

**Schlussbericht zum Teilvorhaben des BMBF-Verbundprojektes „Hybride Intelligente Virtuelle Avatar/Assistent-Modelle zur Unterstützung (Tele-)medizinischer Beratung und Behandlung“ (HIVAM, Förderkennzeichen: 16SV8882)**

-

**Teil I und Teil II**

## Contents

Teil I .....	3
1 Kurzdarstellung .....	3
1.1 Aufgabestellung .....	3
1.2 Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde .....	3
1.3 Planung und Ablauf des Vorhabens .....	4
1.4 Wissenschaftlich und technischem Stand, an den angeknüpft wurde, insbesondere Angabe bekannter Konstruktion, Verfahren und Schutzrechte, die für die Durchführung des Vorhabens benutzt wurden .....	5
1.5 Angabe der verwendeten Fachliteratur sowie der benutzten Information- und Dokumentationsdienste .....	5
1.6 Zusammenarbeit mit anderen Stellen .....	5
Teil II .....	6
2 Eingehende Darstellung .....	6
2.1 Ergebnisse .....	6
2.2 Voraussichtlicher Nutzen, insbesondere der Verwertbarkeit des Ergebnisses und der Erfahrungen .....	10
2.3 Darstellung des während der Durchführung des Vorhabens dem Zuwendungsempfänger bekannt gewordenen Fortschritts auf diesem Gebiet bei anderen Stellen .....	12
2.4 Erfolgte und geplante Veröffentlichungen der Ergebnisse .....	12

## Teil I

### 1 Kurzdarstellung

#### 1.1 Aufgabestellung

Das BMBF-Verbundprojekt „Hybride Intelligente Virtuelle Avatar/Assistent-Modelle zur Unterstützung (Tele-)medizinischer Beratung und Behandlung“ (HIVAM) zielt auf die Entwicklung und Erforschung einer immersiven, Mixed-Reality (MR)-basierten Telemedizinplattform ab, die menschliche Expertise realer Gesundheitsfachkräfte mit hybriden Avataren/Assistent-Modellen kombiniert. Durch diese Integration können Patient:innen multimodal und ortsunabhängig mit medizinischem Fachpersonal interagieren – entweder über realitätsnahe Avatare oder autonome virtuelle Agenten – und dabei ein hohes Maß an räumlicher, sozialer und emotionaler Präsenz sowie Co-Präsenz erfahren. Die Plattform ermöglicht die kontaktlose Erfassung, Übertragung und Verarbeitung von Gesundheitsdaten und unterstützt zentrale medizinische Prozesse wie Diagnostik, Monitoring und Therapie. Darüber hinaus entsteht ein KI-gestütztes Entscheidungsunterstützungssystem, das sowohl die medizinische als auch pflegerische Versorgung nachhaltig verbessern kann. Das System adressiert insbesondere Herausforderungen wie soziale Isolation, psychische Belastungen sowie die Effizienzsteigerung bei Visiten, Beratungen und Behandlungen in häuslicher oder stationärer Umgebung. ApoQlar verantwortete im Rahmen des Projektes das Arbeitspaket 4 – die Entwicklung einer Telemedizinischen Plattform.

#### 1.2 Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde

Als Grundlage dient unsere auf Unity3D-basierende HoloMedicine® Plattform.

Zum Beginn der Projektlaufzeit war die COVID-19-Pandemie noch nicht vollständig überwunden. Dies führte zu temporären Einschränkungen im direkten Austausch mit Patient:innen sowie mit dem Gesundheitspersonal. Trotz dieser Rahmenbedingungen konnte war die Projektdurchführung durch die Implementierung angepasster Schutz- und Hygienekonzepte möglich.



