

# Kompetenzzentrum für interaktive AssistenzROBOTik für REHaKIDS (ROBO:REHKIDS)

Förderkennzeichen 16SV8633

Salima Houta<sup>1</sup>, Pinar Bisgin<sup>1</sup>, Christoph Monfeld<sup>2</sup>, Ioannis Iossifidis<sup>3</sup>,  
Bernd Kuhlenkötter<sup>4</sup>, Alfred Hypki<sup>4</sup>, Laura Hoffmann<sup>4</sup>, Christian Walter-Klose<sup>5</sup>,  
Hanns Rüdiger Röttgers<sup>6</sup>, Christian Dunker<sup>7</sup> und Alexander Pröll<sup>7</sup>



<sup>1</sup>Fraunhofer ISST  
Emil-Figge-Straße 91  
44227 Dortmund

<sup>2</sup>MedEcon Ruhr GmbH  
Gesundheitscampus-Süd 29  
44801 Bochum

<sup>3</sup>Hochschule Ruhr West  
Duisburger Straße 100  
45479 Mülheim an der Ruhr

<sup>4</sup>Ruhr-Universität Bochum  
Universitätsstraße 150  
44801 Bochum

<sup>5</sup>hsg Bochum  
Gesundheitscampus 6-8  
44801 Bochum

<sup>6</sup>FH Münster  
Hüfferstraße 27  
48149 Münster

<sup>7</sup>ENTRANCE Robotics GmbH  
Viehofstraße 125  
42117 Wuppertal

## 12.1 Ziele des Kompetenzzentrums

### 12.1.1 Motivation und Anwendungsdomäne des Kompetenzzentrums

Der gesellschaftliche und inzwischen auch rechtliche (siehe Bundesteilhabegesetz) Anspruch, gesellschaftliche Teilhabe von Kindern und Jugendlichen mit den verschiedensten Formen von Behinderungen zu realisieren, ist einerseits fest verankert, andererseits hakt die Umsetzung noch an den meisten Stellen gewaltig. Neben dringend notwendigen konzeptionellen, organisatorischen und personellen Anpassungen sind auch die Potentiale für robotische Assistenzsysteme in diesem Bereich noch lange nicht ausgeschöpft. Dabei bietet ihr Einsatz gerade bei der Zielgruppe der Kinder und Jugendlichen besondere Chancen, da deren unvoreingenommene Einstellung zu bzw. ihre Lernfähigkeit mit technischen Assistenzsystemen besonders ausgeprägt ist. Entsprechende interaktive Robotiksysteme haben in doppelter Weise die Chance, zum Begleiter dieser Zielgruppe der nachwachsenden Generation zu werden: sowohl als Assistenz für zu kompensierende Fähigkeiten, als auch als Begleitung für die in der Regel lebenslang notwendigen Lern- und Therapieprozesse, die für Kinder und Jugendliche mit Einschränkungen erforderlich sind. Die intensivierete, eigenbestimmte und alltagsnahe Nutzung solcher Assistenzrobotik bietet daher gute Möglichkeiten, um Teilhabe und auch Versorgungsqualität unter gegebenen gesundheitsökonomischen Bedingungen zu verbessern.

Um diese Potentiale zu erschließen, soll ein Kompetenznetzwerks für die Entwicklung und den Einsatz von Assistenzrobotik zur Therapie und Förderung von Kindern und Jugendlichen mit Behinderung aufgebaut werden. Dazu sollen im Rahmen des Vorhabens die organisatorischen Strukturen und Methoden für den Einsatz und die anwendungsbezogene Weiterentwicklung solcher robotischer Systeme geschaffen werden. Mit der Vernetzung von nachfrage- und angebotsseitigen Strukturen sowie dem Zusammenbringen von Wissenschaft, Wirtschaft und Anwendung soll die Tragfähigkeit des Kompetenzzentrums langfristig sichergestellt werden. Zur erfolgreichen Überführung in die praktische Anwendung erscheint es essentiell, die verschiedenen Perspektiven in die Entwicklung entsprechender Systeme einzubringen, so dass sich das Vorgehen methodisch grob an einer für die Anwendungsdomäne angepassten Balanced Scorecard (BSC) Methode anlehnen soll, mit folgenden Dimensionen:

1. Sozialwissenschaftliche und sozialpolitische Perspektive
2. Gesundheitsökonomische Perspektive (Financial Perspective)
3. Versorgungsprozess- und Anwenderperspektive (Customer Perspective)
4. Entwicklung und Evaluation von robotischen Systemen (Internal Process Perspective)
5. Innovationsmanagement und Kompetenzaufbau (Learning and Growth Perspective)

Um die Zusammenarbeit in der Partnerstruktur inhaltlich zu erproben und zu etablieren, werden neben dem Netzwerkaufbau zwei Anwendungsvorhaben als Modellprojekte und eine Bedarfs- und Machbarkeitsanalyse umgesetzt. Diese dienen zum einen der konkreten Erarbeitung von praktischen Anwendungen und zum anderen als Modell für die zukünftige Zusammenarbeit und Erweiterung des Netzwerks.

### 12.1.2 Thema des Verbundprojektes / Problembeschreibung

Die Themenfelder, denen sich das Kompetenzzentrum in den kommenden Jahren widmen soll, adressieren bewusst verschiedene Einsatzbereiche in der Praxis, verschiedene Typen von robotischen Systemen, verschiedene Interaktions-Settings sowie Reifegrade der Vorhaben, um ein möglichst weites methodisches Knowhow sowie Netzwerk zu etablieren. Dabei wird insgesamt Wert daraufgelegt, bei der Erschließung der Anwendungen die Zielstellung zur Teilhabe und Selbstbestimmung der Kinder und Jugendlichen mit Beeinträchtigungen noch einmal grundlegend in Bezug auf die Interaktionsgestaltung zu hinterfragen bzw. zu erarbeiten. Zur Beantwortung der Fragen sowie der notwendigen Gestaltung und Umsetzung der Assistenzrobotik für diesen praktischen Einsatz, sind die unterschiedlichen Perspektiven, wie sie im Sinne der angepassten Methode, der Balanced Scorecard Methode, vorgesehen sind, jeweils von Beginn an zu berücksichtigen und dienen daher als „Modellvorhaben“. Im Folgenden werden die ersten drei Modellvorhaben des Kompetenzzentrums motiviert. Eine detaillierte Beschreibung der wissenschaftlichen und technischen Arbeitsziele und Methoden sowie Forschungsfragen der Modellvorhaben erfolgt in Kapitel 12.3.

**Modellvorhaben Interaktive Assistenzrobotik als Schul- und Lernbegleiter:** Die Schule ist vermutlich der wichtigste Ort, um die Teilhabe bei Kindern und Jugendlichen einerseits zu ermöglichen und andererseits auch langfristig die Voraussetzungen für

ein selbstbestimmtes Leben der Kinder zu ermöglichen bzw. zu unterstützen. Bei der Umsetzung inklusiver Schulformen spielen neben allen curricularen, methodischen und didaktischen Herausforderungen, Schulbegleiter für die Kinder mit entsprechenden Einschränkungen eine wichtige Rolle. Diese Schulbegleiter sind unterschiedlich ausgebildete Erwachsene, die individuell auf die Kinder eingehen und ihnen jederzeit Unterstützung bieten. Diese flexible Eins-zu-Eins Betreuung ermöglicht in der Regel erst die Teilnahme der Kinder am Unterricht und am Schulleben, um in den jeweiligen ganz unterschiedlichen Situationen angemessene Hilfestellung zu liefern. Neben den Vorteilen durch die Flexibilität und Empathie dieser persönlichen Begleitung, impliziert diese aber auch die ständige Anwesenheit eines Erwachsenen, mit folgenden ungewollten Nebeneffekten:

- die Betroffenen können nur eingeschränkt alleine mit anderen Kindern in Interaktion treten
- der Lernbegleiter beeinflusst implizit auch das Lernverhalten der Kinder
- Abhängigkeit von „Charakter“, Fähigkeiten und Qualifikation des Lernbegleiters
- Vorhandensein mehrerer Schulbegleitungen erhöhen den Erwachsenenanteil in der Klasse und beeinflussen die Klassenatmosphäre

An dieser Stelle können Assistenzroboter die Schul- und Lernbegleitung vor dem Hintergrund der Teilhabe und die Selbstbestimmung der betroffenen Kinder komplementär zu den bestehenden Lernbegleitern ergänzen und damit neue inklusive Lernkonzepte ermöglichen. Zudem bieten Telepräsenzmöglichkeiten der Assistenzrobotik neue Möglichkeiten der Teilhabe z.B., wenn Kinder/Jugendliche (z.B. aufgrund von Krankheiten, Behandlungen oder im Falle von Schulabsentismus) längere Zeiten dem Unterricht fernbleiben. Für diesen Einsatz gilt es allerdings noch (einige durchaus) grundlegende Fragen zu klären. In dem Rahmen sollen 3 Einsatzbereiche von Assistenzrobotik betrachtet werden: Individual-Assistenz, Sozial-Assistenz sowie Absenz-Assistenz.



**Abbildung 12.1:** Assistenzrobotik in der Schul- und Lernbegleitung.

**Modellvorhaben Assistenzrobotik in der Therapie bzw. Förderung von Kindern mit frühkindlichem Autismus:** Autismus-Spektrum-Störungen (ASD) sind neurologische Entwicklungsstörungen, die durch grundlegende Merkmale wie durchdringende und anhaltende Beeinträchtigungen in Kommunikation und Sprache sowie sozialer Interaktion gekennzeichnet sind. Zusätzlich geht diese Erkrankung mit eingeschränkten und sich wiederholenden Verhaltensmustern, Interessen oder Aktivitäten einher (Grant and Nozyce 2013). Die Beeinträchtigung von Sprache und Kommunikation hat enorme Konsequenzen auf die soziale, schulische sowie langfristig auch berufliche Entwicklung des Kindes. Kinder mit Autismus haben einen erhöhten und methodisch besonderen Lernbedarf, um auf die schulische Bildung und auf die Interaktion und Kooperation mit der Umwelt vorbereitet zu sein. Eine frühe Förderung der sprachlichen Entwicklung sowie von Alltagskompetenzen als grundlegende Basis für weitere Entwicklungen ist daher unabdinglich. Goldstandard für die Förderung sind frühe und intensive verhaltenstherapeutisch-lernpsychologische Interventionen (Weinmann et al. 2009). Ziel der verhaltenstherapeutisch fundierten Frühintervention ist es, das Kind eng und, wo nötig, sehr kleinschrittig zu fördern, um Entwicklungsrückstände zu mildern, funktionales Verhalten aufzubauen und neue Lernerfahrungen zu ermöglichen. Eine hochfrequente Beaufsichtigung und Intervention kann durch Fachpersonal im Rahmen

von typischen Therapieprogrammen im Rahmen der deutschen Eingliederungshilfe aber kaum geleistet werden; diese beschränkt sich in der Regel auf wenige Stunden in der Woche und ist bei weitem nicht immer störungsspezifisch ausgestaltet (Röttgers and Rentmeister 2019). Kinder mit Autismus zeigen eine hohe Offenheit für technische und unbelebte Dinge. Dabei bleibt ungeklärt, ob diese Präferenz generisch autismusbedingt ist oder Konsequenz einer Lerngeschichte ist, in deren Rahmen insbesondere das aus autistischer Sicht unvorhersehbare Verhalten Gleichaltriger wenig Selbst- und Handlungswirksamkeit ermöglicht hat. Robotische Systeme sind daher gut geeignet, um die Therapie und Förderung autistischer Kinder zu unterstützen, da sie eine Handlungssicherheit, Verlässlichkeit sowie eine hohe Wiederholungsgenauigkeit gewährleisten können.

**Modellvorhaben Assistenzrobotik als Therapiebegleiter oder –kollaborator in der neurologischen Rehabilitation:** Insbesondere neurologische Erkrankungen oder Beeinträchtigungen erfordern bei Kinder- und Jugendlichen oft lebenslange Therapiemaßnahmen im Bereich Physio-, Ergo-, Moto- oder Sprachtherapie. Gerade im Kindes- und Jugendalter sind hochfrequente und qualitativ hochwertige Therapiemaßnahmen besonders wichtig und auch effizient, um Lernfortschritte zu erzielen und somit langfristig soziale Teilhabe zu verbessern oder überhaupt erst zu ermöglichen. Robotikgestützte Therapiesysteme nehmen dabei bereits einen zunehmend wichtigen Stellenwert ein: Systeme von z.B. Hocoma, wie der Lokomat oder Armeo, ermöglichen dieses hochfrequente Training, bei dem die knappen therapeutischen Personalressourcen ergänzt und ein eigenständiges Training der Patienten ermöglicht wird. In der Regel bleiben diese Systeme jedoch spezialisierten (vielfach stationären) Zentren und Kliniken vorbehalten. Zudem sind diese Systeme auf bestimmte Kinematiken festgelegt, während manuelle physiotherapeutischen Therapie nach Konzepten wie Vojta oder Bobath eher auf komplexe Bewegungsmuster setzen.

Mit der zunehmenden Verfügbarkeit von Mensch-Roboter-Kollaborations (MRK) – Robotern gilt es dieses Potential für eine individualisierte und auch kindgerechte Therapie zu erschließen. Dabei gilt es aber systematisch die therapeutischen Anforderungen und Konzepte mit den technischen Möglichen zusammenzuführen. In ersten Einzelanwendungen wurden solche Anwendungen in Anlehnung an z.B. die Hippotherapie bereits realisiert (siehe Vorarbeiten LPS unten).

