

# **Konzeption und Aufbau einer technischen Telepräsenzrobotik-Plattform für die Unterstützung von Schlaganfallpatient\*innen in der Pflege, Logopädie und Physiotherapie**

---

*Luise Middel, Christof Popp, Georgios Raptis, Tamara Sutter, Max Gutbrod*

## **Einleitung**

Als Telepräsenzroboter werden Geräte definiert, die sich innerhalb einer Umgebung bewegen können, steuern lassen und eine Kommunikation über Distanz ermöglichen (Becker 2018). Im vorliegenden Beitrag wird die Konzeption und der Aufbau der technischen Telepräsenzrobotik-Plattform für das Projekt *DeinHaus 4.0 Oberpfalz* (vgl. Beiträge von Haug et al. und Ettl et al. in diesem Band) dokumentiert. Ziel ist es, Informationen und auch sehr praktische Hinweise zu geben, wie ein solches Projekt aus technischer Perspektive konzipiert, entwickelt und betrieben wird und was hierbei beachtet werden sollte.

Im Forschungsprojekt, welches von der technischen Plattform unterstützt wird, werden Telepräsenzroboter zur Unterstützung von Schlaganfallpatient\*innen eingesetzt und sowohl zur Kommunikation mit Angehörigen als auch zur Unterstützung von Interventionen in den Bereichen Pflegewissenschaft, Logopädie und Physiotherapie genutzt. Begleitet werden diese Interventionen durch Forschung in den Bereichen Ethik und empirische Sozialforschung (Weber et al. 2019).

## **Motivation und Problemstellung**

Die erfolgreiche Durchführung des Forschungsprojekts *DeinHaus 4.0 Oberpfalz* stellt die Motivation für den Aufbau der Telepräsenzrobotik-Plattform dar. Die Forschungsziele können nur dann erreicht werden, wenn die technologische Infrastruktur bestehend aus zentralen E-Health-Diensten und Telepräsenzrobotern vorhanden ist und gut funktioniert.

Die Telepräsenzroboter sollen im häuslichen Umfeld der am Projekt teilnehmenden Patient\*innen installiert und in Betrieb genommen werden. Anschließend können die geplanten Anwendungen in Form von spezialisierten Apps, die Telepräsenzkomponenten sowie angeleitete Übungen dazu genutzt werden, um Unterstützung bei der Genesung und im Alltag zu leisten.

Schon früh war durch eine Vorabstudie klar, dass kein kommerziell erhältlicher Telepräsenzroboter in der Lage sein dürfte, sämtliche fachliche Anforderungen des Projekts zu erfüllen. Deshalb wurde die Entscheidung getroffen, einen »Do-It-Yourself«(DIY)-Roboter aus frei erhältlichen Komponenten selbst zu entwickeln. Der DIY-Roboter fährt und navigiert nicht selbstständig, sondern dient als Kommunikationszentrale für Telepräsenz. Die dafür notwendigen Komponenten sind ein besonders stabiler Monitorständer auf Rollen, ein Bildschirm mit Touch-Funktion, ein Rechner, eine Webcam, Mikrofon und Lautsprecher und ein zusätzliches mobiles Gerät (Tablet, Apple iPad).

Die Telepräsenzroboter sollen sich zudem mit verschiedenen Geräten vernetzen können. Neben den für die gemeinsame Nutzung vorgesehenen iPads sollen Geräte für die Erfassung von Gesundheitsdaten (u.a. Blutdruckmessgerät, Pulsoximeter, Waage) mit den Robotern verbunden werden. Für die Durchführung von physiotherapeutischen Maßnahmen wurde zudem die Nutzung einer VR-Brille (Virtuelle Realität) geprüft (Popp/Raptis 2020).

Für die im Projekt eingesetzten Roboter wurden Anwendungsfälle (Use Cases) (Popp/Raptis 2020) und die Ausgangsbedingungen für den Einsatz der Roboter festgelegt. Um den Einsatz der Roboter beschreiben zu können, war es nötig, von den Verantwortlichen der fachlichen Teilprojekte aus den Bereichen Pflegewissenschaft, Physiotherapie und Logopädie die geplanten Einsatzbereiche, Behandlungen und Ausstattungswünsche zu erheben. Unter dieser Prämisse mussten zudem Bedürfnisse weiterer Stakeholder\*innen (Datenschutz, Bayerisches Staatsministerium für Gesundheit und Pflege als Projektträger) berücksichtigt werden. Insgesamt sind 36 Use Cases für das Projekt beschrieben.

Das Thema Informationssicherheit hat im Projekt eine hohe Priorität. Es wurde ein Sicherheitskonzept auf Grundlage einer Risikoanalyse, angelehnt an die Methodik des ISO/IEC 27001, durchgeführt. Um die identifizierten Sicherheitsrisiken zu reduzieren, wurden potenzielle Schwachstellen in der Software, aber auch der Schutz der personenbezogenen Daten im Kontext von E-Health betrachtet und dafür geeignete Maßnahmen zum Schutz der Daten ständig evaluiert, ausgearbeitet und umgesetzt.

Die in diesem Teilprojekt des Aufbaus der Telepräsenzrobotik-Plattform relevanten Vorgehensweisen der Anforderungserhebung, Marktanalyse, organisatorischen Gestaltung, Entwicklung und Testung wurden entlang der Design Science Research Method beschrieben.

## Design Science Research Method

Design Science Research (DSR) ist eine wissenschaftliche Methode, um ein Artefakt als Lösungsantwort auf ein bestehendes Problem zu geben. In den letzten Jahren wurden verschiedene Formen des DSR mit unterschiedlichen Schwerpunkten und Granularitätsstufen publiziert. In diesem Beitrag wird die Methodologie von Peffers et al. (2006) verwendet, weil sich die Lösungsfindung explizit auf Informationssysteme bezieht und für die fachlichen Anforderungen des Projekts geeignet ist (vgl. Abbildung 1).

Es werden sechs Schritte definiert: Probleme identifizieren und Motivation benennen, Definition von Lösungsansätzen, Design und Entwicklung, Demonstration, Evaluation und Kommunikation.

In der ersten Phase – Problem und Motivation identifizieren – wird das Problem identifiziert und dargelegt, wieso es sich lohnt, nach einer Lösung zu suchen. Dieser Schritt wurde bereits im Kapitel »Motivation und Problemstellung« beschrieben. Der zweite Schritt besteht darin, Lösungsansätze zu entwerfen. Das beinhaltet unter anderem, eine Wissensgrundlage auf bereits existierender Literatur zu schaffen. In der Design- und Entwicklungsphase wird, basierend auf vorherigen Erkenntnissen, die Architektur festgelegt und ein erster Prototyp des Artefakts geschaffen, der dann in den nächsten beiden Phasen demonstriert und evaluiert wird. Die letzte Phase – Kommunikation – dient dazu, die Erkenntnisse, die mittels der DSR-Methode entdeckt wurden, wissenschaftlich zu dokumentieren.

Die Phasen werden normalerweise zyklisch durchlaufen, wobei nicht unbedingt bei der ersten Phase gestartet werden muss. Außerdem kann man zu vorherigen Phasen zurückkehren, wenn durch das gesammelte Wissen Verbesserungen an einer Stelle vorgenommen werden können (Peffers et al. 2006).

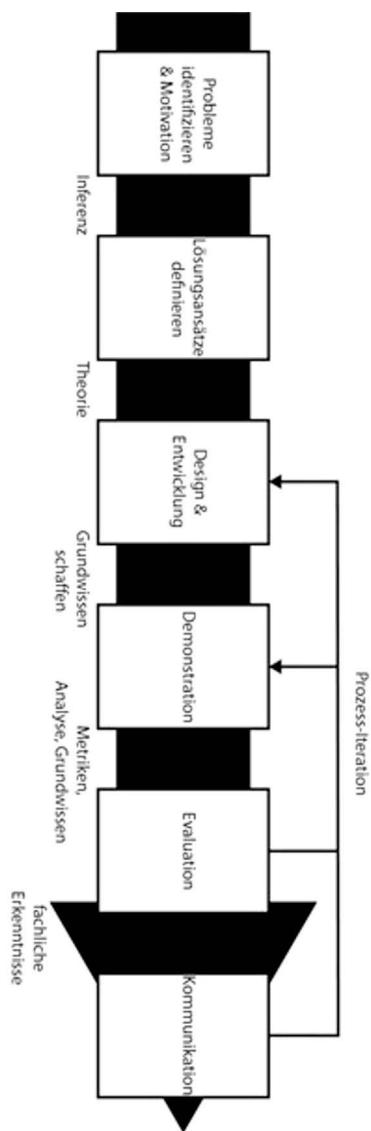
## Konzeption

Die Konzeption des Projekts beinhaltet die Definition von Lösungsansätzen gemäß der DSR-Methode. Dazu werden Anforderungen erhoben (Requirements Engineering), die dann den Lösungsraum definieren. Dieser mündet in der Definition einer Architektur mit Komponenten, welche geeignet sind, die gesetzten Anforderungen zu erfüllen.

## Anforderungserhebung, Methode

Nach Broy et al. (2007) wird unter der Anforderungserhebung (engl.: Requirements Engineering) »das Erfassen, Analysieren, Entwickeln, Strukturieren und Dokumentieren von Anforderungen und Lösungskonzepten« verstanden (Broy et

Abbildung 1: Phasen der Design Science Research Method



Quelle: übersetzt und angepasst aus Peffers et al. (2006)

al. 2007: 130). Weiterhin heißt es, dass Anforderungen und Produktfunktionen während der Produktentwicklung priorisiert und festgelegt werden müssen (Broy

et al. 2007). Somit kann mit dem Requirements Engineering beschrieben werden, was zu tun ist, aber nicht, wie die notwendigen Maßnahmen implementiert werden (vgl. Paetsch et al. 2003; Broy et al. 2007).

Für eine Anforderungserhebung gibt es keine Technik, die auf alle Stakeholder\*innen angewandt werden kann. Durch verschiedene Sichtweisen und sich ändernde Rahmenbedingungen eines Projekts ist es nicht ausreichend, nur eine einzige Erhebungsstrategie anzuwenden (vgl. Broy et al. 2007; Rupp et al. 2009).

Aufgrund der verschiedenen Fachdisziplinen des Projekts und der variierenden Technikaffinität der Nutzer\*innen müssen viele unterschiedliche Anforderungen und Betrachtungsweisen für das System beachtet werden. Orientiert an Valentini et al. und Paetsch et al., wurden zu Beginn des Projekts die folgenden Methoden ausgewählt (vgl. Paetsch et al. 2003; Valentini et al. 2013):

- Brainstorming: Brainstorming wird für die kreative Lösungsfindung genutzt. Dies läuft in zwei Phasen ab – die Sammlungsphase und die Evaluationsphase.
- Interviews: Eine Methode, um ein Meinungsbild von potenziellen Nutzenden und Stakeholder\*innen einzufangen. Es werden zwei unterschiedliche Arten von Interviews genutzt:
  - Closed Interviews: Hierbei wird eine vordefinierte Liste an Fragen erstellt und abgearbeitet.
  - Open Interviews: ein offener Diskurs über die Erwartungen der Stakeholder\*innen an das System.
- Use Cases: eine Beschreibung von Anforderungen in Textform für das Verhalten des Systems bei einer Interaktion der Akteure in einem Anwendungsfall.
- Prototyping: eine erste, früh verfügbare Version des zu entwickelnden Systems. Diese wird genutzt, um die Anforderungen an das System zu ermitteln und zu validieren.
- Beobachtung: Nutzende arbeiten mit dem System, während eine Person aus dem Entwicklungsteam diese dabei observiert.
- Fokusgruppen: Lösungsfindung anhand einer informellen Diskussion zwischen vier bis neun Personen aus unterschiedlichen Fachbereichen.

## Requirements Engineering, Umsetzung

Die Anforderungserhebung für die Telepräsenzrobotik-Plattform wurde für drei verschiedene Teilebereiche innerhalb der Plattform mit unterschiedlichen Methoden durchgeführt, um ein möglichst genaues und funktionales System zu erhalten. Die Bereiche wurden hierbei auf die Telepräsenzroboter, die Infrastruktur sowie die Informationssicherheit und den Datenschutz festgelegt. Es wurden nicht

nur für die einzelnen Komponenten des Systems Anforderungen erhoben, sondern auch für das Gesamtsystem.

Für die Konzeption und Entwicklung der Telepräsenzrobotik-Plattform wurden Use Cases für die Anforderungen an die Roboternutzung erstellt, sowie Tests zur Nutzbarkeit durchgeführt. Im Folgenden werden das Vorgehen und die Ergebnisse für die Anforderungserhebung der Teilbereiche erläutert.

### **Anforderungen an die Telepräsenzroboter**

Um die geplanten Fähigkeiten des Roboters während des Einsatzes zu beschreiben, war es nötig, die geplanten Einsatzbereiche, Behandlungen und Ausstattungswünsche aller Stakeholder\*innen zu berücksichtigen.

Die Anforderungen werden in einem Mixed-Methods-Ansatz einerseits mit Hilfe von Experteninterviews (Yin 2014) und andererseits mit Hilfe einer qualitativen Inhaltsanalyse (Mayring/Fenzl 2014) festgelegt.

Die Experteninterviews wurden mit den fachlichen Verantwortlichen der Teilprojekte (Pflegewissenschaft, Physiotherapie und Logopädie, empirische Sozialforschung und Ethik/ELSI) des Projekts *DeinHaus 4.0 Oberpfalz* durchgeführt und spiegeln die Bedürfnisse innerhalb des Projekts wider. Die qualitative Inhaltsanalyse basierte auf einem Literatur-Review und bezog bestehende Erkenntnisse über den Einsatz von Robotern im Gesundheits- und Pflegebereich ein.

