

Schlussbericht – Kurzfassung (Teil I)

| | |
|---|--------------------|
| ZE: | Förderkennzeichen: |
| ART+COM AG | 03ZZ0670C |
| Vorhabenbezeichnung: | |
| Zwanzig20 - futureTEX - TheraTEX - Technologie-Plattform für sensorische / aktorische Funktionstextilien am Beispiel der Hemiparese | |
| Teilprojekt: | |
| TP3: Sensorikauswertung, User Interfaces, Mixed Reality | |
| Laufzeit des Vorhabens: | |
| 01.06.2019 – 31.12.2022 | |

1. Aufgabenstellung

Der Bedarf in der Pflege nimmt seit den letzten Jahren rasant zu. Setzt man eine konstante Entwicklung der alters- und geschlechtsspezifischen Pflegehäufigkeiten voraus, so wird sich die Anzahl pflegebedürftiger Menschen in Deutschland in den nächsten 20 Jahren angesichts der steigenden Lebenserwartung um etwa die Hälfte erhöhen. Dies erfordert einen zunehmenden Bedarf an Pflegepersonal und Hilfsmitteln und stellt gleichzeitig hohe Herausforderungen an die benötigte Infrastruktur und insbesondere die Versorgung im ruralen Raum, da ein Großteil therapeutischer und rehabilitierender Maßnahmen ausschließlich in Kliniken und speziellen Einrichtungen in Anspruch genommen werden kann.

In diesem Anwendungsbereich eröffnen Smart Textilien und Wearables vollkommen neue, dezentralisierte und patientenspezifische Möglichkeiten. Bis vor wenigen Jahren galt die Annahme, dass Textilien Therapieverfahren unterstützen oder sogar beschleunigen und verbessern können, allenfalls als Theorie. Doch vor allem in der jüngsten Zeit hat sich vieles an Knowhow Bündelung zwischen Therapeuten, Designern, Medizintechnikern, Elektronikentwicklern und Softwarespezialisten getan, was den Anwendungsbereich dieser „Smart Textiles“ immer näher an die Routine mit und am Patienten rückt.

An dieser Stelle setzte das Vorhaben „TheraTex“ an, mit dem Ziel die Patienten mit einem innovativen Ansatz der Therapie, durch Funktionen im Textil, zu unterstützen. Exemplarisch sollte das Potenzial der Smart Textilien an dem Use Case der Hemiparese nachgewiesen und damit ein disruptiver Ansatz für die Therapierung von halbseitig gelähmten Menschen entwickelt werden.

2. Voraussetzungen

Für die Funktionserholung spielen auf der Patientenebene Trainingseffekte und Kompensation eine Rolle. Die notwendigen, an die Patienten individuell angepassten Maßnahmen, sind hierbei zeit- und personalaufwändig und können vom Patienten allein oft nicht durchgeführt werden. Durch individualisierbare Lösungen im Textil eröffnen sich neue Möglichkeiten, die über die konventionellen, auf Therapeuten basierten Maßnahmen weit hinausgehen. Im Sinne eines User-Centered-Designs sollte das multifunktionale Textil gemeinsam mit den Nutzern, Medizinern und Therapeuten entwickelt werden.

Mittels textilintegrierter Lage-, Bewegungs- und Haltungssensoren sollte die Aktivität beider Körperhälften und der Gliedmaßen detektiert werden. Zudem sollte die Intensität einer Bewegung und die Beanspruchung von Muskelpartien nachvollzogen werden, wodurch erstmals neue Therapieansätze möglich werden.

3. Planung und Ablauf

Im Vorhaben wurde ein nutzerzentrierter Designansatz verfolgt, bei dem Anforderungen, Lösungen und Technologien gemeinsam mit Nutzer*innen und Partnern iterativ entwickelt und evaluiert wurden. Der Schwerpunkt lag dabei auf Interaktionsdesign, Augmented Reality, Positionserkennung/Body Tracking und Feedback (taktil, auditiv). Hierzu wurden diverse Spikes und Prototypen erstellt und in User Tests am Medical Park und in Privatwohnungen evaluiert.

