

Roboter für Assistenzfunktionen: Interaktion in der Praxis (rokit)

Förderkennzeichen 16SV8581

Bilal Tariq¹, Norbert Elkmann², José Saenz², Björn Kahl³, Marija Radic⁴, Johannes David Drzewiecki⁴, Astrid Oehme⁵, Paul Schweidler⁵, Thomas Jürgensohn⁵, Jochen Feitsch⁶, Christian Geiger⁶, David Stegmeier⁷, Givemy Knezevic⁷, André Steimers⁸, Sabine Ammon⁹, Peter Remmers⁹ und Frank Dittrich¹⁰



¹Angsa Robotics GmbH
Freddie-Mercury-Str. 5
80797 München

²Fraunhofer IFF
Sandtorstraße 22
39106 Magdeburg

³Fraunhofer IPA
Nobelstraße 12
70569 Stuttgart

⁴Fraunhofer IMW
Neumarkt 9
04109 Leipzig

⁵HFC Human-Factors-Consult
GmbH
Köpenicker Straße 325
12555 Berlin

⁶Hochschule
Düsseldorf
Münsterstraße 156
40476 Düsseldorf

⁷IKEM - Institut für
Klimaschutz, Energie
und Mobilität e.V.
Magazinstraße 15 – 16
10179 Berlin

⁸Institut für Arbeitsschutz
der DGUV
Glinkastraße 40
10117 Berlin

⁹Technische Universität
Berlin
Straße des 17. Juni 135
10623 Berlin

¹⁰Technische Universität
Chemnitz
Straße der Nationen 62
09111 Chemnitz

13.1 Ziele des Kompetenzzentrums

13.1.1 Motivation und Anwendungsdomäne des Kompetenzzentrums

Das Kompetenzcluster *rokit* hat den Zweck, die mobile Assistenzrobotik und Mensch-Roboter-Interaktion (MRI) im öffentlichen Raum zu fördern und voranzutreiben. Der öffentliche Raum mit seinen Verkehrs- und Grünflächen sowie öffentlich zugänglichen Gebäuden bietet für mobile Roboter zahlreiche Anwendungsfelder. Dazu gehören beispielsweise die Mikrologistik, wie der Pakettransport, die Reinigung und Pflege von Plätzen und Grünflächen oder die Inspektion und Bewachung in Betrieben mit öffentlich zugänglichen Bereichen (Krankenhäuser, Universitäten, Bahnhöfe). Der öffentliche Raum birgt allerdings eine Reihe spezifischer Herausforderungen: Zum einen sind Interaktionen zwischen Mensch und Roboter besonders vielfältig und oft unvorhersehbar, sie bergen Sicherheitsgefahren, die oft mit unklaren rechtlichen Rahmenbedingungen einhergehen. Zum anderen ist das öffentliche Bild von Robotern heute noch stark ambivalent und von überzogenen Erwartungen und Ersetzungsängsten geprägt. Beide Faktoren erschweren den wirtschaftlichen Erfolg bei einer Kommerzialisierung. Dieses Spannungsfeld technischer, aber vor allem auch ethischer, rechtlicher und gestalterischer Fragestellungen erfordert stark interdisziplinäre Lösungsstrategien. Die Arbeit im Kompetenzcluster *rokit* wird sich dazu normativ, gestalterisch und evaluierend den praktischen und wissenschaftlichen Themen des Einsatzes von mobilen Robotern im öffentlichen Raum widmen.

Als Vor- und Wegbereitung des Kompetenzclusters *rokit* werden im dreijährigen Förderzeitraum drei Anwendungsfälle exemplarisch untersucht: Der vierbeinige Roboter SPOT wird auf einem belebten Universitätscampus das Gelände inspizieren, der Roboter MULI wird Menschen beim Lastentransport helfen, indem er ihnen durch ein öffentliches Gebäude wie ein berührungsloser Handwagen folgt und der Roboter der Firma ANGSA wird gemeinsam mit Mitarbeiterinnen einer Stadtreinigung die Flächen eines öffentlichen Parks reinigen. Die zahlreichen Anforderungen aus diesen Anwendungsfällen liefern die Motivation für die Arbeit am *rokit* und leiten die Forschungs- und Entwicklungsarbeiten.

rokit vereint alle notwendigen Kompetenzen, um das Ziel der Förderung des wissenschaftlich fundierten und wirtschaftlich erfolgreichen Einsatzes von Assistenzrobotern im öffentlichen Raum zu gewährleisten. Durch die Struktur eines verteilten Clusters ist es möglich, besonders exzellente, in Deutschland verteilte Partner zu bündeln. Außerdem wird so eine flexible, modulare und – wenn nötig – mobil und direkt vor Ort agierende Arbeit möglich. Das Kompetenzcluster setzt sich aus drei Elementen zusammen: einem **Thinktank**, einer **Methodenwerkstatt** und einem **Living Lab**. Im Thinktank werden praktische und wissenschaftliche Anforderungen gesammelt und spezifiziert, in der Methodenwerkstatt Gestaltungs-, Test- und Validierungspraktiken mit dazugehörigen Metriken und Benchmarks entwickelt und im Living Lab Tests und Felderprobungen durchgeführt. Diese Kernbereiche sind für ein iteratives, agiles Arbeiten untereinander verbunden und für partizipative Ansätze nach außen hin geöffnet. Integratives Element der Clusterstruktur ist der **rokit-Hub** als Vermittler und Bindeglied innerhalb des Clusters und als Schnittstelle und Ansprechpartner nach außen.

Die Ergebnisse von **rokit** werden insbesondere, aber nicht nur, kleineren und mittleren Unternehmen sowie Start-Ups zugutekommen, die naturgemäß ihren Fokus auf die technische Entwicklung legen müssen und vergleichsweise wenige Ressourcen für die Anknüpfung an den wissenschaftlichen Stand der Forschung haben. Zudem möchte das Kompetenzcluster auch politischen Entscheidungsträgern bei Fragen der Technikfolgenabschätzung sowie bei Regulierungsvorhaben Unterstützung bieten. Die öffentliche Verwaltung kann im Hinblick auf Beschaffung sowie auf ihre ordnungsrechtlichen Aufgaben ebenfalls von dem im **rokit** generierten und gebündelten Wissen profitieren.

13.1.2 Thema des Verbundprojektes / Problembeschreibung

Das Verbundprojekt wird zwei miteinander verknüpfte Problemstellungen thematisieren: den Einsatz von und die Interaktion mit Robotern im öffentlichen Raum mit den sich daraus ergebenden Herausforderungen und die Anpassung existierender Roboter an neue Anwendungsfälle. Es gibt für industrielle und geschützte Bereiche bereits viele gut funktionierende Automatisierungstechnologien. Deren Anpassung an neue Anwendungsfälle ist ein wichtiger Schlüssel zum kommerziellen Erfolg der Hersteller. Die Übertragung in den nicht industriellen und insbesondere öffentlichen Bereich schei-

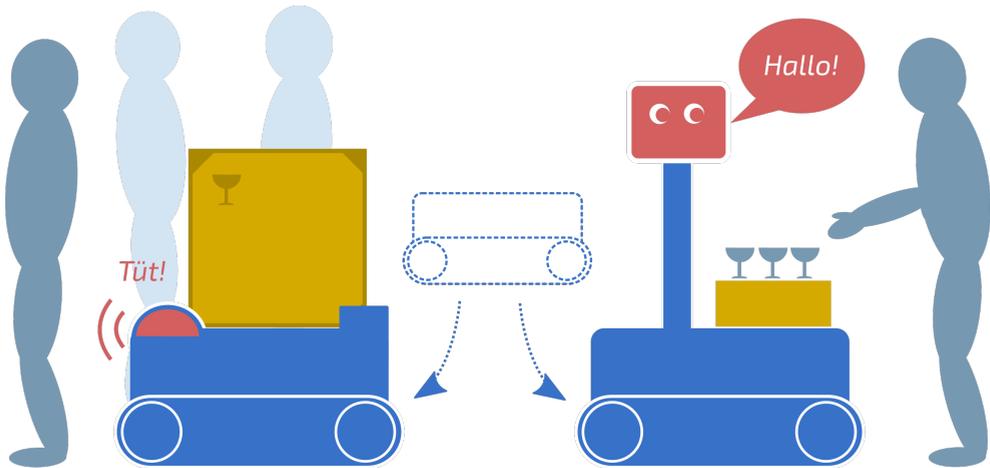


Abbildung 13.1: Eine Roboterplattform in zwei unterschiedlichen Anwendungsszenarien; links als Transporter, rechts als Servicekraft. Neben der Mechanik ändern sich auch die Bedingungen der Mensch-Roboter-Interaktion.

tert aber neben rechtlichen Problemen oft an Fragestellungen der MRI. In *rokit* wird daher die Adaption bestehender Robotertechnologie auf die Interaktion mit Menschen fokussiert. Das ist mit besonderen Herausforderungen verbunden, insbesondere wenn die Interaktion mit Personen ohne besondere Vorkenntnisse und/oder im öffentlichen Raum zu gestalten ist. Die Bandbreite reicht dabei vom Ausweichen als physische Handlungsinteraktion bis zur zielgerichteten Kommunikation. Die vorausschauende Gestaltung und die Vorwegnahme der Interaktionsanforderungen in Anwendungsszenarien mit teilweise sehr unterschiedlichen Rahmenbedingungen erfordert Know-how, das in diesem Umfang von eher technisch geprägten Entwicklungsteams kaum zu verlangen ist, bzw. auch andernorts nicht existiert. Dies trifft sowohl für den Bereich der Usability (Gebrauchstauglichkeit) und User-Experience (UX) zu aber auch für die vorausblickende Reduzierung von Gefahren und für die funktionale Sicherheit.

Am Beispiel lässt sich das gut verdeutlichen: Der Projektpartner Angsa möchte eine bestehende mobile Roboterplattform so weiterentwickeln, dass sie sich *vollautomatisch* durch öffentliche Parks bewegen und dort kleinteiligen Müll aufsammeln kann. Der zu erwartende Publikumsverkehr erfordert, dass die Modifikationen vorausschauende Maßnahmen für zufällige Begegnungen mit Menschen umfassen. Ist es beispielsweise angemessen, Personen auf dem Fußweg durch einen Warnton über den sich nähernden

Roboter zu informieren? Wird der Roboter im Gegenteil zur Stolperfalle, wenn er still zwischen Passantinnen navigiert? Egal, welche Entscheidung getroffen wird, wer haftet, wenn ein Schadensfall eintritt? Ist es vielleicht sinnvoll, dem Roboter einen Lautsprecher und ein paar einfache Sätze mit auf den Weg zu geben? An dieser im Grunde sehr einfachen Situation wird klar, wie stark Ethik (Einschränkung im öffentlichen Leben), Sicherheit (Stolpergefahr), Recht (Verantwortung) und MRI-Gestaltung (Hupen vs. Sprechen) unmittelbar und untrennbar miteinander verbunden sind. Die Komplexität nimmt immens zu, wenn neben dieser beiläufigen Form der Interaktion auch gezielte Kommunikationsakte angestrebt werden. Diese Problematik der bereichsübergreifenden Anwendung findet sich bei allen Assistenzrobotern mit einem gewissen Grad an Universalität, wird jedoch besonders prekär beim Einsatz im öffentlichen Raum.

Eine für den öffentlichen Raum spezifische Herausforderung ist der Vandalismus. Das von Fahrkartenautomaten, E-Scootern und Stadtmöbeln bekannte Problem wird auch Roboter im öffentlichen Raum treffen. Dabei wird es sich vermutlich nicht nur um Beschädigungsversuche handeln, sondern, wie Beobachtungen aus dem industriellen Umfeld nahelegen, auch um absichtliche Behinderungen bei der Funktionsausführung. Konkret: Personen verstellen dem Roboter den Weg, stoßen ihn in die Seite oder versuchen die Sensoren zu manipulieren. Gründe dafür können reine Akte des Vandalismus, Neugier oder auch individuelle Abneigung sein. Da solche Eingriffe einen unmittelbaren Einfluss auf die Sicherheitsfunktionen des Roboters haben, ergeben sich daraus im öffentlichen Raum schnell ernsthafte Probleme. Damit kann auf verschiedene Weisen umgegangen werden: rechtlich, durch Regulierung und Sanktionierung, auf der Ebene der MRI, durch eine entsprechende Gestaltung und spezifische Interaktionsmuster und technisch durch wirksame Schutzmaßnahmen sowie die Möglichkeit der Selbstdiagnose. Stets damit verbunden sind ethische und sozialwissenschaftliche Fragestellungen nach der Rolle des mobilen Roboters im öffentlichen Raum, die nicht beiläufig beantwortet werden können. Sie müssen gemeinsam mit kommerziellen und funktionalen Erwägungen von Beginn an mitgedacht werden.

Eine weitere Problematik, die im öffentlichen Raum besondere Brisanz erlangt, ist das Image von Robotern. Die teilweise vorherrschenden Ängste vor oder die Skepsis gegenüber Robotern, lassen sich möglicherweise durch eine durchdachte, aufgabenangemessene und selbsterklärende Gestaltung eingrenzen. Probleme, wie beispielsweise der Eindruck einer zunehmenden Ersetzung von Arbeitskräften oder auch eine auffällige Technisierung der Lebenswelt, bleiben aber weiterhin bestehen. Um einer Lösung näher zu kommen, muss konkreten Befürchtungen zum einen die faktische Grundlage genommen werden, beispielsweise indem die Situation für Arbeitskräfte durch den Einsatz von Robotern sogar verbessert wird. Zum anderen sind partizipative Gestaltungsprozesse und kommunikatives Fingerspitzengefühl erforderlich, um jene unrealistischen Erwartungen von Robotern mit nahezu menschlichen Fähigkeiten zu dämpfen, die den Ängsten und Befürchtungen ihre Stärke verleihen. Diese Aspekte sollen in *rokit* von vornherein mitgedacht und in die Lösungsfindung einbezogen werden.

