

Einzelheiten zur Finanzierung

Diese Arbeit wurde von der AG Lehrforschung der Medizinischen Fakultät der Universität Ulm unterstützt.

Ethikkommission

Die Ethikkommission der Universität Ulm entschied, dass die Studie weder einer rechtlichen noch einer ethischen Genehmigung bedarf.

Interessenkonflikt

Die Autor*innen erklären, dass sie keinen Interessenkonflikt im Zusammenhang mit diesem Artikel haben.

Anhänge

Verfügbar unter https://doi.org/10.3205/zma001590

1. Anhang_1.pdf (139 KB)
   Handout
2. Anhang_2.pdf (155 KB)
   Wissenstest und Bewertungsschema

Literatur

1. Shah CJ. Early clinical exposure- Why and how? J Educ Technol Health Sci. 2020;5(1):2-7. DOI: 10.18231/2393-8005.2018.0002
2. Association of American Medical Colleges (AAMC). Applicants, Matriculants, and Enrollment of U.S. Medical Schools, 1980-1981 through 2020-2021. Washington (DC): AAMC; 2022. Zugänglich unter/available from: https://www.aamc.org/media/37836/download?attachment
3. Statista. Anzahl der Studierenden im Fach Humanmedizin in Deutschland nach Geschlecht in den Wintersemestern von 2007/2008 bis 2020/2021. Hamburg: Statistia; 2021. Zugänglich unter/available from: https://de.statista.com/statistik/daten/studie/200758/umfrage/entwicklung-der-anzahl-der-medizinstudenten/
4. Speidel R, Schneider A, Körner J, Grab-Kroll C, Öchsner W. Did video kill the XR star? Digital trends in medical education before and after the COVID-19 outbreak from the perspective of students and lecturers from the faculty of medicine at the University of Ulm. GMS J Med Educ. 2021;38(6):Doc101. DOI: 10.3205/ZMA001497
5. Bryson S. Call for Participation. IEEE Symposium on Research Frontiers in Virtual Reality, Ocotober 25-26 1993, Red Lion Inn, San Jose, CA. 1993. Zugänglich unter/available from: https://groups.google.com/g/comp.graphics.visualization/c/V6bxB5-bJKY
6. Slater M. A note on presence terminology. Presence Conn. 2003;3(3):1-5.
7. Chirico A, Gaggioli A. When Virtual Feels Real: Comparing Emotional Responses and Presence in Virtual and Natural Environments. Cyberpsychol Behavd Soc Netw. 2019;22(3):220-226. DOI: 10.1089/cyber.2018.0393

8. Brivio E, Serino S, Negro Cousa E, Zini A, Riva G, de Leo G. Virtual reality and 360° panorama technology: a media comparison to study changes in sense of presence, anxiety, and positive emotions. Virtual Real. 2021;25(2):303-311. DOI: 10.1007/s10055-020-00453-7

9. Milgram P, Takemura H, Utsumi A, Kishino F. Augmented reality: a class of displays on the reality-virtuality continuum. In: Das H, editor. SPIE Proceedings: Telemanipulator and Telepresence Technologies. Vol. 2351. SPIE.Digital Library; 1995. p.282-292. Zugänglich unter/available from: https://spie.org/Publications/Proceedings/Volume/2351?SSO=1

10. Bertel T, Yuan M, Lindroos R, Richardt C. OmniPhotos: casual 360° VR photography. ACM Trans Graph. 2020;39(6):1-12. DOI: 10.1145/3414685.3417770

11. Snelson C, Hsu YC. Educational 360-Degree Videos in Virtual Reality: a Scoping Review of the Emerging Research. TechTrends. 2020;64(3):404-412. DOI: 10.1007/s11528-019-00474-3

12. Kyaw BM, Saxena N, Posadzki P, Vseteckova J, Nikolaou CK, George PP, Divakar U, Masiello I, Kononowicz AA, Zary N, Tudor Car L. Virtual Reality for Health Professions Education: Systematic Review and Meta-Analysis by the Digital Health Education Collaboration. J Med Internet Res. 2019;21(1):e12959. DOI: 10.2196/12959

13. Pourmand A, Davis S, Lee D, Barber S, Sikka N. Emerging Utility of Virtual Reality as a Multidisciplinary Tool in Clinical Medicine. Games Health J. 2017;6(5):263-270. DOI: 10.1089/g4h.2017.0046

14. Chavez B, Bayona S. Virtual Reality in the Learning Process. In: Rocha Á, Adeli H, Reis LP, Costanzo S, editors. Trends and Advances in Information Systems and Technologies. Vol. 746. Cham: Springer International Publishing; 2018. p.1345-1356.

15. Buttussi F, Chittaro L. Effects of Different Types of Virtual Reality Display on Presence and Learning in a Safety Training Scenario. IEEE Trans Vis Comput Graph. 2018;24(2):1063-1076. DOI: 10.1109/TVCG.2017.2653117

16. Anderson LW, Krathwohl DR. A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives. London: Longman; 2001.

17. Bloom BS, Engelhart MD, Furst EJ, Hill WH, Krathwohl DR. Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals. London: Longman; 1956.

18. Lee SH, Sergueeva K, Catangui M, Kandaurova M. Assessing Google Cardboard virtual reality as a content delivery system in business classrooms. J Educ Bus. 2017;92(4):153-160. DOI: 10.1080/08832323.2017.1308308

19. Harrington CM, Kavanagh DO, Wright-Ballester G, Dicker P, Traynor O, Hill A, Tierney S. 360degree Operative Videos: A Randomised Cross-Over Study Evaluating Attentiveness and Information Retention. J Surg Educ. 2018;75(4):993-1000. DOI: 10.1016/j.jsurg.2017.10.010

20. Ulrich F, Helms NH, Frandsen UP, Rafn AV. Learning effectiveness of 360° video: experiences from a controlled experiment in healthcare education. Interact Learn Environ. 2019;3(2):1-14. DOI: 10.1080/10494820.2019.1579234

21. Kim JS, Leatham T, Liu J. Comparing Virtual Reality Modalities and 360° Photography in a Construction Management Classroom. In: 55th ASC Annual International Conference Proceedings. 2019. p.221-228.

22. Krokos E, Plaisant C, Varshney A. Virtual memory palaces: immersion aids recall. Virtual Real. 2019;23(1):1-15. DOI: 10.1007/s10055-018-0346-3

23. Rieser JJ, Narasimham G, Erdemir A. Spatial Orientation. In: Ramachandran VS, editor. Encyclopedia of human behavior. 2nd ed. Burlington, MA: Elsevier/Academic Press; 2012. p.519-524.

24. Napieralski PE, Altenhoff BM, Bertrand JW, Long LO, Babu SV, Pagano CC, Davis TA. An evaluation of immersive viewing on spatial knowledge acquisition in spherical panoramic environments. Virtual Real. 2014;18:189-201. DOI: 10.1007/s10055-014-0245-1

25. Zhao J, Sensibaugh T, Bodenheimer B, McNamara TP, Nazareth A, Newcombe N, Minear M, Klippel A. Desktop versus immersive virtual environments: effects on spatial learning. Spat Cogn Comput. 2020;20(4):328-363. DOI: 10.1080/13875868.2020.1817925

26. Aronov D, Tank DW. Engagement of Neural Circuits Underlying 2D Spatial Navigation in a Rodent Virtual Reality System. Neuron. 2014;84(2):442-456. DOI: 10.1016/j.neuron.2014.08.042

27. Cherep LA, Lim AF, Kelly JW, Acharya D, Velasco A, Bustamente E, Ostrander AG, Gilbert SB. Spatial cognitive implications of teleporting through virtual environments. J Exp Psychol Appl. 2020;26(3):480-492. DOI: 10.1037/xap0000263

28. Chrastil ER, Warren WH. Active and passive contributions to spatial learning. Psychon Bull Rev. 2012;19(1):1-23. DOI: 10.3758/s13423-011-0182-x

29. Riecke BE, Bodenheimer B, McNamara TP, Williams B, Peng P, Feuereissen D. Do We Need to Walk for Effective Virtual Reality Navigation? Physical Rotations Alone May Suffice. In: Hölscher C, editor. Spatial cognition. Vol. 6222. Berlin: Springer; 2010. p.234-247.

30. Manis KT, Choi D. The virtual reality hardware acceptance model (VR-HAM): Extending and individuating the technology acceptance model (TAM) for virtual reality hardware. J Bus Res. 2019;100:503-513. DOI: 10.1016/j.jbusres.2018.10.021

31. Freitag S, Weyers B. Kuhlen TW. Examining Rotation Gain in CAVE-like Virtual Environments. IEEE Trans Vis Comput Graph. 2016;22(4):1462-1471. DOI: 10.1109/TVCG.2016.2518298

32. Shen CW, Ho JT, Ly PT, Kuo TC. Behavioural intentions of using virtual reality in learning: perspectives of acceptance of information technology and learning style. Virtual Real. 2019;23:313-324. DOI: 10.1007/s10055-018-0348-1

33. Weisflog W, Böckel A. Ein studentischer Blick auf den Digital Turn: Auswertung einer bundesweiten Befragung von Studierenden für Studierende. Hochschulforum Digitalisierung. 2020;54:1-34. Zugänglich unter/available from: https://hochschulforumdigitalisierung.de/sites/default/files/dateien/HFD_AP_54_Studierendenbefragung.pdf

34. Chang E, Kim HT, Yoo B. Virtual Reality Sickness: A Review of Causes and Measurements. Int J Human Comput Inter. 2020;36(17):1658-1682. DOI: 10.1080/10447318.2020.1778351

35. Mayer R. The Cambridge Handbook of Multimedia Learning. Cambridge: Cambridge University Press; 2014. DOI: 10.1017/CBO9781139547369

36. Sweller J. Cognitive load theory, learning difficulty, and instructional design. Learn Instruct. 1994;4(4):295-312. DOI: 10.1016/0959-4752(94)90003-5

37. Mayer RE. Using multimedia for e-learning. J Comp Ass Learn. 2017;33(5):403-423. DOI: 10.1111/jcal.12197

38. Cierniak G, Scheiter K, Gerjets P. Explaining the split-attention effect: Is the reduction of extraneous cognitive load accompanied by an increase in germane cognitive load? Comp Human Behav. 2009;25(2):315-324. DOI: 10.1016/j.chb.2008.12.020

39. Lang JI, Lang TJ. Eye Screening with the Lang Stereotest. Am Orth J. 1988;38(1):48-50. DOI: 10.1080/0065955X.1988.11981769

40. Hegarty M. A dissociation between mental rotation and perspective-taking spatial abilities. Intelligence. 2004;32(2):175-191. DOI: 10.1016/j.intell.2003.12.001

41. Hartmann T, Wirth W, Schramm H, Klimmt C, Vorderer P, Gysbers A, Böcking S, Ravaja N, Laarni J, Saari T, Gouveia F, Sacau AM. The Spatial Presence Experience Scale (SPES). J Media Psychol. 2016;28(1):1-15. DOI: 10.1027/1864-1105/a000137

42. Kennedy RS, Lane NE, Berbaum KS, Lilienthal MG. Simulator Sickness Questionnaire: An Enhanced Method for Quantifying Simulator Sickness. Int J Aviat Psychol. 1993;3(3):203-220. DOI: 10.1207/s15327108ijap0303_3

43. Klepsch M, Schmitz F, Seufert T. Development and Validation of Two Instruments Measuring Intrinsic, Extraneous, and Germane Cognitive Load. Front Psychol. 2017;8:1997. DOI: 10.3389/fpsyg.2017.01997

44. Freeman J, Avons SE, Pearson DE, IJsselsteijn WA. Effects of Sensory Information and Prior Experience on Direct Subjective Ratings of Presence. Presence (Camb). 1999;8(1):1-13. DOI: 10.1162/105474699566017

45. Leahy W, Sweller J. Cognitive load theory, modality of presentation and the transient information effect. Appl Cogn Psychol. 2011;25:943-951. DOI: 10.1002/acp.1787

46. Bjork RA. Memory and Metamemory Considerations in the Training of Human Beings. In: Metcalfe J, Shimamura AP, editors. Metacognition. The MIT Press; 1994.

47. de Jong T. Cognitive load theory, educational research, and instructional design: some food for thought. Instr Sci. 2010;38(2):105-134. DOI: 10.1007/s11251-009-9110-0

48. Clay V, König P, König S. Eye Tracking in Virtual Reality. J Eye Mov Res. 2019;12(1). DOI: 10.16910/jemr.12.1.3

49. Makransky G, Terkildsen TS, Mayer RE. Adding immersive virtual reality to a science lab simulation causes more presence but less learning. Learn Instruct. 2019;60:225-236. DOI: 10.1016/j.learninstruc.2017.12.007

Korrespondenzadresse:
Robert Speidel
Universität Ulm, Medizinische Fakultät, Dekanatsverwaltung, Bereich Studium und Lehre, Kompetenzzentrum eEducation in der Medizin BW, Meyerhofstr. M28-TTU, 89081 Ulm, Deutschland, Tel.: +49 (0)731/5033-685
robert.speidel@uni-ulm.de

Bitte zitieren als
Speidel R, Schneider A, Walter S, Grab-Kroll C, Oechsner W. Immersive medium for early clinical exposure – knowledge acquisition, spatial orientation and the unexpected role of annotation in 360° VR photos. GMS J Med Educ. 2023;40(1):Doc8.
DOI: 10.3205/zma001590, URN: urn:nbn:de:0183-zma0015902

Artikel online frei zugänglich unter
https://doi.org/10.3205/zma001590

Eingereicht: *23.12.2021*
Überarbeitet: *28.10.2022*
Angenommen: *08.11.2022*
Veröffentlicht: *15.02.2023*

Copyright
©2023 Speidel et al. Dieser Artikel ist ein Open-Access-Artikel und steht unter den Lizenzbedingungen der Creative Commons Attribution 4.0 License (Namensnennung). Lizenz-Angaben siehe http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/.

Publikation 4

Speidel R, Felder E, Schneider A, Öchsner W. Virtual Reality gegen Zoom-Fatigue? Eine Feldstudie zur Lehr- und Lernerfahrung in interaktiven Video- und VR-Konferenzen. GMS J Med Educ. 2023;40(2):Doc19. doi: 10.3205/zma001601

© Speidel et al. 2023

Dieser Artikel wurde ursprünglich im GMS Journal for Medical Education veröffentlicht und steht als Open-Access-Artikel unter den Lizenzbedingungen der Creative Commons Attribution 4.0 License (CC BY). Lizenz-Angaben: http://creativecommons.org/licenses/by/4.0

Eigenanteil:

- Verfassen des Manuskripts
- Erstellen der Grafiken und Tabellen
- Studiendesign
- Recherche
- Fragebogenkonstruktion
- Datenerhebung und -bereinigung (qualitativ und quantitativ)
- Datenanalyse
- Technische Betreuung

Virtual reality against Zoom fatigue? A field study on the teaching and learning experience in interactive video and VR conferencing

Abstract

Aim: During the COVID-19 pandemic, the absence of in-person teaching was partially compensated for through videoconferencing. However, lecturers complain that students do not participate actively in video-based online seminars. One reason cited for this is Zoom fatigue. Conferences in virtual reality (VR), accessible with and without head-mounted display, represent one potential remedy to this issue. The research to date does not shed any light on the (1.) teaching experience, (2.) student demand, (3.) learning experience (including participation and social presence), and (4.) learning performance (declarative and spatial) associated with VR conferences. The present work will compare these aspects for videoconferencing, independent study, and – in the case of teaching experience – with in-person teaching.