4. Wissenschaftlich/Technischer Stand

Das Vorhaben hat an den wissenschaftlichen und technischen Stand in den Technologiebereichen Mixed Reality und Machine Learning angeknüpft. Der Fokus der Weiterentwicklung lag dabei zum einen in der Integration der Technologiekomponenten in einem Prototyp sowie auf der nutzerzentrierten Umsetzung von User Interfaces mit hoher Usability.

5. Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Während der Projektlaufzeit erfolgte ein intensiver Austausch mit weiteren Forschungsprojekten, die von ART+COM durchgeführt wurden und werden: BewARe, QURATOR und NuForm.

Im November 2022 fand an der Kunsthochschule Weißensee ein öffentliches Abschlussseminar statt.

Darüber hinaus wurden Ergebnisse in Netzwerken präsentiert und diskutiert, insbesondere im Kontext von Xinnovations und der QURATOR-Konferenz.

Schlussbericht (Teil II)

| | |
|--|---------------------------------|
| ZE: ART+COM AG | Förderkennzeichen: 03ZZ0670C |
| Vorhabenbezeichnung: Zwanzig20 - futureTEX - TheraTEX - Technologie-Plattform für sensorische / aktorische Funktionstextilien am Beispiel der Hemiparese | |
| Teilprojekt: TP3: Sensorikauswertung, User Interfaces, Mixed Reality | |
| Laufzeit des Vorhabens: 01.06.2019 – 31.12.2022 | |

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|-----|--|----|
| 1. | Erzielte Ergebnisse | 2 |
| 1.1 | AP1 Szenarienentwicklung | 3 |
| 1.2 | AP2 Entwicklung von nutzerzentrierten Designlösungen | 3 |
| 1.3 | AP5 Datenfusion, Signalerzeugung | 6 |
| 1.4 | AP-übergreifende Ergebnisse | 7 |
| 2. | Voraussichtlicher Nutzen | 9 |
| 3. | Fortschritt bei anderen Stellen | 10 |

1. Erzielte Ergebnisse

TheraTex widmete sich der sensorischen Erfassung und Visualisierung der Mobilität, des Muskelzustands und der Körperhaltung über die Bekleidung. Diese Daten dienen dazu, halbseitig gelähmten Patienten individuelle und motivierende Trainingseinheiten zur Verfügung zu stellen und die intelligente Ansteuerung der therapeutischen Aktorik zu sichern. Das Ziel dieses wissenschaftlich-anwendungsorientierten Technologieprojektes war die Bereitstellung eines echtzeitfähigen Analyse- und Feedbacksystems in einem neuartigen zu entwickelnden Textil.

Im Zentrum von TheraTeX stand die Entwicklung einer Technologie-Plattform, um sensorische und aktorische Funktionen in einem Textil zu integrieren. Am Beispiel der Therapie von Hemiparese wurden in Kollaboration mit dem Medical Park Szenarien entwickelt, die halbseitig gelähmten Patienten sowohl individuelle und motivierende Trainingseinheiten zur Verfügung stellen als auch assistierende Funktionen wie Erinnerungen und Korrekturen im Alltag bieten.

Der in TheraTex prototypisch entwickelte Anzug soll den Patienten in weiten Strecken der Behandlung (Phase C-F) begleiten und sich an die Anforderung anpassen. Die Vielseitigkeit der verwendeten Sensoren soll es ermöglichen, sowohl stationär behandelten Patienten im Rollstuhl spezifische Unterstützung zu geben als auch Langzeit-Hemiparese Patienten im Alltag zu begleiten und zu verbessern.

In Zusammenarbeit mit der Kunsthochschule Weissensee wurde ein Anzug entwickelt, der den Anforderungen gerecht wird jeden Tag getragen zu werden. Der Anzug kann unter der Kleidung getragen werden können und, in der finalen Konzeption, mit einer App verbunden werden, in der die Datenauswertung stattfindet und die Berechnung des zu gebenden Feedbacks.

