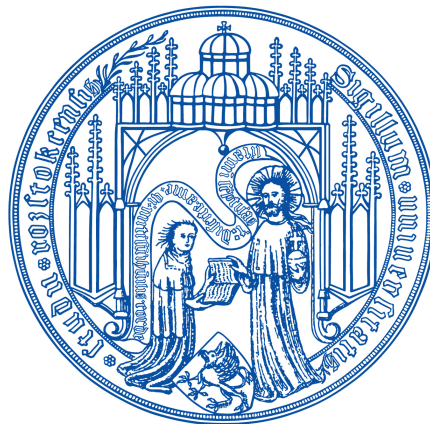

Entwicklung von 3D-Darstellungen mit der HoloLens zur Unterstützung der Vermittlung physikalischer Inhalte

Masterarbeit

Universität Rostock
Fakultät für Informatik und Elektrotechnik
Institut für Informatik



| | |
|-----------------|----------------------------|
| vorgelegt von: | Matthias Kuhr |
| Matrikelnummer: | 212207426 |
| geboren am: | 07.04.1993 in Rostock |
| Erstgutachter: | Prof. Dr. Heidrun Schumann |
| Zweitgutachter: | Prof. Dr. Oliver Staadt |
| Betreuer: | Dr. Christian Tominski |
| Abgabedatum: | 8. November 2018 |

SELBSTSTÄNDIGKEITSERKLÄRUNG

Ich erkläre, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und nur unter Verwendung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel angefertigt habe.

Rostock, den 8. November 2018

ZUSAMMENFASSUNG

Abstract GER

ABSTRACT

Abstract ENG

INHALTSVERZEICHNIS

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Einleitung | 1 |
| 1.1 | Aufgabenstellung | 1 |
| 1.2 | Aufbau der Arbeit | 2 |
| 2 | Mixed Reality | 3 |
| 2.1 | Das Virtual Continuum | 3 |
| 2.2 | AR und VR Devices | 3 |
| 2.3 | Beispiele Anwendungen | 4 |
| 2.4 | Aktuelle Entwicklung und Potential für MR | 4 |
| 3 | HoloLens | 5 |
| 3.1 | Die Technik | 5 |
| 3.2 | Interaktion | 5 |
| 3.3 | Implikationen für Anwendungsdesign | 5 |
| 4 | Mixed Reality in der Lehre | 6 |
| 4.1 | AR im Education Bereich | 6 |
| 4.2 | Einsatz in der Physik | 6 |
| 4.3 | Offenes Potential in der Physik | 6 |
| 5 | Entwicklungsprozess | 7 |
| 5.1 | Herausforderungen beim Design von MR Anwendungen | 7 |
| 5.2 | Designprozess | 7 |
| 6 | Konzepte für HoloLens in der Physik Lehre | 8 |
| 6.1 | Visualisierung und Simulation | 8 |
| 6.2 | Anwendungsklassen | 8 |
| 7 | Umsetzung | 9 |
| 7.1 | Gewähltes Experiment | 9 |
| 7.2 | Konzept | 9 |
| 7.3 | Design | 9 |
| 7.4 | Implementierung | 9 |
| 8 | Zusammenfassung | 10 |
| 8.1 | Ergebnisse | 10 |
| 8.2 | Diskussion | 10 |
| 8.3 | Ausblick | 10 |
| | Literatur | 11 |

1 EINLEITUNG

Ziel des Kapitels:

Arbeit motivieren, an die Fragestellung heranzuführen und diese formulieren

Inhalte:

- MR kurz vorstellen, aktuelle Bedeutung hervorheben, HoloLens als aktuelles Device und Anhaltspunkt nutzen
- Anwendung in der Physik Lehre einleiten und motivieren
- Ziel, Aufgabenstellung und Struktur der Arbeit

Wichtige Literatur:

- Physics holo.lab learning experience: using smartglasses for augmented reality labwork to foster the concepts of heat conduction [Str+18]
- Augmenting Microsoft's HoloLens with vuforia tracking for neuronavigation [Fra+18]
- HoloMuse: Enhancing Engagement with Archaeological Artifacts Through Gesture-Based Interaction with Holograms [Pol+17]

1.1 Aufgabenstellung

Im Rahmen der Arbeit soll anhand der HoloLens untersucht werden, wie die Mixed Reality Technologie in der Physik-Lehre eingesetzt werden kann, um physikalische Inhalte zu vermitteln. Insbesondere soll betrachtet werden, wie physikalische Experimente mittels Mixed Reality Anwendungen durch zusätzliche Inhalte angereichert werden können.

