

Fachforum

AUTONOME SYSTEME –

Chancen und Risiken für Wirtschaft, Wissenschaft und Gesellschaft

Zwischenbericht



IMPRESSUM

HERAUSGEBER

Fachforum Autonome Systeme im Hightech-Forum
Prof. Dr. Henning Kagermann (Sprecher des Fachforums)
acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften
Dr. Norbert Gaus (Leiter Arbeitsgruppe 1)
Siemens
Josef Stoll/Kay Euler (Leiter Arbeitsgruppe 2)
Deutsche Bahn
Johannes Hauck (Leiter Arbeitsgruppe 3)
Hager Group
Prof. Dr.-Ing. habil. Jürgen Beyerer (Leiter Arbeitsgruppe 4)
Fraunhofer IOSB
Prof. Dr. Wolfgang Wahlster (Leiter Arbeitsgruppe 5)
Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz (DFKI)
Dr. Holger Brackemann (Leiter Arbeitsgruppe 6)
Stiftung Warentest

sowie

acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften

KOORDINATION UND REDAKTION

Dr. Susanne Kadner, Johannes Melzer,
Dr. Johannes Winter, acatech
Martin Wegele, Geschäftsstelle Hightech-Forum
Kai Kreisköther, Marius Schumacher, RWTH Aachen, PEM (Arbeitsgruppe 1)
Dr. Georg von Wichert, Siemens (Arbeitsgruppe 1)
Thorsten Westermann, Fraunhofer IEM (Arbeitsgruppe 1)
Dr. Jürgen Peters, Aljoscha Nick, InnoZ (Arbeitsgruppe 2)
Prof. Dr.-Ing. Ansgar Trächtler, Heinz Nixdorf Institut, Universität Paderborn (Arbeitsgruppe 2)
Dr. Hilko Hoffmann, Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz (DFKI) (Arbeitsgruppe 3)
Dr. Igor Tchouchenkov, Fraunhofer IOSB (Arbeitsgruppe 4)
Dr. Anselm Blocher, Dr. Dietmar Dengler,
Dr. Norbert Reithinger, Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz (DFKI) (Arbeitsgruppe 5)
Berthold Haustein, Universität Würzburg (Arbeitsgruppe 6)

LEKTORAT

Isabel Pfeiffer, Die Sprachkultur

ENGLISCHE ÜBERSETZUNG

Henrike von Lyncker, acatech

LAYOUT, SATZ UND DRUCK

HEILMEYERUNDSERNAU ■ GESTALTUNG

heilmeyerundsernau.com

TITELBILD

Rainer Bez, Fraunhofer IPA

KONTAKT/VERTRIEB

acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften
Karolinenplatz 4
80333 München
acatech.de

ERSCHEINUNGSTERMIN: APRIL 2016

Das Fachforum Autonome Systeme dankt außerdem den folgenden Experten für ihre Unterstützung und Teilnahme an Veranstaltungen im Rahmen des Fachforums:
ABB – Dr. Dirk John, Dr. Jan-Henning Fabian, Dr. Björn Matthias
Atlas Elektronik – Dr. Bodo Koch, Dr.-Ing. Jeronimo Dzaack
BMW – Dr. Christoph Grote, Dr. Werner Huber
Bosch – Dr. Volker Nadenau
Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) – Prof. Dr. Wolf-Dieter Lukas, Ute Bernhardt, Dr. Ramona Korte
Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) – Dr. Andreas Goerdeler, Dr. Klaus Glasmacher
Connected Living – Prof. Dr. Sahin Albayrak, Jakob Schofer
Deutsche Bahn – Thomas Macholdt
Deutsche Telekom – Mijo Maric
DFKI – Prof. Dr. Frank Kirchner
DGB – Thomas Fischer
DLR – Prof. Dr.-Ing. Alin Albu-Schäffer,
Prof. Dr. Karsten Lemmer, Prof. Dr. Barbara Lenz,
Dr. Markus Grebenstein, Dr. Tobias Hesse, Dr. Bärbel Jäger,
Prof. Dr.-Ing. Dirk Heinrichs
Erasmus Universität Rotterdam – Prof. Dr. Klaus Heine
Festo – Dr. Theodor Niehaus, Prof. Dr. Peter Post