### 12.1.3 Gesamtziel des Kompetenzzentrums

Das Gesamtziel des Kompetenzzentrums ist die Generierung und Bündelung sowie der Transfer von Wissen und Erfahrung zum praktischen Einsatz von interaktiver Assistenzrobotik zur Therapie und Förderung von Kindern und Jugendlichen mit Einschränkungen. Im Sinne der Ganzheitlichkeit liegt dem wissenschaftlichen Ansatz eine für die Anwendungsdomäne angepasste BSC-Methode zugrunde, die insbesondere auch eine sozialwissenschaftliche und sozialpolitische Perspektive beinhaltet. Die sozialwissenschaftliche und sozialpolitische Perspektive adressiert gesellschaftliche Anforderungen an interaktive Assistenzrobotik und analysiert sozial-wissenschaftliche Auswirkungen der Mensch-Roboter-Interaktion (Mensch-Mensch-Interaktion, Umfeld, Prozesse) sowie ethische Implikationen als Basis für eine wertorientierte und nachhaltige Gestaltung von Assistenzrobotik für Kinder und Jugendliche mit Behinderungen. Dabei kommen bestehende Metriken/Methoden (u.a. das MEESTAR-Modell) zum Einsatz und werden um Besonderheiten der interaktiven Assistenzrobotik weiterentwickelt. Die gesundheitsökonomische Perspektive berücksichtigt (gesundheits-)ökonomische Implikationen des Einsatzes von Assistenzrobotik. Sie zielt darauf ab, auf Basis existierender Strukturen (z. B. Therapieprogrammen) neue Versorgungs-/Einsatzkonzepte zu konzipieren und mögliche Betriebs- und Geschäftsmodelle dafür zu erarbeiten. Um Kompetenzen in den Projekten strukturiert anzuwenden und auszubauen, ist ein enger Austausch zwischen den Modellprojekten sowie Kompetenzfeldern/Perspektiven des Kompetenzzentrums geplant. Die Versorgungsprozess- und Anwenderperspektive etabliert Methoden für die strukturierte nutzer- und prozesszentrierte Ableitung von Anforderungen an interaktive Assistenzrobotik im Rahmen von Projekten. Ausgehend von existierenden Prozessen und wissenschaftlich etablierten Vorgehensweisen in konkreten Anwendungsfällen werden Referenzszenarien/Testszzenarien für die Integration interaktiver Assistenzrobotik erarbeitet und Mensch-Roboter-Interaktionsmuster (Interaktionsverhalten) abgeleitet (inkl. multi-robotische Muster sowie triadische Muster z. B. Kind-Therapeut-Roboter). Das Kompetenzzentrum unterstützt mit Methoden, Schulungen und Templates bei der strukturierten Erhebung der Bedarfe in Projekten. Die Perspektive „Entwicklung und Evaluation von interaktiver Assistenzrobotik“ unterstützt bei der Auswahl, Konfiguration und Weiterentwicklung von robotischen Systemen. Mit dem Aufbau eines domänenspezifischen digitalen Marktplatzes wird den Projekten

ebenfalls ein Werkzeug zur Auswahl geeigneter technologischer Komponenten und Partner an die Hand gegeben und die Datenlage zur Assistenzrobotik ausgebaut und zentral vorgehalten. Die in das Kompetenzzentrum einfließenden strukturierten Erfahrungen aus abgeschlossenen Projekten sowie neue Dienste und Leistungen helfen, geeignete Systeme auszuwählen und Nachhaltigkeit zu gewährleisten. Ein Showtruck soll interaktive Assistenzrobotik erlebbar machen und diese im Sinne der Nutzereinbindung sowie des Transfers zum Anwender bringen. Mit Blick auf Evaluation und Zulassung interaktiver Assistenzrobotik spielen ebenfalls regulatorische Anforderungen (wie die Optimierung der Sicherheit) eine Rolle, die ebenfalls methodisch gestützt werden. Innovationsmanagement und Kompetenzaufbau werden gezielt durch die Etablierung von Methoden zur Erschließung und zum Aufbau von Expertise vorangetrieben. Neben dem digitalen Marktplatz sind ebenfalls Kooperationen mit Kompetenzzentren überschneidender Disziplinen geplant (KI-Kompetenzzentren, Kompetenzzentren zur Förderung von Menschen mit Behinderung). Forschungsmittel-Screening sowie Technologie-Scouting sind ebenfalls zentrale Elemente zur Projektentwicklung und zum weiteren Ausbau der Kompetenzen und gehen mit dem geplanten Ausbau des Netzwerks einher.

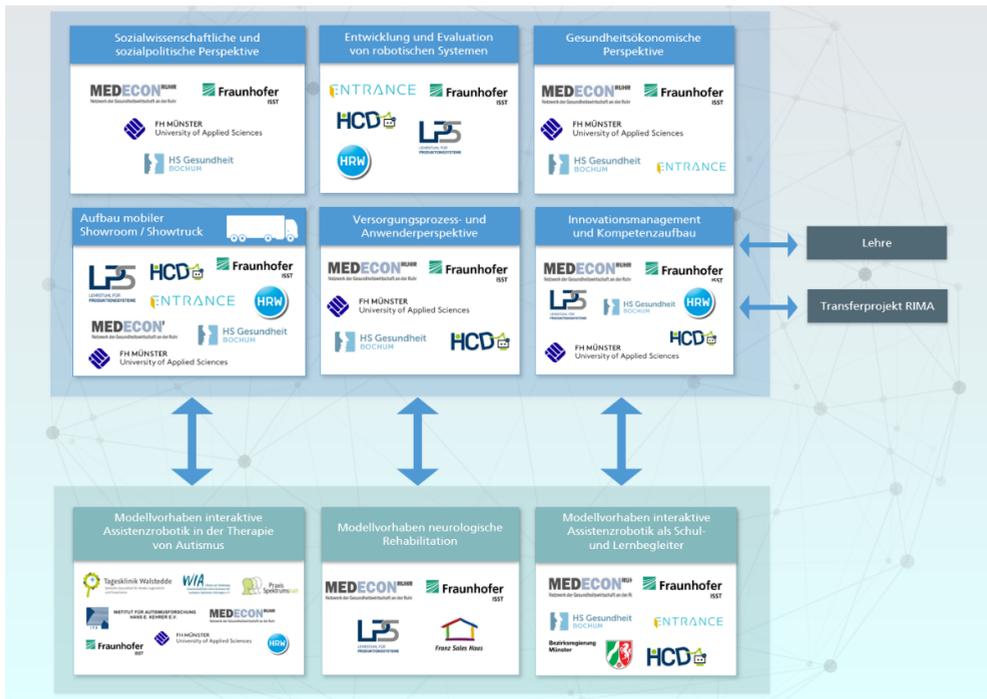


Abbildung 12.2: Verbundstruktur.

## 12.2 Alleinstellungsmerkmale und Abgrenzung zum Stand der Wissenschaft und Technik

### 12.2.1 Internationaler Stand der Wissenschaft und Technik

Im Folgenden wird der Stand der Forschung und Entwicklung für die drei gewählten Einsatzbereiche dargestellt. Diese Übersicht erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit und soll im Rahmen des Projekts weiterentwickelt und kategorisiert werden. Anschließend werden wissenschaftliche Ergebnisse zu Akzeptanzfaktoren von Robotik dargestellt und ein Bezug zum Kompetenzzentrum hergestellt.

#### **Interaktive Assistenzrobotik als Schul- und Lernbegleiter**

In Finnland wird der Roboter Elias in Sprachschulen in der Erwachsenenbildung sowie an Grundschulen im Englisch Unterricht im Bereich des Vokabeltrainings sowie der Englisch-Konversation als Assistent eingesetzt. Schülerschaft, Lehrkräfte und Eltern gaben durchweg positives Feedback. Neben der positiven Stimmung wurde auch ein sehr diszipliniertes Arbeitsverhalten der Schülerinnen und Schüler bei Anwesenheit des Roboters beobachtet (Kersting 2019). In Weibel et al. (2020) wurde in einer Pilotstudie untersucht, wie ein AV1-Telepräsenzroboter krebserkrankten Kindern und Jugendlichen im Schulalter hilft, während der Krebsbehandlung sozial und akademisch mit ihren Schulklassen verbunden zu bleiben. Die Daten wurden durch halbstrukturierte Interviews mit krebserkrankten Kindern und Jugendlichen im Schulalter (12-14 Jahre), ihren Eltern, Lehrern, Klassenkameraden (12-14 Jahre, Fokusgruppeninterviews) und medizinischem Fachpersonal erhoben. Die teilnehmende Beobachtung erfolgte zu Hause bei den Kindern und Jugendlichen und in den Klassenzimmern während der Teilnahme am Unterricht über einen AV1-Telepräsenzroboter. Es ergaben sich fünf Themen: Erwartungen, Sozialität, Lernen, Räumlichkeit und Technologie. Die Teilnehmer erlebten die Roboter als Erleichterung sozialer Interaktionsprozesse mit Klassenkameraden und der Einbeziehung in Lernaktivitäten, wodurch ihr Gefühl der Einsamkeit und des Bildungsrückstands verringert wurde. Allerdings hängt es von mehreren Faktoren ab, ob der Roboter als exklusiv wahrgenommen wird, darunter die technische Funktionalität des Roboters, die räumliche Situation im Klassenzimmer und die gegenseitigen Erwartungen der Beteiligten. Ein interaktiver humanoider Roboter, Robovie, wurde in einem Klassenzimmer der Schule aufgestellt mit dem Ziel

langfristige Beziehungen zu bilden sowie freundschaftliche Beziehungen zwischen Menschen zu erkennen. Der Mechanismus für langfristige Beziehungen basiert dabei auf drei Prinzipien der Verhaltensgestaltung. Der Mechanismus für eine langfristige Interaktion wurde nach den folgenden drei Gestaltungsprinzipien konzipiert: (1) er ruft die Kinder beim Namen; (2) er passt sein interaktives Verhalten für jedes Kind auf der Grundlage eines Pseudo-Entwicklungsmechanismus an; und (3) er vertraut seine persönlichen Angelegenheiten den Kindern an, die über einen längeren Zeitraum mit dem Roboter interagiert haben. Bei der Einschätzung freundschaftlicher Beziehungen geht der Roboter davon aus, dass Menschen, die sich spontan als Gruppe zusammen verhalten, Freunde sind. Indem er dann jede Person in der interagierenden Gruppe um den Roboter herum identifiziert, schätzt er die Beziehungen zwischen ihnen. Es wurde eine Feldstudie von 2 Monaten durchgeführt. Die Ergebnisse des Feldversuchs zeigten, dass der Roboter zwei Monate lang erfolgreich mit vielen Kindern interagiert und eine freundschaftliche Beziehung zu ihnen aufzubauen schien. Darüber hinaus zeigte er eine angemessene Leistung bei der Erkennung von Freundschaften zwischen Kindern (Takayuki et al. 2016).

### **Interaktive Assistenzrobotik zur Förderung von Kindern und Jugendlichen mit Autismus**

Robotische Lösungen zur Förderung von Kindern und Jugendlichen mit Autismus werden bereits in verschiedenen Bereichen erprobt (Toh et al. 2016, Vogt et al. 2017, Cheng 2021). Studien zum Einsatz bei Kindern mit Autismus zeigen bspw. eine Verbesserung der Sprache sowie des funktionalen Verhaltens (Wood et al. 2021, Huijnen et al. 2016). Weitere Forschungen in diesem Zusammenhang wurden u.a. mit den Robotersystem KiliRo (Bharatharaj et al. 2017), Kaspar (Wainer et al. 2010), Nao (Shamsuddin et al. 2015), (Belpaeme et al. 2015), Probo (Pop et al. 2013), Zeno (Torres et al. 2012) und Aibo (Dautenhahn 2000) durchgeführt. Dabei wurde ein großes Potenzial von Robotersystemen zur Förderung der Interaktion von Kindern mit Autismus und der Umwelt sowie der Verbesserung des funktionalen Verhaltens gezeigt. Wood et al. (2021) und Alnajjar et al. (2021) adressieren gezielt die Förderung der Empathie sowie der Aufmerksamkeit. Mit dem Zeno-Roboter wurden spielerisch gegenseitige Nachahmungen zwischen Kind und Roboter umgesetzt, um (fein-)motorische Fähigkeiten (z. B. Gestikulieren) der Kinder zu verbessern (Duquette

et al. 2008, Bugnariu et al. 2013). Vogt et al. (2017) motivierte Vorschulkinder mit Autismus beim Lernen einer Zweitsprache mit dem Nao-Roboter und baute Vertrauen und Aufmerksamkeit der Kinder durch Gestikulieren auf. Weitere Roboter wurden im Rahmen der Verhaltenstherapie eingesetzt, um soziale Fähigkeiten wie Augenkontakt und das Erkennen von Emotionen zu trainieren (Scassellati 2007, Yun et al. 2016, Aziz et al. 2015). Studien haben gezeigt, dass die Interaktion zwischen Kindern und Eltern, Betreuern und der Umwelt in diesem Zusammenhang mit Robotern signifikant verbessert werden kann (Cabibihan et al. 2013). In einer Studie wurde untersucht, ob die Integration einer robotischen Lösung in einem Therapieprogramm im Vergleich zur alleinigen Anwendung des Therapieprogramms effektiver ist. Dabei konnte unter Anwendung der Early Social Communication Scale (ESCS) festgestellt werden, dass der begleitende Einsatz eines robotischen Systems zu besseren Ergebnissen führt (Ghiglino et al. 2021). Zur Messung der Wirksamkeit werden Skalen eingesetzt oder aber auch die Reaktionen des Kindes, z. B. Körper- und Kopfbewegungen (Anzalone et al. 2019) beobachtet. Einige Forschungsarbeiten versuchen die Quantifizierung der Wirksamkeit mit Biosignalen zu erreichen. Im Rahmen einer Pilotstudie wurden EEG-Messungen bei der Interaktion von autistischen Kindern mit einem Roboter ausgewertet. Während der Interaktion mit dem Roboter konnte eine hohe Aktivierung von Hirnregionen festgestellt werden, die für die Entwicklung von sozialen Fähigkeiten wichtig sind. Diese Ergebnisse zeigen, dass ein Roboter ein geeignetes System zur Stimulierung sozialer Fähigkeiten und die Förderung der Interaktion mit anderen Menschen sein kann (Goulart et al. 2019). Weitere Einsatzbereiche von robotischen Interventionen bei Autismus werden im klinischen Kontext zur Hilfe bei der Stellung der Autismus Diagnose erprobt (Ramírez-Duque et al. 2020). Im Projekt MigrAVE werden in Münster NAO und QT-Robot eingesetzt, um Kinder mit ASS mit dem Ausbau von sozio-emotionalen und lebenspraktischen Fertigkeiten zu unterstützen.