Dabei sind auf der einen Seite die technischen Möglichkeiten der HoloLens und des Mixed Reality Toolkits zu betrachten und in Zusammenhang mit dem Anwendungsfall zu bringen. Hier orientiert sich die Arbeit an bereits bestehenden Anwendungen wie z.B. in der Medizin. Auf der anderen Seite müssen, mit der Unterstützung durch Physiker, konkrete Anwendungsszenarien ausgearbeitet werden. Das beinhaltet eine Auswahl von geeigneten Experimenten, den darzustellenden Objekten und Informationen sowie das Zusammenspiel dieser mit dem aufgebauten Experiment, der Umgebung und den Nutzern.

Für einen ausgewählten solchen Anwendungsfall soll eine Umsetzung mit der

HoloLens konzipiert, designet und prototypisch implementiert werden.

1.2 Aufbau der Arbeit

Die vorliegende Arbeit ist wie folgt aufgebaut. Kapitel 2 führt die Begriffe Augmented- und Mixed Reality ein und gibt einen kurzen Überblick über die Techniken. Kapitel 3 stellt die HoloLens mit ihren technischen Hintergründen vor und geht auf Designrelevante Aspekte ein. In Kapitel 4 wird der aktuelle Stand im Einsatz der HoloLens in der Physik und im Bereich Education allgemein beleuchtet und offene Probleme angesprochen. Den Entwicklungsprozess der Umsetzung betrachtet Kapitel 5. Die erarbeiteten Konzepte diskutiert Kapitel 6, gefolgt von einer Erörterung der prototypischen Umsetzung in Kapitel 7. Abschließend fasst Kapitel 6 die Ergebnisse zusammen und zieht ein Fazit.

2 MIXED REALITY

Ziel des Kapitels:

Begriffsklärung und Einordnung von AR, MR, VR in das Virtual Continuum. Einordnung der HoloLens in das gegebene Spektrum. Bildet wichtige Grundlage für die zu entwickelnden Konzepte. Davon ausgehend kurz Potential für Anwendungen aufzeigen.

Inhalte:

- Virtual Continuum erklären und AR, AV, VR einordnen
- (Je nach Relevanz) Dazu kurz Techniken und Devices erwähnen: HMDs, Smartphones, Lighthouse Tracking, Inside-Out Tracking, Gemeinsamer Nullpunkt, Object Tracking, Object Recognition. . .
- Potential für MR und HoloLens aufzeigen

Wichtige Literatur:

- A taxonomy of mixed reality visual displays [MK94]
- A survey of augmented reality [Azu97]
- Augmented Reality: Where we will all live [Ped17]

2.1 Das Virtual Continuum

Virtual Continuum vorstellen und Begriffe AR; AV; VR; MR klären und einordnen.

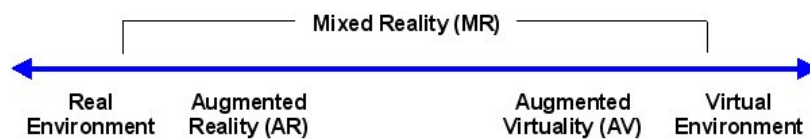


Abbildung 1: Virtual Continuum eingeführt von Paul Milgram [MK94]

2.2 AR und VR Devices

HoloLens einordnen und kurz andere Techniken erwähnen, damit unterschiedliche Arbeiten in Kapitel 4 entsprechend eingeordnet werden können. Smartphone AR, z.B. Apple ARKit, Pokemon Go, HUDs, Oculus Rift, Vive, PS VR, Opaque

vs see through, standalone vs wired, Bezug zu anderen Techniken ansprechen:
Object detection, Object recognition, Object tracking

2.3 Beispiele Anwendungen

HoloMuse, Galaxy Explorer, Fragments, LifeLiqe, HoloTour, Insight Heart, Dynamic Anatomy

Damit Orientierungshilfe gegeben und Vorstellungsvermögen verbessert für späteres Anwendungsdesign

2.4 Aktuelle Entwicklung und Potential für MR

Leistungssteigerung im Hardwarebereich und Fortschritte bei AI führt zur Verfügbarkeit von Devices von AR bis VR, daher sehr aktuelles Thema, viel Potential

3 HOLOLENS

Ziel des Kapitels:

HoloLens und Mixed Reality Toolkit mit ihrer Technik und Interaktionsweise vorstellen und auf Implikationen für das Design eingehen.

