

# Teaching VR in VR

Immersionelles Lehren, Lernen und Prüfen von virtueller Realität in virtueller Realität

Antrag auf ein Fellowship für Innovation in der Digitalen Hochschullehre

Gemeinsames Programm des Thüringer Ministeriums für Wirtschaft, Wissenschaft und Digitale Gesellschaft  
und des Stifterverbandes

**Laufzeit:** 15 Monate  
**Gepplanter Projektstart:** 1. Oktober 2022

## **Bauhaus-Universität Weimar**

Prof. Dr. Bernd Fröhlich  
Professur Systeme der Virtuellen Realität  
Fachbereich Medieninformatik  
Fakultät Medien  
Schwanseestr. 143, 99427 Weimar

**Kurzbeschreibung** Die Lehrinnovation dieser Fellowship zielt auf ein immersives Modul zum Lehren, Lernen und Prüfen von VR-Inhalten in einer persistenten und jederzeit und von jedem Ort zugänglichen sozialen virtuellen Welt. Studierende werden dazu für die Dauer des Semesters mit HMDs ausgestattet. Lehrende demonstrieren die Inhalte in interaktiven Live-Veranstaltungen in VR während Studierende diese individuell oder gemeinsam erproben können. Lehr- und Lernmaterialien sollen zudem als interaktive VR-Aufzeichnungen durchgehend online verfügbar und gemeinsam begehbar sein, so dass Studierende sich zeitlich und räumlich unabhängig mit den Lerninhalten auseinandersetzen können. Die Durchführung von Lehre zu VR in VR maximiert den Erfahrungsprozess mit den gelehrteten Inhalten und schafft das Bewusstsein und Verständnis für Usability-Probleme sowie für Limitierungen und Einsatzszenarien von VR-Technologien, wesentliche Lernziele für ein VR-Modul. Zudem rechnen wir mit einer deutlich erhöhten Motivation zur intensiven Auseinandersetzung mit den aktuellen VR-Technologien durch die Studierenden.

# 1 Motivation

Virtual Reality (VR), Augmented Reality (AR) und Mixed Reality (MR), kurz XR, entwickeln sich zu zentralen Schnittstellentechnologien für eine Vielzahl von Anwendungen und Szenarien. Eine zentrale Rolle in diesem Zusammenhang spielt die Vision des Metaverse, das als Nachfolgetechnologie des klassischen und mobilen Internets propagiert wird. Das Metaverse soll ein massiv skaliertes und interoperables Netz von in Echtzeit dargestellten virtuellen 3D-Welten werden, die von einer prinzipiell unbegrenzten Anzahl von Nutzer:innen synchron und dauerhaft erlebt werden können<sup>1</sup>. Nutzer:innen sollen durch Avatare in diesen Welten ein individuelles Gefühl der Präsenz erlangen und direkt miteinander interagieren können. Für einen Erfolg des Metaverse gilt die Kontinuität der Daten, wie Identität, Geschichte, Berechtigungen, Objekte, Kommunikation und Zahlungen, als essentielle Grundlage.

Auch wenn eine Verwirklichung des Metaverse aus heutiger Sicht nur partiell attraktiv und erstrebenswert erscheinen mag, so bietet es doch deutlich direktere, ausdrucksstärkere und vielschichtigere Kommunikations- und Unterhaltungsmöglichkeiten als klassische Text- oder Videobasierte Dienste. Ein Großteil unserer technikgestützten Kommunikation findet aktuell asynchron durch das Austauschen von Nachrichten statt. Interaktive Inhalte im Metaverse bieten Anreize zu Aktivität und gemeinsamen Erlebnissen, die auch deutlich über die Möglichkeiten von Telefonaten und Videokonferenzen hinausgehen und so Menschen über die Distanz verbinden können. Es ist auch zu erwarten, dass neben phantastischen virtuellen Welten eine detailreiche digitale Kopie unserer realen (Um)Welt, die jederzeit von jedem Ort erreichbar ist, ein attraktives Asset darstellt.

Während Smartphones und die dafür entwickelten Schnittstellen den wichtigsten Zugang zum mobilen Internet darstellen, nimmt VR diese Rolle im Bezug auf das Metaverse ein. Sie ermöglicht das inhärent dreidimensionale, multimodale Erleben und direkte Interaktion mit der virtuellen Welt. Smartphones und die dafür angepassten und entwickelten Schnittstellen sind der wichtigste Zugang zum mobilen Internet. XR-Technologien und insbesondere Virtual Reality sind die am besten geeigneten Schnittstellentechnologien für das Metaverse weil sie ein inhärent dreidimensionales audiovisuelles Erleben von und interagieren mit virtuellen 3D-Welten ermöglichen. Insbesondere die Repräsentation von Menschen durch immer ausdrucksstärkere Avatare, deren Haltung, Gestik und Mimik kontinuierlich realistischer wird, trägt zur Eignung dieser Technologie für soziale Anwendungen bei. Die Verwendung räumlicher Audiokommunikation lässt auch parallele Gespräche mehrere Personen in einem virtuellen Raum zu, eine wichtige Eigenschaft für intuitive soziale Interaktion in einer Gruppe, wie dies in vielen Situationen im realen Leben und auch in inverted-classroom-Formaten der Fall ist.