Die hierfür verwendeten Parameter stützen sich unter anderem auf Erkenntnisse von Giuillan et al. (2010), Okamura et al. (2010) und Wilk und Johnson (2014). Diese beschäftigen sich bereits mit dem Einsatz von Telepräsenzrobotern im Gesundheitswesen, jedoch nicht spezifisch in den Fachgebieten des Projekts. Die darin beschriebenen Attribute wurden mit den Anforderungen des Projekts ergänzt und ggf. abgeändert oder weggelassen, falls sie im Rahmen des Projekts nicht relevant waren.

Folgende Anforderungen wurden bei der Auswahl der Roboter berücksichtigt:

1. Für die Beschaffung der Roboter wurde im Rahmen des Projekts ein genau definiertes Budget festgelegt. Anhand dieses Budgets ergibt sich eine maximale Preisspanne pro Roboter, die nicht überschritten werden darf.
2. Ein wichtiges Kriterium ist, dass die Roboter als Telepräsenzroboter oder Roboter mit entsprechenden Telepräsenzkomponenten klassifiziert werden können und zum Start der Feldphase des Projekts (Anfang 2021) in Deutschland mit einem CE-Zeichen erhältlich und in den benötigten Stückzahlen lieferbar sind.
3. Die Roboter sollen keine humanoide oder animalische Form besitzen.
4. Sie müssen mit einem Betriebssystem laufen, welches möglichst aktuell ist und Drittanbieter-Software der fachlichen Bereiche des Projekts unterstützt.

5. Die Verarbeitung personenbezogener Daten durch die Roboter und ggf. durch eine Hersteller-Cloud muss der Europäischen Datenschutzgrundverordnung sowie den in Deutschland zusätzlich geltenden Datenschutznormen entsprechen. Diese umfassen auch eine dem Schutzbedarf der Daten angemessene Informationssicherheit
6. Damit das Projekt möglichst unabhängig von Herstellern und Lieferanten ist, muss die Möglichkeit gegeben sein, die Roboter weitgehend selbst zu warten, benötigte Anwendungen darauf einzurichten, sowie auf die Roboter selbst administrativ zugreifen zu können.
7. Der Roboter soll keine Verletzungsgefahr für die Teilnehmer\*innen des Projekts darstellen. Hierfür wurden unter anderem die Gefahr, zu stolpern oder sich am Roboter zu stoßen, als wichtig betrachtet (Giullian et al. 2010). Diese Anforderung berücksichtigt einerseits die besondere Situation von Patient\*innen nach einem Schlaganfall, stellt jedoch andererseits kein hartes Ausschlusskriterium dar, falls mögliche Verletzungsrisiken durch weitere technische oder organisatorische Maßnahmen effektiv reduziert werden können.
8. Dem folgend sollte der Roboter stabil sein. Es muss schwer sein, den Roboter umzustoßen oder versehentlich Teile des Roboters zu lösen (vgl. Giullian et al. 2010; Okamura et al. 2010).
9. Die Roboter sollen zudem leicht zu transportieren, aufzubauen und zu warten sein (vgl. Wilk/Johnson 2014).
10. Ein weiterer Punkt ist die Autonomie des Roboters. In Giullian et al. (2010) wird ein menschenähnlicher Roboter diesbezüglich untersucht. Interaktivität wird hier als Handlungs- und Bewegungsablauf gesehen, die der Roboter einigermaßen autonom ausführen können soll. Auch für dieses Projekt ist dies ein zu beachtender Punkt. Jedoch wird das Augenmerk hier eher auf die Steuerung, Navigation und Systemfunktionen gelegt.
11. Auch für die Benutzeroberfläche sind Anforderungen aufgestellt. Sie soll sowohl für die Therapeut\*innen als auch für die Projektteilnehmer\*innen verständlich und intuitiv nutzbar sein und eine effiziente Nutzung ermöglichen (Usability). Es soll hierbei zudem möglich sein, den Roboter und die Anwendungen, die durch diesen ausgeführt werden, über ein mobiles Gerät zu steuern, das nicht physisch mit dem Roboter verbunden ist (Giullian et al. 2010).
12. Der Roboter soll im Zusammenhang mit seiner Bedienung die Möglichkeit bieten, Übungen, Assistenz und Erinnerungen für die Nutzenden durchführen zu können (vgl. Wilk/Johnson 2014; Giullian et al. 2010).
13. Es werden außerdem grundsätzliche technische Eigenschaften der Roboter bewertet, die für das Projekt als relevant angesehen werden. Hierbei wurden die Reife der Firmware und Software des Roboters zumindest für die grundlegenden Funktionen (Telepräsenz, Steuerung) sowie die Kompatibilität von benötigten fachspezifischen Anwendungen mit dem Roboter beurteilt. In diesem

Zusammenhang wurde auch ein Entwicklungszugang, also die Möglichkeit der Programmierung im Projekt, als grundlegend wichtig angesehen.

Die funktionalen Anforderungen an die Telepräsenzroboter ergeben sich damit als:

1. Reife der Software
2. Entwicklungszugang
3. Keine speziellen räumlichen Anforderungen
4. Art des Roboters
5. Betriebssystem des Roboters
6. Robustheit des Roboters
7. Mobilität
8. Energieversorgung und Laufzeit
9. Abmessungen des Roboters
10. Gewicht des Roboters
11. Verbaute Telepräsenzkomponenten
12. Verbaute Sensoren
13. Größe des Bildschirms
14. Steuerung sowie autonome Navigation
15. Bewegungsgeschwindigkeit
16. Qualität der Grundfunktionen
17. Wartbarkeit der Roboter
18. Wartbarkeit der Anwendungen

Nicht-funktionale Anforderungen sind:

19. Leichte Bedienbarkeit und Verständlichkeit der Roboter
20. Preisspanne der Roboter
21. Verfügbarkeit in Deutschland
22. Verbindungsmöglichkeiten ins WLAN
23. Datenschutz und Informationssicherheit
24. Support von fachspezifischen Anwendungen des Projekts
25. Verkehrsfähigkeit in der EU (CE-Zeichen)
26. Support durch den Vertrieb oder den bzw. die Hersteller\*in
27. Geringes Verletzungsrisiko
28. Standort der Ansprechpartner\*innen

## Anforderungen an die Infrastruktur

Die Anforderungen an die Infrastruktur wurden einerseits durch die im Kapitel »Anforderungserhebung, Methode« genannten Methoden erhoben und anderer-

seits aus den im Kapitel »Anforderungen an die Telepräsenzroboter« aufgelisteten Anforderungen an die Roboter abgeleitet. Die Infrastruktur muss den Betrieb der Roboter, die Ausführung der fachlichen Use Cases und die Durchführung der Forschung ermöglichen. Außerdem muss durch die Infrastruktur der Schutz der personenbezogenen und der Forschungsdaten sichergestellt werden. Die grundlegenden Elemente des Lösungsraums für die Infrastruktur sind hierbei ein geschlossenes Netzwerk, in dem sich die Geräte befinden, Datenspeicher innerhalb des Projekts sowie Anwendungen und Funktionen für die Ausführung der fachlichen Use Cases auf den Geräten.

Die funktionalen Anforderungen für die Infrastruktur sind:

1. Aufbau eines stabilen Virtuellen Privaten Netzwerks (VPN)
2. Durchgängige Erreichbarkeit des Netzwerks
3. Kommunikation der Geräte untereinander innerhalb des gleichen Netzwerkes
4. Kontrollierte Kommunikationsbeziehungen ausgewählter Anwendungen über die Firewall ins Internet
5. Serverdienste in der Infrastruktur: Dateiablage für die Roboter und die Mitarbeitenden im Projekt, Messaging, Kalender, Videokonferenzen

Nicht-funktionale Anforderungen:

6. Der Betrieb muss mit den personellen Ressourcen des Projekts möglich sein (also ohne 24/7-Schichtbetrieb für das Personal).
7. Gute Usability aller Komponenten und Dienste
8. Leichte Fehleranalyse und -behebung
9. Übersichtlichkeit
10. Wahrung der informationellen Selbstbestimmung der Proband\*innen, d.h. Datenschutz und Informationssicherheit für die Gesundheitsdaten
11. Absicherung aller Computersysteme, Dienste, Geräte und Daten gegen Risiken der Informationssicherheit und des Datenschutzes

## Datenmanagementplan

Der Datenmanagementplan (DMP) ist Teil des Datenmanagements und wird zu Beginn eines Projekts erstellt und während des Projekts als lebendes Dokument stetig bearbeitet. Er befasst sich mit dem Umgang mit Daten während der Durchführung und nach Abschluss des Projekts. Dabei wird der gesamte Datenlebenszyklus der Entdeckung, Sammlung und Organisation der Daten erfasst (Michener 2015). Auch Qualitätsmanagementmaßnahmen in Bezug auf die Daten werden im DMP festgelegt. Ebenso wichtige Bereiche sind die Dokumentation und die Nutzung der Daten sowie deren Speicherung, das Teilen der gewonnenen Erkenntnisse

mit Anderen und die Veröffentlichung der Daten. Insofern bestimmt ein Datenmanagementplan den Lösungsraum im Konzeptions- und Entwicklungsprozess der Telepräsenzrobotik-Plattform.

Der DMP gehört in vielen Ländern bereits fest zu einem Antrag auf Förderung wissenschaftlicher Projekte, bspw. in den USA bei Anträgen an die National Science Foundation (Michener 2015; Smale et al. 2022; vgl. Burnette et al. 2016), in der Schweiz bei Anträgen an die Swiss National Science Foundation (Swiss National Science Foundation 2021) oder bei Projektanträgen für das Förderprogramm der EU »Horizont 2020« (Europäische Kommission 2021). Es ist davon auszugehen, dass er auch in Deutschland an Relevanz gewinnen wird. Der DMP stellt dabei nicht nur eine Anforderung von Fördergebern dar, sondern er bietet auch wichtige Vorteile. Wenn sich die Projektmitarbeitenden früh in ihrem Projekt Gedanken um Datenmanagement machen, erhalten sie verlässliche Abläufe (Workflows), die Stress und Ängste im weiteren Verlauf des Projekts reduzieren können (Burnette et al. 2016). Weiterhin wird die Qualität und Integrität der Daten gesteigert und die Verbreitung der gewonnenen Erkenntnisse verbessert (Smale et al. 2022). Eine iterative Weiterentwicklung und Verbesserung der Workflows bieten eine optimale Anpassung an die Bedürfnisse des Projekts. Die Zeit, die zu Beginn des Projekts aufgewendet werden muss, um sich über Datenmanagement Gedanken zu machen, kann dafür während des Projekts eingespart werden. Gut dokumentierte Workflows und Prinzipien bieten im Betrieb eines laufenden Projekts eine verlässliche Basis und erhöhen die Sicherheit der Daten im Projekt.

## Methodik

Um einen DMP zu erstellen, müssen die im Folgenden ausgeführten Schritte (Michener 2015) beachtet werden. Dadurch wird sichergestellt, dass die Daten im Projekt sicher, hochwertig und teilbar generiert werden.

Zunächst müssen alle im Projekt anfallenden Daten identifiziert werden. Dabei sollte nach Möglichkeit festgelegt werden, dass die Daten unverschlüsselt und in offenen Dateiformaten vorliegen. Wenn es notwendig ist, sensible Daten zu verschlüsseln, sollten nach Möglichkeit weit verbreitete Verschlüsselungsverfahren eingesetzt und auf proprietäre Software verzichtet werden. Durch die Beachtung dieser Hinweise wird Dritten ein möglichst einfacher Zugang zu den Daten ermöglicht. Hierdurch wird das Erreichen eines Ziels des DMP – die Zugänglichkeit der Daten über viele Jahre hinweg sicherzustellen – unterstützt. Wenn verschlüsselte Daten vorliegen, muss bei Veröffentlichung des Projekts geprüft werden, ob und in welcher Form diese veröffentlicht werden können. Anschließend wird definiert, wie die Daten organisiert sein sollen. Hier wird z.B. auf Namenskonventionen und eine vorliegende Ordnerstruktur eingegangen. Metadaten sollten genutzt werden, damit die Daten langfristig verständlich bleiben und durchsuchbar, sortierbar und

auffindbar gemacht werden können. Zu diesem Zweck können die Metadaten in einem standardisierten Schema, wie z.B. dem »DataCite Metadata Schema«,<sup>1</sup> abgelegt werden. Um die Qualität der Daten sicherzustellen, empfiehlt es sich, geeignete Qualitätsmanagementmaßnahmen im DMP zu definieren. Des Weiteren sollte das Vorgehen zur Datenaufbewahrung, Datensicherung und zum Datenschutz beschrieben werden. Einen weiteren wichtigen Bestandteil des DMP stellt die Beschreibung des Vorgehens zum Veröffentlichen und Zurverfügungstellen der Daten dar. Abschließend sollten Rollen und Verantwortlichkeiten unterschiedlicher Ansprechpartner\*innen der Teilbereiche bestimmt werden.

Im vorliegenden Projekt bestand keine Anforderung zur Erstellung eines DMP vor Beginn des Projekts und so wurde der DMP während des Projekts aus der Retrospektive erstellt, der den aktuellen laufenden Stand beschreibt. Da DMPs für zukünftige Projekte in der Regel aus der Prospektive verfasst werden, wurde neben dem DMP aus der Retrospektive ein weiterer DMP aus der Prospektive des Projekts simuliert. Zu diesem Zweck wurden einige Projektmitarbeiter\*innen, Teilprojektleiter\*innen und der Gesamtprojektleiter gebeten, sich an die Anfänge des Projekts zurückzuerinnern und den damaligen Kenntnisstand wiederzugeben. Für den DMP, der aus der Retrospektive verfasst wurde, wurden verschiedenste Aspekte des DMP bereits an anderer Stelle im Projekt, wie z.B. im Datenschutzkonzept, beschrieben. Die Hauptaufgabe bestand daher darin, die anfallenden Daten zu identifizieren – die Methodik hierzu wird im Folgenden vorgestellt.