Fraunhofer AISEC – Prof. Dr. Claudia Eckert

Fraunhofer FKIE – Prof. Dr. Christopher Schlick

Fraunhofer IAO – Prof. Dr. Wilhelm Bauer,
Dr. Manfred Dangelmaier

Fraunhofer IMS – Dr. Gerd vom Bögel, Nina Kloster

Fraunhofer IOSB – Dr. Dieter Willersinn

Fraunhofer IPA – Prof. Dr.-Ing. Thomas Bauernhansl,
Martin Hägele

Fraunhofer IWU – Prof. Dr. Welf-Guntram Drossel

Fraunhofer IZM – Prof. Dr. Klaus-Dieter Lang

Fraunhofer UMSICHT – Volkmar Keuter

Hochschule RheinMain – Prof. Dr. Thomas Heimer

HU Berlin – Eva Fraedrich

IAV Automotive Engineering – Udo Wehner

Infosys – Gordon Mühl

Institute für Advanced Sustainability Studies (IASS) –

Prof. Dr. Ortwin Renn

it's OWL – Dr. Roman Dumitrescu

Karlsruher Institut für Technologie – Prof. Dr. Michael Decker,
Torsten Fleischer

Kerntechnischer Hilfsdienst – Dr. Michael Gustmann

KUKA – Dr. Christian Schlögel, Dr. Patrick Pfaff

LMU München – Prof. Dr. Andreas Butz

Microdrones – Sven Jürß

MunichRe – Stefan Schulz

Otto Bock Healthcare – Roland Auberger

RWTH Aachen – Prof. Dr. Günther Schuh

SAP – Veronika Schmidt-Lutz, Gert Eichberger,

Dr. Norbert Koppenhagen, Dr. Carsten Polenz,

Dr. Hans-Jörg Stotz, Sebastian Maass

Schunk – Henrik Schunk, Michael Bartl

SGE Spezialgeräteentwicklung – Alexander Pfaff

Siemens – Thomas Hahn, Roland Edel, Boris Dickgießer,
Oliver Graebner

Stadt Dortmund – Institut für Feuerwehr und Rettungs-

technologie – Dr. Hauke Speth

ThyssenKrupp – Dr. Reinhold Achatz, Dr. Markus Oles

Trumpf – Dr. Stephan Fischer, Klaus Bauer

TU Braunschweig – Prof. Dr. Bernhard Friedrich

TU Dresden – Prof. Dr. Steffen Ihlenfeldt

Universität Augsburg – Prof. Dr. Elisabeth André

Universität Bielefeld – Prof. Dr. Helge Ritter

Universität Freiburg – Prof. Dr. Bernhard Nebel

Universität Oldenburg – Prof. Dr. Werner Damm

Universität Paderborn, Heinz Nixdorf Institut –

Prof. Dr. Jürgen Gausemeier

Universität Siegen – Prof. Dr. Christoph Strünck

Universität Würzburg – Prof. Dr. Dr. Eric Hilgendorf

VDI/VDE IT – Alfons Botthof

Verbraucherzentrale Bundesverband –

Marion Jungbluth, Johanna Kardel

Vossloh – Volker Schenk

Volkswagen AG – Prof. Dr. Jürgen Leohold,

Dr. Hans-Jürgen Stauss

VORGESCHLAGENE ZITIERWEISE

Fachforum Autonome Systeme/acatech (Hrsg.): Das Fachforum Autonome Systeme im Hightech-Forum der Bundesregierung – Chancen und Risiken für Wirtschaft, Wissenschaft und Gesellschaft. Zwischenbericht, München, April 2016.

© Copyright liegt bei den Herausgebern. Alle Rechte vorbehalten. Dieses Werk ist einschließlich seiner Teile urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die über die engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes hinausgeht, ist ohne schriftliche Zustimmung der Herausgeber unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen sowie die Speicherung in elektronischen Systemen. Für die Richtigkeit der Herstellerangaben wird keine Gewähr übernommen.

