

<b>ZE:</b> Charité - Universitätsmedizin Berlin, Charitéplatz 1, 10117 Berlin	<b>Förderkennzeichen:</b> 13GW0566D
<b>Vorhabenbezeichnung:</b> GV: AR-VR-gestütztes Orientierungs- und Gedächtnistraining für postakute Neurorehabilitation (PAN-Assistent) TV: Taskdesign des virtuellen Wege- und Orientierungstrainings	
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 01.06.2022 - 31.05.2025, kostenneutral verlängert bis 31.08.2025	
<b>Berichtszeitraum:</b> 01.01.2024-31.08.2025	

## Teil II: Eingehende Darstellung

### Wissenschaftlich-technische Ergebnisse und wesentliche Ereignisse

Im Berichtszeitraum wurden die Arbeitspakete AP1 - AP4, AP7 und AP8 gemäß Vorhabenbeschreibung weitgehend umgesetzt. Die Arbeiten erfolgten in enger Kooperation zwischen der Charité - Universitätsmedizin Berlin, dem P.A.N. Zentrum sowie den technischen Partnern. Die Mittelverwendung entspricht der ursprünglichen Projektplanung.

#### AP1 Anforderungsanalyse

Im ersten Arbeitspaket wurden nutzerzentrierte Anforderungen systematisch erfasst. Hierzu wurden Interviews mit Bewohner:innen des P.A.N.-Zentrums sowie mit Vertreter:innen verschiedener therapeutischer Berufsgruppen durchgeführt. Ergänzend erfolgten Beobachtungen im Rehabilitationsalltag sowie eine systematische Auswertung vorhandener neuropsychologischer Befunde mit Schwerpunkt auf räumlicher Kognition.

Die Ergebnisse zeigten deutliche Unterschiede in Bezug auf Fähigkeiten, Motivation, Technikakzeptanz, Sicherheitsbedürfnis und Alltagszielen. Besonders relevant war die Erkenntnis, dass Navigationsstörungen häufig über reine Gedächtnisdefizite hinausgehen. Selbst bei vollständiger Informationsverfügbarkeit zeigten sich erhebliche Schwierigkeiten in neuen Umgebungen. Diese Befunde bestätigten die Notwendigkeit eines spezifisch auf Navigation ausgerichteten Trainingsansatzes.

Die gewonnenen Erkenntnisse flossen in *Personas* und konkrete Anwendungsszenarien ein und bildeten die Grundlage für das Taskdesign. Projektbegleitende Fokusgruppen-Workshop mit Therapeut:innen informierten das Design und bestätigten die wahrgenommene Nützlichkeit und klinische Relevanz.

Zusammenfassend lassen sich die Erkenntnisse der Bedarfsanalyse in folgender Struktur zusammenfassen:

Navigation und Orientierung effektiv fördern	Motivation	Nutzungs-freundlichkeit	Sicherheit und Risiken	Infrastruktur und Alltagsintegration
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bewegungsradius und Schwierigkeitsgrad schrittweise erhöhen</li> <li>• Wiederholungen, Zwischenziele</li> <li>• Landmarken und verschiedene räumliche Repräsentationen erkennen und nutzen</li> <li>• Integration bestehender Strategien, z. B. Gedächtnisbuch</li> <li>• Training für vertraute und unvertraute Umgebungen</li> <li>• Serielle Aufgabenstruktur (Vermeidung von Aufgabenwechseln und parallelen Aufgaben)</li> <li>• Subtile Unterstützung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alltagsnaher, messbarer, greifbarer Fortschritt</li> <li>• Monitoring und Feedback erleichtern</li> <li>• Trainingsziele ausgerichtet auf Autonomie und Teilhabe (auch nach der Rehabilitation)</li> <li>• Realistische und langfristige Ziele</li> <li>• Personalisierte Inhalte und Erfolgserlebnisse</li> <li>• Kommunikation und Austausch fördern</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zuverlässige Funktionsweise</li> <li>• Intuitive, niedrigschwellige Bedienung</li> <li>• Vertraute Geräte fördern Akzeptanz (Tablet)</li> <li>• Multimodal, aber nicht überstimulieren des Feedback</li> <li>• Komplexe Technologie → Risiko von Überforderung</li> <li>• Einsatzbereit ohne größeren Planungsaufwand</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Risiko von Desorientierung und Stürzen im öffentlichen Raum</li> <li>• Sicherheitsgefühl essenziell: Notfallknopf, klare Rückmeldungen, Kontakt/Monitoring durch das Therapieteam</li> <li>• Absicherung gegen technische Ausfälle</li> <li>• Begleitmaßnahmen (Handy, Notfallumschlag) als klare Standards</li> <li>• Anpassung an individuelle Einschränkungen in Wahrnehmung und Mobilität</li> <li>• Berücksichtigung eingeschränkter Krankheitseinsicht, schwankender Belastbarkeit und Impulsivität → Vermeidung von Überforderung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• WLAN/Mobilfunknetz während der Einrichtung instabil</li> <li>• Kein Indoor-GPS</li> <li>• Technologie darf das Personal nicht zusätzlich belasten</li> <li>• Trainingsaufwand minimieren</li> <li>• Integration in bestehende Routinen, Systeme und Prozesse</li> <li>• Interdisziplinären Austausch fördern</li> </ul>