Das Metaverse mag noch ein Jahrzehnt oder länger zur Realisierung und Etablierung benötigen und möglicherweise niemals mit der angestrebten Kontinuität der Daten über alle verbundenen 3D-Welten existieren. Dennoch müssen die Bildungsinstitutionen Studierende schon jetzt darauf vorbereiten, diese Zukunft aktiv mitzugestalten, da sie eine Vielzahl von Branchen und Anwendungen betreffen wird. XR-Technologien mit besonderem Fokus auf soziale virtuelle Realität stellen einen aktuellen Schwerpunkt der internationalen Forschung und auch meiner Arbeitsgruppe in Weimar dar und finden in den letzten Jahren vermehrt den Weg in vielfältige Anwendungen. Die Lehre zu VR ist aus diesem Grund forschungsgetrieben und muss das Ziel haben, Studierende an den sich schnell weiterentwickelnden aktuellen Stand der Wissenschaft heran zu führen. Eine aktive Beteiligung der Lehrenden an der internationalen Forschung schafft dazu ideale Voraussetzungen, u.a.[7, 8, 6, 13, 12].

Es war schon immer meine Vision die Lehre zu virtueller Realität in virtueller Realität durchzuführen, aber bisher war das organisatorisch, technisch und finanziell nicht durchgehend zu realisieren. Die Inhalte einer

---

<sup>1</sup><https://www.matthewball.vc/the-metaverse-primer>

ganzen Vorlesung für eine Präsentation und individuelle Nutzung und Erprobung in immersiver VR aufzubereiten, war mit bisherigen Werkzeugen kaum zu organisieren. Zudem war Online-Lehre bisher auch im Rahmen des Lehrdeputats kaum oder gar nicht anrechenbar. Leistungsfähige, drahtlos und an jedem Ort einsetzbare sowie qualitativ hochwertige Virtual-Reality-Technologie war bis vor wenigen Jahren nicht verfügbar. Existierende Systeme waren teuer und erforderten aufwändige Aufbauten und leistungsfähige Computer und Graphikkarten.

Diese Rahmenbedingungen haben sich in den letzten beiden Jahren durch vermehrte digitale Lehre und die Verfügbarkeit von leistungsfähiger und kostengünstiger VR-Soft- und Hardware grundlegend gewandelt. Es ist inzwischen möglich, Studierende individuell mit leistungsfähigen Head-Mounted-Displays für das ganze Semester auszustatten und über WLAN/DSL oder sogar 4G/5G an einer sozialen VR-Anwendung aktiv teilnehmen zu lassen. Aus der Sicht der Informatik und insbesondere der Softwareentwicklung ist die Praxis des Dogfooding („eating your own dogfood“)<sup>2</sup> eine beliebte Vorgehensweise, d.h. dass entwickelte Produkte auch selbst genutzt werden sollten um ein Bewusstsein für Usability-Probleme, Limitierungen und Einsatzszenarien zu schaffen – wichtige Lernziele für die Inhalte einer Lehrveranstaltung zum Thema VR. Dies steht auch im Einklang mit den Forderungen des Constructive Alignment[2, 3], neben den Lehr- und Lernmethoden auch die Prüfungsform mit den angestrebten Lernzielen abzustimmen. Übertragen auf Forschung und Lehre bedeutet das, dass aktuelle Ergebnisse aus der Forschung und gelehrt Techniken in der eigenen Lehre zum Einsatz gebracht werden sollten.

An verschiedenen Stellen wird VR schon für die Lehre eingesetzt, aber aktuelle Meta-Analysen zeigen, dass immersive VR vor allem in experimentellen Arbeiten statt in der Praxis verwendet wird. [11] Ein forschungsorientiertes Modul zur Lehre von VR in VR, wie wir es im Rahmen der Lehrinnovation planen, wurde bisher meines Wissens nach noch nicht komplett in immersiver virtueller Realität angeboten, durchgeführt, geprüft und evaluiert. Die Lehr- und Lernmaterialien sollen durchgehend online verfügbar gemacht werden, als gemeinsam begehbare, interaktive VR-Aufzeichnungen. So können sich Studierende zeitlich und räumlich unabhängig mit den Lerninhalten auseinandersetzen und die Bearbeitung von Aufgaben jederzeit wieder aufnehmen. Dies entspricht dem Metaverse-Gedanken, dass die interaktiven 3D-Welten synchron durch mehrere Nutzer:innen erlebbar, 24/7 online und persistent verfügbar sind. Ich verspreche mir davon eine nochmals deutlich erhöhte Motivation zur intensiven Auseinandersetzung mit und ein vertieftes Verständnis von modernsten und zukunftsweisenden XR-Technologien durch die Studierenden.

Das durchgehend englischsprachige VR-Modul kann an anderen Thüringer Universitäten und Fachhochschulen aber auch national und international eingesetzt werden. Die Fellowship erlaubt die Entwicklung geeigneter Strategien, Materialien und Prüfungsformen für die immersive Lehre in virtueller Realität und stellt Ressourcen für die initiale Umsetzung eines immersiven VR-Moduls bereit.

## 2 Vorhaben

### 2.1 Problemstellung

#### Zielgruppe und Verortung im Curriculum

Das Modul „Virtual Reality“ wird jährlich zum Wintersemester angeboten und umfasst 6 ECTS. Es besteht bisher aus wöchentlichen Vorlesungen, vorlesungsbegleitenden Übungen, einem Abschlussprojekt sowie einer mündlichen Abschlussprüfung. Das Modul ist als Wahlpflichtveranstaltung in die Curricula der englischsprachigen Masterstudiengänge „Human-Computer Interaction“ (HCI) und „Computer Science for Digital Media“ (CS4DM) des Fachbereichs Medieninformatik der Fakultät Medien an der Bauhaus-Universität Weimar inte-

<sup>2</sup>[https://en.wikipedia.org/wiki/Eating\\_your\\_own\\_dog\\_food](https://en.wikipedia.org/wiki/Eating_your_own_dog_food)