Die geschilderten Umstände zeigen auf, warum die Gründung eines Kompetenzclusters wie *rokit* notwendig ist: Hersteller und Anwender können die angedeuteten Herausforderungen der Gebrauchstauglichkeit und Leistungsfähigkeit, (Rechts)Sicherheit, MRI und ethischen, rechtlichen und sozialen Implikationen (ELSI) in der Regel nicht allein bewältigen. Es bedarf der Unterstützung durch ein Team mit multipler Expertise. **Der wissenschaftliche Arbeitsauftrag** des *rokit* manifestiert sich dazu in folgenden Forschungsfragen:

1. Welche gesellschaftlichen und individuellen Erwartungen, Bedürfnisse und auch Ängste bestehen in Bezug auf Roboter und was bedeutet das für die Gestaltung der MRI?
2. Welche Interaktionsstrategien sind die richtigen für eine gute UX und hohe Akzeptanz von Robotern im öffentlichen Raum und wie lassen sich daraus Gestaltungsvorgaben ableiten?
3. Wie kann die MRI im öffentlichen Raum in der Praxis sicher gestaltet werden, ohne dass Performanz und Nützlichkeit darunter leiden?

4. Welcher rechtliche Rahmen ermöglicht den Einsatz von Robotern im öffentlichen Raum?
5. Welche strukturierten Erfahrungen lassen sich in Hinblick auf Performanz, (Rechts)Sicherheit, MRI und ELSI für die Assistenzrobotik im Allgemeinen ableiten?

Insgesamt soll mit der Beantwortung dieser Fragen der **Vision** nähergekommen werden, mit einer durchdachten Assistenzrobotik den öffentlichen Raum lebenswerter, sauberer und sicherer zu machen sowie die damit verbundenen Arbeitsplätze gesünder, vielseitiger und attraktiver zu gestalten.

13.1.3 Gesamtziel des Kompetenzzentrums

In *rokit* wird die verfügbare Technologie und Expertise zur Assistenzrobotik im öffentlichen Raum mit den gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Anforderungen harmonisiert. Dazu werden beide Seiten analysiert, Lücken identifiziert, Handlungsbedarfe abgeleitet und Lösungen entwickelt. Das Gesamtziel des Kompetenzclusters ist es, Ergebnisse zu produzieren, die den sinnstiftenden, ethischen, sicheren und ökonomischen Einsatz von Robotern im öffentlichen Raum ermöglichen. Das kurzfristige Ziel in den ersten Monaten ist es, Methoden und Metriken als wissenschaftliche Grundlage des Kompetenzclusters zu erarbeiten. Das mittelfristige Ziel über den weiteren Förderzeitraum ist es, in mehrtägigen Erprobungsphasen unter realen Bedingungen alltagstaugliche Szenarien der integrierten Forschung umzusetzen. Das langfristige Ziel ist es, Roboterhersteller und -anwender mit Methoden- und Fachkompetenz, Benchmarks, Best Practices und praktischer Erfahrung effektiv in der Domäne des öffentlichen Raums zu unterstützen und den politischen, normativen und gesellschaftlichen Diskurs zu befördern.



Abbildung 13.2: Die Elemente des Kompetenzclusters *rokit* und die externen Anknüpfungspunkte.

Zur Erreichung dieser Ziele sind im Konsortium Partner vereint, deren Expertisen die Interaktionsgestaltung (HFC, HSD), Ergonomie und Arbeitswissenschaft (TUC), Sicherheit (IPA, IFF), Recht (IKEM, IFA), Ethik und Technikfolgenabschätzung (TUB), Wirtschaftswissenschaften (IMW) und Robotik (ANGSA) umfassen. Diese Expertisen werden in den drei Kernelementen Thinktank, Methodenwerkstatt und Living Lab und dem vernetzenden *rokit*-Hub zur Erreichung spezifischer Unterziele gebündelt bzw. geclustert.

Im **Thinktank** werden praktische und wissenschaftliche Problemstellungen auf gesamtgesellschaftlicher Ebene bearbeitet. Dazu finden regelmäßig transdisziplinäre Fallbesprechungen aller Konsortialpartner statt. Es werden Interviews, Workshops und Fokusgruppen mit direkten Stakeholdern (wie Herstellern und Anwendern, Kommunen, Betreibergesellschaften und gesetzlichen Unfallversicherern) und mit Bürgern und Bürgerinnen durchgeführt. Außerdem erarbeitet der Thinktank auf der Ebene von Gremien Lösungen für Rechts- und Sicherheitsfragen, die in anderen Bereich des Clusters identifiziert werden und sich nicht operativ lösen lassen. Weiterhin wird der Thinktank die im Projekt gesammelten praktischen Erfahrungen, aber auch internationale Best Practices und relevante Forschung strukturiert aufbereiten und veröffentlichen. Das **Arbeitsergebnis des Thinktanks** ist die strukturierte Aufbereitung der gesellschaftlichen und wissenschaftlichen Anforderungen, die den verfügbaren technischen Lösungen gegenüberstehen. Langfristig bietet der Thinktank als Dienstleistung rechtliche, ethische, normative und arbeitswissenschaftliche Gutachten, Politikberatung und die aktive Begleitung von Veränderungsprozessen an. Wissenschaftlich widmet sich der Thinktank damit aus einer dialogisch-normativen Perspektive den Fragen nach einer gesamtgesellschaftlich wertvollen Gestaltung von Assistenzrobotik.

Für die im Thinktank ausgearbeiteten Problemstellungen werden in der **Methodenwerkstatt** auf den Anwendungsfall zugeschnittene Lösungen entwickelt. Beginnend bei der Spezifikation der Anwendung bis hin zur Evaluation bietet die Methodenwerkstatt eine entwicklungsbegleitende Beratung und Begleitung zur Integration von Robotern im öffentlichen Raum. Dazu werden konkrete Metriken und Benchmarks erarbeitet, anhand derer die Nützlichkeit und Sicherheit von Assistenzrobotern und der MRI gemessen werden kann. Auf diese präskriptiven Metriken und Benchmarks ausgerichtet werden iterativ Methoden der menschenzentrierten Gestaltung (Human-Centred Design, HCD; Boy 2017) und des wertorientierten Designs (Value Sensitive Design, VSD;

Davis and Nathan 2015) zusammengestellt und angepasst. Ein wichtiges Element der agilen Arbeit in der Methodenwerkstatt sind partizipative Ansätze, die möglichst alle Beteiligten in die Gestaltung von Interaktionen einbeziehen. Gerade beim Einsatz von Assistenzrobotern im öffentlichen Raum sowie beim dafür notwendigen Einsatz verschiedener Methoden der künstlichen Intelligenz (KI) sind zudem Fragen der Verifikation und Validierung des Systems ungeklärt. Die Methodenwerkstatt entwickelt auch dazu geeignete Testmethoden und -designs. Sie stellt zudem die notwendigen Umgebungen sowie Testeinrichtungen zur Verfügung, um Interaktionsszenarien in praxisnahen Feldtests des Living Labs zu erproben. Abschließend erhält die Methodenwerkstatt Rückmeldung aus dem Living Lab darüber, welche Praktiken und Methoden sich bewährt haben. Die Ergebnisse werden dann nach außen als validierte Toolkits, Best Practice Fallstudien, Schulungen oder Audits frei verfügbar gemacht oder – je nach Eignung – als Dienstleistungen angeboten. Die **Arbeitsergebnisse der Methodenwerkstatt** sind geeignete Gestaltungs-, Test- und Validierungsmethoden mit den dazugehörigen Metriken und Benchmarks sowie Angebote zur Anwendung der Methoden (Toolkits, Guidelines). Die methodische, präskriptive Sichtweise der Methodenwerkstatt hat wissenschaftlich vor allem das Ziel, allgemeingültige Praktiken und Prozesse für die Anpassung, Implementierung und Integration von Assistenzrobotern und MRI im öffentlichen Raum zu entwickeln.

Im **Living Lab** werden die Interaktionsszenarien in Tests im Feld, im Labor oder in der virtuellen und gemischten Realität (Virtual/Mixed Reality, VR/MR) überprüft. Insbesondere letztere bieten bei hoher Praxisnähe die Möglichkeit, risikoreiche Szenarien oder extreme Ausnahmefälle zu erproben, die in Felderprobungen (noch) nicht adressiert werden können. In die Untersuchungen, insbesondere die Felderprobungen, werden neben den Herstellern auch Anwender und die öffentlichen Beteiligten eng einbezogen – nur so können direkt umsetzbare Ergebnisse erzielt werden. Konkret wird überprüft, welche Interaktionsmuster, Schnittstellen und Gestaltungsprinzipien eine gesellschaftlich wertvolle Assistenzrobotik in der Öffentlichkeit praktisch ermöglichen. Begleitet werden die Erprobungen von Workshops und Interviews, mit denen die Ergebnisse durch Perspektiven betroffener Personengruppen qualitativ angereichert werden. Im Projektablauf dient das Living Lab zunächst dazu, die entwickelten Metriken (intern) zu validieren und praxisnahe Benchmarks aufzustellen. Anschließend wird das auch Herstellern und Anwendern als Dienstleistung angeboten. Das Arbeitsergebnis

des Living Labs sind Best Practices der MRI und systematisierte Erfahrungen für den alltagsnahen Einsatz von Assistenzrobotik im öffentlichen Raum. Aus wissenschaftlicher Sicht wird die empirisch-experimentelle Perspektive des Living Labs strukturierte Erkenntnisse zu konkreten Interaktionsanforderungen sammeln, Sicherheitsfragen praktisch bewertbar machen und außerdem neue Formate der integrativen Erforschung der MRI entwickeln.

Im **rokit-Hub** wird einerseits der Austausch der drei Elemente untereinander strukturiert. Andererseits dient er in Form eines *Einheitlichen Ansprechpartners* (EAP) für externe Anliegen, als Sprachrohr in die Öffentlichkeit und als bundesweiter *Kompetenzbroker*. Er soll zudem als ein Marktplatz für Dienstleistungen und Technologie zum Thema etabliert werden. Damit soll Herstellern, Anwendern, der Politik und der Öffentlichkeit einen One-Stop-Shop für sämtliche Anliegen rund um das Thema mobile Assistenzrobotik im öffentlichen Raum angeboten werden. Als zentrale Instanz wird der **rokit-Hub** zu Beginn des Förderzeitraums zudem Indikatoren festlegen, um die Wirksamkeit des Kompetenzclusters selbst zu evaluieren. Den Werten des Ist-Zustands nach dem ersten halben Jahr werden die Indikatorwerte nach 18 und 30 Monaten Projektlaufzeit gegenübergestellt. Zweck dieses Vorgehens ist es, eine agile und iterative Arbeitsmethode des Clusters zu unterstützen und so effizient und zielorientiert agieren zu können. Das Arbeitsergebnis des **rokit-Hubs** ist ein öffentlich bekannter EAP und Marktplatz für Assistenzrobotik im öffentlichen Raum sowie die Funktionsfähigkeit des Kompetenzclusters selbst. Der **rokit-Hub** soll so gestaltet werden, dass **rokit** von außen zugänglich und innerlich tragfähig ist.

Entlang des Prozesses, der sich durch die oben beschriebenen Module ergibt, werden über den Zeitraum der Projektförderung drei **Anwendungsfälle** bearbeitet. Die Anwendungsfälle unterscheiden sich in mehrfacher Hinsicht voneinander: durch den Typ des verwendeten Roboters, durch den konkreten Anwendungsbereich, durch die Form der Interaktion, durch die zu erfüllende Aufgabe und durch die zu erwartenden Interaktionsteilnehmer. Wir erwarten, dadurch ein breites Erfahrungsspektrum und allgemeingültige Erkenntnisse zu gewinnen. Die Anwendungsfälle werden aufeinander aufbauend bearbeitet, damit Erfahrungen, die in einem Anwendungsfall gewonnen werden, bereits in der laufenden Planung des nächsten Falls berücksichtigt werden können.

Die Arbeitsergebnisse des Clusters zum Ende des Förderzeitraums sind erprobte Design- und Evaluationsprozesse, Validierungsprotokolle, Toolkits, Fallstudien und Beratungsangebote, die den nützlichen, ethischen, sicheren und ökonomischen Einsatz von Robotern und die MRI im öffentlichen Raum ermöglichen.

13.2 Alleinstellungsmerkmale und Abgrenzung zum Stand der Wissenschaft und Technik

13.2.1 Internationaler Stand der Wissenschaft und Technik

Der Einsatz von Assistenzrobotern im öffentlichen Raum steht international noch am Anfang. Japan, Südkorea oder China sind hier Vorreiter, da die Akzeptanzschwelle für (insbesondere humanoide) Roboter niedriger liegt als bspw. in Deutschland oder Frankreich (Nomura 2017). Insbesondere in Südkorea sind Roboter als Servicekräfte in Restaurants im Einsatz, allerdings bislang eher als Besucherattraktion, weniger um die Effizienz der Serviceprozesse zu steigern (Fusté-Forné 2021). Die Funktion der Roboter beschränkt sich größtenteils auf soziale und Kommunikationsaufgaben (Mubin et al. 2018), während physische Interaktion, Manipulation oder der Transport größerer Lasten eine untergeordnete Rolle spielen. Qualitativ ist das Bild im europäischen Raum identisch, quantitativ handelt es sich bei Assistenzrobotern in der Öffentlichkeit jedoch eher um Einzelfälle und F&E-Projekte als um breitenwirksame Lösungsansätze, wie etwa die Arbeiten aus dem BMBF Projekt *AuRorA* (Rönnau et al. 2020) oder der Assistenzroboter ANNIE des Projektpartners IFF¹. Einen Vorstoß in Richtung physisch assistierender Roboter wagte von 2017 bis 2019 die Deutsche Post im Projekt *PostBOT*, das jedoch aus wirtschaftlichen Gründen eingestellt wurde (Voss 2019). In Bibliotheken und Krankenhäusern sind Roboter als fahrerlose Transportsysteme teilweise gut etabliert, die Interaktivität mit Menschen beschränkt sich jedoch i.d.R. auf das zur Einhaltung von Sicherheitsnormen notwendige Stoppen. Alternative Modi zur Kollisionsvermeidung, wie bspw. geeignete Ausweichstrategien, sind Gegenstand der Forschung (z. B. im BMBF-Projekt INTUITIV unter Beteiligung von HFC²).

