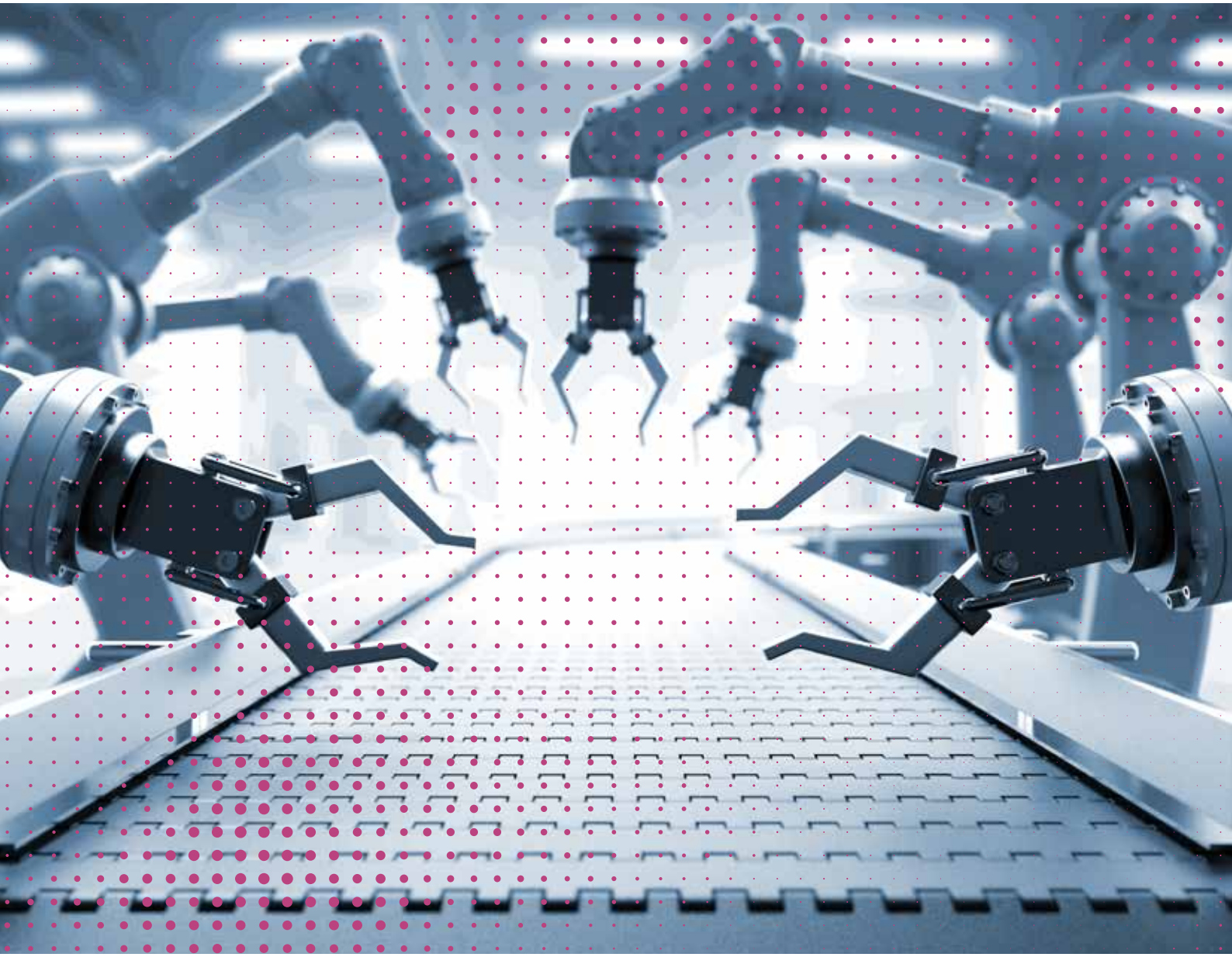
PAiCE



PAiCE-MONITOR

Robotik

Impressum

Herausgeber
Begleitforschung PAiCE
iit – Institut für Innovation und Technik in der
VDI / VDE Innovation + Technik GmbH
Peter Gabriel
Steinplatz 1
10623 Berlin
gabriel@iit-berlin.de
www.paice.de

Autoren
Dr. Marieke Rohde | 030 310078-5645 | rohde@iit-berlin.de
Dr. Inessa Seifert | 030 310078-370 | seifert@iit-berlin.de
Dr. Steffen Wischmann | 030 310078-147 | wischmann@iit-berlin.de

Gestaltung
Loesch*Hund*Liepold
Kommunikation GmbH
Hauptstraße 28 | 10827 Berlin
paice@lhlk.de

Stand
Juni 2019

Gefördert durch:

Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Inhalt

Einleitung 5

1 Marktanalyse 6
2 Start-up-Umfeld 8
3 Stand der Technik 11
4 FuE-Entwicklung 14
5 Projekte des Clusters Robotik 17
AutARK – Autonomes Assistenzsystem zur Unterstützung von MRK-Montageprozessen 18
BakeR – Baukastensystem für kosteneffiziente, modulare Reinigungsroboter 20
QBiik – Autonomer, lernender Logistikroboter mit Greifsystem und Mensch-Maschine-Schnittstelle 22
RoboPORT – Crowd-Engineering in der Robotik: Webplattform für Ideen- und Prototypenentwicklung 24
ROBOTOP – Offene Plattform für Roboter-Anwendungen in Industrie und Service 26
SeRoNet – Plattform zur Entwicklung von Serviceroboterlösungen 28

Ansprechpartner bei Projektträger und Begleitforschung 30

Einleitung

Mobile Serviceroboter werden immer häufiger für professionelle Anwendungen eingesetzt. Was alles unter dem Begriff „Service-Robotik“ verstanden werden kann, ist allerdings nicht so selbsterklärend wie es auf den ersten Blick erscheint. Serviceroboter können hinsichtlich ihrer technologischen Ausstattung enorm variieren und lassen sich auch über intendierte Anwendungskontexte nicht auf einen Nenner bringen. Erheblich griffiger wird der Begriff jedoch, wenn man in Abgrenzung zur klassischen Industrie-Robotik zentrale Merkmale von Servicerobotern identifiziert:

1. Für die Anwendung sind keine spezifischen Kenntnisse erforderlich, oftmals ist eine Bedienung durch Laien möglich.
2. Während klassische Industrieroboter eine strukturierte Einsatzumgebung benötigen, arbeiten Serviceroboter auch in gering oder gar nicht strukturierten Umgebungen.
3. Serviceroboter werden nicht in vollautomatisierten industriellen Produktionen eingesetzt.

Sechs Projekte des Technologieprogramms PAiCE widmen sich dem Thema Service-Robotik in unterschiedlichen Anwendungsdomänen: die Plattformprojekte RoboPORT, ROBOTOP und SeRoNet sowie die Projekte QBiiK, AutARK und BakeR. Der vorliegende PAiCE-Monitor Service-Robotik stellt die aktuelle Entwicklung dieser Projekte vor und umreißt ihr Umfeld in den vier Kapiteln Marktanalyse, Start-up-Umfeld, Stand der Technik und FuE-Entwicklung.

Begleitet wird dieser PAiCE-Monitor von einem interaktiven online-Technologieradar zum Themenfeld Robotik:

- www.iit-berlin.de/technologieradar-robotik

Das Technologieradar bietet einen umfassenden Überblick über aktuelle internationale Forschungsprojekte und Servicerobotik-Start-ups. Einige dieser Start-ups werden auch in diesem Monitor näher diskutiert.

Mit dem Technologieprogramm PAiCE (Platforms | Additive Manufacturing | Imaging | Communication | Engineering) unterstützt das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) innerhalb der Digitalen Agenda der Bundesregierung die Umsetzung der Leitvision „Industrie 4.0“ in die unternehmerische Praxis. In 16 Projekten arbeiten Unternehmen und Forschungseinrichtungen daran, den Einsatz innovativer digitaler Technologien in Produktion und Logistik in großen, praxisnahen Pilotprojekten zu erproben. Die über hundert Partner in den Projekten werden vom BMWi mit insgesamt 50 Mio. EUR gefördert. Zusammen mit den Eigenanteilen der Projektpartner hat PAiCE ein Volumen von über 100 Mio. EUR.

1 Marktanalyse

Die Servicerobotik ist ein Wachstumsmarkt. Der internationale Dachverband der Robotik-Industrie und Robotik-Forschungsinstitute, die „International Federation of Robotics" (IFR), schätzt, dass zwischen 2019 und 2021 weltweit knapp 740.000 Serviceroboter im professionellen und ca. 50 Mio. Serviceroboter im Endkonsumentenbereich zum Einsatz kommen. Im selben Zeitraum werden in den Segmenten jeweils ca. 33 Mrd. für die professionelle Nutzung bzw. ca. 12 Mrd. EUR im Endnutzerbereich umgesetzt[1]. Die IFR geht dabei von Wachstumsraten im zweistelligen Prozentbereich in den kommenden Jahren aus.

Am Gesamtmarkt von insgesamt knapp 10 Mrd. EUR im Jahr 2018 beläuft sich der professionelle Bereich (B2B) auf einen Anteil von 77 Prozent (ca. 7,7 Mrd. EUR Umsatz, ca. 165 Tsd. verkaufte Einheiten), während auf die Endkonsumenten (B2C) ein Anteil von 23 Prozent (ca. 2,3 Mrd. EUR, ca. 10 Mio. Einheiten) entfällt. Auffällig hierbei ist die 60fach höhere Stückzahl im Endkonsumentenbereich bei deutlich geringeren Gesamtumsätzen im Vergleich zum professionellen Bereich. Damit liegt der mittlere Stückpreis im B2C-Bereich bei ca. 220 Euro pro Roboter, im B2B Bereich dagegen mit ca. 47 Tsd. EUR pro Roboter bei über dem 200fachen.

1 IFR: World Robotics 2018 – Service Robots, 2018.

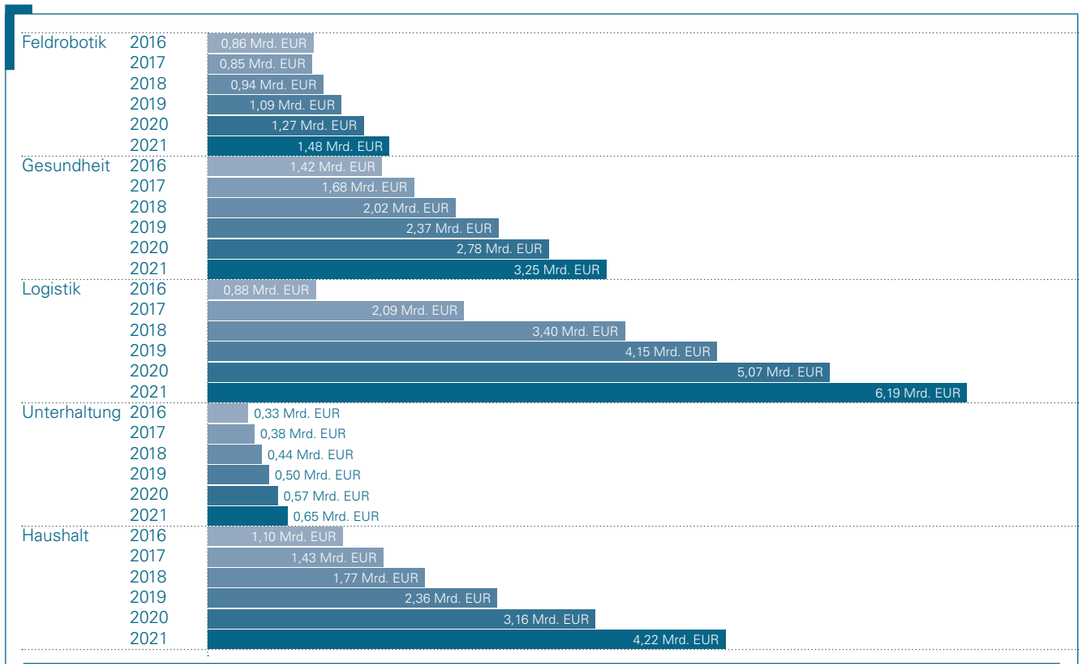


Abbildung 1: Marktpotenzial in den fünf umsatzstärksten Segmenten der Servicerobotik. Das Jahr 2018 stellt eine vorläufige Schätzung dar. Die Umsatzzahlen für die Jahre 2019 – 2021 basieren auf einer Interpolation der geschätzten Gesamtumsätze für die drei Jahre unter Annahme einer konstanten jährlichen Wachstumsrate in den einzelnen Segmenten (eigene Darstellung, Daten aus IFR1).