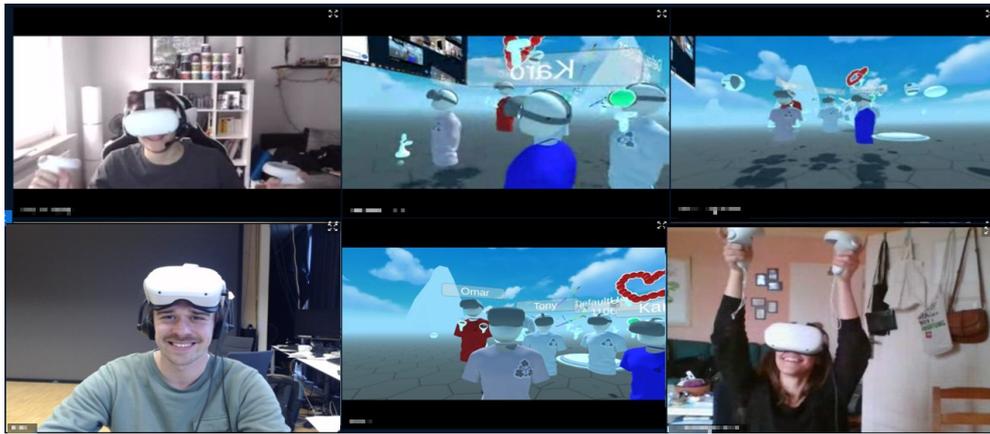


Abbildung 1: Zwei Studierende und ein Mitarbeiter treffen sich in Avatarrepräsentationen zur Besprechung eines Projekts in einer sozialen VR-Umgebung und diskutieren verschiedene Aspekte der Implementierung.

griert. Studierende des Masterstudiengangs CS4DM können das VR-Modul im Bereich „Graphical and Interactive Systems“ oder als Teil ihrer Spezialisierung wählen sowie im Wahlbereich einbringen. Im HCI-Master kann das Modul im Bereich „Visual Interfaces“ oder im Wahlbereich eingebracht werden.

Die erfolgreiche Teilnahme am VR-Modul schafft wichtige Grundlagen für die Beteiligung an den von meiner Arbeitsgruppe „Virtual Reality and Visualization Research“ angebotenen Semesterprojekten (siehe Abbildung 1). Diese sogenannten „Research Projects“ sind wichtiger Bestandteil der HCI- und CS4DM-Curricula. Sie erlauben die Vertiefung der erworbenen Kenntnisse anhand einer konkreten Forschungsfrage in Teams von üblicherweise 3 bis 6 Studierenden. Sowohl das Abschlussprojekt des VR-Moduls als auch die weiterführenden Semesterprojekte sind außerdem ein hervorragender Ausgangspunkt um daran mit einer Masterarbeit anzuknüpfen.

Das VR-Modul vermittelt die dafür nötigen theoretischen, technischen und angewandten Grundlagen: Um kompetent an der Entwicklung von VR-Anwendungen mitwirken zu können, braucht man sowohl technisches, als auch theoretisches und konzeptuelles Know-How. Wichtig ist deswegen, die unterschiedlichen Schwerpunkte und Perspektiven der Kursteilnehmenden mitzudenken und Möglichkeiten zur Vertiefung bereitzustellen.

### **Learning Outcomes des VR-Moduls**

Alle Studierenden erwerben grundlegende Kenntnisse zu Computergrafik und räumlicher Wahrnehmung, die sie zum Entwurf und zur Realisierung grundlegender VR-Anwendungen befähigen. Sie können Eingabegeräte und immersive Displays für unterschiedliche Anwendungskontexte sowie geeignete 3D-Interaktionstechniken auswählen um die Manipulation von virtuellen Objekten und die Navigation in der virtuellen Umgebung bezüglich der Usability bestmöglich zu gestalten. Kenntnisse der sozialen Aspekte computergestützter Zusammenarbeit und kollaborativer Interaktionstechniken (u.a. Workspace Awareness[5], Immersive Telepräsenz[1], Gruppennavigation [13, 12] oder kollaborative Eingabetechniken[8]) erlauben Studierenden effektive Schnittstellen für soziale virtuelle Realität zu entwerfen, realisieren und evaluieren.

CS4DM-Studierende profitieren besonders vom Wissen um technische Grundlagen und den theoretischen und praktischen Kenntnissen für den Entwurf, die Realisierung und Evaluierung von sozialen 3D-Interaktionstechniken in der Entwicklungsplattform Unity. Als zukünftige Spezialist:innen für die Gestaltung von User Interfaces ist es für HCI-Studierende nützlich, sich sowohl mit den theoretischen Grundlagen für das Design von Interaktionstechniken und User Interfaces auszukennen, als auch Erfahrungen mit der Im-

plementierung solcher Techniken zu sammeln. Auf konzeptioneller Ebene ermöglicht das ihnen, neuen und kreativen Ideen den nötigen theoretischen Rahmen zu geben, existierende Anwendungen zu bewerten, Nutzerstudien sinnvoll zu gestalten und die Komplexität ihrer Vorhaben einzuschätzen. Das Abschlussprojekt zu einem selbst gewählten Thema können Studierende in Teams durchführen und so eigene Ideen realisieren und sich gemäß ihrer Interessen mit den dafür relevanten Inhalten der Veranstaltung vertiefend beschäftigen. Der Prozess und die Ergebnisse werden dann in einer Abschlusspräsentation reflektiert und mit den Lehrenden und anderen Studierenden diskutiert.