INHALT

Autonome Systeme – Ein Überblick	3
Autonomous Systems – An Overview (English version)	8
1 Produktion	13
Anwendungsbeispiel: Hochflexible Fabrik	13
Demonstrator: Kollaborative Montage mit flexiblen Robotern in der industriellen Fertigung	14
Demonstrator: Digitale Geschäftsplattform AXOOM von TRUMPF	16
Demonstrator: Die SCHUNK-5-Finger-Hand (SVH) – Multifunktionales Greifen für die autonome Produktion und deren Umfeld	17
2 Straßen- und Schienenverkehr	18
Anwendungsbeispiel: Private Fernreise	19
Demonstrator: DLR – „IPS Box“ für Fahrzeuge zur Situationserfassung mittels optischer Navigation und wissensbasierter Manöverplanung	19
3 Smart Home	21
Anwendungsbeispiel: Ein Tag im Smart Home	21
Demonstrator: Autonome Gebäudesteuerung	22
4 Menschenfeindliche Umgebungen	23
Anwendungsbeispiel: Maritime Anwendungen	23
Demonstrator: Exploration der Tiefsee und Inspektion von technischen Anlagen in der Tiefsee	24
Demonstrator: Systemverbund autonomer Systeme für den Einsatz in menschenfeindlichen Umgebungen	26
5 Technologische Wegbereiter	28
Demonstrator: Rekonfigurierbare autonome Systeme – modulare & modellbasierte Architektur D-ROCK am Beispiel des DFKI-Roboters MANTIS	30
6 Gesellschaftliche Herausforderungen und rechtliche Rahmenbedingungen	32
Literatur	35
Über das Hightech-Forum als Beratungsgremium der Bundesregierung	36
Aktivitäten von Partnerorganisationen des Fachforums Autonome Systeme auf der Hannover Messe 2016	37
Die Innovationslandkarte zum Fachforum Autonome Systeme	44

AUTONOME SYSTEME – EIN ÜBERBLICK

Wir leben in einer Zeit des rasanten technologischen Umbruchs. Nach der Mechanisierung, Elektrifizierung und Automatisierung läutet Industrie 4.0 die vierte industrielle Revolution ein: Geräte und Maschinen werden smart, vernetzt und autonom. In unseren zukünftigen „Smart Cities“, „Smart Homes“ und „Smart Factories“ spielen autonome Systeme eine Schlüsselrolle.

Selbstständig agierende Programme und Roboter können bei der Lösung zahlreicher gesellschaftlicher und wirtschaftlicher Herausforderungen helfen. Die Gesundheits- und Pflegeversorgung in einer alternden Gesellschaft wird effizienter, Transport- und Logistiksysteme werden sicherer, leistungsfähiger und nachhaltiger. Autonome Systeme sorgen für effiziente Energienetze, ermöglichen eine demografiesensible und ressourceneffiziente Gestaltung von Arbeits- und Produktionsprozessen und helfen beim Rückbau von Atomkraftwerken sowie bei der Erschließung neuer Rohstoffressourcen aus menschenfeindlichen Regionen wie der Tiefsee.

Diese Entwicklung führt zu einer **engeren Kooperation zwischen Mensch und Maschine**. Industrieroboter verlassen ihre Käfige und arbeiten Hand in Hand mit menschlichen Kollegen. Im Smart Home erfüllen menschenähnliche Serviceroboter nicht nur eine Assistenzfunktion, sondern können auch eine soziale Rolle spielen. Dies erfordert einen hohen Autonomiegrad. Die Roboter müssen sich – ohne Schaden anzurichten oder den Menschen in seinen gewohnten Handlungsweisen zu beeinträchtigen – an den nicht immer exakt vorhersehbaren menschlichen Verhaltensweisen ausrichten.

Diese neue Generation intelligenter Systeme muss sich daher **dynamisch an ihre Nutzerinnen und Nutzer sowie deren Umgebung anpassen**. An die Stelle vorgegebener Abläufe und manueller Rekonfiguration treten maschinelles Lernen und algorithmische Handlungsplanung auf Basis von Nutzer- und Umgebungsdaten sowie Informationen unterschiedlicher Systemwelten und digitaler Dienste¹ (siehe Abbildung 1). Zukünftig werden autonome Systeme komplexe Aufgaben lösen, sie werden lernen, selbstständig Entscheidungen treffen und ohne Einschreiten des Menschen auf variable Abläufe reagieren.