Methods: A compulsory seminar in General Physiology was offered during the 2020/21 winter semester and the 2021 summer semester as part of the Human Medicine program at the Faculty of Medicine at Ulm University. The seminars were offered in three different formats with identical content: (a) VR conference, (b) video conference, and (c) independent study, with students selecting the format of their choice. In the VR conferences, the lecturer taught using a head-mounted display while students participated via PC, laptop, or tablet. The learning experience and learning performance were assessed using questionnaires and a knowledge test. A semi-structured interview was conducted to assess the VR teaching experience.

Results: The lecturer's teaching experience in the VR conferences was similar to in-person teaching. Students predominantly chose independent study and videoconferencing. The latter resulted in worse outcomes with regard to learning experience (including participation and social presence) and spatial learning performance than the VR conferences. Declarative learning performance differed only slightly between teaching formats.

Conclusions: VR conferencing offers lecturers new didactic opportunities and a teaching experience similar to that of in-person teaching. Students prefer time-efficient videoconferencing and independent study, but rate participation and social presence, among other things, higher in VR conferencing. If faculty and students are open to the technology, VR conferencing can promote interactive exchange in online seminars. This subjective assessment is not associated with better declarative learning performance.

Keywords: virtual reality, social VR, distance learning, Zoom fatigue, medical education

Robert Speidel[1]
Edward Felder[2]
Achim Schneider[3]
Wolfgang Öchsner[4]

1 Ulm University, Medical Faculty, Division of Learning and Teaching, Competence Center eEducation in Medicine, Ulm, Germany

2 Ulm University, Institute of General Physiology, Ulm, Germany

3 Ulm University, Faculty of Medicine, Division of Learning and Teaching, Ulm, Germany

4 University Hospital Ulm, Clinic for Anesthesiology and Intensive-Care Medicine, Ulm, Germany

1. Background

1.1. Interaction in videoconferences

Videoconferencing technology allows teaching sessions to be held and attended independently of location. During the COVID-19 pandemic, this partially compensated for the absence of in-person teaching [1]. However, lecturers complain about a lack of student participation in video-based online seminars, which are aimed at deepening the understanding of learning content through interactive exchange. Often, students' cameras and microphones remain switched off, so that communication is limited to chat [1], [2], [3]. This means that, in contrast to an in-person seminar, students' facial expressions, gestures, voice pitch, and appearance are missing. This lack of verbal and nonverbal signals can disrupt *social presence* [4], i.e., the subjective impression of being in the company of a real person who is accessible and responsive in the conversational setting [5], [6]. Low levels of social presence in videoconferences reduce student satisfaction and participation in the form of questions and comments [7], [8], [9]. In a case study by Massner, lecturers complained that due to this lack of student feedback and their own gestural limitations they could not teach the same way in videoconferences as they were used to doing during in-person seminars [9].

The limited interaction in videoconferencing can also be attributed to the novel phenomenon of *Zoom fatigue*, which has been increasingly reported since the beginning of the COVID-19 pandemic. Zoom fatigue is a fatigue syndrome believed to be triggered by the heavy use of videoconferencing, and is not limited to its eponymous provider, Zoom [10]. When students suffer from Zoom fatigue, they find it harder to concentrate and participate during the online seminar [3], [9]. Various causes are being discussed for this phenomenon. As with a lack of social presence, one possible reason is limited verbal and nonverbal communication [10], [11], [12]. Even when the participant's video camera is turned on, video conferencing lacks gestures, positioning in space, and the option to detect subtle changes in facial and vocal expressions. Combined with latency in video and audio transmission, this lack of signals makes it difficult to interpret contributions and anticipate pauses in speech [9], [10]. This is compounded by the peculiar view in video conferencing. The grid view in video streams gives the impression of being under constant surveillance and tempts people to check their own video image regularly. These adverse conditions in videoconferencing impede the two-way flow of conversation and exhaust the limited working memory [9], [10], [13], which plays a central role in the processing and long-term storage of information.

The workload of the working memory – known as *cognitive load* – is an important measure of the suitability of a teaching method and is differentiated into three cognitive processes [14]. While the *intrinsic load* is determined by the complexity and novelty of the learning content, the *extraneous load* describes the extent to which the working memory is taxed by the instructional design (e.g., the grid view in videoconferences). This load should be low to leave as much working memory capacity as possible available for the actual learning process in the form of *germane load*. Video-based online seminars are suspected of causing a high extraneous load and thus promoting Zoom fatigue [9], [10]. While this does not necessarily mean that videoconferencing leads to reduced learning success compared to in-person seminars [15], it does inhibit student interaction, participation, attention, and satisfaction [9], [15], [16]. Along with social presence and cognitive load, these factors are used to describe the learning experience of students in the present field study.

1.2. Conferencing in virtual reality

One alternative to videoconferencing is conferencing in virtual reality (VR). In VR conferences, lecturers and students meet as avatars in virtual 3D environments, where they can approach each other and interact spatially (see figure 1). While the technological forerunners such as Second Life were still limited to *non-immersive* devices (PC, Mac, laptop, tablet or Smartphone), modern VR conferencing systems such as Mozilla Hubs and Engage also allow for *immersive* participation using head-mounted displays (HMDs). In the latter case, also known as social VR, real gestures and – depending on the equipment – facial expressions are projected into the virtual space. Communication via HMD thus resembles a real conversation and could enable lecturers to teach as if face-to-face using gestures and visible conversation partners, despite the virtual distance. However, this assumption has been poorly substantiated thus far, as teaching experience as an umbrella term for teaching-related behavior (e.g., addressing students) and experience (e.g., perception of student participation) is only mentioned casually in relevant publications [17], [18]. Another unique feature of VR conferencing is the virtual 3D space, which is not bound by natural laws and thus opens up new didactic possibilities. Media (e.g., slides, videos, and 3D models) can be positioned, scaled, and annotated freely within the space by both lecturers and students. For example, students can explore anatomical structures and chemical elements spatially while the lecturer annotates them three-dimensionally.

Unlike lecturers' teaching experience, some study results are already available with regard to the learning experience of students in VR. These, however, do not exhibit consistent findings. For example, the comparison of learning performance between non-immersive and immersive VR varies depending on the study and the application scenario [19], [20], [21], [22], [23]. However, there are several indications that immersion in VR via HMD can increase not only social presence but also extraneous load [17], [19], [20]. So far, this downside of immersive VR has yet to have much impact on current practice, as most students do not own HMDs and thus control their avatars via traditional devices. This in turn reduces their



Figure 1: Screenshot of a VR conference. The screenshot above shows a seminar group in a VR conference. The lecturer was using an HMD to teach and illustrated physiological control circuits using 3D models. The students participated via non-immersive devices (PC, laptop or tablet).

range of nonverbal expressions to automatically synchronized lip movements, positioning in space, and buttons to trigger predefined actions (e.g., raise hand) and reactions (e.g., laugh). This non-immersive participation is viewed in a predominantly positive light [24]. The positive aspects include a high degree of interactivity and fun in the classroom. Non-immersive VR conferencing was also found to offer higher levels of social presence and motivation compared to videoconferencing [25]. In a study by Yoshimura and Borst, some students also noted that they preferred communicating via an avatar to using a webcam [17].

1.3. Research questions

In this field study, online seminars in the form of VR conference, videoconference, and independent study were offered, conducted, compared, and – with regard to the teaching experience in VR – contrasted with in-person teaching. The following research questions were investigated:

1. *Lecturers' teaching experience*
   Does the teaching behavior and experience when using an HMD differ from in-person teaching?
   What are the didactic added values and obstacles associated with VR conferencing compared to videoconferencing?
2. *Choice of teaching format*
   Which teaching format do medical students prefer?
3. *Students' learning experience*
   Which teaching format offers the best learning experience (including social presence and participation)?
4. *Students' learning performance*
   Which teaching format results in the best learning performance (declarative and spatial)?

2. Method

2.1. Study design

The study was conducted in two consecutive compulsory online seminars in the third (WS 2020/21; February 2021) and fourth semesters (SS 2021; April and May 2021) of Human Medicine at the Faculty of Medicine at the University of Ulm with approval of the ethics committee of the University of Ulm. The seminars were part of the General Physiology curriculum and focused on physiological control circuits and blood pressure regulation. At the beginning of both seminars, students (N_{WS}=328; N_{SS}=308) were able to choose the teaching format, selecting from synchronous seminar participation via (a) VR conferencing or (b) videoconferencing and (c) asynchronous independent study.
Depending on their chosen formats, students completed either two conference sessions of 90 minutes each with

Table 1: Questionnaire items created by the authors and used in winter semester 2020/21

Construct	Item
Interaction[a]	*I found the communication during the CONFERENCE to be very natural.* *CONFERENCES are optimal for working together.*
Participation[b]	*I was very motivated to actively participate in the CONFERENCE.* *I was too self-conscious to actively participate in the CONFERENCE.*
Attention[b]	*I was able to concentrate well on the learning content during the CONFERENCE.* *I was often preoccupied with things not related to the seminar during the CONFERENCE.*
Enjoyment	*I enjoyed the FORMAT very much.*
Seminar evaluation[c]	*How would you evaluate the seminar overall using grades?*

Note: CONFERENCE stands for VR conference and videoconference. These items were only used in the videoconferences and VR conferences. FORMAT stands for all teaching formats. Except for the seminar evaluation, the response scale ranged from 1 ("*I completely disagree*") to 7 ("*I completely agree*.").
[a] The items were aggregated into an overall score and averaged.
[b] The respective negatively worded item was inverted and aggregated with the second item and averaged.
[c] The response scale corresponded to the German school grades from 1 ("*very good*") to 6 ("*unsatisfactory*").

an average of 18.73 participants (*SD*=1.44) or two independent study units on the university learning platform Moodle. The independent study units included explanatory videos with 2D graphics on physiological processes and MC questions to ensure understanding. Learning materials were designed by the responsible teaching supervisor and co-author of the study (EF) and defined as content guidelines for the synchronous teaching formats.

Due to the high number of students who opted for videoconferencing, the format was offered by a total of eight different lecturers, including experienced teaching staff and student assistants with limited teaching experience. In the videoconferences, the same content was taught and the same MC questions were asked as in the independent study materials. However, the lecturers retained creative freedom in preparing the specified materials, meaning that the presentation slides differed slightly. By contrast, the only lecturer for the VR conferences, which were identical in content too, was the teaching supervisor, who at the time had seven years of teaching experience and advanced skills in using non-immersive devices (e.g., 3D modeling on a desktop). The VR conferences also included a mandatory technical introduction in VR and 3D models instead of 2D graphics. Students were able to explore the 3D models spatially without manipulating them (e.g., rotating, scaling, or annotating).

2.2. VR conference

The online VR seminar took place via the fee-based Engage conferencing system, which requires students to install the software and create an account to participate. Engage was preferred over free open-source alternatives such as Mozilla Hubs because the service provider offered personal support with technical questions and problems to ensure a smooth teaching process. The lecturer in the VR conferences taught using a Meta Quest HMD (6DoF, 1440×1600 per eye, 100° FOV, 72 FPS, no face tracking) and explained physiological control circuits using 3D models that he himself had created in advance on the desktop and in VR. He was supported in the organization and technical preparation of the sessions by the Competence Center eEducation in Medicine Baden-Wuerttemberg, which employs another one of the authors (RS).

2.3. Instruments and statistical analysis

Data collection, in which the students participated voluntarily, took place in the synchronous teaching formats after the last seminar date in each case and was conducted online using a questionnaire plugin for the university learning platform Moodle [26]. Students participating in the asynchronous independent study format were also asked to complete the questionnaire directly after the end of the seminar. However, students who opted for the independent study format were allowed a period of one week to complete the questionnaire, as these students did not finish the seminar at the same time.

In the 2020/21 winter semester, students assessed their learning experience and success only subjectively by completing a questionnaire. The student learning experience was surveyed in terms of social presence, cognitive load, and the constructs listed in table 1. Social presence was measured using a German translation of the Multimodal Presence Scale (MPS) (e.g., *"I felt like I was in the presence of another person in the virtual environment."*) [27], [28], which includes five items with a response scale ranging from 1 (*"I completely agree"*) to 5 (*"I completely disagree"*). Extraneous (e.g., *"The design of the VR conferences was very inconvenient for learning."*) and germane cognitive load (e.g., *"My point while attending the VR conferences was to understand everything correctly."*) were queried using five items based on the work of Klepsch et al. [29]. Answers were based on a response scale from 1 (*"I completely disagree"*) to 7 (*"I completely agree"*). Since the intrinsic load depends

Table 2: Sample description

Teaching format	Semester	*N*	*n (%)*	Sex		Age		Affinity for technology[a]		Interest in VR[a]		Prior experience with immersive VR[b]			Device	
				♀ *n* (%)	♂ *n* (%)	*M*	*SD*	*M*	*SD*	*M*	*SD*	Yes *n* (%)	No *n* (%)	n/a	PC/ laptop	tablet
VR conference	20/21 WS	18	17 (95%)	10 (59%)	7 (41%)	20.9	1.4	4.2	1.7	4.8	1.6	4 (24%)	9 (53%)	4 (24%)	9 (53%)	8 (47%)
	21 SS	29	23 (79%)	16 (70%)	7 (30%)	20.9	.9	3.7	1.8	4.4	1.5	1 (4%)	21 (91%)	1 (4%)	14 (61%)	9 (39%)
Video conference	20/21 WS	136	16 (12%)	10 (63%)	6 (37%)	21.5	1.9	4.2	1.7	3.3	1.5	4 (25%)	11 (69%)	1 (6%)	14 (88%)	2 (13%)
	21 SS	120	57 (48%)	38 (67%)	19 (33%)	21.5	2.5	3.6	1.7	3.1	1.6	4 (7%)	53 (93%)	-	50 (88%)	7 (12%)
Independent study	20/21 WS	174	60 (35%)	38 (63%)	22 (37%)	21.5	3.1	4.2	1.8	3.2	1.5	11 (18%)	45 (75%)	4 (7%)	-	-
	21 SS	159	105 (66%)	56 (53%)	49 (47%)	23.0	4.8	4.2	1.6	3.2	1.4	16 (15%)	86 (82%)	3 (3%)	-	-
Total		636	278 (44%)	168 (60%)	110 (40%)	22.0	3.6	4.0	1.7	3.4	1.6	40 (14%)	225 (81%)	13 (5%)	87 (77%)	26 (23%)

[a] The items "*I am very tech-savvy*" and "*I am very interested in virtual reality*" were rated on Likert-type response scales from 1 ("*I completely disagree*") to 5 ("*I completely agree*").
[b] "*Have you ever used an HMD outside of this seminar? If yes, approximately how many times in the last year? We do not mean VR goggles made of cardboard or plastic for smartphones.*" Students who answered "*Yes*" used HMDs an average of *1.44* (*SD*=.72) times in the past year.

on the learning content, which was the same across all teaching formats, it was not analyzed. The response scale used for cognitive load was also applied to the items created by the authors and listed in table 1 and the subjective questions on declarative learning content (e.g., *"I have understood why vasoconstriction of resistance vessels leads to an increase in blood pressure."*) and its spatial location (e.g., *"I can spatially locate individual elements of the models/graphs shown."*) (see attachment 1, tables A1 and A2). Social presence and the constructs of interaction and participation were not measured in the independent study group because the instructional format did not include any social interaction.

In order to objectively validate the assessment of learning success, a voluntary single-choice knowledge test was administered in all teaching format groups during the 2021 summer semester. The test included eight questions, each with five answers to choose from (see attachment 1, table B1). The solutions for the knowledge test, which was advertised as an opportunity for additional exam preparation, were made available to all students in the seminar after the questionnaire was completed. The learning experience was not re-surveyed. Data collected over the two semesters were adjusted and analyzed using SPSS (Version 27) and are presented using the arithmetic mean (*M*), standard deviation (*SD*), and supplemental qualitative student feedback.