### **Innovationspotential**

Das VR-Modul in seiner bisherigen Form wird den Anforderungen des Constructive Alignment, Prüfungsformen und Lehraktivitäten an den gewollten Lernzielen auszurichten, sicherlich in manchen Teilen bereits gerecht, wie aus Veranstaltungsevaluationen und Prüfungsleistungen der letzten Jahre ersichtlich ist. Das Feedback der Studierenden während der Pandemie hat aber auch gezeigt, dass Vorlesungsvideos, die alleine zuhause angesehen werden sollten, wenig zur Auseinandersetzung mit dem Fach animieren – ergänzende Quizzes können die Dynamik einer Präsenzvorlesung nicht ersetzen. Das Angebot einer online stattfindenden Frage- und Diskussionsrunde führte oft zu wenig Interaktion mit den Studierenden, da diese die in der Vorlesung vermittelten Konzepte noch nicht selbst erlebt haben. Bilder und Videos vermitteln immersive Interaktionskonzepte nur ungenügend und die beschränkte Übungszeit im VR-Labor erlaubt nur die Erprobung eines kleinen Ausschnitts des großen Spektrums an VR-Technologien. Verständnisprobleme ergeben sich oft erst, wenn versucht wird, das Gelernte anzuwenden oder sogar erst während der Vorbereitung auf die Prüfung. Damit werden zentrale Lernziele nur ungenügend erreicht, nämlich das Bewusstsein und Verständnis für Usability-Probleme sowie für Limitierungen und Einsatzszenarien von VR-Technologien in ausreichendem Maße zu schaffen.

Die Lehrinnovation zielt auf ein weitgehend immersives VR-Modul zum Lehren, Lernen und Prüfen in einer persistenten und jederzeit und von jedem Ort zugänglichen sozialen virtuellen Welt. Damit maximieren wir die VR-Exposure der Studierenden und kommen dem Ideal des Dogfooding deutlich näher. In diesem Prozess zu einem immersiven VR-Modul bieten uns Studien Orientierung, die bereits Hinweise liefern, dass soziale VR motivierende und engagierende Lernumgebungen bieten kann[10]. Dennoch besteht ein großer Spielraum für die Gestaltung immersiver Lernszenarien. Daher werden wir einen explorativen Ansatz verfolgen, in dem neue Methoden ausprobiert, für gut befunden oder verworfen werden können, und der die Studierenden in den Gestaltungsprozess einbezieht, um ihre Erfahrungen, Vorschläge und Feedback in Form eines menschenzentrierten Entwicklungsprozesses einfließen zu lassen.

## **2.2 Das immersive VR-Modul**

### **Übersicht der Modul-Bausteine**

Im Rahmen der Fellowship möchten wir ein immersives VR-Modul entwickeln, einsetzen und evaluieren. Unterschiedliche Themenkomplexe und Learning Outcomes erfordern dabei unterschiedliche Methoden der Vermittlung. Außerdem wollen wir in diesem Entwicklungsprozess diverse Szenarien ausprobieren. Daher planen wir, flexibel zusammensetzbare immersive Lerneinheiten für das Lehren und Prüfen zu konzipieren (siehe Abbildung 2).

Das Modul verknüpft angeleitete Selbstlernphasen, in denen die Studierenden Inhalte erarbeiten und das Wissen in Gruppen anhand von Übungsaufgaben anwenden und vertiefen, und Lehrveranstaltungen, in denen der gemeinsame Austausch und die interaktive Wissensvermittlung im Vordergrund stehen. Die immersiven Formate können auf vielfältige Weise für die Bestandteile des Moduls eingesetzt werden. Dabei darf jedoch kein Nachteil für Studierende entstehen, die HMDs aus verschiedenen gearteten Gründen nicht ver-



Abbildung 2: Nutzung immersiver Lernräume für Bestandteile des VR-Moduls

wenden können oder möchten: Immersive Lehrveranstaltungen sind deswegen auch für Desktop-User:innen zugänglich, und Lernmaterial für Selbstlernphasen steht immer in verschiedenen Medien zur Verfügung.

### Immersive Lehrveranstaltungen

Es ist möglich, beliebig interaktiv gestaltete Lehrveranstaltungen, d.h. Vorlesungen und Übungen, in sozialer VR abzuhalten. Hier wollen wir verschiedene Varianten ausprobieren.

*Interaktive Lehreinheiten Live:* Von einer in VR stattfindenden klassischen Frontalvorlesung ist keine sonderliche Steigerung des Wissenstransfers oder der Motivation zu erwarten. Deshalb wollen wir kurze Vorlesungssegmente mit interaktiven Elementen anreichern, die an die Studierenden übergeben und ausprobiert werden können, z.B. 15min Vorstellung von 3D-Selektionstechniken mit deren Demonstration in 3D und anschließend 5min zur Erprobung und anschließende Feedbackrunde. Dies aktiviert die Studierenden und führt zu eigenen Erfahrungen mit den vorgestellten Techniken.

*Inverted Classroom:* Kurze Vorlesungssegmente, die Vorlesungsinhalte ggf. in 3D demonstrieren, werden in 3D aufgezeichnet und den Studierenden in einer 3D-Galerie zur selbständigen Nutzung wöchentlich zur Verfügung gestellt. Während einer anschließenden immersiven Live-Veranstaltung werden kleinere Aufgaben im Beisein von Lehrenden gelöst, Techniken erprobt und Fragen dazu diskutiert. Beispielsweise treffen sich die Teilnehmenden in einem virtuellen Raum und werden von der Lehrperson durch eine Ausstellung mit virtuellen Gruppennavigationstechniken geführt und diskutieren ihre Erfahrungen anschließend.

Sicherlich sind auch Mischformen dieser beiden Varianten miteinander und mit klassischen Vorlesungen oder Übungen denkbar, da zwar die meisten Vorlesungsinhalte gut als 3D-Präsentation umgesetzt werden können, aber nicht alle. Auch wenn eine soziale VR-Anwendung keine Anwesenheit am gleichen Ort erfordert, so ist es doch für viele Studierende auch ein sozialer Anlass sich zu einem bestimmten Termin gemeinsam an einem Ort zu treffen. Wir werden deshalb auch mit Präsenzveranstaltungen experimentieren, bei der alle Studierenden das HMD zeitweise im Vorlesungsraum nutzen.