### **Interaktive Assistenzrobotik in der neurologischen Rehabilitation**

Weitere Bereiche in denen robotische Systeme zur Therapie von Kindern und Jugendlichen mit motorischen Einschränkungen eingesetzt werden, sind Zerebralparese (Krebs et al. 2009, Wu et al. 2017) oder weitere angeborene neurologisch bedingte Koordinationsstörungen der oberen Extremitäten (Frascarelli et al. 2009). Van den Heuvel et al. haben eine Studie mit dem Roboter IROMEC durchgeführt mit dem Ziel

Patienten mit schweren körperlichen Behinderungen beim Spielen zu unterstützen. Es konnte ein positiver Effekt beobachtet werden, allerdings macht die mangelnde Anpassungsfähigkeit bzw. Erweiterbarkeit des robotischen System einen Einsatz in der Pflegepraxis unmöglich (van den Heuvel et al. 2017). Auf dem Markt sind diverse Rehabilitationsroboter sowie technische Unterstützungssysteme erhältlich. Klöckner vergleicht über 50 Systeme für die automatisierte Bewegungstherapie von neurologischen Patienten (Klöckner 2018). Interessante Systeme der unterschiedlichen Kategorien sind AL-System der Firma Cyberdyne, ArmeoPower von Hocoma, Hirob der Firma Intelligent Motion und Sinfonia von der Firma Gloreha. Eine detaillierte Literaturrecherche zu kindgerechten Systemen in diesem Zusammenhang ist in der Vorstudie neurologische Rehabilitation geplant.

### **Akzeptanzfaktoren für robotische Systeme**

Trotz vielversprechender Ergebnisse gehen viele Projekte bislang nie über die Pilotphase hinaus. Der Fokus der Projekte liegt meist auf dem Einsatz und der Evaluation ausgewählter Robotik in konkreten Szenarien. Eine ganzheitliche Betrachtung zum Einsatz von robotischen Systemen sowie deren Vergleich findet meist nicht statt, mit der Konsequenz einer fehlenden Nachhaltigkeit. Dabei spielen bei der Entwicklung von nachhaltigen robotischen Systemen für die Therapie und Versorgung verschiedene Faktoren eine Rolle. Frennert and Östlund (2014) beschreiben verschiedene Faktoren, die eine Akzeptanz von Robotik fördern. Eine große Rolle spielt die gesellschaftliche Akzeptanz derartiger Systeme, die eine sozio-technische Betrachtung der Entwicklung mit Einbezug aller relevanten Stakeholder im Sinne des partizipativen Designs notwendig macht. Neben der gesamtgesellschaftlichen Betrachtung müssen Nutzerstudien durchgeführt werden, um die Variabilität in der Zielgruppe sowie deren Bedarfe zu verstehen. Eine stereotypische Bewertung von Nutzern und die daraus resultierende starre Entwicklung von Systemen ist kontraproduktiv und mindert die Akzeptanz durch eine potenziell größere Zielgruppe. Zudem müssen insbesondere für den erwarteten Therapie-/Lernfortschritt adaptive Systeme in Betracht gezogen werden. Bei der Bewertung von multimodalen Technologien, die eine erhöhte Wahrnehmung und daraus resultierend ein höheres Interesse an den Emotionen des Patienten und so eine natürliche Interaktion ermöglichen, ist die Nutzersicht ausschlaggebend (Frennert and Östlund 2014). Eine multidimensionale Betrachtung ethischer Implikationen (z. B.

Verlust der Privatsphäre, Haftung, Kontaktverlust, Einfluss auf die Mensch-Mensch Interaktion) mit allen Stakeholdern ist notwendig. Eine Konkretisierung des Einsatzzweckes vereinfacht dabei die ethische Bewertung. In der Roboterforschung fehlt es des Weiteren noch an einheitlichen Methoden mit der Konsequenz einer mangelnden Qualität und Vergleichbarkeit von Studien. Standardisierte Methoden und Werkzeuge können helfen Transparenz zu schaffen und Längsschnittstudien zur Evaluation der positiven und negativen Auswirkungen unterstützen. Fosch-Villaronga et al. (2020) sammelten in internationalen Workshops Expertenmeinungen zu ethischen, rechtlichen und sozialen Fragen bei sozialen Robotern (Fosch-Villaronga et al. 2020). Zwei übergeordnete Aspekte wurden als Meta-Herausforderungen herausgestellt: Unsicherheit und Verantwortung. Es fehlen Leitlinien zur Anwendbarkeit von Gesetzen sowie ein Framework zur Konformitätsbewertung. Weitere Unsicherheiten betreffen auch das potenzielle unethische Verhalten der Roboterlösungen (abhängig von sozialen Standards und Kulturen) und die wirtschaftlichen Auswirkungen einschließlich Beschäftigungseffekten. Die gewählte übergeordnete Methode BSC hilft, verschiedene Faktoren im Blick zu haben, ein gemeinsames Verständnis zu erlangen und so die gesamtgesellschaftliche Akzeptanz und die der Nutzenden zu fördern sowie standardisierte Methoden der Roboterforschung (weiter-)zu entwickeln und zu evaluieren.

### 12.2.2 Vorteile gegenüber konkurrierenden Lösungsansätzen

ROBO:REHKIDS verknüpft interdisziplinäre wissenschaftliche und praktische Expertise im Bereich der interaktiven Assistenzrobotik für Kinder und Jugendliche mit Beeinträchtigungen. Die Verbindung von praxisnaher Forschung zu Fragestellungen der interaktiven Assistenzrobotik mit der Lehre ermöglicht den Einbezug neuester Forschungsergebnisse in die Lehre, die Durchführung von praxisnahen Promotionen sowie die Ergänzung des Lehrveranstaltungsangebots mit praxisnahen Seminarangeboten. Die gewählte Methode einer angepassten Balanced Scorecard forciert eine multiperspektivische Betrachtung beim Aufbau des Netzwerks sowie der Methoden des Kompetenzzentrums. Mit dem geplanten Aufbau eines perspektivenübergreifenden Austauschs schließt ROBO:REHKIDS die Lücke zwischen technischen und gesellschaftlichen Aspekten interaktiver Assistenzrobotik. Um interaktive Assistenzrobotik zügig in die Praxis zu bringen und neue Anwendungsszenarien zu erschließen, werden

Modellprojekte/Anwendungsszenarien in verschiedenen Entwicklungsstadien durchgeführt. So werden neben konkreten, in sich abgeschlossenen Szenarien mit humanoider Robotik wie Pepper, auch Anwendungsszenarien in Laborsituationen umgesetzt, um beispielsweise in einem nicht alltagsnahen technologischen Setting eine Quantifizierung der Biosignale für die Wirksamkeit oder neue Modelle für natürliche Interaktion zu erheben. Mit der Einbettung eines Abbildes des anthropomorphen Robotersystems in die virtuelle Realität werden auch explorative Untersuchungen von graduellen, sich ändernden Szenarien möglich, um diese auf zukünftige Robotersysteme übertragen zu können. Das Kompetenzzentrum hat über den Partner MedEcon Ruhr GmbH Zugang zu den Clustern Kinder- und Jugendmedizin sowie NervenSinneTechnik und somit beste Standortvoraussetzungen für die Erschließung von neuen Projekten, den Transfer in die Anwendung sowie den Ausbau des Netzwerks. Neben der gezielten Einbindung von Anwendungspartnern in Modellprojekten sollen ein einzigartiger mobiler Showroom / Showtruck und ein Podcast einen Beitrag leisten, um die interaktive Assistenzrobotik dem Anwender näher zu bringen sowie gesellschaftliche Akzeptanz zu fördern.

### 12.2.3 Risikodarstellung

Im Rahmen des Einsatzes von interaktiver Assistenzrobotik ergibt sich die zentrale Herausforderung aus der vollständigen Abbildung aller denkbaren Szenarien und Variabilität der Zielgruppe in der Anwendungsdomäne. Gerade die Abbildung der Variabilität und die Vermeidung der Umsetzung von starren Systemen ist für die Akzeptanz durch eine große und variable Zielgruppe wesentlich. ROBO:REHKIDS führt im Rahmen von Modellprojekten frühzeitig Nutzerstudien durch, um die individuellen Besonderheiten der Zielgruppe zu verstehen, und erprobt Methoden, die unter anderem mit maschinellem Lernen und multimodaler Sensortechnologien eine erhöhte Wahrnehmung und somit die Umsetzung einer natürlichen Mensch-Roboter-Interaktion ermöglichen. Adaptive Konzepte sollen zudem Lern- und Therapiefortschritte erkennen und ebenfalls bei der Interaktionsgestaltung berücksichtigt werden. Zur weiteren Erhöhung der Nutzerakzeptanz werden die Anwender im Sinne des partizipativen Designs frühzeitig bei der Bedarfserhebung sowie ersten Feldtests mit eingebunden. Die wirtschaftlichen Risiken des Projektes resultieren vor allem aus den enorm hohen Kosten für den Einsatz von robotischen Systemen, die unter Berücksichtigung der zu

lösenden technischen Probleme dazu führen können, dass ein Erfolg und damit eine Refinanzierung derzeit nicht sichergestellt sind. Es fehlen Geschäftsmodelle für die gewählte Anwendungsdomäne, die im Kompetenzzentrum unter Berücksichtigung der gegebenen Rahmenbedingungen konzipiert werden. Hier liegt ggf. auch ein Risiko in der Fokussierung auf Kinder und Jugendliche: diese “Beschränkung” des Marktpotenzials wird aber in Kauf genommen, da die oben beschriebene Potenziale, einen relevanten Bedarf in der Zielgruppe zu decken und eine vermutlich für die Robotik aufgeschlossene Zielgruppe zu erreichen, hier überwiegen. Die angestrebte Lösung ist außerdem aufgrund der notwendigen, interdisziplinären Kompetenzen nur im Verbund erzielbar. In der beschriebenen Konstellation ergibt sich die Chance, gemeinsam interaktive Assistenzsysteme in praxisnahen Szenarien zu erproben, zu evaluieren und Vorteile für Anwender transparent darzustellen. Mit der gewählten BSC-Methode wird systematisch ein multiperspektivischer Aufbau des Kompetenznetzwerks sowie standardisierter methodischer Expertise angestrebt.

### 12.3 Wissenschaftliche und technische Methoden sowie Arbeitsziele des Kompetenzzentrums

Der Aufbau des Kompetenzzentrums orientiert sich methodisch an der Balanced Scorecard um eine ausgewogene Betrachtung übergreifender Aspekte zu ermöglichen. Im Folgenden wird auf die einzelnen Modellvorhaben eingegangen.

Im Modellvorhaben **Interaktive Assistenzrobotik als Schul- und Lernbegleiter** wird der humanoide Roboter Pepper eingesetzt und bedarfsorientiert konfiguriert und evaluiert. Ergänzende Anwendungen (Telepräsenz, Management) werden entwickelt, um die Integration in den ganzheitlichen Einsatzprozess zu unterstützen. Es sollen folgende Fragen zur Assistenzrobotik adressiert werden:

#### Funktion der Assistenz / Schulbegleitung

- Welche Assistenzleistungen für Kinder mit Beeinträchtigungen können von Assistenzrobotik übernommen werden und welche nicht? (Individual-Assistenz)
- Individueller Hilfegeber (Was geht dabei technisch tatsächlich?)
- Unterstützer der Interaktionsgestaltung: von Enabler / Helfer / Übersetzer bis zu

Impulsgeber / Motivation / „Trigger“

- Welche Probleme und Schwierigkeiten treten aus Sicht von Schülerschaft, Lehrkräften und Eltern auf und wie können diese bewältigt werden?
- Wie kann Assistenzrobotik zur Förderung sozialer Interaktionen in einer heterogenen Klasse eingesetzt werden? Welche Szenarien sind denkbar? Ggfs. Entwickeln von Interaktionsszenarien (Sozial-Assistenz)

#### Funktion der Telepräsenzrobotik (Absenz-Assistenz)

- Welche Möglichkeiten bietet die Robotik für Telepräsenz im Unterricht (Kinder zu Hause, in Klinik, Reha, . . . )?
- Welche Wirkung erzielt ein humanoider Roboter im Vergleich zu anderen Telepräsenz-Lösungen?
- Wie kann Telepräsenz im Kontext von Schulabsentismus oder Return To School-Prozessen im Zusammenhang mit Krankheiten eingesetzt werden?
- Wie beeinflusst die Assistenzrobotik die schulische Unterrichtssituation (Unterricht, Beziehungen, Technik)?
- Welche Probleme und Schwierigkeiten treten auf und wie können diese bewältigt werden?

#### Fragen zur Interaktionsgestaltung (in Anlehnung an Belpaeme et al. 2017)

- Welche Rolle soll der Roboter übernehmen (tutor, peer, friend) und wie wird er den Kindern vorgestellt? (Abbau von Ängsten)
- Wie wird verhindert, dass Kinder dem Roboter Schaden zufügen?
- Wie ist die Interaktion zwischen Kind und Roboter zu gestalten?
- Input: Welche Interaktionsmodalitäten stehen den Kindern zur Verfügung? Können die Kinder den Roboter über das Tablet bedienen? Kann der Roboter die Kinder „sehen“ und „hören“? Reagiert er auf Berührungen?
- Verbaler Output: Wie soll der Roboter mit den Kindern sprechen? Wie soll er Feedback formulieren (z.B., wenn die Kinder nicht aufpassen)? Wie kommuniziert der Roboter, dass er „zuhört“?
- Non-verbaler Output: z.B. Welche Distanz soll der Roboter zum Kind einhalten? Wie reagiert er auf Berührungen durch das Kind? Verwendet der Roboter Gesten/Posen? Sollen die LEDs und das Tablet des Roboters eingesetzt werden?

