

FourWays – Sachbericht zum Verwendungsnachweis (Teil II)

Förderkennzeichen: 16SV8679

Projektleiter: Prof. Dr. Gottfried Zimmermann

Professor für mobile Benutzerinteraktion, Leiter Kompetenzzentrum Digitale Barrierefreiheit

E-Mail: gzimmermann@hdm-stuttgart.de

Webseiten: <https://www.hdm-stuttgart.de>
<https://digitalisierung.hdm-stuttgart.de/barrierefreiheit/>

Das Verbundprojekt „FourWays“ leistete einen wertvollen Beitrag zur Forschung im Bereich interaktiver Technologien. Unser Ziel war es, gemeinsam mit dem Start-up Treye Tech die Mensch-Computer-Interaktion auf mobilen Android-Geräten durch KI-gestützte Bildverarbeitung von Augenbewegungen für Menschen mit motorischen Einschränkungen an den Händen zu verbessern.

Eine zentrale Aufgabe im Vorhaben war die Entwicklung einer geräteunabhängigen Middleware als Accessibility Service für Android. Diese Middleware bestand aus zwei Kernmodulen: einem zur automatischen Extraktion von Interaktionspunkten und deren Semantik, um ein geeignetes Overlay-Menü für die zu bedienenden Apps zu erzeugen und einem zur KI-basierten Klassifizierung von Pupillen und Kopfbewegungen. Die Forschung konzentrierte sich auf die Mustererkennung von Pupillenbewegungen, um eine höhere Genauigkeit zu erzielen sowie die Umsetzung eines benutzerfreundlichen Overlay-Menüs, das den Eingabeaufwand mittels der blickbasierten Steuerung für die Nutzenden aus der Zielgruppe, im Vergleich zu der klassischen Touch-Bedienung und schon verfügbarer sprachbasierter Bedienungshilfen gering hält oder gar verbessert.

Die HdM fokussierte sich im Rahmen des Vorhabens auf die Usability des Bedienkonzepts (AP3) und die Entwicklung einer Pilotanwendung bzw. der Smarthome App sowie zweier Demonstratoren (AP4). Durch einen benutzerzentrierten Designansatz und iterative Evaluationsstudien mit Personen aus der Zielgruppe wurde eine alltagstaugliche Lösung entwickelt, die den Bedürfnissen der Menschen mit motorischen Einschränkungen an den Händen Rechnung trägt. Der erfolgreiche Pilotbetrieb der in AP4 von der HdM entwickelten

Smarthome App im Samariterstift Ostfildern, demonstriert die praktische Anwendbarkeit unserer Projektergebnisse und verdeutlicht den direkten Nutzen für die Lebensqualität sowie Autonomie der Betroffenen.

Durch eine Projektaufstockung zum Ende des Projekts konnte das ursprüngliche Vorhaben durch zusätzliche Funktionen für die Smarthome App erweitert werden. Die Integration einer Komponente für unterstützte Kommunikation (AP6) ermöglichte es Menschen mit motorischen Einschränkungen an den Händen, die zusätzlich eine Sprechstörung haben, über die Smarthome App und die blickbasierte Steuerung mit ihrem direkten sozialen Umfeld zu interagieren. Mit Hilfe personalisierbarer Profile (AP7) konnten wir zudem die Anpassung der Anwendung an verschiedene Anwendungskontexte (z.B. Wechsel zwischen Bett und Rollstuhl) vereinfachen und somit die Mobilität der Zielgruppe erhöhen. Die Veröffentlichung der Smarthome App unter der Apache 2.0 Lizenz (AP8) und die Bereitstellung einer umfassenden Dokumentation garantieren zudem die Nachhaltigkeit der Förderung und ermöglichen eine zukünftige Weiterentwicklung.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die durchgeführten Arbeiten sowie die dafür aufgewandten Ressourcen im Forschungsvorhaben „FourWays“ notwendig und angemessen waren, da sie der im Projektantrag sowie dem Projektaufstockungsantrag detailliert dargelegten Planung entsprachen. Des Weiteren konnte die HdM die im Arbeitsplan formulierten Aufgaben erfolgreich bearbeiten und es waren keine zusätzlichen Ressourcen über die beantragten finanziellen Mittel hinaus für die Durchführung des Vorhabens erforderlich.

Im Nachfolgenden geht der Sachbericht auf die einzelnen Arbeitspakete, in welche die HdM involviert war, noch detaillierter ein, um die einzelnen Arbeiten auf Ebene der Teilarbeitspakete zu erläutern sowie die Erreichung der in den Anträgen definierten Projektziele bzw. Meilensteine zu überprüfen. Anschließend werden die wichtigsten Positionen des zahlenmäßigen Nachweises erläutert und nochmals ausführlich auf die wissenschaftliche Verwertbarkeit und den Nutzen der erzielten Ergebnisse eingegangen. Der Sachbericht beleuchtet auch die uns auf dem Vorhabengebiet bekannt gewordenen Fortschritte, die während der Projektlaufzeit von dritten Organisationen oder Personen erzielt wurden. Am Ende erfolgt eine Auflistung aller im Rahmen des Projekts durchgeführten Veröffentlichungen.

1. Detaillierte Beschreibung der durchgeführten Arbeiten

Die HdM war maßgeblich an der Konzeption, Entwicklung und Evaluation einer blickgesteuerten Interaktionssoftware beteiligt. Die HdM leitete dabei die Arbeitspakete AP3 (Usability des Bedienkonzepts), AP4 (Pilotanwendung & Demonstratoren) sowie die im Rahmen der Projektaufstockung hinzugekommenen Arbeitspakete AP6 (Unterstützte Kommunikation), AP7 (Profile für Personalisierung) und AP8 (Veröffentlichung als Open-Source-Anwendung). Die Zusammenarbeit mit dem Projektpartner Treye Tech UG war dabei ein zentrales Element des Projekts und spiegelte sich auch im Projektmanagement (AP1) wider.

Arbeitspaket AP1: Projektmanagement

Das Arbeitspaket AP1 diente der Sicherstellung einer erfolgreichen Projektdurchführung innerhalb des vorgegebenen Zeit- und Kostenrahmens. Obwohl das Projektmanagement primär in der Verantwortung von Treye Tech lag, trug auch die HdM zur Dokumentation und Koordination bei und verantwortete diese während der Aufstockungsphase alleine. Für die Aufstockungsphase wurde allerdings kein separates Arbeitspaket für das Projektmanagement mehr beantragt, da der notwendige Aufwand hierfür stattdessen in den Arbeitspaketen AP6, AP7 und AP8 einkalkuliert wurde.