### Selbstlernphasen in sozialer VR

In einem virtuellen Labor stehen die Interaktionstechniken zum Ausprobieren zur Verfügung. Es kann jederzeit von den Studierenden „remote“, z.B. von Zuhause aus per HMD oder am Desktop bzw. in der Mobilversion

betreten, aber auch in Präsenzübungen genutzt werden. Durch spielerische Aufgaben wird ein sinnhafter Rahmen geschaffen. Beispielsweise trifft sich eine Übungsgruppe im virtuellen Interaktionslabor um für die Abgabe zum Thema „Selektionstechniken“ die unterschiedlichen Techniken anhand verschiedener Aufgaben zu vergleichen.

Die interaktiven Vorlesungseinheiten, die live präsentiert werden, können auch aufgezeichnet werden und stehen anschließend zum Selbstlernen in virtuellen Themenräumen zur Verfügung. Beispielsweise werden im immersiven Themenraum „Stereoskopos Sehen“ theoretische Grundlagen durch 3D-Aufzeichnungen einer Lehrperson und interaktive Elemente anschaulich vermittelt, und die Studierenden erleben selbst die Effekte, die die 3D-Wahrnehmung beeinflussen.

Neben den virtuellen Lernräumen werden natürlich auch klassische Unterlagen im pdf-Format und Literaturverweise bereitgestellt. Ich denke aktuell nicht, dass diese Inhalte idealerweise in VR bearbeitet werden sollten, obwohl die Qualität der HMDs durchaus das Lesen von Texten erlaubt.

### **Immersive Prüfungen**

Für Prüfungen und die Abgabe von Übungsaufgaben können prinzipiell auch immersive Formate genutzt werden. Allerdings ist die Identität der beteiligten Personen zweifelsfrei festzustellen. Da dies mit durch Avatare repräsentierten Studierenden aktuell schwerlich möglich ist, setzen wir auf immersive Prüfungen in physischer Anwesenheit der Studierenden in einem realen Raum. Lehrende und Studierende setzen dann die HMDs auf und führen die mündliche Abschlussprüfung in immersiver VR unter Nutzung der Themenräume durch. Alternativ sind Prüfungen unter Nutzung der Desktop-Version auf einem größeren Bildschirm möglich, den Prüfende und Studierende zur Diskussion verschiedener Szenarien nutzen.

Semesterbegleitende Übungsaufgaben werden meist in Kleingruppen durchgeführt, deren Ergebnisse alle zwei bis drei Wochen den Lehrenden immersiv präsentiert werden. Beispielsweise demonstrieren die Gruppen ihre Implementierung einer Interaktionstechnik, die in den virtuellen Raum integriert ist, und können dort auch eine korrekte Beispiellösung ausprobieren, falls ihre Implementierung Defizite aufweist.

Im Rahmen des Abschlussprojekts entstehen bisher isolierte Anwendungen, die in einem klassischen Vortrag vorgestellt werden. Stattdessen können die Modul-Teilnehmenden in Zukunft einen virtuellen Präsentationsraum für ihre Arbeit gestalten und die Projektergebnisse in diesen Raum integrieren. Alle Abschlussprojekte zusammen formen eine virtuelle Galerie, die in einem Rundgang durch Studierende und Lehrende begangen wird. Im Anschluss können alle Projekte ausprobiert werden.

### **Immersive Evaluation**

Auch die Evaluation der immersiven Lernszenarien und Veranstaltungen kann im Anschluss direkt in der virtuellen Welt ermöglicht werden. So könnte beispielsweise aus den unterschiedlichen virtuellen Räumen ein begehbare Feedback-Formular betreten werden, in dem das Nutzungserlebnis bewertet werden kann, und qualitative Fragen per Audioaufnahme beantwortet werden können.

## **2.3 Umsetzung**

### **Projektetappen**

Die Entwicklung des immersiven VR-Moduls soll in drei Phasen geschehen:

Das **Wintersemester 2022/23** dient als Pilotsemester, in dem einerseits ausgewählte Lehreinheiten als immersive Lehrveranstaltung durchgeführt werden, und andererseits immersive Lernräume für eine erste Auswahl Inhalten (3D-Wahrnehmung, 3D-Selektion, Gruppennavigation, ggf. weitere) zur Verfügung stehen. Letztere werden in die Übungsaufgaben integriert, um ihre Nutzung sicherzustellen. Semesterbegleitend

werden die immersiven Lehreinheiten mit Questionnaires und in Feedback-Runden mit den Studierenden evaluiert.

Das **Sommersemester 2023** wird dann genutzt, um Probleme zu beheben, die Überarbeitung des Lehrveranstaltungskonzepts anhand der Erkenntnisse des Pilotsemesters vorzunehmen und die erforderlichen hochwertigen Inhalte für die immersive Lehre zu schaffen, welche essentiell für einen wirksamen Einsatz der Technologie sind. [9, 11] Weil intensivere Selbstlernphasen unter Nutzung der VR-Anwendung für die Studierenden mit einem erhöhten Aufwand gegenüber dem Besuch einer klassischen Vorlesung einhergehen wird, muss auch überdacht werden, welche Inhalte und zu erwerbenden Kompetenzen zentral für das Modul sind. Diese Inhalte können dafür vertieft, und Lernziele höherer Ordnung (Analysieren, Synthetisieren, Evaluieren) [4] priorisiert werden.