Da das Projekt sich in neun Teilprojekte (TP) gliedert und alle im Projekt anfallenden Daten vollumfänglich erfasst werden sollten, wurden Leitfadeninterviews mit Projektmitarbeitenden aus allen TPs durchgeführt. Um den unterschiedlichen Aufgabenstellungen der TPs gerecht zu werden, wurden diese Leitfadeninterviews auf die TPs hin abgestimmt. Von besonderem Interesse waren dabei die Datenexporte der unterschiedlichen Apps auf den Telepräsenzrobotern. Die Fragen zielten hauptsächlich auf die folgenden Punkte ab:

1. Wie werden die Daten erfasst?
2. Wie groß ist die Datenmenge?
3. In welchem Format liegen die Daten vor?
4. Kommen Qualitätsmanagementmaßnahmen zum Einsatz?
5. Wo liegen die Daten und wer hat Zugriff auf diese?
6. Wie werden die Daten ausgewertet?

Die gesammelten Daten der Leitfadeninterviews, sowie die zusätzlich von den TPs zur Verfügung gestellten Dokumente, wurden gesichtet und aufgearbeitet. Hierzu wurden Kategorien definiert und die Informationen aus den Datensätzen den

---

<sup>1</sup> <https://schema.datacite.org/>, zuletzt abgerufen am 10.07.2022.

Kategorien zugeordnet. Durch diese Umstrukturierung ist es möglich, die gesammelten Daten zielgerichtet in einen DMP zu überführen.

Alle aus den Leitfadeninterviews gesammelten Informationen bilden den aktuellen Stand im Projekt ab. Bei neuen Entwicklungen im Projekt muss evaluiert werden, ob für den DMP relevante Aspekte hinzugekommen sind. In diesem Fall müssen mindestens die zuvor erwähnten sechs Fragen beantwortet und anschließend der DMP erweitert werden.

## Vorläufige Ergebnisse

Im Folgenden sind für den DMP relevante Inhalte exemplarisch dargestellt. Zunächst wird ein Teil des teilprojektübergreifenden Kapitels zum Vorgehen bezüglich Speicherung und Backup der Daten jeweils aus der Prospektive oder Retrospektive vorgestellt. Im Anschluss wird ein Ausschnitt der Daten der Teilprojekte TP 5 »Akzeptanz- und Potenzialstudien« und TP 6 »ELSI Begleitforschung« präsentiert.

Eine mögliche Gliederung der Inhalte eines DMP wird im Folgenden dargestellt:

1. Datenübersicht
  - 1.1. Eigenschaften der Daten
  - 1.2. Generierung der Daten
  - 1.3. Datenverarbeitung und Datenauswertung
2. Dokumentation und Standards
3. Qualitätsmanagementmaßnahmen
4. Ethische und Legale Aspekte
5. Speicherung der Daten
  - 5.1. Speicherung zur Projektlaufzeit
  - 5.2. Backup-Strategien
  - 5.3. Speicherung nach Abschluss des Projekts
6. Veröffentlichung der Daten
7. Verantwortliche Mitarbeiter\*innen und Rollen

## Prospektiv: Speicherung und Backup

Zur Speicherung der Projektdaten muss ein Server bereitgestellt werden und der Zugriff für viele Mitarbeiter\*innen verschiedener Teilprojekte zuverlässig möglich sein. Es ist davon auszugehen, dass sensible Gesundheitsdaten erfasst werden. Diese müssen zugriffsgeschützt und – falls möglich – anonymisiert, sonst pseud-

onymisiert gespeichert werden. Daher ist zu erwarten, dass die Arbeitsgeräte der Mitarbeiter\*innen verschlüsselt werden müssen.

Es wird in Betracht gezogen, einen Server im Rechenzentrum der OTH Regensburg zu nutzen. In diesem Fall sollte die Backup-Strategie des Rechenzentrums zum Einsatz kommen.

### **Retrospektiv: Speicherung und Backup**

Zur Speicherung der Projektdaten nutzen alle Teilprojekte (TPs) ein Laufwerk auf einem Server im Rechenzentrum der OTH Regensburg, auf welches die Beteiligten des Projekts Zugriff haben. Das Laufwerk wurde auf Basis der TPs strukturiert. Auf die dadurch entstandenen Arbeitsbereiche auf dem Laufwerk besitzen nur die jeweils berechtigten TPs Zugriff. Die Mitarbeitenden von TP 1 »Telepräsenzroboter« besitzen Zugriff auf die geschützten Bereiche aller Teilprojekte. Es gibt Arbeitsbereiche, auf die alle Projektmitarbeiter\*innen Zugriff haben, und einen noch stärker beschränkten Studienbereich.

Die Pseudonymisierungsliste befindet sich ebenso auf dem Laufwerk in einem verschlüsselten und besonders zugriffsgeschützten Bereich. Der Zugriff auf die Pseudonymisierungsliste ist nur über einen Schlüssel möglich.

Die Verfügbarkeit und Sicherheit der Daten werden durch das Rechenzentrum der OTH Regensburg sichergestellt. Zu diesem Zweck werden die für Hochschulen gängigen Standards zur Erstellung von Backups angewendet.

### **Retrospektiv: Auszug aus dem Kapitel »Datenübersicht«**

In den Teilprojekten zu Akzeptanz- und Potenzialstudien sowie der ELSI-Begleitforschung gibt es ein Leitfadeninterview und fünf Fragebögen für die verschiedenen Zielgruppen. Proband\*innen mit Aphasie erhalten die Fragebögen in vereinfachter Sprache.

In Tabelle 1 werden Auszüge aus dem Kapitel »Datenübersicht«, die sich auf die genannten Teilprojekte beziehen, dargestellt.

Eigenschaften der Daten: Bei den in Tabelle 1 aufgeführten Daten handelt es sich um Forschungsdaten.

*Tabelle 1: Beispiel für Dateneigenschaften*

| Name   | Format   | Benötigte Software      | Menge                                 | Metadaten  |
|--|--|-------------------------|---------------------------------------|--|
| Codepläne  | .docx  | Word                    | 1 pro Fragebo-gen                     | -  |
| Fragebögen für Proband*innen/ Angehörige           | .pdf, .docx, SoSci Survey                            | SoSci Survey, Word      | 2 pro Pro-band*in/ Angehörige*n       | In Form von Codeplänen                                   |
| Fragebogen für Therapeut*innen und Pflege-personal | .pdf, .docx, SoSci Survey                            | SoSci Survey, Word      | 1 pro Thera-peut*in/ Pflegeperson     | In Form von Codeplänen                                   |
| Fragebogen TePUS-PRO                               | .pdf, .docx, SoSci Survey                            | SoSci Survey, Word      | ca. 60                                | In Form von Codeplänen                                   |
| Leitfadeninterv-views                              | .docx  | Word                    | 1                                     | -  |
| Beantwortung der Leitfaden-interviews/ Fragebögen  | Audio, textuell, Video                               | -                       | 1 pro Leitfa-deninterview/ Fragebogen | -  |
| Auswertung der Fragebögen                          | SPV, SAV, SPS, .xlsx                                 | SPSS, Excel             | Bisher noch un-bekannt                | -  |
| Auswertung der Leitfadeninter-views                | F4-Transkript, MAXQDA-Auswertung, .docx, .pdf, .xlsx | F4, MAXQDA, Excel, Word | Bisher noch un-bekannt                | In Form von Memos (Erläuterungen zu den Codes in MAXQDA) |

Generierung der Daten: Die Fragebögen und Leitfadeninterviews wurden von den Projektmitarbeiter\*innen anhand des Standards MEESTAR (Weber 2015) und der Fragebögen *Stroke and Aphasia Quality of Life Scale* (SAQOL-39) (Hilari et al. 2009) und WHOQOL-BREF (Angermeyer et al. 2000) mit SoSci Survey oder Word generiert.

Die Fragebögen werden in Papierform oder über einen Link für SoSci Survey verteilt. Ausgefüllte Fragebögen in Papierform werden durch die Projektmitarbeiter\*innen digitalisiert. Sollte nur eine mündliche Beantwortung der Fragen möglich sein, werden die Antworten von den Projektmitarbeiter\*innen oder von Angehörigen in den Fragebogen eingepflegt. Nach der Digitalisierung handschriftlich ausgefüllter Fragebögen findet eine Überprüfung auf Korrektheit durch den bzw. die verantwortliche Projektmitarbeiter\*in statt.

Mündlich durchgeführte Leitfadeninterviews werden in geeigneter Form (Audio, Video) aufgezeichnet und anschließend transkribiert.

Datenverarbeitung und -auswertung: Die Auswertung der Fragebögen und Leitfadeninterviews findet nach Abschluss der Befragungen statt. Das Ziel der Auswertung ist es, Informationen zu den Themenbereichen »Messung der Lebensqualität«, »Einstellung zur Technik« und »Akzeptanz und Nutzung von Telepräsenzrobotern« zu sammeln.

## Lösungsansätze für den Datenschutz und die Informationssicherheit

Die spezifischen Anforderungen und Lösungsansätze des Datenschutzes und der Informationssicherheit wurden jeweils in einem Datenschutzkonzept und einem Informationssicherheitskonzept entwickelt und beschrieben. Das Datenschutzkonzept war unter anderem Voraussetzung für ein positives Votum der Ethikkommission für das Gesamtprojekt und berücksichtigt das Standard-Datenschutzmodell. Das IT-Sicherheitskonzept folgt der ISIS12-Methodologie, die an ISO/IEC 27001 angelehnt ist und praktische Lösungen für den Aufbau und Betrieb eines Informationssicherheits-Managementsystems (ISMS) bietet. Für die Dokumente sei auf Popp und Raptis (2022) und Beutner et al. (2021) verwiesen.

## Design und Entwicklung

In dieser Entwicklungsphase wurden aus den erhobenen Anforderungen bzw. den aufgezeigten Lösungsansätzen konkrete Lösungen spezifiziert und entwickelt. Es wird dabei ein Verfahren für die Auswahl geeigneter Roboter konzipiert und angewendet, es werden geeignete Softwarekomponenten und Dienstleistungen designt und beschafft und als Eigenentwicklung prototypisch implementiert, die Netz-

werkarchitektur inkl. Sicherheitskomponenten festgelegt und realisiert und auch geeignete organisatorische Prozesse entwickelt.

## Auswahl der Roboter

Die erste Aufgabe bei der Auswahl der Roboter ist die Definition eines geeigneten Auswahlverfahrens und der Auswahlkriterien. Dafür sind sowohl die im Projekt erhobenen funktionalen und nicht-funktionalen Anforderungen als auch Kriterien zur grundsätzlichen Eignung eines Roboters im Kontext des Projekts, d.h. für den häuslichen Einsatz in der Pflege, Logopädie und Physiotherapie, relevant. Als erster Schritt bei der Suche nach einem geeigneten Verfahren und nach sinnvollen Kriterien wurde eine Recherche der wissenschaftlichen Literatur durchgeführt. Die verwendete Literatur ergibt sich aus den Ergebnissen mehrerer, aufeinander aufbauender Suchen in »Google Scholar«. Mit den Suchbegriffen *selection attributes robots* wurde ein erster Überblick über die Auswahlverfahren für Roboter geschaffen. Als Ergebnis der ersten Literaturrecherche wurde für die Auswahl der Roboter ein parameterbasiertes Auswahlverfahren verwendet, eine vereinfachte Form der »Multi Criteria Decision Analysis« (MCDA) mit einer einfachen Gewichtung für die verwendeten Attribute (vgl. Bhangale et al. 2004; Geldermann/Lerche 2014; Thokala et al. 2016).

Der grundsätzliche Aufbau orientiert sich vor allem an der von Bhangale et al. (2004) beschriebenen Methodik. Hier wird die Auswahl von industriell eingesetzten Robotern anhand von Attributen beschrieben. Da die dort genannten Eigenschaften und Vorgehensweisen für die fachlichen Anwendungsbereiche (Pflege, Physiotherapie und Logopädie) nicht anwendbar sind, werden eigene Attribute definiert und in Anlehnung an die Inhalte und den Aufbau der MCDA-Methode eine vereinfachte, angepasste Vorgehensweise und Bewertung dieser Attribute umgesetzt.

Nach der Festlegung der Methode für das Auswahlverfahren mussten geeignete Attribute definiert werden. Dafür wurde eine weitere Literaturrecherche durchgeführt, um – neben den im Projekt erhobenen Anforderungen – auch Publikationen, die sich mit dem Einsatz von Robotern im Gesundheitswesen und der Pflege beschäftigen, zu finden und auszuwerten. Folgende Suchbegriffe wurden dafür verwendet: *telepresence robots in healthcare, health care robotics stroke, requirements robots medicine home stroke*.

Die aus der Literatur und aus dem Requirements-Engineering-Prozess abgeleiteten verwendeten Attribute wurden anschließend als Eingangsparameter für eine Marktanalyse verwendet. Aus den Attributen wurden Bewertungskategorien (Kapitel »Wahl der Bewertungskategorien«) festgelegt und die dort zugeordneten Attribute mit einer Gewichtung versehen (Kapitel »Gewichtung der gewählten Attribute«).