Data about the teaching experience of the lecturer who taught in the VR conferences was collected during a semi-structured interview in late February 2021. The interview questions in attachment 1, table C1, were aimed at contrasting the VR teaching experience and behavior with those during in-person teaching (e.g., *"To what extent did teaching via head-mounted display (HMD) differ from in-person teaching?"*) and identifying possible added values and obstacles of VR conferencing compared to videoconferencing (e.g., *"In your opinion, do VR conferences have any added didactic value compared to video-based online seminars?"*). The interview was recorded and transcribed by hand. The statements collected were filtered based on their relevance to the two research questions on teaching experience, then sorted and summarized as continuous text including direct quotes.

3. Results

3.1. Sample

Table 2 describes the samples differentiated by teaching format and semester. Participation rates increased from 28% (n_{WS}=93) to 60% (n_{SS}=158) across groups between semesters. While sex, age, and affinity for technology were similar across groups, the VR variant showed a descriptively higher interest in VR technology.

3.2. Teaching experience

3.2.1. Teaching behavior and experience

Due to the ability to move spatially and gesture freely with the HMD, the lecturer's teaching experience in VR was similar to that during in-person teaching:

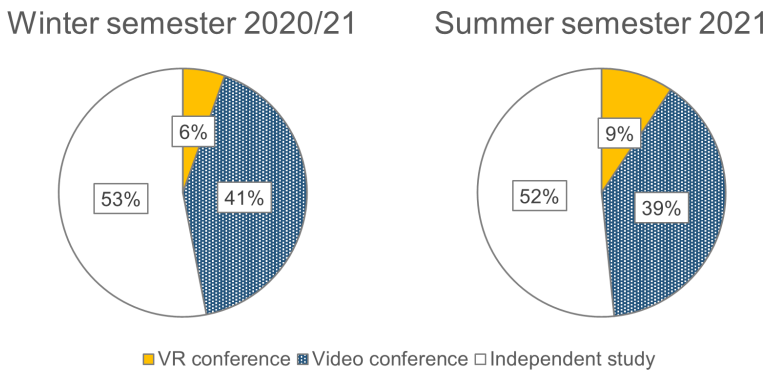


Figure 2: Ratio of chosen teaching formats. The ratio of chosen teaching formats refers to the total number of seminar participants (N_{ws}=328; N_{ss}=308).

> *"The classic teaching situation [...] is mirrored one-to-one in the VR conference. I was completely immersed in the world. Whether that was a virtual or real wall no longer made a difference to me."*

At the beginning of the seminar, the students seemed like *"mannequins"* to the lecturer, since their natural gestures and facial expressions could not be reproduced via conventional devices. However, this impression faded into the background in the course of the class. The lecturer estimated that active student participation was higher in VR than in videoconferencing. The generic, non-verbal expressions of the students (e.g., nodding and shaking their heads) helped the lecturer to assess comprehension and attention, but was not equivalent to the real facial expressions and gestures in in-person teaching.

3.2.2. Added values and obstacles

The lecturer stated that the greatest added value of VR was the possibility it afforded to teach almost as in-person despite social distancing requirements. Another advantage was the variety of didactic possibilities. In contrast to videoconferences, media (e.g., slides, videos, and 3D models) and tools (e.g., questionnaires and free drawing in 3D) could be used and modified freely within the virtual space. This meant, for example, that students could spatially explore 3D models such as anatomical structures and chemical elements. However, users should be mindful of scaling the 3D models and lettering in the virtual space sufficiently large for smaller displays like tablets and smartphones. Although the initial effort required to prepare for VR conferences (choice of conference system, technical familiarization with hardware and software, and design of 3D models), represents a significant obstacle, this would be reduced in subsequent seminars, as with other teaching formats. In everyday practice, VR conferences therefore do not necessarily require more work than videoconferences and in-person teaching.

3.3. Choice of teaching format

In both semesters, the majority of students opted for independent study (N_{ws}=174, N_{ss}=159). In an optional query, the most frequently cited reasons for this decision were free time management (n_{ws}=35), a preference for independent study (n_{ws}=19), and less work (n_{ws}=8). The second most common choice in both semesters was videoconferencing (N_{ws}=136, N_{ss}=120) due to social exchange (n_{ws}=6) and the opportunity to ask questions (n_{ws}=4). Significantly fewer students attended the VR conferences (N_{ws}=18, N_{ss}=29), but attendance increased by 61% between semesters (see figure 2). The most common motivations to choose VR conferences were curiosity (n_{ws}=14) and a desire for change (n_{ws}=3):

> *"I felt like trying something new. I haven't had much exposure to VR before, and I've never participated in anything like [the VR conference], so I was very excited to see what the seminar would be like."*

3.4. Learning experience

The average extraneous load in the VR conference group was lower (*M*=2.14, *SD*=1.04) than that in the videoconferences (*M*=3.23, *SD*=1.08) and during independent study (*M*=3.12, *SD*=1.28). However, the latter performed better with regard to germane load (*M*=5.54, *SD*=1.02) than the VR conference (*M*=4.91, *SD*=1.29) and the videoconference groups (*M*=4.75, *SD*=1.68). In contrast to videoconferences, the VR conference format also induced a moderate sense of social presence (see figure 3).

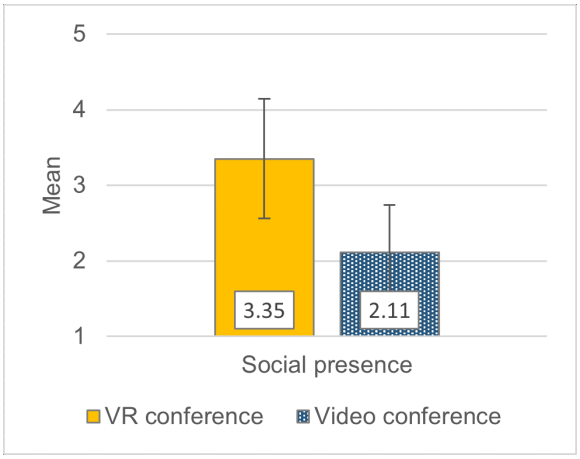


Figure 3: Sense of social presence in conference formats. Multimodal Presence Scale (MPS) by Makransky et al. [19] with a response scale of 1 ("I completely disagree.") to 5 ("I completely agree.") [27], [28]. +/- 1 SD error bars.

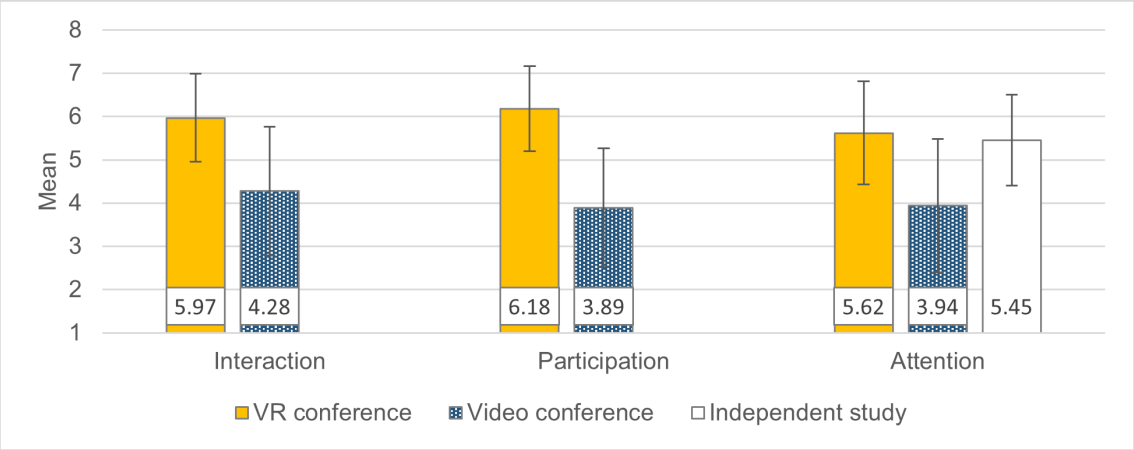


Figure 4: Interaction, participation, and attention ratings. The items for the three factors shown are listed in table 2. Response scale from 1 ("I completely disagree.") to 7 ("I completely agree."). +/- 1 SD error bars.

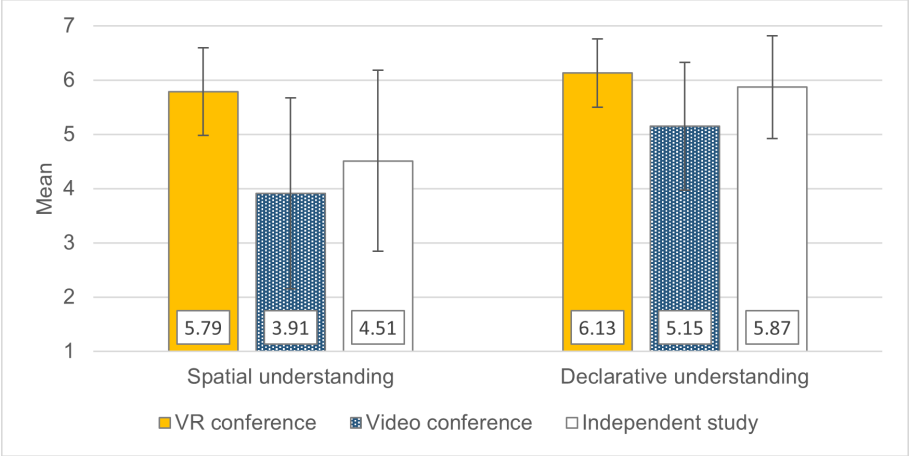


Figure 5: Subjective learning performance in the 2020/21 winter semester. The items for the two factors shown are listed in attachment 1. Response scale of 1 ("I completely disagree.") to 7 ("I completely agree."). +/- 1 SD error bars.

Students considered VR conferencing more suitable for interaction in seminars than videoconferencing. Subjective attention and participation were also rated higher in VR than in videoconferencing (see figure 4):

> *"Personally, I noticed that I stay on task much better and listen better in the VR condition. In [videoconferences] you often get distracted quickly or do something else on the side. That was not the case [in the VR conference]."*

The winter semester seminar was rated higher with regard to both German school grades (SG), ranging from 1 (*"very good"*) to 6 (*"unsatisfactory"*), and experienced enjoyment (E) in the VR conference group (M_{SG}=1.29, SD_{SG}=.47; M_E=6.76, SD_E=.56) than in the independent study (M_{SG}=2.12, SD_{SG}=.61; M_E=5.02, SD_E=1.30) and videoconference groups (M_{SG}=2.38, SD_{SG}=.89; M_E=4.44, SD_E=1.37):

> *"For me personally, [VR conferences] are the best online-based option for seminars that cannot be held in person due to the various illustrative models and the possibility of direct interaction in the "lecture hall"."*

3.5. Learning performance

Spatial comprehension was better in the VR conference group than in the other two formats. With regard to declarative comprehension, the preference for VR is descriptively only found when compared to videoconferencing (see figure 5). In the objective knowledge test, where no format stood out, the VR conference group performed slightly worse descriptively (see figure 6).

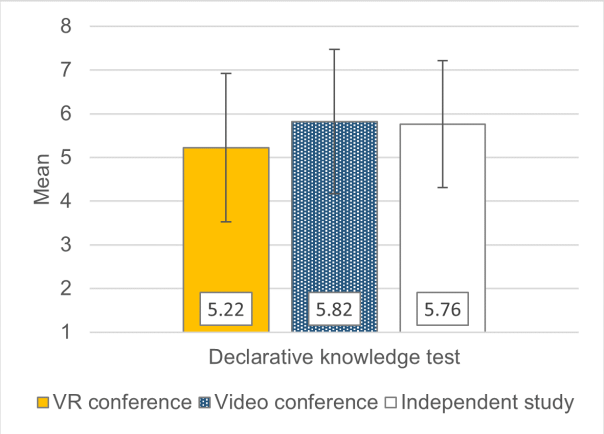


Figure 6: Objective learning performance in the 2021 summer semester. The knowledge test consisted of eight questions, each worth one point. The questions are listed in attachment 1. +/- 1 SD error bars.

4. Discussion

VR conferencing is an alternative to videoconferencing, which has been associated with Zoom fatigue and low student participation, among other issues [1], [2], [30], [31]. In this field study, the two conference variants and the independent study format were compared in curricular use and – in the case of teaching experience in VR – contrasted with in-person teaching.

For the lecturer in VR, the initial preparation of the VR conference was a large time investment, despite prior knowledge and support. Therefore, it can be assumed that HMDs are currently only used for teaching by lecturers interested in the technology who can afford the preparation time. This assumption is reinforced by thematically-related project reports [17], [18]. If VR is to reach a broader range of faculty, the barrier to entry must be reduced through faculty support services including the preselection and provision of HMDs and VR conferencing systems for which technical and didactic training is provided. Such offerings can enhance the teaching experience, especially during the pandemic and in international degree programs for which in-person teaching is not possible. Instead of lecturing in front of a webcam, lecturers can use HMDs to teach interactively and motivate their students almost as if they were in a real seminar room. VR also opens up new didactic possibilities such as spatial teaching and learning with 3D models. The latter can be downloaded ready-made from platforms such as Sketchfab or drawn in 3D by the lecturer using intuitive VR software (e.g., gravity sketch).

Students preferred the established teaching formats in their choice of format. The reasons given for choosing independent study were free time management and a preference for independent learning, which synchronous teaching cannot offer. With regard to the synchronous teaching formats, only a minority chose VR conferencing, which can be explained by the varying interest in VR technology and the additional work involved (written instructions, software installation, and test conferencing) according to the Technology Acceptance Model [32], [33]. VR conferencing will probably only become attractive to the broader student body with increasing awareness and improved accessibility (use without installation and account creation) [34], [35]. If VR conferencing is mandatory, technical instruction should be provided in advance, otherwise learning success will be determined by individual technical competence [25], [36].

The students who opted for the VR variant despite the extra work it entailed did so mostly out of curiosity and rated the seminar and their learning experience as better overall than their fellow students. The increase in the number of participants between surveys is thus possibly due to students recommending the VR variant. The high scores for motivation, attention, and interaction are consistent with previous research on non-immersive VR conferencing [24], [25], [37], [38], [39], [40], [41], [42], [43]. By contrast, the results on social presence were unexpected in relation to videoconferencing. According to Bailenson et al. (2018), the feeling of being in virtual company should not differ noticeably between videoconferencing and VR conferencing [44]. The difference found may be a result of the Zoom fatigue that currently prevails and the enthusiasm of the VR group. Interaction, attention, and participation were also higher in the VR conferences. One reason for the high level of activity in these sessions seems to be the use of virtual avatars. In contrast to videoconferences, students in VR seminars are always physically represented and recognizable as counterparts without being visible in real life [45], [46]. Thus, students have no reason to monitor their actual appearance during the VR conference, which possibly accounts for the lower extraneous load. Finally, students also rated their own spatial and declarative learning performance highest in the VR group. As this tendency was not objectively confirmed with respect to the declarative content, however, the reliability of the student data must be questioned in a critical light. Nevertheless, the evaluation of spatial understanding appears to be credible, since it is only possible to explore visual material three-dimensionally in VR conferencing.