¹ <https://www.iff.fraunhofer.de/de/geschaeftsbereiche/robotersysteme/assistenzroboter-annie.html>

² <https://www.interaktive-technologien.de/projekte/intuitiv>

Mit Blick auf die Hardware sind viele der bereits entwickelten Roboter für einen Einsatz im öffentlichen Raum gut vorbereitet. Die meisten aktuellen mobilen Systeme verfügen über Lidar-Technik zur dreidimensionalen Erfassung der Umwelt. Die Ausstattung mit weiterer Sensorik zur Objekt- und Personenerkennung ist nahezu die Regel. Akkulaufzeiten, Mobilität und Navigationsfähigkeiten sind auf einem praxistauglichen Niveau angelangt. Die Grenzen der aktuell eingesetzten Technologien werden vielmehr durch fehlende Wirtschaftlichkeit, rechtliche Unsicherheiten und vor allem mangelnde Erfahrung und Expertise in der MRI gezeichnet.

Die Erforschung der MRI fokussiert meist spezifische Themen wie Pflegerobotik, industrielle Kollaboration oder soziale Robotik. Jung and Hinds (2018) bemängeln, dass zu viel MRI-Forschung im Labor stattfindet, wodurch die realen Implikationen im Kontext völlig unerforscht blieben. Rosenthal-von der Rosenthal-von der Pütten et al. (2020) sehen die Interaktion von Robotern mit beiläufigen Interaktionspartnern in der Wissenschaft derart unterrepräsentiert, dass sie von den „Vergessenen in der MRI“ sprechen und haben sich, sowie Lee and Toombs (2020), dieses Themas zumindest deskriptiv angenommen. Ein erwähnenswerter präskriptiver Ansatz zum Design von MRI für öffentliche Orte stammt von Tonkin et al. (2018). Er baut u.a. auf den Arbeiten von Weiss et al. (2011) und Alenljung et al. (2017) auf und hat eine Übertragbarkeit des UX-Konzepts auf die Gestaltung der MRI zum Ziel. Studien zur standardisierten Evaluation von MRI in der Öffentlichkeit existieren unseres Wissens ebenso wenig wie einheitliche Metriken oder Kennzahlen für diese Anwendungsdomäne.

Die **Untersuchungsmethoden** zu Interaktionen zwischen Menschen und Robotern erfordern oft ein umfangreiches Prototyping und/oder sind auf Wizard-of-Oz-Lösungen beschränkt. Virtual und Mixed Reality (VR/MR) können ein Simulationswerkzeug bieten, das schnelle, flexible und iterative Designprozesse ermöglicht. Studien zeigen, dass VR als Evaluationsumgebung für MRI sehr gut geeignet ist. So werden Gesten eines Roboterobjekts in virtuellen und physischen Interaktionsumgebungen ähnlich interpretiert (Sadka et al. 2020), was darauf hindeutet, dass die Kernaspekte der MRI in einer VR-Simulation erhalten bleiben (ökologische Validität). Der Projektpartner HFC konnte im vom BMBF geförderten Begleitforschungsprojekt ARAIG (ARA-1) außerdem zeigen, dass sich in der VR erhobene Verhaltensmaße in Bezug auf einen Roboter mit denen in der Wirklichkeit vergleichen lassen (Plomin et al., in

Bearbeitung; siehe auch Schweidler et al. 2020). Ein weiterer Vorteil des Testens in VR ist, dass die funktionale Sicherheit des Roboters zunächst zugunsten zügiger Testzyklen vernachlässigt werden kann.

Für den praktischen Einsatz hochautomatisierter Robotersysteme im öffentlichen Raum ist die **funktionale Sicherheit** hingegen eine unumstößliche Grundlage. Im EU-Projekt COVR (Valori et al. 2021) wurde dazu die Sicherheitsvalidierung auf Systemniveau für eine Vielzahl von Robotertypen untersucht und sogenannte Protokolle als Schritt-für-Schritt-Anleitungen, wie solche Validierungsmessungen durchzuführen sind, entwickelt. Aktuell wird ein aus dem COVR-Projekt entwickeltes Protokoll für die Messung von Druck und Kraft bei einer Kollision mit einem Roboter als ISO-PAS sowie ein CEN-CWA zum Thema „Aufbau und Strukturierung von Protokollen“ veröffentlicht. Die meisten Protokolle sind für Roboter im industriellen oder Rehabilitationsumfeld bestimmt. Roboter in öffentlichen Räumen wurden kaum behandelt. In *rokit* kann auf den Vorarbeiten und dem vorhandenen Wissen des Projektpartners IFF als treibendes Mitglied im COVR-Projekt aufgebaut werden, um neue Protokolle für Roboter im öffentlichen Raum zu entwickeln und durchzuführen. Durch die enge Zusammenarbeit mit der Standardisierungsgemeinschaft können auch neue Erkenntnisse aus *rokit* schnell den Weg in die Standardisierung finden.

Das Recht kennt Roboter als Arbeitsmittel, Maschinen und andere Produkte (z. B. Medizinprodukte) und reguliert sie sektorspezifisch, also auf die speziellen Anforderungen und Bedürfnisse der jeweiligen Stakeholder zugeschnitten. Durch die Entwicklungen im Bereich selbstfahrender Fahrzeuge werden vollautomatisierte Systeme nun auch im öffentlichen Raum durch das Recht zunehmend adressiert (vgl. die neuen §§ 1a – 1c StVG oder das im Gesetzgebungsverfahren befindliche Gesetz für selbstfahrende Fahrzeuge). Noch kaum untersucht sind hingegen Fragen des Einsatzes robotischer Systeme im öffentlichen Raum (bzw. im Straßenverkehr) als Kleinstfahrzeuge. Auch die Forschung im Rahmen von Pilotprojekten zu selbstfahrenden Fahrzeugen nimmt vorrangig Shuttles für den Personentransport in den Blick (z. B. im Rahmen der Projekte I-AT, HEAT, HubChain).

Hoch- und vollautomatisierte Assistenzroboter erfordern einen umfangreichen Einsatz verschiedener **Methoden der KI** um ihre Aufgaben erfüllen zu können. So ist etwa zu Erfassung der Umgebungssituation nicht nur eine semantische Segmentierung der Umgebung, sondern auch eine Klassifikation der in der Umgebung befindlichen Objekte notwendig. Diese Aufgaben werden heute mit Modellen gelöst, die mit Verfahren des Maschinellen Lernens, insb. des Deep Learnings entwickelt wurden. Auch bei der Planung der auszuführenden Handlungen spielen diese Verfahren heute eine große Rolle. Hieraus ergeben sich jedoch viele Fragestellungen zu den rechtlichen, ethischen und sicherheitstechnischen Aspekten solcher Systeme. So ist bis heute beispielsweise noch ungeklärt, welche Gesetze bei Unfällen im Zusammenhang mit diesen Systemen anzuwenden sind und ob das Prinzip der Verschuldungshaftung angewendet werden kann oder eine allgemeine Gefährdungshaftung für KI-Systeme etabliert werden muss. Weiterhin existieren große Unsicherheiten bezüglich der Sicherheit der Systeme. Obgleich auch KI-Systeme in ihrer Mehrheit deterministische Ergebnisse liefern, sind sie aufgrund ihrer (Einsatz)Komplexität nicht vollständig testbar. Hierdurch ergeben sich potentielle Risiken und Fragen zur Nachvollziehbarkeit, Zuverlässigkeit und schließlich Sicherheit der eingesetzten Modelle. Die gesetzliche Regulierung von KI kommt allerdings insbesondere auf europäischer Ebene voran (Vorschläge zu neuer Maschinen-Verordnung und Verordnung über KI) und wird sich auch auf den Bereich der Robotik auswirken. Die rechtswissenschaftliche Forschung befasst sich dabei neben haftungsrechtlichen Überlegungen insbesondere mit Fragen nach Datenschutz und -sicherheit sowie Datenverfügbarkeit. Vor allem die haftungsrechtliche Diskussion weist enge Verbindungen zu ethischen Überlegungen auf.

Im Forschungsfeld **Responsible Robotics**, das sich mit der ethisch-sozial verantwortungsvollen Entwicklung und Implementierung von Robotern auseinandersetzt, gibt es bereits erste Initiativen für eine entsprechende Bewertung von robotischen Technologien. Die von niederländischen Institutionen geförderte Initiative *Foundation for Responsible Robotics (FRR)*, die mit dem Robotik-Innovations-Hub *RoboValley* zusammenarbeitet, entwickelt ein „Qualitätssiegel“, das Robotik-Unternehmen und ihre Produkte auf der Grundlage bestimmter Werte zertifiziert³. Die Initiative ist seit 2019 allerdings noch nicht über die Pilotphase hinausgekommen. Forschungsarbeiten

³FRR Quality Mark for (AI Based) Robotics

zum verantwortungsbewussten Einsatz von mobilen Robotern im öffentlichen Raum konzentrieren sich hauptsächlich auf einzelne Aspekte wie Annehmlichkeit (*comfort*) (May et al. 2017), Verhaltensbeeinflussung (Briggs and Scheutz 2014) oder Privatheit (Rueben et al. 2017). Langfristig werden sich robotische Lösungen nur dann in der Praxis durchsetzen, wenn sie nicht nur nützlich, sicher und ethisch angemessen, sondern auch wirtschaftlich tragfähig sind. Hierzu gibt es nur wenige Studien, von denen die EFFIROB-Publikation (Hägele et al. 2011) positiv hervorzuheben ist. Weiterführende Analysen der wirtschaftlichen Aspekte von Assistenzrobotik im öffentlichen Raum und ihrer Bedeutung für die Robotik-Entwicklung existieren hingegen nicht. Jüngst beschäftigen sich jedoch Studien im Bereich der MRI mit der Wirtschaftlichkeit von Robotiklösungen (Hees et al. 2019).

13.2.2 Vorteile gegenüber konkurrierenden Lösungsansätzen

Es gibt keinen uns bekannten Lösungsansatz mit einer ähnlichen Ausrichtung oder einer vergleichbaren methodischen und fachlichen Expertise. Bestehende Beratungs- oder F&E-Angebote fokussieren meist nur einzelne Aspekte wie die Gebrauchstauglichkeit, Akzeptanz oder Sicherheit und sind Angebote einzelner Unternehmen. Darüber hinaus existieren zwar konsortiale Angebote wie das *Forum FTS* des VDI oder das *Kompetenzzentrum für Rettungsrobotik* (DRK), diese widmen sich jedoch eng zugeschnittenen Domänen oder Technologien. Gegenüber diesen Lösungen bietet das Kompetenzcluster **rokit** den Mehrwert, dass es exzellente Partner aus *allen* entscheidenden Bereichen vereint und sich einer *übergeordneten* Anwendungsdomäne widmet. Erkenntnisse, die hier gewonnen werden, können daher gut auf andere Anwendungsdomänen übertragen werden. Ein weiteres Alleinstellungsmerkmal ist, dass in den integrativen Felderproben im Living Lab neuartige Umsetzungen praktisch pilotiert werden. Das bietet erstens für Hersteller, Anwender, Öffentlichkeit und Gremien die Möglichkeit, gemeinsam zu lernen und wertvolle Erkenntnisse zur Regulierung neuer Technologien zu gewinnen. Zweitens können Hersteller ihre oft maßgeschneiderten Lösungen in situ mit professioneller Unterstützung erproben – ein Angebot, das es so bislang nicht gibt. Drittens werden erstmalig strukturierte Erfahrungen und messbare Ergebnisse zum praktischen Einsatz von Assistenzrobotern und zur MRI im öffentlichen Raum generiert.

Die VR-Simulation als fester Bestandteil der Methodenwerkstatt ist ein weiteres Alleinstellungsmerkmal des Clusters. Es wird begleitende Forschung zum Thema VR-Simulationen in der MRI betreiben, um neuartige Interaktionstechniken zu entwickeln und innovative Dienstleistungen anbieten zu können. Herausforderungen wie die Simulation des öffentlichen Raums in VR oder MR, das Steuern über natürliche Armgesten, oder auch das Hineinversetzen in den Roboter und dessen Steuerung in VR (ggf. mit Echtzeitanbindung an den realen Roboter) werden dabei untersucht.

In puncto Sicherheitsbetrachtungen ist *rokit* in zweierlei Hinsicht einzigartig. Sicherheitsnormen definieren aktuell maximale Geschwindigkeiten oder maximale Kräfte bei Kontakten zwischen bewegten Roboterteilen und menschlichen Körperteilen. Ein Roboter, der diese zwar einhält, aber auch weitgehend ausschöpft, ist zwar nach Rechtslage sicher, wird aber vom Nutzer eher nicht als sicher empfunden. In *rokit* wird deshalb auch der Einfluss von Verhaltens- und Gestaltungseigenschaften des Roboters auf dessen empfundene Leistungsfähigkeit und Sicherheit untersucht – ein in diesem praktischen Kontext unbestelltes Feld. Ein weiterer Aspekt der funktionalen Sicherheit sind die Annahmen über Personen, die in Kontakt mit den Robotern kommen werden. Bei der Risikoanalyse für Anwendungen im industriellen Umfeld werden i.d.R. gesunde Menschen mit hohen kognitiven Fähigkeiten vorausgesetzt. Für die Anwendungsfälle in *rokit* werden dahingegen vielfältige Zielgruppen angenommen, was die Anforderungen an die Generalisierbarkeit um ein Vielfaches erhöht.

Die Berücksichtigung ethischer, sozialer und rechtlicher Aspekte von Anfang an stellt eine weitere Besonderheit dar. Im Unterschied zu der „ethischen Zertifizierung“ von Roboter-Systemen, wie sie beispielsweise von der FRR entwickelt wird, verfolgt *rokit* einen prozessbegleitenden Ansatz, der nicht auf eine reine Beurteilung beschränkt ist. Dem Anspruch von Responsible Research and Innovation (RRI) folgend, wird die Operationalisierung und Spezifizierung von ethisch-sozialen Werten um Methoden der integrierten Forschung ergänzt und erweitert. Das ELSI-Angebot von *rokit* ist dabei umfassender als bisherige Ansätze, da die Technologie mobiler Roboter hier nicht isoliert von der Anwendungssituation, sondern in den komplexen Umgebungen des öffentlichen Raumes betrachtet wird. Auf diese Weise können im *rokit*-Angebot beispielsweise Anwendungsszenarien aus der Perspektive einer verantwortungsvollen urbanen Innovation thematisiert werden (Nagenborg 2020).

