

LUDWIG-MAXIMILIANS-UNIVERSITÄT MÜNCHEN
Department "Institut für Informatik"
Lehr- und Forschungseinheit Medieninformatik
Prof. Dr. Heinrich Hußmann

Masterarbeit

**Entwicklung eines Systems zur Nutzung von VR-Brillen im
Unterricht**

Veronika Fuchsberger
veronika.fuchsberger@campus.lmu.de

Bearbeitungszeitraum: 01. 08. 2018 bis 30. 01. 2018
Betreuer: Christoph Krichenbauer
Verantw. Hochschullehrer: Prof. Heinrich Hußmann

Zusammenfassung

Kurzzusammenfassung der Arbeit, maximal 250 Wörter.

Abstract

Short abstract of the work, maximum of 250 words.

Aufgabenstellung

Kopie der Original-Aufgabenstellung

Ich erkläre hiermit, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig angefertigt, alle Zitate als solche kenntlich gemacht sowie alle benutzten Quellen und Hilfsmittel angegeben habe.

München, 14. Dezember 2018

.....

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Existierende VR-Hardware-Systeme	3
2.1	Computer-gestützte VR-Hardware	3
2.1.1	Oculus Rift	3
2.1.2	HTC Vive	3
2.1.3	Playstation VR	3
2.2	Stand-alone VR-Hardware	3
2.2.1	Oculus Go	3
2.2.2	Oculus Quest	3
2.2.3	Google Daydream	3
2.3	Smartphone gestützte VR-Hardware	3
2.3.1	Google Cardboard	3
2.3.2	Samsung Gear VR	3
3	Aktuelle Einsatzgebiete von VR	5
3.1	3D in VR	5
3.2	Eingabemethoden in VR	5
3.3	Existierende VR-Systeme im Bildungsbereich	5
4	Aktuelle Challenges an VR-Systemen	7
4.1	Motion Sickness	7
4.1.1	Mindestalter zur Nutzung von VR-Systemen	7
5	360°-Inhalte	9
5.1	360°-Fotos	9
5.2	360°-Videos	9
5.3	3D-Modelle	9
5.4	360° Sound	9
5.5	Quellen für 360°-Inhalte	9
5.5.1	Quellen für 360°-Fotos	9
5.5.2	Quellen für 360°-Video	9
5.5.3	Quellen für 360°-Sounds	9
5.5.4	Quellen für 3D-Modellen	9
5.6	Erstellen von 360°-Inhalten	9
5.7	Bearbeiten von 360°-Inhalten	9
5.8	Formate für Inhalte in React360	9
6	Software Projekt: VRClassroom	11
6.1	Nutzungsszenario und Anwendungsfokus	11
6.2	Anwender	11
6.3	Grundstruktur	11
6.4	Lehrer-Applikation	12
6.4.1	Verbundene Geräte	12
6.4.2	Hineinladen von Inhalten	13
6.4.3	Controls	13
6.5	Kommunikation zwischen Lehrer-App und Schüler-App	13
6.6	QR-Code Fenster	13
6.7	Schüler-App	13
6.7.1	Eingabe des Namens	14

6.7.2	Anzeigen von 360°-Fotos	14
6.7.3	Abspielen von 360°-Videos	14
6.7.4	Anzeigen von 3D-Modellen	14
6.7.5	Abspielen von Videos mit Ton	14
6.7.6	WebVR Polyfill	14
7	Nutzerstudie und Evaluation	15
7.1	Ablauf der Studie	15
7.2	Fragebogen	15
7.3	Erkenntnisse	15
8	Ausblick	17
8.1	Mögliche Weiterentwicklungen an VRClassroom	17
8.1.1	Ausfragemodus: Ausgewählter Schüler setzt Markierung	17

1 EINLEITUNG

1 Einleitung

2 Existierende VR-Hardware-Systeme

Es gibt inzwischen eine große Zahl verschiedener VR-Hardware-Systeme, die sich in drei Gruppen mit unterschiedlichen Anwendungsszenarien unterteilen: Die Computer-gestützten VR-Systeme, die Stand-alone VR-Systeme und die Smartphone-gestützten VR-Systeme.

2.1 Computer-gestützte VR-Hardware

Die erste Gruppe sind die Computer-gestützten Hardware-Systeme: Sie sind mit einem Kabel mit dem Rechner verbunden, der die Rechenleistung für die eigentlich Brille übernimmt. Sie eignen sich besonders für extrem rechenaufwändige Anwendungen, aber schränken durch ihre Kabel die Bewegungsfreiheit des Nutzers ein.