- **AP1-T1: Organisation von Projekttreffen:** Während der gesamten Projektlaufzeit wurden monatliche Projekttreffen organisiert, um den Projektfortschritt zu besprechen, Aufgaben zu koordinieren und offene Fragen zu klären.
- **AP1-T2: Dokumentation des Projektverlaufs:** Die HdM erstellte in Zusammenarbeit mit Treye Tech und später eigenständig Statusberichte zum aktuellen Projekt- und Entwicklungsstand nach jedem Projektjahr. Die Meilensteine MS 1.1, MS 1.2, MS 1.3 und MS 1.4 wurden erreicht.
- **AP1-T3: Wissensmanagement zur Verwaltung der Dokumente:** Die HdM nutzte eine eigene Instanz der Nextcloud und das in GitLab integrierte Wiki zur Verwaltung und zum Austausch von Dokumenten und Quellcode. Diese Infrastruktur gewährleistete den kontinuierlichen Austausch aller projektbezogenen Informationen.

Arbeitspaket 3: Usability des Bedienkonzepts

Die HdM verfolgte in diesem Arbeitspaket einen User Centered Design (UCD) Ansatz, wobei das Feedback von der Zielgruppe bzw. Probandinnen und Probanden kontinuierlich in den

Entwicklungsprozess einfluss. Es waren vier Iterationen mit Experteninspektionen und qualitativen Benutzertests vorgesehen.

Jedoch kam es in der Anfangsphase zu einer zeitlichen Verzögerungen, die zwei Ursachen hatte. Zum einen kam es zu Verzögerungen aufgrund einer anfangs schwierigeren Probandenakquise als zunächst gedacht sowie den Auswirkungen der Coronapandemie. Zum Beispiel konnten die in AP3-T1 geplanten Interviews teilweise nur online durchgeführt werden. Auch die Durchführung von Benutzerstudien mit Studierenden und Probanden aus der Zielgruppe war aufgrund der Schutzvorkehrungen erschwert. Zum anderen führte das Ausscheiden eines Mitarbeiters bei Treye Tech – eine Neubesetzung der Position gestaltete sich schwierig – zu Verzögerungen in den Teilarbeitspaketen AP2-T5 (Implementierung des Android-Systemdienstes) und AP2-T7 (Implementierung der dynamischen Menügenerierung). Die Verzögerung in der Implementierung hatte wiederum Auswirkungen auf die Evaluation von FourWays (AP3-T3 u. AP3-T4) und Integration in die Pilotanwendung bzw. Smarthome App durch die HdM (AP4-T4). Aus diesem Grunde wurde die erste Entwicklungs- und Evaluationsiteration für die HdM, und damit einhergehend auch die Meilensteine MS 3.3., MS 3.4 und MS 4.2, ausgelassen.

- **AP3-T1: Interviews mit potenziellen Benutzern zu Projektbeginn:** Zu Beginn des Projekts wurden Interviews mit sieben Personen aus der Zielgruppe durchgeführt. Die Rekrutierung erfolgte über Treye Tech und den Arbeitskreis „Sozialwirtschaft“ des Vereins Smart Home & Living BW, in welchem die HdM aktiv ist. In dieser Phase profitierte die HdM insbesondere von der Unterstützung durch die Samariterstiftung. Aus den qualitativen Ergebnissen ging hervor, dass für Heimbewohnende vor allem die Nutzung von Kommunikations-Apps und sozialen Netzwerken im Vordergrund steht, während Probanden, die in ihren eigenen Häuslichkeiten wohnen, einen größeren Mehrwert in einer Umfeldsteuerung sahen. Diese unterschiedliche Prioritätensetzung lag vermutlich zumindest teilweise an den erlebten Kontaktbeschränkungen in den Pflegeeinrichtungen während der Coronapandemie. Diese Erkenntnis war wichtig für das weitere Vorgehen im Projekt und die Studienplanung sowie den später durchgeführten Probetrieb im Samariterstift Ostfildern. Der Meilenstein MS 3.1 wurde erreicht.
- **AP3-T2: Definition von User Stories und Personas:** Die Ergebnisse der Interviews wurden ausgewertet und zu User Stories und Personas zusammengefasst, um ein gemeinsames Verständnis für die Systemanforderungen zu schaffen. Der Meilenstein MS 3.2 wurde erreicht.

- **AP3-T3: Inspektionen durch Usability-Experten:** Begleitend zur Entwicklung inspizierten Usability-Experten der HdM regelmäßig den Entwicklungsstand von FourWays, um frühzeitig Mängel in den Bereichen Usability und Barrierefreiheit zu identifizieren. Die Meilensteine MS 3.5, MS 3.7 und MS 3.9 wurden erreicht.
- **AP3-T4: Qualitative Benutzertests mit potenziellen Anwendern:** Am Ende jeder Iteration wurden Benutzertests durchgeführt. Vergleichende Studien testeten die Entwicklungsstadien von FourWays mit betriebssystemeigenen Android-Bedienungshilfen wie dem kamerabasierten Schalterzugriff und Voice Access. Eine Studie zeigte, dass das FourWays-Konzept die Anzahl der Eingaben gegenüber dem kamerabasierten Schalterzugriff halbieren und damit effizienter sein kann. Die Meilensteine MS 3.6 und MS 3.8 wurden erreicht.
- **AP3-T5: Benutzertest mit dem finalen Prototyp und weiteren Eingabemethoden:** In einer abschließenden vergleichenden Benutzerstudie im Sommer 2024 wurde die 4-Wege-Steuerung von FourWays mit den etablierten Android-Bedienungshilfen „Kamerabasierter Schalterzugriff“ und „Voice Access“ anhand der YouTube-App evaluiert.

Die Ergebnisse der Studien aus AP3-T5 liefern ein differenziertes Bild:

Hinsichtlich der Effektivität (Erfolgsrate) zeigte sich, dass die Probandinnen und Probanden mit Voice Access alle Aufgaben vollständig lösen konnten (Erfolgsrate: 1,0). Mit dem kamerabasierten Schalterzugriff lag die Erfolgsrate bei 0,98 und mit FourWays bei 0,85. Interessanterweise war die Effektivität von FourWays stark aufgabenabhängig: Während die Navigationsaufgaben zu 100% erfolgreich abgeschlossen wurden, gab es deutliche Schwierigkeiten bei komplexeren Abläufen, insbesondere bei einem Use-Case, in dem es um das Wechseln des Kontos ging, wo die Erfolgsrate nur 0,58 betrug. Dies deutet weniger auf einen grundsätzlichen Nachteil des 4-Wege-Konzepts von FourWays hin, sondern vielmehr auf eine spezifische Implementierungsschwäche und damals noch vorhandene Bugs bei der Erkennung von Kopfbewegungen (v.a. nach unten) und der Fokussteuerung in bestimmten Layouts, die in der Studie identifiziert wurden.