Betrachtet man die Prognosen für die Servicerobotik im gesamten professionellen (zivilen[2]) Bereich (inkl. produzierender Industrie), kristallisieren sich drei Anwendungsgebiete heraus, die ein deutlich höheres Marktpotenzial versprechen als der Rest (siehe Abbildung 1). Die höchsten Umsätze wurden 2018 in der Logistik mit ca. 3,4 Mrd. EUR erzielt. Fahrerlose Transportfahrzeuge (FTF) außerhalb der Fertigung machen 90 Prozent aller verkauften Einheiten in diesem Segment aus und verzeichneten im Vergleich zum Vorjahr ein Stückzahlenwachstum von 67 Prozent. Der Gesundheitsbereich (Diagnostik, Chirurgie, Therapie und Rehabilitation) stand 2018 gemessen am Umsatz an zweiter Stelle mit insgesamt ca. 2 Mrd. EUR. Dominierend sind hier die robotergestützte Chirurgie (41 Prozent aller verkauften Einheiten) und Rehabilitation (55 Prozent aller verkauften Einheiten). Umsatzmotor der Feldrobotik waren 2018 ganz klar Melkroboter (ca. 82 Prozent aller verkauften Einheiten in diesem Segment). Zusammen stellen die vier spezifischen Roboterarten (Chirurgie- und Rehabilitationsroboter, Melkroboter, FTF) im Jahr 2018 ca. 70 Prozent aller abgesetzten Einheiten im professionellen Bereich dar.

Ausgeklammert aus IFR-Marktanalysen für die Servicerobotik wird bislang oft die Fertigung in der Produktion. Eine verlässliche quantitative Einschätzung des Marktpotenzials für Roboter als Produktionsassistenten (manchmal auch als Co-Bots definiert) ist derzeit nicht möglich. Insbesondere für die Mensch-Roboter-Kollaboration, und da speziell beim Einsatz von Roboterarmen für die Montage oder Komponentenfertigung, existieren kaum belastbare Absatzzahlen, da sich bis dato die meisten Anwendungen noch in der Phase von Pilotprojekten oder im sehr frühen produktiven Einsatz befinden. Erste, grobe Schätzungen gehen von einem weltweiten Umsatz im Jahr 2018 von ca. 630 Mio. EUR aus und prognostizieren ein Wachstum auf knapp 11 Mrd. EUR im Jahr 2025, was jährlichen Wachstumsraten von über 50 Prozent entspräche.[3] Ganz entscheidend für die Einführung von Co-Bots ist eine kurze Amortisationszeit. Mittlerweile verschärft sich der Wettbewerb unter der wachsenden Anbieterzahl, gleichzeitig sinken die Preise. So bewegen sich derzeitige Systeme auf sehr unterschiedlichem Preisniveau, zwischen 3.000 EUR (Dobot, China), 10.000 EUR (Franka, Deutschland), 33.000 EUR (UR10, Dänemark), 56.000 EUR (ABB, Schweiz) und 60.000 EUR (Kuka, Deutschland).

Im Endkonsumentenbereich dominieren zwei Marktsegmente: Haushaltsrobotik und Unterhaltungsrobotik. Der Haushaltsbereich (2018: ca. 1,8 Mrd. EUR Umsatz, ca. 7,5 Mio. verkaufte Einheiten) wird sehr stark von Staubsaugerrobotern dominiert (97 Prozent aller verkauften Einheiten), der Unterhaltungsbereich (2018: ca. 440 Mio. EUR Umsatz, ca. 2,8 Mio. verkaufte Einheiten) von Spielzeugrobotern (87 Prozent aller verkauften Einheiten). Spielzeug- und Staubsaugerroboter stellen damit ca. 94 Prozent des gesamten Endkonsumentenmarkts dar.

2 Im Verteidigungssektor wurden 2018 Umsätze in Höhe von knapp 850 Mio. EUR erzielt. Für den Zeitraum von 2019- bis 2021 werden Umsätze von knapp 3 Mrd. EUR prognostiziert (siehe Fußnote 1). Es ist allerdings anzumerken, dass die öffentlich verfügbaren Zahlen für die Ausgaben im Verteidigungsbereich nicht zwangsläufig als repräsentativ zu betrachten sind.

3 www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/collaborative-robot-market-194541294.html (zuletzt abgerufen am 01.06.2018).

2 Start-up-Umfeld

Robotik-Start-ups verzeichnen in den letzten Jahren starke Investmentsteigerungen. 2016 wurden laut der Start-up-Datenbank Crunchbase weltweit 2,6 Mrd. EUR in Robotik-Start-ups investiert, 2017 waren es bereits 3,2 Mrd. EUR und 2018 sogar schon 7,2 Mrd. EUR.

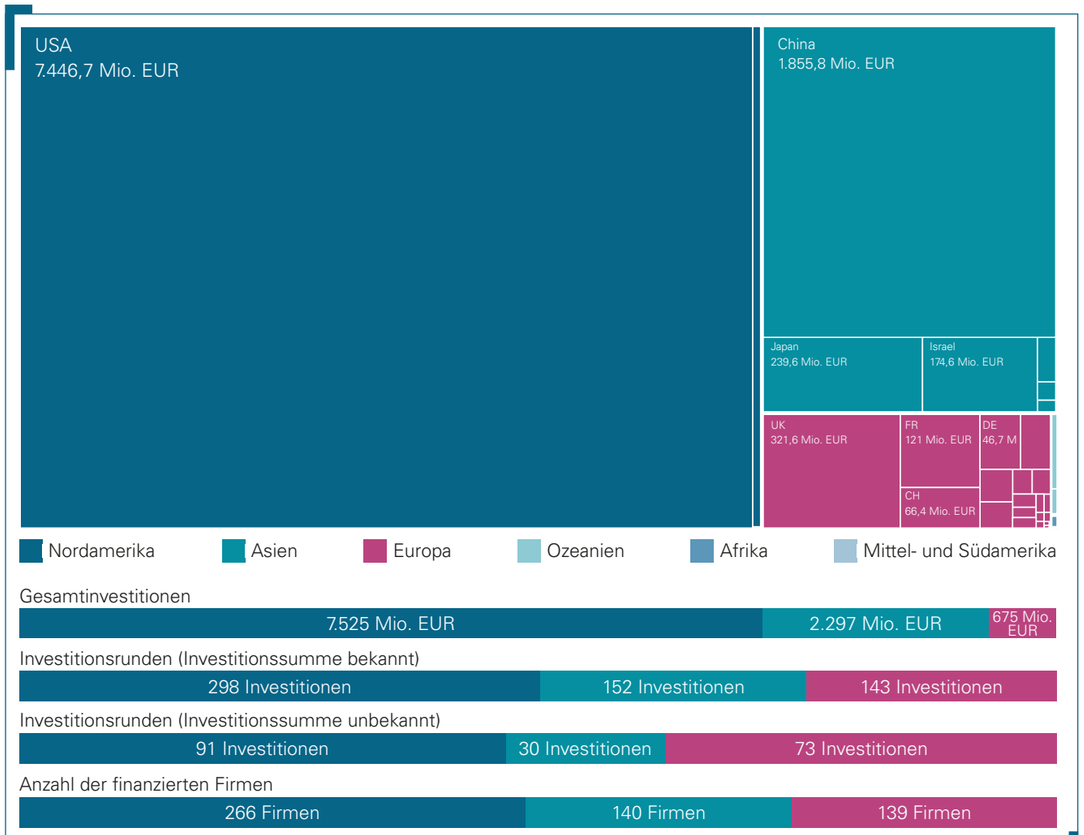


Abbildung 2: Investmentsummen in Robotik-Start-ups in den Jahren 2017 und 2018 (eigene Darstellung, Daten aus www.crunchbase.com)

Dabei setzt sich der Trend des Vorjahres fort, dass in Europa deutlich weniger in die Robotik investiert wird als in Asien und den USA: Das asiatische Gesamtinvestitionsvolumen ist mehr als dreimal so hoch, das der USA mehr als zehnmal höher als in Europa (siehe Abb. 2). Auch die Größe der durchschnittlichen Finanzierungsrunde in Europa (ca. 5 Mio. EUR) ist weiterhin signifikant kleiner als in Asien (ca. 15 Mio. EUR) und Nordamerika (ca. 25 Mio. EUR), dabei ist die Zahl der Robotik-Start-ups, in die in Europa und Asien investiert wird, nahezu gleich.

Bemerkenswert ist, dass Deutschland nunmehr mit einer mittleren Investitionssumme von 6 Mio. EUR über dem europäischen Durchschnitt liegt. Die für europäische Verhältnisse hohe Investition von 22 Mio. EUR ist allerdings wesentlich auf die Investition in das Logistik-Roboter Start-ups „Magazino" zurückzuführen (siehe Abb. 3). Im internationalen Vergleich ist dieser regional hoch erscheinende Investitionsbetrag jedoch gering.

In den USA wird weiterhin sehr stark in autonomes Fahren, Feldrobotik, in die Fertigung (hauptsächlich 3-D-Druck) sowie in den Biotech-Bereich investiert (siehe Abb. 3). In China konzentrieren sich Start-ups hingegen auf Logistik und die Robotik-relevante Softwareentwicklung. Mit der britischen CMR Surgical ist auch ein Europäisches Start-up unter den weltweit bestfinanzierten Robotik-Start-ups. Die Feldrobotik, Gesundheitsrobotik, Logistikrobotik und Produktionsrobotik werden seit langem als Wachstumsmärkte gehandelt (vgl. 2). Interessanterweise finden sich in dieser Liste die Bereiche Unterhaltungs- und Haushaltsrobotik nicht bzw. nur am Rande wieder, obwohl ihnen häufig großes Wachstumspotenzial attestiert wird.

