



Frankfurt, den 28.04.2023

## Schlussbericht zum Teilvorhaben



**Teilvorhaben: Software-Entwicklung  
AR/VR-Simulationssystem für AMD Patienten**

**FKZ: 16SV8106**

Verfasser: Alexander Radacki

(Kontakt: [a.radacki@nmy.de](mailto:a.radacki@nmy.de))

# Inhaltsverzeichnis

<b>Teil I : Kurze Darstellung.....</b>	<b>2</b>
<b>Teil II: Eingehende Darstellung.....</b>	<b>3</b>
Zusatz.....	12
<b>Teil III: Kurzfassung des Schlussberichts (siehe Anhang).....</b>	<b>13</b>
<b>Teil IV: Erfolgskontrollbericht (siehe Anhang).....</b>	<b>13</b>

## Teil I : Kurze Darstellung

### Aufgabenstellung

- Bereitstellung eines digitalen Patienten Modells (Gaze-kontingente, parametrisch variierbare Skotom-Simulation in unterschiedlich komplexen VR-Umgebungen)
- Hauptaufgabe: Skotom-Simulation und Erstellung virtueller Alltagsumgebungen)  
Anpassung des Modells an die Anforderungen der Teilprojekte, in denen Diagnose-Assistenz- und Multinutzer-Funktionen entwickelt werden
- Mitarbeit bei der Entwicklung der Schnittstellen zur Bedienung der Diagnose-, Assistenz- und Multinutzer-Funktionen sowie des integrierten Funktions-Demonstrators

### Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde

Das Vorhaben wurde am Institut für Informatik der LMU München (IFI-LMU) unter der Leitung von Prof. Dr. A. Schmidt durchgeführt. Weitere Projektpartner setzen sich zusammen aus:

- Max Planck Institut für biologische Kybernetik, Tübingen (MPIK)
- Institut für Augenheilkunde, Universität Tübingen (IFA-UT)
- Blickshift GmbH (BS)
- NMY Mixed-Reality Communication GmbH (NMY)
- Talkingeyes & More GmbH (TM)

### Planung und Ablauf des Vorhabens

Bis auf eine 6-monatige Verlängerung des Projektzeitraumes aufgrund von Covid-19 und Verlängerung anderer Konsortiumspartner, verlief das Projekt für NMY wie geplant.

### Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde

Unter der Nutzung der Unity-Engine zur Entwicklung des Demonstrators wurde für die VR-Brille "HTC Vive Pro Eye" mit integriertem Eye-Tracking Sensor entwickelt. Für die

Simulation von AMD innerhalb der Brille wurde an ein, aus einem vorangegangenen Projekt, Screen-Space Shader angeknüpft.

### **Angabe bekannter Konstruktionen, Verfahren und Schutzrechte, die für die Durchführung des Vorhabens benutzt wurden**

Es wurden keine Konstruktionen, Verfahren oder Schutzrechte verwendet.

### **Angabe der verwendeten Fachliteratur sowie der benutzten Informations- und Dokumentationsdienste.**

Es wurde keine Fachliteratur oder sonstige Dienste in Anspruch genommen.

### **Zusammenarbeit mit anderen Stellen**

Abgesehen von einer engen Zusammenarbeit mit den Projektpartnern gab es keine weitere Stelle.

## **Teil II: Eingehende Darstellung**

### **AP0: Projektmanagement und Zusammenarbeit mit LivingLabs**

**Projektmonate: M1 - M36 (1 PM)**

#### **Aufgabenbeschreibung:**

- Projektmanagement & Zusammenarbeit mit LivingLabs

Teilnahme an Projekttreffen vor Ort:

06.12. – 07.12.2018, Vernetzungstreffen Düsseldorf

04.02. – 05.02.2019, Projekttreffen München

15.04.– 16.04.2019, Workshop Stuttgart

13.05. – 14.05.2019, Projekttreffen Erlangen

29.07. – 30.07.2019, Projekttreffen Tübingen

04.11. – 05.11.2019 Projekttreffen München

Projektmanagement und Zusammenarbeit mit Talking Eyes and more und Blickshift.

Jour Fixe jeden letzten Mittwoch im Monat.

### **AP1: Basisspezifikation & technisches Setup**

**Projektmonate: M1 - M18 (12 PM)**

#### **Aufgabenbeschreibung:**

- Anforderungsanalyse ans Gesamtsystem (1 PM)
- Anforderungsanalyse an virtuelle Umgebungssimulationen und Skotomsimulation (1 PM)
- Implementierung gaze-kontingenter AR- und VR-Setups (mit MPI und LMU; 2 PM)
- Simulation realer Patientenumgebungen (Küche, Supermarkt, Strassenszene) und Skotomsimulation (8 PM)