Inhalte:

- Übersicht über Technik der HoloLens, besonderer Fokus auf Designrelevanten Aspekten
- Interaktion und MRTK (kurz) vorstellen
- Einschränkungen und Designempfehlungen vorstellen

Wichtige Literatur:

- Mobile Augmented Reality Illustrations That Entertain and Inform: Design and Implementation Issues with the HoloLens [Zim+17]
- Microsofts eigene Docs
- Ggf. Ressourcen zu technischen Quellen bezüglich eingesetzter Techniken

3.1 Die Technik

HMD mit see through display, 60hz upscale zu 240hz, jede Farbe einzeln sequenziell, pro Anwendungsframe also 3 Farbframes, inside out tracking mit IMU, 2x IR und Stereo Kamera, Head Movement Prediction, Standalone, CPU, GPU, Akkulaufzeit, Gewicht, Windows 10 Holographic, Entwicklung und Deployment mit Unity

3.2 Interaktion

Gestensteuerung, Click, Hold-Click, Drag-Drop, Scale, Bloom usw. 1 und 2 Hand Gesten, Anwendungen können per API auf Gesten reagieren, Sprachsteuerung (Englisch), API für Spracherkennung

3.3 Implikationen für Anwendungsdesign

Abstand, Geschwindigkeit und Größe der Objekte wichtig, Blickwinkel, Depth Cues, Drop Shadows, Occlusion, Einführung in Gesten, FoV, Cursor, Weiß - Rainbow, Dunkle Farben vermeiden, Performance, Klick-Feedback

4 MIXED REALITY IN DER LEHRE

Ziel des Kapitels:

State of the Art in der Überschneidung mit dem Education Bereich vorstellen.

Inhalte:

- Aktueller Einsatz der HoloLens insb. In der Physik, aber auch in anderen Bereichen
- Einsatz von AR in Lehre allgemein, nur relevante Aspekte
- Offene Probleme und Fragestellungen aufzeigen, insb. die aktuell fehlende Einbettung von Darstellungen in reale Objekte und das Potential für Simulationen

Wichtige Literatur:

- Physics holo.lab learning experience: using smartglasses for augmented reality labwork to foster the concepts of heat conduction [Str+18]
- Using Augmented Reality for Teaching Physics [TN15]
- HolOsci: Hololens Augmented Reality Oscilloscope Based Support for Debugging Electronics Circuits [JPL18]
- PhET: Simulations that enhance learning [WAP08]

4.1 AR im Education Bereich

Beispiele vorstellen, Paper zu positiven Effekten von AR zitieren als Legitimation, Einsatz begründen, Beispiele vorstellen, insb. mit der HoloLens

4.2 Einsatz in der Physik

Strzys, Javaheri, Techakosti vorstellen

4.3 Offenes Potential in der Physik

fehlende Integration von Einbettung und Interaktion der Darstellungen sowie keine Simulation

5 ENTWICKLUNGSPROZESS

Ziel des Kapitels:

Den genutzten Entwicklungsprozess vorstellen und kurz anhand der Literatur begründen.

Inhalte:

- Vorgehen in Zusammenarbeit mit der Physik vorstellen
- Designprozess vorstellen

Wichtige Literatur:

- Envisioning Holograms [Pel17]
- Intuitive 3D Model Prototyping with Leap Motion and Microsoft HoloLens [JC18]
- Designing for Depth Perceptions in Augmented Reality [Dia+17]

Zusammenarbeit mit Physikern hervorheben.

5.1 Herausforderungen beim Design von MR Anwendungen

Aufbauend auf Kap. 2, 3 und 4 die besonderen Herausforderungen des Designprozesses hervorheben.

5.2 Designprozess

Gewähltes Vorgehen beschreiben und begründen. Kein vertrauter Design-Space, deshalb Einführung über Beispielanwendungen, Anregungen über Vorschläge, Skizzen. Dann Verfeinerungsprozess. Orientierungshilfen aus [Pel17].

6 KONZEPTE FÜR HOLOLENS IN DER PHYSIK LEHRE

Ziel des Kapitels:

Hier kommen die konzeptionellen Ergebnisse zum Einsatz der HoloLens in der Physik.

Inhalte: Hier kommen die konzeptionellen Ergebnisse zum Einsatz der HoloLens in der Physik

- ToDo: Visualisierung vs. Simulation + Visualisierung
- ToDo: Verschiedene Konzepte anhand des Virtual Continuum vorstellen inkl. Beispiele

(Optional) Literatur:

TODO

Idee:

6.1 Visualisierung und Simulation

Visualisierung von Daten und Schemata Simulation mit Visualisierung

6.2 Anwendungsklassen

in Anlehnung an Virtual Continuum eigenständig vs angehängt vs eingebettet

7 UMSETZUNG

Ziel des Kapitels:

Vorstellung der praktischen Umsetzung.