In der dritten Phase im **Wintersemester 2023/24** wird das neue, immersive VR-Modul für die Lehre angeboten, in dem größtenteils immersive Lehr- Lern- und Prüfungsformate eingesetzt werden, sowie deren immersive Evaluationen fortgeführt werden, um die kontinuierliche Verbesserung über den Förderzeitraum hinaus beizubehalten. Eine Zwischenevaluation zum Ende der Förderdauer und die finale Evaluation am Semesterende sollen in Form einer Veröffentlichung aufbereitet werden.

### **Technische Umsetzung**

Dank der Entwicklungen im kommerziellen Bereich gibt es heute günstige HMDs auf dem Markt, was es mittlerweile ermöglicht, alle Teilnehmenden des VR-Moduls mit einem eigenen Gerät auszustatten. Für die Entwicklung von VR-Anwendungen wird in der Arbeitsgruppe die Entwicklungsplattform Unity verwendet, die für nicht-kommerzielle Zwecke kostenlos genutzt werden kann.

In der Arbeitsgruppe entwickelte Plugins bieten die Grundlage für das VR-Modul und immersive Themenräume. Unser Open Source Plugin *vrsys* ermöglicht es, Mehrbenutzerräume zu erstellen, die von Nutzenden via HMD oder Desktop betreten werden können. Weitere Features wie personalisierte Avatare, grundlegende 3D-Aufzeichnungen, eigene Navigationstechniken usw. bauen darauf auf und sind daher ebenso verfügbar. Erweitert wird dies während des Projekts durch Persistenzmechanismen, 24/7 online Verfügbarkeit, erweiterte 3D-Aufzeichnungs- und Playback-Mechanismen und immersive Lehrinhalte als Module, die kollaborativ nutzbar sind. Basierend auf diesen Funktionalitäten können mithilfe der Unity Entwicklungsplattform beliebige Lernräume erstellt werden. So wird ein wachsendes und flexibles System entstehen, das als Open Source unter MIT-Lizenz auch anderen Universitäten zur Verfügung stehen wird.

### **Verwendung der Mittel**

Für die Realisierung und Evaluation des VR-Moduls soll das Lehrdeputat einer Mitarbeiter:innenstelle TVL 13 Stufe 1 um 50% d.h. 2 SWS reduziert werden, so dass eine Person durchgehend über die Projektlaufzeit zu 50% zur Verfügung steht. Wesentliche Aufgaben des/der Mitarbeitenden sind:

- Die Implementierung der notwendigen Funktionalitäten für die Durchführung immersiver Lehrveranstaltungen und Bereitstellung persistenter Infrastruktur.
- Die Konzeption und Realisierung immersiver Lernräume und deren Bereitstellung.
- Verwaltung und Aufbereitung von 3D-Aufzeichnungen.
- Technische Betreuung der Studierenden und Lehrenden bzgl. System und Hardware.
- Die Durchführung von Usability-Tests und anderer Evaluations-Maßnahmen, sowie deren Auswertung.

Die verbleibenden Mittel sollen zur Anschaffung einer technischen Ausstattung genutzt werden, insbesondere HMDs auf dem neuesten Stand der Technik.

## 3 Perspektiven

### 3.1 Risikoabschätzung / Evaluation

Aufgrund der langjährigen Lehre einer Vorlesung und Übung zum Thema Virtual Reality und dem Betrieb des Virtual-Reality-Labors seit dem Jahr 2001 sind die Risiken und Aufwände für die Umsetzung eines immersiven VR-Moduls sehr gut abschätzbar. Zudem haben wir nach Durchführung des VR-Moduls am Ende des Wintersemesters 2021/22 bereits eine Anforderungsanalyse unter Beteiligung von Studierenden durchgeführt, die klar hervorgehoben hat, dass die zeit- und ortsunabhängige Nutzung der Inhalte ein wichtiges Bedürfnis ist und auch die durchgehende Verfügbarkeit von HMDs für alle Studierenden ein wesentliches Element dafür darstellt. Konkrete Risiken sehen wir auf technischer Ebene und bezüglich einer angemessenen Usability sowie der Akzeptanz durch Studierende.

Technisch stellt sich zum Einen die Frage, bis zu welcher Gruppengröße Studierende wirklich gleichzeitig zusammen in einem virtuellen Raum aktiv sein und interagieren können, ohne dass negative Effekte wie Überforderung und Ablenkung Überhand nehmen. Als Mitigationsstrategie lassen sich die Studierenden auch in kleinere Gruppen aufteilen und Übergänge zwischen den virtuellen Räumen schaffen. Weitere Herausforderungen sind zum anderen die Persistenz der Daten und die kontinuierliche Verfügbarkeit der virtuellen Lernorte. Um Datenverlusten der von Studierenden entwickelten Anwendungen und Inhalten vorzubeugen, setzen wir auf GIT-Repositories und regelmäßige Backups unserer Server. Da wir auch bisher unsere Server 24/7 durchgehend betrieben und kaum Ausfälle erlebt haben, hoffen wir, dass dies während des Semesterbetriebs auch so bleibt. Für die Eventualität eines Ausfalls des zentralen Servers für die Verteilung und Aufzeichnung von 3D-Lehrinhalten bereiten wir einen Backup-Server vor, auf den dann kurzfristig umgeschaltet werden kann. Kurze Ausfallzeiten während solcher Unterbrechungen und Wartungen sind sicherlich nicht vermeidbar, insbesondere während das System sich noch in der aktiven Entwicklungsphase befindet und sozusagen noch eine „Beta-Version“ eingesetzt wird.