**AP1.2: Anforderungsanalyse**

Um die Anforderungen an das technische Setup herauszuarbeiten, war es uns zunächst wichtig, die potentiellen User gut zu kennen. Uns war es wichtig herauszuarbeiten an welchen Stellen die verschiedenen Nutzer, also Patienten, Ärzte und Angehörige, wahrscheinlich auf Probleme mit der Handhabung des Gerätes stoßen. Hierfür wurde zusammen mit dem Konsortium zunächst ein Teil des Ablaufs des Demonstrators skizziert. Beispielhaft wurde hierfür die implizite Perimetriemessung herangezogen, da sie zum aktuellen Zeitpunkt, eine zeitnahe Umsetzung versprach. Die Überlegungen und Erkenntnisse aus diesem Prozess mündeten schlussendlich in einem sehr aufschlussreichen Design-Fiction-Rollenspiel zur impliziten Permetriemessung beim Projekttreffen in Tübingen und der Personale-Entwicklung der potentiellen Nutzern des Geräts.

**AP1.3: Gaze-contingent AR/VR system** Zum technischen Framework, das im Rahmen des Projektes entwickelt werden soll, gehört eine stabile Einbindung von Eyetracking in Virtual Reality Anwendungen. Anfang des Jahres 2019 wurde das zunächst vielversprechende Eyetrackingmodul von PupilLabs getestet. Allerdings konnte man keine zufriedenstellenden, stabilen Ergebnisse mit der Hardware erzielen. Nachdem auch die anderen Konsortiumspartner ähnliche Ergebnisse verzeichneten, wurde am 15. und 16. April bei Blickshift in Stuttgart ein Workshop abgehalten, um Erfahrungen mit dem Modul zu sammeln und auszutauschen. Gemeinsam konnte eine annehmbare Zwischenlösung erarbeitet werden, die man so lange nutzen wollte, wie nötig. Nun wurde eine Softwaremodul für Unity geschrieben, das die Handhabung der Software erleichtert, die Kalibration mit dem Gerät handhabt, die Daten des Eyetrackings sichert und eine einfache Anbindung in verschieden Unity-Szenen ermöglicht. Im Juni wurde von Valve eine neue VR-Brille auf den Markt gebracht, welche bereits über ein integriertes Eyetrackingmodul verfügt. Über Projektgelder wurde eine solche Brille finanziert. Die Ergebnisse übertrafen, die des bisher verwendeten Moduls, sodass man sich im Gesamtprojekt dazu entschied nach Möglichkeit ausschließlich dieses zu verwenden.

**AP1.4: Simulation realer Patientenumgebungen, Skotomsimulation**

Für die Erforschung von verschiedenen Augmentierungsfunktionen für Patienten mit simuliertem Sehfeldausfall wurden drei verschiedene 3D-Umgebungen gebaut, texturiert und beleuchtet:

- Supermarkt
- Wohnzimmer
- Innenstadt Ausschnitt samt simpler Verkehrssimulation entwickelt

Zudem wurde aufbauend auf den Ergebnissen aus AP1.3 ein modifizierbarer Shader programmiert, der basierend auf Eyetracking-Daten ein Skotom in VR simuliert.

**AP2: Diagnostik 1 (Standardisierte Sehfunktionsprüfung)**

**Projektmonate: M10 (1 PM)**

**Aufgabenbeschreibung:**

- Anpassung der VR-Szenarios an AP-spezifische Anforderungen

In dem Punkt wurden die von Talkingeyes & More entwickelten Untersuchungsszenen in das Kollektivprojekt eingepflegt und in den Demonstrator integriert. Hierzu waren Anpassungen beim Laden der Szenen und das Senden der Daten vonnöten.

**AP3: Diagnostik 2 (Implizite Perimetrie via Gaze-tracking)**

**Projektmonate: M17 (1 PM)****Aufgabenbeschreibung:**

- Anpassung der VR-Szenarios an AP-spezifische Anforderungen

Hier wurden die von Blickshift verarbeiteten Diagnose Daten, welche vom im AP2 entwickelten Untersuchungsmethoden erzeugt wurden, ausgelesen und im Demonstrator präsentiert. Die Daten wurden auf einem virtuellen Monitor, einem 3D-Augen-Modell sowie einer Hightmap visualisiert.

**AP4: Assistenz 1 (Training)****Projektmonate: M19 (1 PM)****Aufgabenbeschreibung:**

- Anpassung der VR-Szenarios an AP-spezifische Anforderungen

In AP4 wurde das Gamification Projekt des Projektpartners IFA-UT in den Demonstrator integriert und per Vive Controller steuerbar gemacht. Es mussten weitreichende Änderungen am Szenen-Lade-System und Input System vorgenommen werden.

**AP5: Assistenz 2 (Informationssubstitution)****Projektmonate: M23 (1 PM)****Aufgabenbeschreibung:**

- Anpassung der VR-Szenarios an AP-spezifische Anforderungen

Die hier entwickelten Informationssubstitutionssysteme helfen dem User beim Ablesen einer Uhr oder dem Erkennen von Emotionen von Gesichtern. Umgesetzt wurden die Systeme mit Raycasting auf sich in der Assistenz-Szene befindlichen Objekte wie einer Wanduhr sowie auf dem Fernseher gezeigte Menschen mit eindeutigen emotionalen Gesichtszügen.

