

Fraunhofer IAO

## Abschlussbericht

FKZ: 16SV8723 PT-Bearb.: \_\_\_\_\_

Laufzeit des Vorhabens: 01.09.2021 – 28.02.2025

Berichtszeitraum: 01.09.2021 – 28.02.2025

Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO)  
Nobelstraße 12, 70569 Stuttgart

VDI/VDE Innovation + Technik GmbH  
Steinplatz 1  
10623 Berlin

### Vorhaben

Einsatz neUrophysiologischer Schnittstellen und taktile unterstützter virtueller Realität zur Förderung von beruflicher InklusiOn – UFO

#### Zuwendungsempfänger:

Fraunhofer IAO

#### Förderkennzeichen:

16SV8723

#### Förderprogramm:

VDI/VDE Innovation + Technik GmbH

#### Titel des Einzelvorhabens:

Anwendungspotenziale von neurophysiologischen Schnittstellen in virtuellen Trainingsszenarien zur Förderung der beruflichen Inklusion

#### Titel des Verbundprojekts (falls Verbundprojekt):

Einsatz neUrophysiologischer Schnittstellen und taktile unterstützter virtueller Realität zur Förderung von beruflicher InklusiOn – UFO

## **1. Aufgabenstellung sowie wissenschaftlich-technischer Stand, an den angeknüpft wurde**

Im Projekt UFO wurden immersive multimodale Innovations-, Entwicklungs- und Erfahrungsräume entwickelt, die in Virtual Reality (VR)-Umgebungen gestaltet wurden. Ziel war es kognitive Prozesse in virtuellen Umgebungen zu trainieren und gleichzeitig das gegenseitige Verständnis zwischen Autist\*innen und neurotypischen Personen zu fördern. Ein besonderer Innovationsschwerpunkt lag auf der Echtzeit-Integration von Neurofeedback. In Kombination mit taktilen Rückmeldungen konnten Nutzer\*innen während einer spielerischen VR-Aufgabe unmittelbare Rückmeldungen zu ihren mentalen Zuständen erhalten. So wurde erlebbar, was sonst meist unsichtbar bleibt – die Vorgänge im eigenen Kopf.

Die entwickelten Anwendungen wurden in mehreren Studien erprobt und wissenschaftlich begleitet. Daraus entstand ein Enddemonstrator: ein System, das VR mit bildgebenden Verfahren zur Erfassung neurophysiologischer Daten verbindet und durch visuelles und taktilen Feedback die erfassten mentale Zustände kommuniziert. Die Akzeptanz, Immersion und Nützlichkeit der entwickelten Anwendungen wurden sowohl mittels Fragebögen als auch neurophysiologischer Daten untersucht.

## **2. Ablauf des Vorhabens**

Zu Beginn des Projekts wurden zentrale Konstrukte abgeleitet, die als besonders wichtig und relevant für Autist\*innen definiert wurden: kognitive Inhibition, kognitive Flexibilität und mentale Arbeitsbelastung (cognitive workload). Zur Entwicklung der VR-Szenarien aus den Konzepten heraus, wurden diese an etablierte Studienparadigmen aus der Psychologie und Neurowissenschaft angelehnt, die gezielt darauf ausgelegt waren, diese kognitiven Prozesse zu aktivieren und messbar zu machen.

Ein besonders komplexes Szenario basierend auf der kognitiven Inhibitionsfähigkeit wurde schließlich zum Bestandteil des finalen Demonstrators. Das sogenannte Weltszenario vereint Neurofeedback, taktile Feedbackmodalitäten und die Echtzeit-Integration dieser Schnittstellen in einer interaktiven VR-Umgebung. Vor der technischen Integration des finalen Systems wurden jedoch zunächst zahlreiche Studien durchgeführt, um die einzelnen Modalitäten empirisch zu untersuchen und ihre Wirksamkeit abzusichern.