1.4 Wissenschaftlich und technischem Stand, an den angeknüpft wurde, insbesondere Angabe bekannter Konstruktion, Verfahren und Schutzrechte, die für die Durchführung des Vorhabens benutzt wurden

Das Vorhaben baut auf einem etablierten internationalen Forschungsstand im Bereich interaktiver virtueller Agent:innen (IVA), multimodaler Mensch-Technik-Interaktion sowie Telemedizinische Plattform insbesondere VR-Plattformen auf. In unseren Entwicklungen wurden zentrale Arbeiten aus einschlägigen Fachpublikationen und Konferenzen (u. a. ACM IVA, ACM CHI, IEEE VR) berücksichtigt, die sich mit der Konzeption, Implementierung und Evaluation von IVA-Systemen und Telemedizinischer-VR Plattformen beschäftigen.

Für die Durchführung des Vorhabens wurden keine patentierten Verfahren verwendet.

1.5 Angabe der verwendeten Fachliteratur sowie der benutzten Information- und Dokumentationsdienste

Es wurden standardmäßig technische sowie medizinische Fachdatenbanken wie PubMed, EMBASE, WOB oder auch GoogleScholar verwendet.

1.6 Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Erfolgreiche Beantragung von EU INSIDE:INSIGHT Doctoral Networks Call: HORIZON-MSCA-2023-DN-01-01 und Leitung von KU Lueven mit 11 weiteren Partnern. INSIDE:INSIGHT ist ein interdisziplinäres Projekt, in dessen Rahmen technologiegestützte Lernumgebungen entwickelt, evaluiert und im Kontext der medizinischen und gesundheitswissenschaftlichen Ausbildung eingesetzt werden, um den Lernprozess zu verbessern und den Bedürfnissen unterschiedlicher Lernender, von Studierenden bis hin zu medizinischen Fachkräften, gerecht zu werden. Dieses Ziel soll durch die Integration von Entwicklungs- und Interventionsstudien erreicht werden, in denen die Effektivität, Effizienz und Benutzerfreundlichkeit technologiegestützter Lernumgebungen evaluiert werden.

## Teil II

# 2 Eingehende Darstellung

## 2.1 Ergebnisse

Im Rahmen des HIVAM-Projektes übernahm apoQlar die Verantwortung für die *Entwicklung einer telemedizinischen Plattform*. Darüber hinaus war das Unternehmen in verschiedene Arbeitspakete eingebunden, namentlich:

- **AP 1:** Nutzerzentrierter Entwicklungsprozess
- **AP 2:** „3D-Menschmodelle“,
- **AP 3:** „Hybride Avatare/Assistent-Modelle“ sowie
- **AP 5:** „Labor- und Feldevaluation einschließlich ethischer, rechtlicher und sozialer Aspekte“
- **AP 6:** Ethische, rechtliche und soziale Aspekte

### **Ergebnisse AP 4: *Entwicklung einer telemedizinischen Plattform***

Im Rahmen von Arbeitspaket 4 wurde die Integration hybrider Agenten in die telemedizinische Plattform erfolgreich realisiert und auf Grundlage systematisch erhobenen Nutzer:innenfeedbacks fortlaufend weiterentwickelt. Ziel war es, die Funktionalität der Plattform um interaktive, adaptive und sicherheitsorientierte Komponenten zu erweitern.

Ein zentrales Ergebnis stellt die Verbesserung der Datensicherheit dar, die durch die Implementierung einer erweiterten Verschlüsselungsstrategie innerhalb der Microsoft Azure Cloud erreicht werden konnte. Dies gewährleistet die Einhaltung aktueller Datenschutzstandards und stärkt das Vertrauen potenzieller Nutzer:innen.

Zur Darstellung gesundheitsbezogener Daten wurde ein interaktives Dashboard implementiert, das eine verbesserte Visualisierung klinisch relevanter Informationen ermöglicht und damit die Benutzerfreundlichkeit sowie den praktischen Mehrwert der Plattform steigert.