**AP6: Nutzerschnittstellen für Patienten****Projektmonate: M25 -M30 (5 PM)****Aufgabenbeschreibung:**

- Anforderungsanalyse für Nutzerschnittstellen zu den Diagnose- und Assistenzfunktionen (mit LMU; 0,5 PM)
- Entwicklung individuell adaptiver Schnittstellen für AMD-Patienten (mit LMU; 1,5 PM)
- Gamifikation von Alltagsanwendungen (mit LMU; 1 PM)

Hier entstanden die wesentlichen User-Interfaces zur Steuerung und visuellen Kommunikation des Demonstrators. Dazu gehörten UX/UI-Konzeption und Design und dessen Umsetzung in der Unity Engine.

**AP7: Nutzerschnittstellen für Multi-Nutzer-Anwendungen****Projektmonate: M16 - M30 (6 PM)****Aufgabenbeschreibung:**

- Schnittstellendesign für synchrone und asynchrone Multi-Nutzerszenarien

Im AP7 wurden alle nötigen Schnittstellen und Protokolle besprochen und entwickelt, welche für die Kommunikation und Datenübertragung zwischen dem Demonstrator, den

Untersuchungsszenen sowie dem Front- Backend erforderlich waren. Außer NMY waren die Projektpartner Talkingeyes und Blickshift eng involviert.

### **AP9: Funktions-Demonstrator und Evaluation durch Endnutzer, Verwertungskonzept**

**Projektmonate: M32 - M34 (2 PM)**

#### **Aufgabenbeschreibung:**

- Erstellung des Funktionsdemonstrators (in Zusammenarbeit mit MPI, LMU und Blickshift; 1 PM)
- Entwurf und Implementierung von Schlüsselszenarien zur finalen Validierung des Gesamtkonzepts unter Einbeziehung bereits entwickelter Simulationen sowie der Multinutzerszenarien (mit UTüb/Zeiss und Talking Eyes, 1 PM)

Hier wurde der finale Demonstrator in Zusammenarbeit mit den anderen Projektpartnern evaluiert und weiter angepasst.

### **Vergleich von Aufgabenstellung zu geleisteter Arbeit**

#### **Aufgabepunkt I**

*Bereitstellung eines digitalen Patienten Modells (Gaze-kontingente, parametrisch variierbare Skotom-Simulation in unterschiedlich komplexen VR-Umgebungen)*

#### **Aufgabepunkt II**

*Hauptaufgabe: Skotom-Simulation und Erstellung virtueller Alltagsumgebungen)  
Anpassung des Modells an die Anforderungen der Teilprojekte, in denen Diagnose-Assistenz- und Multinutzer-Funktionen entwickelt werden*

#### **Aufgabepunkt III**

*Mitarbeit bei der Entwicklung der Schnittstellen zur Bedienung der Diagnose-, Assistenz- und Multinutzer-Funktionen sowie des integrierten Funktions-Demonstrators*

Geliefert wurde ein Unity-Engine Projekt für VR, welches aus 3 Hauptszenen und 3 Neben Szenen besteht. Alle Hauptszenen wurden von NMY konzipiert und gebaut. Die Nebenszenen sind Teil der Projektpartner Talkingeyes (Untersuchung Implizierte Perimetrie und Amsler-Gitter) und der Uni Tübingen (Gamification - Pong). Alle Szenen sind durch ein Szenenauswahlmenü erreichbar, welches jederzeit per Controller aufgerufen werden kann. Des Weiteren ist es über ein Einstellungsmenü möglich, den Effekt der Skotom-Simulation anzupassen.

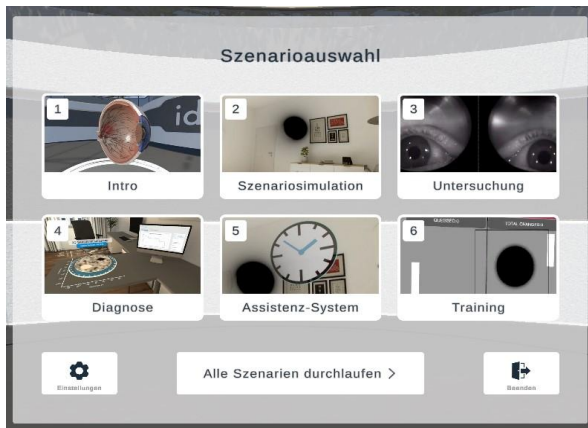


Abb. 01: Szenenauswahlmenü



Abb. 02: Einstellungsmenü der Skotom-Simulation

Szene 1 dient als Einführungs- und Tutorial-Szene, welche dem User die Bewegung im virtuellen Raum erläutert und mit Hilfe eines Videofilms und 3D Modells die Krankheit (AMD) näherbringt. Hierbei wird der Nutzer von einem virtuellen Assistenten mit Sprach- und Position Hinweisen unterstützt.