Meistgeförderte Robotikfirmen weltweit

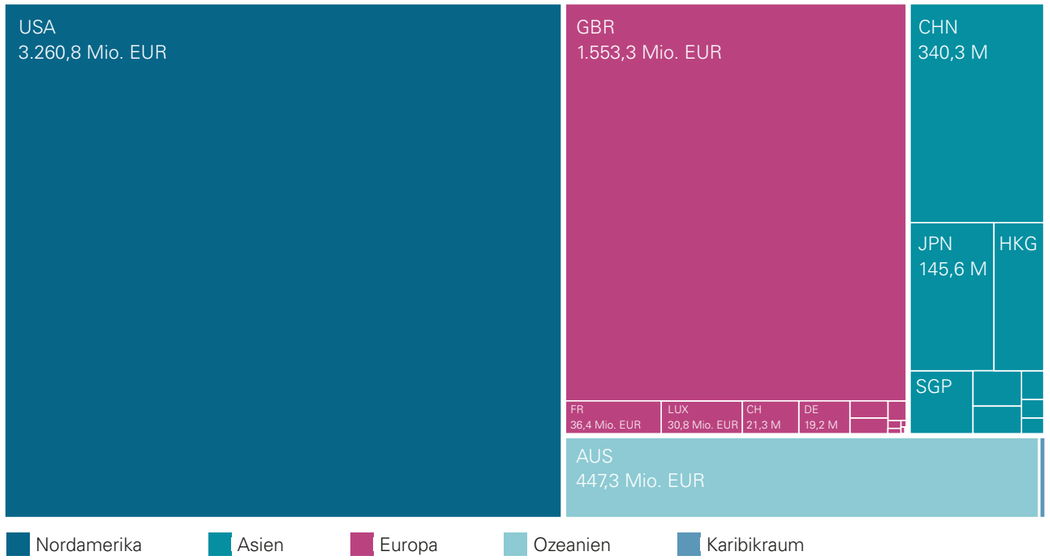
Nordamerika	Cruise Automation	USA	Autonomes Fahren	2.982 Mio EUR
	Argo AI	USA	Autonomes Fahren	890 Mio. EUR
	Zoox	USA	Autonomes Fahren	445 Mio. EUR
	Zymergen	USA	Bioinformatik (Software)	356 Mio. EUR
	Desktop Metal	USA	3D-Druck	200 Mio. EUR
	Carbon	USA	3D-Druck	178 Mio. EUR
	Bright Machines	USA	Industrielle Produktion	159 Mio. EUR
	Farmers Business Network	USA	Landwirtschaft	134 Mio. EUR
	Bowery Farming	USA	Landwirtschaft	122 Mio. EUR
Asien	Unisound	CHN	Sprachverarbeitung (Software)	208 Mio. EUR
	Geek+	CHN	Logistik	206 Mio. EUR
	Orbbec	CHN	Robot Vision	178 Mio. EUR
	Yi+	CHN	Computer Vision, Marketing	143 Mio. EUR
	Yunji Technology	CHN	Logistik	107 Mio. EUR
Europa	CMR Surgical	GBR	Gesundheit	222 Mio. EUR
				Gesamtfinanzierung

Meistgeförderte Robotikfirmen in Deutschland

Europa	Magazino	DEU	Logistik	22 Mio. EUR
	micropsi industries	DEU	Industrielle Produktion	8 Mio. EUR
	Wandelbots	DEU	Industrielle Produktion	6 Mio. EUR
	Peat GmbH // Platix App	DEU	Landwirtschaft	5 Mio. EUR
	Lofelt	DEU	Unterhaltung	5 Mio. EUR
				Gesamtfinanzierung

Abbildung 3: Die größten Finanzierungsrunden weltweit (oben) und in Deutschland (unten) in den Jahren 2017 und 2018 (eigene Darstellung, Daten aus www.crunchbase.com)

Interessant ist auch ein Blick auf die regionale Verteilung der Investoren in diesem Kontext (siehe Abb. 4). Neben einigen Ländern, die aufgrund ihres starken Finanzmarkts sehr prominent als Investitionsgeber in Erscheinung treten (Australien, Großbritannien; Luxemburg) fällt auf, dass chinesische Robotik-Start-ups vor allem aus dem Ausland finanziert werden, da China bei den Investoren nicht so prominent vertreten ist wie bei den Robotik-Startups (Abb. 2). Es ist auch möglich, dass diese Zahlen verzerrt sind, da innerchinesische Investitionen eventuell nicht in der Datenbank Crunchbase festgehalten sind. Das hieße, dass Investitionen in den chinesischen Robotikmarkt tatsächlich noch weitaus größer wären als Abb. 2 vermuten lässt.



Investitionen Deutscher Investoren oder an Deutsche Startups

Körber AG	DE	Magazino	DE	6 Mio. EUR
Zalando	DE	Magazino	DE	6 Mio. EUR
Index Ventures	CH	PEAT GmbH // Plantix App	DE	5 Mio. EUR
Daimler	DE	Starship Technologies	USA	2 Mio. EUR
Statkraft Ventures	DE	SkySpecs	USA	1 Mio. EUR
PROJECT A	DE	micropsi industries	DE	1 Mio. EUR
EQT Ventures	SWE	Wandelbots	DE	1 Mio. EUR
Paua Ventures	DE	Wandelbots	DE	1 Mio. EUR
WOLFMAN.ONE	DE	Lofelt	DE	1 Mio. EUR
Vito Ventures	DE	micropsi industries	DE	1 Mio. EUR
MIG AG	DE	KEWAZO	DE	1 Mio. EUR

Abbildung 4: Herkunftsland der Investitionen in Robotik-Start-ups 2017 und 2018 weltweit (oben) und für Deutschland (unten). (eigene Darstellung, Daten aus www.crunchbase.com).

Was Deutschland betrifft, so verbleiben fast alle Robotikinvestitionen im Lande (Abb. 4 unten). Nur Daimler und Statkraft Ventures tätigten in der untersuchten Zeitspanne kleine Investitionen in den USA. Im Gegenzug erhalten auch die deutschen Robotik-Start-ups Investitionsgelder fast ausschließlich durch deutsche Investoren. In nur zwei Fällen kamen Investitionen aus dem europäischen Ausland.

Zusammenfassend sind im Vergleich zu 2016 zwar deutliche Entwicklungen im deutschen und europäischen Robotik-Start-up-Markt erkennbar. Da sich jedoch auch der weltweite Robotikmarkt weiter auf Wachstumskurs befindet, bleibt nicht nur der Vorsprung von Nordamerika oder Asien erhalten, sondern besteht sogar die Gefahr, dass Deutschland und Europa noch weiter zurückfallen.

3 Stand der Technik

Die technischen Entwicklungen in der Servicerobotik hängen sehr stark von den verschiedenen Anwendungsgebieten ab:

Gesundheit

Neben Chirurgierobotern können Serviceroboter in allen Gebieten der Medizin (Diagnose, Therapie, anschließende Rehabilitation, Pflege und Betreuung, medizinische Ausbildung) sowie in der Unterstützung von Menschen mit Behinderungen oder mit gesundheitlichen Beeinträchtigungen eingesetzt werden. So wurden bedeutende Fortschritte beim Führen von Diagnosegeräten erzielt, besonders in der Radiologie und Biopsie. Auch in der Rehabilitation erreichen insbesondere Exoskelette mittlerweile einen hohen technischen Reifegrad und sind bereits prototypisch im Einsatz. Darüber hinaus existieren erste Serviceroboter-Systeme für die Telekommunikation bei Therapie und Pflege, die Therapie- und Rehabilitationsunterstützung, die emotionale Therapie (z. B. Autismus), als Sehhilfen, als teilautonome Rollstühle und als Assistenz für beeinträchtigte Personen (Haushalt, persönliche Hygiene, Mobilität).

Die aktuellen Herausforderungen liegen in der präzisen Steuerung der Roboter und ihrer Fähigkeit, auf die individuellen Bedürfnisse der Patienten einzugehen. Hierfür wird die Mensch-Roboter-Interaktion verbal, kognitiv und emotional weiterentwickelt werden müssen. Datenschutztechnische Bedenken und mangelnde Akzeptanz verhindern eine rasche Verbreitung der Telemedizin, für die Gesundheitsroboter eines der wichtigsten Instrumente zur Ausweitung des Angebots sind.

Feldrobotik

Die Feldrobotik umfasst den Einsatz von Robotern in natürlichen, unstrukturierten und großen Außenbereichen. Das derzeit prominenteste Beispiel sind Melkroboter. Aber auch in anderen Bereichen der Viehwirtschaft, bei Inspektionen („Monitoring", z. B. durch Drohnen mit intelligenter Bildverarbeitung), in der Forstwirtschaft, dem Bergbau sowie in der Tiefsee und sogar bei Weltraummissionen finden sich wichtige Anwendungsbereiche. Zu beobachten ist eine Diversifizierung weg von sehr großen, teuren und nur für große Landwirtschaftsbetriebe rentable Robotiklösungen hin zu kleineren, günstigeren und vielseitiger einsetzbaren Robotern.

Erste prototypische Roboter werden etwa bereits eingesetzt, um eine optimale Aussaat zu erzielen, Bewässerung und Ernte mit autonomen Fahrzeugen durchzuführen oder die Qualitätskontrolle durch Luftüberwachung sicherzustellen. Service-Roboter finden sich auch bei der automatischen Viehfütterung, der intelligenten Zaunumsetzung beim Abgrasen der Viehweiden, dem Pflanzen oder teilautonomen Fällen von Bäumen, dem automatisierten und regelmäßigen Kartografieren von Gebieten mithilfe von Drohnen, Detonations- und daran anschließende Stabilisierungsarbeiten im Bergbau, der Erkundung der Tiefsee und des Weltalls sowie der Beobachtung von Wartungsarbeiten. Nicht zuletzt sind Feldroboter auch ein wichtiges Instrument für die mithilfe Künstlicher Intelligenz (KI) optimierte Landwirtschaft. Sie werden beim sogenannten „Precision Farming" eingesetzt, um die digital berechneten Pläne zur zielgenauen Bewässerung, Aussaat oder Pestizideinsatz automatisiert durchzuführen.

In den kommenden Jahren sind für eine Erschließung der vollständigen Potenziale der Feldrobotik noch viele Herausforderungen zu lösen. So benötigen etwa Landwirtschaftsmaschinen eine komplexe Verarbeitung der Sensordaten sowie deren durchgängige Vernetzung, um autonom Feldarbeit verrichten zu können. Ernteroboter müssen so weit entwickelt werden, dass die heute noch notwendige manuelle Resternte auf ein Minimum reduziert wird. Zudem sind Ernten ein Saisongeschäft, sodass es bei Ernterobotern mitunter zu langen unproduktiven Standzeiten kommt, die die Rentabilität der Systeme infrage stellen kann. In der Forstwirtschaft scheitert eine weitergehende Autonomisierung derzeit daran, dass schwierige Umweltbedingungen eine komplexe Navigation erforderlich machen, die nach dem heutigen Stand der Technik noch eine große Herausforderung darstellt.

Logistik

Die größten Fortschritte in den letzten Jahren wurden in der Logistik erzielt. Gerade in Lagerhäusern sind fahrerlose Transportfahrzeuge (FTF) mittlerweile weit verbreitet und konnten sich gut am Markt etablieren. Erste Roboter kommen mittlerweile auch außerhalb von Lagerhallen zum Einsatz, zum Beispiel in Häfen, Flughäfen, Postzentren, Krankenhäusern und Büros. Auch erste autonome Kuriersysteme im öffentlichen Raum werden bereits getestet.