Als Zielgruppe werden zunächst Primärschülerinnen und Primärschüler (ca. 3. bzw. 4. Klasse) adressiert; die Eignung dieser Zielgruppe gilt es aber in den ersten Arbeitspaketen zu erarbeiten bzw. zu bestätigen. In jedem Fall soll eine inklusive Schulsituation in den Fokus genommen werden (keine reine Förderschule). Dabei sind die Passung des robotischen Assistenzsystems und die damit einhergehenden Unterstützungsmöglichkeiten mit den individuellen Bedarfen der Kinder abzugleichen, um eine angemessene Kind-Roboter-Interaktion zu gestalten.

Im Rahmen des **Modellvorhabens Assistenzrobotik in der Therapie bzw. Förderung von Kindern mit frühkindlichem Autismus** werden folgende Teilziele zur Verbesserung der Therapie / Förderung angestrebt:

- Einsatz und nutzerorientierte Weiterentwicklung des Roboters Pepper zur Förderung kommunikativer Fähigkeiten sowie Alltagskompetenzen bei Kindern mit Autismus mit dem Ziel, sowohl die Entwicklung des Kindes als auch die Interaktion im Rahmen der Therapie zu verbessern
- Einbettung der robotischen Lösung in ein Therapiemanagementsystem zur Unterstützung der Therapiepraxis sowie den Therapieprozessen durch ein digitales Therapiemanagement und einer webbasierten Schulung und Begleitung der Therapeuten
- Einbettung eines Abbildes des anthropomorphen Robotersystems in die virtuelle Realität zur explorativen Untersuchung von graduellen sich ändernden Szenarien, um diese auf zukünftige Robotersysteme übertragen zu können
- Umsetzung eines AI-Softwareframework zur kontinuierlichen Analyse und Klassifikation des Gemütszustandes und des kognitiven Trainings sowie zur Gestaltung natürlicher Interaktionen
- Erarbeitung und Anwendung von Methoden und Metriken zur Quantifizierung der Wirksamkeit als auch zur Bewertung von ELSI-Aspekten

Folgende Forschungsfragen werden adressiert:

- Wie verändert sich die Akzeptanz der Angehörigen/ des therapeutischen Teams vor und nach dem Einsatz des robotischen Systems?
- Wie ist die Akzeptanz der Kinder? Kann das Stresslevel des Kindes in der Interaktion mit dem robotischen System reduziert werden?

- Hat der Einsatz des robotischen Systems Auswirkungen auf die Lebenszufriedenheit der engen Angehörigen und Begleitpersonen? Kann der Einsatz des robotischen System das Belastungsniveau des therapeutischen Teams senken?
- Kann durch den Einsatz des robotischen Systems das sprachliche Repertoire des Kindes erweitert werden? Kann der Roboter Bedürfnisäußerungen aufgreifen und entsprechende Prompts liefern, um die Verbalisierung der Bedürfnisse zu unterstützen? Können mit Hilfe der robotischen Lösung soziale Interaktionsfähigkeiten aufgebaut werden?
- Ist der Roboter im Fördersetting als Assistent einsetzbar und in der Lage im Discrete Trial Training Instruktionen zu erteilen und entsprechende Prompts zu liefern (z.B. beim Erwerb feinmotorischer Fähigkeiten)?
- Können Alltagshandlungen durch die Assistenz des Roboters unterstützt werden?
- Ist der Roboter auch bei der Entwicklung und Förderung zentraler (vor-)schulischer Kompetenzen wie Fein- und Grobmotorik, Kategorisierung und Handlungsplanung einsetzbar?
- Welchen Einfluss hat die Technik auf die Betroffenen, ihre Angehörigen und deren Alltag? Dies umfasst insbesondere den Aspekt des individuellen Krankheitsmanagements, also wie der Robotikeinsatz den Umgang und die Bewältigung der Krankheit, sowohl aus Sicht der Kinder als auch deren direkter Bezugspersonen, wie z.B. die Eltern und das familiäre System, verändert.

Zur Evaluation werden standardisierte Instrumente der Förder- und Belastungsdiagnostik wie des PEP (Schopler), der Child Behaviour Check List oder auch der elterlichen Belastungsmessung mit dem Parental Stress Index sowie zusätzlicher qualitativer Instrumente eingesetzt. Parallel wird der Aufwand an Fach- und Assistenzpersonal in der Pilotphase sowie unter Einsatzbedingungen gemessen. Der Einsatz des robotischen Systems soll an Kindern (15-30 Kinder) mit frühkindlichem Autismus im Vorschul- und Grundschulalter getestet werden. Teilnehmen können Kinder, die ehemalige oder aktuelle Teilnehmer des Münsteraner Intensivprogramms für Kinder mit ASS der FH Münster sind oder sich in der Förderung durch kooperierende Institutionen befinden. Im Vorfeld wird eine Anforderungsanalyse durchgeführt, um die Zielgruppe einzugrenzen, und nutzerorientierte Anforderungen abzuleiten. Des Weiteren werden Datenschutz- und Datensicherheitsanforderungen erhoben, sowie ethische und Risikofaktoren analysiert, um die Patientensicherheit als oberste Priorität zu gewähren.

Das robotische System wird zunächst unter Laborbedingungen getestet, um Daten zu erheben, Verhaltensmuster zu erkennen, das System entsprechend zu justieren und validieren zu können. Folgende Parameter werden durch qualitative Befragungen und quantitative Messungen im Prä-Post-Vergleich erfasst:

- Qualitative Erfassung des Stress- und Belastungsniveaus der Angehörigen
- Qualitative Erfassung der Nutzerakzeptanz des robotischen Systems der Angehörigen und des Therapeutenteams
- Erfassung der Lebenszufriedenheit der Angehörigen
- Quantitative Erfassung des Stressniveaus des Kindes in Lernsituationen und in Ruhesituationen
- Aktuelles Entwicklungsniveau des Kindes in Zielbereichen: feinmotorische Fähigkeiten, Alltagskompetenzen, sprachlicher Bereich mit dem PEP und der CBCL
- Erfassung des Sprachniveaus: quantitative Messung der spontanen Bedürfnisäusserungen

Im Sinne der Bedarfs- und Machbarkeitsanalyse gilt es im **Modellvorhaben Assistenzrobotik als Therapiebegleiter oder –kollaborator in der neurologischen Rehabilitation** folgende Fragen zu beantworten und die dazu notwendigen Partner im Sinne des Kompetenzzentrums zusammenzubringen. Dabei sollen folgende funktionalen Aspekte betrachtet werden: Kinematisches und kinetischen Bewegungskonzept, Rolle der Bewegungsvorgabe und Korrektur, Rolle und Möglichkeit des (Neuro-)Feedbacks für das Bewegungslernen. Desweiteren sind folgende Fragen zum Therapiesetting zu klären: Möglichkeiten zur Datenauswertung und selbstständigen Anpassung, Motivationsunterstützung & Gamification, Enabler für selbstständiges Üben, Bedienbarkeit und Betreuungsaufwand. Weitere Aspekte, die eine Rolle spielen sind die Einbindung in den Versorgungsprozess sowie die Rolle der Akteure. Im Ergebnis soll auf Basis dieser Bedarfs- und Machbarkeitsanalyse ein Impuls für zukünftige Entwicklungen gegeben werden, damit im Sinne des Kompetenzzentrums nicht nur vorhandene robotische Systeme in die Anwendung kommen, sondern auch aus der Anwendung Entwicklungsimpulse hervorgehen.

## 12.4 Nachhaltigkeit und Verwertungsplan

### 12.4.1 Wissenschaftlich-technische und wirtschaftliche Erfolgsaussichten

Durch den gewählten Lösungsansatz des Kompetenzzentrums mit der Umsetzung der BSC-Methode sowie den zu realisierenden Verbund von Partner und deren Kompetenzen bestehen sehr gute Erfolgsaussichten, dass die beteiligten Partner ihr Know-how substantiell erweitern und die Ergebnisse in ihren Bereichen erfolgreich verwerten können. Dies umfasst u.a.:

- Für die wiss. Partner: Evaluierete und ggf. standardisierte Methoden der anwendungsbezogenen Roboterforschung durch fundierte und praxisnahe Erarbeitung, Evaluation und Verbesserung von Methoden (Best Practices) für weitere Vorhaben.
- Für die Anwendungspartner: Die Nutzung robotischer Systeme mit positiven Auswirkungen auf die Lebensqualität, die familiären Systeme (Mensch-Mensch-Interaktion), auf die soziale Teilhabe, auf die Gesundheitsversorgung und auf die Prozesse von Leistungserbringern.
- Für Industriellen und technischen Entwicklungspartner: Know-how und Best-practise Erfahrungen zur Implementation robotischer Systeme in die spezifische, zielgruppenorientierte Anwendungsdomäne.

Aufgrund der Aufwendungsorientierung sind die Ergebnisse nicht auf proprietäre Lösungen oder exklusives Know-how ausgelegt, sondern sollen durch entsprechende wissenschaftliche Publikationen, zielgruppenorientierte Öffentlichkeitsarbeit und Veröffentlichungen von Handlungsleitfäden und best-practise Modellen verbreitet werden. Damit kann über die konkret eingebundenen Partner hinaus insgesamt eine breite Nutzung der Ergebnisse erfolgen:

- Zur Förderung der Akzeptanz von Assistenzrobotik in der gewählten Domäne
- Zur Verbesserung der Interaktionsforschung: Akzeptanz / Wirksamkeit von Interaktionsmustern, adaptive situationssensitive Interaktionsmodelle
- Zur Erfassung der Nutzerbedarfe und spezifischen Anforderungen.

### **Wirtschaftliche Erfolgsaussicht für Entrance Robotics**

Die Wirkung des FuE-Projekts „ROBO:REHKIDS“ wird für die ENTRANCE Robotics GmbH einen neuen Meilenstein in Bezug auf die Innovationskompetenz des Unternehmens im Bereich Inklusion darstellen. ENTRANCE ist durch die Softwareplattform „Robot.Care“ bereits führend im Bereich humanoide Robotik für die Interaktion / unterstützende Betreuung von Senioren in der Tagespflege und auf geriatrischen Stationen. Diese neue, forschungsinduzierte Entwicklung bedeutet eine klare Ausweitung der erprobten Firmenexpertise von Software in Kombination mit assistierender Robotik auf den Bereich Inklusion und wird grundlegende Assistenzsysteme ermöglichen, die durch die wissenschaftlichen Nachweis Ihren Mehrwert für alle Einrichtungen beweisen werden, die aktiv Menschen mit Behinderungen Arbeits-, Ausbildungs- oder Betreuungsmöglichkeiten bieten.

Durch die neuartige Kombination von Assistenzrobotik mit den erfolgreich erprobten Plattformen für die autonome Unterstützung / Selbstermächtigung von Menschen mit Behinderungen aller Altersgruppen, wird ein komplett neuer Service-Markt erschlossen. Das gesamte Projekt-Knowhow wird an deutschen Standorten gebündelt und eine langfristige Wertschöpfung für den Deutschen Standort wird gesichert. Die Wettbewerbsfähigkeit von ENTRANCE wird durch dieses Projekt, besonders unter Berücksichtigung der wachsenden europäischen Konkurrenz im Bereich digital Care und Inclusion gestärkt.

### **Wirtschaftliche Anschlussfähigkeit mit Zeithorizont**

Technologie- und Wissenstransfer: Durch die Entwicklung und die Evaluation des Mehrwerts von robotischen Assistenzsystemen für Kinder und Jugendliche mit Einschränkungen kommt es zu direkten, langfristigen Synergien aller Projektbeteiligten aus dem Bereich Privatwirtschaft, Hochschulforschung und Instanzen des Arbeits- und Bildungsmarktes. Das initiale Partnernetzwerk entfacht auf der Projektebene ein Mikronetzwerk, welches sukzessiv Technologietransfer in das eigenständige Netzwerk jedes Projektpartners tragen wird. Jede Disziplin / Einzeltechnologie, die hier für das Komplettsystem kombiniert wird, wird durch diese interdisziplinäre Arbeitsweise aufgewertet und kann modular auf andere Use Cases mit einem Mehrwert aus der Projektphase übertragen werden.

Projektbezogene Wirkungen	Jahr 1 (2024)	Jahr 2 (2025)	Jahr 3 (2026)
<b>Erwartete projektbezogene Umsätze (pro Jahr)</b>			
Posten Zusammensetzung	10 x Komplettsysteme (Hardware + Software + Lizenzen 2Y)	20 x Komplettsysteme (Hardware + Software + Lizenzen 2Y)	100 x Komplettsysteme (Hardware + Software + Lizenzen 2Y) 80-100 x Folgekosten (10.000 € / Jahr / System)
Beschreibungen	<b>Roboter Plattform Pepper + modulare Software Plattform für die Unterstützung im Bereich Inklusion</b> Komplettsystem von Hardware und Software. Optimiertes Modulpaket für die Interaktion mit Menschen mit Behinderungen.	<b>Roboter Plattform Pepper + modulare Software Plattform für die Unterstützung im Bereich Inklusion</b> Komplettsystem von Hardware und Software. Optimiertes Modulpaket für die Interaktion mit Menschen mit Behinderungen.	<b>Roboter Plattform Pepper + modulare Software Plattform für die Unterstützung im Bereich Inklusion</b> Komplettsystem von Hardware und Software. Optimiertes Modulpaket für die Interaktion mit Menschen mit Behinderungen.
Betrag (Summe)	350.000 €	700.000 €	3.500.000 €
<b>Erwartete Einstellung neuer Mitarbeiter infolge des Projekts (pro Jahr)</b>			
Ausblick	1 x Full-Stack Developer (Vollzeit) 1 x Customer Care Manager (Teilzeit)	2 x System-Administratoren (Vollzeit) für System Maintenance und Administration 2 x Project Manager (Vollzeit)	2 x Full-Stack Developer (Vollzeit) Für die sukzessive Weiterentwicklung des Systems

**Tabelle 12.1:** Projektbezogene Wirkung

Außerdem ist durch diese Leittechnologie, ein potenziell maßgeblicher Faktor für eine wirtschaftliche Führungsrolle des Projektteams auf dem deutschen Markt, da wir hier ein neuartiges, autonomes Assistenzsystem etablieren, welches für alle Altersgruppen und alle Zielgruppen von Menschen mit Behinderungen adaptiert werden kann. Langfristig wird diese Vorreiterrolle zu Kooperationsprojekten mit anderen europäischen Nachbarländern führen, in welchen Teilbereiche der erarbeiteten Technologiekompetenzen genutzt werden.