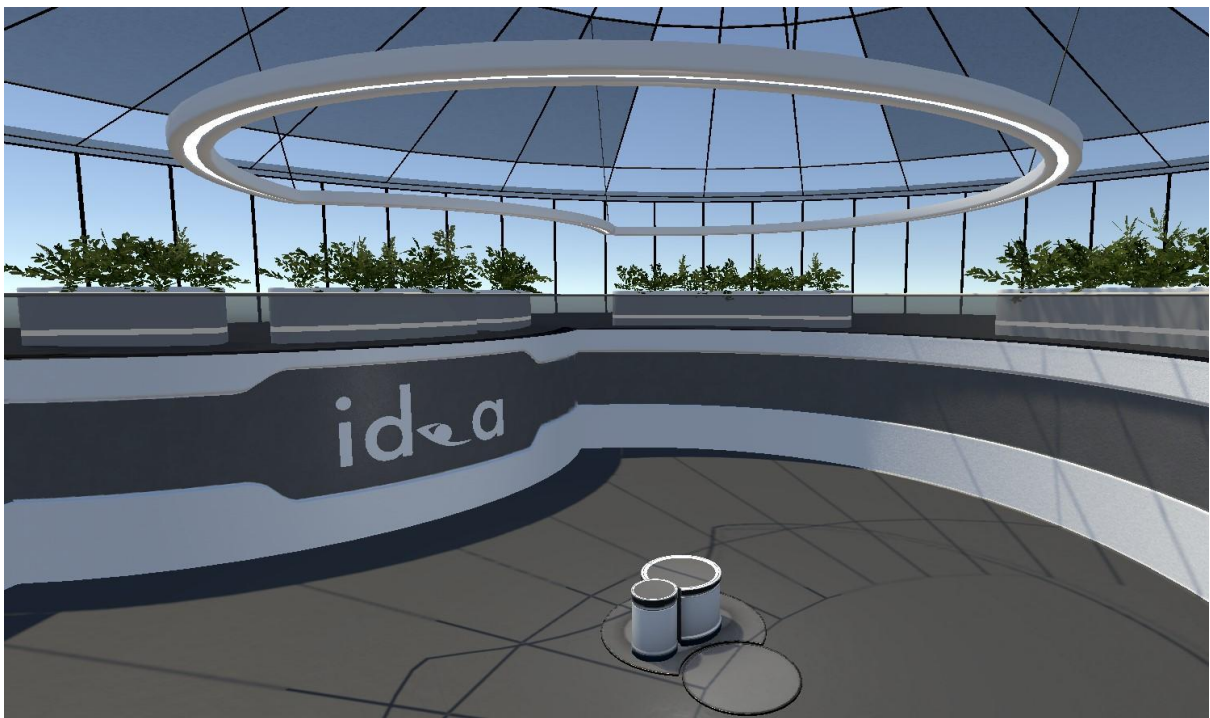


Abb. 03: Szene I - Intro



Abb. 04: Verschiedene Entwürfe für den Assistenten

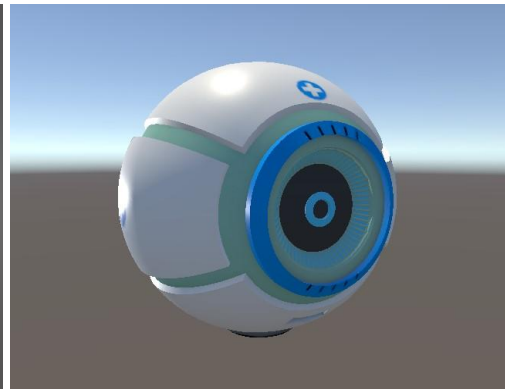


Abb. 05: Der finale virtuelle Assistent

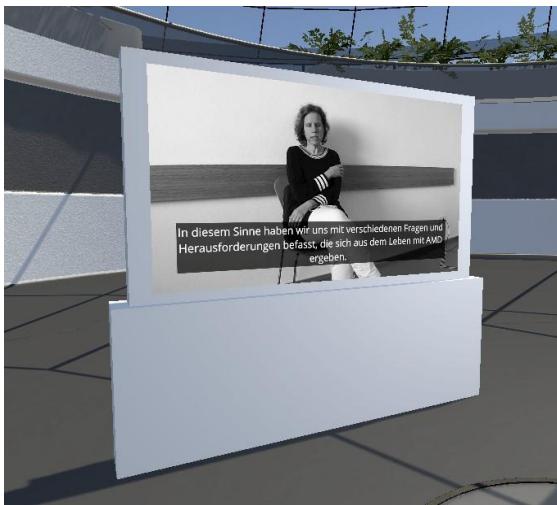


Abb. 06: Einführungsfilm zu AMD

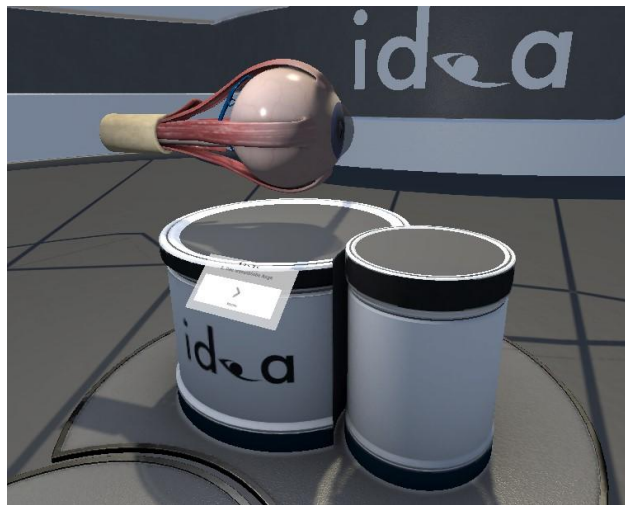


Abb. 07: Erklärung am 3D-Augenmodell

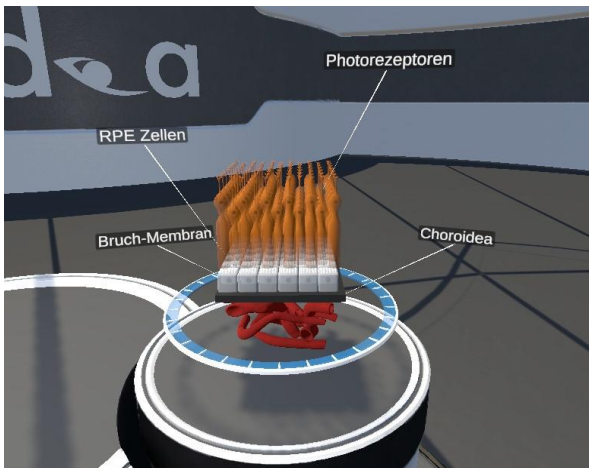


Abb. 08: Erklärung am 3D-Retinamodell

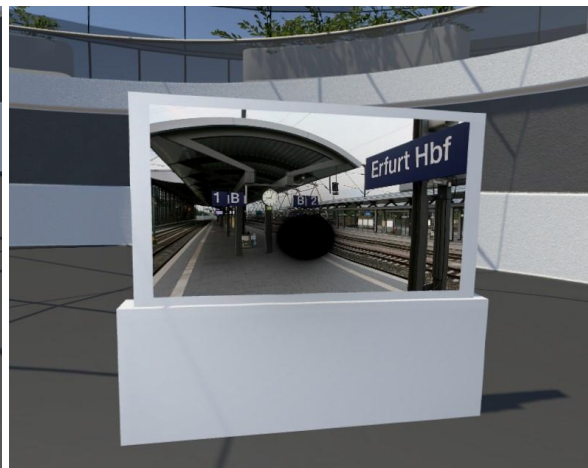


Abb. 09: Demonstration der Skotom-Simulation

In Szene II wird der User dann in eine realistische Wohnzimmer-Umgebung geladen, in der alltägliche Aufgaben zu erfüllen sind. Dazu gehören das Ablesen einer sich an der Wand hängenden Uhr sowie das Einschalten des Fernsehers mit der Fernbedienung. Diese Aufgaben werden durch den in der Szene dazu geschalteten Skotom-Effekt erheblich erschwert. Der Assistent weist den Nutzer auf die Problematik hin und schlägt eine Augenärztliche Untersuchung vor.