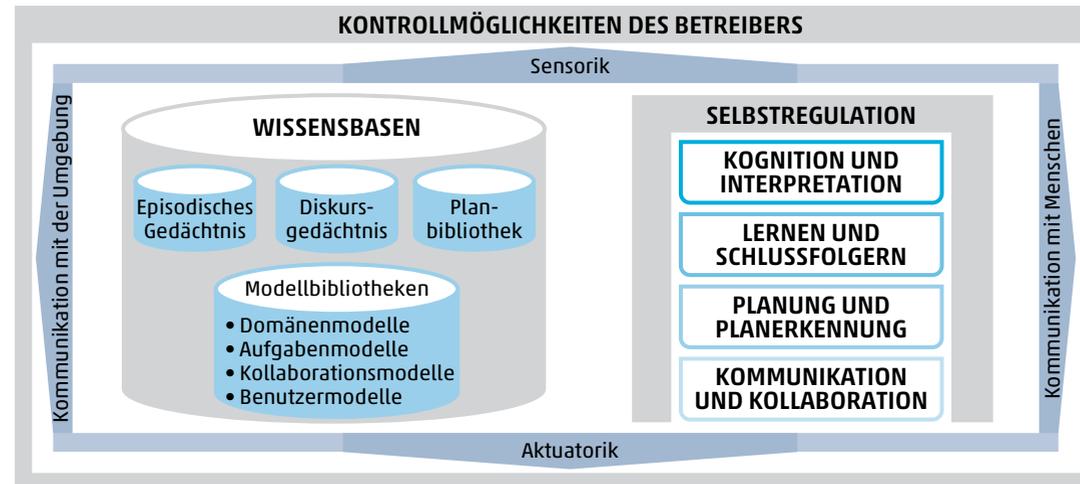
Trotz ihrer Fähigkeiten werden **autonome Systeme den Menschen bei vielen Entscheidungs- und Problemfeldern lediglich unterstützen, ihn aber keinesfalls ersetzen**. Denn bei allen enormen technischen Fortschritten fehlen ihnen Alltagsintelligenz, sozial-emotionale Intelligenz und Intuition. Der Mensch gibt das Hauptziel vor, zu dessen Erreichen das System dann selbstständig, situationsabhängig und innerhalb seines Handlungsspielraumes die notwendigen Schritte plant und ausführt.

Der Mensch muss das Hauptziel des autonomen Systems festlegen können und stets die letzte Entscheidungsgewalt behalten.

¹ Wahlster und Kirchner 2015.

Eine der größten Herausforderungen bleibt neben Fragen der Wirtschaftlichkeit, Zuverlässigkeit und Sicherheit autonomer Systeme die **Nutzerakzeptanz**². Menschen werden autonome Systeme nur als Partner akzeptieren, wenn die Übergabe von Verantwortung nicht als umfangreicher Kontrollverlust erlebt wird.

Abbildung 1:
Referenzarchitektur
für autonome Systeme
(Quelle: DFKI).



Zeit zu handeln: Wettbewerbsfähigkeit in Deutschland erhalten

Der im Zuge von Industrie 4.0 stetig fortschreitende Strukturwandel erfordert wirtschafts-, wissenschafts- und strukturpolitische Begleitung. Wie Deutschland seinen Produktionsstandort sichern und seine Wettbewerbsposition im internetbasierten Dienstleistungssektor ausbauen kann, wurde bereits in den Berichten zu den Zukunftsprojekten Industrie 4.0 (acatech, 2013) und Smart Service Welt (acatech, 2015) dargelegt.

Deutschland ist in den Bereichen Sensorsysteme, künstliche Intelligenz und Industrierobotik gut aufgestellt, dennoch entstehen – gerade auch durch zukünftige Herausforderungen wie Industrie 4.0 – bei **Themen wie maschinelles Lernen und Mensch-Technik-Kollaboration Handlungsbedarfe**:

- Die Vernetzung von Wirtschaft und Wissenschaft bei den Themen Künstliche Intelligenz, maschinelles Lernen und Big Data sollte verstärkt und um neue Anwendungen für autonome Systeme erweitert werden. Unternehmen, die bisher noch keine Erfahrung mit den Potenzialen dieser Themen haben, aber auch andere Nutzergruppen sollen in einer Community Plattform zusammenarbeiten.

² acatech 2016.

Ein großes Marktpotenzial im Industrie- und Dienstleistungssektor

Die wirtschaftlichen Potenziale autonomer Systeme gelten als sehr vielversprechend. In einem Report von McKinsey (2013) wird geschätzt, dass der weltweite Einsatz fortgeschrittener Robotik und (teil-)autonomer Fahrzeuge bereits im Jahr 2025 einen möglichen wirtschaftlichen Nutzen von 1,9 bis 6,4 Billionen US-Dollar pro Jahr erzielen könnte. Dieser Nutzen resultiert aus einer verbesserten Gesundheit und neuen Produkten. Gleichzeitig verändert sich die Art und Weise, wie Produkte hergestellt und Dienstleistungen erbracht werden.

Auch für Deutschland werden sehr hohe Wertschöpfungspotenziale im Bereich autonomer Systeme erwartet. Eine erfolgreiche Implementierung von Industrie 4.0 könnte bis zum Jahr 2025 beispielsweise ein Gesamtpotenzial von rund 270 Milliarden Euro für die Bruttowertschöpfung in Deutschland ergeben³.