Das Feedback für den Patienten ist sowohl visuell als auch auditiv und taktil. Vor allem das auditive und taktile Feedback ermöglicht ein Echtzeit-Feedback. Eine begleitende Stimme, die auf Fehlhaltungen hinweist als auch generische Sound-Scapes begleiten Übungen und Alltag. Das taktile Feedback kann spezifischer auf Körperregionen hinweisen. Visuelles Feedback visualisiert vor allem Daten, stellt diese in längeren Zeitspannen dar und macht sie lesbar.

ART+COM hat im Vorhaben TheraTex Arbeiten in folgenden Arbeitspaketen durchgeführt:

- AP1 Szenarienentwicklung
- AP2 Entwicklung von nutzerzentrierten Designlösungen
- AP5: Datenfusion, Signalerzeugung

Im Folgenden werden zunächst kurz die wichtigsten erzielten Ergebnisse in den einzelnen Arbeitspaketen dargestellt. Anschließend erfolgt noch eine AP-übergreifende Darstellung ausgewählter Ergebnisse.

1.1 AP1 Szenarienentwicklung

Dem nutzerzentrierten Designansatz folgend, wurden als Grundlage für die Interaktionsgestaltung zu Beginn des Projekts Nutzungsszenarien erarbeitet. Dies erfolgte in enger Zusammenarbeit mit der Kunsthochschule weißensee und mit viel Beratung und Wissenstransfer durch die Therapeutinnen des Medical Park. Am Medical Park haben hierzu mehrere Workshops stattgefunden, bei denen die Nutzungskontexte für das smarte Textil diskutiert wurden. Dabei ging es neben der Klärung von Fragen zu Therapiearten und ihren Zielen hauptsächlich darum, den spezifischen Einsatzzweck des smarten Textils – in Angrenzung oder Ergänzung zur Therapie – zu bestimmen, auf dessen Basis die Spezifikation sowohl in technologischer als auch die Interaktion betreffender Hinsicht vorgenommen werden kann.

Für die Entwicklung von Nutzungsszenarien wurden aus dem gesamten Nutzer*innen-Spektrum drei Proto-Personas abgeleitet. Ihre Einsatzzwecke und die sich daraus ergebenden Entscheidungen für die Gestaltung des smarten Textils wurden durch das Konsortium priorisiert. Im Fokus der Entwicklung standen zunächst die Personas „Robert“ und „Sabine“. Beide Personas befinden sich noch in der stationären Therapie, jedoch in unterschiedlichen Phasen. Sie haben unterschiedliche Anforderungen an das Textil.

Bei „Robert“ steht die Erinnerungsfunktion im Vordergrund. Das smarte Textil soll ihn im Klinikalltag an Übungen erinnern, um seine Therapieziele schnellstmöglich zu erreichen. Zudem soll das smarte Textil ihn auf Fehlhaltungen, wie bspw. mangelnde Balance der beiden Körperhälften durch falsche Ausrichtung der Wirbelsäule, aufmerksam machen. „Sabine“ hingegen wünscht sich eine Unterstützung bei der Ausführung von Übungen, sie möchte durch das smarte Textil in der Ausführung von Bewegungen korrigiert werden.

1.2 AP2 Entwicklung von nutzerzentrierten Designlösungen

In Zusammenspiel mit den priorisierten Nutzungsszenarien konnte die Sensorpositionierung auf dem Textil vorgenommen werden. Technische Anforderungen an das Funktionsmuster wurden definiert. Gemeinsam mit den Therapeutinnen des Medical Parks wurde ein Übungskatalog entwickelt.

Mithilfe eines Test-Textils wurden erste Funktionstests zur Sensordatenauswertung der DES-Sensoren vorgenommen. Dazu wurde zunächst in Jupyter Notebook ein Python-Script entwickelt, das mit Hilfe von Matplotlib die gemessenen Sensordaten über eine feste Zeitspanne visualisiert. In einem zweiten Ansatz wurden die Auswertung und Speicherung der Daten in Echtzeit direkt in Python und Matplotlib vorgenommen.

