



WOLFRAM PERNICE

STUDIERN IN DER MIXED REALITY

Neue Optionen (nicht nur) für
die Physik-Lehre?



[https://doi.org/10.11588/
fmk.2024.24.103693](https://doi.org/10.11588/fmk.2024.24.103693)

**MARSILIUS-
KOLLEG**

2022 / 2023



STUDIERN IN DER MIXED REALITY

Neue Optionen (nicht nur) für die Physik-Lehre?

Das 'Mix and Match'-Projekt zusammen mit Silke Hertel hatte das Ziel, neue Lehrmethoden basierend auf Augmented Reality (AR) an der Universität Heidelberg zu testen und die Grundlagen für ein Folgeprojekt zu legen. Dazu wurde eine AR-Umgebung für einen Versuch im Fortgeschrittenen-Praktikum der Physik entwickelt, der darauf abzielt, quantenmechanische Prinzipien auf innovative Weise an Studierende zu vermitteln.

Die Komplexität theoretisch-mathematischer Modellierungen und deren Interpretation bei der Anwendung auf das physikalische Experiment stellen hohe Anforderungen an die Lernenden, insbesondere in den ersten Studienjahren. Besonders deutlich wird dies im Themengebiet Quantenphysik, da hier die abstrakte Formulierung nicht direkt beobachtbarer Größen eine zentrale Rolle bei der Modellierung der Messungen spielt. Im Rahmen des Marsilius-Projektes wurde untersucht, ob und wie eine verbesserte integrative Behandlung von experimenteller und abstrakter Modellebene im Bereich physikalischer Praktika durch Mixed-Reality Lernumgebungen (MR, d.h. die integrative Nutzung realer Handlungen am Experiment und adaptiver Visualisierungen) bzw. über Web3D-Anwendungen (d.h. webbasierte interaktive, dreidimensionale Visualisierungen) erreicht werden kann. Bezogen auf Transferierbarkeit, Generalisierbarkeit und inhaltliche Bedeutung wurden Experimente aus dem Bereich Quantenoptik evaluiert, insbesondere zur Quantenkryptographie. Die Transferierbarkeit des digitalen Fachkonzepts wurde durch frei kombinierbare, modulare *open source*-Modelle essentieller optischer Elemente auf alle quantenoptischen Freistrahl-Experimente ermöglicht. Die digitalen Fachkonzepte wurden initial hinsichtlich

Motivation, kognitiver Belastung und Lernförderlichkeit mit Studierenden im Rahmen des Fortgeschrittenenpraktikums quantitativ untersucht und sollen in Folgestudien im Detail quantifiziert werden. Generalisierbarkeit ergibt sich durch die qualitative Charakterisierung und Kontrastierung von Web3D und MR hinsichtlich Usability, sowie inhaltlicher und technologischer Merkmale bezüglich Akzeptanz, insbesondere bei Lehrenden.

Im Rahmen des Projektes wurde ein erster experimentelle Versuchsaufbau realisiert, so dass für die Intervention im Praktikum erstmals eine umfassende Mixed-Reality Umgebung zu einem quantenoptischen Experiment vorlag. Ebenso steht eine Web3D-Umgebung zu dem Versuch zur Verfügung. Im letzten Sommersemester konnte eine erste Intervention erfolgreich umgesetzt und erste Daten ausgewertet werden. Die Ziele der Modularisierung und die Ausweitung der MR-Umgebung auf Quantenkryptographie, sind dabei getrennt zu betrachten: Die Ausweitung auf den spezifischen Versuch zur Quantenkryptographie erfordert eine vorgegebene Lernumgebung mit genau abgestimmten Visualisierungen. Die Modularisierung des Aufbaus kann sich nicht auf Modellierungen und didaktische Erläuterungen beziehen, da die-



se nicht automatisierbar oder programmierbar sind (im Gegensatz zu Strahlengängen im modularen Aufbau). In Hinsicht auf Modularisierung werden prototypische Elemente im Sinne einer Machbarkeitsstudie realisiert.