## Wahl der Bewertungskategorien

Im ersten Schritt müssen die von den Robotern erwarteten und benötigten Attribute identifiziert werden. Die gewählten Attribute dienen der Hilfe und der Vereinfachung des Auswahlprozesses (vgl. Bhangale et al. 2004; Geldermann/Lerche 2014). In der Theorie werden Attribute in die Kategorien »General«, »Physical«, »Performance«, »Structure/architecture«, »Application«, »Sophistication of equipment«, »Control and feedback system« und »Availability/reliability« unterteilt (Bhangale et al. 2004). In Anlehnung an diese Kategorien werden für die Marktanalyse im Projekt folgende Kategorien gewählt:

1. Fundamentale Anforderungen. Sie beinhalten Eigenschaften, die zwingend vorhanden sein müssen. Diese Kategorie definiert somit effektiv eine Sammlung von Einschlusskriterien; entsprechend führt das Fehlen der Eigenschaft zum Ausschluss des Roboters.
2. Allgemeine Anforderungen, welche die generellen Eigenschaften der Roboter darstellen.
3. Physische Anforderungen stellen die materiellen Eigenschaften und Anforderungen der Roboter dar.
4. Leistungsanforderungen, anhand derer die leistungsspezifischen Eigenschaften der Roboter bewertet werden.
5. Erweiterte Parameter stellen Eigenschaften dar, die in keine der vorangegangenen Kategorien eingeordnet werden.

## Gewichtung der gewählten Attribute

Die fundamentalen Anforderungen werden nicht gewichtet, da alle Punkte erfüllt sein müssen, damit ein Roboter als grundsätzlich geeignet betrachtet wird. Ein Roboter, der eine dieser Anforderungen nicht erfüllt, wird aus dem weiteren Entscheidungsprozess ausgeschlossen.

Damit die Attribute, welche nicht als fundamental angesehen werden, entsprechend ihrer Relevanz mit in die Bewertung einfließen können, werden die einzelnen Punkte nach der Wichtigkeit für den Einsatzzweck des Projekts gewichtet.

Für den Vergleich der Produkte wird die innerhalb der MCDA-Theorie eingeordnete, klassische Multi-Attribute Decision Making Method angewendet. Dies ergibt sich aus dem Ziel der Marktanalyse, aus einer »abzählbaren« Menge an Robotern die beste Auswahl zu treffen (Thokala et al. 2016).

»Bekannte Verfahren dieser Klasse sind die Nutzwertanalyse, die multi-attribute Utility/Value Theory (MAUT/MAVT) und der analytische Hierarchie/Netzwerk Prozess – AHP/ANP« (Geldermann/Lerche 2014: 12). Die hier angewendete Nutzwertanalyse basiert darauf, vorhandene Attribute mit einer Punktzahl, welche relativ ihrer Wichtigkeit vergeben wird, zu bewerten. Nach Durchführen der Analyse

eines Objekts wird die Gesamtpunktzahl gebildet. Die Gesamtpunktzahlen werden gegeneinander abgewogen, um eine Rangliste erstellen zu können.

In der Nutzwertanalyse wurde eine Maximalpunktzahl von 100 Punkten festgelegt. Für jedes Attribut wurde eine Gewichtung vorgenommen. Die Gewichtungsschlüssel wurden wie folgt definiert: Für Eigenschaften, welche einen erkennbaren künftigen potenziellen Mehrwert für die Forschungsziele bringen könnten, jedoch derzeit nicht direkt aus dem Forschungsdesign motiviert sind, gilt ein Gewichtungsschlüssel von 1 (»nice to have«). Für Eigenschaften, welche nach Einschätzung der Expert\*innen zwar einen signifikanten Mehrwert bringen, jedoch nicht entscheidend für die Forschungsziele sind, gilt ein Gewichtungsschlüssel von 5. Für Eigenschaften, welche Zielen aus dem Forschungsdesign unmittelbar dienen, deren Fehlen jedoch nicht die Durchführung des Gesamtprojekts in Zweifel zieht, gilt ein Gewichtungsschlüssel von 10. Eigenschaften, welche absolut unersetzlich für das Gesamtprojekt sind, erhalten keinen Gewichtungsschlüssel, sondern gelten als Voraussetzung für den Einschluss eines Roboters in die Analyse und werden in die Kategorie der fundamentalen Anforderungen aufgenommen.

## Anwendung und Evaluation

Mittels Internetrecherche wurden kommerziell erhältliche Telepräsenzroboter ermittelt und deren Eigenschaften aufgelistet. Die speziell angepasste Multi-Attribute Decision Making Method mit den gewichteten Attributen wurde anschließend für die Auswahl der Roboter angewendet. Der erste Schritt war, die Eigenschaften der Roboter auf die fundamentalen Anforderungen zu prüfen und festzustellen, ob diese grundsätzlich für einen Einsatz im Projekt geeignet sind. Die Ergebnisse wurden entsprechend dokumentiert.

Im zweiten Schritt wurden alle Roboter, die im ersten Schritt nicht ausgeschlossen wurden, genauer betrachtet: Eigenschaften, die mit einer Metrik charakterisiert werden können, wurden quantifiziert. Nicht quantifizierbare Aspekte, wie bspw. die Bereitschaft der Zusammenarbeit bei einer möglichen Weiterentwicklung, wurden bewertet und in groben Kategorien klassifiziert.

Die erhobenen Eigenschaften wurden den modellierten Attributen zugeordnet und mit Punkten gemäß der Gewichtung versehen. In diesem Schritt wird auf eine matrixbasierte Darstellung wie in Bhangale et al. (2004) verzichtet, da sie hier keine zusätzlichen Erkenntnisse gebracht hätte.

## Auswahl

Die Ergebnisse der Evaluation wurden in einer Tabelle mit den erreichten Gesamtpunkten dokumentiert. Anhand dieser Punkte wurde eine Rangliste erstellt. Auf Basis dieser Rangliste wurden weitere Gespräche bzw. Verhandlungen mit den Vertriebsfirmen aufgenommen.

In der Marktanalyse sind insgesamt 14 verschiedene Robotermodelle enthalten, welche zum Zeitpunkt der Analyse auf dem Markt erhältlich waren. Im Laufe der Marktanalyse wurden nur zwei der Roboter in die nähere Auswahl aufgenommen, da nur diese beiden Modelle alle fundamentalen Eigenschaften erfüllten. Da es ersichtlich war, dass auch diese nicht alle fachlichen Anforderungen des Projekts erfüllen können, wurde ein Konzept für die Erstellung einer Eigenbauvariante (DIY) gesucht und bewertet. Bei der DIY-Variante war eine maximale Flexibilität das entscheidende Kriterium. Die technische Plattform sollte alle für das Projekt relevanten Apps unterstützen und auch die Konnektivität mit beliebigen vernetzbaren technischen Geräten gewährleisten. Die eigenständige Bewegung und Navigation waren hier nicht relevant. Für die Auswahl der DIY-Komponenten sollten Einzelkomponenten ausgewählt, bestellt, zu einem funktionsfähigen Prototyp montiert und mit geeigneter Software bestückt werden.

Nach Durchlaufen des Auswahlprozesses und dem anschließenden Austausch mit den Anbietenden von ausgewählten Robotern konnten letztendlich nur der Roboter »Home Care Robot« der Firma Medisana (basierend auf der Hardware-Plattform temi der Firma temi USA inc.) und der – noch abstrakt definierte – DIY-Roboter als geeignet für den Einsatz bewertet werden. Ein anderes Robotermodell, welches zwar alle fachlichen Anforderungen erfüllt hätte und als potenzieller Kandidat identifiziert wurde, wurde nach einer näheren Analyse ausgeschlossen, da seine Verfügbarkeit in einer verkehrsfähigen Form (also mit CE-Zeichen) zum Start der Feldphase des Projekts nicht gesichert war. Zudem wurde nach Analyse der technischen Dokumentation der nötige projektinterne Entwicklungsaufwand für einen Einsatz im Projekt konkretisiert. Dieser wurde für die Ressourcen des Projekts ebenfalls als zu hoch bewertet. Aufgrund dessen wurde er letztendlich als für das Projekt ungeeignet bewertet, obwohl alle anderen Kriterien erfüllt waren. Für eine ausführliche Darstellung sei auf das Dokument von Popp et al. (2022) verwiesen.

## Projektspezifische Anpassung bzw. Entwicklung der Roboter

Für den DIY-Roboter gab es nur eine abstrakte Definition anhand der Anforderungen, so dass eine Konzeption und Entwicklung erfolgen musste. Auch der ausgewählte kommerziell erhältliche Medisana Home Care Robot (Temi) musste softwaretechnisch angepasst werden, um die projektspezifischen Anforderungen zu erfüllen. Gemäß der DSR-Methode (s. Kap. »Design Science Research Method«) findet die Entwicklung in einem mehrstufigen Prozess mit Entwicklung, Testung und Weiterentwicklung statt.

Für die Entwicklung der zwei Roboterplattformen wurde der Ansatz des evolutionären Prototyping verwendet. Ein Prototyp ist hierbei eine funktionierende Darstellung von einzelnen oder allen Konzeptelementen (vgl. Camburn et al. 2017;

Budde et al. 1990). Er dient dem Zweck, Merkmale des aktuellen Stands der Entwicklung sowie den Entwicklungsfortschritt darzustellen (Camburn et al. 2017). Die Prototypen bilden die Basis, um einen Diskurs zwischen Entwickler\*innen und Nutzenden anzuregen und somit Schwierigkeiten und Probleme hervorzuheben. Jeder Prototyp stellt die Grundlage für die darauffolgenden Prototypen dar (vgl. Budde et al. 1990). Die Prototypen wurden hierbei anhand der aus der Anforderungserhebung hervorgegangenen Use Cases sowie der Ergebnisse der Literaturanalyse entwickelt. Innerhalb des Projekts wurden drei Prototypen jeweils beider Roboter dem Projekt in großen Testrunden vorgestellt.

Die ersten Prototypen wurden zunächst ohne weitere Einbindung der Stakeholder\*innen anhand der erhobenen Use Cases, Anforderungen und Literaturergebnisse entwickelt. Die Prototypen waren hardwaretechnisch betriebsbereit, jedoch konnten noch nicht alle Softwareanforderungen umgesetzt werden. Dies lag einerseits an noch fehlenden Lizzenzen, aber auch an noch nicht implementierten Diensten der Infrastruktur. So waren in dieser Phase noch kein Messenger-Client, keine Dokumentenablage und keine Kalenderfunktion für die Prototypen vorhanden. Der erste Aufbau der Prototypen wurde noch nicht in einem isolierten Netzwerk, sondern im hochschulinternen Netzwerk des E-Health-Labors der OTH Regensburg betrieben.

Ein Aufbau umfasst jeweils einen Roboter »Temi«, eine DIY-Ausführung sowie ein iPad. Der »Temi« wurde hinsichtlich der ersten Prototypen mit den ersten für ihn vorgesehenen Fachanwendungen sowie einem intern entwickelten, modifizierten GUI (Graphical User Interface) ausgestattet.

Der DIY wurde aus einem Intel NUC mit einer Windows-10-Installation, einem 32-Zoll-Bildschirm mit Touch-Funktion sowie einem manuell höhenverstellbaren Bildschirmhalter aufgebaut. Der Kioskmodus wurde als einfaches GUI zur Bedienung der Fachanwendungen eingerichtet. Um eine Verbindung mit dem verwendeten iPad herzustellen, ist der DIY zusätzlich mit der Software Airserver ausgestattet.

Als Tablet wurden zwei Ausführungen bereitgestellt: ein iPad mini mit 8,3-Zoll-Bildschirm und ein iPad Pro mit 12,9-Zoll-Bildschirm und jeweils 256 GB Speicher. Die iPads wurden mit einem Apple Pencil ausgestattet.

Die Prototypen wurden den Mitarbeiter\*innen der anderen Teilprojekte vorgelegt und getestet. In der zweiten Entwicklungs-Iteration nach Berücksichtigung der Rückmeldungen aus der Testung wurden Änderungen am GUI durchgeführt und alle noch fehlenden Use Cases implementiert. Beim DIY wurde eine zusätzliche Hardware-Ausführung zur Verfügung gestellt. Diese unterscheidet sich durch bessere Bildschirmhalterungen und einen Elektromotor für die Höhenverstellung des Bildschirms. Die anschließende Testung durch die Mitarbeiter\*innen des Projekts umfasste somit zwei verschiedene Versionen des DIY.

Der dritte und finale Aufbau der Prototypen wurde in einer simulierten produktiven Betriebsumgebung außerhalb des Labors durchgeführt. Hierbei wurde für jede Version der Roboter, sowie die jeweils dazugehörigen iPads, ein sicheres VPN (vgl. Kapitel »Netzwerkarchitektur der Infrastruktur«) aufgebaut und mit allen geplanten Anwendungen ausgestattet. In dieser Iteration des Prototyps wurden die Client-Anwendungen und Serverdienste für die Kalender- und Dokumentenfunktion ausgetauscht, um – nach entsprechenden Rückmeldungen der Stakeholder\*innen – die Usability und Stabilität zu erhöhen. Hardwareseitig werden nun für den DIY entweder ein elektrisch höhenverstellbarer oder ein manuell höhenverstellbarer Monitorständer verwendet. An diesem werden ein Rechner mit Small-Form-Factor-Gehäuse, Intel NUC 8, mit 16 GB RAM und 500 GB SSD, ein Iiyama-ProLite-32-Zoll-Touchbildschirm sowie eine Logitech C920s HD Pro Webcam montiert. Der Temi-Roboter wird in der Hardware-Konfiguration des Anbieters Medisana verwendet.<sup>2</sup>

Es gab während der Testphasen einige betriebsbereite Zwischenversionen, die jedoch nicht explizit als eigene Prototypen klassifiziert wurden. Hierbei wurde meistens innerhalb der Fachabteilung E-Health die Funktionalität und die Umsetzbarkeit von Anforderungen und das Feedback der anderen Stakeholder\*innen bewertet (vgl. Abbildung 2).