## AP2 Entwicklung des Taskdesigns

Auf Basis der Literaturrecherche und der Ergebnisse aus AP1 wurden die Taskdesigns für drei Showcases entwickelt: VR, AR-Tablet und Wearable „Amulett“. Der Fokus der Aufgaben lag auf der Orientierung und dem Auffinden von Orten innerhalb und außerhalb des P.A.N.-Zentrums.

Zentrale Designprinzipien waren:

- Adaptivität durch verschiedene Schwierigkeitsstufen
- Vermeidung kognitiver Überforderung
- Förderung von Motivation durch spielerische Elemente und Alltagsnähe
- Serialisierung komplexer Navigationsprozesse
- Integration subtiler Assistenzmechanismen

Im iterativen Vorgehen wurden Usability-Untersuchungen durchgeführt und Parameter zur Erfassung räumlicher Orientierung und Navigation definiert. Diese Parameter sind sowohl für die therapeutische Dokumentation als auch für wissenschaftliche Auswertungen nutzbar.

Eine inhaltliche Modifikation erfolgte beim ursprünglich geplanten Küchenszenario. Da dieses primär exekutive Funktionen adressierte und weniger spezifisch Navigation, wurde es zugunsten einer weiteren alltagsnahen Navigationsaufgabe ersetzt, unter anderem mit Fokus auf die Route zur Bushaltestelle, die für die Selbstständigkeit der Bewohner:innen von besonderer Bedeutung ist.

### **AP3 Mixed-Reality-Interaktionsdesign**

Zusammen mit den Projektpartnern A+C, PAN-Zentrum, BHT und Ascora wurden die Schnittstellen für die Informationseingabe- und Ausgabe festgelegt. Zudem wurden die Parameter und Informationen für die verschiedenen Gruppe an Benutzern (User:innen = Bewohner:innen, Behandler:innen vs. Pädagogen, Psychotherapeuten, Physiotherapeuten, Ergotherapeuten etc. vs. Kognitionswissenschaftler:innen der Charité und Rehabilitationswissenschaftler des PAN-Zentrums) und die die Umsetzung des personalisierten Stufenkonzeptes in Sinne des Task-Design optimiert. Das Amulett wurde als leichtes, nicht-medizinisch wirkendes Accessoire konzipiert, das durch Vibration und e-Ink-Checklisten unterstützt. Bluetooth-Beacons dienen als Landmarken zur Positionsbestimmung. Für das Tablet wurde ein individuell entwickeltes Gehäuse mit physischem Zusatzbutton umgesetzt.

### **AP4 Technische Umsetzung der Showcases**

Die technische Implementierung der Showcases erfolgte iterativ. VR basiert auf hochauflösenden 3D-Scans der Umgebung, AR nutzt Marker-basiertes Tracking ohne Indoor-GPS, das Amulett kommuniziert über Bluetooth mit Landmarken.

Im Berichtszeitraum wurden mehrere Testläufe mit VR- und Tablet-Prototypen mit Personen mit erworbenen Hirnschädigungen durchgeführt. Rückmeldungen führten zu Anpassungen hinsichtlich Bedienbarkeit, Feedback-Mechanismen und Sicherheitsfunktionen (z. B. „Return Home“-Funktion, Map-Übersicht, Notfallkonzepte).

Technische Herausforderungen betrafen unter anderem Tracking-Genauigkeit, WLAN-Stabilität sowie die Haltbarkeit individualisierter Prototypen.

### **AP7 Machbarkeitsstudie**

Für die Machbarkeitsstudie wurde ein Studienprotokoll entwickelt, standardisierte Assessments ausgewählt und durch einen projektspezifischen Fragebogen ergänzt. Studienunterlagen wurden

datenschutzkonform erstellt und ein Ethikantrag eingereicht. Die Bearbeitung durch das Clinical Trial Office verzögerte den Studienstart.

Im Berichtszeitraum wurden fünf Personen eingeschlossen. Aufgrund geringerer Belegungszahlen im Zentrum und des verzögerten Starts wurde die geplante Stichprobengröße von  $n=10$  annähernd, jedoch nicht vollständig erreicht ( $n = 8$ ).