Die Rolle von Industrierobotern bei der Umsetzung von Industrie 4.0 wird auch von der International Federation of Robotics (IFR) unterstrichen, da der vereinfachte Einsatz von Robotern in der Industrie, einschließlich kleiner und mittelständischer Unternehmen, große Potenziale eröffnet. Allerdings sind die Prognosen der IFR etwas zurückhaltender, mit einem geschätzten Einsatz von weltweit 1,3 Millionen neuen Industrierobotern bis zum Jahr 2018⁴.

Bereits zum jetzigen Zeitpunkt ist **eine hohe Dynamik im Bereich Robotik und autonome Systeme** zu beobachten. Für das Jahr 2014 meldet die IFR einen weltweiten Anstieg der Verkaufszahlen von Industrierobotern von 29 Prozent auf einen Rekordwert von 230.000 Einheiten. Stärkste Treiber sind dabei die Automobilindustrie und die Elektronikbranche. Geografisch sticht insbesondere Asien hervor, wo 2014 knapp 140.000 Roboter verkauft wurden. Insgesamt verteilten sich 70 Prozent des gesamten Verkaufsvolumens auf fünf Länder: China, Japan, USA, Südkorea und Deutschland⁴. **Im europäischen Vergleich nimmt Deutschlands Robotermarkt die Spitzenposition ein** und belegt, angetrieben durch das Wachstum in der Automobilindustrie, **weltweit den fünften Platz**. 2014 war ein Rekordjahr für Deutschland, mit einem Anstieg der Verkaufszahlen um 10 Prozent auf rund 20.100 Einheiten⁴.

Der Einsatz gewerblicher Serviceroboter in Landwirtschaft, Gesundheitswesen, Logistik, Transport und Verteidigung macht derzeit nur ein Zehntel (etwa 24.000 Einheiten) der verkauften Industrieroboter aus. Im Vergleich zu einem Umsatz von 10,7 Milliarden US-Dollar für die Industrierobotik betrug der Umsatz für die Servicerobotik im Jahr 2014 rund 6,0 Milliarden US-Dollar (3,8 Milliarden US-Dollar für den gewerblichen und 2,2 Milliarden US-Dollar für den privaten Einsatz). Allerdings lassen Prognosen für die Jahre 2020 bis 2025 auf ähnliche Marktvolumina in der Service- und Industrierobotik schließen. Die größten Potenziale der Servicerobotik werden im privaten Bereich

³ Bauer et al. 2014.

⁴ IFR 2015.

Autonome Systeme ermöglichen neue leistungsorientierte Geschäftsmodelle. Eine hochautomatisierte Auftragsproduktion mit klar umrissenen Leistungsbeschreibungen hat das Potenzial, die kommerziellen Strukturen der Produktionswirtschaft nachhaltig zu verändern.

im Haushalt und in der Unterhaltung sowie im gewerblichen Bereich im Gesundheitswesen, in der Landwirtschaft, im Verteidigungssektor und in der Logistik gesehen⁵.

Vielfältige Chancen für Deutschland

Aufgrund der Stärken der deutschen Wissenschaft beim Thema Künstliche Intelligenz und der Wirtschaft in den Bereichen Sensorsysteme und Leichtbauroboter stehen die Chancen gut, dass **Deutschland zum Leitanbieter autonomer Systeme auf dem Weltmarkt** wird. Zudem bedürfen die für den Aufbau autonomer Systeme notwendigen Komponenten einer breiten und vielfältigen Industriestruktur, weshalb Deutschland mit seinem starken Mittelstand und einer Vielzahl relevanter Anbieter gut aufgestellt ist.

Der Trend zu einer immer stärkeren Individualisierung im Produktions- und Dienstleistungsbereich lässt sich durch das Zusammenspiel von Menschen und autonomen Systemen zu vertretbaren Kosten umsetzen. Durch den Einsatz kollaborativer autonomer Systeme ist es somit möglich, die hohe Qualität in Produktion, Logistik, Mobilität, medizinischer Versorgung und Pflege trotz hohen Kosten für menschliche Arbeit in Deutschland zu erhalten und Arbeitsplätze zu sichern.

Auch im Bereich der Gebäudeautomation hat Deutschland dank innovativer mittelständischer Unternehmen gute Chancen, Leitanbieter in einem schnell wachsenden Markt zu werden. Zu den Aufgaben zählen die Entwicklung intelligenter Sensoren und Aktoren sowie offener Integrationsplattformen. Weitere Entwicklungsaspekte sind die umfassende Vernetzung mit anderen Systemwelten und Diensten sowie sinnvolle Bedienkonzepte für komplexe Systeme.