In contrast to VR conferencing, videoconferencing performed worst in all subjective aspects of the learning experience. This includes an unfavorable working memory load, which has already been identified by other authors as a possible cause of Zoom fatigue [10], [11], [12]. This is noteworthy in light of the fact that the format was selected by the students themselves and suggests that videoconferencing is also frequently perceived by students as fatiguing and ineffective. The wide variation in responses suggests that the quality and suitability of videoconferences is dependent on individual preferences and teaching styles. The declarative knowledge test also gave the authors no reason to believe that videoconferencing impairs declarative learning success.

When interpreting the results, it must be taken into account that the students themselves chose their groups based on their personal preferences and that different

lecturers taught in the various conferences. In addition, the ratings could have been influenced by the novelty effect [47]. Accordingly, the positive evaluation of VR conferences on the part of the lecturer and the students could be relativized once VR technology has become established. In order to determine whether the tendencies identified in this study are generally valid, they need to be tested with randomized groups in more controlled settings. Future studies should also investigate how participation type (immersive vs. non-immersive) and upcoming technological innovations (e.g., photorealistic avatars with authentic facial expressions) affect VR conferences in teaching [11].

5. Conclusions

The findings from curricular teaching show that VR conferencing can enrich synchronous distance teaching if lecturers and students are open to the technology. VR conferencing offers lecturers who invest the initial effort new didactic opportunities in a virtual 3D space and a teaching experience similar to in-person teaching. Most students prefer videoconferences and independent study, which require less preparation. However, interaction, participation, social presence, and the seminar, among other things, are rated higher in VR conferencing than in established teaching formats. Nevertheless, this subjective assessment does not result in better declarative learning performance.

Funding

The field study was financially supported by the AG Lehrforschung (Committee on Medical Educational Research) of the Faculty of Medicine at the University of Ulm.

Competing interests

The authors declare that they have no competing interests.

Attachments

Available from https://doi.org/10.3205/zma001601

1. Attachment_1.pdf (128 KB)
   Additional tables

References

1. Speidel R, Schneider A, Körner J, Grab-Kroll C, Öchsner W. Did video kill the XR star? Digital trends in medical education before and after the COVID-19 outbreak from the perspective of students and lecturers from the faculty of medicine at the University of Ulm. GMS J Med Educ. 2021;38(7):Doc101. DOI: 10.3205/zma001497
2. Joshi PK, Bodkha PG. A comparative evaluation of students' insight of face to face classroom lectures and virtual online lectures. Nat J Physiol Pharm Pharmacol. 2021;11(1):28-33. DOI: 10.5455/njppp.2021.10.08225202026082020
3. Peper E, Wilson V, Martin M, Rosegard E, Harvey R. Avoid Zoom Fatigue, Be Present and Learn. NeuroRegulation. 2021;8(1):47-56. DOI: 10.15540/nr.8.1.47
4. Gunawardena CN, Zittle FJ. Social presence as a predictor of satisfaction within a computer□mediated conferencing environment. Am J Distance Educ. 1997;11(3):8-26. DOI: 10.1080/08923649709526970
5. Biocca F. The Cyborg's Dilemma: Progressive Embodiment in Virtual Environments. J Comput Mediat Commun. 1997;3(2):JCMC324. DOI: 10.1111/j.1083-6101.1997.tb00070.x
6. Parker EB. The Social Psychology of Telecommunications by John Short, Ederyn Williams, Bruce Christie. Contemp Sociol. 1978;7(1):32-33. DOI: 10.2307/2065899
7. Yamada M. The role of social presence in learner-centered communicative language learning using synchronous computer-mediated communication: Experimental study. Comput Educ. 2009;52(4):820-833. DOI: 10.1016/j.compedu.2008.12.007
8. Torda A, Shulruf b. It's what you do, not the way you do it - online versus face-to-face small group teaching in first year medical school. BMC Med Educ. 2021;21(1):541. DOI: 10.1186/s12909-021-02981-5
9. Massner CK. Zooming in on Zoom Fatigue: A Case Study of Videoconferencing and Zoom Fatigue in Higher Education. [Doctoral dissertation]. Lynchburg, VA: Liberty University; 2021. Zugänglich unter/available from: https://digitalcommons.liberty.edu/doctoral/3030
10. Bailenson JN. Nonverbal overload: A theoretical argument for the causes of Zoom fatigue. Technol Mind Behav. 2021;2(1). DOI: 10.1037/tmb0000030
11. Matthews B, See ZS, Day J. Crisis and extended realities: remote presence in the time of COVID-19. Media Int Australia. 2021;178(1):198-209. DOI: 10.1177/1329878X20967165
12. Bailenson J. Transformed Social Interaction in Collaborative Virtual Environments. In: Messaris P, Humphreys L, editors. Transformations in Human Communication. New York, Oxford: Peter Lang; 2006. p.255-264.
13. Schoenenberg K, Raake A, Koeppe J. Why are you so slow? – Misattribution of transmission delay to attributes of the conversation partner at the far-end. Int J Hum Comput Stud. 2014;72(5):477-487. DOI: 10.1016/j.ijhcs.2014.02.004
14. Sweller J. Cognitive load theory, learning difficulty, and instructional design. Learn Instr. 1994;4(4):295-312. DOI: 10.1016/0959-4752(94)90003-5
15. Francescucci A, Rohani L. Exclusively Synchronous Online (VIRI) Learning: The Impact on Student Performance and Engagement Outcomes. J Mark Educ. 2019;41(1):60-69. DOI: 10.1177/0273475318818864
16. Umphrey LR, Wickersham JA, Sherblom JC. Student Perceptions of the Instructor's Relational Characteristics, the Classroom Communication Experience, and the Interaction Involvement in Face-to-Face versus Video Conference Instruction. Commun Res Rep. 2008;25(2):102-114. DOI: 10.1080/08824090802021954
17. Yoshimura A, Borst CW. Evaluation of Headset-based Viewing and Desktop-based Viewing of Remote Lectures in a Social VR Platform. In: Teather RJ, Joslin C, Stuerzlinger W, et al., editors. 26th ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology. Vol. 26. New York City (NY): Association for Computing Machinery; 2020. p.1-3. DOI: 10.1145/3385956.3422124

18. Eriksson T. Failure and Success in Using Mozilla Hubs for Online Teaching in a Movie Production Course. In: 7th International Conference of the Immersive Learning Research Network (iLRN). New York, NY: IEEE; 2021. p.1-8. DOI: 10.23919/iLRN52045.2021.9459321

19. Makransky G, Terkildsen TS, Mayer RE. Adding immersive virtual reality to a science lab simulation causes more presence but less learning. Learn Instr. 2019;60:225-236. DOI: 10.1016/j.learninstruc.2017.12.007

20. Roettl J, Terlutter R. The same video game in 2D, 3D or virtual reality - How does technology impact game evaluation and brand placements? PLoS ONE. 2018;13(7):e0200724. DOI: 10.1371/journal.pone.0200724

21. Srivastava P, Rimzhim A, Vijay P, Singh S, Chandra S. Desktop VR Is Better Than Non-ambulatory HMD VR for Spatial Learning. Front Robot AI. 2019;6:50. DOI: 10.3389/frobt.2019.00050

22. Parmar D, Bertrand J, Babu SV, Madathil K, Zelaya M, Wang T, Wagner J, Gramopadhye AK, Frady K. A comparative evaluation of viewing metaphors on psychophysical skills education in an interactive virtual environment. Virtual Real. 2016;20(3):141-157. DOI: 10.1007/s10055-016-0287-7

23. Murcia-López M, Steed A. The Effect of Environmental Features, Self-Avatar, and Immersion on Object Location Memory in Virtual Environments. Front ICT. 2016;3. DOI: 10.3389/fict.2016.00024

24. Reisoglu I, Topu B, Yilmaz R, Karakus Yilmaz T, Goktas Y. 3D virtual learning environments in education: A meta-review. Asia Pacific Educ Rev. 2017;18(1):81-100. DOI: 10.1007/s12564-016-9467-0

25. Ozonur M, Yanpar Yelken T, Sancar Tokmak H. Social presence and motivation in online environments: Second Life versus the Enocta Learning Management System/Adobe Connect. Australas J Educ Technol. 2018;34(3):14. DOI: 10.14742/ajet.3128

26. Churchward M, Rézeau J. Moodle plugins directory: questionnaire. Moodle Pty Ltd; 2020. Zugänglich unter/available from: https://moodle.org/plugins/view.php?plugin=mod_questionnaire

27. Makransky G, Lilleholt L, Aaby A. Development and validation of the Multimodal Presence Scale for virtual reality environments: A confirmatory factor analysis and item response theory approach. Comput Human Behav. 2017;72:276-285. DOI: 10.1016/j.chb.2017.02.066

28. Volkmann T, Wessel D, Jochems N, Franke T. German Translation of the Multimodal Presence Scale. In: Dachselt R, Weber G, editors. Mensch und Computer 2018 - Tagungsband. Bonn: Gesellschaft für Informatik e.V; 2018.

29. Klepsch M, Schmitz F, Seufert T. Development and Validation of Two Instruments Measuring Intrinsic, Extraneous, and Germane Cognitive Load. Front Psychol. 2017;8:1997. DOI: 10.3389/fpsyg.2017.01997

30. Aston SJ, Reade S, Petersen B, Ward C, Duffy A, Nsutebu E. Extraordinary virtual multidisciplinary team meetings - a novel forum for the coordinated care of patients with -complex conditions within a secondary care setting. Future Healthc J. 2018;5(3):218-223. DOI: 10.7861/futurehosp.5-3-218

31. Munro AJ, Swartzman S. What is a virtual multidisciplinary team (vMDT)? Br J Cancer. 2013;108(12):2433-2441. DOI: 10.1038/bjc.2013.231

32. Holden RJ, Karsh BT. The technology acceptance model: its past and its future in health care. J Biomed Inform. 2010;43(1):159-172. DOI: 10.1016/j.jbi.2009.07.002

33. Davis FD, Bagozzi RP, Warshaw PR. User Acceptance of Computer Technology: A Comparison of Two Theoretical Models. Manag Sci. 1989;35(8):982-1003. DOI: 10.1287/mnsc.35.8.982

34. Weisflog W, Böckel A. Ein studentischer Blick auf den Digital Turn: Auswertung einer bundesweiten Befragung von Studierenden für Studierende. Hochschulforum Digitalisierung. 2020;54:1-34. Zugänglich unter/available from: https://hochschulforumdigitalisierung.de/sites/default/files/dateien/HFD_AP_54_Studierendenbefragung.pdf

35. Walter S, Speidel R, Hann A, Leitner J, Jerg-Bretzke L, Kropp P, Garbe J, Ebner F. Skepticism towards advancing VR technology – student acceptance of VR as a teaching and assessment tool in medicine. GMS J Med Educ. 2021;38(6):Doc100. DOI: 10.3205/zma001496

36. Wiecha J, Heyden R, Sternthal E, Merialdi M. Learning in a virtual world: experience with using second life for medical education. J Med Internet Res. 2010;12(1):e1. DOI: 10.2196/jmir.1337

37. Mystakidis S, Berki E, Valtanen JP. Deep and Meaningful E-Learning with Social Virtual Reality Environments in Higher Education: A Systematic Literature Review. Appl Sci. 2021;11(5):2412. DOI: 10.3390/app11052412

38. Mystakidis S, Berki E, Valtanen J. Designing and Implementing a Big Open Online Course by Using a 3D Virtual Immersive Environment - Lessons Learned. In: Gómez Chova L, López Martínez A, Candel Torres I, editors. Edulearn 17: Conference proceedings. Barcelona: IATED Academy; 2017. p.8070-8079. DOI: 10.21125/edulearn.2017.0487

39. Beltrán Sierra LM, Gutiérrez RS, Garzón-Castro CL. Second Life as a support element for learning electronic related subjects: A real case. Comput Educ. 2012;58(1):291-302. DOI: 10.1016/j.compedu.2011.07.019

40. Burgess ML, Slate JR, Rojas-LeBouef A, LaPrairie K. Teaching and learning in Second Life: Using the Community of Inquiry (CoI) model to support online instruction with graduate students in instructional technology. Internet High Educ. 2010;13(1-2):84-88. DOI: 10.1016/j.iheduc.2009.12.003

41. Schiller SZ, Mennecke BE, Fui-Hoon Nah F, Luse A. Institutional boundaries and trust of virtual teams in collaborative design: An experimental study in a virtual world environment. Comput Human Behav. 2014;35:565-577. DOI: 10.1016/j.chb.2014.02.051

42. Tapsis N, Tsolakidis K, Vitsilaki C. Virtual Worlds and Course Dialogue. Am J Distance Educ. 2012;26(2):96-109. DOI: 10.1080/08923647.2012.655053

43. Taylor MJ, Shikaislami C, McNicholas C, Taylor D, Reed J, Vlaev I. Using virtual worlds as a platform for collaborative meetings in healthcare: a feasibility study. BMC Health Serv Res. 2020;20(1):1-10. DOI: 10.1186/s12913-020-05290-7

44. Oh CS, Bailenson JN, Welch GF. A Systematic Review of Social Presence: Definition, Antecedents, and Implications. Front Robot AI. 2018;5:114. DOI: 10.3389/frobt.2018.00114

45. Lorenzo-Alvarez R, Rudolphi-Solero T, Ruiz-Gomez MJ, Sendra-Portero F. Medical Student Education for Abdominal Radiographs in a 3D Virtual Classroom Versus Traditional Classroom: A Randomized Controlled Trial. AJR Am J Roentgenol. 2019;213(3):644-650. DOI: 10.2214/AJR.19.21131

46. Englund C, Gustafsson M, Gallego G. Pharmacy Students' Attitudes and Perceptions of "Virtual Worlds" as an Instructional Tool for Clinical Pharmacy Teaching. Pharmacy (Basel). 2017;5(1):5. DOI: 10.3390/pharmacy5010005

47. Clark RE. Reconsidering Research on Learning from Media. Rev Educ Res. 1983;53(4):445. DOI: 10.2307/1170217

Corresponding author:
Robert Speidel
Ulm University, Medical Faculty, Division of Learning and Teaching, Competence Center eEducation in Medicine, Albert-Einstein-Allee 11, D-89081 Ulm, Germany
robert.speidel@uni-ulm.de

Please cite as
Speidel R, Felder E, Schneider A, Öchsner W. Virtual reality against Zoom fatigue? A field study on the teaching and learning experience in interactive video and VR conferencing. GMS J Med Educ. 2023;40(2):Doc19.
DOI: 10.3205/zma001601, URN: urn:nbn:de:0183-zma0016011

This article is freely available from
https://doi.org/10.3205/zma001601

Received: *2022-08-20*
Revised: *2022-11-21*
Accepted: *2023-01-30*
Published: *2023-04-17*

Copyright
©2023 Speidel et al. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 License. See license information at http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/.

OPEN ACCESS

This is the German version.
The English version starts at p. 1.

Virtual Reality gegen Zoom-Fatigue? Eine Feldstudie zur Lehr- und Lernerfahrung in interaktiven Video- und VR-Konferenzen

Robert Speidel[1]
Edward Felder[2]
Achim Schneider[3]
Wolfgang Öchsner[4]

1 Universität Ulm, Medizinische Fakultät, Studiendekanat, Kompetenzzentrum eEducation in der Medizin, Ulm, Deutschland

2 Universität Ulm, Institut für Allgemeine Physiologie, Ulm, Deutschland

3 Universität Ulm, Medizinische Fakultät, Studiendekanat, Ulm, Deutschland

4 Universitätsklinikum Ulm, Klinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin, Ulm, Deutschland

Zusammenfassung

Zielsetzung: Während der Corona-Pandemie wurde der Ausfall der Präsenzlehre teils mit Videokonferenzen kompensiert. Dozierende beklagen jedoch, dass sich Studierende nicht aktiv an videobasierten Online-Seminaren beteiligen. Ein Grund dafür sei Zoom-Fatigue. Eine Abhilfe könnten Konferenzen in der virtuellen Realität (VR) sein, die mit und ohne VR-Brille zugänglich sind. Die bisherige Forschungslage gibt allerdings keinen Aufschluss über die mit VR-Konferenzen verbundene (1.) Lehrerfahrung, (2.) studentische Nachfrage, (3.) Lernerfahrung (u.a. Beteiligung und soziale Präsenz) und (4.) Lernleistung (deklarativ und räumlich). Diese Aspekte sollen im curricularen Einsatz mit Videokonferenzen, dem Selbststudium und – im Falle der Lehrerfahrung – mit dem Präsenzunterricht verglichen werden.