## Netzwerkarchitektur der Infrastruktur

In der Anforderungsdefinition für die Infrastruktur (vgl. Kap. »Anforderungen an die Infrastruktur«) wurde als Lösungsansatz ein geschlossenes Netzwerk aufgezeigt. Roboter, Infrastruktur-Dienste und Rechner der Projektmitarbeiter\*innen (zur Interaktion mit den Robotern und den Infrastruktur-Diensten) sollen sich im VPN befinden. Externe Dienste z.B. von App-Anbietern oder der Apple App Store müssen aus dem VPN erreichbar sein. Aus den Anforderungen aus dem Datenschutz- und Sicherheitskonzept ergeben sich die Auswahl eines sicheren und leistungsfähigen VPN-Konzentrators sowie einer leistungsfähigen Firewall inkl. entsprechender Policies.

Es wird angenommen, dass nicht alle Proband\*innen bereits eine bestehende Internetanbindung haben. Da sie zwingend für die Funktion der Anwendungen nötig ist, soll diese vom Projekt bereitgestellt werden. Außerdem sollen die Roboter und die zentralen Plattformdienste zusätzlich geschützt werden, indem ein Virtuelles Privates Netzwerk (VPN) verwendet wird.

Eine Option, diese Funktionen umzusetzen, ist bspw. ein Corporate Data Access (CDA). Ein CDA wird direkt vom Mobilfunkanbieter angeboten und verbindet registrierte Mobilfunknummern automatisch mit einem zugewiesenen VPN. Nach

2 <https://www.robotemi.com/specs/>, zuletzt abgerufen am 24.01.2022.

Abbildung 2: Robotermodelle im Projekt DeinHaus 4.0 Oberpfalz: Temi, DIY (statisch), DIY (elektrisch)



Quelle: Eigene Darstellung

einer ersten Anfrage stellte sich diese Lösung als sehr aufwändig und kostspielig dar, unter anderem auch, weil sie für Unternehmen mit einer sehr hohen Anzahl an Geräten gedacht ist.

Eine weitere Option, für die sich im Projekt entschieden wurde, ist es, LTE-fähige Router zu verwenden und diese so zu konfigurieren, dass direkt eine Verbindung in das VPN aufgebaut wird. Da die Einrichtung, Absicherung, Instandhaltung und insbesondere der Betrieb eines VPN eine hohe, zertifizierte Expertise bzgl. Sicherheit sowie entsprechende Ressourcen (u.a. für unterbrechungsfreien 24/7-Betrieb) erfordert, wurde dafür ein Dienstleister ausgewählt. Der Anbieter bietet Managed Security Services an und verfügt über Zertifizierungen nach ISO/IEC 27018 (Datenschutz), ISO/IEC 27001 (Informationssicherheitsmanagement) und ISO/IEC 9001 (Qualitätsmanagement). Im Rahmen dieser Dienste wird die Absicherung des Netzwerks mit Hilfe einer professionellen Firewall mit Angriffserkennung, die mit Angriffsmustern vom Firewall-Hersteller in Echtzeit versorgt wird (Barracuda VF50 mit Malware Protection und Advanced Threat Protection, redundant), sichergestellt. Außerdem gibt es eine zentrale Provisionie-

rung, Konfiguration, Verwaltung und Überwachung aller im Projekt eingesetzten Mobilfunk-Router. Bei den bereitgestellten Routern handelt es sich um das Modell MikroTik wAP ac LTE kit.<sup>3</sup>

Der Zugang zum Mobilfunk läuft über SIM-Karten des Anbieters Vodafone mit einer Bandbreite von bis zu 200 Mbit/s und unbegrenztem Datenvolumen. Die Mitarbeiter\*innen des E-Health-Teilprojekts »Telepräsenzroboter« (TP 1) werden vom Anbieter in die Anwendungen zur Netzwerkverwaltung eingewiesen. Hierbei wird der VPN-Client Barracuda verwendet, um Zugang zum VPN zu bekommen, wenn man nicht die dedizierten Router verwendet. WinBox<sup>4</sup> ist eine Software zur Konfiguration und Überwachung der MikroTik-Router. Über die Network Monitoring Software The Dude<sup>5</sup> können das Netzwerk visualisiert und die installierten Services live überwacht werden. Mit der Verwendung von CheckMK<sup>6</sup> können die Services der einzelnen Router konfiguriert und der aktuelle Status überprüft werden. Zusätzlich werden dadurch bei der Überschreitung von festgelegten Werten E-Mails an die Mitarbeiter\*innen des Teilprojekts Technik versendet, die auf fehlerhafte Zustände hinweisen (vgl. Abbildung 3).

## Software für die Infrastruktur und die Roboter

Um die Geräte und Accounts zu verwalten und IT-Support aus der Ferne anzubieten, aber auch um Absprachen zwischen den Mitarbeiter\*innen zu verbessern, wird unterschiedliche Software eingesetzt. Im folgenden Abschnitt werden Kriterien zur Auswahl der Software sowie Installations- und Konfigurationsschritte näher betrachtet. Da Software oft betriebssystemabhängige Merkmale oder Funktionen aufweist, wird in den Abschnitten auf die drei unterschiedlichen verwendeten Systeme der Roboter und diesbezüglich spezifische Lösungseinsätze eingegangen.

### Mobile Device Management

Mit insgesamt 30 Robotern, zu denen jeweils ein Tablet gehört, gibt es insgesamt 60 zu verwaltende Geräte und damit eine große Anzahl an sich wiederholenden, administrativen Aufgaben. Ein Mobile Device Management (MDM) ist eine Software zur Absicherung, Überwachung, Verwaltung und für den Support von mobilen Geräten innerhalb eines Unternehmens (Pierer 2016). Innerhalb des Projekts kommt deshalb solch eine Software zum Einsatz. Auswahlkriterien sind hierbei:

3 [https://mikrotik.com/product/wap\\_ac\\_lte\\_kit](https://mikrotik.com/product/wap_ac_lte_kit), zuletzt abgerufen am 24.01.2022.

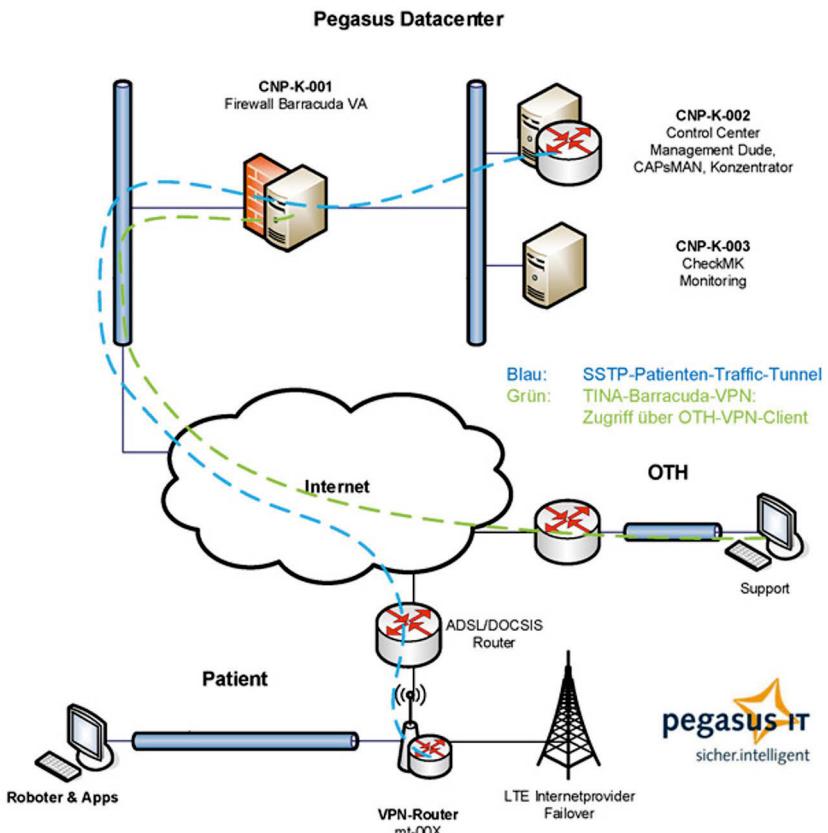
4 <https://mikrotik.com/download>, zuletzt abgerufen am 24.01.2022.

5 <https://mikrotik.com/thedude>, zuletzt abgerufen am 24.01.2022.

6 <https://checkmk.com/de>, zuletzt abgerufen am 24.01.2022.

Abbildung 3: VPN-Konzept im Projekt DeinHaus 4.0 Oberpfalz

## OTH: CNP-Cloud-VPN Konzept



Quelle: Pegasus GmbH

1. Unterstützung der Betriebssysteme der Roboter: DIY (Microsoft Windows), Temi: (Android 6 + temiOS), Tablets (iPadOS)
2. Remote-Installation von Anwendungen
3. (Fern-)Löschen von Inhalten (z.B. bei Verlust/Diebstahl eines Geräts)
4. Bitlocker für Windows zur Verschlüsselung von Daten
5. Intuitive Verwendung, ohne lange Einarbeitungszeit
6. Geringe monatliche Kosten
7. DSGVO-Konformität

Viele MDM-Anbieter haben sich auf ein Betriebssystem spezialisiert. Insbesondere die geforderte Kompatibilität mit dem temiOS, welches in Kombination mit Android 6 läuft, schließt viele Anbieter aus der Auswahl aus. Nach Abschluss der Testphase fiel die Entscheidung auf den Anbieter Miradore,<sup>7</sup> da hier die meisten fachlichen und nicht-funktionalen Kriterien abdeckt werden.

Während der Konfiguration der Geräte werden diese mit dem MDM-Projektaccount verknüpft. Der Prozess dafür ist abhängig vom Gerätetyp und wird anhand der Anleitung des Anbieters durchgeführt. Nach der Verknüpfung werden die Geräte auf der Administrationsoberfläche sichtbar. Mittels »Tags« können gerätespezifische Identifikationen vergeben werden. Eine Benutzerzuordnung erlaubt eine Zuweisung zu den jeweiligen Pseudonymen der Proband\*innen. Weitere gerätespezifische Informationen, die zur Inventarisierung notwendig sind, werden angezeigt und verwaltet. Dazu gehören unter anderem die Gerätenamen, Gerätetyp, Seriennummer, Betriebssystem und UDID (Unique Device Identifier, eindeutige Identifikationsnummer des Geräts). Außerdem werden die installierten Anwendungen aufgelistet und der belegte Speicherplatz sowie der letzte Verbindungszeitpunkt angezeigt.

Ausgewählte Apps aus dem App Store können direkt auf den Geräten installiert oder gelöscht werden. Hierzu ist keine Bestätigung durch die Benutzer\*innen notwendig (iPadOS). Für die Geräte unter Microsoft Windows können Anwendungen, die mittels des Microsoft Installer (MSI) installiert werden und für die der Hersteller Parameter für eine stille Installation bereitstellt, automatisch installiert werden.

Weiterhin werden Konfigurationsprofile auf den Geräten installiert, wodurch das Hintergrundbild festgelegt wird (iPadOS), das Wi-Fi-Passwort bereitgestellt und Bitlocker aktiviert wird (Windows).

Die wichtigste Funktion, die mittels MDM umgesetzt wird, ist eine Sicherheitsfunktion: Tritt der Fall ein, dass eines der Geräte verloren oder gestohlen wird, sind die Daten der Proband\*innen dadurch geschützt, dass der Geräteadministrator eine Fernlöschung aller Daten veranlassen kann. Dies gilt für alle Betriebssysteme.

Eine wichtige Einschränkung des MDM betrifft die Funktionalität mit Temi. So ist bspw. das Installieren von Android-Apps nur durch das Bestätigen einer Push-Benachrichtigung möglich, die jedoch durch das temiOS blockiert wird. Dieser Prozess muss daher weiter manuell durchgeführt werden.

Zusammenfassend kann man urteilen, dass besonders in Bezug auf Sicherheit die Umsetzung eines MDM essenziell ist. Es hat sich herausgestellt, dass sich vor allem die iPadOS-Geräte über das MDM sehr gut verwalten lassen.

---

<sup>7</sup> <https://www.miradore.com/>, zuletzt abgerufen am 24.01.2022.

## Remote Access/Remote Viewing

Treten bei den Proband\*innen Schwierigkeiten auf, ist der erste Schritt, das Problem zu identifizieren. Kann das Problem identifiziert werden und es ist ein Lösungsweg vorhanden, können die Proband\*innen je nach Fähigkeit Schritt für Schritt durch die Problembehebung begleitet werden.

Ist es nicht möglich, das Problem zu identifizieren (entweder aufgrund von mangelndem Technikverständnis oder Kommunikationsschwierigkeiten) ist es hilfreich, die Fehlermeldungen auf den Robotern einsehen zu können. Hierzu wird die Fernzugriffssoftware TeamViewer<sup>8</sup> mit einer »Corporate«-Lizenz der Hochschule verwendet.

Abhängig von der Geräteplattform hat TeamViewer unterschiedliche Funktionen. Bei den DIY-Robotern mit Windows kann der TeamViewer-Account direkt mit dem Roboter verknüpft werden. Nach Einverständnis der Proband\*innen kann so über die Verwaltungsoberfläche ein Fernzugriff gestartet werden, ohne dass dabei etwas auf Seiten der Proband\*innen getan werden muss. Anschließend wird der Bildschirm übertragen und kann ferngesteuert werden.

Bei iPadOS-Geräten ist der Fernzugriff nicht möglich, da dies durch das Betriebssystem verhindert wird. Trotzdem ist eine Bildschirmübertragung durch die App TeamViewer QuickSupport<sup>9</sup> möglich. Dabei müssen die Proband\*innen die App selbstständig öffnen und ihre TeamViewer-ID weitergeben, z.B. per Telefon. Damit kann über die Administrationsoberfläche die Bildschirmübertragung initiiert werden. Gestartet wird sie erst nach Bestätigung durch die Proband\*innen.