Das Fachforum Autonome Systeme zeigt Anwendungsbeispiele und wägt Chancen und Risiken ab

Um die Chancen autonomer Systeme konkreter aufzuzeigen, wird das Fachforum beispielhafte Alltagssituationen für vier Anwendungsfelder beschreiben und daraus ein positives Zielbild ableiten. Die Anwendungsfelder wurden anhand ihrer Relevanz für Deutschlands Volkswirtschaft ausgewählt. Betrachtet werden Produktion (Arbeitsgruppe 1), Straßen- und Schienenverkehr (Arbeitsgruppe 2), Smart Home mit Schwerpunkt auf Energie, Sicherheit, Assistenz und Komfort im Bereich Pflege und Nachsorge (Arbeitsgruppe 3) sowie Operationen in menschenfeindlichen Umgebungen (Arbeitsgruppe 4).

Ausgehend von diesen Anwendungsbeispielen werden übergreifende Handlungsfelder auf ihre technologischen Wegbereiter (Arbeitsgruppe 5) sowie gesellschaftlichen Herausforderungen und rechtlichen Rahmenbedingungen (Arbeitsgruppe 6) hin analysiert und Empfehlungen zu folgenden Fragestellungen erarbeitet:

- Welche Technologien spielen eine zentrale Rolle, welche Kompetenzen sind dafür in Deutschland vorhanden und welche Lücken müssen geschlossen werden?
- Mit welchen sozialen, ethischen und rechtlichen Herausforderungen gehen diese Entwicklungen einher (siehe einführender Überblick der Arbeitsgruppe 6)?
- Welche Marktpotenziale ergeben sich daraus?

Zur Verdeutlichung möglicher Anwendungsfelder und -beispiele werden in dem vorliegenden Zwischenbericht einige Demonstratoren der im Fachforum Autonome Systeme beteiligten Organisationen vorgestellt.

Grundsätzlich lassen sich **bereits jetzt einige Chancen beim Einsatz autonomer Systeme** ausmachen (weitere Kernaussagen des Zwischenberichts werden als Textblöcke am linken und rechten Seitenrand dargestellt):

- Die Produktion wird flexibler, effizienter und ressourcenschonender. Sie rückt näher an den Lebensmittelpunkt vieler Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter und an die Städte heran.
- Der Verkehr wird sicherer und effizienter. Mobilität ist auch für ältere Menschen gesichert.
- Intelligent gesteuerte Gebäude sparen Ressourcen.
- In der Pflege und Gesundheitsversorgung wird eine stärkere Fokussierung auf die zu behandelnden Personen möglich. Pflegekräfte sowie Medizinerinnen und Mediziner werden von schweren körperlichen Aktivitäten oder administrativen Tätigkeiten entlastet.
- Bei der Arbeit in menschenfeindlichen Umgebungen wie kontaminierten oder einsturzgefährdeten Gebäuden werden autonome Systeme mehr Sicherheit gewährleisten können.

Allerdings wirft der Einsatz autonomer Systeme auch wichtige Fragen auf und bringt **neue Herausforderungen, etwa in den Bereichen Recht, Sicherheit und Ethik**, mit sich:

- Welche Funktionen, Hintertüren und Sicherheitslücken verbergen sich in einem smarten Objekt?
- Mit wem kann es sich – eventuell sogar unbemerkt – vernetzen und kommunizieren?
- Was und von wem kann es lernen?
- Welche Handlungsvollmachten hat es und wer trägt letztlich die Verantwortung?
- Lassen sich ethische Anweisungen in die Sprache autonomer Systeme übertragen⁶?

Um diese Fragen zu klären und autonome Systeme erfolgreich implementieren zu können, müssen alle Beteiligten frühzeitig eingebunden werden. Schließlich spielen die Nutzerperspektive und die öffentliche Debatte eine zentrale Rolle für die transparente Auseinandersetzung mit den Möglichkeiten, Grenzen, Funktionen und der Bedeutung autonomer Systeme.

Grundlegende Voraussetzung für eine erfolgreiche Implementierung autonomer Systeme ist die frühzeitige Einbindung aller Beteiligten.

AUTONOMOUS SYSTEMS – AN OVERVIEW (ENGLISH VERSION)

We live in a time of rapid technological change. After mechanisation, electrification and automation, Industry 4.0 heralds the fourth industrial revolution: appliances and machines are becoming smart, connected and autonomous. In our future "Smart Cities", "Smart Homes" and "Smart Factories", autonomous systems will play a key role.