Bei der Effizienz (Zeit und Anzahl Interaktionen) waren die Unterschiede deutlicher. Voice Access war mit Abstand am schnellsten (durchschnittlich ca. 46s). Der Unterschied zu FourWays war hierbei am größten (ca. 652s). Aber auch der kamerabasierte Schalterzugriff war mit ca. 216s deutlich langsamer als Voice Access, jedoch schneller als FourWays, was aber auch auf die noch vorhandenen Schwierigkeiten (siehe vorheriger Absatz zur Effektivität) zurückzuführen ist. Der große Effizienzvorteil von Voice Access ist zu einem

erheblichen Teil darauf zurückzuführen, dass es sich um eine grundlegend andere Eingabemodalität handelt (Spracheingabe), die – sofern die Fähigkeit zu sprechen gegeben ist – naturgemäß oft direkter und schneller ist als eine kamerabasierte Gestensteuerung.

Es ist jedoch wichtig, diese Ergebnisse im Kontext der Zielgruppen und Anwendungsszenarien zu betrachten. Voice Access ist nur von Personen nutzbar, die uneingeschränkt sprechen können, was bei vielen Menschen mit schweren motorischen Einschränkungen nicht der Fall ist. Zudem ist eine Sprachsteuerung in lauten Umgebungen oder Situationen, die Diskretion erfordern, ungeeignet. FourWays und der kamerabasierte Schalterzugriff zielen auf Nutzerinnen und Nutzer ab, für die Spracheingabe keine Option ist. Die Wahl der am besten geeigneten Bedienungshilfe hängt somit stark von den individuellen Fähigkeiten der nutzenden Person und dem spezifischen Nutzungskontext ab. Ein direkter Vergleich, der eine Eingabemethode bzw. Bedienungshilfe pauschal als „besser“ oder „schlechter“ bewertet, greift daher zu kurz. Ziel der Studie war es, FourWays im Spektrum aller verfügbaren Android-Bedienungshilfen für Menschen mit motorischen Einschränkungen einzuordnen und Ansatzpunkte für weitere Optimierungen zu gewinnen.

Arbeitspaket 4: Pilotanwendung & Demonstratoren

Unter Leitung der HdM erfolgte in diesem Arbeitspaket die Entwicklung einer Pilotanwendung bzw. Smarthome App für eine assistive Umfeldsteuerung sowie von zwei Demonstratoranwendungen. Die Anwendung wurde so flexibel konzipiert, dass sie auch mobil, z.B. auf Messen, vorgeführt werden kann. Sowohl die Demonstratoranwendungen als auch die Smarthome App wurden zudem im Personal User Experience Lab (PUX-Lab) an der HdM dauerhaft installiert.

- **AP4-T1: Konzeption der Pilotanwendung:** Zunächst wurden geeignete IoT-Geräte und Technologien (z. B. Programmiersprache, Frameworks) basierend auf den in AP3-T2 definierten Use Cases ausgewählt. Anschließend wurden die Softwarearchitektur für die Smarthome App (u.a. mit UML-Diagrammen) modelliert und die Benutzeroberfläche entworfen. Der Meilenstein MS 4.1 wurde erreicht.
- **AP4-T2: Implementierung der Pilotanwendung:** Die Entwicklung der Android App erfolgte nativ in Android. Zunächst lag der Fokus auf der Entwicklung der Benutzeroberfläche und der Anwendungslogik. Darüber hinaus wurde – unter anderem auch zu Testzwecken – mit der Einbindung eines ersten IoT-Geräts begonnen. Bei diesem handelt es sich um die Anbindung der Web-Schnittstelle des VLC-Players, der in Kombination mit einem Computer und großem Bildschirm im PUX-

Lab als smarter Fernseher dient. Bei der Einbindung dieses ersten IoT-Geräts wurde auf eine einfache Erweiterbarkeit um weitere IoT-Geräte geachtet. Dazu wurde mit abstrakten Schnittstellen ein Plugin-Konzept realisiert, durch das sich die Smarthome App nachträglich um beliebig viele und verschiedene Smarthome- bzw. IoT-Geräte erweitern lässt, da sich deren gerätespezifische Ansteuerung in den Plugins implementieren und zu der Smarthome App hinzufügen lässt. Des Weiteren wurde die Smarthome App personalisierbar gestaltet, mit anpassbaren Größen für Schrift und Bedienelemente, individuellen Piktogrammen und einer einstellbaren Anzahl an Bedienelementen (Buttons) pro Bildschirmseite. Die Smarthome App wurde zudem barrierefrei implementiert und unterstützt alle von den Android Bedienungshilfen benötigten Schnittstellen. Der Meilenstein MS 4.5 wurde erreicht.

- **AP4-T3: Integration weiterer IoT-Geräte in die Pilotanwendung:** Nachdem in AP4-T2 erste IoT- bzw. Smarthome-Geräte in die Smarthome App eingebunden wurde, konzentrierte sich AP4-T3 auf die Integration weiterer IoT-Geräte. Zu diesen Smarthome-Geräten gehören Thermostate, Steckdosen, Lampen und Rollos der beiden Hersteller IKEA und AVM. Bei der Implementierung des Plugins für die Smarthome-Geräte von AVM behinderte uns längere Zeit ein selbstverursachter Bug in der Ansteuerung der Lampen. Diesen Bug konnten wir schlussendlich aber noch ausfindig machen und erfolgreich beheben. Die Smarthome App unterstützt jetzt am Projektende alle vorgesehenen Geräte. Der Meilenstein MS 4.6 wurde erreicht.
- **AP4-T4: Integration von FourWays in die Pilotanwendung:** Am Ende jeder Entwicklungsiteration von FourWays wurde die blickbasierte Steuerung in die Pilotanwendung integriert, um sie mittels Inspektionen (AP3-T3) und Benutzertests (AP3-T4) zu evaluieren. Die Integration sowie das Testen erfolgten in enger Abstimmung mit Treye Tech, um die Kompatibilität zu steigern. Die Integration wurde erfolgreich abgeschlossen. Der Meilenstein MS 4.2 wurde aufgrund von Verzögerungen, die zu Beginn der Beschreibung der Arbeiten in AP3 näher erläutert wurden, ausgelassen. Die für die darauffolgenden Iterationen geplanten Meilensteine MS 4.3., 4.4 und MS 4.7 wurden dann jedoch erfolgreich abgeschlossen.
- **AP4-T5: Instrumentalisierung der Pilotanwendung:** Um quantitative Messergebnisse für die Evaluationen (AP3-T4 u. AP3-T5) in der zweiten Projekthälfte zu gewinnen, wurde die Smarthome App instrumentalisiert. Dazu wurde eine Funktionalität zur gleichmäßig verteilten zufälligen Wiedergabe von Eingabeaufforderungen implementiert. Dadurch ist sichergestellt, dass bei allen

Probandinnen und Probanden vergleichbare Testbedingungen von Seiten der Aufgaben / Benutzeroberfläche bestanden, aber ein Lerneffekt aufgrund von wiederkehrender Muster in den Testaufforderungen verhindert wird. Neben der Funktionalität zur Testaufforderung wurde auch eine Funktionalität zur Protokollierung der Eingaben von den Probandinnen und Probanden implementiert. Konkret bedeutet dies, dass in einer CSV-Datei bei jedem Benutzertest gespeichert wurde, wie lange die Probandin / der Proband je getesteter Eingabemethode bzw. Bedienungshilfe für das „Anklicken“ bzw. Absolvieren der Testaufforderungen benötigte, wie viele Schaltflächen dabei zur Auswahl standen und wie viele Fehleingaben, also falsch „angeklickte“ Schaltflächen auftraten. Durch die Protokollierung der Messergebnisse in einer CSV-Datei konnte diese anschließend mit geringem Aufwand in Calc / Excel ausgewertet werden.