Rechtlich werden in *rokit* maßgerechte Lösungen entwickelt, da für die unterschiedlichen Stakeholder verschiedene Aspekte relevant sind. So sind für die Anwender neben Fragen zu Haftung, Datenschutz und -sicherheit bei der Objekterkennung auch produkt-, versicherungs-, und ggf. straßenverkehrsrechtliche (also zulassungsrechtliche) Fragen vorrangig. Aus Perspektive indirekt Betroffener können Datenschutz und Haftungsfragen ebenfalls von zentraler Bedeutung sein. In *rokit* werden wir die rechtlichen Aspekte neuer Ansätze der Assistenzrobotik aufzeigen, Lücken oder Unklarheiten im Recht durch die Praxiserfahrungen der Stakeholder ermitteln und Handlungsempfehlungen für die Beschaffung und den Einsatz von Robotern geben, aber auch mögliche rechtliche Hindernisse aufzeigen. Zudem werden für die Kunden interessante patent- und schutzrechtliche Gesichtspunkte adressiert.

13.2.3 Risikodarstellung

rokit wird durch interdisziplinäre Exzellenz befähigt, hoch innovative und maßgerechte Lösungen für neuartige Probleme anzubieten. Die Innovationshöhe, die Bindung profilierter wissenschaftlicher Kapazitäten und der Aufbau einer neuen Organisationsstruktur bergen jedoch Risiken, die nicht individuell getragen werden können.

Das geplante Verbundvorhaben erschließt technisch und wissenschaftlich Neuland, indem die identifizierten Lücken für die Robotisierung des öffentlichen Raums geschlossen werden. Im Bereich Technik umfassen die Herausforderungen zum einen die Entwicklung von Lösungen für die Prüfung von Benchmarks, die valide und robust sind sowie über vielfältige Robotertypen und fortlaufend neue Anwendungsszenarien hinweg eingesetzt werden können. Dies betrifft Prüftechniken für die Funktion und auch für die empfundene Sicherheit. Zum anderen muss im Projekt die „letzte Meile“ an den Robotern selbst realisiert werden, was die Umsetzung nützlicher Interaktionskonzepte erfordert und unter Umständen neue Anforderungen an die Sensorik, Steuerung sowie Ein- und Ausgabetechnologien stellt. Wissenschaftliche Risiken entstehen aus den vielfältigen Anforderungen und noch immer bestehenden Lücken für Assistenzrobotik aus ethischer und rechtlicher Perspektive, wofür im Projekt daher teils weitere Grundlagen erarbeitet werden müssen. Auch die MRI-Forschung und Umsetzung sukzessiver Tests im Feld ist bisher in dem vorgeschlagenen Umfang für Assistenzrobotik neu. Damit verbunden sind Risiken der Durchführbarkeit, der

Akzeptanz und damit der breiteren Wirkung der Evaluationsstudien in der Öffentlichkeit. Schließlich bietet auch die transdisziplinäre Zusammenarbeit Chancen wie Risiken für die wissenschaftliche Arbeit. Es muss gelingen, im Projekt eine gemeinsame Sprache zu entwickeln, die wissenschaftlichen und technischen Ziele zu harmonisieren und ein sinnvolles Gesamtpaket an Angeboten zu entwickeln, das einfach kommunizierbar, nachhaltig und vor allem nützlich für Hersteller und Anwender ist. Das wirtschaftliche Risiko für die geplanten Entwicklungen ist für die Verbundpartner hoch und ohne eine Förderung des geplanten Kompetenzclusters nicht möglich.

Wie oben skizziert, ist ein interdisziplinärer, multiperspektivischer Ansatz notwendig, um die mit Assistenzrobotik im öffentlichen Raum verbundenen Problemstellungen erfolgreich zu bearbeiten. Das Konsortium ist entlang der notwendigen Disziplinen aufgestellt und umfasst Interaktionsgestaltung und Ergonomie, Sicherheit, Recht, Ethik, Wirtschaftswissenschaften, Arbeitswissenschaft, Sozialwissenschaften und Technikfolgenabschätzung. Die ausgewiesene Expertise der Partner in ihrem jeweiligen Fachgebiet, der breite methodische Ansatz und ein breites Angebot durch die miteinander vernetzten Kernbereiche Thinktank, Methodenwerkstatt, Living Lab und *rokit*-Hub werden als Lösungsstrategien und Maßnahmen angesehen, die technischen, wissenschaftlichen und wirtschaftlichen Risiken für die Verbundpartner zu minimieren.

13.3 Wissenschaftliche und technische Methoden sowie Arbeitsziele des Kompetenzzentrums

Das wissenschaftliche Ziel des Projekts ist ein Prozess, der die Anforderungen und die Performanz, (Rechts-) Sicherheit, MRI und ELSI von Assistenzrobotik im öffentlichen Raum integriert. Als Blaupause für diesen Prozess dient die von Tonkin et al. (2018) vorgestellte Methodik des User Experience Designs für MRI. Diese wird in mehrfacher Hinsicht erweitert: im Großen um die Einbettung in den gesamtgesellschaftlichen Rahmen, im Detail um die konkrete Validierung funktionaler und rechtlicher Aspekte und in der Durchführung um neue Untersuchungs- und Testmethoden. Außerdem werden Metriken (weiter)entwickelt, um das Ergebnis des Prozesses formal bewerten zu können. Die Teilarbeitsziele werden im Folgenden jeweils kurz dargestellt.

Methoden der integrativen Gestaltung: Wir sind überzeugt, dass die Konzeption



Abbildung 13.3: Die einzelnen Methoden und Kompetenzen in rokit im Zusammenspiel. Die Grafik ist grob nach einem zeitlichen Ablauf von links nach rechts geordnet, allerdings nicht streng als Prozess zu lesen.

von Robotern für den öffentlichen Raum mit der Erwägung der gesellschaftlichen, ethischen, rechtlichen und sozialen Implikationen beginnen sollte, damit die Akzeptanz und Gebrauchstauglichkeit von vornherein sichergestellt werden. Dazu wird als Rahmen der Methodik ein Prozess des szenariobasierten Designs (Rosson and Carroll 2009) aufgesetzt. Dieses Vorgehen ist besonders gut geeignet, um unterdefinierte und komplexe Problemstellungen, insbesondere in dynamischen Umgebungen, beherrschbar zu machen. Konkret werden durch beobachtende, investigative (Interviews, Workshops) und partizipative (VSD, Co-Design) Verfahren die Bedürfnisse und Vorstellungen der Stakeholder eines bestimmten Szenarios gesammelt und strukturiert. Diese Anforderungen dienen anschließend als Benchmarks, um die entwickelten Lösungen im Rahmen der Test-Szenarien – unter anderem den Anwendungsfällen – zu validieren. Da die Arbeit in diesem Bereich qualitativer Natur und als solche schwer in Metriken zu fassen ist, werden die Anwendungsszenarien in beherrschbare Test-Szenarien der einzelnen Unterpunkte (MRI/UUX, Performanz, Sicherheit) aufgegliedert.

Methoden, Metriken und Test-Szenarien der MRI und UUX: Die Qualität der Interaktion mit einem Roboter ist ein subjektives Maß und kann daher ausschließlich durch die Einbeziehung der Nutzer und Nutzerinnen erfasst werden. Zwei Bewertungskonzepte, die sich hier als grundsätzlich nützlich erwiesen haben, sind die Akzeptanz und die UUX. Diese Konzepte lassen sich gut durch bestehende Fragebögen erheben, haben jedoch den immanenten Nachteil, dass die Erhebung post-hoc erfolgt, was besonders im öffentlichen Raum schwer bis nicht möglich ist. Eine Alternative stellen direkt durch Motion Tracking gemessene physische Maße dar, über die indirekt Angaben über die Qualität der Interaktion gemacht werden können. Das Annäherungsverhalten gibt beispielsweise Auskunft über das Vertrauen einer Person in einen Roboter, die körperliche Zugewandtheit und die Zeit, die eine Person in der Interaktion verbringt, lassen Schlüsse auf das Interesse und die Zu- oder Abneigung bezogen auf den Roboter zu. In den Vorarbeiten im vom BMBF geförderten Projekt ARAIG wurden vom Projektkoordinator HFC erste Versuche durchgeführt, um diese Metriken zu harmonisieren und Test-Szenarien zu entwickeln. In *rokit* soll nun darauf aufgebaut werden, mit dem Ziel, eine Testbatterie zusammenzustellen, die sowohl die Fragebögen als auch die beobachteten und gemessenen Verhaltensmaße umfasst. Um Benchmarks zu erstellen und die Testbatterie an verschiedenen MRI-Strategien validieren zu können, wird – neben den Feldversuchen – auf den Einsatz von VR zurückgegriffen. Die Simulation der MRI in der VR hat gegenüber dem Test in der Realität zwei entscheidende Vorteile: Zum einen können Interaktionsszenarien schneller und kostengünstiger umgesetzt werden, zum anderen können auch solche Interaktionen getestet werden, die in der Realität aus Sicherheitsgründen nicht für Experimente geeignet wären, aber im freien Feld durchaus vorkommen können (etwa ein sich von hinten nähernder Roboter).

Metriken und Test-Szenarien der Performanzmessung: Der Begriff der Performanz umfasst sowohl physische Metriken wie Robustheit oder Schnelligkeit, als auch im subjektiven Erleben der Nutzer liegende Eigenschaften wie die Natürlichkeit einer Interaktion, die Verständlichkeit von Rückmeldungen oder Anforderungen des Systems an seine Nutzer oder das Sicherheitsgefühl interagierender Personen. In Bezug auf die funktionale Sicherheit gehen wir davon aus, dass die zu testenden Systeme bereits notwendigen Grundanforderungen einschlägiger Normen und Rechtsvorschriften zu ihrem Betrieb in der jeweiligen Situation erfüllen. Untersuchungen zur Sicherheit

beziehen sich in diesem Fall auf die *empfundene* Sicherheit und deren Ursachen. Die im Projekt ARAIG vom Projektpartner Fraunhofer IPA erarbeitete mobile Testumgebung für Funktions- und Sicherheitstests wird um neue Methoden und Funktionen zur Performanz-Evaluation erweitert und so zu einem mobilen Leistungstestlabor ausgebaut. Die Weiterentwicklung des mobilen Leistungslabors erfolgt in einem iterativen Prozess, bei dem zuvor identifizierte Anforderungen einzeln oder in eng zusammenhängenden Gruppen umgesetzt und möglichst unmittelbar praktisch erprobt werden. Durch das iterative Vorgehen wird eine enge Orientierung an tatsächlichen Bedarfen der Nutzer/Kunden des Kompetenzclusters gewährleistet. Ziel ist eine mobile, d.h. vor Ort bei Nutzern/Kunden einsetzbare Testumgebung zur umfassenden, objektiven Analyse der empfundenen Leistungsfähigkeit des Robotersystems in der Interaktion mit seinen Nutzern bzw. seiner Umgebung unter realen Bedingungen. Dazu sollen unterschiedliche optische und andere Beobachtungsverfahren zur Analyse des äußeren Verhaltens und – soweit von den Nutzern gewünscht oder zugelassen – der internen (Software-)Abläufe des zu testenden Systems erprobt und mit verschiedenen Verfahren der Zeitreihen- und Verhaltensanalyse unter Beachtung einschlägiger Datenschutzregeln in einer integrierten Testumgebung zusammengeführt werden.

Metriken und Test-Szenarien zur Feststellung der Funktionalen Sicherheit: Anforderungen an die funktionale Sicherheit werden durch Gesetze und harmonisierte Normen gestellt und durch Roboterhersteller, Systemintegratoren und Endanwender verwendet, um die gesetzlich geforderte CE-Kennzeichnung zu erlangen. Nachdem das komplette System aufgebaut und betriebsbereit ist, sind sogenannte Validierungsmessungen auf Systemniveau (im Gegensatz zur Validierung der Funktionalität einzelnen Sensoren) nötig, um die Sicherheit nachzuweisen. Diese Validierung soll unter betriebsnahen Bedingungen erfolgen und darf aus ethischen und wissenschaftlichen Gründen nicht mit Menschen als Testpersonen durchgeführt werden. Die Methoden zur Validierung werden auf Basis der im EU-Projekt COVR mit Beteiligung des Fraunhofer IFF entstandenen Methoden zur domänenunabhängigen Validierung von Robotersystemen (Valori et al. 2021) weiterentwickelt. Es werden sowohl herkömmliche Validierungsmethoden (z. B. durch Messungen) als auch neuartige digitale Methoden (Simulation) untersucht und Empfehlungen für deren Nutzung, die aktuellen Einsatzgrenzen und wesentlichen F&E-Fragestellungen zum Thema dokumentiert. Die

Entwicklung beinhaltet auch den Prozess der Risikobewertung und Risikominderung, um Risiken auf ein gesellschaftlich akzeptables Niveau zu reduzieren. Insbesondere werden hier Best Practices und hilfreiche Beispiele erarbeitet, die weit über die Vorschläge für typische Gefährdungen aus ISO 12100:2011 oder ISO 13482:2014 gehen. Für die Beratung und die Bearbeitung von F&E-Fragestellungen der Hersteller und Anwender aus dem Bereich mobiler Serviceroboter wird das IFA und dessen Mitglieder einbezogen.

Anwendungsfälle und deren Bezug zu den Arbeitszielen: Die Anwendungsfälle sind von Anfang an formgebend für sämtliche Arbeiten am *rokit* und ziehen sich als konzeptuelle rote Fäden durch alle Schritte der Entwicklung von Methoden, Metriken und Test-Szenarien. Sie werden als Feldversuche nach 12, 18 und 21 Monaten des Förderzeitraums ausgeführt und bauen iterativ aufeinander auf.



Abbildung 13.4: Der Roboter SPOT und ein Mitarbeiter des IFF beim Annäherungsversuch.