Independently acting programmes and robots can help to address many of today's social and economic challenges. Health and nursing services in an ageing society are becoming more efficient, and transport and logistics systems are becoming safer, more effective and sustainable. Autonomous systems can provide for an efficient energy supply, allow for a resource-efficient design of work- and production processes adapted to demographic requirements, and help with the decommissioning of nuclear power plants and the exploration of new raw material resources from hostile environments such as the deep sea.

These developments lead to a closer cooperation between man and machine. Industrial robots leave their cages and start working hand in hand with human colleagues. In the Smart Home, anthropoid service robots will no longer merely provide assistance, but may also acquire a social function. This requires a high degree of autonomy, since the robots will have to adapt to human behaviour in all its unpredictability without causing damage or interfering with individual habits and routines.

Hence, this new generation of intelligent systems must be designed to **adapt dynamically to their users and environment**. Predefined workflows and manual reconfiguration will consequently be replaced by machine learning and algorithmic planning of actions, based on user and environment data as well as information from different systems and digital services¹ (cf. Figure 2). In the future, autonomous systems will be able to solve complex problems, to learn, to make decisions independently and to react to variable conditions without human intervention.

Despite their capabilities, autonomous systems will only **support humans in many decision-making and problem-solving processes**, but they will **not replace them**. However large the technological progress, robots lack common sense, social and emotional intelligence and intuition. It is humans who will keep setting the primary goal, which the system then reaches by planning and implementing the necessary steps autonomously, context-dependent and within its individual scope of action.

¹ Wahlster und Kirchner 2015.

Alongside the important questions of economic efficiency, reliability and safety, **user acceptance** of autonomous systems remains a major challenge²: People will only accept an autonomous system as a partner if the transfer of responsibility is not seen as a major loss of control.

Humans must be able to set the primary goal and retain the ultimate authority at all times.

Time to act: Retaining Germany's competitiveness

Industry 4.0 and the associated, continuing structural change require economic, scientific and structural support. How Germany can secure its manufacturing base and improve its competitive position in the internet-based service sector has already been discussed in the projects Industry 4.0 (acatech, 2013) and Smart Service World (acatech, 2015).

Germany is well positioned in terms of sensor systems, artificial intelligence and industrial robotics, but future challenges such as Industry 4.0 create the **need for action in the important fields of machine learning and human-machine collaboration**:

- The network between industry and science in the fields of artificial intelligence, machine learning and big data should be strengthened and expanded to include new applications for autonomous systems. Businesses with little experience in the potential of these fields as well as other user groups should cooperate in a community platform.

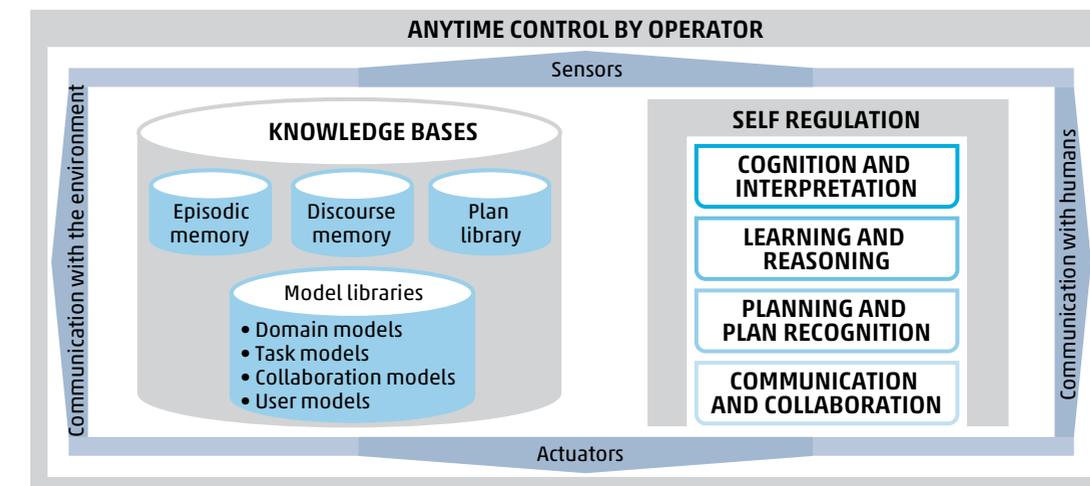


FIGURE 2:
Reference architecture
of autonomous systems
(source: DFKI)

² acatech 2016.