Methodik: Im Studiengang Humanmedizin der Medizinischen Fakultät Ulm wurden im WiSe 2020/21 und SoSe 2021 jeweils ein Pflichtseminar der Allgemeinen Physiologie in drei verschiedenen Lehrformaten inhaltsgleich angeboten: (a) VR-Konferenz, (b) Videokonferenz und (c) Selbststudium. Die Studierenden wählten ihr Lehrformat selbst. In den VR-Konferenzen lehrte der Dozierende mit VR-Brille, während die Studierenden via PC, Laptop oder Tablet teilnahmen. Die Lernerfahrung und die Lernleistung wurden mit Fragebögen und einem Wissenstest untersucht. Für die Lehrerfahrung in VR wurde ein halb-strukturiertes Interview durchgeführt.

Ergebnisse: In den VR-Konferenzen stellte sich beim Dozierenden ein Lehrerlebnis wie in Präsenz ein. Die Studierenden wählten vorwiegend das Selbststudium und die Videokonferenzen. Letztere schnitten bei der Lernerfahrung (u.a. Beteiligung und soziale Präsenz) und der räumlichen Lernleistung schlechter ab als die VR-Konferenzen. Die deklarative Lernleistung unterschied sich nur geringfügig zwischen den Lehrformaten.

Schlussfolgerungen: VR-Konferenzen bieten Dozierenden neue didaktische Möglichkeiten und ein Lehrerlebnis wie in Präsenz. Studierende bevorzugen zeiteffiziente Videokonferenzen und das Selbststudium, bewerten in VR-Konferenzen jedoch u.a. die Beteiligung und soziale Präsenz besser. Wenn Dozierende und Studierende für die Technologie aufgeschlossen sind, können VR-Konferenzen den interaktiven Austausch in Online-Seminaren begünstigen. Diese subjektive Einschätzung geht nicht mit einer besseren deklarativen Lernleistung einher.

Schlüsselwörter: virtuelle Realität, Social VR, Distanzunterricht, Zoom-Fatigue, medizinische Ausbildung

1. Hintergrund

1.1. Interaktion in Videokonferenzen

Videokonferenzen erlauben es, Lehrveranstaltungen ortsunabhängig zu halten und zu besuchen. In der Corona-Pandemie konnte so der Ausfall von Präsenzunterricht teilweise kompensiert werden [1]. Jedoch beklagen Dozierende die geringe studentische Beteiligung in videobasierten Online-Seminaren, in denen Lerninhalte im interaktiven Austausch vertieft werden sollen. Häufig bleiben Kamera und Mikrofon der Studierenden ausgeschaltet, sodass sich die Kommunikation auf den Chat beschränkt [1], [2], [3]. Im Gegensatz zu einem Seminar in Präsenz fehlen somit Mimik, Gestik, Stimmlage und Erscheinungsbild der Studierenden. Dieser Mangel an verbalen und nonverbalen Signalen kann die *soziale Präsenz* stören [4], d.h. den subjektiven Eindruck, in der Gesellschaft einer realen Person zu sein, die in der Gesprächssituation zugänglich und responsiv ist [5], [6]. Eine geringe soziale Präsenz in Videokonferenzen reduziert die studentische Zufriedenheit und Beteiligung in Form von Fragen und Kommentaren [7], [8], [9]. In einer Fallstudie von Massner monieren Dozierende, dass sie aufgrund dieser fehlenden studentischen Rückmeldung und der eigenen gestischen Einschränkung in Videokonferenzen nicht so lehren können, wie sie es in Präsenz gewohnt sind [9].

Die eingeschränkte Interaktion in Videokonferenzen lässt sich auch mit dem neuartigen Phänomen *Zoom-Fatigue* begründen, das seit der Corona-Pandemie vermehrt berichtet wird. Zoom-Fatigue ist ein Erschöpfungssyndrom, das durch die starke Nutzung von Videokonferenzen ausgelöst werden soll und dabei nicht auf den namensgebenden Anbieter Zoom beschränkt ist [10]. Wenn Studierende unter Zoom-Fatigue leiden, fällt es ihnen schwerer, sich im Online-Seminar zu konzentrieren und zu beteiligen [3], [9]. Für das Phänomen werden verschiedene Ursachen diskutiert. Ein möglicher Ansatz ist wie bei der sozialen Präsenz die eingeschränkte verbale und nonverbale Kommunikation [10], [11], [12]. Selbst bei eingeschalteter Videokamera fehlen in Videokonferenzen die Gestik, die Positionierung im Raum und die Möglichkeit, feine Änderung im mimischen und stimmlichen Ausdruck zu erkennen. Zusammen mit der Latenz in der Video- und Audioübertragung erschwert es dieser Mangel an Signalen, Beiträge zu interpretieren und Sprechpausen zu antizipieren [9], [10]. Hinzu kommt die eigentümliche Ansicht in Videokonferenzen. Die Kachelwand aus Videoströmen erzeugt den Eindruck, ständig unter Beobachtung zu stehen, und verleitet dazu, regelmäßig das eigene Videobild zu kontrollieren. Diese widrigen Bedingungen in Videokonferenzen behindern den wechselseitigen Gesprächsfluss und erschöpfen das limitierte Arbeitsgedächtnis [9], [10], [13], das eine zentrale Rolle in der Verarbeitung und langfristigen Speicherung von Informationen einnimmt.

Die Auslastung des Arbeitsgedächtnisses – genannt *Cognitive Load* –ist ein wichtiges Maß für die Eignung einer Lehrform und wird nach drei kognitiven Prozessen differenziert [14]. Während der *Intrinsic Load* durch die Komplexität und Neuartigkeit des Lerninhalts bedingt wird, beschreibt der *Extraneous Load* das Ausmaß, in dem das Arbeitsgedächtnis durch das Instruktionsdesign beansprucht wird (z.B. die Kachelwand in Videokonferenzen). Dieses sollte gering sein, sodass dem eigentlichen Lernprozess möglichst viel Arbeitsgedächtniskapazität in Form eines *Germane Load* zur Verfügung steht. Videobasierte Online-Seminare stehen in Verdacht, einen hohen Extraneous Load zu verursachen und dadurch Zoom-Fatigue zu begünstigen [9], [10]. Im Vergleich zu Präsenzseminaren führen Videokonferenzen dadurch zwar nicht zwingend zu einem geringerem Lernerfolg [15], jedoch hemmen sie die studentische Interaktion, Beteiligung, Aufmerksamkeit und Zufriedenheit im Unterricht [9], [15], [16]. Diese Faktoren beschreiben mit der sozialen Präsenz und dem Cognitive Load die Lernerfahrung der Studierenden in der vorliegenden Feldstudie.

1.2. Konferenzen in der virtuellen Realität

Eine Alternative zu Videokonferenzen sind Konferenzen in der virtuellen Realität (VR). In VR-Konferenzen treffen sich Dozierende und Studierende als Avatare in virtuellen 3D-Umgebungen, in denen sie aufeinander zugehen und räumlich interagieren können (siehe Abbildung 1). Während die Teilnahme bei den technologischen Vorreitern wie Second Life noch auf *nicht-immersive* Endgeräte (PC, Mac, Laptop, Tablet oder Smartphone) beschränkt war, erlauben moderne VR-Konferenzsysteme wie Mozilla Hubs und Engage zusätzlich die *immersive* Teilnahme mit VR-Brille. In letzterem Fall, der auch als Social VR bezeichnet wird, wird die reale Gestik und – je nach Ausstattung – auch die Mimik in den virtuellen Raum projiziert. Die Kommunikation über eine VR-Brille ähnelt somit einer realen Unterhaltung und könnte es Dozierenden trotz virtueller Distanz ermöglichen, wie in Präsenz mit Gestik und sichtbaren Gesprächspartnern zu lehren. Diese Annahme ist bisher jedoch kaum belegt, da die Lehrerfahrung als Überbegriff für das lehrbezogene Verhalten (z.B. Ansprache von Studierenden) und Erleben (z.B. Wahrnehmung studentischer Beteiligung) nur beiläufig in einschlägigen Publikationen erwähnt wird [17], [18]. Ein weiteres Alleinstellungsmerkmal von VR-Konferenzen ist der virtuelle 3D-Raum, der nicht an Naturgesetze gebunden ist und somit neue didaktische Möglichkeiten eröffnet. Medien (z.B. Folien, Videos und 3D-Modelle) können von Dozierenden und Studierenden frei im Raum positioniert, skaliert und annotiert werden. Zum Beispiel können Studierende anatomische Strukturen und chemische Elemente räumlich erkunden während der oder die Dozierende dreidimensional annotiert.

Im Gegensatz zur Lehrerfahrung der Dozierenden gibt es zur studentischen Lernerfahrung in VR bereits einige Studienergebnisse, die jedoch kein einheitliches Bild ergeben. So fällt der Vergleich der Lernleistung zwischen nicht-immersivem und immersivem VR je nach Studie und Einsatzszenario unterschiedlich aus [19], [20], [21], [22], [23]. Allerdings finden sich mehrere Hinweise dar-



Abbildung 1: Screenshot einer VR-Konferenz. Der Screenshot zeigt eine Seminargruppe in einer VR-Konferenz. Der Dozierende lehrte mit einer VR-Brille und veranschaulichte physiologische Regelkreise anhand von 3D-Modellen. Die Studierenden nahmen mit nicht-immersiven Endgeräten teil (PC, Mac, Laptop oder Tablet).

auf, dass die Immersion einer VR-Brille nicht nur die soziale Präsenz sondern auch den Extraneous Load erhöhen kann [17], [19], [20]. Auf die aktuelle Praxis hat diese Kehrseite von immersivem VR noch kaum Auswirkungen, da die meisten Studierenden keine eigene VR-Brille besitzen und ihre Avatare somit über herkömmliche Endgeräte steuern. Dabei reduziert sich ihr nonverbaler Ausdruck auf automatisch synchronisierte Lippenbewegungen, die Positionierung im Raum und auf Schaltflächen, mit denen sie vordefinierte Handlungen (z.B. Hand heben) und Reaktionen (z.B. Lachen) auslösen können. Dieser nicht-immersiven Teilnahme werden vorwiegend positive Aspekte zugeschrieben [24]. Dazu zählen eine hohe Interaktivität und Spaß am Unterricht. Im Vergleich zu Videokonferenzen fanden sich außerdem eine höhere soziale Präsenz und Motivation [25]. In einer Studie von Yoshimura und Borst merkten zudem einige Studierende an, dass sie die Kommunikation über einen Avatar einer Webcam vorziehen [17].

1.3. Forschungsfragen

In dieser Feldstudie wurden Online-Seminare als VR-Konferenz, als Videokonferenz und als Selbststudium angeboten, durchgeführt, verglichen und – in Bezug auf die Lehrerfahrung in VR – dem Präsenzunterricht gegenübergestellt. Dabei wurden folgende Forschungsfragen untersucht:

1. *Lehrerfahrung der Dozierenden*
   Unterscheidet sich das Lehrverhalten und -erleben mit einer VR-Brille vom Unterricht in Präsenz?
   Welche didaktischen Mehrwerte und Hürden haben VR-Konferenzen gegenüber Videokonferenzen?
2. *Wahl des Lehrformats*
   Welches Lehrformat wird von Medizinstudierenden bevorzugt?
3. *Lernerfahrung der Studierenden*
   In welchem Lehrformat ist die Lernerfahrung (u.a. soziale Präsenz und Beteiligung) am besten?
4. *Lernleistung der Studierenden*
   In welchem Lehrformat ist die Lernleistung (deklarativ und räumlich) am besten?

2. Methode

2.1. Studiendesign

Mit der Zustimmung der Ethikkomission der Universität Ulm wurde die Studie in zwei aufeinanderfolgenden Online-Pflichtseminaren des dritten (WS 2020/21; Februar 2021) und vierten Fachsemesters (SS 2021; April und Mai 2021) Humanmedizin an der Medizinischen Fakultät Ulm durchgeführt. Die Seminare zählten zum Fachbereich Allgemeine Physiologie und thematisierten physiologische Regelkreise und die Blutdruckregulation. Zu Beginn beider Lehrveranstaltungen konnten die Studierenden (N_{WS}=328;

N_{SS}=308) das Lehrformat selbst wählen. Zur Auswahl standen die synchrone Seminarteilnahme via (a) VR-Konferenz oder (b) Videokonferenz und (c) das asynchrone Selbststudium.

Je nach Formatwahl absolvierten die Studierenden entweder zwei Konferenztermine à 90 Minuten mit durchschnittlich 18.73 Teilnehmern (*SD*=1.44) oder zwei Selbstlerneinheiten auf der universitären Lernplattform Moodle. Die Selbstlerneinheiten umfassten Erklärvideos mit 2D-Grafiken zu physiologischen Prozessen und MC-Fragen zur Verständnissicherung. Die Lernmaterialien wurden vom Lehrverantwortlichen und Mitautor der Studie (EF) selbst gestaltet und als inhaltliche Vorgabe für die synchronen Lehrformate definiert.

Im Lehrformat Videokonferenz wurde das Seminar aufgrund der hohen Studierendenzahl von insgesamt acht verschiedenen Dozierende angeboten; darunter erfahrenes Lehrpersonal und studentische Hilfskräfte mit geringer Lehrerfahrung. In den Videokonferenzen wurden dieselben Inhalte vermittelt und dieselben MC-Fragen gestellt wie im Selbststudium. Allerdings behielten die Dozierenden bei der Aufbereitung der vorgegebenen Materialien gestalterische Freiheit, sodass sich die Präsentationsfolien leicht unterschieden. Der Lehrverantwortliche, der zum Zeitpunkt sieben Jahre Lehrerfahrung und fortgeschrittene Kenntnisse im Umgang mit nicht-immersiven Endgeräten hatte (z.B. 3D-Modellierung am Desktop), lehrte dagegen ausschließlich und als einziger in den ebenso inhaltsgleichen VR-Konferenzen. Die VR-Konferenzen beinhalteten zusätzlich eine verpflichtende technische Einführung in VR und statt 2D-Grafiken selbst erstellte 3D-Modelle. Die Studierenden konnten die 3D-Modelle räumlich erkunden, ohne diese zu manipulieren (z.B. Drehen, Skalieren oder Annotieren).

2.2. VR-Konferenz

Das Online-Seminar in VR fand über das kostenpflichtige Konferenzsystem Engage statt, das zur Teilnahme die Installation der Software und die Erstellung eines Accounts voraussetzt. Engage wurde kostenlosen Open Source Alternativen wie Mozilla Hubs vorgezogen, da der Dienstleister bei technischen Fragen und Problemen persönlichen Support bot, um einen möglichst reibungslosen Ablauf der curricularen Lehre sicherzustellen. Der Dozierende lehrte in der VR-Konferenz mit einer Meta Quest VR-Brille (6DoF, 1440×1600 pro Auge, 100° FOV, 72 FPS, kein Face Tracking) und erklärte physiologische Regelkreise mit Hilfe von 3D-Modellen, die er vorab selbst am Desktop und in VR erstellte. Bei der Organisation und technischen Einarbeitung wurde er vom Ulmer Kompetenzzentrum eEducation in der Medizin BW unterstützt, bei dem ein weiterer Autor (RS) beschäftigt ist.

