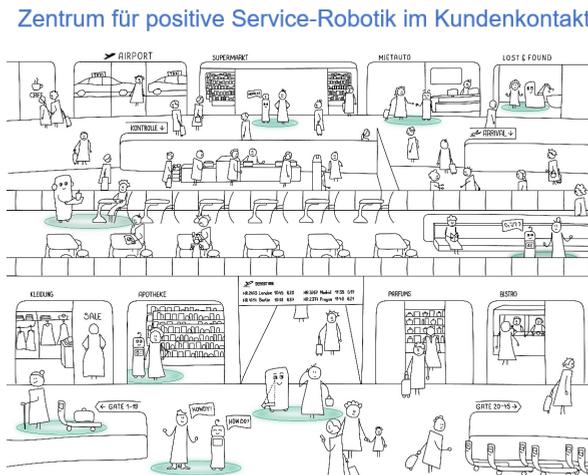


Zentrum für positive Service-Robotik im Kundenkontakt (PosiBot)

Förderkennzeichen 16SV8632

Kathrin Pollmann¹, Nora Fronemann¹, Daniel Ziegler¹, Wulf Loh², Carla Pavel²,
Johannes Kraus³, Franziska Babel³, Daryoush Daniel Vaziri⁴, David Golchinfar⁴,
Daniel Schmidt⁵, Alina Henne⁵, Georg Wegmann⁶, Laura Dreesen⁷, Ray-Allen
Taylor⁷, Matthias Krinke⁸ und Dania Rothe⁸



¹Fraunhofer IAO
Nobelstraße 12
70569 Stuttgart

²Universität Tübingen
Geschwister-Scholl-Platz
72074 Tübingen

³Universität Ulm
Helmholtzstr. 16
89081 Ulm

⁸pi4_robotics GmbH
Gustav-Meyer-Allee 25
13355 Berlin

⁵SAG Stuttgart Airport
Ground Handling GmbH
Flughafenstraße 43
70629 Stuttgart

⁶Flughafen
Stuttgart GmbH
Flughafenstraße 32
70629 Stuttgart

⁷Ideabay GmbH
t.a. VUI agency
Agnes-Pockels-Bogen 1
80992 München

⁴Hochschule
Bonn-Rhein-Sieg
Grantham-Allee 20
53757 Sankt Augustin

10.1 Konzept des Kompetenzzentrums

Im Rahmen des Projekts wird das PosiBot-Kompetenzzentrum aufgebaut, das Unterstützungsangebote rund um die Entwicklung und den Praxiseinsatz von Service-Robotern im Kundenkontakt anbietet.

10.1.1 Motivation: Einsatzpotenzial von Service-Robotern im Kundenkontakt bleibt aktuell ungenutzt

Unsere Marktstudie (Pollmann et al. 2021) hat ergeben, dass heute schon am Markt befindliche Service-Roboter im Bereich des Kundenkontakts (z.B. im Einzelhandel, Bankwesen, in kulturellen Einrichtungen, in der Verwaltung sowie in der Verkehrs- und Tourismusbranche) eine Reihe von Dienstleistungen erfüllen (Abb. 10.1).



Abbildung 10.1: Überblick über die Tätigkeiten für Service-Roboter im Kundenkontakt.

Dadurch können sich die Mitarbeitenden verstärkt auf untypische Anliegen und die damit verbundene Kommunikation mit den Kund:innen konzentrieren. Der Roboter bietet außerdem das Potenzial, gerade solche Aufgaben zu übernehmen, die von Mitarbeitenden oft als wenig abwechslungsreich und erfüllend erlebt werden. Werden Service-Roboter mit den für sie adäquat ausgewählten Aufgaben betraut und funktioniert die Interaktion mit ihnen reibungslos, könnten sie perspektivisch Servicequalität und Kundenzufriedenheit verbessern.

Trotz dieser potenziellen Vorteile sind im Kundenkontakt bislang wenige Roboter dauerhaft im Einsatz. Die Gründe dafür wurden im Rahmen unserer Marktstudie durch eine umfangreiche Literaturrecherche sowie Interviews mit Roboterherstellern und potenziellen Anwender:innen untersucht und dabei Hemmnisse für vier verschiedene Stakeholdergruppen des Service-Roboter-Ökosystems identifiziert (Abb. 10.2).

- 1) *Anwendungsunternehmen* stehen vor der Herausforderung der Kosten-Nutzen-Abschätzung. Ein Service-Roboter stellt eine hohe Investition dar - aufgrund der Anschaffungskosten als auch der ggf. nötigen Anpassung von Prozessen oder baulichen Voraussetzungen. Der tatsächliche Nutzen des Roboters lässt sich vorab meist nicht genau genug beziffern, weshalb viele Unternehmen vor einer Investition in Service-Roboter zurückschrecken. Andere wiederum sind sich der Entlastungspotenziale von Service-Robotern nicht bewusst und ziehen einen Einsatz deshalb nicht in Erwägung.
- 2) Für *Entwicklungsunternehmen* ist die Entwicklung von Roboter-Anwendungen ressourcenintensiv: Funktionen, Funktionalitäten, Interaktionsgestaltung und bereitgestellte Inhalte müssen für jeden Roboter-Einsatz angepasst oder sogar neu entwickelt werden, da die Ausstattung der Roboter ab Werk generisch gehalten und nicht auf das konkrete Einsatzgebiet zugeschnitten ist.
- 3)+4) Der Erfolg eines Service-Roboters hängt maßgeblich davon ab, dass die *Mitarbeitenden* und *Kund:innen* den Roboter akzeptieren, und problemlos mit ihm kommunizieren und zusammenarbeiten können. Bisher sind nur wenige Roboter im dauerhaften Einsatz und Nutzer:innen schreiben ihnen – geprägt durch Science-Fiction Darstellungen – oft eine umfangreichere Interaktionskompetenz zu als sie bislang besitzen. Werden die Erwartungen nicht erfüllt, kann dies zu Enttäuschung und Reaktanz führen. Diese Schwierigkeit wird dadurch verstärkt, dass bislang jeder Service-Roboter auf seine eigene Art kommuniziert: Unterschiedliche Robotertypen können mitunter dieselbe Aufgabe erfüllen, und sich dabei den Nutzenden gegenüber unterschiedlich verhalten. Ebenso gut kann sich der gleiche Robotertyp in verschiedenen Einsatzkontexten in der Interaktion unterschiedlich verhalten. Dies ist darauf zurückzuführen, dass für die Interaktionsgestaltung von Service-Robotern wenig Standards vorhanden sind, die eine einheitliche, allgemein verständliche Roboter-Interaktionssprache fördern. Zudem werden die Interaktionsstrategien aktuell nur bedingt auf die individuellen – häufig sehr diversen – Vorerfahrungen und Bedarfe der Nutzenden abgestimmt.

Im vorliegenden Projekt wird erforscht, wie diese beschriebenen Hemmnisse reduziert werden können. Ergebnis des Projekts ist ein Unterstützungsangebot, mit dessen Hilfe deutsche Unternehmen in die Lage versetzt werden, die oben genannten Hürden zu überwinden und Service-Roboter verstärkt einzusetzen, um Mitarbeitende zu entlasten und das Serviceerlebnis für die Kund:innen nachhaltig positiv zu beeinflussen.



Abbildung 10.2: Hemmnisse des Praxiseinsatzes von Service-Robotern für verschiedene Stakeholder.

10.1.2 Zielsetzung: Mehr Service-Roboter im Kundenkontakt, die Mitarbeitende entlasten und von Kund:innen als Bereicherung erlebt werden

Das Kompetenzzentrum PosiBot hat das Ziel, eine etablierte Anlaufstelle in Deutschland für die oben genannten Stakeholdergruppen rund um den Praxiseinsatz von Service-Robotern im Kundenkontakt zu werden. Das Angebot gliedert sich in vier Bausteine, die für den Erfolg einer Einführung unverzichtbar sind: Entscheidungsunterstützung für den Einsatz von Service-Robotern im Rahmen einer Anforderungsanalyse, Module für die Interaktionsgestaltung, Werkzeuge für die Anwendungsentwicklung und Evaluationsinstrumente (Abb. 10.3).

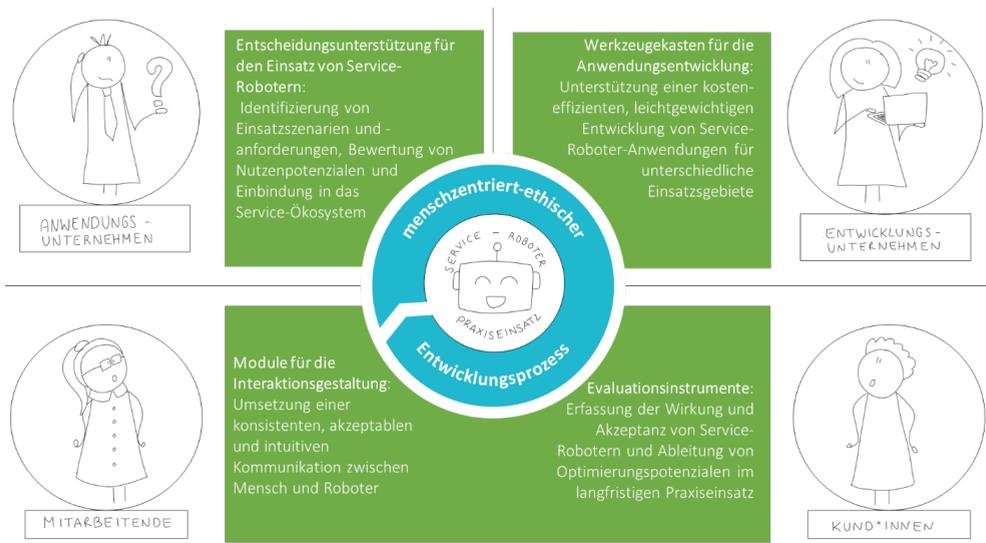


Abbildung 10.3: Die vier Bausteine des PosiBot-Leistungsangebots werden im Rahmen des Projekts basierend auf einem menschenzentriert-ethischen Gestaltungsprozess entwickelt.

Ziel des vorliegenden Projektvorhabens ist es, das PosiBot-Leistungsangebot iterativ zu entwickeln und zu erproben. Die Entwicklung erfolgt dabei anhand eines menschenzentriert-ethischen Entwicklungsprozesses, der basierend auf dem Konzept der integrierten Forschung (Spindler et al. 2020, Stubbe 2018) und Co-Creation (O’Hern and Rindfleisch 2017) ethische und techniksoziologische Betrachtungsweisen mit denen der User Experience und der Anwendungsentwicklung zu vereint. So wird ein ganzheitlicher und gesellschaftlich nachhaltiger Blick auf die Gestaltung und Entwicklung von Service-Robotern ermöglicht. Zudem wird sichergestellt, dass ausschließlich Lösungen entwickelt werden, die Bedürfnisse und Werte der Stakeholder in den Fokus nehmen *und* gleichzeitig individual-ethische und gesamtgesellschaftliche Anforderungen berücksichtigen. Der Ansatz ist besonders relevant, da der Einsatz von Service-Robotern noch nicht alltäglich ist, und Vertrauen und Akzeptanz bei Nutzenden und der breiteren Bevölkerung erst noch geschaffen werden müssen. Gleichzeitig ist es notwendig, die ethischen und gesamtgesellschaftlichen Implikationen frühzeitig in der Entwicklung zu berücksichtigen, um dieses Vertrauen zu rechtfertigen und individuell vertrauenswürdige wie gesellschaftlich wünschenswerte Mensch-Roboter-

Interaktionen zu gestalten.

Hierzu kann eine einheitliche Interaktionssprache über verschiedene Roboter-Plattformen hinweg beitragen, da sie Mensch-Roboter-Interaktion im Allgemeinen voraussetzbarer macht und so für alle Beteiligten erleichtert. Gerade im Projektkontext des öffentlichen Raums ist aufgrund der vielfältigen Umgebungseinflüsse eine intuitive und klare Kommunikation zwischen Mensch und Roboter besonders relevant. Gleichzeitig darf diese nicht so gestaltet sein, dass wichtige Aspekte der informationellen Selbstbestimmung, der Autonomie sowie des Wohlergehens der Nutzenden aus dem Blick geraten (Fronemann et al. 2022).

Das PosiBot-Leistungsangebot soll es Anwendungs- und Entwicklungsunternehmen als niedrigschwelliges Angebot erleichtern, Module für eine einheitliche Interaktionssprache zu übernehmen und sich frühzeitig mit Aspekten zur Vertrauensbildung und Akzeptanzförderung zu beschäftigen.

Das PosiBot-Leistungsangebot soll überall dort Anwendung finden, wo kundennahe Dienstleistungen angeboten werden, und ist deshalb nicht auf einen bestimmten Anwendungsbereich beschränkt. Die Entwicklung der Methoden und Werkzeuge erfolgt in drei Phasen anhand der Anwendungsdomäne „Dienstleistungen für (mobilitäts-) eingeschränkte Personen am Flughafen“ unter Berücksichtigung der Roboter Workerbot4 Concierge, Nao, Pepper und Pudu (vgl. Kap. 10.1.3). In Pilotprojekten werden die entwickelten Werkzeuge erprobt und in andere Anwendungsfelder übertragen.

1. *Vorkonzeption*: Im ersten Schritt werden basierend auf bestehenden Methoden und der Expertise des Konsortiums erste Versionen der Leistungsangebots-Bausteine vorkonzipiert.
2. *Feldstudien*: Im Rahmen von Feldstudien kommen unterschiedliche Roboter am Flughafen zum Einsatz, sodass strukturierte Erfahrungen im realen Anwendungskontext gesammelt werden. Diese werden zum einen aufbereitet und im Rahmen von Publikationen und Veranstaltungen veröffentlicht. Dadurch trägt das Projekt maßgeblich zur Verbesserung der Datenlage zur Service-Robotik im Kundenkontakt bei. Darüber hinaus werden zur Erhebung und Dokumentation dieser Erfahrungen die Bausteine des Leistungsangebots eingesetzt, die auf diese Weise zugleich im Rahmen der drei Studieniterationen evaluiert und

weiterentwickelt werden.

3. *Transfer*: Die entwickelten Leistungsangebote werden im Rahmen von Pilotprojekten in weiteren Anwendungsdomänen erprobt und weiter optimiert, sodass eine Übertragbarkeit auf die unterschiedlichsten Anwendungsfälle im Bereich “Kundenkontakt” sichergestellt werden kann.