Für die Android-Plattform bietet TeamViewer sowohl Bildschirmübertragung als auch Fernsteuerung an. Allerdings wird es nicht für Temi verwendet, da sich der Roboter aufgrund des temiOS nicht wie ein klassisches Android-Gerät verhält und der Bildschirm immer um 90 Grad rotiert angezeigt wird und somit nicht zielführend genutzt werden kann.

Alle aufgetretenen Fehler und diesbezügliche Unterstützung inkl. Lösungsansätze werden dokumentiert.

## Benutzeroberfläche

Die wichtigste Anforderung an die Benutzeroberfläche ist es, eine intuitive Bedienung zu ermöglichen, besonders für Menschen, die noch keine oder nicht besonders viel Technikerfahrung haben. Das Vorgehen hierbei unterscheidet sich jeweils wieder für die unterschiedlichen Plattformen.

---

<sup>8</sup> <https://www.teamviewer.com/de/>, zuletzt abgerufen am 24.01.2022.

<sup>9</sup> <https://www.teamviewer.com/de/info/quicksupport/>, zuletzt abgerufen am 24.01.2022.

Für den DIY-Roboter mit Windows war geplant, den Multi-App-Kioskmodus von Windows zu nutzen, den es für die Versionen Pro, Enterprise und Education gibt. Dadurch soll eine leicht zu verstehende Benutzeroberfläche entstehen, worin nur die Anwendungen angezeigt bzw. verwendet werden können, die genutzt werden sollen (Lindsay 2021). Zum Zeitpunkt des Testens (Juli 2020) hat sich allerdings herausgestellt, dass noch nicht alle Anwendungen einwandfrei im Kioskmodus funktionieren. Daher wurde folgende alternative Lösung gewählt: Die Proband\*innen bekommen auf Windows einen eigenen Account, der keine Administratorrechte besitzt. Gestartet wird der Rechner immer im Tablet-Modus, so werden Anwendungen, die ans Startmenü geheftet sind, in Form von Kacheln angezeigt. Um möglichst einfach Zugang zu den Videosprechstunden via Zoom zu ermöglichen, wird eine Verknüpfung zur Zoom-Anwendung erstellt, die jeweils zu dem privaten Zoom-Raum der Proband\*innen führt. Die Anwendungen auf dem Startmenü werden für alle Proband\*innen individuell angelegt.

Zusätzlich wird über die Windows-Einstellungen die Schriftgröße verändert, so dass die Beschriftungen der Anwendungen besser zu erkennen sind. Diese Methode zur Anpassung der Benutzeroberfläche lässt den Proband\*innen zusätzlich die Freiheit, diese bei Bedarf selbstständig anzupassen.

Beim Temi-Roboter ist der Standard-Startbildschirm ein Hintergrundbild mit Verknüpfungen zu den Kontakten in der temi App.<sup>10</sup> Playstore-Apps können zwar auf dem Roboter installiert werden, erscheinen aber dann weder im Temi-Menü noch auf dem Startbildschirm und können nur über den Entwicklerzugang geöffnet werden. Bei dem Temi-Menü handelt es sich um eine Auflistung von Anwendungen im Kachelmodus. Dabei sind jeweils drei Kacheln gleichzeitig zu sehen und es kann von links und rechts gewischt werden, um weitere Anwendungen zu sehen. Um die Anwendungen im Menü zu verknüpfen, wird für jede App eine eigene Android-App programmiert, die als Verknüpfung fungiert. So ruft die App lediglich die bereits auf dem Gerät installierte App auf. Die Einbindung des Temi-SDK<sup>11</sup> erlaubt das Setzen von Metadaten, wodurch die »Verknüpfungsapp« im Temi-Menü erscheint. Ein Nachteil des Temi-Menüs ist, dass jeweils nur drei App-Kacheln gleichzeitig zu sehen sind. Um zu weiteren Anwendungen zu kommen, muss nach rechts oder links gewischt werden, was sich vor allem bei der Verwendung von mehreren Apps als aufwändig erweist. Deshalb wurde zusätzlich eine Kiosk-App entwickelt, die den Standardbildschirm ersetzt. Diese App zeigt ähnlich wie auf einem Tablet-Startmenü alle Apps mit ihren jeweiligen Icons an. Hierbei wird die App für jeden bzw. jede Proband\*in spezifisch installiert, da nur die jeweils fachlich benötigten Apps installiert werden und so auch direkte Verknüpfungen zu den privaten Zoom-Räumen für die Videosprechstunde erstellt werden können.

10 <https://www.robotemi.com/apps/>, zuletzt abgerufen am 24.01.2022.

11 <https://github.com/robotemi/sdk>, zuletzt abgerufen am 24.01.2022.

## Grundlegende Anwendungen

Unabhängig von den fachlichen Anwendungen, die innerhalb des Projekts verwendet werden, gibt es eine Reihe an Anwendungen, die für alle Proband\*innen zur Verfügung stehen sollen. Hierbei handelt es sich um einen Messenger-Dienst, eine Videokonferenzsoftware, einen Kalender und eine Dokumentenablage.

Der Messenger-Dienst soll dazu verwendet werden, dass die Proband\*innen zu den Therapeut\*innen, aber auch zu Bekannten oder zur Familie Kontakt aufnehmen können. Textnachrichten, Sprachnachrichten sowie Telefon- und Videoanrufe sollen möglich sein. Außerdem soll die Kommunikation sicher sein und eine Verknüpfung an bestimmte Identifikatoren, wie z.B. Telefonnummern, aus Datenschutz- und organisatorischen Gründen vermieden werden. Getestet wurden die Apps *Telegram*,<sup>12</sup> *Threema*,<sup>13</sup> *Signal*,<sup>14</sup> *Wire*<sup>15</sup> und *Element*<sup>16</sup> (ursprünglich *Rot*). *Element* wurde als Messenger-Client ausgewählt, da es auf dem Open-Source-Kommunikationsprotokoll *Matrix*<sup>17</sup> basiert, welches bereits in großen Einrichtungen, wie bspw. vielen französischen Behörden (Hodgson 2018) und der Bundeswehr (BWI GmbH 2020) verwendet wird und ein Hosting eines eigenen, isolierten *Matrix*-Homeservers erlaubt. Außerdem soll es in dem zukünftigen Messenger der Telematik-Infrastruktur genutzt werden (gematik GmbH 2021). Mit *Matrix* in Kombination mit dem Client *Element* werden die Anforderungskriterien erfüllt. Um Sicherheitsstandards und einen resilienten, unterbrechungsfreien Betrieb zu gewährleisten, wurde entschieden, einen Drittanbieter für das Hosten eines eigenen *Matrix*-Servers mit Managed Security Services auszuwählen. Die Sicherheit des Servers inkl. Software und Betriebssystem wird über einen nach ISO/IEC 27001 zertifizierten Anbieter sichergestellt. Es ist nur für ausgewählte Benutzer\*innen (Projektmitarbeiter\*innen) mit Administratorrechten möglich, neue Accounts für Benutzer\*innen anzulegen. Außenstehende haben keinen Zugang und die Kommunikation findet nur innerhalb des geschlossenen Systems statt.

Eine Software für Videokonferenzen soll verwendet werden, um Videosprechstunden und Therapieangebote online anzubieten. Dabei sollen Anforderungen aus mehreren Szenarien berücksichtigt werden. Es sollen mehrere Personen an der Videokonferenz teilnehmen und Bilder geteilt werden können, z.B. mittels Bildschirmübertragung. Außerdem sollen die Sitzungen zu Therapie- und Forschungszwecken – nach Einwilligung der Teilnehmenden – aufgezeichnet werden können. Letztendlich ist eine hohe Performance bei geringen Anforderungen

12 <https://telegram.org/>, zuletzt abgerufen am 24.01.2022.

13 <https://threema.ch/de>, zuletzt abgerufen am 24.01.2022.

14 <https://signal.org/de/>, zuletzt abgerufen am 24.01.2022.

15 <https://wire.com/en/>, zuletzt abgerufen am 24.01.2022.

16 <https://element.io/>, zuletzt abgerufen am 24.01.2022.

17 <https://matrix.org/>, zuletzt abgerufen am 24.01.2022.

an Bandbreite aufgrund der Anbindung der Proband\*innen über Mobilfunk sehr wichtig. Obwohl viele Messenger-Dienste mittlerweile auch Videoanrufe ermöglichen, bieten sie bisher nicht die Möglichkeit, den Bildschirm zu teilen oder Anrufe direkt aufzuzeichnen. Deshalb wurde entschieden, zusätzlich eine Videokonferenzsoftware zu verwenden. Hierbei wurden mehrere Anwendungen evaluiert, sowohl quelloffene (*Jitsi*,<sup>18</sup> *BigBlueButton*<sup>19</sup>) als auch kostenpflichtige Software (*Zoom*,<sup>20</sup> *Microsoft Teams*<sup>21</sup>). Es wurde die Software *Zoom* ausgewählt, da Campuslizenzen der OTH Regensburg bereits verfügbar sind und damit die Benutzerverwaltung durch die Hochschule sowie Verfügbarkeit und aktuelle Sicherheitsstandards und Sicherheitsupdates durch den Drittanbieter gewährleistet werden. Außerdem werden alle Anwendungsszenarios unterstützt und der Anbieter bietet einen DSGVO-konformen Auftragsverarbeitungsvertrag. Die Sicherheit der ausgetauschten Videokonferenzdaten wird durch die Ende-zu-Ende-Verschlüsselung als anderen Lösungen gleichwertig und insgesamt als dem Schutzbedarf entsprechend beurteilt. Die Konfiguration wurde gemäß den Empfehlungen der Hochschule bzgl. des Datenschutzes vorgenommen. Die Proband\*innen selbst benötigen hierbei keinen eigenen Account, da der Zoom-Raum von den Mitarbeiter\*innen erstellt und geöffnet wird und die Proband\*innen in der »Teilnehmenden«-Rolle eintreten.

Für die Umsetzung des Dokumentenmanagers besteht die Anforderung, Dokumente mit unterschiedlichen Dateiformaten (.JPG, .MP4, .PDF etc.) bereitzustellen. In dem Kalender sollen Termine erstellt werden, die den Proband\*innen zugewiesen werden. Außerdem sollen Push-Benachrichtigungen an bevorstehende Termine erinnern.

Diese Anforderungen erfüllt die quelloffene Cloud-Computing- und Kommunikationsplattform *Nextcloud*.<sup>22</sup> *Nextcloud* wird innerhalb des Projekt-VPNs (vgl. Kap. »Netzwerkarchitektur der Infrastruktur«) von einem Drittanbieter mit Zertifizierung nach ISO/IEC 27001 und ISO/IEC 27018 gehostet. Die Daten und der Serverdienst sind zusätzlich durch das VPN abgesichert und der Drittanbieter sorgt für Sicherheitsupdates und einen konstanten, zuverlässigen Betrieb (Managed Security Service). Über den Administratoraccount werden Accounts für die Proband\*innen und Therapeut\*innen erstellt. Für den Zugang zur Datenablage wird auf den Robotern und Tablets die *Nextcloud*-App installiert. Die Therapeut\*innen können

---

<sup>18</sup> <https://meet.jit.si/>, zuletzt abgerufen am 24.01.2022.

<sup>19</sup> <https://docs.bigbluebutton.org/>, zuletzt abgerufen am 24.01.2022.

<sup>20</sup> <https://zoom.us/>, zuletzt abgerufen am 24.01.2022.

<sup>21</sup> <https://www.microsoft.com/de-de/microsoft-teams/group-chat-software>, zuletzt abgerufen am 24.01.2022.

<sup>22</sup> <https://nextcloud.com/>, zuletzt abgerufen am 24.01.2022.

mit ihren eigenen Accounts die gewünschten Dateien hochladen und mit den Proband\*innen teilen.

Termine im *Nextcloud*-Kalender werden von den Therapeut\*innen angelegt und mit den Proband\*innen geteilt. Bei Bedarf kann eine Erinnerungsfunktion an einem beliebigen Zeitpunkt vor dem Termin eingeschaltet werden. Auf den Robotern kommen unterschiedliche Anwendungen zur Anzeige des Kalenders zum Einsatz. Auf Windows und iPadOS werden jeweils die nativen Kalender-Apps verwendet und die Termine im *Nextcloud*-Kalender mittels CalDAV abonniert. Für Android (bzw. Temi) wurden mehrere Android Kalender-Apps getestet. Ausgewählt wurde die App *aCalendar+ Kalender & Tasks*,<sup>23</sup> da diese eine benutzerfreundliche Darstellung auf Temi aufweist, Push-Benachrichtigungen umsetzt und die Verknüpfung zur *ICSx<sup>5</sup>*-App<sup>24</sup> einwandfrei funktioniert. *ICSx<sup>5</sup>* wird auf Android benötigt, um den *Nextcloud*-Kalender zu abonnieren und mit der Kalenderanzeige zu synchronisieren.

## Interne Organisation und Kommunikation

Innerhalb des Projekts, aber auch der Teilprojekte, gibt es viele, oft voneinander abhängige Prozesse. Um diese Prozesse zu dokumentieren, werden Microsoft-Word- oder PDF-Dokumente erstellt. Um zusätzlich eine vollständige und übersichtliche Sammlung an Anleitungen zu haben, die durch Suchanfragen gefiltert werden kann, wird für das Technik-Teilprojekt ein Wiki (*MediaWiki*<sup>25</sup>) verwendet, welches auf einem eigenen Server innerhalb des Hochschulnetzes gehostet wird. Darin befinden sich bspw. Anleitungen für die Installation und Einrichtung der Roboter und sonstiger verwendeter Software.