2.3. Instrumente und statistische Auswertung

Die Datenerhebung, an der die Studierenden freiwillig teilnahmen, fand in den synchronen Lehrformaten nach dem jeweils letzten Seminartermin statt und wurde online mit einem Fragebogen-Plugin für die universitäre Lernplattform Moodle durchgeführt [26]. Die Studierenden im asynchronen Selbststudium wurden angehalten, ebenso direkt nach dem Seminarabschluss an der Erhebung teilzunehmen. Allerdings wurden im Selbststudium ein Zeitraum von einer Woche für die Teilnahme eingeräumt, da diese Studierenden das Seminar nicht zu einem einheitlichen Zeitpunkt beendeten.

Im Wintersemester 2020/21 schätzten die Studierenden ihre Lernerfahrung und ihren Lernerfolg vorerst subjektiv in einem Fragebogen ein. Die studentische Lernerfahrung wurde hinsichtlich der sozialen Präsenz, des Cognitive Loads und den in Tabelle 1 gelisteten Konstrukten erhoben. Soziale Präsenz wurde mit einer deutschen Übersetzung der Multimodal Presence Scale (MPS) gemessen (z.B. *„Ich habe mich in der virtuellen Umgebung gefühlt, als wäre ich in der Gegenwart einer anderen Person.“*) [27], [28], das fünf Items mit einer Antwortskala von 1 (*„Ich stimme absolut nicht zu.“*) bis 5 (*„Ich stimme absolut zu.“*) umfasst. Extraneous (z.B. *„Die Darstellung bei VR-Konferenzen ist ungünstig, um wirklich etwas zu lernen.“*) und Germane Cognitive Load (z.B. *„Es ging mir [in den Videokonferenzen] darum, alles richtig zu verstehen.“*) wurden mit fünf Items nach Klepsch et al. abgefragt [29], die auf einer Antwortskala von 1 (*„Ich stimme absolut nicht zu.“*) bis 7 (*„Ich stimme absolut zu.“*) beantwortet wurden. Da der Intrinsic Load durch den Lerninhalt bedingt ist, der über alle Lehrformate hinweg gleich war, wurde dieser nicht ausgewertet. Die für den Cognitive Load verwendete Antwortskala fand auch bei den selbst erstellten Items in Tabelle 1 und den subjektiven Fragen zum deklarativen Lerninhalt (z.B. *„Ich habe verstanden, warum die Vasokonstriktion der Widerstandsgefäße zu einer Erhöhung des Blutdruckes führt.“*) und dessen räumlichen Verortung (z.B. *„Ich kann einzelne Elemente der gezeigten Modelle/Grafiken räumlich verorten.”*) Anwendung (siehe Anhang 1, Tabellen A1 und A2). Im Selbststudium wurden die soziale Präsenz sowie die Konstrukte Interaktion und Beteiligung nicht gemessen, da das Lehrformat keinen sozialen Austausch beinhaltete. Um die Einschätzung des Lernerfolgs objektiv zu validieren, wurde im Sommersemester 2021 in allen Lehrformaten ein freiwilliger Single-Choice Wissenstest durchgeführt, der acht Fragen mit jeweils fünf Antworten zur Auswahl bot (siehe Anhang 1, Tabelle B1). Die Lösungen für den Wissenstest, der als Gelegenheit zur zusätzlichen Klausurvorbereitung beworben wurde, wurden nach Abschluss der Erhebung allen Studierenden im Seminar zur Verfügung gestellt. Die Lernerfahrung wurde nicht erneut abgefragt. Die in den zwei Semestern erhobenen Daten wurden mit SPSS (Version 27) bereinigt und ausgewertet. Die Darstellung erfolgt anhand des arithmetischen Mittels (*M*), der Standardabweichung (*SD*) und ergänzenden, qualitativen Rückmeldungen der Studierenden.

Die Lehrerfahrung des Dozierenden, der in den VR-Konferenzen unterrichtete, wurde Ende Februar 2021 in einem semistrukturierten Interview erhoben. Die Interviewfragen in Anhang 1, Tabelle C1, zielten darauf ab, das Lehrverhalten und -erleben in VR dem Präsenzunterricht

Tabelle 1: Selbst erstellte Fragebogen-Items im Wintersemester 2020/21

Konstrukt	Item
Interaktion[a]	*Die Kommunikation in der KONFERENZ empfand ich als sehr natürlich.* *KONFERENZEN sind für das gemeinsame Arbeiten optimal.*
Beteiligung[b]	*Ich war in der KONFERENZ sehr motiviert, mich aktiv zu beteiligen.* *Ich war in der KONFERENZ gehemmt, mich aktiv zu beteiligen.*
Aufmerksamkeit[b]	*Während der KONFERENZ konnte ich mich gut auf den Lerninhalt konzentrieren.* *Ich habe mich während der KONFERENZ oft mit seminarfremden Dingen beschäftigt.*
Spaß	*Das FORMAT hat mir sehr Spaß gemacht.*
Seminarbewertung[c]	*Wie bewerten Sie das Seminar insgesamt in Schulnoten?*

Anmerkung. KONFERENZ ist stellvertretend für VR- und Videokonferenz. Diese Items wurden nur in den Video- und VR-Konferenzen verwendet. FORMAT ist stellvertretend für alle Lehrformate. Bis auf die Seminarbewertung reichte die Antwortskala von 1 („*Ich stimme absolut nicht zu*.“) bis 7 („*Ich stimme absolut zu*.“).
[a] Die Items wurden zu einem Gesamtwert aggregiert und gemittelt.
[b] Das jeweilig negativ formulierte Item wurde invertiert und mit dem zweiten Item aggregiert und gemittelt.
[c] Die Antwortskala entsprach den deutschen Schulnoten von 1 („*sehr gut*“) bis 6 („*ungenügend*“)

gegenüberzustellen (z.B. *„Inwieweit hat sich das Lehren mit VR-Brille von einer realen Präsenzveranstaltung unterschieden?“*) und im Vergleich zu Videokonferenzen mögliche Mehrwerte und Hürden von VR-Konferenzen zu identifizieren (z.B. *„Haben VR-Konferenzen Ihrer Einschätzung nach didaktische Mehrwerte gegenüber videobasierten Online-Seminaren?“*). Das Interview wurde aufgezeichnet und händisch transkribiert. Die gesammelten Aussagen wurden nach Relevanz für die zwei Forschungsfragen zur Lehrerfahrung gefiltert, geordnet und als Fließtext mit teils direkten Zitaten zusammengefasst.

3. Ergebnisse

3.1. Stichprobe

In Tabelle 2 werden die Stichproben nach Gruppenzuordnung differenziert beschrieben. Die Teilnahmequote stieg zwischen den Semestern gruppenübergreifend von 28% (n_{WS}=93) auf 60% (n_{SS}=158). Während Geschlecht, Alter und Technikaffinität gruppenübergreifend ähnlich ausgeprägt waren, zeigte sich in der VR-Variante ein deskriptiv höheres Interesse an der VR-Technologie.

3.2. Lehrerfahrung

3.2.1. Lehrverhalten und -erleben

Durch die Möglichkeit, sich mit einer VR-Brille räumlich zu bewegen und frei zu gestikulieren, stellte sich beim Dozierenden in VR ein Lehrerlebnis wie in Präsenz ein:

> *„Die klassische Lehrsituation [...] ist in der VR-Konferenz eins zu eins gespiegelt. Ich war völlig eingetaucht in der Welt. Ob das eine virtuelle oder echte Wand war, machte für mich keinen Unterschied mehr.“*

Die Studierenden wirkten auf den Dozierenden zu Beginn des Seminars wie *„Schaufensterpuppen“*, da deren natürliche Gestik und Mimik nicht über die herkömmlichen Endgeräte abgebildet wurden. Dieser Eindruck trat jedoch während des Unterrichts in den Hintergrund. Im Vergleich zu Videokonferenzen schätzte der Dozierende die aktive studentische Beteiligung am Unterricht höher ein. Der generische, nonverbale Ausdruck der Studierenden (z.B. Nicken und Kopf schütteln) half dabei, das Verständnis und die Aufmerksamkeit einzuschätzen, jedoch reichte dieser nicht an die reale Mimik und Gestik in der Präsenzlehre heran.

3.2.2. Mehrwerte und Hürden

Die Möglichkeit, trotz sozialer Distanz nahezu wie in Präsenz zu unterrichten, war für den Dozierenden der größte Mehrwert von VR-Konferenzen. Ein weiterer Vorzug sei die Vielfalt an didaktischen Möglichkeiten. Medien (z.B. Folien, Videos und 3D-Modelle) und Tools (z.B. Umfragen und freies Zeichnen in 3D) könnten im Gegensatz zu Videokonferenzen frei im Raum verwendet und modifiziert werden. Studierende könnten somit zum Beispiel 3D-Modelle wie anatomische Strukturen und chemische Elemente räumlich erkunden. Für Tablets und Smartphones müsse jedoch darauf geachtet werden, dass die 3D-Modelle und Schriftzüge ausreichend groß im virtuellen Raum skaliert werden, da sie sonst schwer zu erkennen seien. Eine bedeutende Hürde sei der initiale Aufwand für die Vorbereitung von VR-Konferenzen (Wahl des Konferenzsystems, technische Einarbeitung in Hard- und Software, und Gestaltung der 3D-Modelle), der sich jedoch wie bei anderen Lehrformaten in darauffolgenden Seminaren reduziere. In der Routine stellten VR-Konferenzen somit keine zwangsläufige Mehrarbeit zu Videokonferenzen und dem Präsenzunterricht dar.

3.3. Wahl des Lehrformats

In beiden Semestern entschied sich der Großteil der Studierenden für das Selbststudium (N_{WS}=174, N_{SS}=159). Als Entscheidungsgründe, deren Angabe optional war, wurden am häufigsten die freie Zeiteinteilung (n_{WS}=35), eine Präferenz für selbstständiges Lernen (n_{WS}=19) und

Tabelle 2: Stichprobenbeschreibung

Lehrform	Semester	*N*	Geschlecht		Alter		Technik-affinität[a]		Interesse VR[a]		Vorerfahrung immersives VR[b]			Gerät	
			♀ *N* (%)	♂ *N* (%)	*M*	*SD*	*M*	*SD*	*M*	*SD*	Ja *N* (%)	Nein *N* (%)	k.A.	PC/ Laptop	Tablet
VR-Konferenz	WS 20/21	17	10 (59%)	7 (41%)	20.9	1.4	4.2	1.7	4.8	1.6	4 (24%)	9 (53%)	4 (24%)	9 (53%)	8 (47%)
	SS 21	23	16 (70%)	7 (30%)	20.9	.9	3.7	1.8	4.4	1.5	1 (4%)	21 (91%)	1 (4%)	14 (61%)	9 (39%)
Video-konferenz	WS 20/21	16	10 (63%)	6 (37%)	21.5	1.9	4.2	1.7	3.3	1.5	4 (25%)	11 (69%)	1 (6%)	14 (88%)	2 (13%)
	SS 2021	57	38 (67%)	19 (33%)	21.5	2.5	3.6	1.7	3.1	1.6	4 (7%)	53 (93%)	-	50 (88%)	7 (12%)
Selbst-studium	WS 20/21	60	38 (63%)	22 (37%)	21.5	3.1	4.2	1.8	3.2	1.5	11 (18%)	45 (75%)	4 (7%)	-	-
	SS 2021	105	56 (53%)	49 (47%)	23.0	4.8	4.2	1.6	3.2	1.4	16 (15%)	86 (82%)	3 (3%)	-	-
Total		278	168 (60%)	110 (40%)	22.0	3.6	4.0	1.7	3.4	1.6	40 (14%)	225 (81%)	13 (5%)	87 (77%)	26 (23%)

[a] Die Items „*Ich bin sehr technikaffin*“ und „*Ich interessiere mich sehr für Virtual Reality*“ wurden auf Antwortskalen des Likert-Typs von 1 („*Ich stimme absolut nicht zu*“) bis 5 („*Ich stimme absolut zu*“) bewertet.
[b] „*Haben Sie außerhalb des Seminars bereits einmal eine VR-Brille genutzt? Falls ja, wie oft ungefähr im letzten Jahr? Brillen aus Karton oder Plastik für das Smartphone sind nicht gemeint.*“ Studierende, die mit „*Ja*“ antworteten, nutzten durchschnittlich 1.44 (*SD*=.72) mal eine VR-Brille im vergangenen Jahr.

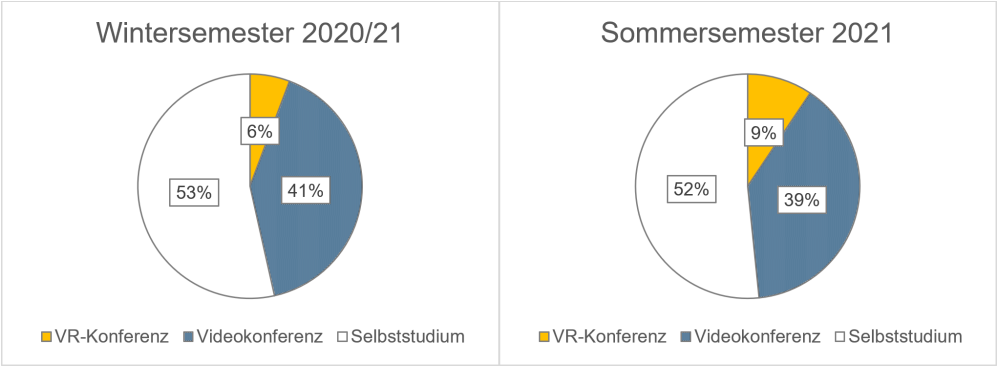


Abbildung 2: Wahl der Lehrformate. Das Verhältnis der gewählten Lehrformate bezieht sich auf die Gesamtzahl der Seminarteilnehmer (N_{ws}=328; N_{ss}=308).

der geringere Aufwand (n_{ws}=8) genannt. Die zweithäufigste Wahl waren in beiden Semestern die Videokonferenzen (N_{ws}=136, N_{ss}=120), die aus Gründen des sozialen Austauschs (n_{ws}=6) und der Nachfragemöglichkeiten (n_{ws}=4) gewählt wurden. An den VR-Konferenzen nahmen deutlich weniger Studierende teil (N_{ws}=18, N_{ss}=29), jedoch stieg die Teilnehmerzahl zwischen den Semestern um 61% (siehe Abbildung 2). Die häufigsten Beweggründe waren Neugierde (n_{ws}=14) und der Wunsch nach Abwechslung (n_{ws}=3):

> *„Ich hatte Lust, etwas Neues auszuprobieren. Ich hatte bisher keinen großen Kontakt zu VR und habe auch noch nie an etwas wie [der VR-Konferenz] teilgenommen, daher war ich sehr gespannt, wie das Seminar sein wird.“*

3.4. Lernerfahrung

In der VR-Konferenz fiel der durchschnittliche Extraneous Load niedriger aus (*M*=2.14, *SD*=1.04) als bei den Videokonferenzen (*M*=3.23, *SD*=1.08) und beim Selbststudium (*M*=3,12, *SD*=1.28). Letzteres schnitt hingegen beim Germane Load besser ab (*M*=5.54, *SD*=1.02) als die VR-Konferenz (*M*=4.91, *SD*=1.29) und die Videokonferenzen (*M*=4.75, *SD*=1.68). Im Gegensatz zu den Videokonferenzen stellte sich in der VR-Konferenz zudem ein moderates Gefühl der sozialen Präsenz ein (siehe Abbildung 3).