Weitere Zielmärkte / Branchen: Außerhalb des anvisierten Marktes bietet dieses Projekt die Möglichkeit einer Adaption des Systems auf alle Branchen, welche eine direkte Mensch-Maschine-Interaktion ermöglichen bzw. begünstigen. Mögliche Branchen sind: Handel, Tourismus & Gastronomie, Marketing & Nutzung durch öffentliche Einrichtungen. Der automatisierte Service, welcher für Menschen mit Behinderungen optimiert ist, entlastet auf einer breiten Fläche die vorhandenen Arbeitskräfte und schafft für alle Beteiligten eine neue Datengrundlage, mit welcher der Service an jedem Standort optimiert bzw. transformiert werden kann. So wird langfristig in vielen Alltags und Wirtschaftsbereichen Service-Robotik auch Barrierefreiheit fördern und

signifikant die Möglichkeiten im Alltag für Menschen mit Behinderungen verändern.

### 12.4.2 Wirtschaftliche Anschlussfähigkeit mit Zeithorizont

Der Ansatz für das Kompetenzzentrum ist konsequent multiperspektivisch angelegt und setzt auf einen Verbund von Partnern. Grundsätzlich sollen die Expertisen bei den Akteuren bleiben: d.h. die Forschungstätigkeiten sollen weiter durch die wissenschaftlichen Partner ausgeführt werden, ein Vertrieb von Produkten und Dienstleistungen ist im Interesse der Industriepartner, usw. Dadurch sollen und können die jeweiligen Expertisen der Partner bestmöglich eingebracht werden und es ist kein aufwendiger Aufbau von personellen und materiellen Ressourcen in einer zentralen Struktur notwendig. Auf diese Weise ist das Kompetenzzentrum gut skalierbar und erforderliche Kompetenzen können projektbezogen und flexibel eingebunden werden, ohne Leistungsangebote und Kompetenzen aufwendig vorzuhalten. Mit Hilfe der Modellvorhaben wird die Zusammenarbeit eingeübt und etabliert. Ebenso werden entsprechende Referenzen für ein gebündelte Leistungsangebot des Kompetenzzentrums geschaffen. Dies soll zur Akquise neuer (öffentlich und privatwirtschaftlich finanzierter) Vorhaben genutzt werden und zur Verstetigung des Zentrums beitragen.

Den Vorteilen der verteilt einzubringenden Kompetenzen stehen die Herausforderungen gegenüber, eine effiziente und operativ leistungsfähige Struktur für die Zusammenarbeit umzusetzen sowie das gebündelte Angebot von Leistungen nach außen bzw. an externe Partner überzeugend darzustellen. Zur Bewältigung dieser Herausforderungen ist in der Aufbauphase der Förderung eine gewisse räumliche Fokussierung der Partner (Schwerpunkt Ruhrgebiet bzw. NRW) vorgesehen, um die Effizienz bei der Zusammenarbeit zu erleichtern. In diesem Kontext kann auch eine Anlehnung an die bestehende Netzwerkstruktur des MedEcon Ruhr e.V. erfolgen und die aufgebauten thematischen Schwerpunktsetzungen im Bereich der Kinder- und Jugendgesundheit sowie der Initiative NervenSinneTechnik eine gute Ausgangsbasis bilden.

Auf diesen Vorüberlegungen basiert die Ausgestaltung der für die Verstetigung wichtigen Organisationsform und der inhaltlichen Tätigkeiten bzw. Angebote des Kompetenzzentrums.

### **Organisationsform des Kompetenzzentrum**

Ausgangspunkt für die Organisationsstruktur ist der Gedanke der dargestellten kooperativen Struktur. Mit Beginn der Umsetzung wird zunächst nur eine “in-house” Struktur realisiert, d.h. die Konsortialbildung mit entsprechendem Kooperationsvertrag. Das ISST wird die Leitung und Organisation des Konsortiums übernehmen und bei der weiteren Umsetzung der Strukturen von der MedEcon Ruhr GmbH unterstützt. Mit der weiteren strategischen Ausgestaltung und inhaltlichen Ausdifferenzierung ist dann die Gründung einer Vereinsstruktur geplant (ca. Ende des zweiten Laufzeitjahres). Die Form eines Vereins stellt eine organisatorisch vergleichsweise einfach umzusetzende eigenständige Rechtsform dar, ermöglicht aber ein eigenständiges Agieren und den gemeinsamen Außenauftritt. Gleichzeitig bildet der Verein die Idee der kooperativen Umsetzung und eines demokratischen Verständnisses mit Stimmrechten ab. Eine Satzung kann entsprechend der Erfordernisse ausgestaltet werden. Der Verein kann seitens der Organisationsstruktur schlank gehalten werden. Die Geschäftsbesorgung des Vereins kann von der MedEcon Ruhr GmbH übernommen werden, die solche Grundfunktionalitäten bereits für den eigenen Verein (MedEcon Ruhr e.V.) sowie weitere Initiativen übernimmt. Die Vereinsstruktur ist offen für neue Mitglieder; damit soll auch eine Neutralität gegenüber einzelnen gewerblichen Anbietern gewahrt werden. In seiner Grundkonfiguration engagieren sich die Mitglieder für den Verein und ziehen aber auch gleichzeitig etwas aus der gemeinsamen Vereinsarbeit. Das gemeinsame Initiieren von Projekten, die gemeinsame Außendarstellung, die Entwicklung von Methoden sowie auch gemeinsame Veranstaltungen und ggf. auch der Showroom / -truck lassen sich so verstetigen. Mit der Etablierung eines gemeinschaftlichen Leistungsangebot an externe Partner (zur Entwicklung oder Implementierung von Robotik in der Anwendungsdomäne) wird sich zeigen, ob die Organisationsform des Kompetenzzentrums weiterentwickelt werden muss. Bei verstärkter externer Nachfrage (und Kaufkraft) von außen, sind auch Organisationsformen einer (gemeinnützigen) GmbH oder einer genossenschaftlichen Struktur denkbar. Insbesondere Letztere bietet eine interessante Option, die oben dargestellte Idee der Kooperative mit der Leistungserbringung “nach innen und nach außen” zu verbinden. So könnten sowohl die Anbieter von Robotik als auch die anwenderseitigen Nachfrager gemeinsam vom Kompetenzzentrum und seiner Innovationsfähigkeit profitieren. Als Zeithorizont hierfür ist Jahr 4 oder 5 anzusetzen.

## Inhaltliche Tätigkeitsschwerpunkte und Angebote

Die Tätigkeiten des Kompetenzzentrums sind in folgende Bereiche zu untergliedern. Dabei ist aus wirtschaftlicher Perspektive zu unterscheiden, welche Tätigkeiten unmittelbar durch den Verein selbst und welche durch die Mitglieder ausgeführt werden. In den ersten Jahren nach der Gründung des Vereins wird die unmittelbare Tätigkeit durch die Geschäftsstelle des Vereins sehr geringgehalten. Mit der weiteren Etablierung und einer Nachfrage von außen ist auch der Ausbau eigener Tätigkeit geplant.

Bereich	Tätigkeit	durch Verein selbst
Forschung & Entwicklung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Initiierung von Projekten</li> <li>• Begleitung von Projekten</li> </ul>	Initial: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Konsortialbildung</li> <li>• Scouting von Förderprogrammen</li> </ul> Perspektivisch: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Projektmanagement</li> </ul>
Methoden	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Methodenwerkzeuge (Auswahl Systeme und Betriebsmodell, Interaktionsmodellierung, Anforderungscheckliste, Framework für Versorgungskonzepte . . . ), Best Practices</li> </ul>	Initial: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Moderationsprozess</li> </ul> Perspektivisch: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gesamtreaktion von Whitepapers, Leitfäden und Vorschlägen von Standards</li> </ul>
Dienstleistungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implementierungs-unterstützung</li> <li>• Erstellung von Analysen / Expertisen, Assessments (z. B. zur BSC-Methode)</li> <li>• Schulungsangebote mit Nutzung des Showrooms</li> </ul>	Initial: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Anbahnung und Management (Weiterleitung) entsprechender Angebote</li> </ul> Perspektivisch: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bei hoher Nachfrage: eigene Beratungstätigkeit</li> <li>• Erstellung von Schulungskonzepten</li> </ul>
Netzwerk	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erweiterung des Netzwerks</li> <li>• Durchführung von Netzwerkveranstaltungen zum Austausch</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Betrieb einer Geschäftsstelle</li> </ul>
Kommunikation	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nutzung des Showrooms / Showtrucks</li> </ul>	Initial: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Organisation von Events</li> </ul> Perspektivisch: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erweiterung des Show Cases durch technische und gewerbliche Partner</li> <li>• Ausbau zu Messe- oder Konferenztätigkeiten</li> </ul>

**Tabelle 12.2:** Tätigkeitsschwerpunkte

## 12.5 Struktureller Aufbau des Verbundes

### 12.5.1 Bisherige Arbeiten und Vorerfahrungen der Verbundpartner

Das **ISST** hat eine führende Position in der Erforschung von sich verändernden Interaktionen zwischen Innovationen u. Menschen (Human-Innovation-Interaction) (Meister et al. 2018). Technologie ist eine Form der Innovation und so erforscht das ISST im Teilbereich der MTI in der Förderlinie “Technik zum Menschen bringen” mit EPItect, PCompanion oder MightyU das sich verändernde Interaktionsverhalten zwischen KI-affinen Systemen und den Anwendenden (Houta et al. 2019, Bisgin et al. 2019). Die Projekte beziehen Kinder und Jugendliche mit ein und zeigen, dass z.B. Fragen der Interaktion unter Einsatz von schwacher KI im Zusammenspiel mit Technologie anders als bei Erwachsenen beantwortet werden müssen (Hellwig et al. 2019). Robotik muss zudem auf verschiedene Modalitäten reagieren können. Ins-besondere Sprache, wie sie bei ChatBots oder Sprachassistenten genutzt wird, ist Teil der Forschung am ISST und eine essentielle Brücke bei Nutzenden mit motorischen Einschränkungen (Hellwig et al. 2018). Darüber hinaus ist ein weiterer Forschungszweig die Umsetzung von standardisierten und sicherten Datenaustauschinfrastrukturen. In Rahmen von verschiedenen Projekten (SMITH, MOND, EPItect, EFA, . . . ) konzipiert das ISST Nutzern zentrierte Architekturen und will mit der Vernetzung von datenzentrierten Anwendungen Versorgungsprozesse auch mit Einbezug von Systemen (Sensorik, VR-Brillen, Robotik, ..) im Sinne des Anwenders und der Prozess-/Versorgungsgüte umsetzen. Künstliche Intelligenz spielt in verschiedenen Projekten eine Rolle. Während im Projekt EPItect und MOND die Anfallserkennung von Patienten mit Epilepsie adressiert wird, steht im Projekt digitaler Engel die Stresserkennung bei Pflegekräften im Fokus. Um das Kompetenzzentrum im Sinne eines Innovationssystems für Human-Innovation-Interaction umzusetzen, bezieht das ISST zu seiner bestehenden technischen Kompetenz Partner aus dem sozialwissenschaftlichen, ethischen sowie versorgungsbezogenen Umfeld mit ein. Erfahrung in der Umsetzung solcher Vernetzungsstrukturen hat das ISST zudem aufgrund seiner leitenden Funktion im Fraunhofer inHaus Innovationszentrum für Health & Care mit über 70 Partnern. Das ISST hat zudem erfolgreich Vereinsgründungen aus Projektinitiativen mit begleitet und maßgeblich zum Erfolg beigetragen (Beispiele: Verein Elektronische Fallakte e.V.,

International Data Spaces IDS Verein). Die Kinder- und Jugendgesundheit gehört seit einigen Jahren zu den großen Schwerpunkten von **MedEcon** Ruhr. Damit werden akute Problemlagen, vor allem aber künftige Lebensläufe der nachwachsenden Generation in den Blick genommen – an der Ruhr unter dem Motto „GESUND AUFWACHSEN IM REVIER<sub>i</sub>“, aber auch darüber hinaus. Neben der Verbesserung der Kooperationen der Kinder- und Jugendkliniken, ist es das Ziel, die Medizin mit sozialer Teilhabe und biografischer Dimension zu verschränken. Daher werden ärztliche und andere Heilberufe bis hin zu sozialen und pädagogischen Professionen erfolgreich miteinander verknüpft ([www.gesund-aufwachsen.ruhr](http://www.gesund-aufwachsen.ruhr); [www.mekids-best.de](http://www.mekids-best.de)). Das hier adressierte Themenfeld befindet sich zudem direkt an der Schnittstelle zu einem weiteren Schwerpunkt: „NervenSinneTechnik“. Hier geht es darum, Akteurskonstellationen und Projekte im Bereich neurogener bzw. nervlich bedingte Störungen sensomotorischer, sensorischer, kognitiver und affektiver Fähigkeiten durch MTI voranzutreiben. Auch in diesem noch jüngeren Themenschwerpunkt sind erste Erfolge in der Netzworlbildung zu verzeichnen, die spezifisch mit dem CC ausgebaut werden sollen. MedEcon Ruhr GmbH bringt ein einzigartiges Anwendernetzwerk, welches sowohl Kinder- und Jugendkliniken als auch Akteure im Bereich nervlich bedingter Störungen umfasst, mit. Prof. Dr. Ioannis Iossifidis von der **Hochschule Ruhr West** entwickelt seit über 20 Jahren biologisch inspirierte, anthropomorphe, autonome Robotersysteme, die zugleich Teil und Ergebnis seiner Forschung im Bereich der rechnergestützten Neurowissenschaften sind. In diesem Rahmen entwickelte er Modelle zur Informationsverarbeitung im menschlichen Gehirn und wendete diese auf technische Systeme an. Ausgewiesene Schwerpunkte seiner wissenschaftlichen Arbeit der letzten Jahre sind die Modellierung menschlicher Armbewegungen, der Entwurf von sogenannten «Simulierten Realitäten» zur Simulation und Evaluation der Interaktionen zwischen Menschen, Maschine und Umwelt sowie die Entwicklung von kortikalen exoprothetischen Komponenten. Entwicklung der Theorie und Anwendung von Algorithmen des maschinellen Lernens, auf Basis tiefer neuronaler Architekturen, bilden das Querschnittsthema seiner Forschung. Im Rahmen der aktuellen Forschungsprojekte VAFES und REXO entwickelt Iossifidis auf Basis eines KI-Decoders für Biosignale ein Diagnose- und Rehabilitationssystem für Parkinson- und Schlaganfallpatienten, welches eigens entwickelte exoprothetische Komponenten zur Kompensation von Armdysfunktionen und Tremores einsetzt.