Darüber hinaus erfolgte die erste Integration der „Talk-to-Book“-Funktion, wodurch Agenten in die Lage versetzt wurden, auf medizinische Fachliteratur in Echtzeit zuzugreifen und diese in die Interaktion einzubinden. Parallel dazu wurde die mehrsprachige Unterstützung erweitert, wobei besonderes Augenmerk auf eine adaptive Sprachumschaltung gelegt wurde, um die Interaktionsqualität in multikulturellen und internationalen Kontexten zu verbessern.

Ein weiterer Schwerpunkt lag auf der Optimierung der Systemeffizienz: So wurde eine verbesserte Wake-up-Phrase-Erkennung implementiert, die durch den Einsatz lokaler Server die Systemlast reduziert und eine reaktionsschnellere Aktivierung ermöglicht. Zur Steigerung der Interaktionsqualität wurden zudem KI-gestützte Anpassungen der Gesprächsführung entwickelt, die eine natürlichere und kontextsensitivere Kommunikation mit den Agenten erlauben. Ergänzend wurde ein verbessertes Lip-Sync-System in Kombination mit KI-gestützter Gesichtsanimation integriert, wodurch realistischere und emotional nuanciertere Reaktionen der Agenten erzielt werden konnten. Insgesamt trug Arbeitspaket 4 maßgeblich zur funktionalen und sicherheitstechnischen Weiterentwicklung der telemedizinischen Plattform bei. Die erzielten Ergebnisse wurden prototypisch in die HoloMedicine Plattform integriert.

### **2.1.1 Ergebnissebeteiligung an weiteren APs:**

Grundlegend begann das Projekt mit einer systematischen Literaturanalyse zum Themenfeld *Embodied Virtual Medical Agents* sowie mit einer Anforderungsanalyse, um Bedürfnisse, Erwartungen und mögliche Vorbehalte von Endnutzer:innen zu erfassen. APQ war hier involviert in die Leitfadententwicklung, um VR spezifische Anforderungen und Spezifikationen zu definieren. Als Zielgruppe wurde der psychotherapeutische Bereich gewählt, da die Projektpartner des Universitätsklinikums Hamburg-Eppendorf (UKE) in diesem Feld über ausgewiesene Expertise verfügen.

Im Rahmen der Anforderungsanalyse wurden (ehemalige) Patient:innen, Ärzt:innen sowie Psychotherapeut:innen/Psycholog:innen in Fokusgruppen befragt. Zur Unterstützung der Diskussionen kamen frühe Prototyp-Versionen der entwickelten Plattform zum Einsatz. Die qualitativen Interviews ermöglichten differenzierte Einblicke in:

- spezifische technische Anforderungen der Zielgruppen,
- Anforderungen an den Datenschutz,

- die grundsätzliche Bereitschaft zur Nutzung eines *Intelligent Virtual Agent (IVA)*,
- potenzielle Anwendungsszenarien,
- wahrgenommene praktische Hürden sowie
- ethische und psychosoziale Bedenken.

Die Auswertung verdeutlichte, dass sich die Einstellungen der Befragten in zwei übergeordnete Gruppen gliedern ließen: einerseits technikorientierte Optimist:innen, die den Einsatz von IVAs überwiegend positiv bewerteten, und andererseits technikskeptische Personen, die die Nutzung vorsichtiger einschätzten oder gänzlich ablehnten. Diese Ergebnisse weisen darauf hin, dass für den Einsatz von IVAs in der psychotherapeutischen Versorgung eine differenzierte und kontextbezogene Implementierung erforderlich ist. Ein undifferenzierter flächendeckender Einsatz birgt hingegen das Risiko, auf Vorbehalte zu stoßen und die notwendige Akzeptanz zu verlieren.