2.1.1 Oculus Rift

2.1.2 HTC Vive

2.1.3 Playstation VR

2.2 Stand-alone VR-Hardware

Die zweite Gruppe sind die Stand-alone Hardware-Systeme wie etwa die Oculus Go, Oculus Quest oder Google Daydream. Es handelt sich hierbei um vollumfängliche Systeme, die ohne weiteres Equipment auskommen und auch keinen Computer benötigen. Da sie mit einem Akku betrieben werden, ist die Betriebsdauer allerdings eingeschränkt und auch die Rechenleistung ist deutlich geringer als die der Computer-gestützten Systeme.

2.2.1 Oculus Go

2.2.2 Oculus Quest

2.2.3 Google Daydream

2.3 Smartphone gestützte VR-Hardware

Die dritte Gruppe bilden die Smartphone-gestützten VR-Systeme. Damit sind alle Systeme gemeint, bei denen das Smartphone integriert wird, um die VR-Inhalte zu zeigen. Diese liegen preislich auf einem sehr niedrigen bis mittlerem Niveau und bilden so eine gute Möglichkeit für alle Leute in die Welt der VR-Systeme einzutauchen, ohne direkt mehrere Hundert Euro ausgeben zu müssen.

2.3.1 Google Cardboard

2.3.2 Samsung Gear VR

3 Aktuelle Einsatzgebiete von VR

3.1 3D in VR

WebVR macht das schon. Dadurch muss die Szene doppelt gerendert werden. Wie entsteht 3d generell? Augenabstand

3.2 Eingabemethoden in VR

3.3 Existierende VR-Systeme im Bildungsbereich

VR-Gerät	Mindestalter	Weitere Angaben
Oculus Go / Quest / Rift	13 Jahre	wurde gezielt für diese Altersgruppe und darüber entwickelt
Samsung Gear VR	13 Jahre	Nutzung nur unter Aufsicht eines Erwachsenen; warnen vor Problemen bei der Entwicklung der Augen und einigen anderen möglichen Problemen
HTC Vive	keine Angabe	HTC Account ab 14 Jahren; ältere Kinder sollten bei Nutzung beaufsichtigt werden
Playstation VR	12 Jahre	keine
Google Daydream	13 Jahre	keine
Google Cardboard	keine Angabe	nicht ohne Aufsicht eines Erwachsenen

4 Aktuelle Challenges an VR-Systemen

Hier wird gerade besonders daran geforscht oder das gibt es noch nicht, ist aber sehr gewünscht.

4.1 Motion Sickness

4.1.1 Mindestalter zur Nutzung von VR-Systemen

Fast alle Hersteller geben in ihren Nutzungsbedingungen oder Sicherheitsanweisungen ein Mindestalter für die Benutzung ihrer VR-Systeme an. Oculus weist konkret darauf hin, dass eine Nutzung ihrer Geräte unter 13 Jahren ihren Nutzungsbedingungen widerspricht und diese erst für diese Altergruppe entwickelt sind. “The Services are intended solely for users who are aged 13 or older. Any registration for, or use of, the Services by anyone under the age of 13 is unauthorised, unlicensed and in breach of these Terms.” [1]

Samsung geht dabei noch einen Schritt weiter und warnt vor einer Nutzung unter 13 Jahren, da sich jüngere Kinder in einer “critical period in visual development” [2] befinden. Zudem sollen auch Kinder über 13 Jahren nur unter Aufsicht einer erwachsenen Person die Gear VR benutzen und dabei darauf achten regelmäßig Pausen zu machen. Eine lange Nutzung soll generell vermieden werden und die Kinder sollen während und nach der Nutzung beobachtet werden, ob sich ihre Fähigkeiten in der Hand-Augen-Koordination, Balance oder Multi-Tasking verschlechtern. Außerdem wird eine Liste an Symptomen aufgeführt bei deren Anzeichen eine Nutzung sofort unterbrochen werden soll. Dazu zählen: “seizures, loss of awareness, eye strain, eye or muscle twitching, involuntary movements, altered, blurred, or double vision or other visual abnormalities, dizziness, disorientation, impaired balance, impaired hand-eye coordination, excessive sweating, increased salivation, nausea, lightheadedness, discomfort or pain in the head or eyes, drowsiness, fatigue, or any symptoms similar to motion sickness.” [2]