Anschließend wurde das Test-Setup umgestellt auf eine modulare Architektur, die per MQTT kommuniziert. Daten werden in Python von den Sensoren übernommen, gespeichert und weitergeleitet. Die Visualisierung geschieht mit Processing.

Die Kommunikation via MQTT und Modularisierung des Scripts garantierte ein flexibles und schnell erweiterbares System für alle Prototyping-Aktivitäten im Vorhaben.

Aufsetzend auf den initialen Arbeiten wurden Funktionstests und Visualisierungen der Sensordaten der IMU-Sensoren implementiert sowie die Fusion der zwei Sensordatentypen. Anschließend wurde auf Grundlage der Nutzungsszenarien und der Feedback-Konzeption eine erste Version der Systemarchitektur entwickelt.

Die erarbeiteten Nutzungsszenarien dienten dabei dazu, prototypische Ansätze für Teilgebiete der e-Textile-Entwicklung zu definieren, die Prototypen zu erstellen und mit der Zielgruppe zu testen. Dabei sollte im Demonstrator sowohl audio- als auch taktiles Feedback ausgeben werden. Um das Potenzial beider Feedback-Varianten zu ergründen, wurden 2020 – in enger Zusammenarbeit mit den Projektpartnern – experimentelle Prototypen realisiert, um Einzelaspekte des e-Textile – seine Funktionsweisen, Feedbackvarianten und möglichen Interaktionen – zunächst einzeln zu untersuchen und daraus Erkenntnisse für die Entwicklung des gesamten geplanten Systems abzuleiten.

Prototyp 1: Vibro-Taktiles Feedback

Das vibro-taktile Feedback soll Hemiparese-Patient*innen darin unterstützen, eine bessere Körperwahrnehmung zu erlangen. Insbesondere eignet es sich dazu, die gelähmten Körperregionen genau anzusteuern und dorthin bspw. Erinnerungen an die Nutzung der betroffenen Körperseite oder Korrekturen der Bewegung zu senden. Als Szenario zur Testung des vibrotaktilen Feedbacks wurde die Einhaltung der Körperbalance gewählt. Ziel ist es, ein Feedback zu senden, sobald der/die Nutzer*in aus der senkrechten Körperachse gerät.

Zur Konstruktion des Prototyps wurde zunächst in Zusammenarbeit mit Medizinerinnen und Therapeutinnen des Medical Parks festgelegt, welche Körperbereiche sich für eine Ansteuerung mit taktilem Feedback eignen.

Technischer Aufbau:

- IMU 9-dof Lagesensor
- 4 Vibromotoren (12 mm Durchmesser, 3-6V, 100mA)
- App – Kommunikation via OSC-Protokoll

Die Intensitäten und Vibrationsmuster des vibro-taktilen Feedbacks wurden im ersten Schritt mit einfachen Manschetten auf den ausgewählten Körperstellen getestet. Zur Steuerung der wurde eine Applikation erstellt. Über ein intuitives Userinterface lassen sich verschiedene Programme abspielen und Intensitäten regeln. Zusätzlich werden im „Balance-Modus“ Daten aus dem IMU-Sensor ausgewertet, sodass bei einer Schräghaltung der Körperseite entsprechende Vibrationen ausgelöst werden.

Erste interne Tests der Vibrationsmanschetten und Applikation ermöglichen es, die für das vibro-taktile Feedback passenden Körperstellen immer genauer einzugrenzen und so die Positionierung der Vibrationsmotoren für das Testtextil zu bestimmen. Gleichzeitig wurde

überprüft, wie weit die einzelnen Vibromotoren auseinanderliegen müssen, um von dem/der Nutzer*in trennscharf wahrgenommen zu werden.

Der finale Prototyp ist mit einem IMU-Sensor zur Bestimmung der Position der Wirbelsäule und Vibrationsmotoren für das Feedback sowie einem Akku für mobile Stromversorgung ausgestattet. Der Sensor und die Vibromotoren wurden in eine von Strick Zella erstellte Jacke eingearbeitet. Alle funktionalen Anteile sind in der Jacke verbaut und per Wifi mit der Steuerungs-App auf dem Tablet verbunden.