- **AP4-T6: Betreuung Demonstratorentwicklung:** Im Rahmen der Lehrveranstaltung „Smarthome Praktikums“ wurden zwei Demonstratoranwendungen, welche die Funktionsweise und den Nutzen von FourWays veranschaulichen, mit Studierenden entwickelt. Dabei handelte es sich mit „EyeHomie“ zum einen um eine Multimediaanwendung auf Basis von KodiTV, ergänzt durch ein Pflanzenbewässerungssystem, das sich passend zur FourWays ausschließlich über Menüs mit maximal vier Auswahloptionen bedienen lässt und zum anderen um eine intelligente Heizungssteuerung. Beide Demonstratoranwendungen lassen sich zu Vorführzwecken mobil einsetzen, aber wurden zusätzlich im Personal User Experience Labor (PUX-Lab) der HdM fest installiert, um sie dauerhaft vorzuführen und in der Hochschullehre (u.a. in den Lehrveranstaltungen „Smart Home Praktikum“ und „Assistive Technology Lab“) als Beispiele für assistive Technologien nutzen zu können. Der Meilenstein MS 4.8 wurde erreicht.

Arbeitspaket 6: Unterstützte Kommunikation

Dieses Arbeitspaket war das erste von drei Arbeitspaketen während der sechsmonatigen Aufstockungsphase am Projektende und umfasste die Entwicklung einer Komponente zur unterstützten Kommunikation, die in die Smarthome App integriert wurde und die in AP4 entwickelte Umfeldsteuerung um eine zweite Kernfunktionalität ergänzt.

- **AP6-T1: Recherche und Anforderungsdefinition:** Die HdM recherchierte zum Thema „Unterstützte Kommunikation“ und kombinierte die Ergebnisse mit den beim Probetrieb im Samariterstift Ostfildern gesammelten Erfahrungen. Basierend darauf wurden die Anforderungen an eine mit der Smarthome App kompatiblen

Komponente zur unterstützten Kommunikation definiert. Ziel war es, dass sich dieses nahtlos in das bestehende Bedienkonzept integrieren lässt, um den zusätzlichen Lernaufwand für die Zielgruppe gering zu halten und Synergieeffekte zu schaffen. Das Teilarbeitspaket AP6-T1 wurde erfolgreich abgeschlossen.

- **AP6-T2: Implementierung:** Die HdM implementierte eine Softwarekomponente zur akustischen und visuellen Wiedergabe von individuell definierbaren Textbausteinen. Für die Sprachausgabe wird die Text-To-Speech Engine von Android genutzt. Das bewährte Konzept zur Definition der Benutzeroberfläche mittels einer XML-Datei wird auch für die Komponente zur unterstützten Kommunikation verwendet. Hierfür wurde das XML-Schema um ein neues Element für Kommunikationsbedarfe (ein Element entspricht einem Button in der Benutzeroberfläche der Pilotanwendung) erweitert, das – analog zu den Smarthome-Funktionen – über Eigenschaften wie Labels und Icons verfügt. Der Bedienablauf bleibt konsistent zur schon in der Pilotanwendung umgesetzten Umfeld- bzw. Smarthome-Steuerung. Die Nutzenden fokussieren mit Hilfe der in der Pilotanwendung enthaltenen kopf- und blickgestenbasierten Eingabemethoden ein Element in der hierarchischen Menüstruktur und „klicken“ dieses an, woraufhin der hinterlegte Textbaustein akustisch über die Text-To-Speech Engine ausgegeben und gleichzeitig visuell in einer Snackbar (Benachrichtigungszeile am unteren Displayrand in Android) angezeigt wird. Die Textbausteine unterstützen bei Bedarf auch dynamische Inhalte / Werte mit Hilfe eines Platzhalterkonzepts. Es können entweder vordefinierte Werte (z.B. Temperaturen von 18-22 Grad) ausgewählt werden, die nach der Auswahl des Textbausteins als eine Art Untermenü erscheinen, oder komplett frei wählbare Zahlen über eine dann angezeigte Tastatur eingegeben werden. Zudem wurden Personalisierungsmöglichkeiten vorgesehen, darunter die Anpassung der Sprachausgabegeschwindigkeit der Text-To-Speech Engine, die Anzeigedauer des Textbausteins in der Snackbar, die Textgröße und -farbe sowie die Sprache der Text-To-Speech Engine. Die Textbausteine selbst können in der XML-Datei in unterschiedlichen Sprachen hinterlegt werden, was eine mehrsprachige Ausgabe ermöglicht und potenziell die Kommunikation zwischen den Nutzenden und deren Pflegekräfte erleichtern kann, wenn diese nicht die selben Sprachen sprechen bzw. verstehen. Der Meilenstein MS 6.1 wurde erreicht.
- **AP6-T3: Entwicklungsbegleitende Evaluation:** Um die Bedienbarkeit der neuen Komponente sicherzustellen, wurden entwicklungsbegleitende Experteninspektionen durchgeführt, deren Erkenntnisse in den iterativen Entwicklungsprozess der

Komponente zur unterstützten Kommunikation einfließen. Der Meilenstein MS 6.2 wurde erreicht.

Arbeitspaket 7: Profile für Personalisierung

Dieses Arbeitspaket war ebenfalls Teil der Projektaufstockung und zielte darauf ab, die Personalisierung der Smarthome App durch eine Import- und Exportfunktion für Einstellungs- bzw. Personalisierungsprofile zu vereinfachen.