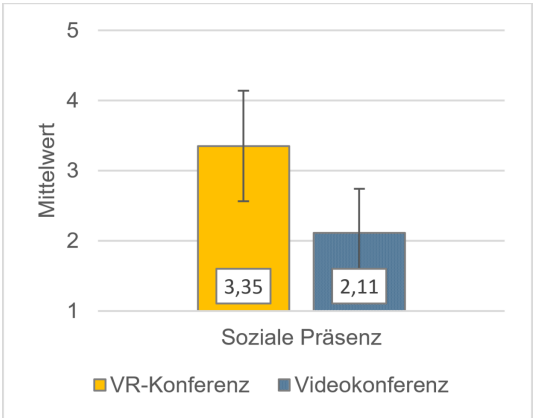


Abbildung 3: Gefühl der sozialen Präsenz in den Konferenzformaten. Multimodal Presence Scale (MPS) von Makransky et al. [19] mit einer Antwortskala von 1 („Ich stimme absolut nicht zu.“) bis 5 („Ich stimme absolut zu.“) [26], [27]. +/- 1 SD Fehlerbalken.

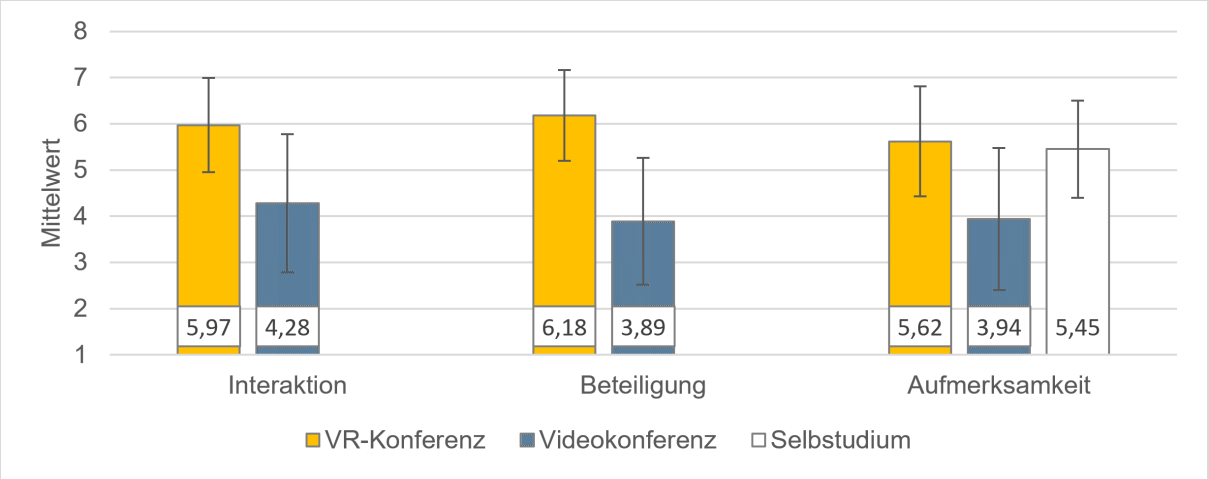


Abbildung 4: Bewertung der Interaktion, Beteiligung und Aufmerksamkeit. Items der drei dargestellten Faktoren siehe Tabelle 2. Antwortskala von 1 („Ich stimme absolut nicht zu.“) bis 7 („Ich stimme absolut zu.“). +/- 1 SD Fehlerbalken.

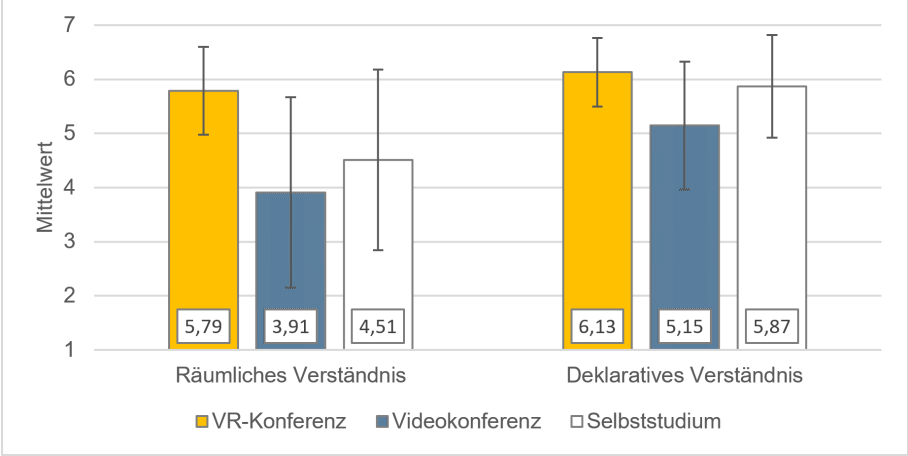


Abbildung 5: Subjektive Lernleistung im WiSe 2020/21. Items der zwei dargestellten Faktoren siehe Anhang 1. Antwortskala von 1 („Ich stimme absolut nicht zu.“) bis 7 („Ich stimme absolut zu.“). +/- 1 SD Fehlerbalken.

Für die Interaktion in Seminaren hielten die Studierenden VR-Konferenzen geeigneter als Videokonferenzen. Auch die subjektive Aufmerksamkeit und Beteiligung fiel in VR höher aus als in den Videokonferenzen (siehe Abbildung 4):

> *„Mir persönlich ist aufgefallen, dass ich bei der VR-Variante viel besser bei der Sache bleibe und besser zuhöre. Oft wird man bei [Videokonferenzen] doch schnell abgelenkt oder macht nebenher etwas anderes. Das war [in der VR-Konferenz] nicht der Fall.“*

Das Seminar im Wintersemester wurde sowohl in Schulnoten (SN) als auch im Hinblick auf den erlebten Spaß (S) in der VR-Konferenz (M_{SN}=1.29, SD_{SN}=.47; M_S=6.76, SD_S=.56) besser bewertet als im Selbststudium (M_{SN}=2.12, SD_{SN}=.61; M_S=5.02, SD_S=1.30) und in den Videokonferenzen (M_{SN}=2.38, SD_{SN}=.89; M_S=4.44, SD_S=1.37).:

> *„Durch die verschiedenen anschaulichen Modelle und die direkte Interaktionsmöglichkeit im ‚Hörsaal' sind [VR-Konferenzen] für mich persönlich die beste onlinebasierte Möglichkeit für Seminare, die nicht in Präsenz stattfinden können“.*

3.5. Lernleistung

Das räumliche Verständnis fiel in der VR-Konferenz höher aus als in den beiden anderen Formaten. Beim deklarativen Verständnis zeigt sich die Präferenz für VR deskriptiv nur gegenüber den Videokonferenzen (siehe Abbildung 5). Im objektiven Wissenstest, bei dem sich kein Format absetzen konnte, schnitt die VR-Konferenz deskriptiv geringfügig schlechter ab (siehe Abbildung 6).

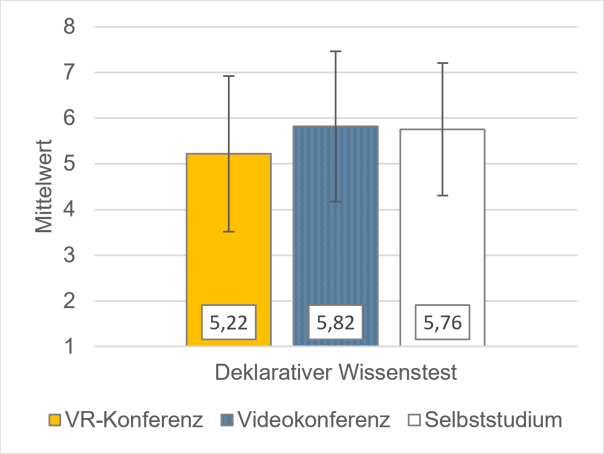


Abbildung 6: Objektive Lernleistung im SoSe 2021. Der Wissenstest bestand aus acht Fragen, für die jeweils ein Punkt vergeben wurde. Fragen siehe Anhang 1. +/- 1 SD Fehlerbalken.

4. Diskussion

VR-Konferenzen sind eine Alternative zu Videokonferenzen, die unter anderem mit Zoom-Fatigue und einer geringen studentischen Beteiligung in Verbindung stehen [1], [2], [30], [31]. In dieser Feldstudie wurden beide Konferenzvarianten und das Selbststudium im curricularen Einsatz verglichen sowie – im Falle der Lehrerfahrung in VR – dem Präsenzunterricht gegenübergestellt.

Für den Dozierenden in VR war die erstmalige Vorbereitung der VR-Konferenz trotz technischer Vorkenntnisse und Unterstützung ein hohes Zeitinvestment. Es ist deshalb anzunehmen, dass aktuell nur die Dozierenden mit VR-Brille unterrichten, die sich für die Technologie interessieren und die Vorbereitungszeit aufbringen können. Durch thematisch verwandte Projektberichte wird diese Annahme bekräftigt [17], [18]. Wenn VR einen breiteren Kreis an Dozierenden erreichen soll, muss die Einstiegshürde durch fakultäre Unterstützungsangebote verringert werden. Dazu zählt die Vorauswahl und Bereitstellung von VR-Brillen und VR-Konferenzsystemen, für die technische und didaktische Schulungen angeboten werden. Besonders in Pandemiezeiten und in internationalen Studiengängen, in denen nicht in Präsenz unterrichtet werden kann, kann ein solches Angebot die Lehrerfahrung verbessern. Anstatt vor einer Webcam Vorträge zu halten, können Dozierende mit einer VR-Brille nahezu wie im realen Seminarraum interaktiv lehren und ihre Studierenden aktivieren. VR eröffnet außerdem neue didaktische Möglichkeiten wie das räumliche Lehren und Lernen mit 3D-Modellen. Letztere können auf Plattformen wie Sketchfab vorgefertigt heruntergeladen oder mit intuitiv gehaltener VR-Software (z.B. Gravity Sketch) selbst in 3D gezeichnet werden.

Die Studierenden bevorzugten bei der Formatwahl die etablierten Lehrformate. Als Gründe wurden beim Selbststudium die freie Zeiteinteilung und eine Präferenz für selbstständiges Lernen genannt, was die synchrone Lehre per se nicht bieten kann. Zwischen den synchronen Lehrformaten entschied sich nur eine Minderheit für die VR-Konferenz, was sich nach dem Technology Acceptance Model mit dem variierenden Interesse an der VR-Technologie und dem damit verbundenen Mehraufwand (schriftliche Anleitung, Software-Installation und Testkonferenz) erklären lässt [32], [33]. Für die breite Studierendenschaft werden VR-Konferenzen vermutlich erst mit zunehmender Bekanntheit und einer verbesserten Zugänglichkeit (Nutzung ohne Installation und Account-Erstellung) attraktiv [34], [35]. Wenn VR-Konferenzen verpflichtend eingesetzt werden, sollte vorab eine technische Einweisung stattfinden, da ansonsten der Lernerfolg von der individuellen Technikkompetenz bedingt wird [25], [36].

Die Studierenden, die sich trotz dem Mehraufwand für die VR-Variante entschieden, taten dies meist aus Neugierde und bewerteten das Seminar und ihre Lernerfahrung insgesamt besser als ihre Kommilitonen. Der Anstieg der Teilnehmerzahl zwischen den Erhebungszeitpunkten ist somit womöglich auf studentische Weiterempfehlungen der VR-Variante zurückzuführen. Die hohen Werte bei der Motivation, Aufmerksamkeit und Interaktion decken sich dabei mit der bisherigen Forschung zu nicht-immersiven VR-Konferenzen [24], [25], [37], [38], [39], [40], [41], [42], [43]. Die Ergebnisse zur sozialen Präsenz waren in Relation zur Videokonferenz hingegen unerwartet. Das Gefühl, sich in virtueller Gesellschaft zu befinden, sollte sich nach Bailenson et al. (2018) nicht merklich zwischen Video- und VR-Konferenzen unterscheiden [44]. Der gefundene Unterschied lässt sich womöglich auf die aktuell vorherrschende Zoom-Fatigue und den Enthusiasmus der VR-Gruppe erklären. Auch die Interaktion, Aufmerksamkeit und Beteiligung fiel in den VR-Konferenzen höher aus. Ein Grund für die hohe Aktivität scheinen die virtuellen Avatare zu sein. Im Gegensatz zu Videokonferenzen sind die Studierenden in VR immer körperlich repräsentiert und als Ansprechpartner erkennbar, ohne dabei real gesehen zu werden [45], [46]. Somit haben Studierende während der VR-Konferenz keinen Anlass, ihr reales Erscheinungsbild zu kontrollieren, was womöglich den geringeren Extraneous Load begründet. Schließlich wurde auch die eigene räumliche und deklarative Lernleistung in VR am höchsten eingeschätzt. Diese Tendenz hat sich in Bezug auf die deklarativen Inhalte objektiv nicht bestätigt, sodass die Verlässlichkeit der studentischen Angaben kritisch hinterfragt werden muss. Die Einschätzung zum räumlichen Verständnis erscheint dennoch glaubwürdig, da es nur in VR-Konferenzen möglich ist, Anschauungsmaterial dreidimensional zu erkunden.

Im Kontrast zur VR-Konferenz schnitten die Videokonferenzen bei allen subjektiven Aspekten der Lernerfahrung am schlechtesten ab. Dazu zählt auch eine ungünstige Arbeitsgedächtnisauslastung, die bereits von anderen Autoren als eine mögliche Ursache für Zoom-Fatigue identifiziert wurde [10], [11], [12]. Vor dem Hintergrund, dass das Format selbst gewählt wurde, ist dies bemerkenswert und lässt darauf schließen, dass Videokonferenzen auch von den Studierenden häufig als ermüdend

und ineffektiv wahrgenommen werden. Die breite Streuung bei den Angaben lässt vermuten, dass die Qualität und Eignung von Videokonferenzen von individuellen Präferenzen und Lehrstilen abhängig sind. Der deklarative Wissenstest gab zudem keinen Grund zur Annahme, dass Videokonferenzen den deklarativen Lernerfolg beeinträchtigen.

Bei der Interpretation der Ergebnisse muss berücksichtigt werden, dass die Studierenden ihre Gruppenzugehörigkeit selbst nach persönlichen Präferenzen wählten und in den Konferenzen unterschiedliche Dozierende lehrten. Zudem ist der Einfluss des Novelty-Effekts denkbar [47]. Die positive Einschätzung von VR-Konferenzen seitens des Dozierenden und der Studierenden könnte sich demnach relativieren, sobald sich die VR-Technologie etabliert hat. Um festzustellen, ob die aufgezeigten Tendenzen allgemeingültig sind, müssen diese mit randomisierten Gruppen in stärker kontrollierten Settings überprüft werden. In zukünftigen Studien sollte außerdem untersucht werden, wie sich die Teilnahmeart (immersiv vs. nicht-immersiv) und bevorstehende technische Neuerungen (z.B. fotorealistische Avatare mit authentischer Mimik) auf VR-Konferenzen in der Lehre auswirken [11].

5. Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse aus der curricularen Lehre zeigen, dass VR-Konferenzen die synchrone Distanzlehre bereichern können, wenn Dozierende und Studierende für die Technologie aufgeschlossen sind. VR-Konferenzen bieten Dozierenden, die den initialen Aufwand investieren, neue didaktische Möglichkeiten im virtuellen 3D-Raum und ein Lehrerlebnis wie in Präsenz. Die meisten Studierenden präferieren a priori Videokonferenzen und das Selbststudium, die weniger Vorbereitung benötigen. In den VR-Konferenzen werden jedoch unter anderem die Interaktion, die Beteiligung, die soziale Präsenz und das Seminar besser bewertet als in den etablierten Lehrformaten. Diese subjektive Einschätzung resultiert nicht in einer besseren deklarativen Lernleistung.

Förderung

Die Feldstudie wurde von der AG Lehrforschung der Medizinischen Fakultät Ulm finanziell gefördert.

Interessenkonflikt

Die Autoren erklären, dass sie keinen Interessenkonflikt im Zusammenhang mit diesem Artikel haben.

Anhänge

Verfügbar unter https://doi.org/10.3205/zma001601

1. Anhang_1.pdf (134 KB)
   Zusätzliche Tabellen

Literatur

1. Speidel R, Schneider A, Körner J, Grab-Kroll C, Öchsner W. Did video kill the XR star? Digital trends in medical education before and after the COVID-19 outbreak from the perspective of students and lecturers from the faculty of medicine at the University of Ulm. GMS J Med Educ. 2021;38(7):Doc101. DOI: 10.3205/zma001497
2. Joshi PK, Bodkha PG. A comparative evaluation of students' insight of face to face classroom lectures and virtual online lectures. Nat J Physiol Pharm Pharmacol. 2021;11(1):28-33. DOI: 10.5455/njppp.2021.10.08225202026082020
3. Peper E, Wilson V, Martin M, Rosegard E, Harvey R. Avoid Zoom Fatigue, Be Present and Learn. NeuroRegulation. 2021;8(1):47-56. DOI: 10.15540/nr.8.1.47
4. Gunawardena CN, Zittle FJ. Social presence as a predictor of satisfaction within a computer□mediated conferencing environment. Am J Distance Educ. 1997;11(3):8-26. DOI: 10.1080/08923649709526970
5. Biocca F. The Cyborg's Dilemma: Progressive Embodiment in Virtual Environments. J Comput Mediat Commun. 1997;3(2):JCMC324. DOI: 10.1111/j.1083-6101.1997.tb00070.x
6. Parker EB. The Social Psychology of Telecommunications by John Short, Ederyn Williams, Bruce Christie. Contemp Sociol. 1978;7(1):32-33. DOI: 10.2307/2065899
7. Yamada M. The role of social presence in learner-centered communicative language learning using synchronous computer-mediated communication: Experimental study. Comput Educ. 2009;52(4):820-833. DOI: 10.1016/j.compedu.2008.12.007
8. Torda A, Shulruf b. It's what you do, not the way you do it - online versus face-to-face small group teaching in first year medical school. BMC Med Educ. 2021;21(1):541. DOI: 10.1186/s12909-021-02981-5
9. Massner CK. Zooming in on Zoom Fatigue: A Case Study of Videoconferencing and Zoom Fatigue in Higher Education. [Doctoral dissertation]. Lynchburg, VA: Liberty University; 2021. Zugänglich unter/available from: https://digitalcommons.liberty.edu/doctoral/3030
10. Bailenson JN. Nonverbal overload: A theoretical argument for the causes of Zoom fatigue. Technol Mind Behav. 2021;2(1). DOI: 10.1037/tmb0000030
11. Matthews B, See ZS, Day J. Crisis and extended realities: remote presence in the time of COVID-19. Media Int Australia. 2021;178(1):198-209. DOI: 10.1177/1329878X20967165
12. Bailenson J. Transformed Social Interaction in Collaborative Virtual Environments. In: Messaris P, Humphreys L, editors. Transformations in Human Communication. New York, Oxford: Peter Lang; 2006. p.255-264.
13. Schoenenberg K, Raake A, Koeppe J. Why are you so slow? – Misattribution of transmission delay to attributes of the conversation partner at the far-end. Int J Hum Comput Stud. 2014;72(5):477-487. DOI: 10.1016/j.ijhcs.2014.02.004
14. Sweller J. Cognitive load theory, learning difficulty, and instructional design. Learn Instr. 1994;4(4):295-312. DOI: 10.1016/0959-4752(94)90003-5
15. Francescucci A, Rohani L. Exclusively Synchronous Online (VIRI) Learning: The Impact on Student Performance and Engagement Outcomes. J Mark Educ. 2019;41(1):60-69. DOI: 10.1177/0273475318818864

16. Umphrey LR, Wickersham JA, Sherblom JC. Student Perceptions of the Instructor's Relational Characteristics, the Classroom Communication Experience, and the Interaction Involvement in Face-to-Face versus Video Conference Instruction. Commun Res Rep. 2008;25(2):102-114. DOI: 10.1080/08824090802021954

17. Yoshimura A, Borst CW. Evaluation of Headset-based Viewing and Desktop-based Viewing of Remote Lectures in a Social VR Platform. In: Teather RJ, Joslin C, Stuerzlinger W, et al., editors. 26th ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology. Vol. 26. New York City (NY): Association for Computing Machinery; 2020. p.1-3. DOI: 10.1145/3385956.3422124

18. Eriksson T. Failure and Success in Using Mozilla Hubs for Online Teaching in a Movie Production Course. In: 7th International Conference of the Immersive Learning Research Network (iLRN). New York, NY: IEEE; 2021. p.1-8. DOI: 10.23919/iLRN52045.2021.9459321

19. Makransky G, Terkildsen TS, Mayer RE. Adding immersive virtual reality to a science lab simulation causes more presence but less learning. Learn Instr. 2019;60:225-236. DOI: 10.1016/j.learninstruc.2017.12.007

20. Roettl J, Terlutter R. The same video game in 2D, 3D or virtual reality - How does technology impact game evaluation and brand placements? PLoS ONE. 2018;13(7):e0200724. DOI: 10.1371/journal.pone.0200724

21. Srivastava P, Rimzhim A, Vijay P, Singh S, Chandra S. Desktop VR Is Better Than Non-ambulatory HMD VR for Spatial Learning. Front Robot AI. 2019;6:50. DOI: 10.3389/frobt.2019.00050

22. Parmar D, Bertrand J, Babu SV, Madathil K, Zelaya M, Wang T, Wagner J, Gramopadhye AK, Frady K. A comparative evaluation of viewing metaphors on psychophysical skills education in an interactive virtual environment. Virtual Real. 2016;20(3):141-157. DOI: 10.1007/s10055-016-0287-7

23. Murcia-López M, Steed A. The Effect of Environmental Features, Self-Avatar, and Immersion on Object Location Memory in Virtual Environments. Front ICT. 2016;3. DOI: 10.3389/fict.2016.00024

24. Reisoglu I, Topu B, Yilmaz R, Karakus Yilmaz T, Goktas Y. 3D virtual learning environments in education: A meta-review. Asia Pacific Educ Rev. 2017;18(1):81-100. DOI: 10.1007/s12564-016-9467-0

25. Ozonur M, Yanpar Yelken T, Sancar Tokmak H. Social presence and motivation in online environments: Second Life versus the Enocta Learning Management System/Adobe Connect. Australas J Educ Technol. 2018;34(3):14. DOI: 10.14742/ajet.3128

26. Churchward M, Rézeau J. Moodle plugins directory: questionnaire. Moodle Pty Ltd; 2020. Zugänglich unter/available from: https://moodle.org/plugins/view.php?plugin=mod_questionnaire

27. Makransky G, Lilleholt L, Aaby A. Development and validation of the Multimodal Presence Scale for virtual reality environments: A confirmatory factor analysis and item response theory approach. Comput Human Behav. 2017;72:276-285. DOI: 10.1016/j.chb.2017.02.066

28. Volkmann T, Wessel D, Jochems N, Franke T. German Translation of the Multimodal Presence Scale. In: Dachselt R, Weber G, editors. Mensch und Computer 2018 - Tagungsband. Bonn: Gesellschaft für Informatik e.V; 2018.

29. Klepsch M, Schmitz F, Seufert T. Development and Validation of Two Instruments Measuring Intrinsic, Extraneous, and Germane Cognitive Load. Front Psychol. 2017;8:1997. DOI: 10.3389/fpsyg.2017.01997

30. Aston SJ, Reade S, Petersen B, Ward C, Duffy A, Nsutebu E. Extraordinary virtual multidisciplinary team meetings - a novel forum for the coordinated care of patients with -complex conditions within a secondary care setting. Future Healthc J. 2018;5(3):218-223. DOI: 10.7861/futurehosp.5-3-218

31. Munro AJ, Swartzman S. What is a virtual multidisciplinary team (vMDT)? Br J Cancer. 2013;108(12):2433-2441. DOI: 10.1038/bjc.2013.231

32. Holden RJ, Karsh BT. The technology acceptance model: its past and its future in health care. J Biomed Inform. 2010;43(1):159-172. DOI: 10.1016/j.jbi.2009.07.002

33. Davis FD, Bagozzi RP, Warshaw PR. User Acceptance of Computer Technology: A Comparison of Two Theoretical Models. Manag Sci. 1989;35(8):982-1003. DOI: 10.1287/mnsc.35.8.982

34. Weisflog W, Böckel A. Ein studentischer Blick auf den Digital Turn: Auswertung einer bundesweiten Befragung von Studierenden für Studierende. Hochschulforum Digitalisierung. 2020;54:1-34. Zugänglich unter/available from: https://hochschulforumdigitalisierung.de/sites/default/files/dateien/HFD_AP_54_Studierendenbefragung.pdf

35. Walter S, Speidel R, Hann A, Leitner J, Jerg-Bretzke L, Kropp P, Garbe J, Ebner F. Skepticism towards advancing VR technology – student acceptance of VR as a teaching and assessment tool in medicine. GMS J Med Educ. 2021;38(6):Doc100. DOI: 10.3205/zma001496

36. Wiecha J, Heyden R, Sternthal E, Merialdi M. Learning in a virtual world: experience with using second life for medical education. J Med Internet Res. 2010;12(1):e1. DOI: 10.2196/jmir.1337

37. Mystakidis S, Berki E, Valtanen JP. Deep and Meaningful E-Learning with Social Virtual Reality Environments in Higher Education: A Systematic Literature Review. Appl Sci. 2021;11(5):2412. DOI: 10.3390/app11052412

38. Mystakidis S, Berki E, Valtanen J. Designing and Implementing a Big Open Online Course by Using a 3D Virtual Immersive Environment - Lessons Learned. In: Gómez Chova L, López Martínez A, Candel Torres I, editors. Edulearn 17: Conference proceedings. Barcelona: IATED Academy; 2017. p.8070-8079. DOI: 10.21125/edulearn.2017.0487

39. Beltrán Sierra LM, Gutiérrez RS, Garzón-Castro CL. Second Life as a support element for learning electronic related subjects: A real case. Comput Educ. 2012;58(1):291-302. DOI: 10.1016/j.compedu.2011.07.019

40. Burgess ML, Slate JR, Rojas-LeBouef A, LaPrairie K. Teaching and learning in Second Life: Using the Community of Inquiry (CoI) model to support online instruction with graduate students in instructional technology. Internet High Educ. 2010;13(1-2):84-88. DOI: 10.1016/j.iheduc.2009.12.003

41. Schiller SZ, Mennecke BE, Fui-Hoon Nah F, Luse A. Institutional boundaries and trust of virtual teams in collaborative design: An experimental study in a virtual world environment. Comput Human Behav. 2014;35:565-577. DOI: 10.1016/j.chb.2014.02.051

42. Tapsis N, Tsolakidis K, Vitsilaki C. Virtual Worlds and Course Dialogue. Am J Distance Educ. 2012;26(2):96-109. DOI: 10.1080/08923647.2012.655053

43. Taylor MJ, Shikaislami C, McNicholas C, Taylor D, Reed J, Vlaev I. Using virtual worlds as a platform for collaborative meetings in healthcare: a feasibility study. BMC Health Serv Res. 2020;20(1):1-10. DOI: 10.1186/s12913-020-05290-7

44. Oh CS, Bailenson JN, Welch GF. A Systematic Review of Social Presence: Definition, Antecedents, and Implications. Front Robot AI. 2018;5:114. DOI: 10.3389/frobt.2018.00114

45. Lorenzo-Alvarez R, Rudolphi-Solero T, Ruiz-Gomez MJ, Sendra-Portero F. Medical Student Education for Abdominal Radiographs in a 3D Virtual Classroom Versus Traditional Classroom: A Randomized Controlled Trial. AJR Am J Roentgenol. 2019;213(3):644-650. DOI: 10.2214/AJR.19.21131

46. Englund C, Gustafsson M, Gallego G. Pharmacy Students' Attitudes and Perceptions of "Virtual Worlds" as an Instructional Tool for Clinical Pharmacy Teaching. Pharmacy (Basel). 2017;5(1):5. DOI: 10.3390/pharmacy5010005

47. Clark RE. Reconsidering Research on Learning from Media. Rev Educ Res. 1983;53(4):445. DOI: 10.2307/1170217

Korrespondenzadresse:
Robert Speidel
Universität Ulm, Medizinische Fakultät, Studiendekanat, Kompetenzzentrum eEducation in der Medizin, Albert-Einstein-Allee 11, 89081 Ulm, Deutschland
robert.speidel@uni-ulm.de

Bitte zitieren als
Speidel R, Felder E, Schneider A, Öchsner W. Virtual reality against Zoom fatigue? A field study on the teaching and learning experience in interactive video and VR conferencing. GMS J Med Educ. 2023;40(2):Doc19.
DOI: 10.3205/zma001601, URN: urn:nbn:de:0183-zma0016011

Artikel online frei zugänglich unter
https://doi.org/10.3205/zma001601

Eingereicht: *20.08.2022*
Überarbeitet: *21.11.2022*
Angenommen: *30.01.2023*
Veröffentlicht: *17.04.2023*

Copyright
©2023 Speidel et al. Dieser Artikel ist ein Open-Access-Artikel und steht unter den Lizenzbedingungen der Creative Commons Attribution 4.0 License (Namensnennung). Lizenz-Angaben siehe http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/.

DANKSAGUNG

Ich bedanke mich herzlich bei meinem Doktorvater, *PD Dr. Wolfgang Öchsner*.
Sein didaktisches Gespür und seine technische Begeisterung haben mich während meiner Forschungsarbeit inspiriert und geleitet. In zahlreichen persönlichen Gesprächen half er mir mit seiner langjährigen Erfahrung in Forschung und Lehre, den Blick für das Wesentliche zu wahren und mich als Lehrforscher weiterzuentwickeln.
Vielen Dank für die Zeit und das Vertrauen.

Ein besonderer Dank gebührt auch meinen Co-Autoren, allen voran *Prof. Dr. Steffen Walter* und *PD Dr. Edward Felder*, die meine Faszination für Virtual Reality teilen und als Early Adopter den Weg für dessen didaktischen Einsatz bereiten. Vielen Dank für die stets anregende und freundschaftliche Zusammenarbeit, die mich motivierte und persönlich bereicherte. Mein Dank gilt auch *Dr. Achim Schneider*, der mich statistisch beriet und mich dazu bewegte, Konventionen zu hinterfragen und neue Perspektiven einzunehmen.

Schließlich möchte ich auch meiner Familie danken, die es mir ermöglicht hat, meine Ziele zu verfolgen und mich zu verwirklichen.

In Dankbarkeit
Robert

LEBENSLAUF

- Die Inhalte dieser Seite wurden aus Gründen des Datenschutzes entfernt -

- Die Inhalte dieser Seite wurden aus Gründen des Datenschutzes entfernt -