Untersuchungen zur Usability der von uns entwickelten VR-Technologien sind für alle Veröffentlichungen der Arbeitsgruppe verpflichtend, so dass wir hier über exzellente Vorerfahrungen verfügen, insbesondere für soziale VR-Kontexte, zu denen wir regelmäßig hochrangig publiziert haben. Ein sehr spezifisches Usability-Problem von VR-Anwendungen ist die sogenannte „Motion Sickness“ oder „VR-Sickness“, eine Art Reisekrankheit, die bei schnellen virtuellen Bewegungen in VR auftreten kann. Allerdings gibt es viele technische Möglichkeiten um das Auftreten von Motion Sickness zu reduzieren, wie die Bewegung per Teleport, die Verwendung von Sichtfeldeinschränkungen während der Bewegung, die Verwendung von statischen Referenzobjekten um eine Person, die Nutzung von Portalen usw. Der durchdachte Einsatz dieser Techniken mit geeigneten Parametrisierungen vermeidet Motion Sickness in den meisten Fällen, insbesondere wenn man die Sitzungen zeitlich beschränkt.

Die im Rahmen des Projekts entstehenden Lehreinheiten sollen iterativ entwickelt werden, sodass die Ergebnisse aus der ersten Projektetappe im Wintersemester 2022/23 umfangreich in die zweite Iteration im Wintersemester 2023/24 einfließen werden. Es handelt sich dabei um einen menschenzentrierten Entwicklungsprozess der einzelnen Vorlesungs- und Übungseinheiten, in dem deren Prototypen mit den Studierenden in Fokusgruppen diskutiert sowie in Usability-Tests regelmäßig evaluiert werden. Von der gerade in Gründung befindlichen Ethikkommission der Fakultät Medien und wird die Zustimmung für solche Studien eingeholt. Die Teilnehmenden werden über die Studien aufgeklärt und geben ebenfalls ihre Zustimmung, wobei sie diese jederzeit widerrufen können. Der Fokus der Untersuchungen liegt dabei auf effektiver, effizienter, erlernbarer und zufriedenstellender Benutzbarkeit (Usability) der VR-Interaktionsmethoden, Erhöhung sozialer Präsenz, Reduktion von VR-Sickness sowie auf dem Erreichen der Lernziele. Dabei sollen ausgewählte subjektive

(z.B. Fragebögen, Interviews und Beobachtungen) und objektive (z.B. Wissens- und Kompetenzmessung, Performanz und Eye-Tracking-Daten) Metriken und Messungen verwendet werden. Auch ethische Fragen werden in Feedback-Runden mit den Studierenden thematisiert, beispielsweise die Einhaltung üblicher sozialer Abstände in VR (Proxemics) und Fragen von Privatsphäre, Accessibility und Datenschutz.

Die universitätsweiten Evaluierungen, die am Ende jedes Semesters stattfinden, liefern zusätzliche summative Eindrücke. Allerdings eignen sie sich nur unbedingt zur Messung der Verbesserungen gegenüber früheren Veranstaltungen, da das VR-Modul bereits in der Vergangenheit immer sehr gut bewertet und auch schon für den Lehrpreis der Bauhaus-Universität Weimar vorgeschlagen wurde.

### **3.2 Verstetigung**

Die Fellowship erlaubt es, das immersive VR-Modul in zwei großen Iterationen zu entwickeln, so dass alle wesentlichen Lehr- und Übungsinhalte als erfahrbare räumliche und interaktive Erlebnisse in einer sozialen VR-Anwendung umgesetzt werden können. Das Open-Source-Framework *vrsys* meiner Arbeitsgruppe soll dazu entsprechend zur Unterstützung größerer Studierendengruppen, für Persistenz, die Unterstützung individueller und Gruppenarbeit sowie um Möglichkeiten der Aufzeichnung und Wiedergabe von 3D-Lehrinhalten erweitert und angepasst werden.

Das VR-Modul soll so modular aufgesetzt werden, dass existierende Inhalte leicht angepasst und neue Inhalte hinzugefügt werden können. Neue Inhalte aus eigenen Bachelor- und Master-Arbeiten sowie Forschungsergebnisse aus studentischen Projekten, Projektkollaborationen und Promotionen sollen kontinuierlich nach Bedarf und Relevanz in das Framework eingefügt werden. Nicht zuletzt lebt das VR-Modul davon, dass es als Open Source unter MIT-Lizenz auch von anderen Lehrenden frei verwendet und weiterentwickelt werden kann. Inhalte, die nicht unter die Open Source Lizenz fallen, sollen als Open Educational Resources (Lizenz CC BY- NC 3.0 DE oder aktueller) zur Verfügung gestellt werden.

In Weimar soll das immersive VR-Modul auch weiterhin jedes Jahr mit Unterstützung meiner Mitarbeiter:innen im Rahmen der Weimarer Studiengänge angeboten werden. Nach dem initialen Aufbau des immersiven VR-Moduls ist die Pflege und Weiterentwicklung nicht aufwändiger als die reguläre Weiterentwicklung der bisherigen Lehrveranstaltung, so dass die Verstetigung unproblematisch gewährleistet werden kann.

### **3.3 Transferpotential**

Das Konzept VR in VR immersiv zu lehren, ist sehr spezifisch auf den Bereich virtuelle Realität zugeschnitten und nur hier erreicht es seine maximale Wirkung im Sinne des „Dogfooding“<sup>3</sup>. Ein derartiges VR-Modul kann aber an vielen anderen Bildungsinstitutionen in Thüringen und darüber hinaus direkt eingesetzt oder angepasst und weiterentwickelt werden. Beispielsweise lassen sich die theoretischen Grundlagen (Transferfunktionen, Fitts' Law, Steering Law usw.) reduzieren und so auch für weniger informatiknahe Studiengänge geeignete VR-Kurse zusammenstellen. Allerdings sind VR- und allgemein XR-Technologien auch für Lehrveranstaltungen relevant, die andere statische oder dynamische dreidimensionale Inhalte haben, wie beispielsweise in der Architektur und im Bauingenieurwesen sowie im Bereich der Kunst und Gestaltung. Auch diese Lehrinhalte sollten im Sinne des Metaverse Teil des Netzes von in Echtzeit dargestellten virtuellen 3D-Welten werden, die von den Studierenden synchron und dauerhaft genutzt werden können. Einzelne Lehrinhalte sollen auch für interdisziplinäre Projekte genutzt werden, die regelmäßig für Studierende der Fakultäten Medien und Kunst und Gestaltung angeboten werden.