Projektübergreifend verwenden die Mitarbeiter\*innen das Collaboration Tool *Stackfield*,<sup>26</sup> um neben der Nutzung von E-Mails eine praktikable Lösung für eine gezielte und effektive Kommunikation zu haben. So gibt es darin die Möglichkeit, Nachrichten untereinander oder in zweckgebundenen Räumen (Gruppen) auszutauschen. Auch Videoanrufe zwischen den einzelnen Benutzer\*innen sind möglich. So können Fragen oder Probleme möglichst schnell gelöst und Informationen effektiv verteilt werden.

Außerdem können in den jeweiligen Räumen Aufgaben in Form von Kanban-Boards dargestellt werden. So werden die Proband\*innen bspw. als einzelne »Aufgaben«, die eine Checkliste mit verschiedenen Aktionen enthalten, angelegt. Ist eine Aktion erledigt, wird diese abgehakt. Es handelt sich dabei um eine Qualitätsmanagementmaßnahme, die sicherstellt, dass alle notwendigen Prozesse bei al-

---

<sup>23</sup> <https://www.tapirapps.de/de/>, zuletzt abgerufen am 24.01.2022.

<sup>24</sup> <https://icsx5.bitfire.at/>, zuletzt abgerufen am 24.01.2022.

<sup>25</sup> <https://www.mediawiki.org/wiki/MediaWiki>, zuletzt abgerufen am 24.01.2022.

<sup>26</sup> <https://www.stackfield.com/de/>, zuletzt abgerufen am 24.01.2022.

len Proband\*innen gleichermaßen ausgeführt werden und nichts vergessen wird. Sollte das Abhaken einer Aktion die Bearbeitung einer anderen Aktion erfordern, kann diese z.B. einem bzw. einer der zuständigen Mitarbeiter\*innen zugewiesen werden. Es können auch zeitliche Auslöser definiert werden, die dann als Erinnerungsfunktion fungieren. Bspw. kann der Erhalt der benötigten Einwilligungserklärungen dazu führen, dass der bzw. die Proband\*in angerufen wird, um einen Termin zur Auslieferung zu besprechen.

Wöchentliche Videokonferenz-Meetings dienen zum Austausch der wissenschaftlichen Mitarbeiter\*innen, um sich über aktuelle Entwicklungen zu informieren und offene Fragen zu diskutieren.

## Benutzeraccounts

Die meisten Anwendungen erfordern im Rahmen ihres Identity- und Rechte-Managements eine Registrierung mit Benutzername und Passwort sowie eine E-Mail-Adresse als eindeutige technische Identifikation (Primary Key). Auf das Einrichten eines E-Mail-Accounts für alle Proband\*innen wird aufgrund von Sicherheitsaspekten verzichtet. Um dennoch E-Mail-Adressen für Anwendungen (nicht für die persönliche Kommunikation) bereitzustellen, wurde unter einer eigenen Domain ein E-Mail-Postfach eingerichtet, welches als Sammeladresse fungiert. Für die Proband\*innen können dann Pseudonym-E-Mail-Adressen verwendet werden, deren eingehende Post automatisch an die Sammeladresse geschickt wird. Diese E-Mail-Adressen werden auch dazu verwendet die iPadOS und Android Geräte anzumelden, für die eine Apple-ID bzw. ein Google-Account zwingend notwendig ist.

## Auslieferungsprozesse und Hinweise für die Praxis

Um die Technik bei den Proband\*innen vor Ort zu installieren, wird über eine Autovermietung ein Auto gebucht. Für den Transport des Temi-Roboters reicht ein gewöhnlicher PKW, zum Transport des DIY-Roboters wird jedoch ein Kleintransporter benötigt. Ein Modell wie z.B. ein VW Caddy ist ausreichend, allerdings sind solche Modelle bei der Autovermietung selten zu bekommen und es werden stattdessen oft große Sprintermodelle vergeben. Die Handhabung eines solchen Fahrzeugs, besonders bei Wohnungen oder Häusern mit schmalen Straßen oder Einfahrten, ist eine Herausforderung. Hier wäre ein Auto, welches permanent zur Auslieferung von Robotern vor Ort bereitsteht, hilfreicher.

Die Proband\*innen werden vor der Auslieferung gebeten, sich einen Platz auszusuchen, wo der Roboter stehen kann. Zwar fungiert die verwendete Steckdosenleiste auch als Verlängerungskabel, aber es ist trotzdem sinnvoll, einen Platz zu wählen, der eine Steckdose in der Nähe hat. Vor Ort wird die Technik zuerst aufgebaut und hinterher findet die Technikeinweisung statt. Die Technikeinweisung

beinhaltet die grundlegenden Funktionen wie das An- und Ausschalten bis hin zu einer kurzen Erklärung zu den Anwendungen. Das Erklären der Anwendungen soll jedoch nur als Überblick dienen, da eine genaue App-Einführung von den Projektmitarbeitenden der fachlich-therapeutischen Teilprojekte zu einem anderen Zeitpunkt gegeben wird, um die Proband\*innen nicht mit zu vielen Informationen auf einmal zu überfordern. Um die Proband\*innen auf die Videosprechstunde vorzubereiten, wird diese Funktionalität gründlich getestet, indem sich ein bzw. eine Projektmitarbeiter\*in bereithält und den Zoom-Raum öffnet. Die Proband\*innen lernen so, wie alle weiteren Sprech- oder Therapiestunden ablaufen, und zusätzlich wird getestet, ob die Internetverbindung gut genug ist. Bei Bedarf muss ein neuer Platz für den Mobilfunk-Router gefunden werden.

Alle Funktionen und Anwendungen der Roboter werden als ausgedruckte Anleitungen den Proband\*innen in einem individuell zusammengestellten Ordner übergeben, so dass dort bei Bedarf nachgeschlagen werden kann. Der Ordner enthält weiterhin alle Kontaktdaten zum Projekt sowie eine Übersicht zu den Projektmitarbeiter\*innen und eine Passwortliste, welche sicher aufbewahrt werden soll. Die Passwortliste ist notwendig, falls Apps eine Neuanmeldung anfordern oder sich die Nutzer\*innen aus Versehen ausloggen.

Im Anschluss an die Auslieferung wird eine kurze Sicherheitsunterweisung gegeben, wobei auf gefährliche Situationen oder Handlungen hingewiesen wird. Außerdem unterschreiben die Proband\*innen eine Erhaltsbestätigung, so dass es einen Nachweis gibt, welche Komponenten ausgeliefert wurden und hinterher auch wieder abgeholt werden.

## Demonstration und Evaluation

Nach Abschluss der Entwicklungsphase stand von jedem Robotertyp ein Prototyp zur Verfügung. Auch die Betriebsumgebung mit allen zentralen Infrastrukturdiensten und Anwendungen wurde bereitgestellt. Nach der DSR-Methode folgte nun die Phase der Demonstration und Evaluation, die in drei Testphasen durchgeführt wurde. Die Prototypen wurden anhand der Anwendungsfälle zu einem Testaufbau eingerichtet und anschließend von den Mitarbeiter\*innen und Teilprojektleiter\*innen des Projekts getestet. Hierbei sollten die Umsetzung der Use Cases sowie mögliche Probleme und Unzulänglichkeiten ermittelt werden. Insgesamt gab es hierbei drei große Testphasen. Neben den drei großen Testrunden wurden nach der Umsetzung und Anpassung von spezifischen, fachgebietbezogenen Anwendungsfällen weitere Tests mit den Robotern durchgeführt. Hierfür wurden die Mitarbeiter\*innen der betroffenen Fachgebiete eingeladen, um die neuen oder angepassten Systemteile zu testen. Diese Tests liefen unter Betreuung und Beobachtung der Mitarbeiter\*innen des E-Health-Labors. Nach Ende der Tests wurden

die getesteten oder geänderten Komponenten diskutiert und es konnte Feedback gegeben werden. Hierfür wurde eine Mitschrift aus den Gesprächen mit den Tester\*innen angefertigt.

In **Testphase eins** wurden die Roboter auf Usability und Kompatibilität mit den Anwendungen geprüft. Hierbei wurden Mitarbeiter\*innen der unterschiedlichen Fachgebiete nach einer kurzen Anleitung zu den Grundfunktionen bei der selbstständigen Verwendung der Roboter beobachtet. Im Anschluss an den Test wurde von den Tester\*innen Feedback gegeben. Das Feedback bestand hierbei aus einem abschließenden Gespräch, welches mit Hilfe eines Fragebogens geleitet wurde. Anmerkungen und Meinungen zum System, welche nicht durch diesen Fragebogen abgedeckt waren, wurden in den Notizen der Beobachtung dokumentiert.

Ergebnisse dieser Testphase sind vor allem Ausbesserungen oder alternative Komponenten für den DIY-Roboter. Der Monitorständer aus dieser Testphase ist nur dann höhenverstellbar, wenn man die Halterungsschrauben löst. Aus Sicherheitsgründen sollten die Proband\*innen dies nicht tun. Es sollte daher ein Monitorständer, der elektrisch höhenverstellbar ist, getestet werden. Ein weiteres Problem hat sich darin abgebildet, dass das Fußteil des Monitorständers eine Stolpergefahr für die Proband\*innen darstellt. Da eine Eigenanfertigung einer Schutzbürste aus Metall sehr kostspielig und schwer ist, wurden Kunststoffwinkel zugeschnitten und mit Montagekleber an der Fußplatte befestigt. Zusätzlich dient ein gelb-schwarzes Warnklebeband dazu, die Kanten besser wahrzunehmen.

Der Ein- und Ausschaltknopf des NUC-Computers war nur schwer zu erkennen und wurde daher mit Hilfe von rotem Klebeband markiert.

Die Kamera, die in dieser Testphase verwendet wurde, hatte zwar eine gute Bild- und Tonqualität, war aber für die Bedienung umständlich, da das Kameramodul auf der Ablagefläche stehen muss und die Tasten, die eigentlich dazu dienen, einen Anruf anzunehmen (grüner Hörer) oder abzulehnen (roter Hörer), nur mit bestimmter Software funktionieren, allerdings nicht mit der Software, die im Projekt verwendet wird. Daher wurde auf eine weniger komplexe Webcam umgestiegen, die auf dem Monitor selbst befestigt werden kann.

Bei Temi gab es folgende Kritikpunkte: Zum einen ist das Menü, in dem die Anwendungen aufgeführt sind, nicht intuitiv nutzbar, da jeweils nur drei Anwendungen auf den Kacheln angezeigt werden und man oft wischen muss, bis man die gewünschte Anwendung findet. Es wurde daher eine Anwendung programmiert, die alle Anwendungen auf einen Blick zeigt und starten kann. Die Umsetzung hierfür wird im Kapitel »Benutzeroberfläche« genauer beschrieben. Außerdem funktioniert die Sprachsteuerung von Temi nur begrenzt. Es muss frei von Dialekt und sehr deutlich gesprochen werden, was gerade für die Betreuung von Patient\*innen nach Schlaganfall nicht praktikabel ist. Es gibt zudem bestimmte Befehle, von denen nicht abgewichen werden darf. Viele Anzeigen, z.B. Warnhinweise vor dem Ausschalten oder Hinweise bezüglich der Robotereinstellungen, sind nur auf Eng-

lisch. Beide Kritikpunkte konnten innerhalb des Projekts nicht direkt umgesetzt werden, da sie Funktionen des Roboters darstellen, auf die nur Entwickler\*innen des Herstellers Zugriff haben. Der Hersteller wurde um Übersetzung solcher Mitteilungen in einem zukünftigem Softwareupdate angefragt. Auch die Sprachsteuerung selbst kann nicht direkt verbessert werden, allerdings können zusätzliche Befehle über die lokale Spracherkennungsfunktion am Gerät (Natural Language Processing) trainiert werden. So können dann bestimmte Apps per Sprachbefehl geöffnet werden. Z.B. der Messaging-Client *Element* öffnet sich mit dem Befehl »Hey Temi, öffne meine Nachrichten!«.

Zusätzlich hat sich herausgestellt, dass manche Apps nicht auf den Robotern funktionsfähig sind, unter anderem, weil sie am Bildschirm am Kopf des Roboters falsch dargestellt werden. Daher wurde jeder Roboter mit einem Tablet ausgestattet, so dass Proband\*innen die notwendigen Therapie-Apps unabhängig vom Typ des Roboters nutzen können. Hier wurden das iPad Air mit 10,9 Zoll und das iPad Pro mit 12,9 Zoll Bildschirmdiagonale getestet. Auch wenn die größere iPad-Variante den Nachteil hat, dass sie schwerer ist, wurde die Größe als überwiegender Vorteil gesehen und daher ausgewählt.

In **Testphase zwei** wurden die angepassten Geräte von den Mitarbeiter\*innen und den Teilprojektleitungen getestet. Hierbei lag der Fokus auf der Usability, Interoperabilität der Geräte sowie der Verlässlichkeit der Nutzung. Es wurden Änderungen an der Bildschirmaufhängung (elektrisch verstellbar), der Größe des Monitorständers, dem Stolperschutz und der Webcam beschlossen und umgesetzt.

In **Testphase drei** wurden die angepassten DIY-Geräte und die Temi-Roboter ins häusliche Umfeld der Mitarbeiter\*innen des Projekts für eine Testung unter Realbedingungen geliefert und aufgebaut. In dieser Testphase sollten Abläufe bei der Auslieferung und dem Aufbau, der Instandsetzung, dem Betrieb und der Verlässlichkeit und (Fern-)Wartung der Geräte geprüft werden.

Einzelne Komponenten mussten in dieser Testphase nicht mehr ausgetauscht werden, jedoch wurden die Anwendungen und die Robotereinstellungen genauer getestet. So sollte zum einen die Beschriftung der einzelnen Kacheln auf dem DIY-Roboter größer sein, so dass sie auch von Personen mit Sehschwäche besser erkennbar sind. Außerdem wurden die Standardeinstellungen in Zoom angepasst, so dass im Galleriemodus alle Teilnehmer\*innen ausreichend groß dargestellt wurden. Die Anwendung wurde im Vordergrund angeheftet, damit das Videokonferenzfenster nicht in den Hintergrund verschoben wird, wenn z.B. die Bildschirmübertragung gestartet wird.