- HTC Vive: 14 (für HTC Account, nichts zur generellen Nutzung) (
- HTC Vive: older children should be monitored (HTC VIVE safety guide)
- Playstation VR: 12+ (<https://blog.us.playstation.com/2017/10/02/playstation-vr-the-ultimate-faq/>)
- Google Cardboard: not without adult supervision (<https://vr.google.com/cardboard/product-safety/>)
- Google Daydream: 13

- Interview with Martin Banks, Professor of Optometry, Vision Science, Psychology, and Neuroscience at the University of California, Berkeley: Manufacturers say 12/13+, but not real problems found for younger children until now (23.04.26) (<https://www.digitaltrends.com/virtual-reality/is-vr-safe-for-kids-we-asked-the-experts/>)

5 360°-Inhalte

5.1 360°-Fotos

5.2 360°-Videos

5.3 3D-Modelle

5.4 360° Sound

5.5 Quellen für 360°-Inhalte

5.5.1 Quellen für 360°-Fotos

5.5.2 Quellen für 360°-Video

5.5.3 Quellen für 360°-Sounds

5.5.4 Quellen für 3D-Modellen

5.6 Erstellen von 360°-Inhalten

5.7 Bearbeiten von 360°-Inhalten

5.8 Formate für Inhalte in React360

6 Software Projekt: VRClassroom

6.1 Nutzungsszenario und Anwendungsfokus

VRClassroom wurde speziell für die Nutzung in der Schule entwickelt. Dabei kann die Lehrkraft das VR-Erlebnis für die SchülerInnen führen und ihnen so komplexe 3-dimensionale Inhalte besser vermitteln und eine spannende neue Art des Lernens zu erleben. Außerdem wurde Funktionen wie etwa die Seitenleiste mit den verbundenen Geräten entwickelt, die es der Lehrkraft erleichtern sollen VRClassroom in einer Schulklasse einzusetzen und sicher zu stellen, dass alle Geräte verbunden sind und die Inhalte angezeigt werden.

Da viele Schulen noch überhaupt keine Ausrüstung an VR-Headsets haben, lag der Fokus besonders auf der Nutzung des VRClassroom Systems mit einem Smartphone in einem Google Cardboard. Allerdings wurde es bewusst so entwickelt, dass auch mit "echten" VR-Headsets das System problemlos weiter genutzt werden kann. So wird den Schulen ermöglicht mit einer sehr geringen Investition zu testen, ob es für sie in Frage kommt und können zu einem späteren Zeitpunkt zu einem elaborierteren Hardware-System wechseln ohne auf neue Software umsteigen zu müssen.

Weitere Einsatzszenarien für VRClassroom könnten Besprechungen im Arbeitsumfeld gehen, bei denen es sich um plastische Inhalte handelt wie zum Beispiel Architekturbüros, Designagenturen oder Landschaftsgärtner handelt. Mit einem 360°-Foto oder -Video könnte der Ist-Zustand besprochen werden und anschließend die Entwürfe in 3D-Modellen vorgeführt werden. Dadurch könnten Kunden sich besser in die Entwürfe hineinversetzen und bewusster entscheiden, was sie haben möchten.

6.2 Anwender

Da an Schulen Lehrkräfte und Schülerinnen und Schüler verschiedenster Altersstufen und Levels an Technikaffinität zu finden sind sollte die Software

- Hauptszenario: Lehrer und Schüler im Klassenzimmer
- mögliche andere Szenarien: Lerngruppen, Workmeetings
- Anwender: Lehrer und Schüler aller Fachrichtungen und mit unterschiedlichsten Skillleveln
- deshalb muss es sowohl für Lehrer als auch für Schüler möglichst intuitiv und einfach zu bedienen sein!
- Augenmerk bei der Entwicklung lag besonders darauf

6.3 Grundstruktur

Das VRClassroom System besteht aus zwei verschiedenen Applikationen: Zum einem der Schüler-App, die auf den VR-Systemen läuft mit denen die Schüler sehen können, was der Lehrer ihnen präsentiert, und die Lehrer-App, in der die Lehrkraft die verschiedenen Inhalte hineinladen, Markierungen auf die Inhalte setzen kann und und sehen kann, welche Schüler-Geräte aktuell verbunden sind.