Außerhalb von Lagerhallen teilen sich autonome Logistiksysteme sehr häufig Arbeitsbereiche mit dem Menschen. Die Gewährleistung der Sicherheit in der Mensch-Roboter-Interaktion bei gleichzeitig hoher Effizienz stellt eine sehr große Herausforderung dar – das derzeitige Standardverhalten der Roboter ist sehr langsames Navigieren bis zum vollständigen Stopp. Außerdem können Logistikroboter sehr schlecht mit Hindernissen (Treppen etc.) umgehen, weshalb sie in der Regel immer noch relativ ebene Flächen benötigen. Daher wird sich ihr Einsatz in naher Zukunft vor allem auf Flächen ohne Barrieren fokussieren, wie sie sich etwa Lagerhallen, Supermärkten oder Krankenhäusern finden.

Haushalt

Der Staubsaugerroboter dominiert das Haushaltssegment. Daneben werden weitere Einsatzmöglichkeiten für Roboter im Haushalt erprobt, etwa als Haushaltshilfe und Assistent im Alltag (besonders auch als Hilfe für ältere und beeinträchtigte Personen), zur Übernahme weiterer Reinigungsarbeiten (Bodenreinigung, Fensterreinigung, Rasenmähen, Poolreinigung) oder zur Überwachung (Haus, Kinder, ältere/beeinträchtigte Personen, Haustiere). Dabei handelt es sich aktuell um Prototypen bzw. Nischenprodukte.

Zu den zentralen Herausforderungen gehört, dass private Haushalte selten barrierefrei sind (Türen, Treppen, Türschwellen) und viele Einsatzbereiche daher technologisch noch nicht erschlossen werden können. Bei der Reinigung kommt hinzu, dass Reinigungsroboter mehr Zeit benötigen und ein weniger gutes Ergebnis erzielen als manuelle Reinigungen. Obwohl die Roboter häufiger eingesetzt werden, ist manuelles Nacharbeiten immer noch notwendig. Darüber hinaus werden Fragen der Haftung zunehmend relevant. So sind etwa Fensterreinigungsroboter im Außeneinsatz eine potenzielle Gefahrenquelle für Menschen, da sie abstürzen können. Auch das autonome Navigieren und „Handeln" in komplexen, sich häufig ändernden Umgebungen wie einem typischen Haushalt bereitet Robotern immer noch Schwierigkeiten. Kommunikation und Interaktion mit dem Menschen waren bislang zu technisch und wurden oft nicht intuitiv genug gestaltet. Die neuesten, sehr vielversprechenden Entwicklungen der Sprachsysteme lassen hier jedoch kurzfristig hohe Einsatzpotenziale erwarten.

Unterhaltung

Abseits des offensichtlichen und derzeit dominierenden Einsatzes von Robotern als Spielzeugroboter ergeben sich weitere Anwendungsgebiete, die bisher von Nischenprodukten oder Prototypen bespielt werden. So können einfache, in ihrer Bewegungsfreiheit eingeschränkte, aber dennoch mobile Roboter auch der bei Freizeitgestaltung, für die Unterhaltung und die private Bildung genutzt werden. In Kombination mit Multimedia-Services können sie u. a. als Schnittstelle zur Cloud dienen und eine Alternative zu Tablets und ähnlichen mobilen Endgeräten darstellen. Das empfiehlt solche Roboter auch für den Einsatz in Bildungseinrichtungen und anderen öffentlichen Gebäuden.

Der Markt für Unterhaltungselektronik ist allerdings geprägt von preisbewussten Konsumenten. Komplexere Produkte mit entsprechend hohen Preisen setzen sich daher hier nur sehr schwer durch. Inwieweit entsprechend vereinfachte Systeme noch in der Lage sind, die oben erwähnten Anwendungen adäquat auszuführen, ohne den Endkonsumenten aufgrund mangelnder Fähigkeiten zu enttäuschen, ist derzeit nicht absehbar.

4 FuE-Entwicklungen

Auf europäischer Ebene wurde das bisher größte Budget für Robotik-Projekte von der EU-Kommission bereitgestellt. Das umfangreichste Programm ist die Public-Private-Partnership SPARC. Mit einem Gesamtfördervolumen von 700 Mio. EUR und einem angestrebten zusätzlichen Industriebeitrag von 2,1 Mrd. EUR für den Zeitraum 2014 bis 2020 handelt es sich nach eigenen Angaben um das größte zivile Robotik-Programm der Welt.

SPARC setzt sich für eine Stärkung der europäischen Robotik-Industrie ein sowie für die Nutzung europäischer Roboter in Fabriken, an Land, in der Luft und unter Wasser, in der Agrarwirtschaft, im Gesundheitssektor und in vielen anderen Bereichen mit ökonomischem und sozialem Einfluss. Gefördert wird die gesamte Wertschöpfungskette von der Forschung bis zur Fertigung. Allein im Jahr 2018 wurden im Rahmen des EU-Forschungsprogramms Horizon 2020 über 60 Robotik-Projekte mit einer Summe von mehr als 140 Mio. EUR auf den Weg gebracht. Die Projekte bedienen entweder direkt oder über ihre angestrebten Use-Cases alle wichtigen Marktsegmente. Besonders stark gefördert werden im professionellen Bereich Applikationen in der Fertigung sowie die Segmente Logistik und Gesundheit, da diese hohe Wachstumsprognosen aufweisen. Der Konsumentenbereich ist dagegen vor allem durch Entwicklungen geprägt, die nicht mehr als vorwettbewerblich gefasst werden können und daher auch nicht förderungsfähig sind. Eine ausführliche Übersicht dazu bietet auch das interaktive Online-Technologieradar zum Themenfeld Robotik: www.iit-berlin.de/technologieradar-robotik

Im Zentrum vieler Robotik-orientierten PAiCE-Projekte (siehe Projektpräsentationen in den folgenden Kapiteln 4.1 – 4.6) steht die Schaffung von Plattformen für Servicerobotik-Lösungen in den verschiedenen relevanten Anwendungsgebieten. Diese Plattformen sollen zur Erschließung eines Massenmarktes zweierlei leisten: Erstens die Anschaffungskosten und den Integrationsaufwand von Robotern deutlich senken und zweitens deren (intelligenten) Fähigkeiten stärker auf die Nachfrage der Nutzer ausrichten. Kosten lassen sich insbesondere durch die vereinfachte Wiederverwendung von Teillösungen bei der Systemintegration einsparen und damit genau in dem Bereich, der heute noch den größten Anteil an der Investition von Servicerobotik-Lösungen im professionellen Bereich ausmacht. Servicerobotik-Plattformen ermöglichen es, Serviceroboter künftig stärker arbeitsteilig zu entwickeln. Damit eröffnen sie das Potenzial, innovative Ideen auf Basis bereits bestehender und wiederverwendbarer Lösungen, verfügbarer Standardkomponenten und Dienstleistungsangebote schneller und kostengünstiger zu realisieren. In PAiCE werden diese Ansätze von den Plattformprojekten RoboPORT (siehe Kapitel 4.1), RoboTOP (siehe Kapitel 4.2) und SeRoNet (siehe Kapitel 4.3) verfolgt, die sich auf verschiedene Aspekte des Beschaffungs- und Softwareentwicklungsprozesses von Robotern im B2B-Geschäft konzentrieren. In dem Kontext sind zwei aktuell laufende EU-Projekte besonders hervorzuheben: ROSIN und RobMoSys.

Das Projekt RobMoSys[4] hat zum Ziel, durch die Verwendung modellgetriebener Methoden und Werkzeuge und deren Anwendung auf bereits existierende Technologien, eine Integration der unterschiedlichen Robotik-Komponenten zu gewährleisten. Bereits entwickelte Tools sollen für den weiteren Einsatz verbessert werden. Auf den Weg gebracht werden soll so ein europäisches Software-Ökosystem für eine offene, nachhaltige und industrietaugliche Entwicklung der Robotik. Dabei setzt das Konsortium unter anderem auf das von der Hochschule Ulm vorangetriebene Open-Source-Framework SmartSoft[5]. Die Hälfte der insgesamt

4 www.robmosys.eu/ (zuletzt abgerufen am 01.06.2019).
5 www.servicerobotik-ulm.de/drupal/?q=node/19 (zuletzt abgerufen am 01.06.2019).

8 Mio. EUR für die Förderung des RobMoSys-Projekts werden durch Open-Calls im Rahmen von Wettbewerben der Robotik-Community zur Verfügung gestellt, um das geplante Ökosystem mit konkreten Anwendungsbeispielen aus unterschiedlichen Domänen auszubauen.

Das Projekt ROSIN[6] hat sich zum Ziel gesetzt, die Verfügbarkeit und Qualität von Softwarekomponenten für die Robotik zu verbessern. Dabei setzt das Projekt vor allem auf die Weiterentwicklung des bestehenden Robot Operating Systems ROS und dessen auf Fabrikautomation spezialisierten Ableger ROS-Industrial[7]. Analog zum RobMoSys-Projekt werden auch in ROSIN mehr als 3 Mio. EUR (ca. 50 Prozent der Gesamtfördersumme) für sogenannte Focused Technical Projects der Robotik-Community bereitgestellt, um spezifische Servicerobotik-Applikationen auf Basis von ROS-Industrial zu entwickeln. Analoge Entwicklungen mit Bezug auf ROS und ROS-Industrial werden aktuell auch in dem EU-Projekt micro-ROS[8] verfolgt.

Die Bedürfnisse europäischer KMUs werden gezielt in dem mit 8 Mio. EUR geförderten Projekt „European SMEs Robotics Applications“[9] adressiert. Durch Open-Calls können sowohl Unternehmen als auch Forschungseinrichtungen partizipieren. In eine ähnliche Richtung zielt das mit 16 Mio. EUR geförderte Projekt DIH^2[10], welches initial 26 Europäische Robotik Innovation Hubs vernetzt. Durch Synergien und Bündelung der Kräfte und Kompetenzen soll eine Art „Super Innovation Hub“ entstehen, der effektiver ist als die Summe der einzelnen Hubs. Start-ups haben die Möglichkeit, in ihrer Wachstumsphase am mit 8 Mio. EUR geförderten Projekt „Stimulate ScaleUps to develop novel and challenging TEchnology and systems applicable to new Markets for ROBOtic soLUTIONs“[11] teilzunehmen. Erst im Januar 2019 startete das Projekt TRINITY[12] (Digital Technologies, Advanced Robotics and increased Cyber-security for Agile Production in Future European Manufacturing Ecosystems). Dabei werden mit einem Gesamtbudget von ca. 16 Mio. Euro durch Open-Calls in 2020 und 2021 insbesondere KMUs mit einer individuellen Unterstützung von bis zu 300.000 EUR adressiert, um Robotik-Demonstratoren im Bereich der Fertigung zu implementieren.