10.1.3 Anwendungsdomäne: Roboter unterstützen Services für (mobilitäts-) eingeschränkte Personen am Flughafen

Als primäre Anwendungsdomäne für Service-Roboter konzentriert sich das Projekt auf „Dienstleistungen für (mobilitäts-)eingeschränkte Personen am Flughafen“. Seit 2008 wurde den Flughäfen per EU-Verordnung (EG 1107/2006 2006) die Verantwortung übertragen, ein spezielles Service-Angebot für Personen mit eingeschränkter Mobilität (PRM) bereitzustellen. Der Service beinhaltet die Begleitung, Information und Unterstützung von PRM von der Ankunft am Flughafen bis ins Flugzeug bzw. vom ankommenden Flugzeug bis zum Verlassen des Flughafens. 2018 haben an deutschen Flughäfen fast 2 Millionen Reisende diesen Service in Anspruch genommen, die Tendenz ist steigend. Die Bereitstellung des Services ist für die Flughäfen sehr personalintensiv. Insbesondere während der Hauptreisezeiten ist es für die Mitarbeitenden herausfordernd, eine hohe Servicequalität aufrecht zu erhalten. Eine Prozessanalyse am Flughafen Stuttgart hat ergeben, dass Mitarbeitende zur Begleitung eines einzelnen PRM lange Wegstrecken zurücklegen und teils mehrfach die Sicherheitskontrolle passieren müssen. Besonders zeitraubend sind hierbei die Tätigkeiten, die im Rahmen der Servicedienstleistung für abfliegende PRM im Terminalbereich erfolgen, zum Beispiel im Falle eines Gate-Wechsels. Eine konstante Vor-Ort-Betreuung am Gate durch Mitarbeitende ist nicht möglich, sodass die PRM die oftmals langen Wartezeiten alleine meistern müssen.

Der PRM-Prozess wurde im Rahmen unserer Marktstudie (Pollmann et al. 2021) als besonders geeignete Anwendungsdomäne für die iterative Entwicklung des PosiBot-Leistungsangebots befunden, da er (a) in sich große Potenziale für die Entlastung von Mitarbeitenden und die Erhöhung der Servicequalität bietet und (b) vielfältige Einsatzmöglichkeiten für Service-Roboter umfasst, die auch auf andere Anwendungsfelder mit kundennahen Dienstleistungen übertragbar sind (Abb. 10.4):

- Aktuell am Markt verfügbare Service-Roboter können im Rahmen des PRM-Prozesses in Zukunft alle o.g. Tätigkeiten (Abb. 10.1) ausüben, dadurch Mitarbeitende signifikant unterstützen und das Serviceerlebnis der Kund:innen verbessern. Die im Projekt erzielten Erkenntnisse sind so auf alle Anwendungsfelder übertragbar, die mindestens eine der genannten Tätigkeiten beinhalten.
- Im PRM-Prozess interagieren Service-Roboter mit heterogenen Zielgruppen, insbesondere mit Personen mit unterschiedlichen Einschränkungen. Die betrachteten Tätigkeiten sind aber auch für Personen ohne Einschränkungen relevant.
- Im PRM-Prozess können verschiedene Arten von Service-Robotern zum Einsatz kommen, die sowohl mit Mitarbeitenden und Reisenden, als auch untereinander und mit bestehenden IT-Systemen kommunizieren. Die Komplexität besteht somit nicht nur darin, dass die Service-Roboter mit vielen Menschen mit unterschiedlichen Anforderungen Hand in Hand arbeiten müssen, sondern auch darin, die Roboter miteinander zu vernetzen und in das Service-Ökosystem einzubinden, um eine Entlastung der Mitarbeitenden zu gewährleisten.

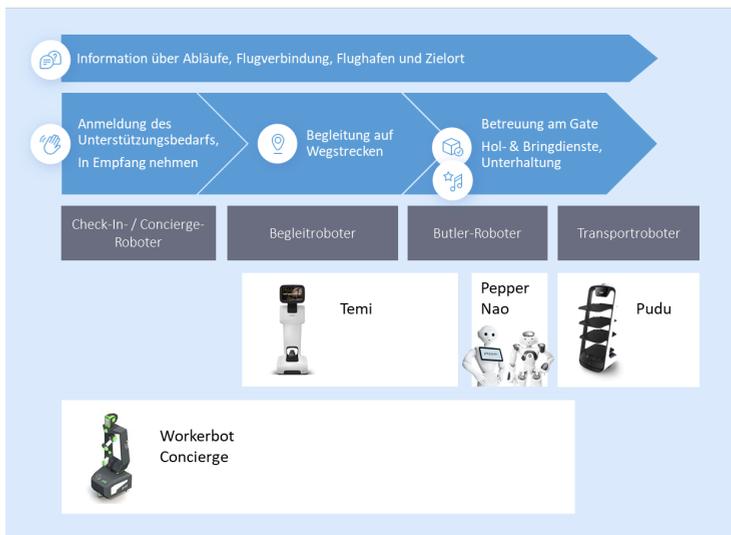


Abbildung 10.4: Überblick über die Services im PRM-Prozess, die durch Service-Roboter abgedeckt werden können, und die Roboter, die im Rahmen des Projekts zum Einsatz kommen sollen.

10.1.4 Einsatzszenario und Vision: Ein Tag am Flughafen – Roboter als Teil des Service-Ökosystems

Die Abbildungen 10.5-10.6 zeigen einen Ausschnitt des PRM-Prozesses im Terminalbereich zwischen Sicherheitskontrolle und Gate und illustrieren, wie verschiedene Service-Roboter zum Einsatz kommen könnten. Im Rahmen des Projekts werden diese und ähnliche Interaktionssituationen in Form von Nutzenstudien untersucht und die Einsatzmöglichkeiten verschiedener Roboter beleuchtet (Workerbot4 Concierge, Temi, Nao, Pepper und Pudu). Am Ende des Projekts sind alle in Abb. 10.5-10.6 beschriebenen Szenarien mit Service-Robotern umgesetzt und im Praxiseinsatz getestet. Außerdem liegt ein Konzept vor, wie Service-Roboter in das Service-Ökosystem des Flughafens integriert und bei der Prozess- und Personalplanung berücksichtigt werden können.

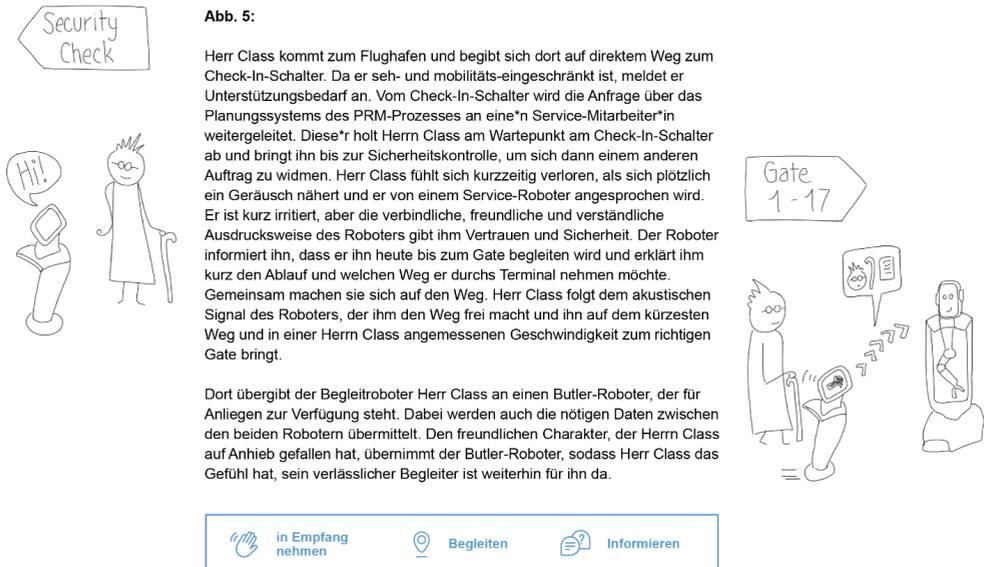


Abbildung 10.5: Sicherheitskontrolle.

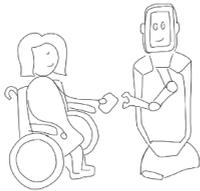


Abb. 6:

Ein Gate weiter wartet Frau Noll auf ihren Flug. Seit einem Unfall ist sie an einen Rollstuhl gebunden und war daher schon frühzeitig am Flughafen. Ihren Wunsch für einen Unterstützungsservice hatte sie bereits mit der Buchung angegeben und das PRM-Planungssystem hat Mitarbeitende und Roboter dafür bereits vorgemerkt. Frau Noll nimmt diesen Service nicht zum ersten Mal in Anspruch und hat sich an den Charakter ihres Butler-Roboters vor Ort gewöhnt. Er erinnerte sie an ihren lustigen Onkel Theo. Bei ihrer Ankunft musste sie sich nur kurz beim Check-In-Roboter in der Eingangshalle melden und wurde sogleich von einem Mitarbeiter mit ihrem Gepäck abgeholt und bis zum Gate gebracht. Hier hat sie nun noch zwei Stunden bis zum Abflug. Der Mitarbeiter hat sich verabschiedet und in der Obhut des Roboters am Gate gelassen, der sich sogleich auf seine alte Bekannte und ihre Anforderungen und Präferenzen einstellt.

Der Roboter informiert sie über alle wichtigen Details zu ihrem Flug, bevor er fragt, ob sie noch etwas spielen möchte. Da sich Frau Noll langweilt, willigt sie ein und sucht sich Scharade aus. Gemeinsam spielen sie eine Weile, bis sich mehr Personen am Gate versammeln und Frau Noll ins Gespräch mit einem anderen Passagier kommt.

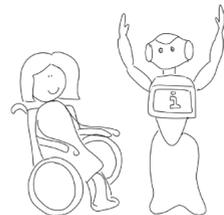


Abb. 7:



Da sie vorhin ein nettes Café gesehen hatte, fragt Frau Noll den Roboter, ob sie dort noch einmal hinfahren können. Der Roboter bietet ihr an, dass er sie begleiten kann oder ihr einfach einen Kaffee bringen lassen kann. Das findet Frau Noll noch viel besser und gibt ihre Bestellung auf.

Der Butler-Roboter kontaktiert daraufhin einen der Gastro-Transport-Roboter im Terminalbereich und übermittelt die Bestellung, die dieser an das Café vermittelt. Zehn Minuten später erscheint der Roboter am Gate mit dem Kaffee. Bezahlen kann Frau Noll den Kaffee direkt beim Roboter.



Abbildung 10.6: Abbildung 6 am Gate. Abbildung 7 im Cafe.

10.1.5 Forschungsfragen: Wie kann die Gestaltung und Entwicklung positiver Service-Roboter-Anwendungen unterstützt werden?

Das Projekt ist in verschiedene Forschungsstränge untergliedert: Analyse, Interaktionsgestaltung, Anwendungsentwicklung, Evaluation und domänenspezifische Fragestellungen. Der Erkenntnisgewinn der untersuchten Forschungsfragen fließt dabei direkt in die Entwicklung der vier Module des PosiBot-Leistungsangebots ein.

Analyse: Entscheidung für den Einsatz von Service-Robotern

- Welche Anforderungen, Bedürfnisse und Charakteristika beeinflussen die in-

itiale Wahrnehmung und Akzeptanz verschiedener Service-Roboter und wie können diese im Rahmen von Einführungsprozessen von Service-Robotern berücksichtigt werden?

- Was sind physische, organisatorische, technische, soziale und wirtschaftliche Voraussetzungen für den Praxiseinsatz von Service-Robotern im Kundenkontakt und wie können diese standardisiert erfasst und bewertet werden?
- Wie können Service-Roboter technisch, organisatorisch und wirtschaftlich in ein Service-Ökosystem integriert werden?

Interaktionsgestaltung

- Wie kann Interaktionsgestaltung für Service-Roboter im Kundenkontakt standardisiert werden im Sinne einer einheitlichen Interaktionssprache?
- Welche Anforderungen und Bedürfnisse der Nutzenden müssen adressiert werden, um eine effiziente, verlässliche und positive multimodale Interaktion zu ermöglichen?
- Wie muss eine vertrauenswürdige Interaktion gestaltet sein, die die informationelle Privatheit, Autonomie und Diversität der Nutzenden und Mitarbeitenden sichert? Wie lassen sich diese kontextübergreifend generalisieren?
- Welche Rolle spielen bestimmte Charakteristiken der Nutzenden wie Robotererfahrung, Persönlichkeit und Vertrauen bei der Interaktion mit Service-Robotern im Kundenkontakt, und wie können diese bei der Interaktionsgestaltung berücksichtigt werden?
- Wie kann die Akzeptanz und ein positives Nutzungserleben dadurch gefördert werden, dass der Roboter einen bestimmten Charakter oder eine bestimmte Persönlichkeit nach außen trägt? Welche Charaktere müssen Service-Roboter annehmen können, um von unterschiedlichen Nutzenden als positiv und nutzenstiftend wahrgenommen zu werden?
- Welche KI-ethischen Anforderungen an die Personalisierung gilt es mit Blick auf Nicht-Diskriminierung und Transparenz zu beachten?
- Wie muss die verbale und nonverbale Interaktion gestaltet sein, damit ein Roboter von einer heterogenen Zielgruppe verstanden und gerne genutzt wird?

Anwendungsentwicklung

- Wie kann Kontext-, Methoden- und Gestaltungswissen zu Service-Robotern so aufbereitet werden, dass es leicht in der Praxis anwendbar ist?
- Welche technischen Voraussetzungen müssen für eine erfolgreiche multimodale Interaktion geschaffen werden?
- Wie kann die Übertragung existierender Interaktionsstrategien auf neue Einsatzszenarien und Service-Roboter technisch unterstützt werden?
- Wie kann eine modulare Konzeption und Entwicklung von Service-Roboter-Anwendungen unterstützt werden?
- Wie können Anwendungen so entwickelt werden, dass sie gesellschaftliche Werte sowie Bedingungen guter Arbeit der Mitarbeitenden berücksichtigen? Wie lassen sich hier Lösungen kontextübergreifend generalisieren?

Evaluation des langfristigen Praxiseinsatzes

- Wie können Langzeitstudien im laufenden Betrieb von Service-Robotern realisiert und die Roboter auf Basis der Ergebnisse kontinuierlich angepasst und optimiert werden?
- Wie kann der Aufwand für den Aufbau realitätsnaher Testumgebungen für Service-Roboter im Kundenkontakt reduziert werden?
- Wie können Akzeptanz und Vertrauen langfristig kontinuierlich gemessen, interpretiert und sichergestellt werden (insbesondere für vulnerable Zielgruppen im öffentlichen Raum)?

Domänenspezifische Fragestellungen

- Wie können Service-Roboter gewinnbringend in der Passagierbetreuung am Flughafen eingesetzt werden, um Mitarbeitende zu entlasten?
- Wie können Service-Roboter das Passagiererlebnis am Gate verbessern?
- Welche Service-Roboter sind aus Nutzenden-, wirtschaftlicher, technischer und organisatorischer Sicht langfristig für den Einsatz am Flughafen geeignet?