Da viele Lehrer in ihrer Ausbildung oft nicht mit vielen neuen Technologien in Berührung gekommen sind, sondern es gewohnt sind mit den "klassischen" Medien zu arbeiten, lag der Augenmerk bei der Entwicklung darauf, dass das benötigte technische Verständnis möglichst niedrig ist und auch Personen, die sich selbst als nicht technikaffin bezeichnen würden, keinerlei Probleme bei der Nutzung haben. Gleiches gilt selbstverständlich auch auf der Seite der Schüler. Da diese aber hauptsächlich passiv agieren, standen hier die Lehrkräfte im Mittelpunkt der Aufmerksamkeit.

6.4 Lehrer-Applikation

Die Lehrer-Applikation besteht aus einer Electron-App, die in zwei logische Teile zerlegt ist. Das ist zum einen der main-Prozess, der es erlaubt Zugriffe auf das File-System des Rechners zu machen und für rechenaufwändige Hintergrundprozesse genutzt wird, und zum Anderen der render-Prozess. Der render-Prozess ist der Teil des Programms, das die Lehrkraft letztendlich auf ihrem Bildschirm sieht.

Die Lehrer-App enthält genau genommen zwei render-Prozesse: Die teacher-App, in der die Lehrkraft alle verbundenen Geräte sehen kann und verschiedene Inhalte hineinladen kann, und die student-App, die als iFrame in die teacher-App eingebunden ist und auf den Geräten der Schülern läuft.

Die teacher-App enthält außerdem noch den QR-Code Generator, der in einem zweiten Fenster geladen wird.

Um eine Liste der verbundenen Geräte zu halten und Veränderungen der Inhalte auf die Schüler-Geräte zu synchronisieren, startet die teacher-App einen Websocket-Server, mit dem sich alle Schüler-Geräte verbinden.

6.4.1 Verbundene Geräte

Wie in der Grafik zu sehen hält die teacher-App eine Liste mit allen verbundenen Geräte dieser Session. Sind die Geräte gerade aktiv, werden sie mit einem grünen Icon dargestellt, sind sie inaktiv, mit einem Roten.

Das soll der Lehrkraft erleichtern zu überprüfen, ob die Schüler den gezeigten Stoff verfolgen oder sich anderweitig beschäftigen.

Haben die Schüler bereits einen Namen eingegeben, wird dieser in der Liste angezeigt. Ist dies nicht der Fall wird aus dem user-agent versucht möglichst genau zu schließen, um welches Gerät es sich handelt, sodass der Lehrer zumindest einschränken kann, um welchen Schüler bzw welche Schülerin es sich handeln könnte.

NEU: Bei Modellen und Videos der loading-Status der einzelnen Geräte

Ein User-Agent kann zum Beispiel wie folgt aussehen:

Mozilla/5.0 (iPhone; CPU iPhone OS 5_0 like Mac OS X) AppleWebKit/534.46 (KHTML, like Gecko) Version/5.1 Mobile/9A334 Safari/7534.48.3

Daraus lässt sich schließen, dass es sich um eine iPhone handelt, welches Safari benutzt, um die Schüler-App zu laden. Die Oculus Geräte hingegen geben in ihrem User-Agent an, den Oculus Browser zu verwenden und sind so auch gut von den anderen verbundenen Geräten zu unterscheiden. Da aber hier nicht ersichtlich wird welches Oculus-Gerät es genau ist wird nur "Oculus device" angegeben und nicht genauer spezifiziert, ob es sich dabei um eine Go, Quest oder Rift handelt.

- startet Websocket Server
- generiert QR-Code
- Lehrer kann verschiedene Apps starten:
 - 360° Photos und 3D-Modelle anzeigen und Markierungen einfügen
 - 360° Videos synchronisiert auf allen Geräten zeigen und play/pause aus Lehrer-App steuern
 - Streetview photos von locations laden und anzeigen (?)
- hält history der zuvor gezeigten Inhalte, um sie vereinfacht wiederanzuzeigen

6.4.2 Hineinladen von Inhalten

6.4.3 Controls

Overlay über iFrame mit Controls, die sich je nach gezeigtem Inhalt unterscheiden:

Marker 3D-Modell erstellt. Leuchtende Farbe -> gut zu finden Rotation -> erweckt Aufmerksamkeit Marker in Fotos/ Videos und auf Modellen Skalierung von Markern auf 3D-Modellen zu Entfernung von Kamera Berechnung der Markerposition im Zylinder und auf 3D Modellen: Aus Mausposition und Fenstergröße wird Strahl berechnet. Bei Zylinder wird z auf festen Wert gesetzt, bei 3D Modellen Schnittpunkt mit Modell berechnet.