Prototyp 2: Audio-Feedback „Symmetrie“

In einem weiteren Prototyp wurde generelles Audio-Feedback im Kontext der Körper-Symmetrie beforscht. Anstatt bei einer Fehlhaltung Warntöne als auditives Feedback zu senden, gehen wir von einem externen Audio-Inhalt aus, welcher je nach Stärke der Schräghaltung auditiv verzerrt wird. Dieser Audioinhalt soll den Vorlieben und Hörgewohnheiten des Patienten entsprechen und kann daher zwischen Musik, Hörbüchern oder der Tagesschau variieren.

In einem experimentellen Prototyp verwenden wir ein Smartphone, welches an dem Oberkörper des/der Nutzer*in angebracht ist. Im Smartphone sind alle nötigen Komponenten wie Lagesensor, Lautsprecher/Klinkenausgang zur Tonausgabe und Akku verbaut, auf die mittels des Javascript-Framework „PHONK“ zugegriffen wird. Dabei werden je nach Schräghaltung des Körpers die Audio-Inhalte zu einem rauschenden Radiosignalgeräusch überblendet. Dabei wird die Metapher des möglichst perfekten „Justierens eines Radiosenders“ aufgegriffen und auf die möglichst gerade Körperhaltung übertragen.

Ein zentrales Ziel dieses Prototyps war die Fragestellung, ob sich die Nutzer*innen diese Art des Audiofeedbacks gut in ihrem Alltag vorstellen können und die Akzeptanz von persönlichen Audioinhalten gegenüber vorprogrammierten Hinweis-Tönen höher ist.

Prototyp 3: Sound im Raum

Mithilfe des Leap Motion Controllers wurde ein weiterer Prototyp realisiert, der das Interaktionsprinzip von freier Bewegung und einem räumlich ausgelösten Audio-Feedback aufzeigen sollte. Hierbei werden verschiedene Sounds abgespielt, je nachdem welche Bewegungen der Hand in der Nähe des Leap Motion Controllers vollführt werden. Ziel dieses Ansatzes ist es, den Nutzer*innen eine Vorstellung der Interaktion von freier Bewegung im Raum und dem Auslösen eines Audiofeedbacks zu vermitteln. Um dies zu überprüfen, wurde in der ersten Demo eine einfache Tonleiter räumlich verortet. Je nach Höhe der Hand werden Töne in der Tonleiter abgespielt.

Im zweiten Teil des Prototyps wurden Soundobjekte durch eine entsprechende Geste visualisiert. Eine Greifbewegung löst beispielsweise eine Hupe aus, oder ein Lichtschalter wird durch einen Fingerzeig nach vorn ausgelöst. Hierbei soll vor allem beforscht werden, wie intuitiv sich diese räumliche Interaktion anfühlt und wie gut die Nutzer*innen Soundobjekte im Raum (wieder)finden.

Prototyp 4: Ganzkörperliche Soundinteraktion

Bei diesem Prototyp wird mithilfe der Computer-Webcam die Bewegung der Nutzer*innen vor der Kamera detektiert. Mit den Armen und dem Oberkörper ist es möglich ein Orchester zu dirigieren, d. h. verschiedene Töne zu erzeugen. Auch dieser Prototyp diente dazu, das Interaktionsprinzip von Bewegung und Sound für die Nutzer*innen besser erlebbar zu machen und den Mehrwert einer ganzkörperlichen Interaktion zu prüfen.

1.3 AP5 Datenfusion, Signalerzeugung

Auswertung der Sensordaten aus dem Funktionsmuster / Sandbox

Im Funktionsmuster (Anzug) sind neun inertiale Messeinheiten (IMUs) verbaut, deren Daten in Unity empfangen und verarbeitet werden. Der Datenstream und die Kommunikation zwischen den Sensoren und der Software sind stabil. Allerdings erwies sich die korrekte Einstellung der Rotationsrichtung der Sensoren als sehr komplex.