Im weiteren Projektverlauf wurden zudem aktuelle ethisch-rechtliche Entwicklungen in den Blick genommen, darunter insbesondere die Verordnung (EU) 2024/1689 zur Festlegung harmonisierter Vorschriften für Künstliche Intelligenz (KI-Verordnung / AI Act). Hervorzuheben ist hierbei, dass der Gesundheitssektor in der Verordnung als *Hochrisikobereich* klassifiziert wird. Daraus ergibt sich, dass *Intelligent Virtual Agents (IVAs)* im psychotherapeutischen Anwendungskontext eine Vielzahl sowohl technischer als auch prozeduraler Anforderungen erfüllen müssen, um eine rechtliche Zulassung zu erhalten.

Darüber hinaus ist zu berücksichtigen, dass die europäische Verordnung (EU) 2017/745 über Medizinprodukte (MDR) ebenfalls Anwendung findet. Diese steht in einigen Bereichen in enger Wechselwirkung mit dem AI Act – etwa im Hinblick auf die CE-Zertifizierung – und verstärkt dadurch die regulatorischen Anforderungen. Dies stellt hohe Herausforderungen an die Zertifizierung von Unternehmen insbesondere KMUs dar.

Der finale Prototyp repräsentiert einen virtuellen Psychotherapeuten, der in der Lage ist, mit Nutzer:innen kurze, strukturierte Selbsthilfeübungen durchzuführen. Dabei wurden zwei Agentenvarianten implementiert: einerseits ein generischer weiblicher Agent, andererseits eine von der Hochschule Düsseldorf entwickelte, realitätsnahe

digitale Repräsentation von Prof. Dr. Jürgen Gallinat. Letztere wurde in die Unity Engine integriert und mit *Idle-Animationen*, Augenbewegungen sowie einer Lip-Sync-Technologie ausgestattet, um eine möglichst authentische Interaktion zu ermöglichen.

Die Anwendung ist sowohl in Virtual-Reality-Umgebungen als auch auf Desktop-Systemen nutzbar. Für die Sprachinteraktion zwischen Nutzer:innen und Intelligent Virtual Agent (IVA) kommt ein mehrstufiges technologisches System zum Einsatz:

1. Die gesprochene Sprache der Nutzer:innen wird mittels Speech-to-Text-Technologien transkribiert.
2. Anschließend erfolgt eine Verarbeitung durch ein Large Language Model (z. B. GPT-4 omni), das kontextangemessene Antworten generiert.
3. Diese werden zurück in das System übertragen und durch Text-to-Speech-Technologien in gesprochene Sprache transformiert. Hierbei besteht die Möglichkeit, zwischen generischen synthetischen Stimmen oder einer realistisch geclonten Stimme von Prof. Gallinat zu wählen.

Der Prototyp umfasst aktuell sechs Selbsthilfeübungen, die thematisch auf Angstbewältigung und Selbstwertstärkung fokussiert sind. Aufgrund seiner modularen Struktur ist das System jedoch erweiterbar und erlaubt die Integration zusätzlicher Module. Zudem wurde die Einbindung psychologischer Fragebögen untersucht, beispielsweise des Patient Health Questionnaire (PHQ-9), um eine standardisierte Erfassung psychischer Symptomatik zu ermöglichen.

Während des Projektverlaufs wurde der Prototyp iterativ weiterentwickelt, wobei Ergebnisse aus kleineren Evaluationsstudien fortlaufend in die Optimierung einfließen. Dadurch konnte sowohl die technische Stabilität als auch die Interaktionsqualität kontinuierlich verbessert werden.

Im abschließenden Projektabschnitt wurden aus ELSA-Perspektive (ethische, rechtliche und soziale Aspekte) unter Leitung von UHH-EIT wurden spezifische Empfehlungen für die Entwicklung, Implementierung und Nutzung von *Intelligent Virtual Agents (IVAs)* im psychotherapeutischen Kontext abgeleitet. Grundlage hierfür bildeten die Evaluation ausgewählter HIVAM-Studien sowie die Einbettung in einschlägige wissenschaftliche Literatur.