Durch Bearbeitung der genannten Forschungsfragen werden die Ziele der BMBF-Bekanntmachung unterstützt. Abbildung 10.7 fasst zusammen, wie das Projekt zur Erreichung der Ziele beiträgt.

10.1 Konzept des Kompetenzzentrums

Bekanntmachung des BMBF	Verbundprojekt PosiBot
<ul style="list-style-type: none"> • Existierende Assistenzroboter in praxisnahen, nicht-industriellen Anwendungsszenarien erproben, aktuell implementierte Interaktionsstrategien auf ihre Wirkmechanismen untersuchen und weiterentwickeln • Untersuchungen mit existierenden Robotern unter realen Einsatzbedingungen und Verbesserung durch die Förderung der User Experience • Explizite Erfahrung in der Anwendungsdomäne • Auseinandersetzung mit „Gesamtsystemen in definierten Anwendungsdomänen“ 	<p>Es werden bestehende Systeme im Feld getestet und anschließend optimiert.</p> <p>Bei der Nutzungskontextanalyse werden relevante Aspekte für eine optimale User Experience erhoben, und der menschenzentriert-ethischen Entwicklungsprozess daraus ausgelegt. In den Evaluationsstudien wird auf die UX und Akzeptanz erneut ein spezifischer Fokus gelegt.</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Kompetenzen des Konsortiums: einschlägige Erfahrungen im Umgang und Betrieb von robotischen Systemen, Qualifikationen in den Feldern Usability und Interaktionsforschung, Beteiligung von technischen und sozialwissenschaftlichen Partner:innen 	<p>Der Flughafen Stuttgart bringt das nötige Erfahrungswissen über die Anwendungsdomäne und das Service-Ökosystem ein.</p> <p>Das Konsortium ist zusammengesetzt aus Interaktionsgestalter:innen, Psycholog:innen, Roboterhersteller:innen, Anwendungsentwickler:innen, Techniksoziolog:innen und Ethiker:innen.</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Wertorientierte und nachhaltige Gestaltung von Assistenzrobotik 	<p>Der menschenzentriert-ethischen Entwicklungsprozess rückt Bedürfnisse, Werte und Anforderungen der Nutzenden in den Fokus und integriert ELSI-Aspekte aktiv in allen Projektphasen.</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Ganzheitliche Erforschung der Mensch-Roboter-Interaktion • Evaluation und Verbesserung existierender Systeme mittels aussagekräftiger Nutzer:innentests in längeren Erprobungsstudien durch iterative Vorgehensweise 	<p>Die entwickelten Lösungen werden mit Nutzenden iterativ erprobt und anschließend verbessert. In drei Zyklen werden so immer wieder neuentwickelte Aspekte evaluiert und bereits verbesserte Funktionen erneut validiert.</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Entwicklung von Test-Szenarien, Metriken und Benchmarks 	<p>Das PosiBot-Leistungsangebot enthält übertragbare Evaluationsmetriken, -instrumente, Benchmarks und Testumgebungen, die in unterschiedlichen Anwendungsfeldern zum Einsatz kommen können. Diese werden im Projekt entwickelt und erprobt.</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Methodentransfer von der Wissenschaft in die Wirtschaft und Anwendungspraxis: bestehende und neue Methoden der Anwendungsuntersuchung in interdisziplinären Verbundprojekten nutzen 	<p>Projektziel ist die Entwicklung eines Werkzeugkastens für den Praxiseinsatz von Service-Robotern, der auf wissenschaftlichen Erkenntnissen fußt und für Unternehmen einfach anwendbar ist. Die Methoden und Werkzeuge werden allen Interessierten über das Kompetenzzentrum zur Verfügung gestellt. Innerhalb des Konsortiums findet Methodentransfer durch die gemeinsame Arbeit statt. Ein erster Transfer außerhalb des Konsortiums erfolgt durch Pilotprojekte.</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Entwicklung weiterer Dienste und Leistungen zur Reduzierung von Anschaffungskosten, z.B. neuer Geschäftsmodelle für robotische Systeme wie „pay per service“, „pay for availability“, „flat rate“ 	<p>Die workerbot4 Concierge von pi4_robotics werden bereits als „Robots as a Service“ über die Roboterzeitarbeitsfirma Robozän Deutschland zur Monatsmiete angeboten. Im Rahmen des Projektes werden Erweiterungen des Konzeptes als „pay per service“ integriert und evaluiert.</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Optimierung der Sicherheit und Einhaltung der Sicherheitsanforderungen für Assistenzroboter unter Berücksichtigung existierender Standards 	<p>pi4_robotics arbeitet bereits im Konsortium des BMBF-geförderten Projektes KI4MRK an einem kamerabasierten, prädiktiven, KI-basierten Sicherheitssystem zur Kollisionsvermeidung für den industriellen Kontext. Im Rahmen von PosiBot soll dieses System im Servicekontext erprobt, angepasst und ggf. als Standardlösung etabliert werden.</p>

Abbildung 10.7: Das Projekt PosiBot adressiert die Ziele der Bekanntmachung des BMBF in hohem Maße.

10.2 Alleinstellungsmerkmale und Abgrenzung zum Stand der Wissenschaft und Technik

Der mit **PosiBot** verfolgte Lösungsansatz zeichnet sich durch die Integration von menschenzentrierten, individualethischen und techniksoziologischen Perspektiven in einen menschenzentriert-ethischen Entwicklungsprozess für Service-Robotik aus. In den folgenden Abschnitten wird zunächst der internationale Stand der Wissenschaft und Technik in den für das Projekt zentralen Themenbereichen dargestellt und vor diesem Hintergrund der im Projekt verfolgte Lösungsansatz mit seinen jeweiligen Vorteilen erläutert. Die mit der Durchführung des Projekts zu überwindenden technisch-wissenschaftlichen und wirtschaftlichen Risiken werden in Abschnitt zusammengefasst.

10.2.1 Einsatz von Service-Robotern im Kundenkontakt

Sieben verschiedene Roboter waren im den vergangenen fünf Jahren in Deutschland in unterschiedlichen Bereichen des Kundenkontakts im Einsatz (Pollmann et al. 2021, Abb. 10.8). Die meisten davon befinden sich nach erfolgreichen Pilotstudien dauerhaft im Einsatz. Abgesehen von Pepper von SoftBank Robotics und dem workerbot4 Concierge von pi4 wird keiner der Roboter serienmäßig produziert. Pepper kam in Vergleich zu den anderen Robotern deutlich häufiger und in vielfältigeren Bereichen zum Einsatz, wurde allerdings im Rahmen der meisten Praxistests in seiner Konfiguration ab Werk für nur eingeschränkt nutzenstiftend befunden. Bei den anderen Produkten handelt es sich um einzelne Ausführungen der Roboter, die in ausgewählten Bereichen für eine klar definierte Aufgabe zum Einsatz kommen. Nach eigener Einschätzung der Roboterhersteller im Rahmen unserer Interviews ist die Erschließung eines neuen Einsatzgebietes mit hohem Entwicklungsaufwand und schwer abschätzbaren wirtschaftlichen Risiken verbunden.

An Flughäfen kommen Service-Roboter bislang selten zum Einsatz. Unsere Recherche ergab insgesamt sechs öffentlichkeitswirksame Pilotstudien (Abb. 10.9). In Deutschland wurden dabei die beiden kommerziell verfügbaren Roboter Pepper und Furhat von Furhat Robotics als intelligente Informationskioske an den Flughäfen München und Frankfurt eingesetzt. Laut Veröffentlichung der beiden Flughäfen waren die Roboter bei den Passagieren durchaus beliebt, was nahelegt, dass das Kosten-Nutzen-Verhältnis

10.2 Alleinstellungsmerkmale und Abgrenzung

oder der technische Reifegrad die Gründe dafür sind, dass die Roboter nach dem Praxistest nicht in den laufenden Betrieb übernommen wurden.

	<i>Metralabs</i> Scitos A5	<i>Mojin Robotics</i> Care-O-Bot 4	<i>PI4_robotics</i> Workerbot	<i>Starship Technologies</i> Lieferroboter	<i>SoftBank Robotics</i> Pepper	<i>Robotise</i> Jeeves	<i>F&P Robotics</i> Lio
Einzelhandel	✓	✓	✓		T ✓		
Kultur	✓				T ✓		
Verwaltung	✓						
Lieferservices				T			
Tourismus		✓	✓		✓	✓	
Bank					✓		
Gastronomie			✓				✓
ÖPNV o.ä.					T		
Facility Management & Security			✓				

Abbildung 10.8: Service-Roboter und ihre Einsatzgebiete im Kontext des Kundenkontakts. Schwarze Häkchen stehen für einen dauerhaften Betrieb der Roboter, Orange Ts kennzeichnen zeitlich begrenzte Testeinsätze der Roboter.

	<i>Softbank Robotics</i> Pepper	<i>Furhat Robotics</i> Furhat	<i>EU-Projekt</i> Spencer Spencer	<i>LG CLOi</i> GuideBot	<i>Sita</i> Leo	<i>Air New Zealand</i> Chip CANdroid
In Empfang nehmen						T
Information	T	T	T	T		T
Begleitung			T	T		
Gepäcktransport					T	
Kommerziell verfügbar?	Ja	Ja	Nein	Nein	Nein	Nein
Einsatzland	GER	GER	NL	KOR	CH	NZ

Abbildung 10.9: Service-Roboter und ihre Tätigkeiten im Rahmen von Pilotstudien im Anwendungskontext Flughafen.

In **PosiBot** liegt der Fokus auf einem praktikablen und nutzenstiftenden Einsatz von Service-Robotern im Kundenkontakt. Die Gestaltung und Umsetzung der Service-Roboter-Anwendungen werden dabei sowohl an den Wünschen und Erwartungen der Kund:innen ausgerichtet, als auch ausdrücklich als Teil der Arbeitsgestaltung der Mitarbeitenden betrachtet. Bei der Realisierung der Nutzenpotenziale werden von Beginn an die technischen Fähigkeiten von am Markt verfügbaren Service-Robotern berücksichtigt, um einen insgesamt hohen Reifegrad der Lösungen zu erreichen.

10.2.2 Multi-modale Mensch-Roboter-Interaktion mit Service-Robotern

Um die Verbreitung von Service-Robotern und Ausschöpfung ihres Potenzials zu fördern, muss gewährleistet sein, dass sie eine breite Akzeptanz finden und ein Interaktionsverhalten zeigen, das intuitiv verständlich ist - unabhängig von den genutzten Modalitäten. Forschung im Bereich Mensch-Roboter-Interaktion (MRI) hat gezeigt, dass das Ausüben einer nützlichen Tätigkeit noch lange keine hinreichende Voraussetzung dafür ist, dass Service-Roboter auch akzeptiert werden (Bartneck et al. 2005). Zudem sind Menschen eher geneigt, mit einem Service-Roboter in Interaktion zu treten, wenn dieser soziale Verhaltensweisen zeigt (Breazeal 2003). Das bedeutet: “[The robot] interacts and communicates with humans by following the behavioral norms expected by the people with whom the robot is intended to interact” (Bartneck and Forlizzi 2004). Es ist demnach besonders wichtig, dass das Interaktionsverhalten des Roboters zu den Erwartungen der Nutzer:innen passt.

Sprache gilt als intuitivste und direkteste Art der Interaktion mit Maschinen. Bisher ist die Interaktion mit Sprachassistenzsystemen häufig auf Hardware begrenzt, der weder ein visuelles Erscheinungsbild noch physische Interaktion zugrunde liegt. Einen Service-Roboter mit einem entsprechenden Charakter und zielführender Konversation auszustatten, bedeutet, in der Konzeption Gebrauch von allen Erkennungs- sowie Interaktionsformen zu machen, die es Nutzenden erleichtern, ihre Bedürfnisse intuitiv zu äußern und an ihr Ziel zu gelangen. Verbale Interaktion gilt hierbei als unmittelbarste Form und ist zugleich Teil einer multimodalen Definition des Service-Roboters, dessen Verhalten durch die Konversation mit dem Menschen gelenkt wird, diese aber auch maßgeblich beeinflusst. Assistenz beruht außerdem grundsätzlich auf proaktivem Verhalten des assistierenden Roboters, was ein umfassendes Designkonzept notwendig

macht, das alle möglichen Input- wie Output-Varianten vorsieht, um verbale und non-verbale Interaktion zu ermöglichen. Um einen Service-Roboter im entsprechenden Kontext nützlich und vertrauenswürdig anstatt verstörend und übergriffig wirken zu lassen, muss ein möglichst stimmiges und zuverlässiges, konsistentes Verhalten definiert und dessen Perzeption im jeweiligen Nutzungskontext stetig überprüft werden. Sprachinteraktion kann hierbei als Grundlage für Multimodalität gelten, da Handlungen und sonstige Interaktion auf der geführten Konversation und der Intention von Nutzenden aufbauen.

Ergänzend zur Sprachausgabe können Service-Roboter auf verschiedene Kommunikationsmodalitäten zurückgreifen: Körperbewegung, Körperhaltung, Proxemik, Bewegung im Raum, Licht, Sound, Mimik und Blickverhalten können zur Kommunikation zum Einsatz kommen (Breazeal 2009). Gerade in der MRI im öffentlichen Raum oder mit vulnerablen Zielgruppen kann es unter Umständen wünschenswert sein, gänzlich auf Sprachausgabe zu verzichten. Im BMBF-Projekt NIKA¹ wurde bereits erforscht, dass generische Interaktionsverhaltensmuster (engl. *patterns*) einen Mehrwert für die Entwicklung von sozialen Service-Robotern und für eine menschengerechte MRI bieten (Pollmann and Ziegler 2021). Für Unterhaltungsanwendungen für ältere Menschen im häuslichen Umfeld wurden Verhaltensmuster entwickelt, auf drei verschiedenen Robotertypen implementiert und als Verhaltensmuster-Bibliothek aufbereitet, wobei sowohl eine positive UX als auch das Einhalten ethischer Prinzipien im Fokus standen (Fronemann et al. 2022). Die entwickelten Empfehlungen und Konventionen für die Gestaltung von MRI (z.B. Pollmann et al. 2019), sind aber noch nicht umfassend genug, um alle fünf genannten Robotertätigkeiten umfassend abzubilden. Zudem sieht der bisherige Ansatz nur bedingt eine Integration mit der Sprachausgabe der Roboter vor.