In einem prototypischen Aufbau wurde daher eine Schneiderpuppe mit den Sensoren ausgestattet, um über konkret einstellbare Gelenke eine möglichst ideale Testumgebung zu schaffen und die Sensordaten auf ein digitales Skelett zu spiegeln.

Als technische Grundlage dafür wurde die bereits konzipierte Systemarchitektur (Sandbox) entwickelt, welche nicht nur Sensordaten aufnimmt, sondern auch Kameradaten der Kinect Azure auf die Skelettdarstellung anwendet. Zusätzlich wurde eine Aufnahme-Funktion implementiert, mit der man bestimmte Bewegungen aufnehmen, speichern und anschließend ohne externe Hardware abspielen kann.

Auswertung von DES-Sensoren (Sohle)

Im Testszenario wurde eine Sohle mit drei Sensoren bestückt. Die Daten wurden erfolgreich in unserer Software erhoben und geprüft. Hierbei scheint die Signalauflösung der einzelnen Sensoren ausreichend hoch zu sein.

Prototyping mit „Kinect Azure“

Durch die Integration der Tiefenkamera „Kinect Azure“ wurden Positionsdaten auf das Skelett übertragen und erste Prototypen basierend auf Körperbewegungen umgesetzt. In diesem Beispiel wurde der „Dreh-Orgel“-Prototyp in unsere Sandbox portiert. Hierbei werden kreisende Hand- und Armbewegungen in einen klassischen Drehorgel-Sound übersetzt. Die Bewegungsgeschwindigkeit beeinflusst den Sound in Echtzeit, sodass das auditive Feedback zu einer qualitativen Bewegung im angemessenen Tempo führt.

Aufsetzend auf den Prototypen wurden User-Test zu Interaktion und Feedback durchgeführt sowie technologische Weiterentwicklungen in die Sandbox und das Tracking integriert, insbesondere im Hinblick auf Action Detection mit Machine Learning. Die jeweiligen Spikes und Prototypen wurden für User Tests, Evaluationen und den Kids Workshop integriert.

1.4 AP-übergreifende Ergebnisse

Im Folgenden werden die Ergebnisse für vier AP-übergreifende Themenschwerpunkte dargestellt:

- Audio Stories – Motivationales Feedback
- User Tests zu Interaktion und Feedback
- Kids Workshop
- Sandbox-Weiterentwicklung

Audio Stories – Motivationales Feedback

In den Audio Stories wird der User zum Hauptdarsteller in einem interaktiven Hörbuch. Indem er die Bewegungen des Protagonisten ausführt, setzt er die Erzählung der Geschichte fort. Die Audio Stories wurden im Medical Park und in der Wohnung eines Patienten getestet.

User-Tests zu Interaktion und Feedback

Im Rahmen der User-Tests wurden die erstellten Prototypen (Vibration, Interaktion im Raum, Audio Balance) mit Patient*innen getestet.

Vibrationsfeedback

Für das Vibrationsfeedback wurden dabei folgende Fragen untersucht:

- Welche Körperstellen eignen sich?
- Welche Assoziationen können provoziert werden? Können komplexere Muster differenziert werden?
- Wie unterschiedlich nehmen die unterschiedlichen Körperhälften die Vibration wahr?

Die Tests ergaben folgende Ergebnisse:

- Intensität auf beiden Seiten gleich intensiv spürbar
- Vibrationsmuster werden deutlich wahrgenommen
- verringerte Sensibilität bei dauerhafter, gleichmäßiger Vibration

Interaktion im Raum

Im Hinblick auf die Interaktion im Raum wurden folgende Fragen untersucht:

- Wie schnell gewöhnt sich der Benutzer an ein nicht-visuelles räumliches Interface?
- Welche Metaphern funktionieren?
- Wie präzise kann der Benutzer mit dem Interface agieren?