Video Controls Länge des Videos, Play/ Pause, Timeslider, aktuelle Zeit, Mute/Sound, Marker (nur im pausierten Zustand nutzbar)

Photo Controls Name des Fotos, Marker

Model Controls Switch: Skalieren/ Drehen, Slider zum Drehen/ Skalieren, Marker

6.5 Kommunikation zwischen Lehrer-App und Schüler-App

WebSocket Server from Teacher App -> Schüler Gerät meldet sich bei Laden der URL an Teacher App antwortet mit aktuellem Content Teacher App schickt bei jeder Änderung ein komplettes Content-Objekt (einige Einträge ggf. leer) Nachrichten von Schüler Geräten: visibilitychange, loading, Name Nachrichten von Teacher-App: Jede Veränderung des Inhalts, URL zu Inhalt

6.6 QR-Code Fenster

Das QR-Code Fenster ist ein zweites Browserfenster, das aus dem main-Prozess der Electron App auf dem Lehrer-Computer gestartet wird. Es zeigt einen QR-Code, den die SchülerInnen mit ihren Smartphones scannen können, um bequem die URL zu laden, auf der sie die Schüler-Applikation erreichen können. Der QR-Code wird dynamisch beim Öffnen der App generiert.

Für Geräte, die keine Kamera haben oder wenn das Scannen des QR-Codes fehlschlägt, wird zudem unterhalb des QR-Codes die URL angezeigt, unter der die Schüler-Applikation zu erreichen ist.

Der QR-Code wird in diesem extra Fenster generiert und angezeigt, damit die Lehrkraft dieses Fenster auf einem Beamer anzeigen kann, um den SchülerInnen den Zugang zur Schüler-App ohne umständliches URL-Abtippen zu ermöglichen.

6.7 Schüler-App

Um die

- Schüler können Namen angeben, der in Lehrer-App angezeigt wird
- lädt die von Lehrer-App geschickten Inhalte und zeigt sie synchronisiert an
- Schüler können sich in Szene umschauchen und Inhalte besser erfahren

6.7.1 Eingabe des Namens**6.7.2 Anzeigen von 360°-Fotos****6.7.3 Abspielen von 360°-Videos****6.7.4 Anzeigen von 3D-Modellen****6.7.5 Abspielen von Videos mit Ton**

Da die meisten Browser das automatische Abspielen von Videos mit Ton verbieten, werden 360°-Videos von React360 standardmäßig beim erstellen des Videoplayer-Komponenten “muted” auf “true” gesetzt. Die Hersteller wollen dadurch die Ablenkungen, die beim surfen auf den Nutzer zukommen, abmildern. Erst wenn der Nutzer ein “user gesture click” also einen Klick auf der Website gemacht hat, darf die Tonspur automatisiert abgespielt werden. Wird versucht ein Video mit Ton abzuspielen, ohne das ein Klick gemacht wurden, wird der Videoplayer blockiert und kann gar nicht mehr abspielen. [3]

Damit React360 in einer single-threaded Umgebung wie einem Webbrowser flüssig ablaufen kann und nicht durch “blocking behavior” irgendeiner Art das Rendern unterbrochen wird, ist eine React360-App in zwei Teile aufgeteilt: Die React-Applikation und den Code, der die React Komponenten in 3D Elemente auf dem Bildschirm umwandelt. Die App selbst läuft in einem Webworker, einem anderen Prozess als der des Hauptbrowserfensters. [4]

Das führt dazu, das die React360-Elemente nicht als html-Elemente gelten und ein Click-Event auf einem VRButton nicht als Interaktion zählt, um die Erlaubnis zu haben Ton abzuspielen.

Um dieses Hindernis zu umgehen ist nun ein durchsichtiger, Bildschirm-füllender Button über die React360-App gelegt, der bei einem Klick verschwindet, um die Erlaubnis vom Browser zu bekommen Ton abzuspielen. Wurde der Button am Schüler-Gerät geklickt wird ein flag gesetzt, dass die App Ton abspielen darf. Ob dann tatsächlich Ton beim Video abgespielt wird, kann der Lehrer aus der teacher-App einstellen. Auch dort ist das Abspielen von Ton an den Schüler-Geräten standardmäßig erst einmal abgestellt, damit der Lehrer entscheiden kann, ob er nur den Ton aus dem Rechner über Boxen für Alle abspielen möchte oder aus jedem Schüler-Gerät einzeln der Ton kommen soll.