Bei den PAiCE Robotikplattformprojekten nimmt RoboPORT eine Sonderstellung ein, da es sich mit einem Open-Innovation Ansatz auf die Phase der Ideenfindung, die Unterstützung des Innovationsprozesses und Crowd-Sourcing konzentriert. Derlei Technologie wird auf der Ebene der europäischen Projektförderung derzeit nur im Rahmen von themengebunden Projekten gefördert wie etwa bei Toylabs[13] für die Spielzeugindustrie (1 Mio. EUR Projektförderung). Das mit 10 Mio. EUR ausgestattete Maker-Community-Building Projekt POP MACHINA[14] zur Förderung herstellerübergreifender Innovationen oder das mit 4 Mio. EUR geförderte Urban Mobility Projekt SPROUT[15] sind Beispiele für Projekte, bei denen sich die Förderung allein auf das Open-Innovation Format bezieht.

Die PAiCE Robotikprojekte QBIIK, AutARK und BakeR stellen sich Herausforderungen, die die Servicerobotik meistern muss, um den Einzug in Aufgabenbereiche zu halten, die bis-

6 www.rosin-project.eu/ (zuletzt abgerufen am 01.06.2018).
7 www.rosindustrial.org/ (zuletzt abgerufen am 01.06.2018).
8 https://cordis.europa.eu/project/rcn/213167/factsheet/en
9 http://www.esmera-project.eu
10 https://cordis.europa.eu/project/rcn/219069/factsheet/en
11 https://cordis.europa.eu/project/rcn/213099/factsheet/en
12 www.trinityrobotics.eu
13 http://www.toylabs.eu/
14 https://cordis.europa.eu/project/rcn/223276/factsheet/en
15 https://cordis.europa.eu/project/rcn/223186/factsheet/en

her nur von Menschen erledigt werden können und die Zusammenarbeit mit Menschen erfordern (Mensch-Roboter-Kollaboration, MRK). Dies beinhaltet die Flexibilisierung des Aufgabenrepertoires (BakeR), die Automatisierung der Arbeitsteilung zwischen Mensch und Roboter (QBIIK) und sehr hohe Sicherheitsstandards, um die körperliche Unversehrtheit der mit dem Roboter interagierenden Menschen zu garantieren (AutARK). Zu solchen Zukunftsthemen der MRK werden europäische Fördermittel in verschiedenen Kontexten zur Verfügung gestellt, u. a. im H2020 RIA DT-FOF-02-2018 „Effective Industrial Human-Robot Collaboration". Ein Beispiel dafür ist ROSSINI[16] (8 Mio. EURO), das mit einer Plattform auf ein durchgängiges, flexibles und sicheres Engineering von MRK Lösungen zielt und damit die meisten der PAiCE Robotikprojekte tangiert. Ein Control-Switching zwischen einem autonomen Roboter und der Fernsteuerung durch einen Menschen für schwierige Greifaufgaben, wie er in QBIIK entwickelt wird, kommt auch im H2020 Projekt PICKPLACE (3 Mio. EUR Förderung) zum Einsatz.

Zentral für die Entstehung eines effizienten und leicht zugänglichen Servicerobotik-Angebots ist die Abstimmung zwischen den verschiedenen Initiativen auf standardisierte Bausteine. Dies betrifft insbesondere die maschineninterpretierbare Beschreibung von funktionalen und nichtfunktionalen Eigenschaften der Hardware- und Softwarekomponenten, die Interoperabilität der verschiedenen Komponenten und die Integration verschiedener Schnittstellen sowie Kommunikationsprotokolle über eine Verwaltungsschale. Nur eine solche Standardisierung ermöglicht die effiziente Entwicklung neuer und die Wiederverwendung bestehender Bausteine im Rahmen eines durchgängigen Engineerings. Bei der Entwicklung von Schnittstellen, Standards und (Meta-) Modellen stimmen sich die einzelnen PAiCE-Projekte kontinuierlich ab. Zusätzlich wird im Rahmen der Fachgruppe „Vertrauenswürdige Architekturen" der Begleitforschung zusammen mit den Projekten ein Whitepaper erarbeitet, dass diese Entwicklungen und ihre Motivation technischen und strategischen Entscheidungsträgern in Unternehmen nahebringen soll und Handlungsempfehlungen für die Politik identifiziert. Einzelne Projektpartner aus den PAiCE-Projekten sind außerdem integraler Bestandteil der beiden oben erwähnten zentralen EU-Projekte RobMoSys und ROSIN.

16 https://www.rossini-project.com/

5 Projekte

Im Zentrum der Förderprojekte RoboPORT, RoboTOP und SeRoNet steht die Schaffung von Plattformen für Servicerobotik-Lösungen, die sich auf verschiedene Aspekte des Beschaffungs- und Softwareentwicklungsprozesses von Robotern im B2B-Geschäft konzentrieren. Die PAiCE-Förderprojekte QBIIK, AutARK und BakeR stellen sich Herausforderungen, die die Servicerobotik meistern muss, um den Einzug in Aufgabenbereiche zu halten, die bisher nur von Menschen erledigt werden können und die Zusammenarbeit mit Menschen erfordern.

Der Fortschritt der sechs Förderproejkte seit Beginn des Technologieprogramms PAiCE wird auf den folgenden Seiten dargestellt.

AutARK

Autonomes Assistenzsystem zur Unterstützung von MRK-Montageprozessen

Kurzsteckbrief

Im Projekt AutARK wird ein autonomes Assistenzsystem für die Mensch-Roboter-Kollaboration (MRK) in der Montage entwickelt. Das System besteht aus verschiedenen Sensoren und einem Framework, das die Sensordaten verarbeitet. Systemunabhängig kann es an bestehende Robotik-Einheiten angeschlossen werden. Das Assistenzsystem gewährleistet die Sicherheit des Menschen und ermöglicht zudem dessen Entlastung in ergonomisch ungünstigen Arbeitssituationen. Außerdem kann das System zu Schulungszwecken genutzt werden.

https://www.autark-projekt.de/

Aktuelles aus dem Projekt

Das Projekt AutARK ist 2018 angelaufen. Damit Menschen und Roboter direkt zusammenarbeiten können, müssen die Roboter ihre Schutzzonen verlassen und hinter den Schutzzäunen hervorkommen, die sie jahrzehntelang aus Sicherheitsgründen umgaben. Um Kollisionen auch unter diesen Bedingungen zu vermeiden, bedarf es neuer, innovativer Schutzvorkehrungen. Benötigt werden dafür zum Beispiel Sensorkonzepte, die flexibel in die bestehenden Montagelinien und weitgehend unabhängig von bestimmten Robotertypen eingesetzt werden können. Hierzu gehören auch sogenannte körpernahe Assistenzsysteme für den Menschen, die z. B. durch in Kleidungsstücken integrierte Sensoren eine sichere Mensch-Roboter-Kollaboration ermöglichen.

Im Projekt AutARK werden innovative Lösungsansätze und Technologien der Mensch-Roboter-Kollaboration erprobt und auf ihre Marktfähigkeit in Montage- und Qualifizierungsanwendungen in der Industrie geprüft. Zielgruppe sind insbesondere produzierende und ausbildende Betriebe in Deutschland. Ziel ist es, eine ergonomisch optimierte MRK-Anwendung zu entwickeln, die auf der Fusion verschiedener Sensordaten basiert. Sie soll neben der unterstützenden Funktion zusätzlich eine interaktive Kompetenzentwicklung im Rahmen halbautomatischer Montage- und Qualifizierungsprozesse ermöglichen.

In die Kleidung integrierte Sensoren erfassen permanent den Standort und die Bewegungen des Menschen. Diese Informationen werden mit den Daten aus weiteren Sensoren und der Robotersteuerung zusammengeführt. Die dezentral über die Sensoren und die Robotersteuerung gewonnenen Daten werden miteinander aggregiert und im AutARK-Sensor-Framework verarbeitet. Das System steuert dann auf Basis der Daten autonom die angeschlossene Robotik-Einheit an, also etwa einen Roboterarm. Dies geschieht in Echtzeit, um eine funktional-sichere Mensch-Roboter-Kollaboration zu ermöglichen.

Eine wesentliche Innovation der Projektidee besteht darin, dass sich das Verhalten des Roboters an die Arbeitssituation des Menschen anpasst. Dazu gehören der konkrete Arbeitsprozess und die Umgebungsbedingungen, aber auch Faktoren wie die Körpergröße des mit dem System arbeitenden Menschen. Darüber hinaus soll der Mensch in seiner Tätigkeit qualitativ unterstützt werden, etwa durch eine Rückmeldung des Systems, ob die jeweilige Tätigkeit angemessen ausgeführt wurde. Besonderer Wert wird bei der Entwicklung auf zwei Faktoren gelegt: Die funktionale Sicherheit des Systems, sodass auch im Fehlerfall keine Gefahr vom Roboter ausgeht, und die Systemunabhängigkeit. Durch die angestrebte Systemunabhängigkeit soll die Lösung auch in anderen industriellen Anwendungsfeldern eingesetzt werden können.

Das zu entwickelnde System wird in zwei Szenarien erprobt. Im ersten Szenario geht es um die Entlastung der Mitarbeiter bei der Montage von Transformatoren mit einem Gewicht bis zu 50 kg. Diese Tätigkeit ist geprägt von manuellen Prozessen, die sich größtenteils nicht automatisieren lassen. Ziel ist die MRK-unterstützte Durchführung dieses Prozesses unter Einhaltung ergonomischer Anforderungen. Mitarbeiter sollen dadurch entlastet und gleichzeitig eine altersunabhängige langfristige Beschäftigungsmöglichkeit an bisher ergonomisch nicht optimalen Arbeitsplätzen geschaffen werden. Im zweiten Szenario geht es um die MRK-unterstütze Ausbildung von Schweißern. Hier steht die interaktive Kompetenzentwicklung im Vordergrund. Zielgruppe sind Auszubildende, Fachkräfte und Meister, die im Schweiß-Prozess unterstützt und angeleitet werden sollen.

Komponentensuche auf der SeRoNet Plattform https://www.robot.one

Konsortium

Pumacy Technologies AG (Konsortialführer), Arend Prozessautomation GmbH, BIBA - Bremer Institut für Produktion und Logistik GmbH, BLOCK Transformatoren-Elektronik GmbH

Ansprechpartner

Dr. Bernd Bredehorst, Pumacy Technologies AG
bernd.bredehorst@pumacy.de

BakeR

Baukastensystem für kosteneffiziente, modulare Reinigungsroboter

Kurzsteckbrief

Übergeordnetes Ziel des Projekts BakeR ist die Entwicklung eines universell einsetzbaren Serviceroboters, der durch wiederverwendbare Software- und Hardwaremodule auf individuelle Arbeitsgänge angepasst werden kann. Im Rahmen des Projekts soll dafür exemplarisch eine mobile Roboterplattform entwickelt werden, die mit verschiedenen Modulen zur automatisierten Reinigung ausgestattet wird. Der daraus entstehende Prototyp eines Roboters, der die benötigten Module je nach Ort und Putzvorgang auswählen und aufnehmen kann, soll in der Büroreinigung getestet werden.

www.baker-projekt.de

Aktuelle Entwicklungen aus dem Projekt

Im Rahmen des bisherigen Projektverlaufs wurden das geplante Einsatzszenario des mobilen Reinigungsroboters und daraus abzuleitende Anforderungen an die technische Umsetzung im Detail ausgearbeitet. Ebenso wurde ein Gesamtkonzept für die Roboterhardware entwickelt, das neben einer mobilen, autonom navigierenden Basisplattform und wechselbaren Reinigungsmodulen auch einen Roboterarm beinhaltet, der für das Öffnen von Türen, Verrücken von Stühlen sowie für das Leeren von Papierkörben genutzt werden kann.