Ein zentrales Ergebnis betrifft die therapeutische Beziehung, insbesondere den Aspekt des Vertrauens. Während Vertrauen in klassischen Mensch-zu-Mensch-Beziehungen primär auf Faktoren wie Empathie, Fürsorge, persönliche Bindung und Respekt basiert, wurde im Kontext von IVAs Vertrauen überwiegend über Kompetenz definiert. Weitere relevante Einflussgrößen waren die Wahrung von Vertraulichkeit, die Gestaltung des Avatars sowie der Zugang zu menschlichen Expert:innen innerhalb des soziotechnischen Gesamtsystems.

Daraus folgt, dass Transparenz, Privatsphäre und Datenschutz zentrale Bedingungen für eine Akzeptanzsteigerung darstellen. Ergänzend wird eine patientenzentrierte Perspektive sowie die Sicherstellung der Nutzer:innensicherheit als prioritär hervorgehoben.

Die daraus resultierenden Handlungsempfehlungen umfassen unter anderem:

- Nutzung qualitativ hochwertiger und repräsentativer Datensätze,
- Minimierung von Abhängigkeiten gegenüber Drittanbietern,
- Integration von Kontroll- und Eingriffsmöglichkeiten durch menschliche Akteure (z. B. „Notfallknopf“),
- Umsetzung des *Privacy by Design*-Prinzips.

### **Wesentliche Ereignisse:**

- Zweiwöchentliche Meetings mit allen Projektpartnern
- Auftaktveranstaltung mit allen Projektpartnern (Mai 2023)
- Organisation und Durchführung des HIVAM Konsortialtreffens mit allen Projektpartnern und VDI/VDE am 23.01.2024 an der UHH
- Regelmäßige Teilnahme an Treffen des Begleitprojekts CoCreHit

## **2.2 Voraussichtlicher Nutzen, insbesondere der Verwertbarkeit des Ergebnisses und der Erfahrungen**

Im Rahmen des HIVAM-Projekts konnte apoQlar wertvolle Expertise im Bereich der klinischen Anforderungen an hybride Avataren/Assistent-Modellen, Mixed-Reality (MR)-basierten Telemedizinplattform, sowie KI-gestütztes Entscheidungsunterstützungssystem aufbauen.

Insbesondere wurden tiefgehende Erkenntnisse zu den klinischen Anforderungen an Extended Reality (XR)-Technologien gewonnen – einschließlich Aspekten der multimodalen Interaktion, der Nutzer:innenakzeptanz und der technischen Integration hybrider Avatare in patientennahe Anwendungsszenarien. Darüber hinaus wurde umfangreiche Erfahrung in der Verwertung klinischer Daten, der interdisziplinären Zusammenarbeit mit medizinischen Einrichtungen sowie Forschungspartnern gesammelt.

Der Nutzen der verschiedenen AR-Tools wurde fortlaufend und in verschiedenen präklinischen Pilot- oder Feasibility-Studien getestet und evaluiert. Dadurch wurden ein kontinuierliches Feedback und die Einbindung der verschiedenen Stakeholder bzw. zukünftigen Anwender in den Entwicklungsprozess durchgängig gesichert. Die entsprechenden Anforderungen wurden definiert und spezifiziert sowie in den Demonstratoren integriert, sodass die entwickelten Komponenten des Demonstrators ein hohes Potential haben, das medizinische Fachpersonal multimodal und ortsunabhängig bei Diagnostik und Behandlung zu unterstützen. Die entwickelten Komponenten sollen weiterentwickelt sowie HoloMedicine®-Plattform integriert werden. Die in diesem Projekt entwickelten Komponenten für die psychotherapeutischen Bereich lassen sich auf andere Gesundheitsbereiche und Therapien übertragen bzw. spezifizieren.

Die im Projektverlauf gewonnenen Erkenntnisse und das aufgebaute Know-how bilden zudem eine Grundlage für künftige Forschungsvorhaben und Kooperationsprojekte im Bereich digitaler Gesundheitslösungen und XR-gestützter Medizintechnologien.