- **AP7-T1: Schemadefinition für die Profile:** Es wurden zunächst die Einstellungsparameter identifiziert, die in den exportierbaren und importierbaren Personalisierungsprofilen enthalten sein sollten. Als Datenaustauschformat wurde JSON gewählt. Basierend auf den zuvor schon ausgewählten Einstellungsparametern wurde ein JSON-Schema definiert. Mit Hilfe von diesem lassen sich die Personalisierungsprofile bzw. JSON-Dateien auf ihre Konformität hin validieren und somit ein reibungsloser Import der Personalisierungsprofile sicherstellen. Der Meilenstein MS 7.1 wurde erreicht.
- **AP7-T2: Implementierung der Import- und Exportfunktion:** Aufbauend auf dem in AP7-T1 erstellten JSON-Schema wurde in AP7-T2 ein Dialog in der Smarthome App implementiert, der es ermöglicht, die in der Smarthome App aktuell festgelegten Einstellungen als JSON-Datei zu exportieren sowie umgekehrt auch zu importieren und somit die darin enthaltenen Einstellungen zu laden. Dies erlaubt den Nutzenden bzw. Betreuenden einen schnellen Wechsel zwischen verschiedenen Konfigurationen, ohne jeden Parameter einzeln anpassen zu müssen, was insbesondere die Anpassung an unterschiedliche Umgebungskontexte (z.B. Wechsel zwischen Bett und Rollstuhl) erleichtert. Die Implementierung unterstützt sowohl das Speichern und Laden der Profile in den bzw. aus dem lokalen Speicher des Geräts als auch in einer Cloud. Die Cloud-Option bietet den zusätzlichen Vorteil, dass Profile von Angehörigen oder technischem Personal aus der Ferne bearbeitet und auf das Smartphone / Tablet der nutzenden Person synchronisiert werden können, was die Unterstützung durch Angehörige und gegebenenfalls eine Skalierung innerhalb einer Organisation erleichtert. Die manuelle Bearbeitung der JSON-Profildateien muss über einen Texteditor erfolgen. Eine Anwendung mit grafischer Oberfläche zur Bearbeitung der JSON-Profildateien ist technisch problemlos möglich und als zukünftige Erweiterung denkbar.

Arbeitspaket 8: Veröffentlichung als Open-Source-Anwendung

Dieses letzte Arbeitspaket der Projektaufstockungsphase soll die nachhaltige Verwertung der von der HdM erzielten Projektergebnisse sicherstellen. Dazu wurde die in AP4 entwickelte Smarthome App als Open-Source-Anwendung unter der Apache 2.0 Lizenz auf GitHub veröffentlicht und dokumentiert: <https://github.com/zimmermann/Smarthome-App>

- **AP8-T1: Handbuch und Videotutorials für die Nutzenden:** Für die Zielgruppe der Nutzenden und deren Betreuende und Angehörige wurde ein Handbuch in Markdown auf GitHub erstellt, das sich zudem auch als PDF-Datei abspeichern lässt. Neben textueller Beschreibung, Bildern und Screenshots umfasst die Dokumentation auch Videotutorials, die wichtige Konfigurationsschritte für die Verwendung der Smarthome App visuell veranschaulichen.
- **AP8-T2: Technische Dokumentation:** Als Ergänzung zu dem in AP8-T1 erstelltem Handbuch und den Videotutorials wurde für Programmierende aus der Community zusätzlich die Softwarearchitektur der Smarthome App sowie die Schnittstellen zur Einbindung neuer Smarthome-Geräte unter technischen Gesichtspunkten dokumentiert.
- **AP8-T3: Veröffentlichung als Open-Source-Anwendung:** Der Quellcode der Smarthome App sowie die erstellten Dokumentationen wurden in einem öffentlichen Repository auf GitHub unter der Apache 2.0 Lizenz veröffentlicht. Zudem wurde im Quellcode selbst auch noch dokumentiert, um dessen Verständlichkeit und somit Wartbarkeit zu verbessern. Der Meilenstein MS 8.1 wurde erreicht.

2. Erläuterung der wichtigsten Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Dieses Kapitel erläutert die wichtigsten Positionen des zahlenmäßigen Nachweises. Dazu werden zunächst die Gesamtausgaben über die komplette Projektlaufzeit von Juni 2021 bis Februar 2025 betrachtet und anschließend auf die einzelnen Jahre heruntergebrochen. Die Gesamtkosten für das Vorhaben „FourWays“ betragen 330.258,45 €. Diese setzen sich wie folgt zusammen:

- **Personalkosten:** Die mit Abstand größte Position waren die Personalkosten für Mitarbeitende und wissenschaftliche Hilfskräfte in Höhe von insgesamt **322.375,88 €**. Für Beschäftigte mit TVöd/TV-L E12-E15 fielen Kosten in Höhe von 297.867,02 € (Pos. 0812) an. Für Beschäftigte mit Beschäftigte TVöd/TV-L E1-E11 waren es 21.861,98 € (Pos. 0817) und für wissenschaftliche Hilfskräfte 2.646,88 € (Pos. 0822). Zu beachten ist, dass für die Position 0817 bei der Antragsstellung keine Gelder beantragt wurden und für die Position 0822 mit ursprünglich 21.900,00 € ein deutlich höherer Betrag. Dieser Umstand ist darauf zurückzuführen, dass wir im Jahr 2023 einen Großteil der Gelder von Position 0822 auf die Position 0817 umgewidmet haben, um eine wissenschaftliche Hilfskraft die uns bis dahin die UI-Elemente für die App-Oberfläche design hat und dadurch mit dem Vorhaben schon sehr gut vertraut war und zudem kurzfristig auch nicht ersetzbar gewesen wäre, über ihr Bachelor-Studium hinaus im Projekt weiterhin beschäftigen zu können.
- **Sachkosten:** Die Sachkosten betragen im Projekt insgesamt **4.537,94 €** (Pos. 0831, 0843 u. 0850). Größere Positionen waren die Anschaffung leistungsfähiger Hardware für die Entwicklung der KI-gestützten Erkennungsalgorithmen für die Kopf- und Blickgesten sowie die Durchführung von Benutzerstudien. Weitere große Positionen waren die Lizenz für die Fernwartungssoftware TeamViewer für mobile Android-Geräte zur Unterstützung eines Probebetriebs.
- **Reisekosten:** Die Gesamtreisekosten betragen **3.344,63 €** (Pos. 0846). Größere Kostenblöcke waren hier die Besuche von Konferenzen zur Publikation unserer Forschungsergebnisse. Des Weiteren ist darauf hinzuweisen, dass zu unseren Praxispartnern der Diakonie und dem Samariterstift Ostfildern, insbesondere Letzterem, mehrmalige Dienstreisen für die Durchführung von Interviews und Studien sowie der Betreuung des Probebetriebs (z.B. zur Unterstützung bei technischen

Problemen, die sich nicht per Fernwartung über TeamViewer beheben ließen) stattfanden.

Im Folgenden werden jetzt noch die Kosten und wichtigsten Positionen des zahlenmäßigen Nachweisen unterteilt in die Abrechnungszeiträume aufgelistet und erläutert:

Abrechnungszeitraum 1 (06.-12.2021)

- **Personalkosten:** Die Personalkosten beliefen sich auf 19.194,50 €. Sie entfielen vollständig auf Beschäftigte mit TVöd/TV-L E12-E15 (Pos. 0812).
- **Sachkosten:** Die Sachkosten betragen 140,00 € (Pos. 0843). Sie sind für die Aufwandsentschädigung von Probanden, die an den Interviews in AP3-T1 teilgenommen haben.
- **Reisekosten:** Die Reisekosten betragen 24,96 € (Pos. 0846) und sind für die Durchführung von Interviews im Rahmen von AP3-T1 angefallen.