Der Austausch mit anderen Fellows wird einen Vergleich mit anderen innovativen Lehrkonzepten ermöglichen und auch die Weiterentwicklung des VR-Moduls inspirieren. Falls andere Fellows auch mit statischen oder

---

<sup>3</sup>[https://en.wikipedia.org/wiki/Eating\\_your\\_own\\_dog\\_food](https://en.wikipedia.org/wiki/Eating_your_own_dog_food)

dynamischen räumlichen Inhalten arbeiten, so können gemeinsam Szenarien zur Anpassung des VR-Moduls diskutiert und ggf. für den Einsatz in der Lehre der Kolleg:innen auf den Weg gebracht werden.

An der Bauhaus-Universität Weimar ist meine Professur durch verschiedene geförderte Projekte mit den Kolleg:innen der Fakultät vernetzt, beispielsweise der Computer Vision, Sprachverarbeitung, Medienwissenschaft, Psychologie und HCI, deren Entwicklungen aus den gemeinsamen Projekten partiell mit in das VR-Modul einfließen. Umgekehrt ist zu erwarten, dass Elemente des VR-Moduls auch für die Lehre der Kolleg:innen attraktiv sind. Zudem ist eine Zusammenarbeit mit dem eLearning-Labor geplant um Chancen, Risiken und Einsatzszenarien für immersives Lehren, Lernen und Prüfen an anderen Fakultäten der Bauhaus-Universität Weimar zu erkunden und ggf. als Service anzubieten. Darüber hinaus besteht ein regelmäßiger Austausch mit anderen Kollegen, die im Bereich XR-Technologien lehren, beispielsweise mit Prof. Broll von der TU Ilmenau, Prof. Steinicke von Universität Hamburg und Prof. Kuhlen von der RWTH Aachen. Außerdem bin ich seit mehr als 10 Jahren Mitglied des Lenkungskreises der Fachgruppe Virtuelle Realität und Augmented Reality der Gesellschaft für Informatik, deren zentrales Thema die Diskussion und Abstimmung der Lehre und Forschung zu XR-Technologien in Deutschland ist. Ich werde in diesem Gremium kontinuierlich zu den Ergebnissen der Fellowship Teaching VR in VR berichten und die Kolleg:innen zum Einsatz des immersiven VR-Moduls motivieren.

## Literaturverzeichnis

- [1] S. Beck, A. Kunert, A. Kulik, and B. Froehlich. Immersive group-to-group telepresence. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 19(4):616–625, 2013.
- [2] J. Biggs. Enhancing teaching through constructive alignment. *High Educ*, 32:347–364, 1996.
- [3] J. Biggs. Enhancing learning through constructive alignment. In J. Kirby and M. Lawson, editors, *Enhancing the Quality of Learning: Dispositions, Instruction, and Learning Processes*, page 117–136. Cambridge University Press, 2012.
- [4] C. Glameyer. Typen und stufen von lernzielen, 2022. URL <https://dbs-lin.ruhr-uni-bochum.de/lehreladen/planung-durchfuehrung-kompetenzorientierter-lehre/lehr-und-lernziele/typen-und-stufen/>.
- [5] A. Kulik, A. Kunert, S. Beck, R. Reichel, R. Blach, A. Zink, and B. Froehlich. C1x6: a stereoscopic six-user display for co-located collaboration in shared virtual environments. *ACM Transactions on Graphics (TOG)*, 30(6):1–12, 2011.
- [6] A. Kulik, A. Kunert, and B. Froehlich. On motor performance in virtual 3d object manipulation. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 26(5):2041–2050, 2020.
- [7] A. Kunert, A. Kulik, S. Beck, and B. Froehlich. Photoportals: Shared references in space and time. In *Proceedings of the 17th ACM Conf. on Computer Supported Cooperative Work & Social Computing, CSCW '14*, pages 1388–1399, 2014. ISBN 978-1-4503-2540-0.
- [8] A. Kunert, T. Weissker, B. Froehlich, and A. Kulik. Multi-Window 3D Interaction for Collaborative Virtual Reality. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 26(11):3271–3284, 2020.
- [9] B. Marks and J. Thomas. Adoption of virtual reality technology in higher education: An evaluation of five teaching semesters in a purpose-designed laboratory. *Education and Information Technologies*, 27(1): 1287–1305, 2022. ISSN 1573-7608.
- [10] S. Mystakidis, E. Berki, and J.-P. Valtanen. Deep and meaningful e-learning with social virtual reality environments in higher education: A systematic literature review. *Applied Sciences*, 11(5), 2021. ISSN 2076-3417.
- [11] J. Radianti, T. A. Majchrzak, J. Fromm, and I. Wohlgemant. A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda. *Computers & Education*, 147:103778, 2020. ISSN 0360-1315.
- [12] T. Weissker and B. Froehlich. Group navigation for guided tours in distributed virtual environments. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 27(5):2524–2534, 2021.
- [13] T. Weissker, P. Bimberg, and B. Froehlich. Getting There Together: Group Navigation in Distributed Virtual Environments. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 26(5):1860–1870, 2020.