Erste Ergebnisse zeigen:


- gute Akzeptanz der VR-Anwendung trotz kleinerer technischer Bugs
- sehr niedrige Zugangsschwelle bei der Tablet-Anwendung
- zuverlässige markerbasierte Standortbestimmung
- hohe Bereitschaft zur Teilnahme seitens Bewohner:innen und Therapeut:innen

### AP8 ELSI-Aspekte

Die Charité stellte die Einhaltung ethischer und datenschutzrechtlicher Standards sicher. Neben der Erstellung von Studienunterlagen und Datenschutzkonzepten wurden Empfehlungen zur sozialen und ethischen Implementierung erarbeitet. Die verzögerte Bearbeitung des Ethikantrags stellte ein wesentliches Ereignis im Projektverlauf dar, was zu einer kostenneutralen Verlängerung des Projekts um 3 Monate führte.

Zusammenfassend erfüllen die entwickelten Showcases die Bedürfnisse der Nutzenden über folgende Aspekte:

Technologie		Funktion	Beabsichtigter Nutzen
<b>VR-Training</b>		Immersives Navigationstraining mit realistischen 3D-Scans der Rehabilitationsumgebung	Vorbereitung auf reale Alltagsrouten, angstfreier Einstieg für neue Bewohner:innen
<b>AR-Training (Tablet)</b>		Alltägliche Erkundung der Umgebung mittels relevanten Landmarken - legt virtuelle Ebene über bekannte Umgebungen, ermöglicht neue Interaktionen	Förderung von Selbstwirksamkeit, Orientierung und Umweltbewusstsein sowie Unterstützung bei der Vorbereitung auf die Nutzung kommerzieller Navigationshilfen
<b>Wearable "Amulet"</b>		Unterstützt praktische Navigation durch Checklisten und interaktive Landmarken im Raum, lenkt Aufmerksamkeitsfokus in den Raum	Alltagsunterstützung, Nutzung von Landmarken, Sicherheit und Struktur für selbstständige Mobilität

<p><b>Trainer UI</b></p>		<p>Ermöglicht dem therapeutischen Team, Schwierigkeitsgrade anzupassen, Fortschritte und Positionen zu überwachen sowie Bedarfe zu dokumentieren</p>	<p>Personalisierung und kontinuierliche therapeutische Begleitung</p>
--------------------------	---	--	---

## Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit

Mit PAN-Assistant wurde ein skalierbares, adaptives Assistenz- und Trainingssystem zur Unterstützung der räumlichen Orientierung bei Menschen mit schweren kognitiven Beeinträchtigungen entwickelt. Der zentrale Nutzen liegt in der Förderung von Autonomie und gesellschaftlicher Teilhabe, der strukturierten Integration in bestehende Rehabilitationsroutinen sowie in der objektivierbaren und kontinuierlichen Fortschrittsdokumentation über die Trainer-Oberfläche. Durch die multimodale Ausgestaltung der Assistenzmechanismen kann das System individuell an unterschiedliche Fähigkeitsprofile angepasst werden.

Das Projekt generierte neue wissenschaftliche Erkenntnisse zum Einsatz immersiver VR- und AR-Technologien bei einer vulnerablen Zielgruppe mit ausgeprägten kognitiven Einschränkungen, insbesondere schweren Gedächtnis- und Orientierungsstörungen. Dabei wurden praxisnahe Kriterien für die Gestaltung barrierearmer Navigationsunterstützung, adaptiver Assistenzsysteme und risikoarmer Implementierung im klinischen Alltag abgeleitet. Die Ergebnisse zeigen, dass XR-Technologien in dieser Zielgruppe eine hohe Akzeptanz aufweisen und motivationsfördernd eingesetzt werden können.

Die entwickelten Demonstratoren sowie das begleitende Taskdesign stellen eine belastbare konzeptionelle und technische Grundlage für digital gestützte Navigations- und Trainingsangebote dar. Aufgrund der modularen Architektur besteht eine potenzielle Übertragbarkeit auf andere neurorehabilitative Einrichtungen sowie perspektivisch auf weitere klinische Kontexte mit vergleichbaren Unterstützungsbedarfen.

Kurzfristig ist eine weiterführende Erforschung und Entwicklung der Showcases geplant, um die Zielgruppenabgrenzung zu präzisieren. Mittelfristig wird eine größere klinische Wirksamkeitsstudie angestrebt. Langfristig ist die Implementierung als ergänzendes Trainings- und Assistenzsystem in neurorehabilitativen Einrichtungen vorgesehen.

Die Projektergebnisse wurden und werden durch Fachpublikationen und Kongressbeiträge verbreitet. Ein Antrag zur Weiterentwicklung der Prototypen wurde im Rahmen von KMU-innovativ sowie für den Max-Rubner-Preis eingereicht, jedoch nicht bewilligt. Aktuell werden geeignete Förderlinien für ein Folgeprojekt geprüft, um die technische Reife weiter zu erhöhen und eine nachhaltige Implementierung vorzubereiten.