**Literatur zur Forschung:** Iossifidis (2014), Raño and Iossifidis (2013), Noth and Iossifidis (2011), Sandamirskaya et al. (2010). Ioannis Iossifidis' Forschung wurde u.a. mit Fördermitteln im Rahmen großer Förderprojekte des BmBF (NEUROS, MORPHA, LOKI, DESIRE, Bernstein Fokus: Neuronale Grundlagen des Lernens etc.), der DFG («Motor-parietal cortical neuroprosthesis with somatosensory feedback for restoring hand and arm functions in tetraplegic patients») und der EU (Neural Dynamics - EU (STREP), EUCogII, EUCogIII ) honoriert und gehört zu den Gewinnern der Leitmarkt Wettbewerbe Gesundheit.NRW und IKT.NRW 2019. Neben der klassischen Industrierobotik nehmen Assistenzroboter am **Lehrstuhl für Produktionssysteme** (LPS) eine immer größer werdende Rolle ein. Der LPS und Prof. Kuhlenkötter haben verschiedene Vorarbeiten im Bereich der medizinischen Assistenzrobotik: Im Projekt Challenger wurde ein robotergestützter Therapieplatz entwickelt, der verschiedene Komponenten aus der Automatisierungs- und Informationstechnik sowohl in Hard- als auch in Software integriert. Unter neuropsychologischer Aufsicht wurde dieser Therapieplatz mit gesunden Probanden und Patienten erprobt. Der entwickelte Therapieplatz setzt sich aus einem MRK-Roboter, einem Therapie-PC und verschiedener Peripherie zusammen. Zur Steuerung des gesamten Therapieablaufs durch den Therapeuten wurde eine Softwareapplikation entwickelt, die die Funktionalitäten des Roboters und die Therapigestaltung und -auswertung integriert. Mit Hilfe dieser Applikation können verschiedene Übungstypen parametrisiert und ausgeführt werden. Zur Dokumentation des Therapieverlaufs und Bewertung des Therapiefortschritts werden zum einen die 3D-Trajektorie des Arms des Patienten und zum anderen die Reaktions- und Bewegungszeit des Patienten während jeder einzelnen Übung erfasst und aufgezeichnet (Domrös et al. 2013). Im Projekt IRBAN wurde der Bewegungsablauf der Hippotherapie auf ein leichtes und kompaktes Therapiegerät übertragen. Dadurch kann ein repetitives Bewegungstraining mit validen reproduzierbaren Bewegungsabläufen ermöglicht werden. Zudem wird durch die Geräteführung die Ergonomie des behandelnden Therapeuten entlastet (Klockner and Kuhlenkötter 2016, Klockner et al. 2018). Der LPS hat im Rahmen diverser Projekte Roboter als Bestandteil von Demonstratorzellen und Filmsetzen implementiert. Realisierte Demonstratoren sind beispielsweise für die Firma ABB für die Hannovermesse entwickelt worden, oder im Projekt SilentMod wurden insbesondere junge Menschen dazu animiert, den Kölner Dom parallel zur Gamescom zu besuchen und neu zu entdecken. Eine multisensorische Installation mit Robotern

und Musikaufführungen im und am Dom sowie eine robotergesteuerte Lasershow sorgten für ein einzigartiges Event im Kölner Dom. Im Rahmen des ZDF-Films „The new Malocher“ wurde ein Roboter implementiert, der in einem Automobilunternehmen arbeitslos geworden und der sich im Ruhrgebiet auf die Suche nach neuer Arbeit macht - und Freunde findet.

Prof. Dr. Laura Hoffmann, Juniorprofessorin für **Human Centered Design für sozio-digitale Systeme an der Ruhr-Universität Bochum**, verfügt über mehr als 10 Jahre Erfahrung in der empirischen Erforschung der psychologischen Wirkungen von Mensch-Roboter-Interaktionen (Krämer et al. 2015), z.B. wie sich Berührung zwischen Menschen und Robotern auswirkt (Hoffmann and Krämer 2021), oder ob Menschen Empathie gegenüber einem Roboter empfinden können (Rosenthal-Von Der Pütten et al. 2014). Ihre Forschung folgt einem mixed-methods Ansatz, der qualitative und quantitative Methoden vereint, die sowohl im Labor (z.B. Hoffmann and Krämer 2021), online (z.B. Hoffmann et al. 2018), als auch im Feld (z.B. Vogt et al. 2019, Schodde et al. 2017) Anwendung finden. Durch ihre interdisziplinäre Ausbildung in den Bereichen Psychologie und Informatik, sowie mehrjährige Arbeit in interdisziplinären Forschungsprojekten (z.B. EU Horizon 2020 Projekte: L2TOR, <http://www.l2tor.eu> und BabyRobot: <https://babyrobot.eu>), ist sie geschult in der Zusammenarbeit in (internationalen) interdisziplinären Teams. Die kindgerechte Gestaltung und Evaluation von Kind-Roboter-Interaktionen bilden dabei einen Schwerpunkt ihrer Forschungsarbeiten. Im Rahmen des EU-Projektes L2TOR: „Second Language Tutoring using Social Robots“ arbeitete sie beispielsweise an der Entwicklung und Evaluation von Lösungen, um das Sprachlernen von Kindern zu fördern. Ein Unterziel des Projektes betraf die Entwicklung maschineller Lernansätze, um die Interaktionsgestaltung über die Zeit hinweg an das jeweilige Kind anzupassen. Hierzu entwickelte Frau Prof. Dr. Hoffmann auf Basis von Experteninterviews ein Schema zur Kategorisierung des Verhaltens von Kindern im Umgang mit einem Roboter, wie auch Interventionsstrategien, die der Roboter einsetzen kann, wenn das Kind Anzeichen von Abgelenktheit zeigt (Schodde et al. 2017). Innerhalb desselben Projektes arbeitete sie mit an einem Leitfaden zur Gestaltung von sozialen Robotern für den Umgang mit Kindern im Lernkontext (Belpaeme et al. 2018). Darüber hinaus forscht Frau Prof. Dr. Hoffmann zusammen mit Kolleg:innen der Hochschule Ruhr West und dem Verein Leben in

Vielfalt e.V. im Rahmen des Projektes IncluBot (<http://inclubot.positive-computing.de>) an neuen Ansätzen für den Einsatz sozialer Roboter in inklusiven Kindertagesstätten. Die beispielhaft dargestellten Arbeiten sowie ihre einschlägigen Publikationen in internationalen Zeitschriften und Proceedings mit peer-review (z.B. IEEE, ACM) verdeutlichen ihren hohen wissenschaftlichen Anspruch und ihre besondere Passung zum Projekt ROBO:REHKIDS.

**HSG:** Nach einer praktischen Tätigkeit als beratender Psychologe, Leiter einer therapeutischen Abteilung und als stellvertretender Einrichtungsleiter in Einrichtungen der Behindertenhilfe (Schule, Wohnen, Arbeit) ist Herr Prof. Dr. Walter-Klose seit 2010 im Hochschulbereich tätig. Er lehrte und forschte bis zum Jahr 2018 am Lehrstuhl für Körperbehindertenpädagogik, Prof. Dr. Lelgemann, an der Universität Würzburg. Im Sommersemester 2018 vertrat Herr Walter-Klose den Lehrstuhl für Förderpädagogik im Schwerpunkt körperlich-motorische Entwicklung an der Universität Leipzig. Den Ruf auf die Professur „Behinderung und Inklusion“ an die Hochschule für Gesundheit, Bochum, nahm er zum Wintersemester 2018 an. An der HS Gesundheit lehrt er in den Studiengängen Gesundheit und Diversity (BA), Gesundheit und Diversity in der Arbeit (MA), Gesundheit und Sozialraum (BA) sowie Gesundheitsdaten und Digitalisierung (BA). Inhaltlich befasst er sich mit Fragen der Teilhabe von Menschen mit Beeinträchtigung und chronischen Krankheiten in schulischen und außerschulischen Lebensbereichen, wobei er einen Schwerpunkt auf die Gestaltung sozialer Systeme und den Einbezug von Unterstützungsstrukturen (Beratung, Hilfsmittel) legt. Sein Modell zur Qualität inklusiver Angebote publizierte er jüngst mit Blick auf Gelingensbedingungen zur Förderung des sozialen Miteinanders (Walter-Klose 2021). Herr Prof. Dr. Walter-Klose engagiert sich seit seiner Hochschultätigkeit im Kontext Inklusion. Beginnend mit einer Perspektive auf die schulische Bildung (Walter-Klose 2012; prämiert mit dem Deutschen Studienpreis 2013), forschte er im Team von Prof. Dr. Lelgemann zu Gelingensbedingungen schulischer Bildung in NRW (Lelgemann et al. 2012). Er arbeitete in diversen Forschungsprojekten zur schulischen Inklusion in Bayern mit (vgl. Lelgemann et al. 2014, Walter-Klose et al. 2016) und begleitete Schulen auf ihrem Inklusionsprozess (vgl. Walter-Klose 2017; derzeit auch im Projekt „EXTRA!-Klasse“ der Bezirksregierung Münster). Ein Projekt zur Entwicklung von Lernszenarien zur Förderung von Inklusion und Teilhabe unter Einbezug von Methoden

der Augmented und Virtual Reality ist in der ersten Projektphase abgeschlossen ebenso wie seine Forschungsarbeit zum Aufbau von Assistenz- und Unterstützungsstrukturen für Menschen mit Dysmelie und Conterganschädigung. Ein Überblick über eine Auswahl relevanter Forschungsaktivitäten und Publikationen ist im Anhang ersichtlich.

**FHM:** Die **Fachhochschule Münster, Forschungsstelle Autismus am FB Sozialwesen**, beschäftigt sich seit über 10 Jahren mit dem Themenfeld Autismus-Spektrum-Störungen und hat unter anderem in dem Leonardo-Projekt “Science and the treatment of autism: a multimedia program for parents and professionals STAMPPP” (2008-2010) und dem Erasmus+-Projekt “Job Coaches for Persons with Disabilities” (2015-2018) mitgewirkt. Darüber hinaus wurden und werden u.a. Untersuchungen zu Langzeitverläufen von Personen mit ASS und zum Belastungserleben der Angehörigen von Personen mit ASS (Rabsahl 2016) durchgeführt. Das “Münsteraner Intensivprogramm für Kinder mit ASS” MIA stellt die einzige hochschulbasierte Umsetzung des internationalen Wissensstands zur evidenzbasierten Förderung von Kindern mit ASS im Vor- und Grundschulalter in Deutschland dar und verfügt über eine umfassende Therapie- und Förderprogrammdatenbank; im Rahmen von MIA wird die hier angesprochene frühe Sprach- und Kommunikationsförderung im Wesentlichen durch intensiven Fachpersonaleinsatz geleistet (Röttgers and Rentmeister 2019). Darüber hinaus werden im Sinne des Empowerments der Angehörigen und größtmöglicher Autonomie auch Eltern zu Experten für die Förderung der eigenen Kinder qualifiziert. MIA bietet mit seinen jährlich neu beginnenden, von approbierten Ärzt:innen und Psychotherapeuten:innen supervidierten und umfangreich videodokumentierten Interventionsgruppen einen idealen Rahmen für Pilotstudien zur Anwendung robotischer und anderer technischer Hilfen. Die FH Münster ist im Projekt MigrAVE an der Entwicklung eines multilingualen Online-Lernportals sowie eines Roboter-Lernassistenten zur sprach barrierefreien Unterstützung und Ergänzung früher ASS-Interventionen, um sozio-emotionale und lebenspraktische Fertigkeiten von Kindern im Migrationskontext beteiligt. Darüber hinaus forscht die FH Münster intensiv an Finanzierungssituationen evidenzbasierter Therapieprogramme für autistische Kinder und kann so neben der sozial-wissenschaftlichen sowie nutzer- und prozessbezogenen Expertise ebenfalls gesundheitsökonomische Erfahrungen zur Ausgestaltung von Betreibermodellen mit in das Kompetenzzentrum einbringen. Wegen der möglichen ethischen Implikationen jeg-

licher intensiveren Therapie vor allem an Minderjährigen beteiligt die Forschungsstelle Autismus der FH Münster bereits im Vorfeld der Beauftragung von Ethikkommissionen betroffene Personen und beschäftigt eine Person aus dem autistischen Spektrum als wissenschaftliche Mitarbeiterin.