Beim Temi wurden außerhalb der Laborumgebung in den verschiedenen Wohnungen einige Probleme festgestellt, die nicht direkt gelöst werden können. So weist eine häusliche Umgebung mehr Hindernisse auf als unter Laborbedingungen. Türschwellen, die eine hohe Kante haben, sowie Teppiche, die leicht rutschen, sind nicht überwindbar. Das liegt jedoch an der technischen Ausstattung Temis

und kann daher nicht gelöst werden. Im Ergebnis wird Temi nur in Wohnungen eingesetzt, die für ihn geeignet sind.

Bei allen drei Gerätarten (gemeint sind der Temi, das DIY-Gerät und das iPad) wurden außerdem alle Apps deinstalliert, die im Projekt nicht verwendet werden. Die bestehenden Apps wurden thematisch gruppiert, um eine bessere Übersicht zu schaffen.

## Diskussion und Ausblick

Während der ersten Monate, in denen die Robotik-Plattform definiert, konzipiert, in mehreren Iterationen entwickelt, getestet, weiterentwickelt wurde und letztendlich nun betrieben wird, zeigte sich, dass ein »funktionelles Artefakt« nach der DSR-Methode entstanden ist, welches im Projekt tatsächlich zum Einsatz kommen konnte. Die Theorie wurde somit erfolgreich in die Praxis umgesetzt. Die Plattform wurde sowohl von den Projektmitarbeiter\*innen wie auch von den Proband\*innen akzeptiert. Bisher läuft sie weitgehend störungsfrei. Einige typische Fehler treten jedoch im laufenden Betrieb auf. An einem Tag wurden unvermittelt alle Netzwerkverbindungen zum VPN-Konzentrator gekappt, was klassischerweise auf ein abgelaufenes Zertifikat zurückzuführen war, welches schnell ausgetauscht wurde. Kleinere Probleme, wie bspw. nicht richtig eingesteckte Stecker oder ein leerer Akku, konnten telefonisch behoben werden. Gelegentlich gibt es Verbindungsabbrüche aufgrund schlechten Mobilfunkempfangs, die meistens mit einer Positionsänderung des Routers behoben werden können. Außerdem gab es eine Anwendung, die automatische Updates macht, dafür aber das Administratorpasswort braucht. Das Update wurde – nach Einwilligung des Probanden – über Fernzugriff mit Hilfe von TeamViewer durchgeführt. Vor jeder Auslieferung wird seitdem per Checkliste darauf geachtet, dass eine stabile, aktuelle Version installiert ist.

Zukünftig ist es denkbar, dass die Roboter um neue Funktionen erweitert werden, um zusätzlichen Nutzen zu erzielen. So könnte nicht nur bei Temi eine bessere Sprachsteuerung genutzt werden, sondern auch die Sprachsteuerung von Windows oder iPadOS so genutzt werden, dass sie Personen mit Einschränkungen unterstützt. Dieser Punkt wurde bisher noch nicht ausreichend betrachtet, da viele der Proband\*innen aufgrund von Sprachstörungen nicht von einer Sprachsteuerung profitieren.

Für Temi wäre es sinnvoll, von zusätzlichen Funktionen der autonomen Navigation zu profitieren. Bspw. könnte der Roboter zu den Zeitpunkten der Termine im Terminkalender aktiv den bzw. die Proband\*in aufsuchen und fragen, ob der Videoanruf gestartet werden soll oder ob Medikamente bereits eingenommen wurden. Zusätzlich könnten weitere Sensoren integriert werden, die es z.B. ermöglichen, Türen (elektrisch) zu öffnen. Hierbei wäre es auch sinnvoll über technische

Veränderungen nachzudenken, so dass Hindernisse wie z.B. Türschwellen besser überwunden werden können.

Letztendlich ist zu bedenken, dass die Roboter nur mit einer guten Internetverbindung funktionieren. Das bedeutet, dass auf den Mobilfunkempfang Verlass sein muss. Haben Proband\*innen weder Mobilfunkempfang noch eine bestehende Internetverbindung, ist das ein Ausschlusskriterium aus der Studie. Bisher ist dieser Fall noch nicht aufgetreten, sollte aber weiterhin beobachtet werden, besonders im Hinblick darauf, dass die Telepräsenzroboter vor allem die Versorgung auf dem Land verbessern sollen.

## Literaturverzeichnis

- Angermeyer, Matthias C./Kilian, Reinhold/Matschinger, Herbert (2000): WHOQOL-100 und WHOQOL-BREF. Handbuch für die deutschsprachigen Versionen der WHO Instrumente zur Erfassung von Lebensqualität. Göttingen: Hogrefe-Verlag.
- Becker, Heidrun (2018): »Robotik in der Gesundheitsversorgung: Hoffnungen, Befürchtungen und Akzeptanz aus Sicht der Nutzerinnen und Nutzer«, in: Oliver Bendel (Hg.), Pflegeroboter. Wiesbaden: Springer Fachmedien, S. 229-248.
- Beutner, Anna/Cardenas, Erika/Staufer, Susanne/Popp, Christof/Raptis, Georgios (2021): Security policy, Version 1.0. Regensburg.
- Bhangale, Prasad P./Agrawal, Vishnu P./Saha, Subir K. (2004): »Attribute based specification, comparison and selection of a robot«, in: Mechanism and Machine Theory 39, S. 1345-1366. DOI: 10.1016/j.mechmachtheory.2004.05.020.
- Broy, Manfred/Geisberger, Eva/Kazmeier, Jürgen/Rudorfer, Arnold/Beetz, Klaus (2007): »Ein Requirements-Engineering-Referenzmodell«, in: Informatik Spektrum 30 (3), S. 127-142. DOI: 10.1007/s00287-007-0149-5.
- Budde, Reinhart/Kautz, Karlheinz/Kuhlenkamp, Karin/Züllighoven, Heinz (1990): »What is prototyping?«, in: Info Technology & People 6, S. 89-95. DOI: 10.1108/EUMooooooooo3546.
- Burnette, Margaret/Williams, Sarah/Imker, Heidi (2016): »From plan to action: successful data management plan implementation in a multidisciplinary project«, in: Journal of eScience Librarianship – JeSLIB 5, e1101. DOI: 10.7191/jeslib.2016.1101.
- BWI GmbH (2020): Kommunikation in COVID-19-Zeiten: Bundeswehr setzt Instant Messaging ein, <https://www.bwi.de/news-blog/news/artikel/kommunikation-in-covid-19-zeiten-bundeswehr-setzt-instant-messaging-ein>, zuletzt abgerufen am 13.12.2021.
- Camburn, Bradley/Viswanathan, Vimal/Linsey, Julie/Anderson, David/Jensen, Daniel/Crawford, Richard et al. (2017): »Design prototyping methods: state

- of the art in strategies, techniques, and guidelines«, in: Des. Sci. 3. DOI: 10.1017/dsj.2017.10.
- Europäische Kommission (2021): Template horizon 2020 data management plan (dmp), [https://ec.europa.eu/research/participants/data/ref/h2020/other/gm/reporting/h2020-tpl-oa-data-mgt-plan-annotated\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/research/participants/data/ref/h2020/other/gm/reporting/h2020-tpl-oa-data-mgt-plan-annotated_en.pdf), zuletzt abgerufen am 20.12.2021.
- Geldermann, Jutta/Lerche, Nils (2014): Leitfaden zur Anwendung von Methoden der multikriteriellen Entscheidungsunterstützung – Methode PROMETHEE. Göttingen.
- Gematik GmbH (2021): TI-Messenger – Schnelle Nachrichten in Echtzeit, <https://www.gematik.de/anwendungen/ti-messenger/>, zuletzt abgerufen am 13.12.2021.
- Giullian, Nicole/Ricks, Daniel/Atherton, Alan/Colton, Mark/Goodrich, Michael/Brinton, Bonnie (2010): »Detailed requirements for robots in autism therapy«, in: 2010 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, S. 2595-2602, DOI: 10.1109/ICSMC.2010.5641908.
- Hilari, Katerina/Lamping, Donna L./Smith, Sarah C./Northcott, Sarah/Lamb, Alice/Marshall, Jane (2009): »Psychometric properties of the Stroke and Aphasia Quality of Life Scale (SAQOL-39) in a generic stroke population«, in: Clinical Rehabilitation 23, S. 544-557. DOI: 10.1161/01.STR.0000081987.46660.ED.
- Hodgson, Matthew (2018): Matrix and Riot confirmed as the basis for France's secure instant messenger app, <https://matrix.org/blog/2018/04/26/matrix-and-riot-confirmed-as-the-basis-for-frances-secure-instant-messenger-app>, zuletzt abgerufen am 13.12.2021.
- Lindsay, Greg (2021): Einrichten eines Multi-App-Kiosks auf Windows 10 Geräten, <https://docs.microsoft.com/de-de/windows/configuration/lock-down-windows-10-to-specific-apps>, zuletzt abgerufen am 13.12.2021.
- Mayring, Philipp/Fenzl, Thomas (2014): »Qualitative Inhaltsanalyse«, in: Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung. Wiesbaden: Springer VS.
- Michener, William K. (2015): »Ten simple rules for creating a good data management plan«, in: PLoS computational biology 11, e1004525. DOI: 10.1371/journal.pcbi.1004525.
- Okamura, Allison/Mataric, Maja/Christensen, Henrik (2010): »Medical and health-care robotics«, in: IEEE Robot. Automat. Mag. 17, S. 26-37. DOI: 10.1109/MRA.2010.937861.
- Paetsch, Frauke/Eberlein, Armin/Maurer, Frank (2003): »Requirements engineering and agile software development«, in: WET ICE 2003. Proceedings. Twelfth IEEE International Workshops on Enabling Technologies: Infrastructure for Collaborative Enterprises, S. 308-313, DOI: 10.1109/ENABL.2003.1231428.
- Peffers, Ken/Tuunanen, Tuure/Gengler, Charles E./Rossi, Matti/Hui, Wendy (2006): »The design science research process: A model for producing and presenting

- information systems research«, in: 1<sup>st</sup> International Conference, DESRIST 2006 Proceeding, S. 83-106.
- Pierer, Markus (2016): Mobile device management. Wiesbaden: Springer Fachmedien.
- Popp, Christof/Middel, Luise/Raptis, Georgios (2022): Auswahlverfahren für Telepräsenzroboter für die Unterstützung von Schlaganfallpatient\*innen. Regensburg. DOI: 10.13140/RG.2.2.35546.00968.
- Popp, Christof/Raptis, Georgios (2020): Use Cases für die Roboternutzung. Unveröffentlichtes Manuskript. Regensburg.
- Popp, Christof/Raptis, Georgios (2022): Datenschutzkonzept, Version 1.1. Regensburg. DOI: 10.13140/RG.2.2.10039.24485.
- Rupp, Chris/Simon, Matthias/Hocker, Florian (2009): »Requirements Engineering und Management«, in: HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik 46 (3), S. 94-103. DOI: 10.1007/BF03340367.
- Smale, Nicholas/Unsworth, Kathryn/Denyer, Gareth/Barr, Daniel (2022): »A review of the history, advocacy and efficacy of data management plans«, in: International Journal of Digital Curation (15) 1, DOI: 10.2218/ijdc.v15i1.525.
- Swiss National Science Foundation (2021): Open research data, <https://www.snf.ch/en/dMILj9t4LNk8NwyR/topic/open-research-data>, zuletzt abgerufen am 20.12.2021.
- Thokala, Praveen/Devlin, Nancy/Marsh, Kevin/Baltussen, Rob/Boysen, Meindert/Kalo, Zoltan et al. (2016): »Multiple criteria decision analysis for health care decision making – An introduction: Report 1 of the ISPOR MCDA emerging good practices task force«, in: Value in health: the journal of the International Society for Pharmacoeconomics and Outcomes Research 19 (1), S. 1-13. DOI: 10.1016/j.jval.2015.12.003.
- Valentini, Uwe/Weißbach, Rüdiger/Fahney, Ralf/Gartung, Thomas/Glunde, Jörg/Herrmann, Andrea et al. (2013): Requirements Engineering und Projektmanagement. Heidelberg: Springer.
- Weber, Karsten (2015): »MEESTAR: Ein Modell zur ethischen Evaluierung soziotechnischer Arrangements in der Pflege- und Gesundheitsversorgung«, in: Karsten Weber/Debora Frommelt/Arne Manzeschke et al. (Hg.), Technisierung des Alltags. Beitrag für ein gutes Leben? Stuttgart: Franz Steiner Verlag, S. 247-262.
- Weber, Karsten/Raptis, Georgios/Haug, Sonja/Meussling-Sentpali, Annette/Mohr, Christa/Lauer, Norina/Pfingsten, Andrea (2019): Forschungsvorhaben: Telepräsenzroboter für die Pflege und Unterstützung von Schlaganfallpatientinnen und -patienten (TePUS) im Regierungsbezirk Oberpfalz: DeinHaus 4.0. Unveröffentlichtes Manuskript. Regensburg.
- Wilk, Rachel/Johnson, Michelle J. (2014): »Usability feedback of patients and therapists on a conceptual mobile service robot for inpatient and home-

based stroke rehabilitation», in: 5<sup>th</sup> IEEE RAS/EMBS International Conference on Biomedical Robotics and Biomechatronics, S. 438-443, DOI: 10.1109/BIOROB.2014.6913816.

Yin, Robert K. (2014): Case study research. Design and methods. 5. Auflage. Los Angeles, London, New Delhi, Singapore, Washington, DC: SAGE.