Abb. 10: Szene II - Szenario-Simulation



Abb. 11: Aufgabe 1 - Ablesen einer Wanduhr



Abb. 12: Aufgabe 2 - Einschalten des TVs

Diese erfolgt in Szene III, dem Sprechzimmer. Hier können nun zwei Untersuchungen gestartet werden, einmal eine perimetrische und eine Amsler-Gitter-Untersuchung. Beide Untersuchungs-Szenen wurden vom Projektpartner Talkingeyes & More GmbH entwickelt und bereitgestellt.



Abb. 13: Szene III - Sprechzimmer



Abb. 14: Untersuchung - Implizierte Perimetrie

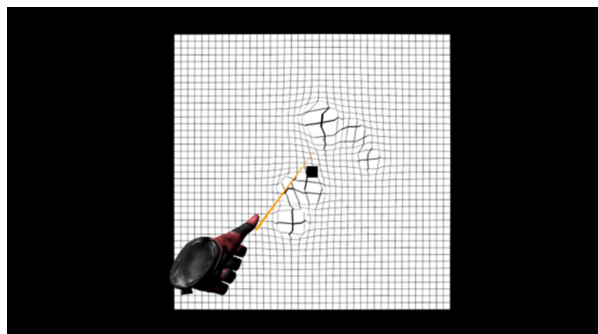


Abb. 15: Untersuchung - Amsler-Gitter

Sind die Untersuchungen abgeschlossen, wird wieder das Sprechzimmer geladen, dieses Mal allerdings mit einer Visualisierung der Untersuchungsergebnisse auf einem virtuellen Bildschirm, sowie anhand eines 3D-Modells.