Für das Neurofeedback kam ein VR-basiertes Go/No-Go-Paradigma zum Einsatz, das sowohl an autistischen als auch nicht-autistischen Personen getestet wurde. Die dabei gemessenen Gehirnaktivitäten wurden mittels fNIRS (funktionale Nahinfrarotspektroskopie) erhoben. Parallel dazu wurden die taktilen Schnittstellen in zwei separaten Studien entwickelt, getestet und hinsichtlich ihrer Nutzbarkeit und Effektivität evaluiert.

Das Ergebnis dieser iterativen Entwicklungs- und Evaluationsschritte war ein funktionierender Prototyp, der in einem Demonstrationsvideo dokumentiert wurde. Während des Spielens des VR-Szenarios wird dabei die Gehirnaktivität in Echtzeit erfasst und über taktile Aktuatoren sowie visuelle Rückmeldungen dem Nutzenden zurückgespielt. Das Spiel selbst ist adaptiv gestaltet: Es reagiert dynamisch auf die momentane mentale Auslastung und Leistung der Spielenden und passt sich entsprechend an.

Abschließend wurden im Rahmen eines Workshops mit internen und externen Expert\*innen Zukunftskonzepte sowie Strategien zur Transfersicherung diskutiert, um Anschlussfähigkeit und Weiterentwicklung über das Projekt hinaus sicherzustellen.

### **3. Zentrale Ergebnisse des Projektes**

Es ist ein Demonstrator für Virtual Reality entstanden, welcher Schnittstellen für taktiles und visuelles Neurofeedback integriert. Die Schnittstellenintegration in Echtzeit war ein zentrales Arbeitspaket des des Fraunhofer IAO und konnte erfolgreich umgesetzt werden. Zur Echtzeitfähigen Auswertung der fNIRS-Daten wurde eine optimierte Verarbeitungspipeline entwickelt, die sich am aktuellen fNIRS-Standard orientiert. Im Gegensatz zu klassischen Machine-Learning-Ansätzen, die primär auf eine Maximierung der Vorhersagegenauigkeit abzielen, stand in der Analyse die Identifikation physiologisch plausibler Signalmerkmale im Vordergrund. Ziel war es, relevante HbO- und HbR-Dynamiken zu extrahieren, die nicht nur zwischen den Bedingungen differenzieren, sondern sich auch für ein anschlussfähiges, neurofeedbackbasiertes Training eignen.

Zusammen mit den Projektpartnern Sensovo GmbH und NIRx GmbH wurden Hard- und Softwarekomponenten entwickelt, die in einer Reihe von Studien eingesetzt, weiterentwickelt und evaluiert wurden.

In einer gemeinsam durchgeführten Studie mit Projektpartnern zeigten sich interessante Unterschiede zwischen Autist\*innen und neurotypischen Personen, sowohl in der Gehirnaktivität (EEG) als auch subjektiv bei der Wahrnehmung von taktilen Reizen. Die Ergebnisse wurden für die Entwicklung der taktilen Feedbackmuster genutzt. Ergebnisse der gesamten Studien sind Bestandteil bereits erfolgter und geplanter Publikationen und Konferenzbeiträge, welche in Teil II der eingehenden Darstellung des Abschlussberichts aufgeführt sind.

#### **4. Zusammenarbeit mit anderen Stellen**

Das IAO stand in engem Austausch mit weiteren Akteuren, z.B. dem HIVE Lab. Ebenfalls wurde ein Workshop mit Expert\*innen aus dem Bereich der Mensch-Technik-Interaktion durchgeführt, um Verwertung und Markteinführung der entwickelten Technologie zu diskutieren. Der Verwertungsworkshop zeigte großes Potenzial des Systems in der Anwendung für weitere neurodivergente Gruppen, wie z.B. ADHS. Auch als Aufklärungstool für z.B. Institutionen wurde sich dafür gesprochen.

Das IAO war in einigen Öffentlichkeitsformaten federführend, z.B. ein TV-Beitrag im 3sat „Nano“ oder Blogbeiträge. Außerdem wurden Ergebnisse auf Konferenzen präsentiert, z.B. Mensch und Computer 2025 und Neuroergonomics 2024.