Die durchgeführten Tests ergaben folgende Ergebnisse:

- Schnelle Lernerfolge, Sounds bewusst ausgelöst
- Metaphern wie „Lichtschalter“ helfen der Interaktion
- betroffene Seite in dieser Phase zu sehr eingeschränkt, um mit Arm einzeln zu agieren

Audio Balance

Im Hinblick auf die Audio-Balance ergaben die User-Tests folgende Ergebnisse:

- Ton-Überlagerung (Rauschen) funktioniert als Korrektur-Feedback
- Verzerrung v. Musik/Nachrichten gut vorstellbar im Alltag

Kids Workshop

Im Rahmen eines zweitägigen Workshops mit Kindern (Kids Workshop) wurden folgende Forschungsfragen adressiert:

- Welchen Mehrwert hat ein Audio-Feedback als Motivationsfaktor im Rahmen eines Rollenspiels?
- Wie gut nehmen die Kinder die Korrelation zwischen der Qualität ihrer Bewegung und der Qualität ihres eigenen, aufgenommenen Tons wahr?
- Wie gut funktioniert die Erkennung statischen Posen und dynamischen Gesten?

Sandbox-Weiterentwicklung

Als Plattform für die Sandbox wurde Unity verwendet, wodurch eine flexible Basis für ein Deployment auf unterschiedlichen Geräten sichergestellt wurde. Die Sandbox dient als Grundlage für die Implementierung verschiedener Prototypen und bietet die Möglichkeit diese dynamisch zu laden. Dabei können diverse Input-Quellen wie Anzugsensordaten oder Azure-Kinect-Daten integriert werden.

Mit der Sandbox können Daten aufgenommen und abgespielt sowie Input-Daten getrimmt werden wobei unterschiedliche Konfigurationen der Datenquellen (Sohle, Anzug, Sleeve, Hose) ausgewählt werden können.

Zum Projektende wurden verstärkt Arbeiten durchgeführt, um die einzelnen Spikes und prototypisch implementierten Verfahren zu integrieren sowie robuster, performanter und skalierbarer zu machen. Hierzu wurden auch UI-Mock-Ups für Therapeut*innen, Patient*innen konzipiert und prototypisch umgesetzt.

Die in TheraTex durchgeführten Arbeiten und erzielten Ergebnisse wurden in Form von kleinen Videos dokumentiert, die die Patient Journey illustrieren. Zusätzlich werden aktuell weitere Videos erstellt, die die in TheraTex eingesetzten und entwickelten Technologien und Anwendungen erläutern.

Im November 2022 fand an der Kunsthochschule Weißensee ein Abschlusssymposium statt, in dem Ergebnisse gemeinsam mit einem anderen Forschungsprojekt der Kunsthochschule der interessierten Öffentlichkeit präsentiert wurden.

2. Voraussichtlicher Nutzen

ART+COM plant im Anschluss an das Vorhaben eine gemeinsame Verwertung der Projektergebnisse mit den Konsortialpartnern unter Leitung von ValiTech. Im Folgenden wird hauptsächlich der Nutzen dargestellt, den die von ART+COM erzielten Ergebnisse für ART+COM voraussichtlich haben werden, auch unabhängig von einer gemeinsamen Verwertung.

Die im Vorhaben erzielten Ergebnisse können von ART+COM in sehr unterschiedlichen Kontexten verwendet und weiterentwickelt werden. Zum einen wurden umfangreiche Erfahrungen mit diversen Technologien im Kontext Mixed Reality, Smart Textiles, Positionserkennung/Body-Tracking, Textgenerierung und taktiles/auditives Feedback und deren allgemeinen Einsatzmöglichkeiten gesammelt, zum anderen wurden anwendungsorientierte Spikes und Prototypen realisiert und evaluiert.

ART+COM setzt in Kundenprojekten häufig neuartige und innovative Technologien ein, nicht als Selbstzweck, sondern um neue Möglichkeiten im Hinblick auf Kommunikation im Raum auszureißen. Dafür ist ein fundiertes Wissen über die Funktionsweisen, Stärken und Grenzen der verwendeten Technologien unabdingbar. Dies umfasst zum einen die rein technischen Parameter der einzelnen Technologiekomponenten, zum anderen die Pipelines bei der Umsetzung, inklusive der Schnittstelle zwischen Gestaltung und IT-Entwicklung. Ein dritter Aspekt betrifft die Eignung der Technologien für spezielle Einsatzszenarien und Zielgruppen.