In **PosiBot** liegt der Fokus ausdrücklich auf der Entwicklung multi-modaler MRI. Dazu werden der Gestaltungsansatz aus NIKA und die Verhaltensmuster-Bibliothek erweitert und durch Gestaltungsmodule für Sprachinteraktion ergänzt. Um das Ziel einer nahtlosen Interaktion durch eine einheitliche Interaktionssprache zu erreichen, werden die multi-modalen Verhaltensmuster anhand von Robotern unterschiedlicher Erscheinung und Fähigkeiten entwickelt. Zudem wird die Entwicklung verschiedener

¹NIKA: Nutzerzentrierte Interaktionsgestaltung für Kontextsensitive und Akzeptanzfördernde Roboter, BMBF-FSP „Roboter für Assistenzfunktionen: Interaktionsstrategien“, www.nika-robot.de

Roboter-Charaktere durch Kombination von Verhaltensmuster-Varianten untersucht.

10.2.3 Entwicklung von Service-Roboter-Anwendungen

Die Anzahl und Komplexität an Modulen und Sensoren, die Service-Roboter mitbringen können, variiert stark in Abhängigkeit des Anwendungsfalls. Daher sind „out-of-the-box Lösung“ derzeit nur für einfache Infotainment-Anwendungen realisierbar. Um Unternehmensprozesse im Service-Bereich sinnvoll zu unterstützen, müssen in der Regel individuelle Lösungen entwickelt werden. Die Entwicklung ist sehr aufwändig und sieht aktuell keine direkte Beteiligung des Anwendungsunternehmens vor. Die dadurch entstehenden Kosten und Einsatzhürden für Service-Roboter können durch den Ansatz des End User Development (EUD) signifikant reduziert werden. EUD ermöglicht es Techniklaien, selbst Anpassung an Softwareanwendungen vorzunehmen (Lieberman 2001). Huang et al. (2016) zeigen, dass EUD ein geeigneter Ansatz ist, um neue Verhaltensweisen von Robotern zu erstellen und auf nicht antizipierte Anwendungsfälle zu reagieren. Li et al. (2018) zeigen eine grafische EUD-Schnittstelle, die es auch Laien durch einen Learning-by-Demonstration Ansatz ermöglicht, Sprachassistenzsystemen neues Verhalten beizubringen. Leonardi et al. (2019) illustrieren, dass mittels einer EUD-Umgebung, die auf dem Trigger-Action-Paradigma beruht, auch Nicht-Programmierer:innen in der Lage sind, Roboter mit geringem Aufwand zu personalisieren. Basierend auf diesen Forschungsergebnissen hat die HBRS einen Prototyp zur MRI-Entwicklung umgesetzt (Abb. 10.10), der es erlaubt, einen Roboter und sein Interaktionsverhalten, verdeckt oder offen, im Hintergrund zu steuern. Dieser Prototyp wurde erfolgreich im Einzelhandel über mehrere Monate in einem Living-Lab-Ansatz erprobt. Die Interaktionen können dabei aufgezeichnet und zum Trainieren des integrierten Sprachassistenten und weiterer Module wie bspw. Animationen genutzt werden. Hierfür ist eine EUD-Umgebung integriert, um den Dialog nachträglich anzupassen und zu erweitern. Solche Ansätze erlauben realweltliche Erprobungen von potenziellen Funktionalitäten, um relevante und zielführende Entwicklungsfelder frühzeitig zu identifizieren (Golchinfar et al. 2019, Vaziri et al. 2020). Aktuell sind solche EUD-Umgebungen jedoch überwiegend auf einzelne Robotertypen oder spezifische Plattformen ausgerichtet (z.B. Huang et al. 2016, Vasquez and Matia 2019, Coronado et al. 2021), was zu mehrfachen

Entwicklungsaufwänden beim Einsatz verschiedener Roboter führt.

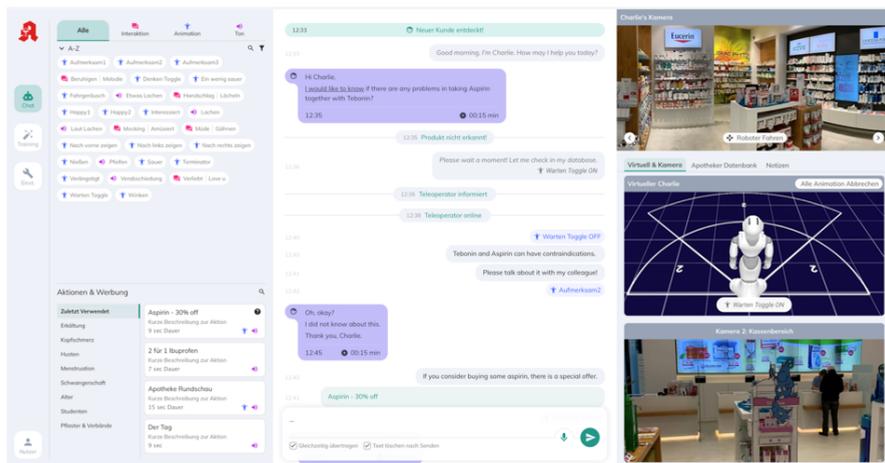


Abbildung 10.10: Plattformansatz zur Teleoperation mit integrierter EUD-Umgebung: Linker Bildbereich: Animationen des Roboters. Mittlerer Bildbereich: text-to-speech und speech-to-text Kommunikation zwischen Roboter und Mensch. Rechter Bildbereich: (oben) Kamerabild und Steuerung des Roboters; (Mitte) virtueller Roboter; (unten) externes Kamerabild zur Übersicht des Raums.

In **PosiBot** wird ein Low-Code-Ansatz für die Anwendungsentwicklung verfolgt, der Anwendungs- und Entwicklungsunternehmen einen niedrighschwelligigen Zugang zur selbstständigen Konfiguration und Anpassung von Robotersystemen bietet und es ihnen ermöglicht, multi-modal Verhaltensmuster im Sinne einer einheitlichen Interaktionssprache auf verschiedenen Robotern umzusetzen.

10.2.4 Akzeptanz von und Vertrauen in Service-Roboter

Akzeptanz und Vertrauen sind entscheidende Faktoren für eine erfolgreiche Interaktion mit Technologien, automatisierten Systemen und Robotern (siehe z. B. Metaanalysen und Reviews von Baptista and Oliveira 2016, Beer et al. 2011, Blut et al. 2016, Dwivedi et al. 2019, Hancock et al. 2011, Hoff and Bashir 2015, Lee and See 2004, Kraus 2020, Schaefer et al. 2016, Young et al. 2009). Akzeptanz wird typischerweise als die Absicht zur Nutzung einer Technologie definiert (Naneva et al. 2020) und im Rahmen von Technologie-Akzeptanzmodellen (TAM, Davis 1989) mit der tatsächlichen Systemnutzung gleichgesetzt. Ein Roboter wird nur dann langfristig genutzt und als positiv erlebt werden (Weiss et al. 2009), wenn seine Akzeptanz vorab sichergestellt wird. Akzeptanz lässt sich nur ermitteln und in die Gestaltung integrieren, wenn Nutzer:innen direkt in Kontakt mit dem Roboter gebracht werden. Bei der Vorhersage von Akzeptanz spielen dabei verschiedene Aspekte eine Rolle: Emotionale und soziale Aspekte wie Freude bei der Nutzung des Roboters (De Graaf and Allouch 2013, Heerink et al. 2008, 2010) und Einflüsse des sozialen Umfelds (Alaiad and Zhou 2014, Heerink et al. 2010) sowie eine generelle positive Einstellung gegenüber Robotern und deren Nutzung (De Graaf and Allouch 2013, Heerink et al. 2010). Darüber hinaus zeigen Studien, dass die Akzeptanz durch roboterspezifische Charakteristika beeinflusst wird: Transparenz des Systems (Alonso and De La Puente 2018, Cramer et al. 2009, Ososky et al. 2014), angemessenes Sozialverhalten des Roboters und soziale Präsenz (Höflichkeit, soziale Distanz, Kommunikationsverhalten; De Graaf et al. 2015, Heerink et al. 2010) und Design des Roboters (höhere Akzeptanz bei höherer Menschlichkeit; Barnes et al. 2017, Eyssel et al. 2012, Louie et al. 2014).

Neben der Akzeptanz sollte der Roboter durch sein Verhalten das Vertrauen der Nutzer:in in die eingesetzte Technik fördern. Dies kann erreicht werden, wenn sich die tatsächlichen Fähigkeiten des Roboters mit den Erwartungen der Nutzenden decken

(Lee and Moray 1994, Muir 1987). Im Automationskontext wird Vertrauen als Einstellung definiert, dass ein Interaktionspartner (z. B. ein Roboter) in einer von Unsicherheit und Verletzlichkeit geprägten Situation zur individuellen Zielerreichung beiträgt (Lee and See 2004). Während Vertrauensprozesse zunächst schwerpunktmäßig bei der Überwachung und Bedienung von professionellen, automatisierten Industrieanlagen erforscht wurden (z. B. Muir and Moray 1996, Lee and Moray 1994), nahm die Anzahl an Forschungsarbeiten im Bereich von automatisierten Fahrzeugen (z. B. Beggiato and Krems 2013, Beggiato et al. 2015, Hergeth et al. 2015, 2016, Kraus et al. 2021) und Robotern (Babel et al. 2021, Hancock et al. 2011, Miller et al. 2021) in den vergangenen Jahren erheblich zu. Neben roboterbezogenen Eigenschaften (z. B. Reliabilität, Funktionalität, Design, Vorhersagbarkeit, Automatisierungsgrad, Fehlerfreiheit, Familiarität; Hancock et al. 2011, Beggiato and Krems 2013, Miller et al. 2021, Yu et al. 2017, Kraus et al. 2020, beeinflussen nutzerinnenbezogene Eigenschaften (z.B. Persönlichkeit, Expertise, Demografie, Erfahrung) und situationsbezogene Eigenschaften (z.B. Stimmung, emotionaler Zustand, aktuelle Arbeitsbelastung) das Vertrauen in Roboter (Hancock et al. 2011, Miller et al. 2021). Erste Ansätze verfolgen bereits eine Integration von Vertrauen in die Struktur von Technologie-Akzeptanzmodellen zur Vorhersage von Roboter-Nutzung (Alaiad and Zhou 2014, Heerink et al. 2010).

Im Projekt **PosiBot** werden die genannten Einflussfaktoren von Akzeptanz und Vertrauen gesammelt untersucht und der Stand der Forschung um ein Modell erweitert, dass beide Konstrukte mit ihren relevanten Einflussfaktoren integriert. Basierend auf diesem Modell werden Instrumente zur Erfassung von Akzeptanz und Vertrauen entwickelt, die zum Einsatz kommen sollen, um gestalterische Empfehlungen für dein Einführungsprozess von Service Robotern abzuleiten und im Nutzungsverlauf Optimierungspotenziale für das Interaktionsverhalten zu identifizieren.

10.2.5 Ethische Aspekte bei der Gestaltung und dem Einsatz von Service-Robotern

Im Bereich der Service-Robotik ergeben sich eine Vielzahl von ethischen Herausforderungen. In **PosiBot** sollen insbesondere vier Bereiche in den Fokus gerückt werden: Zum einen steht zu befürchten, dass die *Privatheit und informationelle Selbstbestimmung* aller Betroffenen durch die ubiquitäre Sensorik vieler robotischer Systeme

unzulässig eingeschränkt werden könnte (Calo 2012). Dies gilt ganz speziell für die Möglichkeit der informierten Einwilligung seitens der Betroffenen in die Datenverarbeitung. Hier bedarf es u.a. auf den Kontext zugeschnittener DSGVO-konformer als auch ethisch akzeptabler Einwilligungskonzeptionen, die bisher nicht existieren. Grundlage dieser Konzeption muss die Überlegung sein, die rechtlich und ethisch notwendigen Informationen zur Einwilligung in die Datenverarbeitung möglichst leicht verständlich und konkret zu gestalten (Fronemann et al. 2022, Loh and Wierling 2022).

Zum anderen stehen in Mensch-Roboter-Interaktionen, die allein für eine möglichst intuitive und nahtlose Interaktion designt wurden, *Autonomie und Wohlergehen* der menschlichen Interaktionspartner auf dem Spiel (Turkle 2010). Dies kann u.a. durch Designmechanismen geschehen, die bspw. emotionale oder psychomotivationale Effekte ausnutzen und dadurch die Nutzenden in manipulativer bzw. paternalistischer Weise beeinflussen. Hier bedarf es kontextuell abgestimmter Designstrategien (Fronemann et al. 2022), um die schädlichen Konsequenzen dieser Effekte zu minimieren. Diese existieren jedoch für viele Szenarien innerhalb der Service-Robotik noch nicht.

Drittens ist aus *KI-ethischer Perspektive* sicherzustellen, dass die verwendeten ML-Algorithmen, speziell im Bereich der Personalisierung robotischer Interaktionen (Pollmann et al., im Review), keine impliziten Biases und Diskriminierungen enthalten (Barocas and Selbst 2016). Während die KI-Ethik mittlerweile von Prinzipien zu Operationalisierungen und Kodifizierungen fortgeschritten ist (ethics impact group 2020; Kommission 2021), gibt es kaum klare Anhaltspunkte bzw. kontextualisierte ethisch wünschbare Beschreibungen für Service-Robotik.

Schließlich sind viertens Fragen der *Ungleichbehandlung und des Zugangs zur Technologie* zu klären. Ethische Überlegungen hierzu stehen noch am Anfang. Hierbei geht es einerseits um Barrierefreiheit, die designseitig von Beginn an mitbedacht werden muss. Andererseits spielt gerade im Nutzungskontext des Flughafens die kulturelle, weltanschauliche und ethnische Diversität der Nutzenden eine große Rolle. Hier bedarf es kontextsensitiv ethisch wünschbarer Interaktionslösungen, die gleichzeitig in ihrer Methodologie generalisierbar und damit auf andere Use Cases übertragbar sind.

10.2.6 Techniksoziologische und gesamtgesellschaftliche Implikationen

Service-Robotik als soziotechnische Ensembles verändern nicht nur den Umgang mit und zwischen Nutzenden, sie transformieren auch den Arbeitsalltag der Mitarbeitenden. Sie verändern bestehende soziale Praktiken und erzeugen neue, prägen Narrative und damit auch die ihnen zugrundeliegenden normativen Erwartungen und Ziele (Jasanoff 2015). Vor diesem Hintergrund betrachtet die techniksoziologische Begleitung und Analyse in **PosiBot** drei Aspekte:

Erstens werden mit Hilfe der Methodik des *value-sensitive design* (Friedman and Hendry 2019) diese impliziten Werthaltungen und Designannahmen der Entwickler:innen aufgedeckt und eingeordnet, um die oftmals diffusen Hintergrundannahmen und Nebenziele klarer zu bestimmen. Diese Methode ist in der Technikfolgenabschätzung gut etabliert, wird jedoch im Bereich der Service-Robotik bisher kaum eingesetzt (Dobrovestnova et al. 2022)

Zweitens werden kontextspezifische Methoden entwickelt, um *Technikzukünfte* zu modellieren und die gesamtgesellschaftlichen Implikationen der Einsatzszenarien in den Blick zu nehmen (Kosow and Gaßner 2008). Diese dienen nicht der Vorhersage der Zukunft, sondern bieten Orientierungswissen, um gegenwärtiges Handeln – in diesem Fall die Entwicklung der Produktidee, des Nutzungsszenarios, sowie des robotischen Systems – zu reflektieren und entsprechend auszurichten (Grunwald 2012). Hier existieren für den Bereich der Service-Robotik disziplinär verstreute Konzepte und Methoden, eine übergreifende Methodik und Methodologie fehlt jedoch bislang.