**Entrance:** Die ENTRANCE Robotics GmbH ist Integrator und Kooperationspartner für humanoide Robotik, KI und begleitende Schlüsseltechnologien (z.B.: Conversational AI Chatbots, Cloudservices & IoT Anbindungen). Vom Standort Wuppertal aus betreut ENTRANCE Robotics internationale Kunden im Bereich der Softwareentwicklung und Konzeptintegration für verschiedene Roboterplattformen. Den Schwerpunkt legt ENTRANCE Robotics auf neuartige, digitale Services, die auf die Erhöhung der Lebensqualität des Menschen abzielen. Für die strategische Ausrichtung von ENTRANCE Robotics spielen die Bereiche Care und Inklusion eine zentrale Rolle. Über die ENTRANCE Robotics GmbH wurden bereits zahlreiche humanoide Roboter Pepper in Krankenhäuser, Bildungs- und Betreuungseinrichtungen in ganz Deutschland in den aktiven Einsatz gebracht. Das Unternehmen ist auf die Mensch-Maschine-Interaktion spezialisiert und hat langfristige Erfahrung im Bereich robotische Systeme im Alltag des Menschen (Beispiel: Tagespflege & Unterstützung / Entlastung für Menschen mit Behinderungen). Derzeit steht die modulare Weiterentwicklung der vielseitigen Software „ENTRANCE Robot.Care“ im Vordergrund. Hierbei handelt es sich um eine Software speziell zur Entlastung von Pflegefachkräften und zur Nutzung durch betreute Bewohner / Patienten im geriatrischen Bereich, welche durch Robotik wieder ein hohes Maß an Selbstständigkeit erlangen können. Besonders im Bereich der Inklusion ist ENTRANCE aktiv in der Kooperation mit den Iserlohner Werkstätten (Iserlohner Werkstätten gGmbH) und dem wertkreis Gütersloh (wertkreis Gütersloh gGmbH), um hier seit Beginn 2021 den Mehrwert von humanoider Robotik im Bereich der Inklusion zu testen und Menschen mit Einschränkungen neue Möglichkeiten zu geben, um einen selbstständigen Arbeitsalltag zu bestreiten.

### 12.5.2 Funktion der einzelnen Partner im Zentrum und Beschreibung der geplanten Umsetzungskette im Projekt

Das ISST bringt Erfahrung in der Konsortialführung von öffentlich geförderten Projekten mit und verantwortet die Leitung des Konsortiums. Bei der Umsetzung der

Strukturen des Kompetenzzentrums unterstützt MEDECON mit ihrer langjährigen Fachkenntnis in der Netzwerkbildung sowie den bestehenden Netzwerkstrukturen in den Schwerpunktthemen Kinder- und Jugendgesundheit und NervenSinneTechnik. Die modellvorhabenübergreifende inhaltliche und methodische Ausgestaltung bezieht bestehende Expertisen der Partner mit ein und wird basierend auf den Modellvorhaben im Austausch mit allen Partnern kontinuierlich ausgebaut. Auf die methodischen Expertisen wird bei der Beschreibung der geplanten Modellvorhaben gesondert eingegangen. LPS bringt Erfahrung in der Implementierung von Robotern als Teil von Demonstrationszellen und Filmstellen in die Umsetzung des Showtrucks ein. Der strukturelle und inhaltliche Aufbau ist begleitend zu den Modellvorhaben geplant. Diese starten frühestens 3 Monate nach Projektstart und enden spätestens 3 Monate vor Ende, um initiale modellübergreifende Abstimmungen (Methoden, ...) und finale modellübergreifende Bewertung der Methoden und Ergebnisse und Ableitung von Best Practices durchzuführen. Die Umsetzungsketten der Modellprojekte Schul- und Lernbegleitung und Autismus sind sich ähnlich: Bedarfserhebung, Konzeption der Use Cases und Interaktionsgestaltung, technische Konzeption und Umsetzung der Testumgebung sowie Evaluation. Die Umsetzung und Evaluation erfolgen dabei in iterativen Schritten und im engen Austausch mit den assoziierten Partnern. Beide Modellprojekte schließen mit der Erarbeitung eines Transferkonzepts. Im Modellprojekt Autismus arbeiten HRW, MEDECON, ISST und FHM interdisziplinär und eng zusammen. FHM verantwortet die Bedarfserhebung sowie die Konzeption des robotisch gestützten Therapieprozesses. Dazu bringt die FHM mit dem MIA Therapieprogramm die einzige hochschulbasierte Umsetzung des internationalen Wissensstandes zur evidenzbasierten Förderung von Kindern mit ASS mit. Für die Bedarfserhebung und Evaluation bezieht die FHM das Netzwerk evidenzbasiert arbeitender Fördereinrichtungen mit ein. Die technische Konzeption und Umsetzung der Technologien erfolgt vorrangig durch das ISST und die HRW. Zudem sollen die bisherigen Kenntnisse in der Umsetzung von robotikbasierter Förderung der FHM mit einfließen. Das ISST steuert jahrelange Erfahrungen im Nutzen zentrierten Design und Evaluation von standardisierten und sicheren Dateninfrastrukturen, Kenntnisse in der Anwendung künstlicher Intelligenz (u. a. zur Erkennung von Stress mit) sowie in der Erforschung von sich verändernden Interaktionsaktionsverhalten zwischen KI-affinen Systemen und Anwendungen bei. Die HRW trägt mit Praxiserfahrungen in der Entwicklung und Anwendung von biologisch

inspirierte, anthropomorphe, autonome Robotersystemen sowie der Anwendung von Algorithmen auf Basis tiefer neuronaler Architekturen und Biosignalen bei. Für das VR Robot Szenario bringt die HRW Erfahrungen im Entwurf von simulierten Realitäten zur Simulation und Evaluation der Interaktion zwischen Mensch-Maschine und Umwelt mit ein. MEDECON trägt mit Expertise in der Verstetigung sowie Netzwerkbildung zum Wissenstransfer bei. Im Modellprojekt Schul- und Lernbegleitung arbeiten HCD, HSG, ENTRANCE, MEDECON und ISST interdisziplinär und eng zusammen. Die HSG verantwortet die Analyse und Spezifizierung der Aufgaben der Schullassistenten sowie die Erarbeitung von potentiellen Use Cases und bringt langjährige Expertise im Bereich Behinderung und Inklusion in der Schule mit. Zudem fließen bei der Identifikation und Erarbeitung von potentiellen Use Cases sowohl Erfahrungen in der Anwendung von Robotik (Entrance) als auch zur Gestaltung von sozialen Robotern im Lernkontext (HCD) ein. Bei der Interaktionsgestaltung bringt HCD Erfahrungen und Methoden (z. B. Schema zur Kategorisierung des Verhaltens von Kindern im Umgang mit Robotern) zur Gestaltung und Evaluation von Kind-Roboter-Interaktionen mit ein. Die technische Umsetzung erfolgt durch Entrance und das ISST. Die Fähigkeiten des ISST in der standardisierten Umsetzung von Infrastrukturen und Spezifikation von Schnittstellen werden hier ebenfalls berücksichtigt. Entrance trägt „Entrance Robot Care“, eine Software, die im Rahmen des Projekts erweitert wird, sowie Erfahrungen in der Konzeptintegration für verschiedene Roboterplattformen (z. B. Pepper) bei. Zudem hat Entrance praktische Kenntnisse in der Implementierung von humanoiden Robotern in Krankenhäusern, Bildungs- und Betreuungseinrichtungen. Die Konzeption des Transfers wird von MEDECON verantwortet. Entrance bringt Verständnis zu Betreibermodellen mit ein und HSG fundiertes Wissen zu Rahmenbedingungen im Schulbereich.

### 12.5.3 Einbindung weiterer Akteure (Assoziierte Partner)

Die Fachhochschule Münster ist an einem Netzwerk evidenzbasiert arbeitender Förderinstitutionen beteiligt und arbeitet im Sinne des Empowerments der Angehörigen und hat so zahlreiche Kontakte zu Verbänden und Instituten. Neben den bereits mit LOI assoziierten Partnern sind noch weitere Anwendungspartner angefragt bzw. eingebunden (Deutsches Rotes Kreuz, Kreisverband Steinfurt, die Autismusambulanz,

Haus Walstedde und Äutismus Deutschland, Regionalverband Münster und Münsterland") deren LOI in der nächsten Stufe nachgereicht werden. Für die Vorstudie / Projektentwicklung neurologische Rehabilitation werden nach Projektstart assoziierte Partner (Franz-Sales-Haus, St. Mauritius Therapieklinik und ggf. weitere) mit in die Projektentwicklung eingebunden.

Das Kompetenzzentrum möchte Forschung & Entwicklung vorantreiben und das Netzwerk vergrößern. Im Rahmen der Initiierung von Projekten können Unternehmen / Forschungsvorhaben gezielt mit passenden Anwendern vernetzt und die Konsortialbildung unterstützt werden. Über die etablierten Netzwerke besteht ein breiter Zugang zu verschiedenen anwendungs-, sozial-wissenschaftlichen sowie gesundheitsökonomischen Partnern. Darüber hinaus bietet der digitale Marktplatz einen Zugang für weitere Interessierte.

### 12.5.4 Zusammenarbeit mit Transferprojekt

Die Zusammenarbeit mit RimA ist strategisch in der Perspektive/dem Arbeitsbereich Innovationsmanagement und Kompetenzaufbau verortet und wird Teil des geplanten Prozesses zum Management disruptiver Innovation in der gewählten Domäne. ROBO:REHKIDS wird an den geplanten Workshops, Schulungen, Austauschformaten sowie Wettbewerben teilnehmen und die Benchmarking Labore nutzen. Das in Rahmen von Schulungen und Wissensplattformen bereitgestellte Fachwissen wird gezielt für die Konkretisierung der BSC-Methode verwendet und bei Bedarf für die Anwendungsdomäne angepasst. Umgekehrt sollen Ergebnisse aus den verschiedenen Perspektiven zurückfließen. Aufgrund der domänenspezifischen Ausrichtung der sozialwissenschaftlichen sowie sozialpolitischen Perspektive liegt der Fokus der Zusammenarbeit mit RimA stark auf der wirtschaftlichen und technischen Verwertung und tangiert somit primär die Perspektiven (Gesundheits-)Ökonomie, Anwender und (Versorgungs-)Prozess sowie Entwicklung und Evaluation von interaktiver Assistenzrobotik. Die (Gesundheits-)Ökonomische Perspektive wird gestärkt durch die Teilnahme an Schulungen zur Verwertung / Unterstützung des Transfers sowie zum Aufbau von Geschäftsmodellen für Assistenz- und Serviceroboter sowie zur Verwendung von Fachwissen (Methoden, Best-Practices) des Projekts RimA. Ergebnisse, wie z. B. Best Practices sowie die Identifikation von Anforderungen an neue Geschäftsmodelle

mit domänenübergreifender Relevanz, werden mit Vorschlägen zu Lösungsansätzen eingebracht. ROBO:REHKIDS plant interdisziplinäre Methoden zur Bedarfserhebung sowie zur Szenario- und Interaktionsgestaltung zu standardisieren, um die Anwender- und Prozessperspektive im Sinne der Nutzerakzeptanz möglichst gut abzubilden und technologische Potenziale vollends auszunutzen. Mit der Teilnahme an Wettbewerben können diese Methoden auch außerhalb des Kompetenzzentrums erprobt und genutzt werden. Darüber hinaus verfolgt das Kompetenzzentrum den Open Innovation Ansatz und möchte mit offenen Software-Konzepten, offenen Schnittstellenspezifikationen sowie wiederverwendbaren Open Source-Bausteinen und Referenzimplementierungen das Innovationspotenzial der interaktiven Assistenzrobotik stärken. Das Kompetenzzentrum arbeitet außerdem an der Taxonomie für Interaktionsformen mit und nutzt diese mit domänenspezifischen Ergänzungen in der Umsetzung von Projekten. Das Thema “Sicherheit während der Interaktion” spielt gerade bei Kindern eine große Rolle. Hier greift das Kompetenzzentrum auf die Expertise von RimA zurück. Gleichzeitig sollen bisher unbekannte Sicherheitsrisiken identifiziert werden und als neue Anforderung in die Sicherheitskonzepte / Zertifizierungen des Transferprojekts einfließen. Die Evaluation setzt auch auf den Evaluationsmethoden und Benchmarks von RimA auf, um einen domänenübergreifenden Vergleich von Assistenzrobotern zu ermöglichen.

## Literaturverzeichnis

Fady Alnajjar, Massimiliano Cappuccio, Abdulrahman Renawi, Omar Mubin, and Chu Kiong Loo. Personalized robot interventions for autistic children: an automated methodology for attention assessment. *International Journal of Social Robotics*, 13 (1):67–82, 2021.

Salvatore Maria Anzalone, Jean Xavier, Sofiane Boucenna, Lucia Billeci, Antonio Narzisi, Filippo Muratori, David Cohen, and Mohamed Chetouani. Quantifying patterns of joint attention during human-robot interactions: An application for autism spectrum disorder assessment. *Pattern Recognition Letters*, 118:42–50, 2019.

Azhar Abdul Aziz, Fateen Faiqa Mislan Moghanan, Mudiana Mokhsin, Afiza Ismail, and Anitawati Mohd Lokman. Humanoid-robot intervention for children with autism: a conceptual model on FBM. In *International Conference on Soft Computing in*

*Data Science*, pages 231–241. Springer, 2015.

Tony Belpaeme, James Kennedy, Paul Baxter, Paul Vogt, Emiel EJ Krahmer, Stefan Kopp, Kirsten Bergmann, Paul Leseman, Aylin C Küntay, Tilbe Göksun, et al. L2tor-second language tutoring using social robots. In *Proceedings of the ICSR 2015 WONDER Workshop*, 2015.

Tony Belpaeme, Paul Vogt, Rianne Van den Berghe, Kirsten Bergmann, Tilbe Göksun, Mirjam De Haas, Junko Kanero, James Kennedy, Aylin C Küntay, Ora Oudgenoeg-Paz, et al. Guidelines for designing social robots as second language tutors. *International Journal of Social Robotics*, 10(3):325–341, 2018.

Jaishankar Bharatharaj, Loulin Huang, Rajesh Elara Mohan, Ahmed Al-Jumaily, and Christian Krägeloh. Robot-assisted therapy for learning and social interaction of children with autism spectrum disorder. *Robotics*, 6(1):4, 2017.