Im ersten Anwendungsfall soll ein beim Konsortialpartner Fraunhofer IFF vorhandener vierbeiniger, zoomorpher Roboter (SPOT) auf einem Universitätscampus für Inspektions- und Kontrollaufgaben eingesetzt werden. Fokussiert wird dabei die MRI mit Passanten, Radfahrern und weiteren zu erwartenden Personen. Dabei ist wichtig, dass stets ein sicherer Abstand zwischen Mensch und Roboter eingehalten und der Roboter nicht zum Hindernis wird. Gleichzeitig muss der Roboter sich zügig über

das Gelände bewegen, damit die Inspektionsroute innerhalb eines wirtschaftlichen Zeitraums zurückgelegt werden kann. Es wird also eine **hohe Leistungsfähigkeit bei hoher Sicherheit** angestrebt. Beides, Leistungsfähigkeit und Sicherheit, kann aus Sicht des Konsortiums durch eine geeignete **MRI** gesteigert werden. Dazu sollen einerseits verschiedene Formen von Ausweichmanövern bzw. intuitiv lesbarer Trajektorien untersucht werden. Zum anderen soll es um die kommunikative Gestaltung gehen: Dem

Roboter kann durch eine symbolhafte Farbgebung institutionelle Autorität geliehen werden, der Einsatz von Warnbeleuchtung kann zur Rücksichtnahme anregen und schließlich kann sich der Roboter durch Geräusche oder Sprachausgaben bemerkbar machen. Die Frage, inwiefern sich all diese Gestaltungsmaßnahmen funktional eignen, ist zwangsläufig mit der Frage nach deren Angemessenheit, also einer **ethischen Beurteilung**, verbunden. Hinzu kommt ein Komplex **rechtlicher Fragestellungen**, die zum einen die Interaktion und zum anderen die Aufgabenerfüllung betreffen. Komplementär dazu soll das Szenario auch im Innenbereich eines Büro- oder Verwaltungsgebäudes getestet werden. Damit wird eine Nähe und Vergleichbarkeit zum zweiten Anwendungsfall hergestellt und dadurch die Entwicklung **bereichsübergreifender Metriken** überhaupt erst möglich.

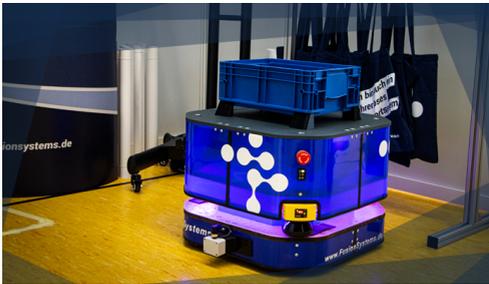


Abbildung 13.5: Der Roboter MULI, beladen mit einer Kiste.

Im **zweiten Anwendungsfall** wird das fahrerlose Transportsystem MULI des assoziierten Partners FusionSystems in einer kollaborativen Transportaufgabe im öffentlichen Innenbereich einer Universität betrachtet. Der Roboter wird, mit einer Last beladen, dem Menschen auf seinen Wegen durch das Gebäude folgen (Follow-me-Funktion). Die Steuerung der Interaktion

bzw. Navigation erfolgt dabei durch berührungslöse Gesten. Sämtliche Herausforderungen aus dem ersten Anwendungsfall treffen auch hier zu, jedoch eröffnet sich durch die gezielte Interaktionsform ein Komplex weiterer Fragen. Diese betreffen die **MRI** (Welche Gesten eignen sich aus menschlicher Sicht?), die **Leistungsfähigkeit und Sicherheit** (Wie werden konkurrierende Navigationsanforderungen von Mensch und Umwelt integriert?) sowie das **Recht und die Ethik** (Was passiert, wenn unberechtigte Personen versuchen, den Roboter zu steuern?).



Abbildung 13.6: Der Reinigungsroboter der Firma Angsa Robotics im Einsatz.

Im **dritten Anwendungsfall** wird der Roboter des Konsortialpartners ANG-SA Robotics in einem öffentlichen Park Kleinstmüll einsammeln. Auch hier sind die Probleme des ersten Anwendungsfalls präsent, auch hier kommt eine spezifische Anforderung hinzu: Der Roboter soll durch Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen der Stadtreinigung eingesetzt werden. Deren Einbeziehung in die **technischen und rechtlichen** Aspekte der Roboterbe-

dienung soll ebenso Gegenstand der Forschung sein wie die dreifache Interaktion zwischen Öffentlichkeit, Roboter und Mitarbeiterinnen. Der dritte Anwendungsfall ist außerdem deshalb besonders, weil die Feldversuche einen unmittelbar darauf folgenden produktiven Einsatz pilotieren sollen. Gewissermaßen wird sich an diesem Anwendungsfall damit die Nützlichkeit sämtlicher im Förderzeitraum erarbeiteten Ergebnisse unmittelbar prüfen lassen.

13.4 Nachhaltigkeit und Verwertungsplan

13.4.1 Wissenschaftlich-technische und wirtschaftliche Erfolgsaussichten

Das Projektergebnis ist ein ganzheitliches Beratungs- und Begleitungsangebot des Kompetenzclusters, insbesondere für KMU und Start-ups in Deutschland (siehe Tabelle in Abbildung 13.7). Die im Projektverlauf entwickelten Angebote und Methoden unterstützen bei der nutzer- und stakeholderzentrierten Integration von interaktiven Robotik-Technologien im öffentlichen Raum. Dadurch ist als Ergebnis ein umfassender Know-how-Gewinn sowohl im Bereich der betrachteten Anwendungen als auch darüber hinaus zu erwarten, der wissenschaftlich verwertet werden soll. Die Konsortialpartner sind hoch motiviert, das Kompetenzcluster nach Ablauf des Förderzeitraums fortzuführen und die Weiterentwicklung der o.g. Dienste und Leistungen voranzutreiben. Hierfür werden im Projekt die entsprechenden Verwertungskonzepte auf Basis der

13.4 Nachhaltigkeit und Verwertungsplan

	UX & MRI	Sicherheit & Performanz	Ethik & Gesellschaft	Recht & Politik
Thinktank	Publikationen	Gremienarbeit	Öffentlichkeitsarbeit	Gremienarbeit
Methoden-Werkstatt	Toolkits, Training, Beratung, Begleitung	Toolkits, Sicherheitsworkshops Bzw. -trainings, Selbstzertifizierung	Toolkits, Workshops, Leitfäden	Toolkits, Beratung, Leitfäden
Living Lab	Evaluation + Benchmarks (MRI)	Zertifizierung + Benchmarks (Performanz)	Ethikgutachten	Zertifizierung, Begutachtung
rokit-Hub	Kompetenzbroker und Ansprechpartner für Anwender, Hersteller, Öffentlichkeit, Gremien & Politik			

Abbildung 13.7: Die rokit-Angebote, strukturiert anhand der Clusterelemente und Kompetenzbereiche.

Hersteller- und Anwenderbedarfe entwickelt.

Die Konsortialpartner gehören in ihren Bereichen zu den jeweils führenden Forschungsinstitutionen und haben umfangreiche Erfahrungen in der Durchführung interdisziplinärer Forschungsprojekte. Darüber hinaus sind die **rokit**-Partner hochgradig in ihren jeweiligen Domänen vernetzt. Die Arbeiten im Projekt sind sorgfältig aufeinander abgestimmt und auf die Entwicklungsbelange eines Kompetenzclusters zugeschnitten. Es kann deshalb erwartet werden, dass **rokit** erfolgreich und mit hohem Nutzen für die Anwender im Speziellen und für die deutsche Forschung auf dem Gebiet der Assistenz- und Servicerobotik im Allgemeinen durch- und weitergeführt werden wird.

Aus dem Thinktank und den Ergebnissen der Studien im Living Lab werden sich für die Partner Fragestellungen und Forschungsbedarfe ergeben, die anschlussfähig an eine Arbeit nach dem Projekt sind. Die Forschungsergebnisse fließen in aktuell laufende und zukünftige Forschungsprojekte ein und werden auch zur Fortschreibung und Weiterentwicklung der jeweiligen F&E-Programme der Projektpartner genutzt. Im Rahmen der geplanten öffentlichkeitsarbeit des Projektes werden alle Forschungspartner individuell und in Gemeinschaft die Ergebnisse des Projektes in Form von Veröffentlichungen, Fachvorträgen und Informationsmaterial der Öffentlichkeit zur Verfügung stellen. Dies umfasst auch White Papers für nationale und Europäische Institutionen, Stellungnahmen zu Gesetzgebungsverfahren sowie wissenschaftliche Abschlussarbeiten. Die Ergebnisse fließen zudem in die Ausbildungs- und Lehrveranstaltungen der wissenschaftlichen Partner ein. Darüber hinaus ergeben sich folgende

partnerspezifische wissenschaftlich-technische und wirtschaftliche Erfolgsaussichten:

Angsa Robotics entwickelt Reinigungsroboter, die auch im öffentlichen Raum eingesetzt werden sollen und profitiert daher als Anwendungspartner direkt von in **rokit** erzielten Ergebnissen. Bereits während der laufenden Entwicklung können gemeinsam mit den Projektpartnern Fragen zu MRI, Sicherheit, Ethik und Recht eruiert werden. Durch das Know-how der Projektpartner werden sowohl geplante Interaktionen mit Nutzern prospektiv gestaltet und zugleich unregelmäßige, passive Interaktionen möglichst intuitiv und konfliktvermeidend konzipiert. Angsa gewinnt im Projekt zum einen Erkenntnisse für die Produktgestaltung, zum anderen kann durch das Beratungs- und Begleitangebot selbst methodisches Know-how für die Gestaltung von Robotern und deren Interaktionen im öffentlichen Raum aufgebaut werden.

Basierend auf umfangreichen Vorarbeiten des **Fraunhofer IFF** können mit den Projektergebnissen Toolkits, wie Checklisten und webbasierte Planungshilfen sowie Simulationstools zur Ermittlung sicherer Mensch-Roboter-Kollaboration (MRK) weiterentwickelt werden. Das Fraunhofer IFF ist auch in der internationalen Normung aktiv (Convenor der TC 299 Working Group 8 zu Mess- und Validierungstechniken) und ist im Board of Directors der euRobotics vertreten. Die Projektergebnisse von **rokit** werden innerhalb dieser Institutionen ausgetauscht um die Roadmapping-Aktivitäten zu unterstützen.

rokit adressiert mehrere in Kundenprojekten des **Fraunhofer IPA** wiederkehrende Probleme: Potentiellen Anwendern sind die mit der MRI verbundenen Herausforderungen nicht bewusst, es fällt ihnen schwer die Komplexität und damit die zu erwartenden Kosten und in Folge die Wirtschaftlichkeit einer Lösung einzuschätzen. Es gibt praktisch keine Möglichkeiten am Markt, Anwendungskonzepte niederschwellig zu testen und die Performanz (insbesondere in Hinblick auf Interaktionsqualität) innovativer Robotersysteme zu vergleichen und objektiv zu messen. Die vom IPA in das Kompetenzcluster **rokit** eingebrachte transportable Testumgebung für Serviceroboter wird im Projekt weiterentwickelt und breit gefächert potentiellen Anwendern und Herstellern zur Nutzung angeboten.

Die Projektergebnisse aus **rokit** werden über die Institutsleitung des **Fraunhofer IMW** in die Lehre und die Arbeit mit Promovierenden und Studierenden der Universität

Leipzig einfließen. Die Forschungsergebnisse werden weitergehend in einschlägigen nationalen und internationalen forschungs- und praxisorientierten Zeitschriften im Bereich der nutzerzentrierten Produktentwicklung und im Technologietransfer publiziert. Eine breite wissenschaftliche Verwertung soll auch über die Teilnahme an nationalen und internationalen Fachtagungen erreicht werden.

Als eines der wenigen KMU im Bereich MRI wird **HFC** seine Expertise und sein Methodenportfolio in diesem Bereich weiter ausbauen und nach Ende der Förderung weiter als ein kommerzielles Angebot führen. Die Arbeitsergebnisse des Projekts können zudem rück- oder weitergeführt werden in angrenzende Einsatzgebiete, wie die MRI im industriellen Kontext oder auch für Interaktionskonzepte des vollautomatisierten Fahrens. Durch die angestrebten Vernetzungsaktivitäten eröffnen sich zudem hervorragende Möglichkeiten der Kooperation und für die Akquise kommerzieller Anschlussprojekte. HFC wird durch das Projekt insgesamt als Forschungsdienstleister im Bereich Robotik gestärkt.

Die Arbeitsgruppe Mixed Reality & Visualisierung (MIREVI) der **Hochschule Düsseldorf** wird die Ergebnisse aus **rokit** in den regelmäßigen Publikationen der Arbeitsgruppe auf nationalen und internationalen Konferenzen verbreitet. Neben einer umfassenden Vernetzung in der nationalen und internationalen Community der Mensch-Technik-Forschung wird mit **rokit** auch die direkte Verbindung zu regionalen KMUs weiter gestärkt. Die Arbeitsgruppe wird mit Präsentationen des Projektes bei Führungen sowie auf Messen und Veranstaltungen die Öffentlichkeitsarbeit und nachhaltige Forschungsverwertung unterstützen.

Das **IFA** unterstützt als ein Teil des Kompetenznetzwerks *Prävention* der DGUV bei der Erfüllung des gesetzlichen Auftrags zur Verhütung von Arbeits- und Wegeunfällen, Berufskrankheiten und arbeitsbedingten Gesundheitsgefahren. Die Projektergebnisse kommen bei der Umsetzung dieses Auftrags aus langfristiger Perspektive zweifach zum Tragen: durch die Bereitstellung von Assistenzrobotern, die dabei helfen besonders unergonomische, schwere und sich wiederholende Tätigkeiten zu automatisieren, sowie durch Methoden zur sicheren Umsetzung, aber auch Evaluation solcher Systeme, was unmittelbar zur Unfallprävention beitragen wird. Aus kurz- und mittelfristiger Perspektive werden die Erkenntnisse aus **rokit** vom IFA in nationale sowie internationale

Standardisierungsprojekte eingebracht.