Schließlich wird aus gerechtigkeits- und gesellschaftstheoretischer Perspektive (Rawls 1975, Sen et al. 1980) die Frage von *gesellschaftlicher Ungleichheit* in Verbindung mit der Einführung von Service-Robotern in verschiedene Nutzungskontexte adressiert. Hier geht es vor allem auch um Fragen der Arbeitsgerechtigkeit (Schlothfeldt 2000, Honneth 2010) und die Frage nach guter Arbeit (LaGrandeur and Hughes 2017, Misselhorn 2017). Zwar gibt es einige Studien, die einen ersten Blick auf die User Experience der MRI an Flughäfen werfen (z.B. Tonkin et al. 2018, Triebel et al. 2016) und erste Ansätze, die die Erfahrung der Beschäftigten mit Service-Robotik am Arbeitsplatz in den Fokus stellen (z.B. Vatan and Dogan 2021), jedoch handelt es sich nach wie vor um ein bislang nur unzureichend erschlossenes und bearbeitetes Feld.

Beschäftigte werden bislang nicht in ausreichendem Maß als zentrale Akteure der MRI thematisiert (Dobrosovestnova et al. 2022). Im Projekt werden die entwickelten Methoden der Technikfolgenabschätzung mit gesellschafts- und gerechtigkeits-theoretischen Analysen kombiniert, um nutzungskontextspezifisch den Einfluss der Technologie für Gesellschaft und Arbeitswelt zu erfassen.

10.2.7 Risikodarstellung

Die zu entwickelten PosiBot-Leistungsgebote sind sowohl für sich als auch in ihrer Verbindung im Projekt neuartig. Ihre Entwicklung birgt daher ein hohes Risiko. Das Kompetenzzentrum kann nach Projektende nur dann erfolgreich weitergeführt werden, wenn sich die getesteten Service-Roboter als grundsätzlich wirtschaftlich rentabel erweisen und die für Akzeptanz- und Vertrauensbildung der Nutzer:innen erforderlichen Anforderungen umgesetzt werden können. Die wirtschaftlichen Folgen des Service-Roboter-Einsatzes werden im Projektverlauf vom Anwendungspartner FSG permanent überprüft und bewertet. Sollte die Nutzenpotenzialanalyse ergeben, dass die avisierten Einsatzszenarien diesem Ziel nicht gerecht werden, können andere Szenarien für die weiteren Entwicklungsschritte ausgewählt werden.

In der wirtschaftlich herausfordernden Zeit nach der Covid-19-Pandemie stellen die Beteiligung an einem Forschungsprojekt und die damit verbundene Bildung von Liquiditätsreserven für die Unternehmen im Konsortium ein nicht zu unterschätzendes Risiko dar. Gelingt es nicht, eine wirtschaftliche Verwertung der Projektergebnisse in Form von marktreifen Produkten zu erzielen, droht der Verlust der Wettbewerbsfähigkeit. Ein agiler, iterativer Entwicklungsansatz mit regelmäßiger Qualitätskontrolle kann dieses Risiko minimieren, aber nicht vollständig eliminieren. Umso wichtiger ist es daher, im Rahmen des Projekts innovative Lösungen und praxistaugliche Geschäftsmodelle für das PosiBot-Leistungsangebot zu entwickeln, die die Konsortialpartner gewinnbringend verwerten können.

Aus technischer Sicht kann vorab nicht bewertet werden, inwieweit sich die im Projekt entwickelten Gestaltungslösungen auf den verschiedenen Robotern umsetzen lassen. Die Risikobewertung wird dabei durch die Abhängigkeiten der Aufgaben der technischen Projektpartner untereinander erschwert. Insbesondere der Aufwand

für die Umsetzung der multimodalen Interaktionsstrategien auf den verschiedenen Robotern lässt sich vorab schwer bemessen. Möglicherweise stellt sich im Projektverlauf heraus, dass bestimmte Nutzer:innenanforderungen durch den aktuellen technischen Stand nicht ausreichend adressiert oder entwickelte Interaktionsstrategien nicht auf alle Roboter übertragen werden können. Dieses Risiko versucht das Konsortium durch eine enge Zusammenarbeit zwischen technischen Entwicklungspartner:innen und Interaktionsgestalter:innen zu minimieren. Das Projekt startet mit einer ersten Feldstudie am Flughafen, bei dem die technischen Möglichkeiten der Roboter einem Praxistext unterzogen werden. Die Weiterentwicklung der Interaktionsgestaltung erfolgt dann darauf aufbauend in zwei weiteren Studieniterationen und unter ständigem Abgleich von Nutzer:innenanforderungen, technischen Möglichkeiten und aktuellem Entwicklungsstand. Das agile, iterative Vorgehen erlaubt es, den Arbeitsplan zugunsten einer besseren Verzahnung der technischen Entwicklungsstränge anzupassen.

Der Projekterfolg hängt maßgeblich davon ab, dass der Praxiseinsatz der Roboter iterativ mit Nutzenden getestet wird. Die Covid-19-Pandemie hat gezeigt, dass es unerwartet zu einem eingeschränkten Zugang zu Nutzungsgruppe und -kontext kommen kann. Unabhängig davon ist der Zugang zum Flughafen Stuttgart aufgrund der Sicherheitsbestimmungen nicht immer uneingeschränkt möglich. Die Feldstudien werden im Projekt daher durch Studien in realitätsnahen Umgebungen außerhalb des Flughafens und Laboren ergänzt, sodass eine kontinuierliche Nutzer:inneneinbindung in jedem Fall gewährleistet werden kann. Ergänzend können im Labor von Pi4 Remote-Studien durchgeführt werden.

Das Projekt birgt die Risiken, dass Nutzende das System nicht akzeptieren, menschlichen Service bevorzugen, die Roboter manipulieren/beschädigen, oder dass die Mitarbeitenden den Roboter als Konkurrenz ansehen. Diesen Risiken wird durch eine frühzeitige und kontinuierliche Einbeziehung der Nutzenden in Studien und Co-Creation-Aktivitäten in den Entwicklungsprozess vorgebeugt. Zudem kommen verschiedene Roboter zum Einsatz, die teilweise dieselben Tätigkeiten übernehmen können. Stellen sich die Akzeptanzhürden für einen Roboter als zu anspruchsvoll heraus, wird im Projekt für dieses Einsatzszenario mit einem anderen Roboter gearbeitet.

10.3 Wissenschaftliche und technische Methoden sowie Arbeitsziele des Zentrums

Die iterative Vorgehensweise im Projekt gliedert sich in drei zusammenwirkende Bereiche (Abb. 10.11):

1. die Entwicklung von Leistungsangeboten des Kompetenzzentrums für die vier Phasen Analyse, Gestaltung, Entwicklung und Evaluation eines menschenzentriert-ethischen Entwicklungsprozesses,
2. deren durchgängige Anwendung und Erprobung in drei Entwicklungsiterationen von Service-Roboter-Anwendungen im Szenario des PRM-Prozesses am Flughafen Stuttgart sowie
3. den Transfer dieser Angebote auf weitere Anwendungsfelder in individuellen Pilotprojekten und die Verstetigung dieses Angebots im Kompetenzzentrum für positive Service-Robotik.

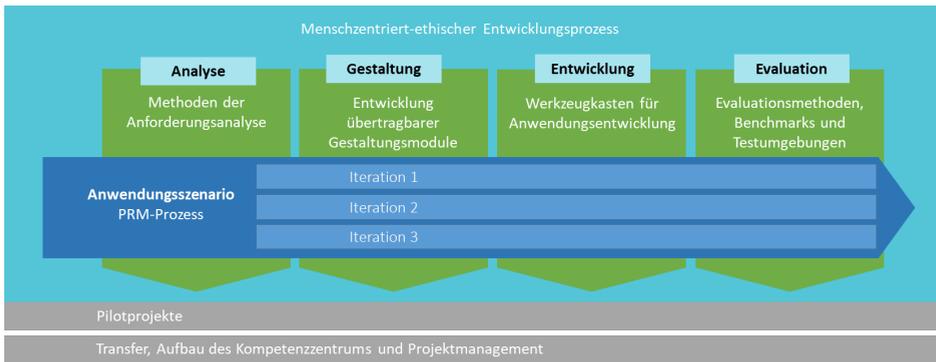


Abbildung 10.11: Die drei Bereiche des Projekts, die im Rahmen des menschenzentrierten Entwicklungsprozesses iterativ bearbeitet werden: Entwicklung der Leistungsangebote (grüne Säulen), Entwicklung und Erprobung im Anwendungsszenario (blauer Pfeil) und Transfer (graue Basis).

Die Entwicklung der später über das Kompetenzzentrum bereitgestellten einzelnen Angebote erfolgt iterativ und eng verzahnt mit den drei Entwicklungsiterationen im Anwendungsszenario. Für jedes Werkzeug oder jede Methode erfolgt zunächst die initiale Konzeption, die dann anhand des konkreten Anwendungsszenarios erprobt und auf Basis der so gewonnenen Erfahrungen weiterentwickelt wird. Wo sinnvoll, werden die überarbeiteten Methoden und Werkzeuge in den weiteren Entwicklungsiterationen erneut verwendet oder ihre Anwendung auf weitere Prozessteile ausgedehnt. Mit diesem Vorgehen wird frühzeitig die Anwendbarkeit und Relevanz im realen Umfeld gewährleistet.

Abb. 10.12 gilt einen Überblick über die konkreten Unterstützungsangebote, die im Rahmen des Projekts entwickelt werden.

Die Angebote des Kompetenzzentrums werden beispielhaft anhand des konkreten Anwendungsszenarios des PRM-Prozesses am Flughafen Stuttgart entwickelt und erprobt. Dafür kommt ein iterativ-inkrementelles Vorgehen zum Einsatz, mit dem schrittweise der Einsatz von Service-Robotern entlang der gesamten Customer Journey vervollständigt wird (siehe Abb. 10.13). Jede der drei Iterationen umfasst alle vier Phasen des menschenzentriert-ethischen Entwicklungsprozesses und trägt zur Entwicklung und Erprobung der Methoden und Werkzeuge bei. Die erste Entwicklungsiteration legt ihren Fokus auf einzelne, zentrale Use Cases in der Interaktion mit den Reisenden. Die zweite Iteration ergänzt diese Use Cases um die Perspektive der Interaktion mit Mitar-



Abbildung 10.12: Überblick der Methoden und Werkzeuge je Phase des menschzentriert-ethischen Entwicklungsprozesses, die als Unterstützungsangebote des Kompetenzzentrums entwickelt werden.

beitenden. Die dritte Iteration führt diese Use Cases schließlich im Gesamtszenario zusammen.

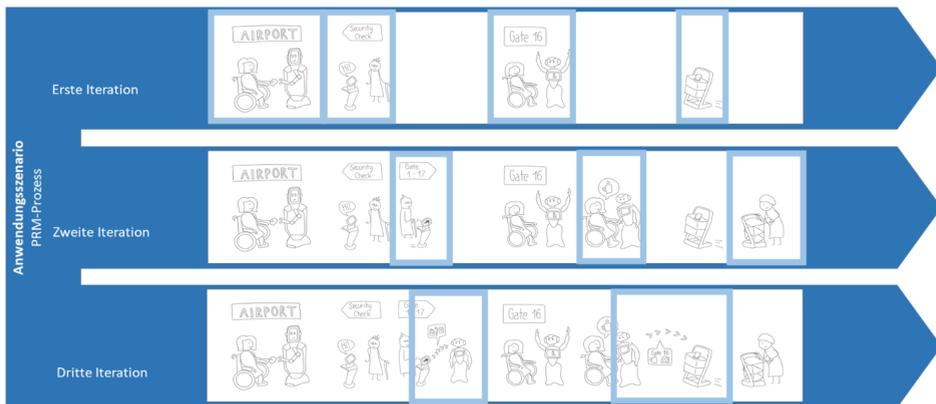


Abbildung 10.13: Das Iterativ-inkrementelle Vorgehen zur Gestaltung und Entwicklung der Service-Roboter-Anwendungen im PRM-Prozess gliedert sich in drei Entwicklungsiterationen.

10.4 Nachhaltigkeit und Verwertungsplan

10.4.1 Wissenschaftlich-technische und wirtschaftliche Erfolgsaussichten

Das **IAO** möchte sich durch den Aufbau des Kompetenzzentrums als Leuchtturm für angewandte Service-Robotik in der Schnittstelle zwischen Forschung und Wirtschaft etablieren. Dazu werden im Rahmen des Projekts sowohl der Aufbau des Zentrums als Institution vorbereitet als auch die Expertise in den Bereichen der menschenzentrierten Interaktionsgestaltung und der praxisorientierten Anwendung und Entwicklung von Service-Robotern vertieft. Zentraler Bestandteil dafür ist die Systematik zur Gestaltung einer einheitlichen Roboter-Interaktionssprache auf der Basis multimodaler Roboter-Verhaltensmuster. Projekterkenntnisse macht das IAO bereits im Projektverlauf der wissenschaftliche Fachcommunity (Publikationen) und der breiten Öffentlichkeit (Veranstaltung) zugänglich.

Die **FSG** verspricht sich durch den Einsatz von Service-Robotern in Rahmen des Projekts eine nachhaltige Verbesserung der Passenger Experience und dadurch einen Wettbewerbsvorteil als attraktiver Standort. Bei erfolgreicher Erprobung soll der PRM-Prozess und das damit verbundene Service-Portfolio dauerhaft um robotische Lösungen erweitert werden. Zudem werden Roboter auch darüber hinaus als potenziell zusätzlich buchbare Services und als weitere Erlösquelle für den Flughafen oder einzelne Service-Dienstleister:innen in Erwägung gezogen (z.B. in Form von Duty-Free-Verkäufen über den Roboter). Das Projekt soll innerhalb der FSG außerdem als Aushängeschild fungieren und dazu beitragen, weitere Digitalisierungsprojekte im Bereich der Passenger Experience und des PRM-Prozesses anzustoßen.