Abrechnungszeitraum 2 (01.-12.2022)

- **Personalkosten:** Die Personalkosten beliefen sich auf 73.919,39 €. Sie entfielen vollständig auf Beschäftigte mit TVöd/TV-L E12-E15 (Pos. 0812).
- **Sachkosten:** Die Sachkosten betragen 1170,60 € (Pos. 0831 und 0843). Die größte Position war ein großer hochauflösender Monitor, der in Kombination mit einem schon vorhandenen PC und dem VLC Player einen „Smart TV“ im Personal User Experience Labor (PUX-Lab) darstellte und das erste Smarthome-Gerät war, das sich über die in AP4-T2 als Pilotanwendung entwickelte Smarthome App bedienen ließ. Darüber hinaus wurde Zubehör zur Montage von Smartphones und Tablets an den Rollstühlen / Betten von Probandinnen und Probanden mit motorischen Einschränkungen an den Händen angeschafft, damit diese an Benutzerstudien teilnehmen konnten.
- **Reisekosten:** Die Reisekosten betragen 467,66 € (Pos. 0846). Der größte Posten bei den Reisekosten war der Besuch der zweitägigen Clusterkonferenz „Zukunft der Pflege - Technologie bewegt Pflege“ in Bad Krozingen. Sie diente zur Vernetzung mit Akteuren aus der Sozialwirtschaft, um möglichst weitere Probandinnen und Probanden für Studien und einen Probetrieb zu gewinnen.

Abrechnungszeitraum 3 (01.-12.2023)

- **Personalkosten:** Die Personalkosten beliefen sich auf 85.567,45 €. Sie setzen sich zusammen aus 72.898,93 € für Beschäftigte mit TVöd/TV-L E12-E15 (Pos. 0812), 9.983,64 € für Beschäftigte TVöd/TV-L E1-E11 (Pos. 0817) und 2.646,88 € für wissenschaftliche Hilfskräfte (Pos. 0822).
- **Sachkosten:** Die Sachkosten betragen insgesamt 1.902,82 €. Davon entfielen 540,82 € (Pos. 0831) für den Kauf von Smarthome-Geräten der Marke IKEA, die im Rahmen von AP4-T3 in die Smarthome App integriert wurden. Darüber hinaus wurde 2023 ein leistungsfähiger Computer zum Kaufpreis von 1.362,00 € (Pos. 0850) angeschafft. Ein Computer mit leistungsfähiger Hardware war erforderlich für die Entwicklung der KI-gestützten Erkennungsalgorithmen für die Kopf- und Blickgesten sowie die Durchführung der Benutzerstudien in AP3-T4 und und AP3-T5, bei denen es, zur Sicherstellung valider Messergebnisse, zu keinen hardwaretechnischen Leistungspässen kommen durfte.
- **Reisekosten:** Die Reisekosten betragen 1.849,51 € (Pos. 0846). Sie sind auf mehrere Fahrten zum Praxispartner Samariterstift Ostfildern zurückzuführen, die für die Betreuung des Probetriebs und die Evaluation im Rahmen von AP3 erforderlich waren. Eine große Position war mit 1.125,31 € der Besuch der Konferenz „International Conference of the Association for the Advancement of Assistive Technology in Europe (AAATE)“ in Paris, bei der wir unseren aktuellen Forschungsstand zu blick- und kopfgestengesteuerten mobilen Apps in interaktiven Workshops einbringen konnten und im Gegenzug Feedback mit Verbesserungsvorschlägen erhielten. Zudem konnten wir uns international auf der wissenschaftlichen Ebene weiter vernetzen.

Abrechnungszeitraum 4 (01.-12.2024)

- **Personalkosten:** Die Personalkosten beliefen sich auf 123.653,79 €. Sie setzen sich zusammen aus 111.775,45 € für Beschäftigte mit TVöd/TV-L E12-E15 (Pos. 0812) und 11.878,34 € für Beschäftigte TVöd/TV-L E1-E11 (Pos. 0817).
- **Sachkosten:** Die Sachkosten betragen insgesamt 1.324,52 € (Pos. 0831 u. 0843). Der Hauptposten mit 1.296,62 € (Pos. 0843) war die Anschaffung einer Softwarelizenz für die Fernwartungssoftware TeamViewer für mobile Android-Geräte. Mit Hilfe der Fernwartungssoftware war es uns möglich, die Probandinnen und Probanden bei unserem Praxispartner, welcher die Smarthome App einsetzt, intensiver und zeitnaher

zu unterstützen, wenn technische Probleme oder Fragen bezüglich der Bedienung auftraten. Die kontinuierliche Betreuung half uns dabei, mehr Probanden zu gewinnen und Feedback über einen längeren Testzeitraum zu erhalten. Zudem reduzierte die Fernwartungssoftware die Anzahl der erforderlichen Fahrten zum Praxispartner.

- **Reisekosten:** Die Reisekosten beliefen sich auf 985,10 € (Pos. 0846). Ein Großteil davon wurde für den Besuch der Konferenz „International Conference on Computers Helping People with Special Needs“ (ICCHP 24) in Linz. Dort konnten wir das Projekt FourWays und die in AP4 entwickelten Smarthome App in der Innovation Area mit einem Vortrag und einer daran anschließenden Live-Demo für die Zuhörenden vorstellen.

Abrechnungszeitraum 5 (01.-02.2025)

- **Personalkosten:** Die Personalkosten betragen 20.078,75 € für Beschäftigte mit TVöd/TV-L E12-E15 (Pos. 0812). Weitere Personalkosten sind in den letzten zwei Monaten des Projekts nicht mehr angefallen.
- **Sachkosten:** In den letzten zwei Projektmonaten fielen keine Sachkosten mehr an.
- **Reisekosten:** Die Reisekosten betragen 17,40 € (Pos. 0846) und sind für eine Fahrt zum Praxispartner Samariterstift Ostfildern angefallen, um die dort installierte Smarthome App und Smarthome-Geräte bild- und videotecnisch für wissenschaftliche Publikationen und die Öffentlichkeitsarbeit zu dokumentieren.

3. Voraussichtliche Nutzen, die Verwertbarkeit der Ergebnisse und konkrete Planungen für die Zukunft

Die Projektergebnisse der HdM aus dem Vorhaben „FourWays“, insbesondere die entwickelte Smarthome App und die gewonnenen Erkenntnisse aus der Benutzerforschung, bieten vielfältige wissenschaftliche, technische und gesellschaftliche Nutzen, die über das offizielle Projektende hinausreichen. Die Verwertbarkeit der Ergebnisse erstreckt sich dabei über verschiedene Bereiche, von der direkten Anwendung in der Praxis über die Einbindung in die Hochschullehre bis hin zur Inspiration bzw. zu Ausgangspunkten für zukünftige Forschungsvorhaben.