Im Sinne einer nachhaltigen Nutzung des öffentlichen Raums können die gewonnenen Erkenntnisse in der Schnittmenge *selbstfahrende Fahrzeuge, Robotik* und *KI* durch das **IKEM** genutzt werden, um hier die technische Entwicklung mit dem aktuellen rechtswissenschaftlichen Forschungsstand zu begleiten und für Gesetzgebungsvorhaben Wissen aus der Praxis zu heben. *rokit* bietet dafür die Möglichkeiten, in einem breit aufgestellten Konsortium eine Vielzahl von Stakeholdern zu adressieren, die rechtlichen Implikationen in der Praxis zu erforschen, die Umsetzung von Assistenzrobotik im öffentlichen Raum zu begleiten und gleichzeitig Politik und Verwaltung mit einzubinden.

Durch das Berlin Ethics Lab der **TU Berlin** wird das nur in Ansätzen ausgearbeitete Forschungsfeld einer Ethik der MRI (Arnold and Scheutz 2017) um signifikante Themen wie gesellschaftliche Teilhabe, ökologische Nachhaltigkeit, Automatisierungseffekte oder Technisierung des öffentlichen Raumes erweitert. Aus einer Evaluation der vielfältigen Ansätze, die in den Workshops und in begleitenden ethisch-sozialen Interventionen des Projektes zum Einsatz kommen, wird ein umfassendes Best-Practice-Programm für eine ELSI-Reflexion und entsprechende Integration für den Übergangsprozess von der Entwicklung in den realen Einsatz der Roboter-Systeme erarbeitet und für den zukünftigen Einsatz im Kompetenzcluster mit den Projektpartnern abgestimmt.

Die Professur Arbeitswissenschaft und Innovationsmanagement der **TU Chemnitz** baut mit Hilfe des Projekts ihre Expertise im Bereich der MRK weiter aus. Mittels der in *rokit* entwickelten Methoden und Werkzeuge zur Durchführung von Felderprobungen von MRK-Systemen im öffentlichen Raum kann die Professur eine in Wissenschaft und Praxis existierende Lücke schließen. Dies bietet wichtige Anknüpfungspunkte für Forschungsleistungen der Professur im Zukunftsfeld MRK. Insbesondere können Synergien mit dem Profilschwerpunkt *Mensch und Technik* und dem Sonderforschungsbereich *Hybrid Societies* genutzt werden. Die Professur ist zudem in Verbänden zur Stadtgestaltung der Zukunft, wie der *Morgenstadt* Initiative, aktiv und wird die Ergebnisse hier verbreiten.

13.4.2 Wirtschaftliche Anschlussfähigkeit mit Zeithorizont

Für alle Projektpartner sind neben dem wissenschaftlichen Zugewinn auch eine nachhaltige wirtschaftliche Perspektive des Clusters und individuelle Verwertungskonzepte von Bedeutung. Vor diesem Hintergrund werden im Projekt schon frühzeitig Ansätze und Modelle erarbeitet, wie eine dauerhafte Refinanzierung von Dienstleistungen nach Beendigung der Projektlaufzeit gewährleistet werden kann. Die Prozesse und Organisationsformen werden in einem gemeinsamen Verwertungs- und Verstetigungskonzept festgelegt, dessen Ziele und Umsetzungsschritte im gesonderten Arbeitsplan beschrieben sind. Das Konzept bildet regionale, branchenspezifische und standortübergreifende Anforderungen und Möglichkeiten ab, berücksichtigt einen kontinuierlichen kommunikativen Prozess mit internen und externen Akteuren, beinhaltet eine Reflexion und Bewertung der bisherigen durchgeführten Prozesse (welche der zu Beginn gestellten Ziele wurden erreicht, was waren die Gründe für Erfolg oder Misserfolg) und erarbeitet eine zukunftsorientierte Zielvorstellung aller Beteiligten.

Nach Projektende wird ein in vier Geschäftsbereiche gegliedertes Ertragsmodell angestrebt. Der erste Geschäfts-Bereich speist sich direkt aus den Ergebnissen der Methodenwerkstatt und besteht aus dem Vertrieb von Toolkits, Guidelines, Best Practices, Studien und Schulungsmaterialien. Der zweite Bereich bietet standardisierte Beratungs- und Leistungspakete zur Konzeptfindung, Lasten- und Pflichtenhefterstellung, Projektbegleitung, Gebrauchs-Tauglichkeits-, Sicherheits- und Performanztests sowie Gutachten und Audits. Diese standardisierten Angebote können teilweise an individuelle Anforderungen angepasst werden, werden aber vor allem durch reproduzierbare Anteile wirtschaftlich. Im dritten Geschäftsfeld werden individualisierte Beratungs- und Begleitangebote gemacht, die über die standardisierten Angebote hinaus eine stärkere individuelle Passung bieten und so auch organisationale Prozesse wie das Change-Management oder Trainings beinhalten. Das vierte Geschäftsfeld dient der Auftragsforschung, der Durchführung von Fallstudien oder der Begleitung von gesellschaftlichen Transformationsprozessen aus technischer Sicht und unter ELSI Aspekten.

Damit die Angebote des Clusters reibungslos in einen Betrieb nach der Förderphase überführt werden können, wird im Projektzeitraum permanent daran gearbeitet, eine lauffähige Angebots- und Ertragsstruktur entlang der Nutzerbedarfe zu gestalten und zu testen. Die letzten 6 Monate vor dem Projektende werden dazu genutzt, realistische Geschäftspläne für die nächsten Monate zu fixieren sowie die Prozesse und Leistungen zu definieren. Etwa ein Jahr nach Projektende soll erreicht sein, dass sich das Cluster aus dem Vertrieb der Serviceleistungen und ggf. den Finanzquellen der Partner refinanziert. Zwei Jahre nach Projektende wird ein vollständig tragfähiges Grundgeschäft des Clusters angestrebt. Abhängig von den vorherigen Entwicklungen und Erfahrungen wird eine geeignete Organisations- und Geschäftsform (Netzwerk, eingetragener Verein, Kapitalgesellschaft) festgelegt.

13.5 Struktureller Aufbau des Verbundes

13.5.1 Übersicht über die Verbundpartner

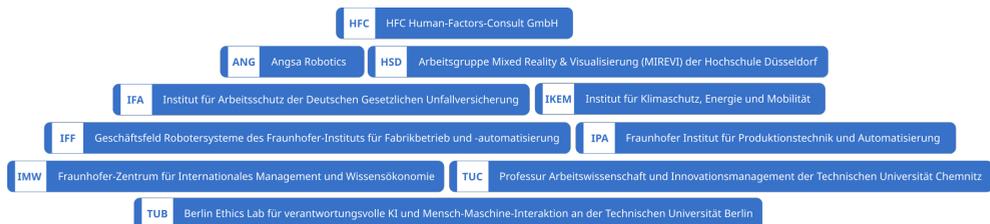


Abbildung 13.8: Übersicht der Verbundpartner.

13.5.2 Bisherige Arbeiten und Vorerfahrungen der Verbundpartner

HFC Human-Factors-Consult GmbH (HFC) ist eines der erfahrensten Unternehmen im Bereich Mensch-Maschine-Forschung und -Entwicklung. Seit 2002 bearbeitet ein interdisziplinäres Team Themen der Interaktionsforschung für viele unterschiedliche Anwendungskontexte und -domänen. Besonders relevante Vorarbeiten für *rokit* wurden bei der Forschung und Konsortialführung im Begleitforschungsprojekt ARAIG (ARA-1) geleistet, bei der Entwicklung und Erprobung intuitiver und barrierefreier MRI in den BMBF-Projekten INTUITIV und MiRoBo (beide RA-2), bei der

Entwicklung sicherer MRI-Strategien im EU-Projekt COVR, der Konzeption von Change-Management-Maßnahmen für die Einführung kollaborativer MRI in KMU im BMBF-Projekt KUKoMO sowie bei der Aufbereitung rechtlicher und ethischer Rahmenbedingungen für den Einsatz von MRI-Lösungen in Kooperation mit der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin BAuA. HFC hat in der Rolle der Konsortialführerin zahlreiche Projekte erfolgreich durchgeführt und damit ihre Stärke gezeigt, auch komplexe Verbünde zu leiten. HFC kann zudem eine breite Expertise im Design, der Durchführung und Auswertung von Labor-, Simulator- und Feldtests vorweisen und ist mit den methodischen, datenschutzrechtlichen und logistischen Herausforderungen von Nutzertests bestens vertraut. Das KMU hat mit fast allen der Verbundpartner schon in gemeinsamen Projekten erfolgreich kooperiert. Eine reibungslose Zusammenarbeit ist deshalb anzunehmen.

Das **Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA)** ist ein Forschungs-, Prüf- und Beratungsinstitut der DGUV und unterstützt diese bei der Erfüllung des gesetzlichen Auftrags zur Verhütung von Arbeitsunfällen und arbeitsbedingten Gesundheitsgefahren. Dem Projekt *rokit* kommt dabei insbesondere die Erfahrung des IFA als notifizierte Stelle für Konzeptbeurteilungen und Prüfungen von kollaborativen Robotern, Assistenzsystemen sowie Sensorsystemen zur Personenerkennung zugute. Auch aus den Forschungsarbeiten des IFA zur sicheren Gestaltung von Assistenzrobotik und vertrauenswürdiger künstlicher Intelligenz, wie der Entwicklung eines Prüfverfahrens zur Beurteilung der Leistungs- und Kraftbegrenzung kollaborierender Roboter im EU-Projekt COVR, ergeben sich wichtige Impulse für das Projekt. Durch die direkte Beteiligung an nationalen sowie internationalen Standardisierungsaktivitäten in den Bereichen der funktionalen Sicherheit und künstlichen Intelligenz ist das IFA zudem gut über die aktuellen sowie noch kommenden Anforderungen an solche Systeme informiert.

Das Geschäftsfeld *Robotersysteme* des **Fraunhofer-Instituts für Fabrikbetrieb und -automatisierung (IFF)** mit 30 Mitarbeitenden verfügt über umfangreiche Erfahrungen in der Entwicklung, Konstruktion und Integration unterschiedlicher Robotertechnologien und -systeme für den Einsatz in unterschiedlichen Umgebungen. Die Forschungs- und Entwicklungsarbeiten umfassen nahezu die gesamte Disziplin der Automatisierung: Mechanik und Konstruktion, Elektrik und Elektronik, Steuerungstechnik,

Sensorentwicklung und -integration, komplexe Datenverarbeitungssysteme und Softwarearchitekturentwicklung. Ein Schwerpunkt des Geschäftsfeldes *Robotersysteme* ist die sichere MRK. Dazu gehören taktile Sensorik zur Kollisionserkennung, sichere mobile Manipulatoren, sichere Arbeitsraumüberwachung mittels optischer Sensoren, Studien zu biomechanischen Grenzwerten bei Mensch-Roboter-Kollisionen und computergestützte Werkzeuge zur effizienten Planung von industriellen Anwendungen mit kollaborierenden Robotern. Das Fraunhofer IFF verfügt über eine Vielzahl von Patenten für Sicherheitssensorik und hat diese erfolgreich an industrielle Hersteller lizenziert, die derzeit an der finalen Produktentwicklung vor der Markteinführung arbeiten. Darüber hinaus hat das IFF in jüngster Zeit im Auftrag der Industrie umfangreiche Forschungsarbeiten zur Schulung großer Unternehmen aus der Automobil- und Luftfahrtindustrie zum Einsatz von kollaborativen Robotern durchgeführt. Dabei werden insbesondere Aspekte wie die Konformität mit Normen und Methoden zur Verifizierung eines Systems nach dessen Installation berücksichtigt. Das IFF kann auf eine nachgewiesene Erfolgsbilanz bei der Überführung seiner Entwicklungen aus dem Labor in die industrielle Anwendung verweisen.

Das **Fraunhofer Institut für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA)** ist seit vielen Jahren in der Entwicklung von Robotersystemen und deren Transfer in die betriebliche Praxis aktiv. Mit dem Care-o-Bot hat das IPA mit seinem Start-Up Mojin Robotics eine vielfach beachtete Anwendungsplattform für Servicerobotersysteme im direkten Kontakt mit Menschen am Markt etabliert. Das IPA verfügt über umfassende Kenntnisse zur Bewertung von Sicherheitsaspekten in der Servicerobotik und ist mit mehreren Mitarbeitenden aktiv an der Weiterentwicklung relevanter ISO-Normen beteiligt. Im Rahmen der ARAIG-Begleitforschung zur ARA-1-Ausschreibung hat das IPA eine mobile Testumgebung zur Analyse von Performanz- und Sicherheitseigenschaften mobiler, direkt mit Menschen interagierender Systeme entwickelt und in ersten Tests mit ARA-1 bzw. RA-2 Partnern evaluiert. Darüber hinaus ist das IPA Konsortialführer im SeRoNet-Projekt, in dem Methoden und technische Bausteine zur signifikanten Reduktion des Aufwands in der Entwicklung angepasster Serviceroboterlösungen entstehen. Diese Methoden und Bausteine werden durch eine Ausgründung aus SeRoNet, mit der das IPA eng kooperiert, bereits in Form der One-Stop-Shop-Plattform *Xito.one* für Entwicklungsdienstleistungen, Komponenten und Lösungen in der professionellen Servicerobotik am freien Markt angeboten und können einen deutlichen Beitrag zur

wirtschaftlichen Umsetzung von technischen Anforderungen an Assistenzsysteme, wie sie sich aus der Arbeit des Kompetenzclusters mit Anwendern solcher Systeme ergeben, leisten.