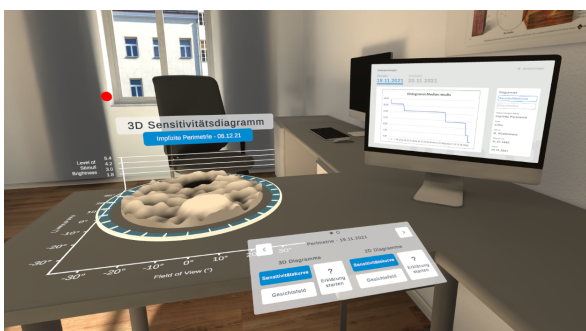


Abb. 16: Diagnose mit Hightmap Visualisierung

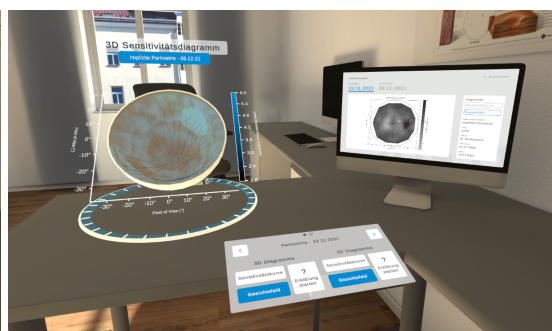


Abb. 17: Diagnose mit Retina-Modell Visualisierung

Die anschließende Szene versetzt den User wieder in das Wohnzimmer, wo nun der Skotom-Effekt zugeschaltet wird. Dieses Mal wird aber auch das Assistenzsystem hinzugeschaltet, welches dem User erlaubt, trotz des Skotom-Effekts die Uhrzeit abzulesen sowie Emotionen der Gesichert auf dem TV-Bildschirm zu deuten.

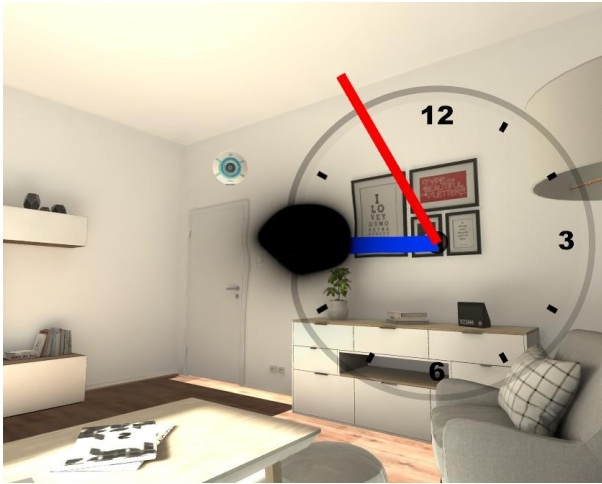


Abb. 18: Assistenzsystem - Ablesen einer Uhr

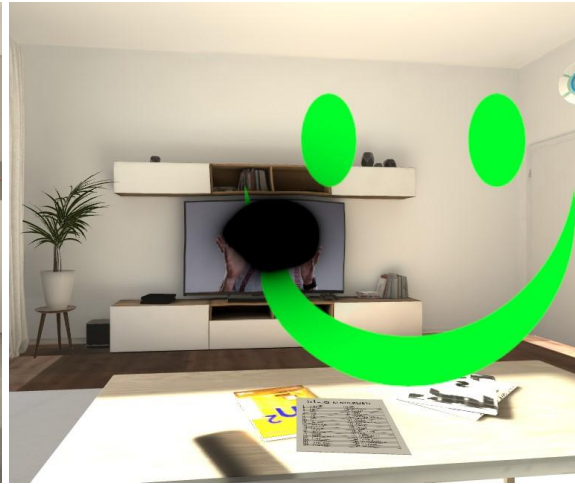


Abb. 19: Assistenzsystem - Erkennen von Emotionen

Die letzte Szene, entwickelt und bereitgestellt vom Projektpartner Institut für Augenheilkunde, Universität Tübingen, enthält eine Gamification, bei der der User spielerisch bei einer Partie 'Pong' die Auswirkung von AMD erfährt.