Direkte Anwendung in der Praxis

Ein zentraler nachhaltiger Nutzen des Projekts ist die direkte Anwendung der entwickelten Smarthome App in der Praxis. Die in AP4-T4 entwickelte App steht den Bewohnenden des Samariterstifts Ostfildern, bei denen sie pilotmäßig installiert wurde, weiterhin zur Verfügung. Sie wird dort zur selbstbestimmten Steuerung ihrer smarten Zimmer genutzt, was eine unmittelbare, alltagsrelevante Verwertung der Projektergebnisse in einer sozialen Einrichtung darstellt. Die gesammelten Erfahrungen aus dem Pilotbetrieb können als Best Practice für weitere Standorte der Samariterstiftung sowie andere Pflegeeinrichtungen dienen, die am Einsatz assistiver Technologien interessiert sind. Um diese Skalierung zu unterstützen, finden aktuell Überlegungen statt, die veröffentlichte Smarthome App gezielt über Beratungs-Apps für pflegende Angehörige sowie bei Beratungsstellen für Alter und Technik von Landkreisen in Baden-Württemberg zu bewerben. Dies würde es ermöglichen, die Reichweite der Smarthome App zu erhöhen und den Nutzen einer verbesserten Autonomie für mehr Menschen mit motorischen Einschränkungen an den Händen niedrigschwellig zugänglich zu machen.

Offenheit und nachhaltige Verwertung durch Open-Source

Eine wichtige Grundlage für den niedrigschwelligen Zugang stellt die Veröffentlichung der Smarthome App als Open-Source-Anwendung dar und stellt zugleich die Nachhaltigkeit des Projekts sicher. Die Veröffentlichung der Smarthome App erfolgt unter der Apache 2.0 Lizenz im Rahmen von AP8-T3. Das fördert die Nutzung und Weiterentwicklung durch eine globale Community von Entwicklenden und Forschenden, was zu neuen Ideen, Erweiterungen und einer breiteren Nutzung der entwickelten Lösungen führen kann, die über den ursprünglichen Projektrahmen hinausgeht. Die in AP8-T1 erstellte Dokumentation, inklusive

STUDIERN. WISSEN. MACHEN.

Handbuch und Videotutorials für Nutzende und ihr Umfeld sowie die technische Dokumentation aus AP8-T2 für Entwicklerinnen und Entwickler, unterstützt diesen Prozess, indem sie eine einfache Einarbeitung in die technische Umsetzung und der Quellcode der Smarthome App gewährleistet.

Beiträge zur Hochschullehre und Öffentlichkeitsarbeit

Darüber hinaus bilden die Projektergebnisse eine wertvolle Grundlage für die praxisorientierte Hochschullehre an der HdM. Die in AP4-T6 zusammen mit Studierenden entwickelten Demonstratoranwendungen „EyeHomie“ (eine Multimediaanwendung auf Basis von KodiTV und ein Pflanzenbewässerungssystem) und die intelligente Heizungssteuerung sowie Smarthome App (AP4-T4) sind nicht nur für die Forschung relevant, sondern werden auch aktiv in verschiedenen Lehrveranstaltungen genutzt, um Studierende für die Belange von Menschen mit Behinderung zu sensibilisieren und ihnen konkrete Unterstützungsmöglichkeiten durch assistive Technologien aufzuzeigen. Beide Demonstratoranwendungen und die Smarthome App wurden in Personal User Experience Labor (PUX-Lab) der HdM fest integriert. Sie dienen als dauerhafte Anschauungsobjekte und werden in Lehrveranstaltungen wie dem „Smart Home Praktikum“ und dem „Assistive Technology Lab“ als Beispiele für Assistenztechnologien für Menschen mit Einschränkungen verwendet. Durch die Arbeit mit diesen Projekten sammeln unsere Studierenden wichtige Erfahrungen, die sie für eine barrierefreie und inklusionsfördernde Software- und Produktentwicklung qualifizieren. Die entwickelte Smarthome App kann durch ihren modularen Ansatz zudem als Ausgangspunkt für neue studentische Projekte dienen.

Die Demonstratoren und die Smarthome App werden wir nicht nur in der Lehre einsetzen, sondern zusätzlich regelmäßig einem breiten öffentlichen Publikum vorstellen (z.B. am Studieninfotag und Girls Day), was direkte Interaktionsmöglichkeiten für Interessierte und potenzielle Nutzende oder deren Angehörige schafft. Darüber hinaus werden die Anwendungen – wie schon in der Vergangenheit – im Rahmen der jährlich stattfindenden "International Week" an der HdM über 40 Partnerhochschulen international präsentiert, was die globale Verbreitung der Projektergebnisse fördert.

Wissenschaftliche Anschlussfähigkeit

Die Projektergebnisse schaffen zudem eine gute Ausgangslage für weitere wissenschaftliche Arbeiten und können die Forschung in den nachfolgend genannten Bereichen für die HdM vorantreiben:

- **Vertiefung der Usability-Forschung:** Die finale Benutzerstudie in AP3-T5 hat gezeigt, dass FourWays eine wertvolle Alternative zu bestehenden Lösungen darstellt. Zugleich wurden spezifische Implementierungsschwächen und Bugs identifiziert, die sich als direkte Ansatzpunkte für weitere Forschungsarbeiten zur Optimierung der Erkennungsalgorithmen für Pupillen- und Kopfbewegungen eignen.
- **KI-basierte Optimierung:** Die im Projekt entwickelte KI-basierte Bildanalyse zur Klassifizierung von Augengesten bietet großes Potenzial für weitere Forschung im Bereich Machine Learning für Eye-Tracking. Künftige Schritte könnten die Verfeinerung der Trainingsdaten, die Erforschung adaptiver Lernverfahren zur Verbesserung der vertikalen Pupillenbewegungen und die Integration von mehr Kontextinformationen umfassen.
- **Multi-modale Interaktion:** Die Erfahrungen mit verschiedenen Eingabemethoden (Blick, Kopf, Sprache, Touch) legen den Grundstein für die Forschung an multimodalen Interaktionssystemen. Wie können verschiedene Eingabemodalitäten intelligent kombiniert werden, um die User Experience weiter zu optimieren und die Flexibilität der Bedienung zu erhöhen, insbesondere in komplexen oder wechselnden Nutzungsszenarien?
- **Adaptive Benutzeroberflächen:** Die im Projekt gewonnenen Erkenntnisse zur Menügenerierung und Personalisierung von Profilen (AP7) können in die Entwicklung adaptiver und adaptierbarer Multimediasysteme einfließen.
- **Interdisziplinäre Zusammenarbeit:** Die Erfahrungen aus der Zusammenarbeit mit dem Samariterstift Ostfildern unterstreichen die Bedeutung der interdisziplinären Forschung mit Trägern aus der Sozialwirtschaft. Zukünftige Projekte könnten den Wissenstransfer in die Breite und die Untersuchung von Akzeptanzfaktoren auf Seiten des Pflegepersonals und der Betroffenen stärker in den Fokus rücken.