Im Fokus der Forschungen der **Professur Arbeitswissenschaft und Innovationsmanagement der Technischen Universität Chemnitz (TUC)** liegt die Verbesserung der Schnittstellen zwischen Mensch, Technik und Organisation. TUC verfügt über mehr als 15 Jahre Erfahrung in der Anwendung und Entwicklung von Methoden aus dem Bereich User Centered Design. So fanden zahlreiche Forschungs- und Entwicklungsprojekte statt, um innovative Anwendungen aus den Bereichen produktionstechnische Assistenzsysteme (z. B. *S-CPS*, *Vir-Mont*), Ambient Assisted Living (z. B. *AUXILIA*, *Mova3D*), Fahrer-Fahrzeuginteraktion (z. B. *KomfoPilot*, *ComfyDrive*), Medizin- (z. B. *Innotech4Health*, *SmartLense*) und Sicherheitstechnik (z. B. *3D4F*) und neue Formen der Mensch-Technik-Interaktion (z. B. *WisAP4.0*, *MeGest3D*, *TaktilFeedback3D*) zu beforschen und praxistauglich zu gestalten. Einen Schwerpunkt bildet dabei insbesondere auch die Anwendungsdomäne der MRK (z. B. *MIRobo* in RA-2 gemeinsam mit Projektpartner HFC, *3DImir*). Methodische Schwerpunkte der Arbeiten der TUC siedeln sich vornehmlich im Bereich der Evaluationsforschung aus Sicht des Faktors Mensch an. Bewertungskriterien in Labor- und Feldforschung bilden hierbei vor allem Konstrukte wie Usability, User Experience, Akzeptanz, Vertrauen sowie emotionale Faktoren. Hierbei wurden bereits in einer Vielzahl von Projekten, u.a. aus dem Bereich MRK, innovative Techniken der Virtual Reality genutzt, um Prototypen und Umgebungsszenarien zu simulieren und unter Einbezug von Anwendern zu evaluieren (z. B. *3D4F*, *Mova3D*, *3DImir*, *MeGest3D*). Zur Simulation nutzt die Professur eigene Expertise im Bereich der Modellierung von interaktiven 3D-Szenarien mittels Unity, die sie ins Projekt einbringen wird. Zudem steht eine große Laborlandschaft mit Usability-Lab und Virtual-Reality-Lab für die Forschungsaktivitäten zur Verfügung. Die TUC verfügt über eines der national am besten ausgestatteten Labore zur Durchführung von Nutzerstudien mittels Methoden der virtuellen Realität. Mobile Messtechnik ermöglicht hierbei auch die Durchführung von Feldforschung. Die TUC verfügt zudem über umfangreiche Erfahrungen zur Durchführung von Kompetenzzentren sowie zur transferorientierten Forschung. So leitete die TUC 2012-2015 das Kompetenzzentrum Usability für den Mittelstand und ist seit 2016 verantwortlich für das Kompetenzzentrum Mittelstand 4.0.

Die Expertise des **Instituts für Klimaschutz, Energie und Mobilität (IKEM)**, gegründet im November 2009 als An-Institut der Universität Greifswald, liegt in der Analyse, Bewertung und Fortentwicklung des rechtlichen, sozioökonomischen und politischen Rahmens zu den drei namensgebenden Forschungsschwerpunkten. Als unabhängige, gemeinnützige Organisation beschäftigt sich das IKEM mit aktuellen wissenschaftlichen Schlüsselfragen auf dem Weg in eine zukunftsfähige Wirtschafts- und Gesellschaftsordnung. Dabei wird eine interdisziplinäre, integrative und internationale Perspektive zugrunde gelegt. Zentrale Forschungsthemen des IKEM sind neben dem Ausbau erneuerbarer Energien, zukunftsfähiger Energienetze und Elektromobilität die zunehmende Fahrzeugautomatisierung und verwandte Verkehrs- und Mobilitätsthemen, die Implementierung von Klimaschutzziele und Grundfragen von Energieversorgung, Planung, Ressourcenschutz und -effizienz. Zum Thema Robotik hat das IKEM bereits am Projekt ARA-1 Begleitforschungsprojekt ARAIG mitgearbeitet. Zudem hat es gemeinsam mit HFC und dem TÜV Nord den Rechtsrahmen für autonome und KI-Systeme für die Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin erforscht (2018 bis 2020). Im Rahmen des Projekts *OmniConnect* (zusammen mit HFC) wurde ein Rechtsgutachten für den Einsatz eines Smart-Home-Systems im Pflegebereich erstellt (2020). Weiter ist das IKEM zusammen mit anderen Forschungseinrichtungen, Herstellern und Standardisierungsorganisationen im Netzwerk von *Humanising Autonomy* aktiv, das sich mit der Einbindung vulnerabler Verkehrsteilnehmer in die Erarbeitung und Standardisierung von *Operational Design Domains* für selbstfahrende Fahrzeuge beschäftigt.

Das **Berlin Ethics Lab** für verantwortungsvolle KI und Mensch-Maschine-Interaktion (BEL) an der **Technischen Universität Berlin (TUB)** ist spezialisiert auf ELSI-Fragen und ethische Prozessbegleitung bei der Entwicklung neuer Technologien in den namensgebenden Bereichen. Als Projektpartner im Begleitforschungsprojekt ARAIG haben Mitarbeitende des BEL umfassend die ELSI der Assistenz- und Servicerobotik untersucht und beratend in die Projektverbünde integriert. Aktuell ist das BEL Verbundpartner im vom BMBF geförderten Projekt *RoMi* (Roboterunterstützung bei Routineaufgaben zur Stärkung des Miteinanders in Pflegeeinrichtungen) mit dem Teilvorhaben, ethische Aspekte für die konkrete Anpassung eines bestehenden Robotersystems für die Pflege zu reflektieren und zu übersetzen. Projektübergreifend

bearbeitet das BEL ethische Hintergründe technologischer Visionen und erarbeitet kritisch-konstruktive Prozesse und Methoden für eine transdisziplinäre Technikentwicklung mit Schwerpunkt auf MRI und künstlich intelligente Systeme. Thematische Schwerpunkte liegen u.a. auf dem strategischen Umgang mit der Automatisierung ethisch sensibler Tätigkeiten sowie auf den systemischen Auswirkungen robotischer Systeme auf ethisch relevante Entscheidungs- und Handlungsspielräume.

Das **Fraunhofer-Zentrum für Internationales Management und Wissensökonomie (IMW)** verfügt über umfangreiche Erfahrung in der sozioökonomischen Forschung. In verschiedenen Projekten wurden erfolgreich Markt- und Wettbewerbsanalysen und ökonomische Analysen durchgeführt sowie Verwertungskonzepte unter Berücksichtigung einer frühzeitigen Markt- und Nutzerorientierung entwickelt. Besonders relevante Vorarbeiten für *rokit* wurden in folgenden Projekten geleistet: Im Rahmen des vom BMBF geförderten Projektes *ASARob* leitete das Fraunhofer IMW das Teilprojekt Nutzerzentrierung und ELSI und entwickelte gemeinsam mit den Endanwenderinnen Szenarien für einen Lotsen- und Kommunikations- und Aktivierungsroboter. Mit Blick auf das Thema Wirtschaftlichkeit und Verwertung wurden Führungskräfte in ambulanten und stationären Pflegeeinrichtungen und Kliniken zu den Mehrwerten, Zeitersparnissen und Zahlungsbereitschaften für die Robotiklösungen befragt. Das Ziel des BMBF-geförderten Verbundprojekts *KUKoMo* (zusammen mit HFC) war es, produzierende Unternehmen des Mittelstands dabei zu unterstützen, innovative Systemlösungen zur MRK in der Montage zu entwickeln, prototypisch umzusetzen, unter Wirtschaftlichkeitsgesichtspunkten zu validieren und die Ergebnisse anderen potenziellen Nutzern zur Verfügung zu stellen. Das Fraunhofer IMW leitete dabei das Teilprojekt Wirtschaftlichkeit. Die Aufgabe bestand darin, einen methodischen Ansatz zur Bewertung der Wirtschaftlichkeit zu entwickeln und die Wirtschaftlichkeit der fünf Anwendungsfälle zu berechnen und zu optimieren. Im Projekt *MobDi* begleitet das Fraunhofer IMW die Entwicklung von Reinigungs- und Transportrobotern für drei unterschiedliche Einsatzgebiete (Gebäude, Kliniken, öPNV). Aufgabe des Fraunhofer IMW sind dabei die Szenarienentwicklung unter Einbindung von Anwendern, die Entwicklung des UI-Designs sowie die Durchführung von Wirtschaftlichkeitsanalysen.

Die Arbeitsgruppe Mixed Reality & Visualisierung (MIREVI) der **Hochschule Düsseldorf (HSD)** umfasst derzeit 25 Mitarbeitende aus den Bereichen digitale Medien, Informatik, Kommunikationsdesign und Kulturanthropologie. In den letzten fünf Jahren konnten F&E-Projekte im Bereich VR/MR und Mensch-Technik-Interaktion akquiriert werden: NRW (*Doc2Go, DISTEL*), BMBF (*NOSTRESS, EXGAVINE, IKPT40*), BMWI (*MobilePreViz*) und auf EU-Ebene (*MODI*) sowie in Kooperation mit externen Partnern (Wirtschaftswoche, WDR, Museen). Seit 2016 setzt sich die Arbeitsgruppe verstärkt mit Themen der digitalen Gesellschaft auseinander, insbesondere auch im öffentlichen und halböffentlichen Raum, z. B. mit der Oper am Rhein im Projekt *Digitales Foyer* (Kulturstiftung des Bundes). Zusammen mit zwei KMUs wird von der Arbeitsgruppe der Innovations-Hub.de betrieben. In Düsseldorf und Umgebung gilt dieses Living Lab als Vorzeigemodell für die Zusammenarbeit zwischen Hochschulen und KMUs im Bereich MRI. Im BMBF Begleitprojekt *GINA* (RA-2) arbeitet die HSD an der VR-Simulation und prototypischen Umsetzung von MRI und beteiligt sich am nationalen Wissenstransfer. Hier werden derzeit verschiedene VR-Komponenten und -Dienstleistungen entwickelt, wie z. B. eine einfache Steuerung eines Robotersystems durch Armbewegungen in Echtzeit oder eine MRI VR-Simulation aus Sicht eines Roboters.

Angsa Robotics besitzt als Robotik-Start-up zum einen Expertise in der technischen Entwicklung und Gestaltung, der Auslegung, dem Aufbau und dem Betrieb von vollautomatisierten Robotern. Durch die Entwicklung von bereits drei funktionsfähigen Evolutionsstufen eines Reinigungsroboters bietet Angsa dem Projekt daher eine ideale Plattform für Versuche und Weiterentwicklungen. Zum anderen bringt Angsa ein Netzwerk an Kunden im öffentlichen Segment mit, u.a. Stadtreinigungen und Grünflächenämter. Speziell durch eine aktuell laufende Kooperation mit der Berliner Stadtreinigung bietet sich für **rokit** die Möglichkeit realer Tests sowie Workshops und Feedbackschleifen mit Entscheidungsträgern im öffentlichen Raum.

13.5.3 Funktion der einzelnen Partner im Zentrum und Beschreibung der geplanten Umsetzungskette im Projekt

HFC ist als Konsortialführerin für das Projektmanagement, die Qualitätssicherung und die Gewährleistung der internen und externen Kommunikation sowie die Entwicklung des Kompetenzclusters zuständig. Basierend auf den umfangreichen Vorarbeiten im Bereich MRI wird HFC zudem die diesbezügliche Methodenwerkstatt sowie die Durchführung der Feldtests im Living Lab leiten.

Das **Fraunhofer IFF** bringt entwickelte Toolkits für sichere MRK (Projekt COVR) in das *rokit*-Vorhaben ein sowie umfangreiche Erfahrungen und Material zur Schulung von Unternehmen im komplexen Themenfeld sichere MRK. Des Weiteren stehen Simulationstools für die Fälle *Kraft- und Leistungsbegrenzung* und *Geschwindigkeits- und Abstandsüberwachung* zur Verfügung, mit denen eine zuverlässige Planung und Ausführung von Roboterbewegungen ermöglicht wird. Das Fraunhofer IFF forscht zudem an vollautomatisierten, mobilen Assistenzrobotern. Das Know-how sowie Robotersysteme für den ersten Anwendungsfall werden dem *rokit*-Konsortium bereitgestellt.

Das **Fraunhofer IPA** bringt seine mobile Testumgebung zur Analyse von Performanz- und Sicherheitsaspekten von mobilen, interaktiven Robotersystemen ins Kompetenzcluster ein. Es unterstützt damit auch die Angebote zu Verifikations- und Validierungsaktivitäten, insbesondere vor Ort bei Anwendern von Assistenzrobotersystemen. Mit seiner langjährigen Erfahrung in Projekten in der Pflegerobotik kann das IPA Beratungen insbesondere zu technischen Aspekten der Mensch-Roboter-Interaktion beitragen. Während der Förderphase, insbesondere aber auch danach, stellt das IPA über das Kompetenzcluster seine vielfältigen Entwicklungs- und Beratungsdienstleistungen (z. B. in Form von Auftragsforschung und Pilotumsetzungen) interessierten Kunden zur Verfügung.

Die Professur *Arbeitswissenschaft und Innovationsmanagement* der **TU Chemnitz** ist hauptsächlich für die Durchführung von Nutzungsstudien und die Evaluation mit Sicht auf den Faktor Mensch zuständig. Sie beteiligt sich an Laborstudien und koordiniert die Vorbereitung der Evaluations- und Feldtestphase im Living Lab. Dabei ist die

TUC für methodische Fragestellungen zur Erhebung von Faktor-Mensch-Kriterien wie Usability, UX, Akzeptanz und Vertrauen verantwortlich und begleitet insbesondere die Umsetzung des zweiten Anwendungsfalls.

Die **Hochschule Düsseldorf** analysiert die im Thinktank entwickelten Anwendungsfälle auf relevante Anforderungen für eine VR-Simulation und verantwortet den Entwicklungsprozess der VR-Simulationen, vom prototypischen Entwurf inklusive Bewertung und Spezifikation, über die konzeptionelle Ausarbeitung und tatsächliche Implementierung, bis hin zur Synthese weiterer wirtschaftlicher und wissenschaftlicher Verwertungsmöglichkeiten. Hierbei arbeitet die HSD eng mit dem Thinktank und dem Living Lab zusammen, um generalisierbare Handlungsempfehlungen (MRI-Guidelines) zu entwerfen und öffentlich verfügbar zu machen. Die durch den Entwicklungsprozess der VR-Simulationen gewonnenen Erkenntnisse werden auf Publikationspotential überprüft. Hierdurch und zusätzlich durch die Begleitforschung zum Projekt generiert die Hochschule Düsseldorf Erkenntnisse zu grundlegenden VR-Interaktionstechniken für die MRI.