Im Rahmen des Projektes ist es gelungen, eine MR-Lehr/Lern-Umgebung (MRL) zu aktuellen Experimenten auf dem Gebiet der Quantenoptik für die Lehre umzusetzen. Sowohl die MR- als auch die Web-3D Umgebung werden auch langfristig für die Ausbildung eine wichtige Rolle spielen, etwa in Kooperation mit dem bundesweiten Netzwerk Qubit EDU (<https://qubit-edu.de>), und auch auf europäischer Ebene im Rahmen des Netzwerks QTedu (<https://qtedu.eu/>). Einerseits eröffnet dies eine Vielzahl von Möglichkeiten für Folgearbeiten, um die Lehre auf dem Gebiet der Quantentechnologien mittels MR-Werkzeugen weiter zu verbessern. Andererseits zeigen bereits die hier durchgeführten Pilotstudien deutliche Hinweise auf eine Verbesserung der Kompetenzvermittlung gegenüber bisherigen Formaten. Für die Nutzung und Auswertung ist sichergestellt, dass empirische Daten von mehreren Standorten für die weiteren empirischen Analysen genutzt werden können, sodass in den nächsten Jahren viele weitere empirische Fragestellungen zu MRL-Umgebungen mit großer Stichprobe thematisiert werden können.

Die überaus erfreulichen Rückmeldungen der Studierenden zur ersten MRL-Version und die zahlreichen Einsatzmöglichkeiten der AR-Technik in diversen Studienrichtungen lassen uns zuversichtlich auf unsere geplante Anschlussstudie blicken. Unser Ziel ist es, mittelfristig die MRL in der regulären Lehre an der Universität Heidelberg zu nutzen und sie mit konventionellen Lehransätzen zu vergleichen. Dafür ist die Zusammenarbeit mit den Bildungswissenschaften besonders spannend, da Fragen zur Qualität von Lernumgebungen, ihrer Nutzung durch die Lernenden und Lehrenden, Ergebnissen von Lernprozessen sowie den notwendigen Kompetenzen von Lehrenden und Lernenden durch die Methodologie der Bildungswissenschaften analysiert werden können. Durch die gemeinsame Projektarbeit wollen wir untersuchen, welche Gestaltungsmöglichkeiten für MR-Umgebungen relevant sind, ob modulare und adaptive Umgebungen einen Mehrwert bieten und in welcher Form Rückkopplung während der Versuchsdurchführung durch digitale Assistenzsysteme hilfreich sein kann. Diese Fragen illustrieren den "Match"-Teil in unserem Vorhaben. Dabei werden wir sowohl die MRL als auch Fragebögen basierend auf den bisherigen Erkenntnissen anpassen und erweitern. In Kooperation mit der Core Facility for Neuroscience of Self-Regulation des Field of Focus IV planen

wir zudem, physiologische Daten wie Blickrichtung, Pupillendurchmesser, Hautwiderstand und Herzratenvariabilität zu erfassen, um die subjektiven Berichte durch objektive Messungen zu ergänzen.

Die großartigen Diskussionen über unsere Vorhaben während der Fellow-Treffen des Marsilius-Kollegs stellten einige der Höhepunkte des vergangenen Jahres dar. Es hat mich besonders gefreut, dass wir gemeinsam so viele potentielle Einsatzmöglichkeiten für VR-Technik und MRLs in der pädagogischen Arbeit diverser Fachbereiche finden konnten. Die Treffen im Marsilius-Kolleg waren sehr anregend, und es war eine besondere Erfahrung, intensiven Austausch mit Kolleg:innen aus anderen Disziplinen zu haben und dabei inspirierende Projekte sowie interessante Themen zu besprechen. Ich freue mich darauf, basierend auf diesen Ergebnissen und den Daten aus der Anschlussstudie, erste Anhaltspunkte für die Implementierung von MRL in der Hochschulbildung zu erarbeiten und die Möglichkeiten und Herausforderungen dieser digitalen Methode auf fundierter Basis darzustellen.

Insgesamt lässt sich feststellen, dass es – auch weltweit gesehen – keinen Mixed-Reality -Aufbau zu quantenoptischen Experimenten gibt. Der Transfer an andere Standorte ist möglich, sodass mittelfristig eine neue Art der MR-gestützten Lehre für weitere interessierte Standorte möglich ist. Eine grundlegende Frage bei der Ausbildung im Rahmen von Laborpraktika besteht darin zu unterscheiden, für welche fachspezifischen und allgemeinen experimentellen Kompetenzen ein realer experimenteller Aufbau essentiell ist, und welche Kompetenzen sich auch an einem digitalen Surrogat, wie z.B. einem 3D gedruckten Aufbau mit MR-Umgebung, oder einer Web3D-Umgebung, vermitteln lassen. Da quantenoptische Experimente sehr teuer sind, wäre dies für eine insbesondere auch internationale Verbreitung von Quantentechnologie in der Ausbildung eine sehr relevante Fragestellung. Für derartige Untersuchungen steht durch die im Projekt neu geschaffenen Lernumgebungen eine technische Plattform bereit.