In einer ersten Stufe wurde der Prototyp eines integrierten Nassreinigungsroboters aufgebaut, der einen modifizierten i-Mop des Projektpartners Kenter für die Reinigung nutzt. Die Navigation des Roboters basiert auf im Rahmen des Projekts entwickelten Softwarekomponenten für die Segmentierung von Grundrissen in einzelne Räume, die Berechnung einer optimalen Reinigungsreihenfolge sowie die Generierung von systematischen Fahrmustern für die Inspektion oder flächige Reinigung in den Räumen. Eine graphische Benutzeroberfläche am Touchscreen des Roboters ermöglicht dessen einfache und intuitive Steuerung durch das Reinigungspersonal. Darüber hinaus wurde in enger Abstimmung mit dem im Projekt beteiligten Anwendungsvertreter Dussmann eine Schnittstelle zur Übernahme der Daten aus dem Raumbuch und dem Revierplan programmiert, sodass die Beschreibung der durchzuführenden Reinigungsleistungen dem Roboter zur Verfügung gestellt werden kann. Im Rahmen diverser Labor- und Praxistests wurde das Gesamtsystem (Hardware und Software) kontinuierlich weiterentwickelt und optimiert. Besonders hervorzuheben sind in diesem Zusammenhang die erfolgreiche Präsentation des Roboters auf der Automatica 2018 sowie die Testwoche im Universitätsklinikum Leipzig, während der mehrere Mitarbeiter von Dussmann den Roboter ausprobieren konnten. Sie gaben dabei Feedback zur Bedienung (Ansteuerung über die graphische Benutzeroberfläche), aber auch zum Durchführen von Servicetätigkeiten wie Bürstenwechsel oder Reinigung des Roboters sowie zur Performance (Flächenabdeckung und Reinigungsleistung). Aktuelle Arbeiten beschäftigen sich mit der automatisierten Prüfung des Reinigungsergebnisses. Dabei geht es um die Erkennung von Schlierenbildung durch eine suboptimal wirkende Absaugeinheit oder eine verschmutzte Abziehlippe. Erste Ergebnisse der neu entwickelten visuellen Erkennungsmethode sind vielversprechend.

Das Modul für die Trockenreinigung basiert auf einem handelsüblichen Akku-Staubsauger, der für die Integration in den Roboter angepasst wurde. Mithilfe einer speziellen Aktorik kann der Bürstenkopf des Saugers vor, zurück und seitlich bewegt werden, wodurch auch schwer zugängliche Bereiche wie Bodenflächen unter Tischen gut erreichbar werden. Dieses Modul wurde bisher als separates System aufgebaut, in Betrieb genommen, getestet und

Parameter für eine ideale Saugleistung identifiziert. Während des Staubsaugens soll die zu reinigende Fläche nicht wie bei der Nassreinigung komplett abgefahren werden, stattdessen sucht der Roboter gezielt nach Verschmutzungen. Dafür wurde eine neue Softwarekomponente für die kombinierte Schmutz- und Objekterkennung entwickelt. Diese erkennt am Boden liegende Gegenstände und kann unterscheiden, ob es sich dabei um Schmutz oder typische Büroartikel handelt, die nicht entfernt werden dürfen.

Der Roboterarm, bestehend aus einer Linearachse, einem Gelenkarm mit vier Freiheitsgraden sowie einem speziell für das Anwendungsfeld entwickelten Greifer wurde zunächst ebenfalls als separates System aufgebaut und in Betrieb genommen. Des Weiteren wurde eine Bahnplanungskomponente für das Anfahren vorher errechneter Greifpositionen implementiert, wobei die Bewegungen von Linearachse und den weiteren Gelenkachsen synchronisiert werden. Für die Erkennung der zu manipulierenden Objekte wie Türen oder Stühle wurde eine Softwarekomponente für die semantische Umgebungssegmentierung implementiert. Aktuelle Arbeiten beschäftigen sich damit, die entwickelten Erkennungs- und Manipulationsfunktionen final zusammenzuführen.

Bei der Softwareentwicklung steht ebenso wie bei der Hardware eine modulare Gesamtstruktur im Vordergrund. Die verschiedenen Softwarekomponenten, etwa zur Navigation, Schmutzerkennung oder Objektmanipulation, sowie deren Zusammenspiel und Schnittstellen werden unter Berücksichtigung von durchgängiger Plug-and-Play-Funktionalität entwickelt.

Bis zum Projektabschluss im September 2019 sollen die oben genannten Einzelkomponenten in den Gesamtdemonstrator integriert und dieser sowohl in den Laboren der Projektpartner, bei Dussmann in Berlin und final auf der CMS Messe vom 24.–27. September in Berlin präsentiert werden.

Erprobung des BakeR-Reinigungsroboters im Universitätsklinikum Leipzig (Quelle: Dussmann Group/Fotograf Kay Herschelmann)

Konsortium

Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA (Konsortialführer), Dussmann Service Deutschland GmbH, KENTER Bodenreinigungsmaschinen Vertriebs- und Service GmbH, MetraLabs GmbH Neue Technologien und Systeme, AMTEC Robotics Consult (Unterauftragnehmer)

Ansprechpartner

Dr. Birgit Graf, Fraunhofer IPA
birgit.graf@ipa.fraunhofer.de

QBiik

Autonomer, lernender Logistikroboter mit Greifsystem und Mensch-Maschine-Schnittstelle

Kurzsteckbrief

Im Projekt QBIIK werden die Vorteile der autonomen Technologien mit den Fähigkeiten des Menschen kombiniert. Ziel ist die Entwicklung eines lernfähigen autonomen Kommissionierungssystems. Dabei handelt es sich um ein dezentral gesteuertes Fahrzeug mit Greifroboter. Das Fahrzeug orientiert sich selbst im Raum, navigiert autonom zum Ziel und greift nach der benötigten Ware. Über eine Mensch-Maschine-Schnittstelle besteht die Möglichkeit, ferngesteuerte Unterstützung vom Menschen per Virtual-Reality-Benutzerschnittstelle anzufordern.

www.qbiik.de

Aktuelle Entwicklungen aus dem Projekt

Im Förderprojekt QBIIK wurde 2017 mit der Planung und Konstruktion des Gesamtdemonstrators begonnen. Als Ergebnis soll ein Fahrzeug präsentiert werden, dass grundsätzlich fähig ist, autonom zu agieren und sich um den Nachschubprozess von Durchlaufregalen eines Warensupermarktes kümmert. Im Logistikzentrum des Konsortialpartners Audi Sport werden hierfür sogenannte Fächerwagen eingesetzt, die bisher manuell entladen werden. Das Fahrzeug kann an die Wagen ankoppeln und sie selbstständig an den gewünschten Ort im Supermarkt bringen. Dort angekommen, können mit dem neu entwickelten Greifer diverse Kleinladungsträger (KLT) aus dem Fächerwagen entnommen und mithilfe des Drehtisches im Durchlaufregal abgelegt werden. Die Konstruktionsphase wurde von der Bär Automation GmbH ausgeführt und befasste sich bislang mit den Baugruppen der Roboterkonsole, Drehtisch, Laserscanner, Batteriemodul, Kopplung und Robotergreifer. Der Konstruktionsentwurf des Demonstrators ist als Rendering in nebenstehender Abbildung dargestellt.

Um den gesamten Demonstrator sicher betreiben zu können, hat die Still GmbH im Rahmen des Forschungsprojektes eine Risikoanalyse durchgeführt. Dabei wurden 116 Gefahren erkannt und entsprechende Maßnahmen zur Vermeidung definiert und dokumentiert. Zum Beispiel werden Kollisionen des vergleichsweise schnell fahrenden Fahrzeugs, aber auch des Roboters, mit Mitarbeitern oder Gegenständen durch einen virtuellen „Schutzzaun" verhindert. Die Sensoren am Demonstrator erfassen die Umgebung und können so den Sicherheitspuffer bestimmen.

Am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) wurde die Integration der Sensoren in den Greifer geplant. Dabei handelt es sich hauptsächlich um eine 3D-Kamera sowie taktile Näherungssensoren mit kapazitivem Wirkprinzip. Die Näherungssensoren können Position und Abstand von Objekten in der Nähe erkennen und sogar Berührungen mit Positionsanagaben an die Steuerung melden. Des Weiteren wurden Objekterkennung, Steuerungsschnittstellen sowie die Teleoperation des Roboters über die virtuelle Realität bereits am realen Roboter erprobt. Über eine Cloudanbindung wird ein Fahrzeug übergreifendes Lernen erprobt.

Die VR-Teleoperation des Roboters wurde am Institut für Fördertechnik und Logistiksysteme (IFL) auch auf einem verkleinerten Demonstrator integriert, welcher mit einem Roboter des Herstellers Franka Emika ausgestattet ist. Der Demonstrator zeigt neben der Teleoperation des Roboters die Möglichkeiten des visuellen Feedbacks einer 3D-Kamera über eine Netzwerkschnittstelle sowie die Fähigkeiten der autonomen Kommissionierung. Der Demonstrator wird erstmalig am 10.07.2019 auf dem Innovationstag des KIT ausgestellt.

Greifrobotor auf einer mobilen Plattform (Quelle: KIT)

Konsortium

Bär Automation GmbH (Konsortialführer), Audi Sport GmbH, Karlsruher Institut für Technologie (KIT): Institut für Fördertechnik und Logistiksysteme (IFL) und Intelligente Prozessautomation und Robotik (IPR), Still GmbH

Ansprechpartner

Jonathan Dziedzitz, Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
jonathan.dziedzitz@kit.edu

RoboPORT

Crowd-Engineering in der Robotik: Webplattform für Ideen- und Prototypenentwicklung

Kurzsteckbrief

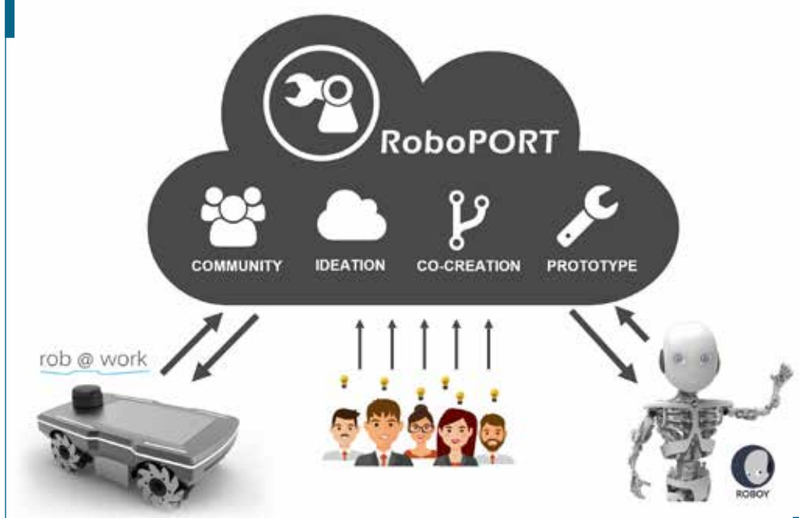
Das Projekt RoboPORT hat sich den Aufbau einer interdisziplinären Community in der Servicerobotik zum Ziel gesetzt. Mithilfe der im Projekt entwickelten RoboPORT-Plattform – sowie der Anwendung kollaborativer Ansätze aus Open Innovation und Co-Creation soll die Initiative insbesondere die Generierung von Innovationen und deren effektive Überführung in Prototypen unterstützen. Der in der Softwareentwicklung bereits weit verbreitete Community-Ansatz hat das Potenzial, auch die Entwicklung von Robotik-Hardware zu reformieren. Auf der Plattform werden zahlreiche kollaborative Entwicklerwerkzeuge, eine Bibliothek für Open-Source-Robotik sowie Wissens- und Projektmanagement-Tools bereitgestellt.

www.roboport.io

Aktuelle Entwicklungen aus dem Projekt

Eine der wichtigsten aktuellen Weiterentwicklungen der RoboPORT-Plattform – die bereits der Beta-Community zugänglich gemacht wurde – ist der Talent-Pool. Der Talent-Pool ist das Community-Modul der RoboPORT-Plattform. Ähnlich wie bei beruflichen Netzwerken wie Xing ermöglicht es das Anlegen eines detaillierten fachlichen User-Profils, von Event-Hinweisen und vielem mehr.