In TheraTex hat ART+COM insbesondere Technologien zur Positionserkennung (Body Tracking), zu auditivem/taktilem Feedback und zur Textgenerierung (Chatbots) analysiert, evaluiert und integriert. Auf Basis der konsequent nutzerzentrierten Entwicklung und den am Medical Park und in Privatwohnungen durchgeführten User Tests der Prototypen soll im Anschluss an das Vorhaben ein internes Best Practice White Paper erstellt werden, das die jeweiligen Chancen und Risiken für den Praxiseinsatz dieser Technologien zusammenfasst und als Grundlage für die Verwendung dieser Technologien in Kundenprojekten dienen wird.

Bereits zur Laufzeit des Vorhabens ergaben sich Synergieeffekte mit anderen Forschungsprojekten von ART+COM, die Ergebnisse aus TheraTex nutzen und weiterentwickeln konnten und ihrerseits Ergebnisse geliefert haben, die in TheraTex genutzt werden konnten:

- BewARe (<https://artcom.de/?project=beware>): im Projekt BewARe wurde ein technisch unterstützten Bewegungs- und Beweglichkeitstraining für Senioren mit Hypertonie auf Basis eines intelligenten Augmented Reality Systems entwickelt. Hier ergaben sich Synergien im Hinblick auf Körper-/Haltungserkennung und Feedbackmechanismen.

- QURATOR (<https://artcom.de/?project=qurator>): in QURATOR werden Maschinelles Lernen, Künstliche Intelligenz und Sprach-/Wissens-Technologien genutzt, weiterentwickelt und in einer Toolbox für die Ausstellungskuratierung integriert. Synergien zu TheraTex ergaben sich bezüglich der Nutzung von Machine Learning, insbesondere Skelett- und Positionserkennung sowie der Kuratierung von Mixed Reality Anwendungen.
- NuForm (<https://artcom.de/?project=nuform-2020-2022>): im Projekt NuForm, das ART+COM gemeinsam mit dem Museum für Naturkunde Berlin durchführt, stehen Remote Presence und Hybride Räume im Mittelpunkt. Hier ergaben sich Synergien insbesondere im Hinblick auf taktiles und auditives Feedback.
- Im Juni 2022 begann das Projekt PANAssistant, in dem ART+COM ebenfalls auf Ergebnissen aus TheraTex aufsetzen wird, um eine Mixed-Reality-Anwendung für die Therapieunterstützung bei der Rehabilitation von Menschen mit kognitiven Einschränkungen zu entwickeln.

Die in TheraTex prototypisch entwickelte Pipeline von Technologiekomponenten für Mixed Reality wird gegenwärtig weiterentwickelt und in die unternehmenseigenen Tool Chain integriert. Ein Einsatz in ersten Kundenprojekten ist für Ende 2023/Anfang 2024 geplant.

3. Fortschritt bei anderen Stellen

Generell hat das Interesse an Mixed Reality Anwendungen während der Projektlaufzeit stark zugenommen, insbesondere auch bei potenziellen Kunden und Auftraggebern von ART+COM. Gleichzeitig hat sich auch die technologische Reife und Verfügbarkeit von Basiskomponenten deutlich verbessert. Dies umfasst sowohl Hardware als auch Software für Mixed Reality.

Auch der Bereich Künstliche Intelligenz/Maschinelles Lernen wird für ART+COM zunehmend wichtiger. Im Kontext von TheraTex ist dabei insbesondere die automatische Erkennung von Skeletten und Positionen relevant, die mit verschiedenen Verfahren erfolgen kann, die auch miteinander kombiniert werden können, um die Genauigkeit und Robustheit der Erkennung zu erhöhen.

Schließlich hat das Thema „Textgenerierung“ in den letzten beiden Jahren deutlich an Bedeutung gewonnen, insbesondere durch die Veröffentlichungen und Diskussionen im Kontext von ChatGPT und ähnlicher AI-basierter Software.