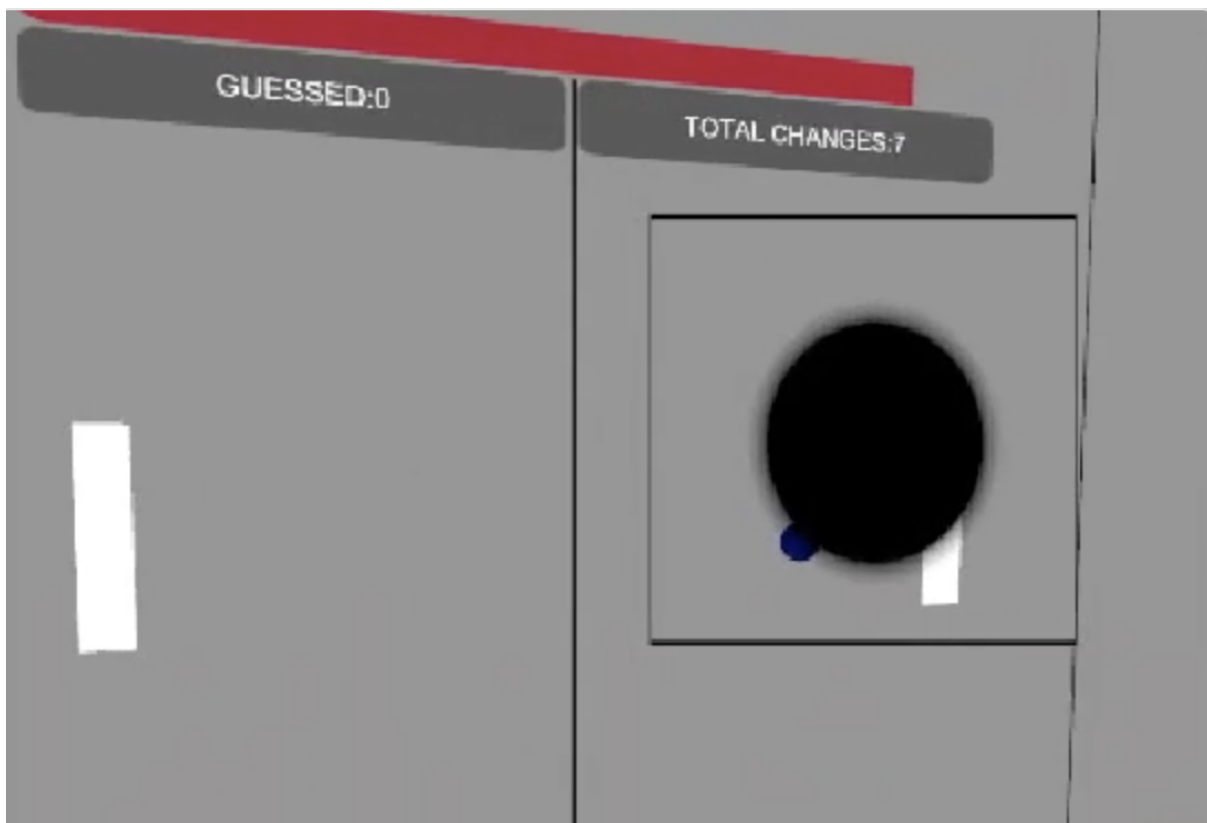


Abb. 20: Gamification - Pong mit Skotom-Simulation

Aufgabepunkt III bezog sich hauptsächlich mit der Anbindung an das von Blickshift entwickelte Arzt Front- und Backend. Auf der Webpage ist es einem Benutzer möglich, Patientendaten einzusehen, diese zu editieren und dem User des Demonstrators vorzuführen. Hierfür wurde von NMY eine Anbindung vom Demonstrator (Unity) zu dem Backend geschrieben. Die fertige Anbindung ist in der Lage, Echtzeitdaten in Bild und Ton zum Server zu liefern, sowie die Video- und Audiostreams des Frontends abzuspielen.

Zudem ist es möglich, die Daten der Perimeter- und Amsler-Gitter-Untersuchungen an das Frontend zu liefern und editierte Daten zu empfangen und diese anzuzeigen. Umgesetzt wurden die Übertragungen in enger Zusammenarbeit mit Blickshift. Socket.IO und WebRTC sind die hier verwendeten Technologien.