Der Community-Aspekt ist auf der RoboPORT-Plattform ein zentrales Element, um projektübergreifende Kooperation und Vernetzung von Entwicklern zu ermöglichen. Nach dem Vorbild von GitHub stehen auf RoboPORT nicht nur das Projekt und dessen Entwicklungsdaten im Zentrum, sondern vor allem der einzelne Entwickler mit seinen Beiträgen zu den Projekten. Die Entwickler können ihre Fähigkeiten und Erfahrungen im Profil hinterlegen, sich mit



Das RoboTOP-Ökosystem. (Quelle: RoboTOP)

ihrem jeweiligen Fachwissen, ihren Fähigkeiten und Ressourcen in Projekten einbringen und Anerkennung für Projekt-Beiträge sammeln. Um die Entwickler zu motivieren und die Zusammenarbeit für alle wirtschaftlich zu machen, entwickelt RoboPORT derzeit verschiedene Anreizsysteme für die Gewichtung und Nachvollziehbarkeit von Entwicklungsleistungen – beispielsweise unter Einbeziehung von Blockchain und neuer digitaler Geschäftsmodelle.

Der Schwerpunkt der derzeitigen Aktivitäten liegt darauf, eine Community aufzubauen und diese sowohl virtuell auf der Plattform als auch real in Form von verschiedenen Veranstaltungsformaten, aktuell meist Makeathons, zu stärken. So soll die Basis dafür entstehen, hochqualifizierte Talente für die Beteiligung in RoboPORT zu gewinnen und sie bei der gemeinsamen Lösungsentwicklung zu unterstützen.

Hierfür können Studierende und vorwiegend junge Entwickler auf der Plattform ein Profil im Sinne eines „Fingerprints“ erstellen und ihre Kenntnisse und Fähigkeiten darbieten. Sie können technische Probleme und Ideen präsentieren und gemeinsam im Sinne der „Co-Creation“ und „Ideation“, zunächst virtuell, diskutieren und Lösungen identifizieren. So können sich auch direkt Teams bilden, die dann außerhalb der Plattform in den genannten Hackathons gemeinsam Projekte realisieren. Davon finden aktuell vier pro Jahr statt mit jeweils mindestens 50 Teilnehmern. Die RoboPORT-Plattform unterstützte beispielsweise den von der TUM organisierten Hackathon „Think.Make.Start“ oder auch den des Inkubators „Let US start“ der Universität Stuttgart. Ein drittes, von RoboPORT unterstütztes Format ist der Smart City „Robotics Makeathon“ im Rahmen der Morgenstadt-Werkstatt.

Ein Zugewinn für den realen Community-Aufbau RoboPORT ist, dass die UnternehmerTUM Projekt GmbH als Projektpartner gewonnen wurde und neuen Schwung in das Thema der Community-Aufbau brachte. Die Firma ist eng verbunden mit der Technischen Universität München und verfügt über ein internationales Netzwerk, das Gründer und Start-ups von der ersten Idee bis zum Börsengang unterstützt.

Nicht zuletzt möchte RoboPORT perspektivisch auch mithilfe kostenlos bereitgestellter Infrastruktur und Entwicklungstools sicherstellen, dass die Entwicklungen aus den Hackathons weiterverfolgt und umgesetzt werden können und nicht nach Ende der Veranstaltung beendet werden.

Zur dauerhaften Etablierung einer proaktiven Kern-Community auf der Plattform, wurden mehrere spannende Pilot-Use-Cases aus der Servicerobotik für RoboPORT ausgewählt. Um die verteilten Entwicklungsprozesse der Pilot-Use-Cases auf der Plattform abzubilden, wurde diese weiterentwickelt, sodass sie nun einer breiten Entwickler-Community zugänglich sind. Thematisch erfasst werden unterschiedliche Bereiche der Servicerobotik: von der Haushalts-Servicerobotik („Laundry Care“ von BSH) über mobile Plattformen (rob@work [mini] vom Fraunhofer IPA) bis hin zu humanoiden Robotersystemen (Roboy von TUM).

Konsortium

Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA (Konsortialführung), BSH Hausgeräte GmbH, General Interfaces GmbH, innosabi GmbH, Universität Stuttgart, UnternehmerTUM GmbH

Ansprechpartner

Maik Siee, Fraunhofer IPA
maik.siee@ipa.fraunhofer.de

ROBOTOP

Offene Plattform für Roboter-Anwendungen in Industrie und Service

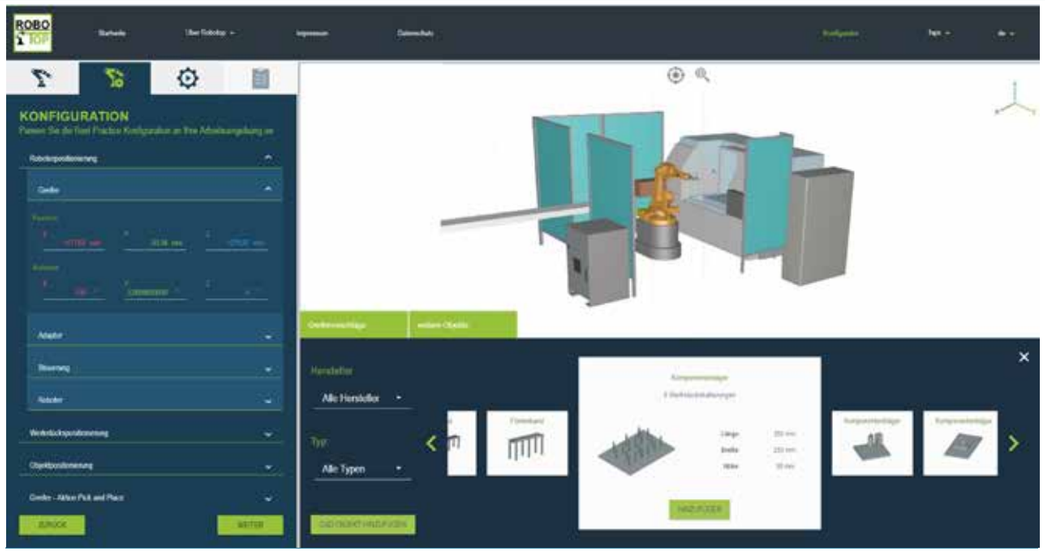
Kurzsteckbrief

Im Projekt ROBOTOP wird eine offene Plattform entwickelt, die den Massenmarkt für Roboter in Service-, Logistik- und Fertigungsanwendungen erschließen soll. Auf der Plattform lassen sich intelligent standardisierte und wiederverwendbare Hardware- und Peripherie-Komponenten zu individuellen Servicerobotik-Lösungen kombinieren. Vor der eigentlichen Installation können die Lösungen durch 3D-Simulationen auf ihre Passfähigkeit untersucht werden. So können die notwendigen Aufwände für Angebots- und Engineering-Entwicklungen sowie die Kosten für die Planung und Gestaltung von industriellen Robotik-Lösungen deutlich reduziert werden.

www.robotop-konfigurator.de

Aktuelle Entwicklungen aus dem Projekt

Im Rahmen des Projekts ROBOTOP wird eine Plattform entwickelt, die eine anwendungsorientierte Konfiguration von flexiblen Roboterlösungen anhand von individuellen Nutzeranforderungen ermöglicht. In einem ersten Schritt wurde eine Klassifizierung von Fertigungsprozessen durchgeführt und ein Abfrage-Tool zur standardisierten Aufnahme von Use-Cases aus der Industrie und den verbundenen Anforderungen umgesetzt. Ausgearbeitet wird des Weiteren derzeit eine funktionsorientierte Untergliederung der Teilprozesse mit Verknüpfung zu Lösungen aus dem aktuellen Fertigungsumfeld (Best Practice). Kernziel ist dabei die Entwicklung einer datenbankbasierten, funktionsorientierten Architektur für einen Robotik-Baukasten. Dieser Baukasten fokussiert sich auf die flexible Integration von Robotik-Applikationen mit minimalem Engineering-Aufwand.



Prototyp des ROBOTOP-Konfigurators (Quelle: www.robotop-konfigurator.de)

Für die Auslegung von Automatisierungslösungen wurden mehrere reale Prozesse mit verschiedenen Tätigkeitsanforderungen an Roboter systematisch analysiert. Hieraus konnte bereits ein erstes Set an relevanten Informationen und Attributen abgeleitet werden, die später eine einheitliche, generische Beschreibung der Lösungen zulassen. Auf der Grundlage der generischen Beschreibung kann die ganzheitliche und herstellerunabhängige Beschreibung der Komponenten in AutomationML (Automation Markup Language) erfolgen, die dem Nutzer als Export zu Verfügung steht. Zudem entstand ein Entwurf für eine systematische Abarbeitung der einzelnen Arbeitsschritte und für die Generierung von Automatisierungslösungen. Komplementär hierzu entstand ein strukturierter Fragenkatalog, mit dem sich die Automatisierbarkeit von manuell geprägten Fertigungsumgebungen aufwandsgerecht ermitteln lässt. Dieser führt den Nutzer im ersten Prototyp der Webplattform gezielt durch die Thematik. Für die zukünftige Auswertung dieses Fragebogens wurden bereits erste industriell umgesetzte Best Practices erhoben, bei denen Mitarbeiter mit Leichtbaurobotern interagieren. Im Rahmen des Teilprojekts AutoStaR („Automatisiertes Engineering für Standardisierte Roboter-Anwendungen“) entsteht das Modell eines automatisierten Engineeringprozesses, der die erforderlichen Projektphasen und die beteiligten Rollen berücksichtigt.

Die Web Plattform von ROBOTOP bietet die Möglichkeit, einen Roboter nach eigenen Ansprüchen auf Basis einer Best Practice Lösung zu konfigurieren und zu simulieren. Der für ROBOTOP entwickelte Fragenkatalog hilft dabei, die für KMU erforderlichen Best Practice Lösungen auszuwählen. Je nach Anwendungsfall können Komponenten aus dem Baukasten für eine individuelle Lösung zusammengefügt und dargestellt werden.