,P Bisgin, ,S Meister, and ,C Haubrich. Erkennen von parkinsonassoziierten Mustern im Schlaf und Neurovegetativum. *64. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Medizinische Informatik, Biometrie und Epidemiologie e. V. (GMDS)*, 1, 2019.

Nicoleta Bugnariu, Carolyn Young, Katelyn Rockenbach, Rita M Patterson, Carolyn Garver, Isura Ranatunga, Monica Beltran, Nahum Torres-Arenas, and Dan Popa. Human-robot interaction as a tool to evaluate and quantify motor imitation behavior in children with autism spectrum disorders. In *2013 International Conference on Virtual Rehabilitation (ICVR)*, pages 57–62. IEEE, 2013.

John-John Cabibihan, Hifza Javed, Marcelo Ang, and Sharifah Mariam Aljunied. Why robots? A survey on the roles and benefits of social robots in the therapy of children with autism. *International journal of social robotics*, 5(4):593–618, 2013.

Pericles Cheng. Robotics and autism: a review of current applications of robotics for autism spectrum disorder. *Emerging Programs for Autism Spectrum Disorder*, pages 265–272, 2021.

Kerstin Dautenhahn. Design issues on interactive environments for children with autism. In *Procs of ICDVRAT 2000, the 3rd Int Conf on Disability, Virtual Reality and Associated Technologies*. University of Reading, 2000.

- F Domrös, D Störkle, J Ilmberger, and B Kuhlenkötter. A motion library for robot-based upper limb rehabilitation. In *Converging Clinical and Engineering Research on Neurorehabilitation*, pages 409–413. Springer, 2013.
- Audrey Duquette, François Michaud, and Henri Mercier. Exploring the use of a mobile robot as an imitation agent with children with low-functioning autism. *Autonomous Robots*, 24(2):147–157, 2008.
- Eduard Fosch-Villaronga, Christoph Lutz, and Aurelia Tamò-Larrieux. Gathering expert opinions for social robots’ ethical, legal, and societal concerns: Findings from four international workshops. *International Journal of Social Robotics*, 12(2): 441–458, 2020.
- F Frascarelli, L Masia, G Di Rosa, P Cappa, M Petrarca, E Castelli, and HI Krebs. The impact of robotic rehabilitation in children with acquired or congenital movement disorders. *Eur J Phys Rehabil Med*, 45(1):135–141, 2009.
- Susanne Frennert and Britt Östlund. Seven matters of concern of social robots and older people. *International Journal of Social Robotics*, 6(2):299–310, 2014.
- Davide Ghiglino, Pauline Chevalier, Federica Floris, Tiziana Priolo, and Agnieszka Wykowska. Follow the white robot: Efficacy of robot-assistive training for children with autism spectrum disorder. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 86:101822, 2021.
- Christiane Goulart, Carlos Valadão, Eliete Caldeira, and Teodiano Bastos. Brain signal evaluation of children with autism spectrum disorder in the interaction with a social robot. *Biotechnology Research and Innovation*, 3(1):60–68, 2019.
- Roy Grant and Molly Nozyce. Proposed changes to the american psychiatric association diagnostic criteria for autism spectrum disorder: Implications for young children and their families. *Maternal and child health journal*, 17(4):586–592, 2013.
- Andre Hellwig, Caroline Schneider, Sven Meister, and Wolfgang Deiters. Sprachassistenten in der Pflege – Potentiale und Voraussetzungen zur Unterstützung von Senioren. *Mensch und Computer 2018 – Tagungsband*, 2018.

- Andre Hellwig, Corinna Simon, and Sven Meister. Versorgungsforschung in der Psychotherapie – Potentiale von Neurogaming in der Therapiebegleitung von Kindern und Jugendlichen. In *64. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Medizinische Informatik, Biometrie und Epidemiologie e. V. (GMDS)*, 2019.
- Laura Hoffmann and Nicole C Krämer. The persuasive power of robot touch. Behavioral and evaluative consequences of non-functional touch from a robot. *Plos one*, 16(5): e0249554, 2021.
- Laura Hoffmann, Nikolai Bock, and Astrid M Rosenthal vd Pütten. The peculiarities of robot embodiment (emcorp-scale): development, validation and initial test of the embodiment and corporeality of artificial agents scale. In *2018 13th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI)*, pages 370–378. IEEE, 2018.
- Salima Houta, Johannes Kreuzer, Sarah von Spiczak, Ulrich Stephani, Rainer Surges, and Robert D Nass. Einsatz von Gesundheits-Apps und Sensormonitoring zur automatisierten Anfallsdetektion und-dokumentation. In *Digitale Transformation von Dienstleistungen im Gesundheitswesen VI*, pages 487–498. Springer, 2019.
- Claire AGJ Huijnen, Monique AS Lexis, Rianne Jansens, and Luc P de Witte. Mapping robots to therapy and educational objectives for children with autism spectrum disorder. *Journal of autism and developmental disorders*, 46(6):2100–2114, 2016.
- Ioannis Iossifidis. Simulated framework for the development and evaluation of redundant robotic systems. In *PECCS*, pages 55–60, 2014.
- ,C Kersting. Roboter im Klassenzimmer. Humanoide Unterstützung an der Schule. In Deutschlandfunk. <https://www.deutschlandfunk.de/humanoide-unterstuetzung-an-der-schule.html>, 2019.
- M Klockner and B Kuhlenkotter. Automated movement therapy for neurological rehabilitation. In *Proceedings of the School and Symposium on Advanced Neuro-rehabilitation (SSNR2016)*, pages ,14–16. Spanish Council for Scientific Research (CSIC) and Universitätsmedizin Göttingen (UMG), 2016.

- M Klockner, Stefanie Leonhardt, Peter Meisterjahn, Stefan Theuerkorn, B Kuhlenkotter, and Michael Krampe. Automated assistive therapy device for patients with neurological diseases. In *2018 7th IEEE International Conference on Biomedical Robotics and Biomechatronics (Biorob)*, pages 462–467. IEEE, 2018.
- Maike Klöckner. *Entwicklung einer Kinematik für die automatisierte Bewegungstherapie von neurologischen Patienten auf Basis einer bewährten manuellen Therapiemethode*. Shaker, 2018.
- Nicole C Krämer, Astrid M Rosenthal-von der Pütten, and Laura Hoffmann. Social effects of virtual and robot companions. *The handbook of the psychology of communication technology*, pages 137–159, 2015.
- Hermano I Krebs, Barbara Ladenheim, Christopher Hippolyte, Linda Monterroso, and Joelle Mast. Robot-assisted task-specific training in cerebral palsy. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 51:140–145, 2009.
- ,R Lelgemann, ,P Singer, ,J Lübbecke, and ,C Walter-Klose. Qualitätsbedingungen schulischer Inklusion für Kinder und Jugendliche mit dem Förderschwerpunkt Körperliche und Motorische Entwicklung. *Zeitschrift für Heilpädagogik*, 11: 465–473, 2012.
- ,R Lelgemann, ,C Walter-Klose, ,P Singer, ,E Fischer, ,J Kahlert, and ,U Heimlich. *Inklusion im Förderschwerpunkt körperliche und motorische Entwicklung*. Kohlhammer Verlag, 2014.
- Sven Meister, Wolfgang Deiters, Andre Hellwig, and Michael Pantförder. Digitale Gesundheit: Wie digitale Medien zur Unterstützung unserer Gesundheit eingesetzt werden. *Zeitschrift Medienproduktion*, 12:2–5, 2018.
- Sebastian Noth and Ioannis Iossifidis. Simulated reality environment for development and assessment of cognitive robotic systems. In *2011 IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics*, pages 671–677. IEEE, 2011.
- Cristina Anamaria Pop, Ramona Simut, Sebastian Pintea, Jelle Saldien, Alina Rusu, Daniel David, Johan Vanderfaellie, Dirk Lefebber, and Bram Vanderborght. Can the social robot probio help children with autism to identify situation-based emotions?

A series of single case experiments. *International Journal of Humanoid Robotics*, 10(03):1350025, 2013.

Anna Katharina Rabsahl. *Aktive Elternrolle bei der Therapie von Autismus-Spektrum-Störungen: Belastungen nehmen, Kompetenzen fördern*. Springer-Verlag, 2016.

Andrés A Ramírez-Duque, Teodiano Bastos, Marcela Munera, Carlos A Cifuentes, and Anselmo Frizera-Neto. Robot-assisted intervention for children with special needs: A comparative assessment for autism screening. *Robotics and Autonomous Systems*, 127:103484, 2020.

Iñaki Raño and Ioannis Iossifidis. Modelling human arm motion through the attractor dynamics approach. In *2013 IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics (ROBIO)*, pages 2088–2093. IEEE, 2013.

Astrid M Rosenthal-Von Der Pütten, Frank P Schulte, Sabrina C Eimler, Sabrina Sobieraj, Laura Hoffmann, Stefan Maderwald, Matthias Brand, and Nicole C Krämer. Investigations on empathy towards humans and robots using fmri. *Computers in Human Behavior*, 33:201–212, 2014.

Hanns Rüdiger Röttgers and Katrin Rentmeister. *Alltagsorientiertes Lernen von Menschen mit Autismus*. Kohlhammer Verlag, 2019.

Yulia Sandamirskaya, John Lipinski, Ioannis Iossifidis, and Gregor Schöner. Natural human-robot interaction through spatial language: a dynamic neural field approach. In *19th International Symposium in Robot and Human Interactive Communication*, pages 600–607. IEEE, 2010.

Brian Scassellati. How social robots will help us to diagnose, treat, and understand autism. In *Robotics research*, pages 552–563. Springer, 2007.

Thorsten Schodde, Laura Hoffmann, and Stefan Kopp. How to manage affective state in child-robot tutoring interactions? In *2017 International Conference on Companion Technology (ICCT)*, pages 1–6. IEEE, 2017.

Syamimi Shamsuddin, Hanafiah Yussof, Fazah Akhtar Hanapiah, Salina Mohamed, Nur Farah Farhana Jamil, and Farhana Wan Yunus. Robot-assisted learning for

- communication-care in autism intervention. In *2015 IEEE International Conference on Rehabilitation Robotics (ICORR)*, pages 822–827. IEEE, 2015.
- Lai Poh Emily Toh, Albert Causo, Pei-Wen Tzuo, I-Ming Chen, and Song Huat Yeo. A review on the use of robots in education and young children. *Journal of Educational Technology & Society*, 19(2):148–163, 2016.
- Nahum A Torres, Nathan Clark, Isura Ranatunga, and Dan Popa. Implementation of interactive arm playback behaviors of social robot zeno for autism spectrum disorder therapy. In *Proceedings of the 5th International Conference on Pervasive Technologies Related to Assistive Environments*, pages 1–7, 2012.
- Renée JF van den Heuvel, Monique AS Lexis, and Luc P de Witte. Can the IROMEC robot support play in children with severe physical disabilities? A pilot study. *International journal of rehabilitation research*, 40(1):53–59, 2017.
- Paul Vogt, Mirjam De Haas, Chiara De Jong, Peta Baxter, and Emiel Krahmer. Child-robot interactions for second language tutoring to preschool children. *Frontiers in human neuroscience*, 11:73, 2017.
- Paul Vogt, Rianne van den Berghe, Mirjam de Haas, Laura Hoffman, Junko Kanero, Ezgi Mamus, Jean-Marc Montanier, Cansu Oranç, Ora Oudgenoeg-Paz, and Daniel Hernández García. Second language tutoring using social robots: a large-scale study. In *2019 14th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI)*, pages 497–505. IEEE, 2019.
- Joshua Wainer, Ester Ferrari, Kerstin Dautenhahn, and Ben Robins. The effectiveness of using a robotics class to foster collaboration among groups of children with autism in an exploratory study. *Personal and Ubiquitous Computing*, 14(5):445–455, 2010.
- C Walter-Klose. *Kinder und Jugendliche mit Körperbehinderung im gemeinsamen Unterricht. Befunde aus nationaler und internationaler Bildungsforschung und ihre Bedeutung für Inklusion und Schulentwicklung*. ATHENA-Verlag, 2012.
- C Walter-Klose. *Erfolgreiches Miteinander an inklusiven Schulen. Tipps und Strategien für gemeinsames Lernen*, 2021.

- C Walter-Klose, P Singer, and R Lelgemann. Schulische und außerschulische Unterstützungssysteme und ihre Bedeutung für die schulische Inklusion. *Inklusives Schulsystem. Analysen, Befunde, Empfehlungen zum bayerischen Weg*, pages 107–130, 2016.
- Mette Weibel, Martin Kaj Fridh Nielsen, Martha Krogh Topperzer, Nanna Maria Hammer, Sarah Wagn Møller, Kjeld Schmiegelow, and Hanne Bækgaard Larsen. Back to school with telepresence robot technology: A qualitative pilot study about how telepresence robots help school-aged children and adolescents with cancer to remain socially and academically connected with their school classes during treatment. *Nursing open*, 7(4):988–997, 2020.
- Stefan Weinmann, Christoph Schwarzbach, Matthias Begemann, Stephanie Roll, Christoph Vauth, Stefan N Willich, and Wolfgang Greiner. Behavioural and skill-based early interventions in children with autism spectrum disorders. *GMS Health Technology Assessment*, 5, 2009.
- Luke J Wood, Abolfazl Zarak, Ben Robins, and Kerstin Dautenhahn. Developing kaspar: a humanoid robot for children with autism. *International Journal of Social Robotics*, 13(3):491–508, 2021.
- Ming Wu, Janis Kim, Deborah J Gaebler-Spira, Brian D Schmit, and Pooja Arora. Robotic resistance treadmill training improves locomotor function in children with cerebral palsy: a randomized controlled pilot study. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 98(11):2126–2133, 2017.
- Sang-Seok Yun, Hyuksoo Kim, JongSuk Choi, and Sung-Kee Park. A robot-assisted behavioral intervention system for children with autism spectrum disorders. *Robotics and Autonomous Systems*, 76:58–67, 2016.