6.7.6 WebVR Polyfill

7 Nutzerstudie und Evaluation

Da das System speziell für die Nutzung im Schulunterricht entwickelt wurde, wurde auch die Nutzerstudie in diesem Szenario durchgeführt. Dadurch wurde die eigentliche Durchführung der Studie deutlich erschwert, denn viele Lehrer konnten trotz Interesse keine Zeit für die Durchführung der Studie in ihren Unterrichtsstunden freimachen und zudem musste Inhalte gefunden werden, die sich für den Schulunterricht eignen und ein Thema für eine Schulstunde ergeben.

Insgesamt haben sich XXX Lehrkräfte bereit erklärt mit ihrer Klasse das VRClassroom System auszuprobieren und im Anschluss einen Fragebogen auszufüllen. Außerdem wurde den SchülerInnen die Möglichkeit gegeben ebenfalls ihre Erfahrungen mit dem System in einer kurzen Online-Umfrage zu teilen, was XXX SchülerInnen aus den insgesamt XXX SchülerInnen, die das System ausprobiert haben, auch gemacht haben.

Für den Test wurde allen SchülerInnen ein Cardboard zur Verfügung gestellt, das die Kinder mit ihrem eigenen Smartphone als VR-Brille genutzt haben. Der Rechner, auf dem das Programm installiert war, wurde den Lehrkräften bereitgestellt und den Lehrkräften im Vorfeld eine kurze Einführung in die Software gegeben.

Da einige Schulen aber teilweise getrennte Netzwerke für Lehrergeräte und Schülergeräte haben oder Websocket-Verbindungen zwischen den Geräten unterdrücken, wurde für die Studie ein extra Netzwerk genutzt, um diese Probleme zu umgehen. Dafür wurde im Klassenzimmer ein Router aufgestellt, der ein offenes WLAN eröffnete, mit dem sich alle Geräte verbanden. Dieses WLAN war nicht mit dem Internet verbunden und nur für den Zweck des reibungslosen Ablaufs der Studie verwendet.

7.1 Ablauf der Studie

Für die Durchführung der Studie war ein Zeitrahmen von 15 bis 20 Minuten veranschlagt. In dieser Zeit sollte die Lehrkraft die App starten, sich alle Schüler-Geräte damit verbinden und die Lehrkraft die eigentlichen Inhalte präsentieren.

Damit alle Studienteilnehmer, Lehrer und Schüler gleichermaßen, die gleichen Erlebnisse haben und sich zu allen Funktionen des Systems eine Meinung bilden können, hatte jede Lehrkraft ein vollständiges Set an Inhalten mit jeweils mindestens einem 360°-Fotos, einem 360°-Video und einem 3D-Modell. Da die Studie in dem WLAN ohne Internetverbindung durchgeführt wurde konnte die Funktion des Ladens von Google Streetview-Panoramas nicht getestet werden. Dies hätte allerdings nur für die Lehrkraft einen Unterschied bedeutet, da es sich für die Schüler wie jedes andere 360°-Foto verhält.

7.2 Fragebogen

7.3 Erkenntnisse

8 Ausblick

8.1 Weiterentwicklungen an VR-Geräten

8.2 Mögliche Weiterentwicklungen an VRClassroom

8.2.1 Ausfragemodus: Ausgewählter Schüler setzt Markierung

Lehrer wählt aus Liste mit Schülern aus und dieser Schüler kann dann eine Markierung setzen
Was bräuchte es dazu: Möglichkeit für Schüler zu navigieren im Modell, Setzen von Markierung
an anvisierte Stelle

Inhalt der beigelegten CD

Literatur

- [1] Facebook Technologies LLC, "Oculus Terms of Service," 2018. [Online]. Available: <https://www.oculus.com/legal/terms-of-service/>
- [2] SAMSUNG, "Samsungs FAQs - Is the Gear VR safe for children?" [Online]. Available: <https://www.samsung.com/uk/support/mobile-devices/is-the-gear-vr-safe-for-children/>
- [3] K. Decker, "Auto-Play Policy Changes for macOS," 2017. [Online]. Available: <https://webkit.org/blog/7734/auto-play-policy-changes-for-macos/>
- [4] Facebook Inc., "React360 Runtime," 2018. [Online]. Available: <https://facebook.github.io/react-360/docs/runtime.html>