## Erfolgte oder geplanten Veröffentlichungen der Ergebnisse

Die Projektergebnisse wurden fortlaufend und werden aktuell auch noch in wissenschaftlichen

Publikationen und auf Fachkonferenzen präsentiert.

- Jettkowski, K., Rekers, S., Hosters, J., Wirsching, L., Dobrzalski, E., Geuter, J., Hammer, C., Hildebrandt, K., Sterr, A., Dietmaier, J.-M., Finke, C., Dohle, C., & Schrader, M. (2025). XR training system for people with spatial orientation disorders following acquired brain injury – Usability and Feasibility. *Journal of Medical Extended Reality*, Abstracts from the Annual XR4REHAB Conference Lecco, Italy June 26–27, 2025, e9–e10. <https://doi.org/DOI:252010.1089/jmedxr.2025.58801.abstract>
- Rekers, S., Schrader, M., Wirsching, L., Hoster, J., Jettkowski, K., Bilek, F., Hildebrand, K., Dohle, C., & Finke, C. (2025). PAN-Assistant—A spatial navigation training and assistance platform for individuals with severe cognitive impairment. *MindXR*.
- Rekers, S., Jettkowski, K., Hoster, J., Schrader, M., Hildebrand, K., Dohle, C., & Finke, C. (2024). Spatial navigation in clinical practice—Diagnostics and treatment in patients with severe cognitive impairment. *Data Blitz Präsentation iNAV 2024*
- Rekers, S., Jettkowski, K., Hoster, J., Schrader, M., Wirsching, L., Dobrzalski, E., Geuter, J., Hammer, Sterr, A., Hildebrand, K., Dohle, C., & Finke, C. (2025). PAN-Assistant—A spatial navigation training and assistance platform for individuals with severe cognitive impairment. *Konferenzvortrag 9th Scientific Meeting of the Federation of the European Neuropsychological Societies (FESN) and the 40th Annual Meeting of the German Neuropsychological Society (GNP), Zeitschrift für Neuropsychologie*, S. 249, DOI: 10.1024/1016-264X/a000423
- Jettkowski, K., Rekers, S., Wirsching, L., Dobrzalski, E., Geuter, J., Hammer, C., Horster, J., Hildebrandt, K., Sterr, A., Finke, K., Dohle, C., & Schrader, M. (2025, December 5). XR-gestütztes Re-Orientierungstraining für Menschen mit räumlicher Orientierungsstörung nach erworbener Hirnschädigung (PANAssistant) – Evaluation von Benutzerfreundlichkeit und Akzeptanz eines partizipativ entwickelten Systems. *Gemeinsame Jahrestagung der DGNR e.V., der OeGNR und der SGNR*.
- Jettkowski, K., Rekers, S., Hoster, J., Wirsching, L., Dobrzalski, E., Geuter, J., Wübbe, C., Hildebrandt, K., Sterr, A., Dietmaier, J., Finke, C., Dohle, C., & Schrader, M. (2024). Entwicklung eines XR-Trainingssystems für Menschen mit Orientierungsstörungen nach erworbener Hirnschädigung. *Neurologie & Rehabilitation*, S3, 69. <https://doi.org/10.14624/NR24S30>
- Jettkowski, K., Rekers, S., Wirsching, L., Dobrzalski, E., Finke, C., Sterr, A., Dohle, C., & Schrader, M. (2023). Nutzerzentrierte Anforderungsanalyse eines XR-gestützten Re-Orientierungstrainings bei Menschen mit erworbenen Hirnschädigungen. *Gemeinsame Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Neurorehabilitation e.V. zusammen mit der OeGNR und der SGNR*, S2, Vol.30, S26–S27. Hippocampus Verlag. <https://doi.org/10.14624/NR23S2001>

Zwei Publikationen für die Veröffentlichung in Fachjournals sind aktuell in Vorbereitung:

- Jettkowski, K., Rekers, S., Hosters, J., Wirsching, L., Dobrzalski, E., Geuter, J., Hammer, C., Hildebrandt, K., Sterr, A., Dietmaier, J.-M., Finke, C., Dohle, C., & Schrader, M. Partizipative Entwicklung von XR-basierten Re-Orientierungshilfen und -therapie für Menschen mit erworbenen Hirnschädigungen

- Rekers, S.\*, Jettkowski, K.\*, Wirsching, L., Hoster, J., Schrader, M., Dobrzalski, E., Geuter, J., Hammer, Sterr, A., Hildebrand, K., Dohle, C., & Finke, C. (2025). Integrative cognitive neurorehabilitation of spatial navigation using extended reality.

Ort, Datum: Berlin, 28.02.2026

Unterschrift: \_\_\_\_\_  
(Prof. Dr. Carsten Finke)