Pi4 kann die bestehenden Service-Robotik-Plattformen, wie den workerbot4 Concierge (aktuell nur im Facility Management eingesetzt) oder den mobile Workerbot6 (aktuell nur in Fabriken eingesetzt) in neue Applikationsszenarien überführen und um die notwendigen Fähigkeiten erweitern. Um im internationalen Wettbewerb zu bestehen, sind ein breiter Nutzungsmarkt der Plattformen mit entsprechenden Roboterstückzahlen (Erstellungskosten), die Realisierung mit hohen ethischen und Datenschutzansprüchen und ein hoher Kundennutzen (schnelles ROI für Erwerber:innen oder Mieter:innen)

unerlässlich. Durch PosiBot werden diese Wettbewerbsfaktoren und pi4 im internationalen Vergleich insgesamt gestärkt.

VUI strebt durch das Projekt eine Erweiterung des eigenen Produktportfolios an, um in Zukunft neue Kundensegmente im Bereich der Service-Robotik zu erschließen. Dazu können die entwickelten Methoden für die verbale Interaktionsgestaltung genutzt werden. Zudem bietet das Anwendungsszenario "PRM-Prozess" ein vielversprechendes neues Anwendungsgebiet für VUI und Erkenntnisse über das Nutzungsverhalten einer bislang wenig untersuchten Zielgruppe. In der Voice/Conversation Design Branche fehlt in Kund:innenprojekten häufig der Fokus auf echte Barrierefreiheit und Inklusion. Durch die Schaffung eines medienwirksamen Show Cases und entsprechende mediale Veröffentlichungen (Blogs, Konferenzen, Lehrmaterial) kann das Thema beworben und Handlungsdruck seitens der Industrie geschaffen werden. Der abstrakte Charakter der Assistenz-Persona muss auf eine sehr sensible Nutzer:innengruppe sowie einen recht individuellen Bedarf einzelner Nutzender abgestimmt werden. Insgesamt sollte sie als abstrakter Vorbildcharakter Einzug in die Voice Design-Branche finden und anhand von verbalen und schriftlichen Veröffentlichungen als positives Beispiel für inklusive und ethisch wünschbare Form von Mensch-Maschine-Interaktion fungieren.

Die Forschungspartner werden die Erkenntnisse für Publikationen in Fachzeitschriften und auf wissenschaftlichen Konferenzen verwerten. Außerdem sollen im Rahmen des Projekts Qualifikationsarbeiten (Dissertationen, Master- und Bachelorarbeiten) entstehen. Die **UUHF** wird hierbei insbesondere die Erkenntnisse aus den Nutzer:innenstudien verwerten und plant einen Transfer der Ergebnisse in die Lehre und andere Anwendungsdomänen. Aus Sicht des **IZEW** verspricht die ethische und sozialwissenschaftliche Forschung im Bereich von MRI einen wichtigen Beitrag zur Weiterentwicklung dieser Disziplinen. Sie stärkt zum einen die Auseinandersetzung mit angewandten technischen Fragestellungen auf exzellentem wissenschaftlichem Niveau, was wiederum die praxisorientierte Ausbildung von Wissenschaftler:innen und die Übertragbarkeit der Forschungsergebnisse auf andere Anwendungsgebiete fördert. Zum anderen wird der interdisziplinäre Diskurs zwischen technischen und „nicht-technischen“ Disziplinen systematisch gefördert. Die **HBRS** wird die EUD-Umgebung weiterentwickeln mit dem Ziel, sie als marktreifes Produkt im Rahmen des Kompetenzzentrums oder einer eigenen Ausgründung anbieten zu können.

10.4.2 Wirtschaftliche Anschlussfähigkeit mit Zeithorizont

Über die im vorherigen Abschnitt dargestellten Verwertungspläne der einzelnen Projektpartner hinaus ist es zentrales Ziel des Vorhabens, das Kompetenzzentrum **PosiBot** als Plattform für den Austausch von Wissen und Angeboten für die menschengerechte Entwicklung und den ethischen Einsatz von Service-Robotern im Kundenkontakt zu etablieren und nachhaltig weiterzuführen. Das Rückgrat dafür bilden die im Projekt entwickelten Methoden und Werkzeuge entlang des menschenzentriert-ethischen Entwicklungsprozesses als Leistungsangebote des Kompetenzzentrums bzw. einzelner daran beteiligter Partner. Diese werden bereits während des Projektes in Pilotprojekten auf weitere Anwendungsfelder übertragen und dort erprobt. Entsprechend der angefertigten Marktstudie (Pollmann 2021) bietet sich aufgrund der grundsätzlichen Übertragbarkeit insbesondere ein Transfer in die Bereiche öffentliche Verkehrsanbieter, Tourismus und Gastronomie, Einzelhandel sowie Kultureinrichtungen und öffentliche Einrichtungen an.

Darauf aufbauend werden die zur Verstetigung des Kompetenzzentrums notwendigen Strukturen sowie seine Außenwahrnehmung erarbeitet und etabliert. Gemeinsam mit den Projekt- und Netzwerkpartnern wird ein Geschäftsmodell für den Betrieb des Kompetenzzentrums nach Projektende entwickelt, wobei insbesondere ein Fokus auf der Ausgestaltung der Kostenstrukturen und Einnahmequellen des Kompetenzzentrums selbst liegen wird. Abhängig davon ist eine Weiterführung des Zentrums als Joint Venture bzw. gemeinsame Ausgründung mehrerer Projektpartner oder eine Gründung als Non-Profit-Organisation denkbar.

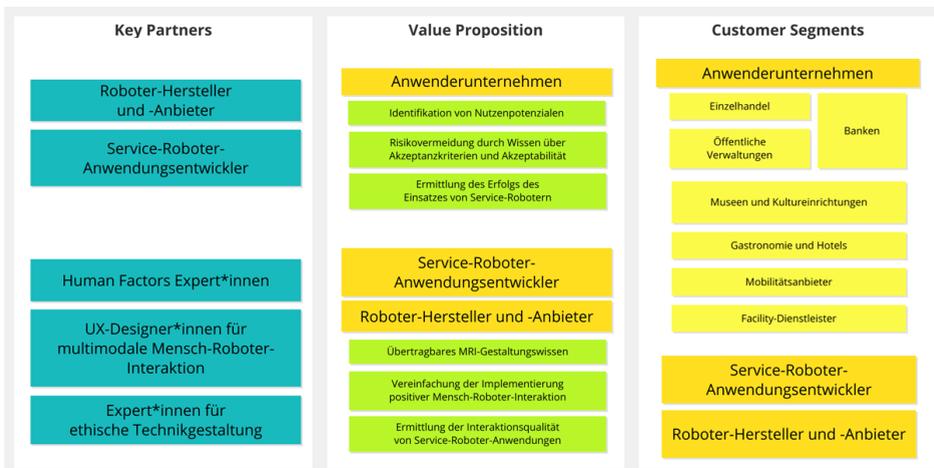


Abbildung 10.14: Die drei Kernbereiche Key Partners, Value Proposition und Customer Segments des prototypisch für das Kompetenzzentrum PosiBot skizzierten Business Model Canvas.

10.5 Struktureller Aufbau des Verbundes

10.5.1 Bisherige Arbeiten und Vorerfahrungen der Verbundpartner

Das Team User Experience des **Fraunhofer IAO** (Forschungsbereich Mensch-Technik-Interaktion, Leitung: Dr. Matthias Peissner) bearbeitet in Forschungs- und Industrieprojekten Fragestellungen zur Schaffung positiver UX, einer menschenzentrierten Digitalisierung von Produkten und Services und die Entwicklung von Methoden zur Einbindung von Stakeholdern. Im Projekt NIKA (2018-2021, BMBF, RA2) wurde eine umfassende Expertise in der MRI aufgebaut. In PosiBot fließen zudem Vorerarbeiten und Fachkenntnisse in den Gebieten Usability Engineering (Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum Usability / 2018-2020, BMWi; Prosperity4All / 2014-2018, EU), User Experience (Design4Xperience / 2014-2016, BMWi) und Nutzerakzeptanz (MOMENTUM / 2018, BMBF) ein. Das Fraunhofer IAO hat bereits viele große Konsortien geleitet und ist als Forschungseinrichtung für angewandte Wissenschaft erfahren im Transfer von Wissen aus der Forschung in die Praxis mit Industriepartnern. Das IAO bringt in PosiBot neben der Projektleitungscompetenz die menschenzentrierte Arbeitsweise und Methodenkompetenz (vgl. Pollmann et al. 2019, 2018, Krueger et al. 2020) sowie Expertise zur Interaktionsgestaltung für Service-Roboter und Entwicklung übertragbarer Interaktionsstrategien ein. Im Rahmen des Projekts NIKA wurde bereits ein Prozess zur Entwicklung von wiederverwendbaren Verhaltensmustern entwickelt (Pollmann 2019) und darauf basierend eine Bibliothek mit 39 Verhaltensmustern etabliert,² auf die die Arbeiten in PosiBot aufbauen.

Das Team Terminal Management & Passenger Services des **Flughafen Stuttgart** (FSG) beschäftigt sich mit der Optimierung der Passenger Experience, z.B. in Projekten rund um die Prozess- (z.B. Passagierfluss) und Erlebnisoptimierung. Im Bereich PRM wurde die Auftragsdisposition von ca. 60 Mitarbeitenden für den Begleitservice durch Handhelds digitalisiert. Weitere Digitalisierungsprojekte wurden bereits initialisiert, z.B. Disposition und Bedarfsplanung (auch mit KI), Exoskelette als Hebeunterstützung im Gepäckverteiler (KI-gestützte Aufschnallvorrichtung; German Bionic), teilautomatisiertes Reporting, digitale Information und Kommunikation. Die Exoskelette sind

²<https://pattern-wiki.iao.fraunhofer.de/>

die einzigen robotischen Systeme am Flughafen, die Potenziale von Robotern werden als sehr hoch eingeschätzt.

pi4_robotics (Pi4) entwickelt seit über 27 Jahren Robotik mit Bildverarbeitung und künstlicher Intelligenz, vorrangig für die Fertigung. Seit 2016 ist pi4 zunehmend im Bereich Service-Robotik aktiv. Seit 2019 betreibt pi4 in Berlin einen Kiosk, in dem ausschließlich ein humanoider Roboter arbeitet. Dabei wurden wertvolle Erfahrungen in der Kommunikation mit Kund:innen aus aller Welt und jeder Altersklasse gesammelt. Im Jahr 2020 hat pi4 den workerbot4 Concierge Roboter auf den Markt gebracht; dieser kann den Check-In Prozess für Besucher:innen von Firmen und Gebäuden völlig autark und DSGVO-konform durchführen. Die Roboter von pi4 werden seit 2 Jahren vom Partnerunternehmen Robozän Deutschland als Zeitarbeitskräfte zur monatlichen Miete angeboten. Aktuell arbeitet pi4 an einer Cloudanbindung der Roboter, um den Support für die Nutzenden zu vereinfachen und dort auch ein Buchungssystem zu integrieren.

Als führende und größte Agentur für Design, Planung und Implementierung von Sprachinteraktion im multimodalen Kontext ist **VUI.agency** (VUI) auf individuelle Assistenzsysteme im europäischen Raum und besonders auf dem DACH-Markt spezialisiert. Auf Grundlage der linguistischen multilingualen Fähigkeiten und der technischen Erfahrung mit multimodaler Interaktion im Automobil-, Unterhaltungs- und Servicebereich arbeitet VUI an der Umsetzung von diversen, inklusiven Lösungen und sucht fortwährend nach Alternativen zu amerikanischen Großanbietern, um einen datensicheren, qualitätsgetriebenen Ansatz zu fördern.

Das Institut für Verbraucherinformatik (geleitet von Prof. Dr. Gunnar Stevens) der **Hochschule Bonn-Rhein-Sieg** (HBRS) bringt die ansässige Forschungsgruppe „Nutzerzentrierte Service Robotik, Sprachassistenten und KI“ unter der Leitung von Dr. Vaziri in das Projekt ein. Die Gruppe forscht an technischen Lösungen zur Unterstützung von Arbeitsprozessen und Arbeitsformen in der Dienstleistung und entwickelt diese. Zu diesem Zwecke hat sie u.a. eine Kollaborationsplattform zur Mensch-KI-Kollaboration und dem End User Development entwickelt, die es ermöglicht, Robotersysteme zum einen ortsunabhängig fernzusteuern, zum anderen aber auch anhand gesammelter Daten zu trainieren, um den Autonomiegrad zu erhöhen (Golchinfar et al. 2019, Vaziri

et al. 2020). Prof. Dr. Stevens ist seit über 20 Jahren im Feld des End User Development aktiv, unter anderem als Mitglied des Programmkomitee der internationalen Tagung zum End User Development. Im Rahmen des Mittelstand-4.0-Kompetenzzentrums Usability verantworten er und Dr. Vaziri ebenfalls die regionale Leitung des vom BMWI ausgerufenen KI-Trainer-Programms, bei dem Methoden zur menschenzentrierten Gestaltung von Sprachassistenten und Service-Robotern an kleine und mittlere Unternehmen vermittelt werden.³

Das **Internationale Zentrum für Ethik in den Wissenschaften (IZEW)** ist ein interdisziplinäres Forschungszentrum der Universität Tübingen mit einer langjährigen Forschungserfahrung im Kontext der ethischen Reflexion und techniksoziologischen Evaluation von Technologieentwicklung. Im Bereich Robotik und KI-Ethik sind besonders das Projekt “NIKA” (2018-2021, BMBF, RA2) die enge Beteiligung am Tübinger Exzellenzcluster „Maschinelles Lernen in der Wissenschaft“ hervorzuheben. Als Teil der AI Ethics Impact Group veröffentlichte das IZEW einen Report zur praktischen Implementierung eines Ethik-Labels für KI und ist stark in der Plattform Lernende Systeme (BMBF/acatech) involviert (Lenkungsreis, Koordinationsreis, Leitung AG 3 Ethik und Recht). Informationsethische Themen bearbeitet das IZEW aktuell im “Forum Privatheit” (2013-2017; 2017-2021, BMBF), sowie den Projekten „WeNet. The Internet of Us“ (2019-2023, EU), und “digilog@bw” (2019-2022, BW). Schließlich forscht das IZEW im Rahmen des “Clusters Integrierte Forschung” (2021-2024, BMBF) zu den ethischen und sozialen Fragen von Co-Creation und integrierter Technikentwicklung.