Konkrete Planungen für die Zukunft

Die HdM plant, die aus „FourWays“ gewonnenen Erkenntnisse und geschaffenen Ressourcen zeitnah aktiv für folgende zukünftige Aktivitäten zu nutzen:

- **Fortsetzung der Forschung:** Die Erkenntnisse zur optimalen Gestaltung von Bedienkonzepten für blickbasierte Interaktion dienen als Grundlage für die Entwicklung weiterer assistiver Systeme, auch in anderen Anwendungsbereichen, wie zum Beispiel Augmented Reality (AR) und Virtual Reality (VR), wofür die HdM mit dem Forschungsleuchtturm STRIVE eine neue strategische Ausrichtung geschaffen hat.

- **Aktive Vernetzung:** Die im Projekt etablierte Zusammenarbeit mit Einrichtungen aus der Sozialwirtschaft, wie der Diakonie Baden, dem Samariterstift Ostfildern, und schulischen Einrichtungen für Körperbehinderte, die wir im Projektverlauf gemeinsam mit Treye Tech für die Probandenakquise etabliert haben, wird aktiv weiter vorangetrieben, unter anderem durch das Schreiben gemeinsamer Projektanträge.
- **Einbindung in die Lehre:** Die Projektergebnisse werden weiterhin in die Hochschullehre einfließen.
- **Analyse von assistiven Technologien / Bedienungshilfen:** Sobald sich bedeutende Neuerungen bei den Bedienungshilfen für mobile Endgeräte ergeben, ist es denkbar, weitere vergleichende Studien mit der entwickelten blickbasierten Steuerung „FourWays“ und / oder den experimentellen blick- und kopfgestenbasierten Eingabemethoden der Smarthome App durchzuführen, um eine aktuelle Einordnung bezüglich ihrer Effektivität und Effizienz zu erhalten.

4. Fortschritte auf dem Vorhabengebiet durch andere Stellen, die während der Durchführung bekannt wurden.

Während dem Vorhaben wurden relevante Entwicklungen von Dritten bekannt. Um den Projektbeginn herum führte Google einen kamerabasierten Schalterzugriff für Android-Smartphones und -Tablets als Bedienungshilfe ein, der Augen- und Gesichtsgesten für Scanverfahren nutzt. Dieser unterscheidet sich bis heute deutlich von dem Bedienkonzept in FourWays und ist im Vergleich zur Touch-Bedienung sehr aufwendig.

Im Verlauf des Vorhabens führten wir mehrere Benutzerstudien durch, um das Potenzial von FourWays im Vergleich zum kamerabasierten Schalterzugriff zu evaluieren. Bereits im Jahr 2022 begannen wir mit einer Studie, um den damaligen noch frühen konzeptionellen Entwicklungsstand von FourWays mit dem kamerabasierten Schalterzugriff zu vergleichen. Eine allgemeine Aussage über die Leistungsfähigkeit beider Systeme wurde dabei als schwierig angesehen, da sie stark von der jeweiligen Benutzeroberfläche der bei den Tests verwendeten Apps und den Einschränkungen der Nutzenden abhängt. Eine zweite im Herbst 2022 und Winter 2022/2023 durchgeführte Studie zeigte, dass die experimentellen blick- und gesichtsgestenbasierten Eingabemethoden der Smarthome App eine effizientere Bedienung ermöglichen als der kamerabasierte Schalterzugriff in Android. Die im Sommer 2024 durchgeführte finale Benutzerstudie ergab, dass der Ansatz von FourWays für motorisch eingeschränkte Personen, die keine Sprachsteuerung nutzen können, mindestens eine ähnlich gute Bedienung ermöglicht wie der kamerabasierte Schalterzugriff, vorausgesetzt, die identifizierten Probleme bei bestimmten Use-Cases werden noch behoben. Nach unserem Kenntnisstand gab es bis zur Erstellung dieses Berichts keine grundlegenden funktionalen Erweiterungen, die die Positionierung von FourWays verändern würden.

Im Herbst 2024 hat Apple mit iOS 18 und iPadOS 18 eine Blickerfassung als Bedienungshilfe eingeführt, die es ermöglicht, iPhones und iPads mit den Augen über die Frontkamera zu steuern. Zusätzlich wurde die bestehende Schaltersteuerung um eine verbesserte Kopfsteuerung erweitert. Beide Bedienungshilfen von Apple sind nicht für Android verfügbar. Die Entwicklungen von Apple zeigen aber das wachsende Interesse an kamerabasierten Steuerungsmethoden auf mobilen Geräten. Nach aktuellem Stand gibt es keine öffentlichen Ankündigungen oder Hinweise darauf, dass eine vergleichbare, ins Betriebssystem integrierte Augen- oder Kopfsteuerung für Android geplant ist. Daher stellt die Neuerung unter iOS zum jetzigen Zeitpunkt keine direkte Konkurrenz für FourWays dar, unterstreicht aber, dass wir einen attraktiven Lösungsansatz im Vorhaben verfolgt haben.

5. Erfolgte und geplante Veröffentlichungen der Ergebnisse

Die Smarthome App wurde im Rahmen von AP8-T3 als Open-Source-Anwendung auf einem öffentlichen Repository unter der Apache 2.0 Lizenz veröffentlicht. Dies ermöglicht eine breite und rechtssichere Nutzung durch die Zielgruppe und fördert die Weiterentwicklung durch die Community. Dazu haben wir eine umfassende Dokumentation erstellt:

- Ein Wiki – inklusive Videotutorials – erklärt die Bedienung und Konfiguration der Smarthome App für die Nutzenden und ihr Umfeld (AP8-T1).
- Das Wiki umfasst zudem eine technische Dokumentation für Softwareentwickler. Dazu wurden im AP8-T2 insbesondere die Softwarearchitektur sowie die Schnittstelle zur Einbindung neuer Smarthome-Geräte beschrieben und mit einem Codebeispiel ergänzt.

Das Projekt "FourWays" und seine Ergebnisse wurden von der HdM auf zahlreichen Veranstaltungen präsentiert und vorgeführt:

- BMBF-Vernetzungstreffen im März 2023.
- 6. Accessibility Day an der Hochschule der Medien im April 2023.
- Konferenz „International Conference on Computers Helping People with Special Needs - ICCHP 24“ im Juli 2024.
- Konferenz „Mensch und Computer 2024“ im September 2024, mit Veröffentlichung im Konferenzband: <https://doi.org/10.18420/MUC2024-UP-306>
- „Smart Day 2025“ am Fraunhofer IAO im Mai 2025.
- International Weeks und Studieninfotage.

Zusätzlich wurde zum Projektende ein Poster erstellt, das die Arbeitsergebnisse (Funktionsweise der Smarthome App und die entwickelten prototypischen Bedienungshilfen) zusammenfassend darstellt und auf zukünftigen – sowohl hochschulinternen als auch externen – Veranstaltungen ausgestellt wird, um über das abgeschlossene Projekt zu informieren. Zusammen mit unseren durchgeführten Aktivitäten stellen wir damit sicher, dass die Forschungsergebnisse und die entwickelte blickbasierte Steuerung eine möglichst große Reichweite erzielen und sowohl von der Fachwelt als auch der Zielgruppe wahrgenommen und genutzt werden können.