Das Teilprojekt „OPERA – Operation, Plattform, ERP, Roboter, Architektur“ hat, basierend auf den Anforderungen des Fragenkatalogs, das Front End implementiert und die auf dem Server laufende Datenbank mit den erforderlichen Attributen und dem Regelwerk im Back-End realisiert. Auf Basis dieser Informationen wurde ein erster Prototyp entwickelt. Die im Prototyp konfigurierte Lösung kann mit Hilfe der intuitiven 3D-Visualsierung auf der Web Plattform als Prototyp simuliert werden.

Elementar für den Erfolg der Plattform ist die Bereitstellung eines nutzerfreundlichen Konfigurators. Die Oberfläche wird über den Ansatz der nutzerorientierten Gestaltung entwickelt, auf deren Basis die Nutzerführung iterativ optimiert wird. Die umfangreiche Systemarchitektur von ROBOTOP ermöglicht dabei die Bewältigung der interdisziplinären Komplexität, hilft bei der Strukturierung der Prozesse, schafft Transparenz und ermöglicht die Entkopplung verschiedener Systemaspekte. Die Integration und Aufbereitung der einzelnen Komponenten gewährleisten verschiedene Microservices, wie z. B. Smart Components, welche erste Komponenten erstellt und den Austausch mit anderen Services der Plattform ermöglicht. Im Bereich der Online-Simulation wurde der erste Prototyp erfolgreich implementiert. Die performante dreidimensionale Darstellung im Webbrowser sowie eine einfache intuitive Benutzerführung mit ersten Funktionen wie die Platzierung der Komponenten zur Anpassung des Layouts oder die Darstellung der Roboterpfade sind im Portal verfügbar.

Konsortium

ICARUS Consulting GmbH (Konsortialführer), Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg – Lehrstuhl für Fertigungsautomatisierung und Produktionssystematik, Infosim GmbH & Co. KG, Karlsruher Institut für Technologie (KIT) – Institut für Produktionstechnik (wbk), Robert Bosch GmbH, Ruhr-Universität Bochum – Lehrstuhl für Produktionssysteme, SCHUNK GmbH & Co. KG, TU Dortmund – Institut für Produktionssysteme

Ansprechpartner

Jan-Peter Schulz, ICARUS Consulting GmbH
jan-peter.schulz@icarus-consult.de

SeRoNet

Plattform zur Entwicklung von Serviceroboterlösungen

Kurzsteckbrief

Im Projekt SeRoNet entsteht die offene IT-Plattform »robot.one«. Sie ermöglicht Anwendern, Systemdienstleistern, Robotik- und Komponentenherstellern in der professionellen Servicerobotik, gemeinsam Software zu entwickeln. »robot one« vermittelt zudem zwischen Herstellern, Dienstleistern und Kunden, um auch individuelle Anforderungen umzusetzen. Ziel ist es, den Software-Entwicklungsaufwand deutlich zu senken. Systemintegratoren können sich durch rasche Entwicklungszyklen neue Märkte erschließen.

www.seronet-project.de

Aktuelle Entwicklungen aus dem Projekt

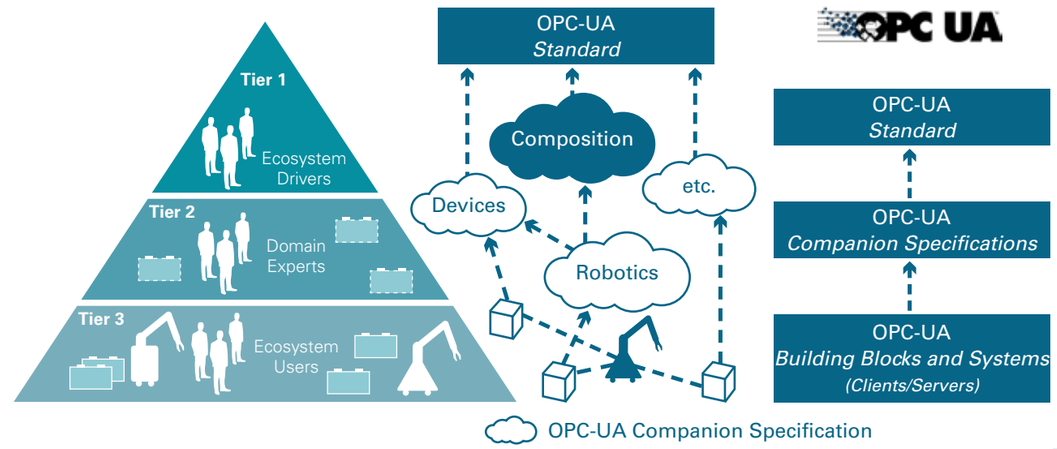
Zu Beginn des SeRoNet-Projekts wurden verschiedene Pilotdemonstratoren aus den Bereichen Intralogistik, Servicedienste im Krankenhaus sowie flexible Montage näher untersucht und gemeinsame Anforderungen an eine modulare, arbeitsteilige Softwareentwicklung abgeleitet. Diese wurden mit parallelen Arbeiten im europäischen RobMoSys-Projekt zusammengeführt (Abbildung 8). Gleichzeitig wurden die wesentlichen Funktionen einer Online-Plattform identifiziert, die die verschiedenen Rollen in einem Software-Ökosystem für Serviceroboter zusammenbringen und die Entwicklungsprozesse deutlich effizienter gestalten können. Die entstandenen Ansätze wurden im SeRoNet Konzeptvideo aufbereitet und auf der AUTOMATICA 2018 dem Fachpublikum präsentiert. Das Video und weiterführende Informationen finden sich auch auf der Projekthomepage www.seronet-projekt.de .

Ein Schwerpunkt in SeRoNet bleibt die modellgetriebene Entwicklung von Softwarekomponenten und modular aufgebauten Robotersystemen und Automatisierungslösungen. Die dazu notwendigen technischen Modellierungskonzepte sind weitgehend abgeschlossen und konnten in einigen Beispielen validiert werden. Die SeRoNet Entwicklungswerkzeuge sind weitgehend einsatzbereit. Erhebliche Fortschritte wurden hier in der Integration nativer ROS-Systeme sowie nativer OPC-UA Komponenten in SeRoNet-Anwendungen erzielt. Damit ist sowohl ein reibungsloses Zusammenspiel originärer SeRoNet-Komponenten miteinander als auch mit existierenden Komponenten aus dem ROS/ROS-Industrial Umfeld und dem OPC-UA Umfeld gewährleistet.

Ein zweites wesentliches Standbein ist die systematische werkzeugunterstützte Auswahl geeigneter und zueinander passender Komponenten für eine gegebene Aufgabe. Dies hat zwei Aspekte: Zum einen geht es um die technische Passgenauigkeit – Komponenten wie ein Bildsensor und ein Objekterkennungsalgorithmus sollen tatsächlich miteinander „reden" können –, zum anderen wird die Eignung einer Komponente für den Einsatzzweck des Robotersystems geprüft, beispielsweise ob eine Lokalisierungskomponente für die Einsatzumgebung „Hotellobby" taugt. Während der erste Aspekt bereits durch die modellgetriebenen SeRoNet Entwicklungswerkzeuge und zu Grunde liegenden Modellierungsansätze sichergestellt wird, wurde für den zweiten ein Konzept zur Beschreibung der wesentlichen Eigenschaften einer (Software-)Komponente für Robotersysteme entworfen und prototypisch implementiert. Dieses Konzept wird gegenwärtig mit der seit Dezember 2018 vorliegenden ersten Spezifikation der I4.0 Verwaltungsschale abgeglichen. Mithilfe dieses Abgleichs soll sowohl die Spezifikation der Verwaltungsschale weiterentwickelt als auch mit SeRoNet eine der ersten praktisch nutzbaren Implementierungen eines integrierten Entwicklungssystems für I4.0 konforme Komponenten und Systeme vorgelegt werden.

Entwicklungs- und Komponentensysteme finden nur dann Anwendung, wenn ein breites Spektrum an Komponenten einfach verfügbar ist. Die SeRoNet Online-Plattform https://www.robot.one/ wird die modellgetriebene Entwicklung mit einem umfangreichen Komponenten- und Anwendungsmarktplatz verbinden. Zur Hannover Messe 2019 wurde eine erste Technologievorschau veröffentlicht, die bis Mitte 2020 zu einer funktionsfähigen Plattform für Komponentenhersteller, Systemintegratoren und Endanwender von Serviceroboterlösungen ausgebaut werden soll. Dabei stehen neben dem unverzichtbaren Komponentenkatalog vielfältige Vermittlungsdienstleistungen im Fokus. Diese werden es Anwendern und Systemintegratoren erleichtern, neue Anwendungsfelder der Servicerobotik zu erschließen und passgenaue Lösungen wirtschaftlich effizient zu entwickeln.

Eine Plattform lebt von ihren Teilnehmern. Daher wird das SeRoNet-Projekt ab September 2019 in mehreren offenen Calls Komponentenhersteller und Systemintegratoren einladen, sich und ihre Produkte und Dienstleistungen auf der im Herbst 2019 online gehenden SeRoNet-Marktplattform zu präsentieren. Aufwendungen zur Anpassung von Komponenten an die SeRoNet-Laufzeitumgebung sowie für Pilotprojekte bei Integratoren und Endanwendern werden durch das SeRoNet-Projekt finanziell und technisch in einem Gesamtvolumen von etwa einer Million EUR unterstützt.



Das SeRoNet-Ökosystem (Quelle: SeRoNet)

Konsortium

Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA (Konsortialführung), Daimler TSS GmbH, FZI Forschungszentrum Informatik am Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Technische Hochschule Ulm, Klinikum Mannheim Dienstleistungsgesellschaft mbH, KUKA Roboter GmbH, Ruhrbotics GmbH, Transpharm Logistik GmbH, Universität Paderborn, Universität Stuttgart

Ansprechpartner

Dr. Björn Kahl, Fraunhofer IPA
sekretariat@seronet-project.de

Ansprechpartner bei Projektträger und Begleitforschung

Projektträger DLR

Gerd Hembach | gerd.hembach@dlr.de
Matthias Kuom | matthias.kuom@dlr

Begleitforschung

Leitung der Begleitforschung, Kurzstudien
Peter Gabriel | gabriel@iit-berlin.de

Stellvertretende Projektleitung, Monitoring
Dr. Steffen Wischmann | wischmann@iit-berlin.de

Projektbüro
Nicola Rosenbusch | rosenbusch@iit-berlin.de

Fachgruppe Geschäftsmodelle, Verwertungsunterstützung
Birgit Buchholz | buchholz@iit-berlin.de

Fachgruppe Recht
Uwe Seidel | seidel@iit-berlin.de
Sebastian Straub | straub@iit-berlin.de

Fachgruppe Architekturen
Dr. Inessa Seifert | seifert@iit-berlin.de
Dr. Lisa Risch (DIN) | lisa.risch@din.de

Standards, Normen
Dr. Lisa Risch (DIN) | lisa.risch@din.de

Ergebnistransfer
Ute Rosin (LHLK) | u.rosin@lhlk.de
Lynn Rohwer (LHLK) | l.rohwer@lhlk.de

www.paice.de