Die COVID-19-Pandemie hat deutlich gemacht, dass Telemedizin einen unverzichtbaren Bestandteil der zukünftigen Gesundheitsinfrastruktur darstellen wird. Das HIVAM-Projekt trägt diesem Paradigmenwechsel bei, indem es eine immersive, XR-Plattform entwickelt. Durch die Integration virtueller Avatare und KI-gestützter Assistenzsysteme können medizinische Expert:innen Patient:innen auch aus der Ferne begleiten, unterstützen und beispielsweise Schulungen oder Konsile durchführen. Die

remote Assist Funktion mit VR-Technologie, kann für viele weitere Themen auch bedeutsam sein, da es z.B. ermöglicht alle möglichen medizinischen Daten zu streamen. Das Ergebnis des Projektes soll in die HoloMedicine Plattform integriert werden.

Die Projektergebnisse wurden bereits auf verschiedenen Konferenzen sowie im Rahmen von zahlreichen Publikationen veröffentlicht. Eine weitere wissenschaftliche Dissemination mittels Veröffentlichungen wird angestrebt.

## 2.3 Darstellung des während der Durchführung des Vorhabens dem Zuwendungsempfänger bekannt gewordenen Fortschritts auf diesem Gebiet bei anderen Stellen

- Insbesondere die aktuellen Entwicklungen und Diskussionen um Sprachmodelle wie GPT-4 waren bei der Entwicklung der Avatar/Assistent-Modelle im Projekt HIVAM von großer Bedeutung. Diese entwickelten sich besonders zu Projektanfang sehr schnell und ermöglichten uns durch ihre natürliche Sprachverarbeitung die einfache Integration in unseren Prototypen. Die Grundlagen, Erkenntnisse und wissenschaftlichen Reflektionen um die Potentiale und Grenzen dieser Sprachmodelle wurden im Projekt angewendet und für den psychiatrischen Fall spezifiziert.
- Aus rechtlicher Sicht ist insbesondere das Gesetzgebungsverfahren zur KI-Verordnung der Europäischen Union („AI Act“) relevant. Die Verordnung wurde im März 2024 verabschiedet und wird 2026 vollständig in Kraft treten. KI-basierte Telemedizinanwendungen wie die des HIVAM-Projekts fallen unter das rechtliche Rahmenwerk der EU-KI-Verordnung. Demnach müssen entsprechende rechtlichen Anforderungen in Forschungsprojekten oder auch für potenzielle Verwertungen beachten werden. Dies stellt insbesondere für KMUs neben der MDR eine weitere Herausforderung dar.

## 2.4 Erfolgte und geplante Veröffentlichungen der Ergebnisse

### **Publikationen im Kontext des HIVAM-Projekts:**

Rudschies, C., Rings, S., Kruse, L., Schauenburg, G., Marmarshahi, H., & Zimmer, C. N. (2023). Psychotherapy with the help of ChatGPT? Current technical and ethical boundaries of intelligent virtual agents. *Mensch und Computer 2023 - Workshop-band*. DOI: 10.18420/muc2023-mci-ws06-367. GI. MCI-WS06: First International Workshop on Co-Creation of Hybrid Interactive Systems for Healthcare. Rapperswil. 3.-6. September 2023.

### **Konferenzen:**

Sirko Pelzl (2024) Ist die Zukunft der Medizin noch ohne Hologramme und KI denkbar, 04.12.2024, XpoMed, Leipzig

Sirko Pelzl (2025) AI, XR, and Robotics: The Future of HoloMedicine, Annual EFISDS Congress, 12.09.2025, Elbląg, Poland.

Medien und Wissensvermittlung:

Politische und wissenschaftliche Gremienarbeit:

Es sind weitere Publikationen in Zusammenarbeit mit den Partnern geplant.