Die Abteilung Human Factors der **Universität Ulm (UHF)** erforscht MRI mit besonderem Fokus auf das Kennenlernen eines neuen robotischen Systems und dem Aufbau und Entwicklung von Vertrauen und Akzeptanz der Nutzenden unter Berücksichtigung verschiedener Einflussfaktoren. Im BMBF- Projekt RobotKoop (RA2) wurden die psychologischen Prozesse bei der kooperativen Zusammenarbeit mit Servicerobotern in zwei Use Cases im öffentlichen und häuslichen Umfeld untersucht. Die Erkenntnisse wurden in ein Rahmenmodell integriert durch einen Anforderungskatalog und Gestaltungsempfehlungen für akzeptable und vertrauenswürdige Interaktionsstrategien

³<https://www.kompetenzzentrum-usability.digital/angebote/ki-trainer>

für die Servicerobotik aufbereitet. Diese Ergebnisse ebenso wie die entwickelten Metriken zur Erfassung der relevanten psychologischen Konstrukte, können im Projekt PosiBot verwendet werden. Die UUFH verfügt über weitreichende Erfahrung in der Durchführung von Online-, Labor- als auch Feldstudien. Zudem ist ein Roboterlabor vorhanden, welches mit einer Infrastruktur ausgestattet ist, die eine Vortestung von verschiedenen Interaktionsstrategien und in Virtual Reality (VR) Umgebungen erlaubt.

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

Als **Projektkoordinator** wird das **IAO** den effektiven Kommunikationsfluss innerhalb und außerhalb des Projekts sicherstellen und die Einhaltung des Projektplans sowie der definierten Ziele und Meilensteine gewährleisten. Darüber hinaus beschäftigt sich das IAO mit dem Aufbau des Kompetenzzentrum für einen Betrieb über die Projektlaufzeit hinaus und – im Austausch mit den assoziierten Partnern - mit dem Transfer der Projektergebnisse in andere Anwendungsdomänen. Als **Forschungspartner** ist das IAO vor allem mit Entwicklung von non-verbalen Gestaltungsmodulen für die Interaktionsgestaltung betraut. Dabei kooperiert das IAO eng mit VUI, die die verbale Interaktionsgestaltung verantworten. Außerdem unterstützt das IAO mit seinen Kompetenzen in der Usability-Evaluation und im User Experience Design die Entwicklung von Methoden zur Analyse und Evaluation von Service-Robotern im Kundenkontakt.

Die **FSG** bringt als **Anwendungspartner** ihre Expertise und Erfahrung aus den Bereichen Passenger Experience und PRM-Prozess ein und begleitet die Umsetzung und Erprobung des PosiBot-Leistungsangebots und der Service-Roboter vor Ort am Flughafen. Die FSG nimmt zudem den wirtschaftlichen Nutzen der Roboter im Service-Ökosystem in den Fokus und ist damit ein zentraler Pfeiler in der wirtschaftlichen Anschlussfähigkeit des Projekts.

Das **IZEW** übernimmt als **Forschungspartner** auf der techniksoziologischen Seite die Anforderungs- und Akzeptanzanalysen für MRI sowie die Modellierung von Technikzukünften für ein anwendungsbezogenes gesamtgesellschaftliches Impact Assessment robotischer Assistenzsysteme. Auf der technikethischen Seite begleitet

und unterstützt das IZEW das Konsortium sowohl forschungsethisch, als auch mit Blick auf die ethische Akzeptabilität von MRI-Szenarien und deren designseitiger Ausgestaltung. Durch die Einbettung aller Projektaktivitäten in einen menschenzentriert-ethischen Entwicklungsprozess wird die Integration der ethischen Perspektive in allen Entwicklungsschritten sichergestellt.

Die **UUHF** ist als **Forschungspartner** mit der wissenschaftlichen Fundierung der Methoden zur Anforderungs- und Akzeptanzanalyse sowie der Benchmarks und Metriken zur Evaluation der Service-Roboter betraut. Der Fokus liegt dabei auf der Untersuchung und Sicherstellung von Akzeptanz und Vertrauen. Neben der Entwicklung eines theoretischen Rahmenmodells und der Erhebungsmethoden ist die UUHF federführend für die praktische Anwendung dieser Methoden im Anwendungsszenario PRM-Prozess verantwortlich. Dazu zählen auch die Planung, Umsetzung und Auswertung der Evaluationsstudien nach wissenschaftlichen Kriterien sowie die wissenschaftliche Verwertung der Ergebnisse.

VUI fokussiert sich als **Entwicklungspartner** auf die Interaktionsgestaltung in Form von Voice und Dialoggestaltung für die gesamte Customer Journey. Dies beinhaltet die Umsetzung der Sprachassistentenfunktionen innerhalb des Kompetenzzentrums sowie des übergeordneten Assistenzkonzepts (Roboter-Charakter) - von der Anforderungserhebung über die Konzeption der Dialoge, dem Training Machine Learning-basierter Systemkomponenten, der Implementierung und Testung mit Nutzenden bis hin zum Aufbau der benötigten technischen Infrastruktur.

Die **HBRS** ist als **Forschungs- und Entwicklungspartner** primär mit dem Aufbau eines Werkzeugkastens für die nutzerzentrierte Service-Roboteranwendungsentwicklung betraut. Dabei wird auf die bereits entwickelte Plattform aufgebaut. Außerdem setzt die HBRS die von IAO und VUI erarbeiteten Interaktionskonzepte im Rahmen des Feldtests im Anwendungsszenario und unter Verwendung der entwickelten Werkzeuge auf den Robotern Pudu, Temi, Pepper und Nao um.

Pi4 bringt als **Entwicklungspartner** langjährige Expertise in der Entwicklung von Service-Robotern und deren Anwendungen mit. Diese kommt insbesondere im Rahmen der Werkzeugentwicklung gemeinsam mit der HBRS zum Einsatz, wobei pi4 hier

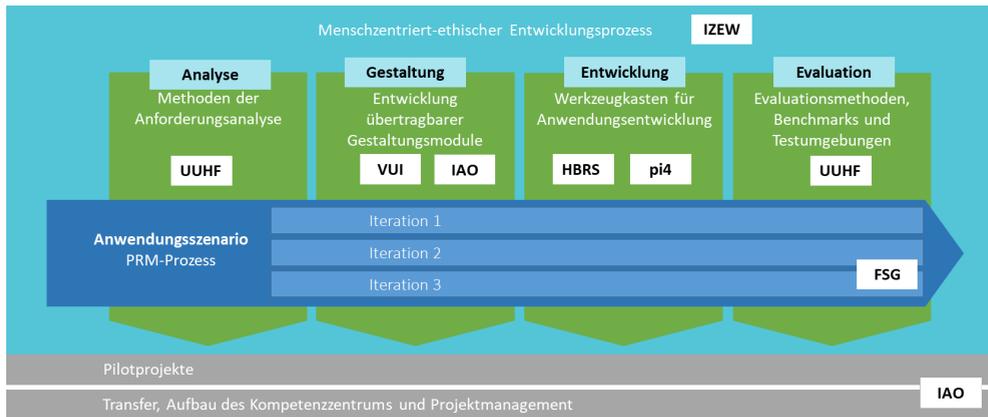


Abbildung 10.15: Übersicht über die Beteiligung der einzelnen Partner an den verschiedenen Projektbereichen.

zusätzlich auch die wirtschaftliche Perspektive eines Roboterherstellers einbringt. Im Rahmen der Feldtests entwickelt pi4 den Roboter Workerbot4 Concierge weiter und evaluiert seine Einsatzpotenziale im Flughafenkontext.

Abbildung 10.15 fasst die Schwerpunkte der einzelnen Partner im Projekt zusammen. Neben den beschriebenen Schnittstellen der einzelnen Partner innerhalb der vier Entwicklungsstränge für das PosiBot-Leistungsangebot gibt es weitere wichtige Anhängigkeiten zwischen den einzelnen Strängen, da diese gemäß des menschenzentriert-ethischen Entwicklungsprozesses aufeinander aufbauen. In diesem Sinne müssen Ergebnisse der Anforderungsanalyse in der Interaktionsgestaltung berücksichtigt sowie die erarbeiteten Interaktionskonzepte im Anschluss technisch umgesetzt werden. Die technische Implementierung der Anwendungen auf den Robotern muss dabei so erfolgen, dass eine anschließende Evaluation mit den entwickelten Methoden und Testumgebungen möglich ist. Es sind insgesamt drei Entwicklungsiterationen geplant, die inkrementell auf den Ergebnissen der vorherigen Iteration aufbauen.

10.5.3 Einbindung weiterer Akteure (Assoziierte Partner)

Die KUKA Deutschland GmbH (Ansprechpartnerin: Nadine Reissner, Nadine.Reissner@kuka.com) und MetraLabs GmbH (Ansprechpartner: Andreas Bley, Andreas.Bley@MetraLabs.com) entwickeln Service-Roboter, die aufgrund ihres technischen Reifegrads oder ihrer Funktionalität zur Unterstützung des PRM-Prozesses aktuell nicht zum Einsatz kommen können. Die beiden Unternehmen werden ihre Expertise bei der Auswahl von Pilotprojekten mit eigenen Fragestellungen und (forschungs-)prototypischen Interfaces einbringen. Dazu nehmen sie, wo sinnvoll, an Projektmeetings teil und begleiten den Transfer des PosiBot-Leistungsangebots in weitere Anwendungsfelder.

Die Robozän Deutschland GmbH (Ansprechpartner: Mathias Krinke, mk@pi4.de) ist die erste Zeitarbeitsfirma für Roboter und wirkt im Rahmen des Projektes mit, um die Notwendigkeiten, Chancen und Schwierigkeiten des Pay per Service-Modells in Konkurrenz, um jetzt bereits angebotene klassische Vermietungskonzepte auf Zeit zu evaluieren.

10.5.4 Zusammenarbeit mit dem Transferprojekt

Die Arbeiten im Projekt sollen - koordiniert vom IAO - eng mit den Aktivitäten des Transferprojekt verzahnt werden. U.a. ist das Konsortium an einer engen Zusammenarbeit zu folgenden Aspekten interessiert:

- *Organisation von Wissenstransfer zwischen den Kompetenzzentren:* Das Leistungsangebot des PosiBot-Leistungsangebots soll Methoden und Werkzeuge, die im Rahmen der anderen Kompetenzzentren entwickelt werden, berücksichtigen und sinnvoll ergänzen. Dies erfordert vom Transferprojekt die Organisation eines engen projektübergreifenden Austausches, sodass Erkenntnisse aus den anderen Projekten im Projektverlauf in PosiBot integriert werden können.
- *Unterstützung bei der Entwicklung von Geschäftsmodellen:* Der Aufbau des PosiBot-Kompetenzzentrums kann von synergetischen Geschäftsmodellen der entstehenden Kompetenzzentren profitieren. Das Transferprojekt sollte dabei unterstützen, die Synergien zu identifizieren und praktisch umzusetzen.
- *Zusammentragen relevanter Gesetze, Vorschriften und Normen zur Assistenzro-*

botik: Rechtliche Rahmenbedingungen werden im Projekt nicht direkt beforscht. Für diese Aspekte soll auf die Expertise des Transferprojekts zurückgegriffen werden.

- *Akquise weiterer Assistenzroboter-Entwicklungs- und Anwendungsunternehmen*: Für die Pilotprojekte sollen im Projektverlauf interessierte Unternehmen akquiriert werden. Dies könnte unter anderem über das Netzwerk des Transferprojekts erfolgen.

Basierend auf den Alleinstellungsmerkmalen von PosiBot und den ausgewiesenen Kompetenzen im Konsortium, können aus dem Projekt heraus folgenden Angebote für das Transferprojekt und die anderen Kompetenzzentren generiert werden:

- *Menschzentriert-ethischer Entwicklungsprozess*: Das Vorgehen im Projekt PosiBot sieht eine enge Verzahnung der Perspektiven der User Experience und Ethik vor. Dies kann anderen Projekten als Vorbild dienen. Gegebenenfalls können einzelne in PosiBot entwickelte Methoden und Werkzeuge im Rahmen der anderen Projekte zum Einsatz kommen, um eine kontinuierliche Integration ethischer Gesichtspunkte zu realisieren.
- *Erkenntnisse zu techniksoziologischen Fragestellungen*: Im Projekt werden Methoden zur Entwicklung von Technikzukünften entwickelt und diese auf das Anwendungsbeispiel PRM-Prozess am Flughafen angewandt. Da diese Perspektive vom Transferprojekt bislang nicht abgedeckt wird, könnten die Arbeiten aus PosiBot genutzt werden, um auch in den anderen Projekten techniksoziologische Aspekte zu integrieren.
- *Öffentlichkeitswirksame Präsentation der Tests und der Ergebnisse*: PosiBot sieht ab Projektstart einen öffentlichkeitswirksamen Betrieb des Kompetenzzentrums vor. Hier können Synergien mit dem Transferprojekt und den anderen Kompetenzzentren genutzt werden, indem unsere Veranstaltungen Partner:innen aus den Projekten miteinbeziehen. Auch die öffentlichkeitswirksamen Studien am Flughafen Stuttgart können u.U. genutzt werden, um mediale Aufmerksamkeit für die gesamte Förderlinie zu schaffen.

Literaturverzeichnis

- Ahmad Alaiad and Lina Zhou. The determinants of home healthcare robots adoption: An empirical investigation. *International journal of medical informatics*, 83(11): 825–840, 2014.
- Victoria Alonso and Paloma De La Puente. System transparency in shared autonomy: A mini review. *Frontiers in neurorobotics*, 12:83, 2018.
- Franziska Babel, Johannes Kraus, Linda Miller, Matthias Kraus, Nicolas Wagner, Wolfgang Minker, and Martin Baumann. Small talk with a robot? the impact of dialog content, talk initiative, and gaze behavior of a social robot on trust, acceptance, and proximity. *International Journal of Social Robotics*, 13(6):1485–1498, 2021.
- Gonçalo Baptista and Tiago Oliveira. A weight and a meta-analysis on mobile banking acceptance research. *Computers in Human Behavior*, 63:480–489, 2016.
- Jaclyn Barnes, Maryam FakhrHosseini, Myounghoon Jeon, Chung-Hyuk Park, and Ayanna Howard. The influence of robot design on acceptance of social robots. In *2017 14th international conference on ubiquitous robots and ambient intelligence (URAI)*, pages 51–55. IEEE, 2017.
- Solon Barocas and Andrew D Selbst. Big data’s disparate impact. *California Law Review*, 104:671–732, 2016.
- Christoph Bartneck and Jodi Forlizzi. A design-centred framework for social human-robot interaction. In *RO-MAN 2004. 13th IEEE international workshop on robot and human interactive communication (IEEE Catalog No. 04TH8759)*, pages 591–594. IEEE, 2004.
- Christoph Bartneck, Tatsuya Nomura, Takayuki Kanda, Tomohiro Suzuki, and Kato Kenssuke. *A cross-cultural study on attitudes towards robots*. Lawrence Erlbaum Associates, 2005.
- Jenay M Beer, Akanksha Prakash, Tracy L Mitzner, and Wendy A Rogers. Understanding robot acceptance. Technical report, Georgia Institute of Technology, 2011.