Das **IKEM** bearbeitet federführend alle rechtlichen Aspekte im Projekt. Es werden intern rechtliche Rahmenbedingungen ermittelt und untersucht, um die Realisierung des **rokit** zu unterstützen und die Instrumente in den Methodenwerkstätten zu entwickeln. Die Projekte der Anwendungspartner und weiterer Kunden werden durch rechtliche Expertise im Rahmen des Forschungsprojekts begleitet, wobei Rechtsfragen beantwortet und gebündelt werden. Auf Grundlage der technischen, wirtschaftswissenschaftlichen und ethischen Erkenntnisse im Projekt wird in der Folge rechtlicher Anpassungsbedarf identifiziert und nach außen kommuniziert. Zudem werden der Verwaltung und Politik die rechtswissenschaftlichen Ergebnisse (z. B. in Form von Stellungnahmen) zur Verfügung gestellt. Ergänzend erfolgt die Teilnahme an Fachveranstaltungen und der Austausch mit rechtswissenschaftlicher Forschung und Verbreitung der gewonnenen Erkenntnisse.

Das **IFA** bringt im Projekt Beratung zu allgemeinen regulatorischen Anforderungen im Hinblick auf den Arbeitsschutz, zum normativen Umfeld sowie zur Umsetzung sicherheitstechnischer Aspekte im Kontext der funktionalen Sicherheit sowie vertrauenswürdigen künstlichen Intelligenz und Mensch-Maschine-Schnittstellen ein und unterstützt

die Aktivitäten der entsprechenden Methodenwerkstätten. Ebenso unterstützt das IFA bei der Planung und Durchführung von Verifikations- und Validierungsaktivitäten. Auch die Durchführung von Konzeptbeurteilungen sowie EG-Baumusterprüfungen können umgesetzt werden, insofern sich ein Bezug zur Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit herstellen lässt.

Der Projektpartner **TU Berlin** mit dem **Berlin Ethics Lab** arbeitet an technikethischen Fragen, an prozessbegleitenden Formaten zur Integration von Aspekten der gesellschaftlichen und ökologischen Nachhaltigkeit und am transdisziplinären Wissenstransfer im Verbund. Ausgehend von einem initialen Stakeholder-Workshop zu den übergreifenden ethisch-sozialen Visionen der MRI in der Öffentlichkeit werden die Projektarbeiten mit regelmäßigen Interviews der Entwicklungspartner, mit kleineren Workshop-Formaten mit den Konsortialpartnern, mit feldtestbegleitenden Stakeholder-Workshops zur Reflexion und Diskussion von praktischen Fragen und schließlich mit einem abschließenden Rückblicks- und Ausblicks-Workshop begleitet.

Das **Fraunhofer IMW** ist mit der Ausarbeitung des Organisations- und Verwertungskonzept des Kompetenzclusters betraut. Neben der organisatorischen Konzeption wird in diesem Kontext ebenfalls die wissenschaftliche und wirtschaftliche Verwertung detailliert und in eine inhaltliche und wirtschaftliche Roadmap überführt. Als Grundlage hierzu dient die Mitarbeit an der Stakeholderanalyse und der Erstellung des Dienstleistungskonzeptes, sowie die anvisierte Vernetzungs- und öffentlichkeitsarbeitsstrategie des Kompetenzclusters.

Angsa Robotics ist als fester Anwendungspartner eng in die Stakeholderanalysen und Planung sowie Durchführung der Labor- und Feldtests eingebunden und bietet mit den aktuellen Prototypen des Roboters eine Test- und Weiterentwicklungsplattform. Theoretische Fragestellungen können im Projekt anhand des Roboters vergegenständlicht und praktisch getestet werden. Zugleich können die Projektpartner den Roboter gemeinsam als Fallstudie für den Aufbau des Beratungs- und Begleitungsangebots nutzen. Schnittstellen ergeben sich für Angsa mit der TU Berlin in ethischen, mit der IFA in normativen, mit der Fraunhofer IPA und Fraunhofer IFF in sicherheitsrelevanten und technischen sowie mit HFC in gestalterischen Fragestellungen.

13.5.4 Einbindung weiterer Akteure (Assoziierte Partner)

FusionSystems ist ein Softwareunternehmen aus Chemnitz, das seit 2005 Software und Systeme für die Bereiche Automotive, Karten und Navigation, Automation sowie Smart Systems entwickelt. Die Firma besitzt fundierte Kenntnisse und langjährige Erfahrungen auf den Gebieten multisensorielle Datenerfassung, Sensordatenverarbeitung und Datenfusion. FusionSystems wird als assoziierter Partner seinen mobilen Roboter MULI ins Projekt einbringen, der im Rahmen des zweiten Anwendungsfalls für den Einsatz in öffentlichen Gebäuden angepasst und im Feld erprobt werden wird. Die Firma wird zudem im Rahmen der Aktivitäten des *rokit*-Hubs und der Methodenwerkstatt ihre Anwendungsexpertise einbringen.

Im Konsortium bestehen zudem weitere Kontakte zu Herstellern, die im Projekt im Rahmen der Aktivitäten des *rokit*-Hubs und der Methodenwerkstatt ihre Anwendungsexpertise einbringen und auch nach Projektstart je nach Interessenslage noch in die geplanten Validierungs- und Evaluationstests eingebunden werden können. Einige Unternehmen haben bereits ihr Interesse an der Projektbegleitung bekundet. Weitere Stakeholder werden über die umfangreichen Kontakte der Projektpartner während der Anforderungsanalysen und Vernetzungsarbeiten im Projekt in den entsprechenden Arbeitspaketen akquiriert und eingebunden.

13.5.5 Zusammenarbeit mit Transferprojekt

Das Transferzentrum RimA stellt im Rahmen dieser Bekanntmachung Integrations- und Harmonisierungspunkte dar, anhand derer die Ergebnisse der Kompetenzzentren gebündelt und erprobt werden können. RimA integriert und verallgemeinert diese Ergebnisse mit dem Fokus auf die technologische und wirtschaftliche Verwertung. Zu diesem Zweck werden in Zusammenarbeit mit den Kompetenzzentren Workshops, Schulungen und die Teilnahme an Kickoff- und Konsortialtreffen, Benchmarking-Labore, eine Wissensplattform sowie Wettbewerbe erarbeitet bzw. durchgeführt. Daher sehen wir die Zusammenarbeit mit RimA thematisch in folgenden Bereichen:

Projektübergreifende Workshops: *rokit* wird die Vorbereitung und Durchführung von Workshops und Schulungen zu den von RimA anvisierten Themen insbesondere den Bereichen Sicherheit, Recht und Geschäftsmodelle durch ihre Experten unterstützen. Zudem werden aus den Stakeholderanalysen in *rokit* Fragestellungen und Anforderungen der Praxis abgeleitet und in RimA beigetragen. Die vorgeschlagenen Themen sind nicht nur für die Kompetenzzentren, sondern insbesondere für verwertende und anwendende Unternehmen interessant, und gehen über die beispielhafte technische Integration in den Kompetenzzentren hinaus. *rokit* wird die von RimA angebotenen Workshops und Schulungen innerhalb des Konsortiums und darüber hinaus im Rahmen der Vernetzungsarbeit bewerben und daran teilnehmen.

Unterstützung der RimA-**Benchmarking**-Labore: Die in *rokit* entwickelten Metriken und Benchmarks werden für die weitere Bearbeitung in den RimA-Benchmarking-Laboren aufbereitet und entsprechend zur Verfügung gestellt.

Durchführung von **jährlichen Wettbewerben:** Die *rokit*-Partner werden an den geplanten Wettbewerben rund um die MRI teilnehmen. Darüber hinaus wäre eine Evaluation ausgewählter Kombinationen von Demonstratoren verschiedener Kompetenzzentren interessant, um die technische Integration und die synergetischen Mehrwerte in der Anwendung zu erkunden. So können z. B. Prozessketten und neue Formen der MRI und Roboter-Roboter-Interaktion angedacht und erprobt werden, um die Entwicklung neuer Geschäftsfelder zu befördern.

Projektübergreifende Öffentlichkeitsarbeit: Ein wichtiger Teil der Zusammenarbeit mit dem Transferzentrum ist, (Teil-)Ergebnisse der allgemeinen Öffentlichkeit zugänglich zu machen. Hierfür werden Ergebnisse aus der Arbeit des Thinktanks gebündelt und RimA zum Aufbau der Wissensplattform zur Verfügung gestellt. Des Weiteren können gemeinsam durchgeführte Events, technische Veröffentlichungen oder gemeinsam betreute Pressebesuche durchgeführt werden.

Literaturverzeichnis

- Beatrice Alenljung, Jessica Lindblom, Rebecca Andreasson, and Tom Ziemke. User experience in social human-robot interaction. *International Journal of Ambient Computing and Intelligence (IJACI)*, 8(2):12–31, 2017.
- Thomas Arnold and Matthias Scheutz. Beyond moral dilemmas: exploring the ethical landscape in HRI. In *2017 12th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI)*, pages 445–452. IEEE, 2017.
- Guy A Boy. *The handbook of human-machine interaction: a human-centered design approach*. CRC Press, 2017.
- Gordon Briggs and Matthias Scheutz. How robots can affect human behavior: Investigating the effects of robotic displays of protest and distress. *International Journal of Social Robotics*, 6(3):343–355, 2014.
- Janet Davis and Lisa P Nathan. Value sensitive design: Applications, adaptations, and critiques. *Handbook of ethics, values, and technological design: Sources, theory, values and application domains*, pages 11–40, 2015.
- Francesc Fusté-Forné. Robot chefs in gastronomy tourism: What’s on the menu? *Tourism Management Perspectives*, 37:100774, 2021.
- Martin Hägele, Nikolaus Blümlein, and Oliver Kleine. Wirtschaftlichkeitsanalysen neuartiger Servicerobotik-Anwendungen und ihre Bedeutung für die Robotik-Entwicklung. *Eine Analyse der Fraunhofer Institute IPA und ISI im Auftrag des BMBF, Fraunhofer Gesellschaft*, 2011.
- F Hees, S Müller-Abdelrazeq, M Voss, R Schmitt, G Hüttemann, K. Rook-Weiler, . . . , and A Schmidt. *Projektatlas Kompetenz Montage: kollaborativ und wandlungsfähig*. RWTH Aachen University, 2019.
- Malte Jung and Pamela Hinds. Robots in the wild: A time for more robust theories of human-robot interaction, 2018.
- Ahreum Lee and Austin L Toombs. Robots on campus: understanding public perception of robots using social media. In *Conference Companion Publication of the 2020*

on *Computer Supported Cooperative Work and Social Computing*, pages 305–309, 2020.

David C May, Kristie J Holler, Cindy L Bethel, Lesley Strawderman, Daniel W Carruth, and John M Usher. Survey of factors for the prediction of human comfort with a non-anthropomorphic robot in public spaces. *International Journal of Social Robotics*, 9(2):165–180, 2017.

Omar Mubin, Muneeb Imtiaz Ahmad, Simranjit Kaur, Wen Shi, and Aila Khan. Social robots in public spaces: a meta-review. In *International conference on social robotics*, pages 213–220. Springer, 2018.

Michael Nagenborg. Urban robotics and responsible urban innovation. *Ethics and Information Technology*, 22(4):345–355, 2020.

Tatsuya Nomura. Cultural differences in social acceptance of robots. In *2017 26th IEEE international symposium on robot and human interactive communication (RO-MAN)*, pages 534–538. IEEE, 2017.

Arne Rönna, Jakob Weinland, Marc Schroth, Christoph Zimmermann, Robert Klebbe, Nicole Strutz, Luis Perotti, Michael Maier, Felix Messmer, and Benjamin Maidel. 11 AuRorA – Interaktive Roboter unterstützen im Smart Home. *Autonome Roboter für Assistenzfunktionen: Interaktive Grundfertigkeiten–Ergebnisse und Forschungsperspektiven*, page 172, 2020.

Astrid Rosenthal-von der Pütten, David Sirkin, Anna Abrams, and Laura Platte. The forgotten in HRI: Incidental encounters with robots in public spaces. In *Companion of the 2020 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction*, pages 656–657, 2020.

Mary Beth Rosson and John M Carroll. Scenario-based design. In *Human-computer interaction*, pages 161–180. CRC Press, 2009.

Matthew Rueben, William D Smart, Cindy M Grimm, and Maya Cakmak. Privacy-sensitive robotics. In *Proceedings of the companion of the 2017 ACM/IEEE international conference on human-robot interaction*, pages 425–426. Association for Computing Machinery, 2017.

- Ofir Sadka, Jonathan Giron, Doron Friedman, Oren Zuckerman, and Hadas Erel. Virtual-reality as a simulation tool for non-humanoid social robots. In *Extended Abstracts of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pages 1–9, 2020.
- P Schweidler, A Oehme, and T Jürgensohn. Objektivierbare Performancekriterien. In *Autonome Roboter für Assistenzfunktionen: Interaktive Grundfertigkeiten – Ergebnisse und Forschungsperspektiven des Förderprogramms ARA1*, pages 57–75, 2020.
- Meg Tonkin, Jonathan Vitale, Sarita Herse, Mary-Anne Williams, William Judge, and Xun Wang. Design methodology for the ux of HRI: A field study of a commercial social robot at an airport. In *Proceedings of the 2018 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction*, pages 407–415, 2018.
- Marcello Valori, Adriano Scibilia, Irene Fassi, José Saenz, Roland Behrens, Sebastian Herbster, Catherine Bidard, Eric Lucet, Alice Magisson, Leendert Schaake, et al. Validating safety in human-robot collaboration: Standards and new perspectives. *Robotics*, 10(2):65, 2021.
- O Voss. Post stoppt Paketkästen für Privathaushalte. <https://www.tagesspiegel.de/wirtschaft/kein-bedarf-post-stoppt-paketkaesten-fuer-privathaushalte/23939236.html>, 2019. [Letzter Zugriff: 19.10.2020].
- Astrid Weiss, Regina Bernhaupt, and Manfred Tscheligi. The usus evaluation framework for user-centered HRI. *New Frontiers in Human–Robot Interaction*, 2:89–110, 2011.