Inhalte:

- Vorstellung des Experimentes
- Konzept
- Design
 - Visualisierung
 - Interaktion
- Implementierung

(Optional) Literatur:

7.1 Gewähltes Experiment

7.2 Konzept

7.3 Design

7.4 Implementierung

8 ZUSAMMENFASSUNG

Ziel des Kapitels:

Zusammenfassung der Ergebnisse, Beantwortung der Fragestellung und Ausblick.

Inhalte:

- Zusammenfassung
- Ausblick

(Optional) Literatur:

8.1 Ergebnisse

8.2 Diskussion

8.3 Ausblick

LITERATUR

- [Azu97] Ronald T. Azuma. *A survey of augmented reality*. 1997. DOI: 10.1162/pres.1997.6.4.355. arXiv: 1708.05006.
- [Dia+17] C Diaz u. a. “Designing for Depth Perceptions in Augmented Reality”. In: *2017 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR)*. 2017, S. 111–122. DOI: 10.1109/ISMAR.2017.28.
- [Fra+18] Taylor Frantz u. a. “Augmenting Microsoft’s HoloLens with vufo-ria tracking for neuronavigation”. In: *Healthcare Technology Letters* (2018).
- [JC18] Poonsiri Jailungka und Siam Charoenseang. “Intuitive 3D Model Prototyping with Leap Motion and Microsoft HoloLens”. In: *Human-Computer Interaction. Interaction Technologies*. Hrsg. von Masaaki Kurosu. Cham: Springer International Publishing, 2018, S. 269–284. ISBN: 978-3-319-91250-9.
- [JPL18] Hamraz Javaheri, Olaf Pfeiffer und Paul Lukowicz. “HolOsci: Holo-lens Augmented Reality Oscilloscope Based Support for Debugging Electronics Circuits”. In: *Proceedings of the 2018 ACM International Joint Conference and 2018 International Symposium on Pervasive and Ubiquitous Computing and Wearable Computers*. UbiComp ’18. New York, NY, USA: ACM, 2018, S. 1006–1010. ISBN: 978-1-4503-5966-5. DOI: 10.1145/3267305.3274125.
- [MK94] Paul Milgram und Fumio Kishino. “A taxonomy of mixed reality visual displays”. In: *IEICE TRANSACTIONS on Information and Systems* 77.12 (1994), S. 1321–1329.
- [Ped17] Jon Peddie. *Augmented Reality: Where we will all live*. 2017. ISBN: 9783319545028. DOI: 10.1007/978-3-319-54502-8. arXiv: arXiv:1011.1669v3.
- [Pel17] Mike Pell. *Envisioning Holograms*. 1. Aufl. Apress, 2017. ISBN: 978-1-4842-2748-0. DOI: 10.1007/978-1-4842-2749-7.
- [Pol+17] Christina Pollalis u. a. “HoloMuse: Enhancing Engagement with Archaeological Artifacts Through Gesture-Based Interaction with Holograms”. In: *Proceedings of the Eleventh International Conference on Tangible, Embedded, and Embodied Interaction*. TEI ’17. New York, NY, USA: ACM, 2017, S. 565–570. ISBN: 978-1-4503-4676-4. DOI: 10.1145/3024969.3025094.

- [Str+18] M P Strzys u. a. “Physics holo.lab learning experience: using smartglasses for augmented reality labwork to foster the concepts of heat conduction”. In: *European Journal of Physics* 39.3 (2018), S. 035703. ISSN: 0143-0807. DOI: 10.1088/1361-6404/aaa8fb. arXiv: 1711.05087 [physics.ed-ph].
- [TN15] Somsak Techakosit und Prachyanun Nilsook. *Using Augmented Reality for Teaching Physics*. 2015.
- [WAP08] Carl E Wieman, Wendy K Adams und Katherine K Perkins. “PhET: Simulations that enhance learning”. In: *Science* 322.5902 (2008), S. 682–683.
- [Zim+17] Christian Zimmer u. a. “Mobile Augmented Reality Illustrations That Entertain and Inform: Design and Implementation Issues with the Hololens”. In: *SIGGRAPH Asia 2017 Mobile Graphics & Interactive Applications*. SA '17. New York, NY, USA: ACM, 2017, 23:1–23:7. ISBN: 978-1-4503-5410-3. DOI: 10.1145/3132787.3132804.

DANKSAGUNG

Dankö.