- Matthias Beggiato and Josef F Krems. The evolution of mental model, trust and acceptance of adaptive cruise control in relation to initial information. *Transportation research part F: traffic psychology and behaviour*, 18:47–57, 2013.
- Matthias Beggiato, Marta Pereira, Tibor Petzoldt, and Josef Krems. Learning and development of trust, acceptance and the mental model of acc. A longitudinal on-road study. *Transportation research part F: traffic psychology and behaviour*, 35:75–84, 2015.
- Markus Blut, Cheng Wang, and Klaus Schoefer. Factors influencing the acceptance of self-service technologies: A meta-analysis. *Journal of Service Research*, 19(4): 396–416, 2016.
- Cynthia Breazeal. Toward sociable robots. *Robotics and autonomous systems*, 42(3-4): 167–175, 2003.
- Cynthia Breazeal. Role of expressive behaviour for robots that learn from people. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1535): 3527–3538, 2009.
- M R Calo. *Robots and privacy*. MIT Press, 2012.
- Enrique Coronado, Dominique Deuff, Pamela Carreno-Medrano, Leimin Tian, Dana Kulić, Shanti Sumartojo, Fulvio Mastrogiovanni, and Gentiane Venture. Towards a modular and distributed end-user development framework for human-robot interaction. *IEEE Access*, 9:12675–12692, 2021.
- Henriette Cramer, Nicander Kemper, Alia Amin, Bob Wielinga, and Vanessa Evers. ‘give me a hug’: the effects of touch and autonomy on people’s responses to embodied social agents. *Computer Animation and Virtual Worlds*, 20(2-3):437–445, 2009.
- Fred D Davis. Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS quarterly*, pages 319–340, 1989.
- Maartje MA De Graaf and Somaya Ben Allouch. Exploring influencing variables for the acceptance of social robots. *Robotics and autonomous systems*, 61(12): 1476–1486, 2013.

- Maartje Ma De Graaf, Somaya Ben Allouch, and Tineke Klamer. Sharing a life with harvey: Exploring the acceptance of and relationship-building with a social robot. *Computers in human behavior*, 43:1–14, 2015.
- Anna Dobrosovestnova, Glenda Hannibal, and Tim Reinboth. Service robots for affective labor: a sociology of labor perspective. *AI & society*, 37(2):487–499, 2022.
- Yogesh K Dwivedi, Nripendra P Rana, Anand Jeyaraj, Marc Clement, and Michael D Williams. Re-examining the unified theory of acceptance and use of technology (utaut): Towards a revised theoretical model. *Information Systems Frontiers*, 21(3): 719–734, 2019.
- EG 1107/2006. Verordnung (EG) Nr. 1107/2006 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 5. Juli 2006 über die Rechte von behinderten Flugreisenden und Flugreisenden mit eingeschränkter Mobilität. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX3A32006R1107>, 2006.
- AI ethics impact group. From principles to practice: An interdisciplinary framework to operationalise ai ethics. <https://www.ai-ethics-impact.org/>, 2020.
- Friederike Eyssel, Laura De Ruitter, Dieta Kuchenbrandt, Simon Bobinger, and Frank Hegel. ‘if you sound like me, you must be more human’: On the interplay of robot and user features on human-robot acceptance and anthropomorphism. In *2012 7th ACM/IEEE international conference on human-robot interaction (HRI)*, pages 125–126. IEEE, 2012.
- Batya Friedman and David G Hendry. *Value sensitive design: Shaping technology with moral imagination*. MIT Press, 2019.
- Nora Fronemann, Kathrin Pollmann, and Wulf Loh. Should my robot know what’s best for me? human–robot interaction between user experience and ethical design. *AI & SOCIETY*, 37(2):517–533, 2022.
- David Golchinfar, Daryoush Daniel Vaziri, Dirk Schreiber, and Gunnar Stevens. Assisting service robots on their journey to become autonomous agents: From apprentice to master by participatory observation. In *Proceedings of Mensch und Computer*, pages 889–891. Association for Computing Machinery, 2019.

Armin Grunwald. *Technikzukünfte als Medium von Zukunftsdebatten und Technikgestaltung*, volume 6. KIT Scientific Publishing, 2012.

Peter A Hancock, Deborah R Billings, Kristin E Schaefer, Jessie YC Chen, Ewart J De Visser, and Raja Parasuraman. A meta-analysis of factors affecting trust in human-robot interaction. *Human factors*, 53(5):517–527, 2011.

Marcel Heerink, Ben Kröse, Vanessa Evers, and Bob Wielinga. *The influence of social presence on acceptance of a companion robot by older people*. Red de Agentes Físicos, 2008.

Marcel Heerink, Ben Kröse, Vanessa Evers, and Bob Wielinga. Relating conversational expressiveness to social presence and acceptance of an assistive social robot. *Virtual reality*, 14(1):77–84, 2010.

Sebastian Hergeth, Lutz Lorenz, Josef F Krems, and Lars Toenert. Effects of take-over requests and cultural background on automation trust in highly automated driving. In *Driving Assesment Conference*, volume 8. University of Iowa, 2015.

Sebastian Hergeth, Lutz Lorenz, Roman Vilimek, and Josef F Krems. Keep your scanners peeled: Gaze behavior as a measure of automation trust during highly automated driving. *Human factors*, 58(3):509–519, 2016.

Kevin Anthony Hoff and Masooda Bashir. Trust in automation: Integrating empirical evidence on factors that influence trust. *Human factors*, 57(3):407–434, 2015.

A Honneth. Arbeit und Anerkennung. In *Das Ich im Wir: Studien zur Anerkennungstheorie*, pages 78—102. Suhrkamp, 2010.

Justin Huang, Tessa Lau, and Maya Cakmak. Design and evaluation of a rapid programming system for service robots. In *2016 11th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI)*, pages 295–302. IEEE, 2016.

Sheila Jasanoff. Future imperfect: Science, technology, and the imaginations of modernity. *Dreamscapes of modernity: Sociotechnical imaginaries and the fabrication of power*, pages 1–33, 2015.

- Europäische Kommission. Laying down harmonized rules on artificial intelligence (artificial intelligence act) and amending certain union legislative acts: Proposal for a regulation of the european parliament and of the council. 2021/0106 (cod). <https://ec.europa.eu/newsroom/dae/items/709090>, 2021.
- Hannah Kosow and Robert Gaßner. *Methoden der Zukunfts-und Szenarioanalyse: Überblick, Bewertung und Auswahlkriterien*. IZT, 2008.
- Johannes Kraus, David Scholz, Dina Stiegemeier, and Martin Baumann. The more you know: trust dynamics and calibration in highly automated driving and the effects of take-overs, system malfunction, and system transparency. *Human factors*, 62(5): 718–736, 2020.
- Johannes Kraus, David Scholz, and Martin Baumann. What’s driving me? Exploration and validation of a hierarchical personality model for trust in automated driving. *Human factors*, 63(6):1076–1105, 2021.
- Johannes Maria Kraus. *Psychological processes in the formation and calibration of trust in automation*. PhD thesis, Universität Ulm, 2020.
- Anne Elisabeth Krueger, Kathrin Pollmann, Nora Fronemann, and Beatrice Foucault. Guided user research methods for experience design—a new approach to focus groups and cultural probes. *Multimodal Technologies and Interaction*, 4(3):43, 2020.
- Kevin LaGrandeur and James J Hughes. *Surviving the machine age: Intelligent technology and the transformation of human work*. Springer, 2017.
- John D Lee and Neville Moray. Trust, self-confidence, and operators’ adaptation to automation. *International journal of human-computer studies*, 40(1):153–184, 1994.
- John D Lee and Katrina A See. Trust in automation: Designing for appropriate reliance. *Human factors*, 46(1):50–80, 2004.
- Nicola Leonardi, Marco Manca, Fabio Paternò, and Carmen Santoro. Trigger-action programming for personalising humanoid robot behaviour. In *Proceedings of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pages 1–13, 2019.

Toby Jia-Jun Li, Igor Labutov, Brad A Myers, Amos Azaria, Alexander I Rudnicky, and Tom M Mitchell. An end user development approach for failure handling in goal-oriented conversational agents. *Studies in Conversational UX Design*, 2018.

Henry Lieberman. *Your wish is my command: Programming by example*. Morgan Kaufmann, 2001.

Wulf Loh and Anne Wierling. Informierte Einwilligung, häusliche Altenpflege und soziale Robotik—Ein Konzept zur Konkretisierung der Zweckangabe bei Social-Compagnion-Robotern. In *Datenreiche Medizin und das Problem der Einwilligung*, pages 145–164. Springer, Berlin, Heidelberg, 2022.

Wing-Yue Geoffrey Louie, Derek McColl, and Goldie Nejat. Acceptance and attitudes toward a human-like socially assistive robot by older adults. *Assistive Technology*, 26(3):140–150, 2014.

Linda Miller, Johannes Kraus, Franziska Babel, and Martin Baumann. More than a feeling – interrelation of trust layers in human-robot interaction and the role of user dispositions and state anxiety. *Frontiers in psychology*, 12:378, 2021.

Catrin Misselhorn. Arbeit, Technik und gutes Leben. Perspektiven für Menschen mit und ohne Behinderung auf Industrie 4.0. In *Arbeit, Gerechtigkeit und Inklusion*, pages 19–38. Springer, 2017.

Bonnie M Muir. Trust between humans and machines, and the design of decision aids. *International journal of man-machine studies*, 27(5-6):527–539, 1987.

Bonnie M Muir and Neville Moray. Trust in automation. Part II. Experimental studies of trust and human intervention in a process control simulation. *Ergonomics*, 39(3): 429–460, 1996.

Stanislava Naneva, Marina Sarda Gou, Thomas L Webb, and Tony J Prescott. A systematic review of attitudes, anxiety, acceptance, and trust towards social robots. *International Journal of Social Robotics*, 12(6):1179–1201, 2020.

Scott Osofsky, Tracy Sanders, Florian Jentsch, Peter Hancock, and Jessie YC Chen. Determinants of system transparency and its influence on trust in and reliance on

- unmanned robotic systems. In *Unmanned systems technology XVI*, volume 9084, pages 112–123. SPIE, 2014.
- Matthew S O’Hern and Aric Rindfleisch. Customer co-creation: a typology and research agenda. *Review of marketing research*, pages 84–106, 2017.
- Kathrin Pollmann. Behavioral design patterns for social, assistive robots-insights from the nika research project. *Mensch und Computer 2019 – Workshopband*, 2019.
- Kathrin Pollmann. The modality card deck: Co-creating multi-modal behavioral expressions for social robots with older adults. *Multimodal Technologies and Interaction*, 5(7):33, 2021.
- Kathrin Pollmann and Daniel Ziegler. A pattern approach to comprehensible and pleasant human–robot interaction. *Multimodal Technologies and Interaction*, 5(9): 49, 2021.
- Kathrin Pollmann, Nora Fronemann, Anne Elisabeth Krüger, and Matthias Peissner. Positec–how to adopt a positive, need-based design approach. In *International conference of design, user experience, and usability*, pages 52–66. Springer, 2018.
- Kathrin Pollmann, Nora Fronemann, Nektaria Tagalidou, and Daniel Ziegler. Bedürfnisbasierte Personalisierung für die soziale Mensch-Roboter Interaktion. *Mensch und Computer 2019 – Workshopband*, 2019.
- Kathrin Pollmann, Nora Fronemann, Daniel Ziegler, and Milena Velic. *Service-Roboter im Kundenkontakt: Aktuelle und zukünftige Einsatzfelder, Entlastungspotenziale und Erlebnisfaktoren*. Fraunhofer IAO, 2021.
- J Rawls. Eine Theorie der Gerechtigkeit, Frankfurt: Suhrkamp. *Krankenversicherung und Äquivalenzprinzip*, 317, 1975.
- Kristin E Schaefer, Jessie YC Chen, James L Szalma, and Peter A Hancock. A meta-analysis of factors influencing the development of trust in automation: Implications for understanding autonomy in future systems. *Human factors*, 58(3):377–400, 2016.

Stephan Schlothfeldt. Ein Recht auf Beteiligung an der Erwerbsarbeit. *Politische Philosophie des Sozialstaates*, pages 372–402, 2000.

Amartya Sen et al. Equality of what? 1980.

Mone Spindler, Sophia Booz, Helya Gieseler, Sebastian Runschke, Sven Wydra, and Judith Zinsmaier. How to achieve integration? In *Das geteilte Ganze*, pages 213–239. Springer, 2020.

Julian Stubbe. Innovationsimpuls „Integrierte Forschung“. *Diskussionspapier des BMBF-Forschungsprogramms „Technik zum Menschen bringen*, 446, 2018.

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.

Rudolph Triebel, Kai Arras, Rachid Alami, Lucas Beyer, Stefan Breuers, Raja Chatila, Mohamed Chetouani, Daniel Cremers, Vanessa Evers, Michelangelo Fiore, et al. Spencer: A socially aware service robot for passenger guidance and help in busy airports. In *Field and service robotics*, pages 607–622. Springer, 2016.

Sherry Turkle. In good company? On the threshold of robotic companions. In *Close engagements with artificial companions*, pages 3–10. John Benjamins, 2010.

Biel Piero E Alvarado Vasquez and Fernando Matia. A social robot empowered with a new programming language and its performance in a laboratory. In *2019 IEEE International Symposium on INnovations in Intelligent SysTems and Applications (INISTA)*, pages 1–6. IEEE, 2019.

Ahmet Vatan and Seden Dogan. What do hotel employees think about service robots? A qualitative study in turkey. *Tourism Management Perspectives*, 37:100775, 2021.

Daryoush Vaziri, David Golchinfar, Gunnar Stevens, and Dirk Schreiber. Exploring future work-co-designing a human-robot collaboration environment for service domains. In *Proceedings of the 2020 ACM Designing Interactive Systems Conference*, pages 153–164, 2020.

Astrid Weiss, Regina Bernhaupt, Michael Lankes, and Manfred Tscheligi. The usus evaluation framework for human-robot interaction. *AISB2009: proceedings of the symposium on new frontiers in human-robot interaction*, 4(1):11–26, 2009.

James E Young, Richard Hawkins, Ehud Sharlin, and Takeo Igarashi. Toward acceptable domestic robots: Applying insights from social psychology. *International Journal of Social Robotics*, 1(1):95–108, 2009.

Kun Yu, Shlomo Berkovsky, Ronnie Taib, Dan Conway, Jianlong Zhou, and Fang Chen. User trust dynamics: An investigation driven by differences in system performance. In *Proceedings of the 22nd international conference on intelligent user interfaces*, pages 307–317, 2017.