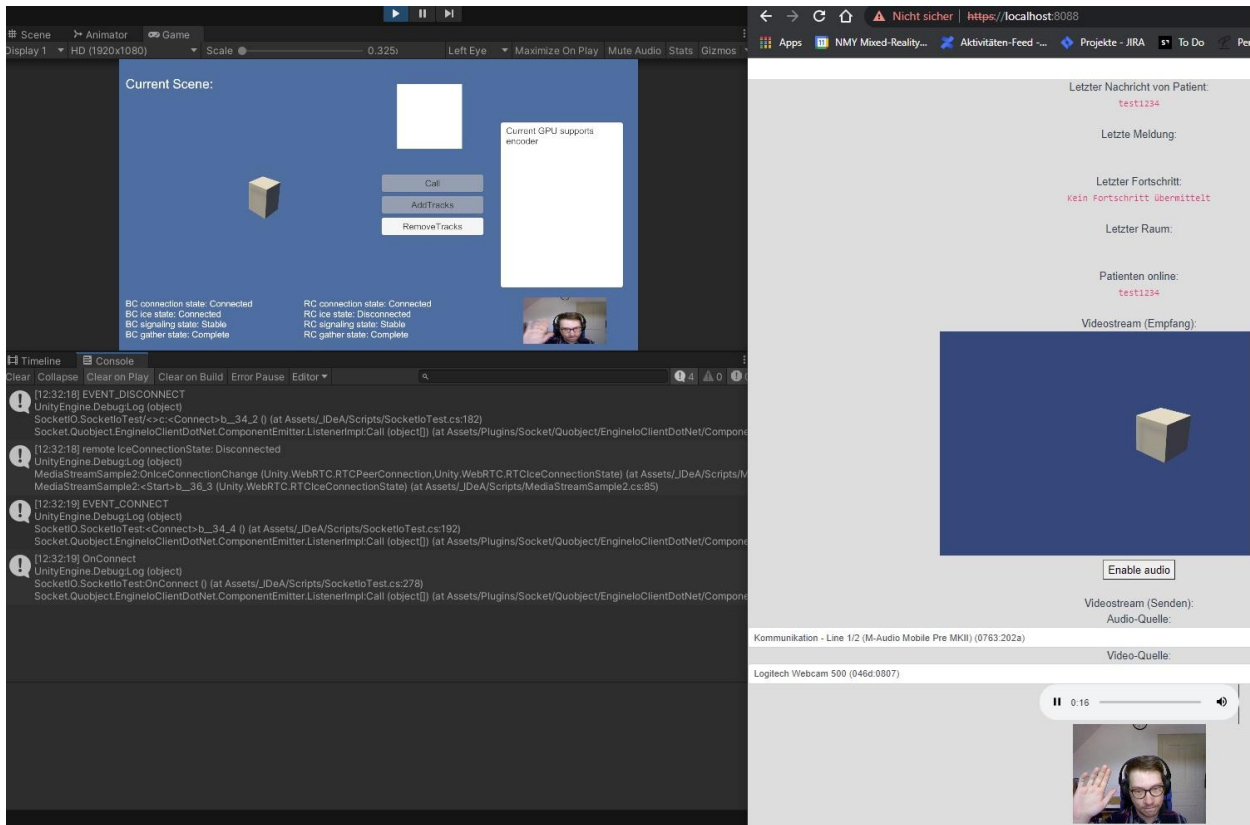


Abb. 21: - Eine laufende Echtzeit-Übertragung zwischen dem Demonstrator in der Unity-Engine (links) und dem Arzt-Frontend (rechts) im Browser.

## Zusatz

- die wichtigsten Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Position	Gesamtvorkalkulation (€)	Gesamtnachkalkulation (€)
0813 Material	5.264,00	5.264,00
0837 Personalkosten	198.581,00	198.581,00
0838 Reisekosten	3.600,00	3.600,00
0847 Abschreibungen auf vorhaben-spezifische Anlagen	9.700,00	9.700,00
gesamte Selbstkosten des	217.145,00	217.145,00

Vorhabens (Pos. 0855-0860)		
----------------------------	--	--

- die Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Projektarbeiten

Ein lauffähiger Prototyp und Demonstrator ist nicht nur wichtig für eine Proof-Of-Concept Realisierung, sondern ist von großem Vorteil für jede Art von Evaluation.

Die Arbeiten von NMY waren notwendig und angemessen für das Projekt, da sie zur Erfüllung der Ziele beigetragen haben.

- der voraussichtliche Nutzen, insbesondere die Verwertbarkeit des Ergebnisses - auch konkrete Planungen für die nähere Zukunft - im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplans

Konkrete Planungen für die nähere Zukunft könnten beispielsweise die Weiterentwicklung des Systems beinhalten, um es noch benutzerfreundlicher zu machen oder es auf andere Augenerkrankungen anzuwenden. Möglicherweise könnten auch Partnerschaften mit Unternehmen im Bereich der Medizintechnik oder der Gesundheitsversorgung geschlossen werden, um das System zu vermarkten und seine Verbreitung zu erhöhen.

- der während der Durchführung des Vorhabens dem Zuwendungsempfänger bekannt gewordenen Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen

Uns ist kein Fortschritt auf den von NMY behandelten Gebieten während des Projektzeitraumes bekannt.

- die erfolgten oder geplanten Veröffentlichungen des Ergebnisses

NMY plant, die Projektergebnisse nach Abschluss des Projekts in Form von Blog-Artikeln und Use Cases auf der Firmenwebsite zu veröffentlichen. Es gibt derzeit keine Pläne, die Ergebnisse in wissenschaftlichen Veröffentlichungen zu veröffentlichen, aber es wird erwogen, dies in Zukunft zu tun.

## Teil III: Kurzfassung des Schlussberichts (siehe Anhang)

## Teil IV: Erfolgskontrollbericht (siehe Anhang)