A large market potential in the industry and service sectors

The economic potential of autonomous systems is considered very promising. In a 2013 report, McKinsey estimates that by 2025, the economic impact of advanced robotics and autonomous and near-autonomous vehicles may reach between 1.9 and 6.4 trillion US dollars per annum. This impact results from better health and new products, and would change manufacturing processes and the provision of services.

Also for Germany, the estimated value creation potential of autonomous systems is very high. A successful implementation of Industry 4.0, for instance, could entail a total potential of approximately 270 billion Euros for Germany's gross value added by 2025³.

The role of industrial robots for the implementation of Industry 4.0 is also underlined by the International Federation of Robotics (IFR), as the simplified use of robots in industry including small and medium-sized enterprises would be opening up large potentials. With the projections of the IFR being more conservative, they are expecting the installation of 1.3 million new industrial robots worldwide up to the year 2018⁴.

Even **today, the robotics and autonomous systems sectors are highly dynamic**. For 2014, the IFR reports an increase in sales of industrial robots by 29 percent, equaling a record of 230,000 robots sold around the world. Strongest drivers are the automotive industry and the electronics sector. Geographically, Asia stands out with almost 140,000 robots sold in 2014. Overall, 70 percent of the total sales volume is divided among five countries: China, Japan, USA, South Korea and Germany⁴. **Amongst the European countries, Germany is market leader in robotics**; owing to the growth in the automotive industry, **it is ranked fifth globally**. 2014 was a record year for Germany, with an increase in sales by 10 percent to approximately 20,100 robots⁴.

Professional service robots for use in agriculture, medicine, logistics, transport and defence account for only ten percent (about 24,000 units) of the total of industrial robots sold. Whereas industrial robotics generated a turnover of 10.7 billion US dollars in 2014, service robotics accounted for only 6.0 billion US dollars (3.8 billion US dollars for professional use and 2.2 billion US dollars for personal use). However, projections expect the market volumes of service and industrial robotics to converge by 2020 to 2025, identifying the greatest potential for service robotics in the private sector in household and entertainment applications, and in the commercial sector in the health services, agriculture, defence and logistics⁵.

³ Bauer et al., 2014.

⁴ IFR 2015.

⁵ EFI 2016, IFR 2015.

Manifold opportunities for Germany

Given the strengths of its research community in artificial intelligence and of its industrial sector in the fields of sensor systems and lightweight robots, **Germany may well become the world's leading supplier of autonomous systems**. Germany's strong medium-sized enterprises and many relevant suppliers add to these favourable conditions, since only such a broad and diverse industrial structure can provide the components necessary for the development of autonomous systems.

The trend towards more individualised production and services can be realised at reasonable cost through the interaction of humans and autonomous systems. The use of collaborative autonomous systems allows maintaining the high quality in production, logistics, mobility, medical treatment and care despite the high costs of human labour in Germany, thus contributing to job security.

The automation of buildings is another field in which Germany, owing to several innovative medium-sized companies, has a good chance of becoming lead supplier in a rapidly growing market. This field centres on the development of intelligent sensors and actuators as well as open integration platforms. Other aspects include the establishment of extensive networks with other system environments and services as well as practical operation concepts for complex systems.

The role of the Expert Panel Autonomous Systems: From application examples to an assessment of risks and potentials

Exemplifying the potentials of autonomous systems, the Expert Panel will describe possible everyday situations in four application areas and derive a positive target scenario. The application areas were selected according to their importance for the German economy and cover the following sectors: production (working group 1), road and rail transport (working group 2), smart home – with a focus on energy, security, assistance and health- and after-care (working group 3) and operations in hostile environments (working group 4).

Based on the everyday examples, overarching fields of action are analysed with respect to technological innovators (working group 5) as well as societal challenges and legal frameworks (working group 6). Recommendations are then developed based on the following guiding questions:

- Which technologies play a crucial role, does Germany possess the relevant competencies, and which gaps need to be closed?
- Which social, ethical and legal challenges do these developments imply? (cf. introductory overview by working group 6)
- What market potentials can we expect?

To illustrate possible application areas and everyday examples, this interim report will present several demonstrators developed by member organisations of the Expert Panel Autonomous Systems.

In general, **some positive effects of the use of autonomous systems are already apparent** (further key messages of this interim report are presented in text blocks on the left and right margins):

- Production is becoming more flexible and efficient, as well as less resource-intensive. It moves closer to the cities and nearer to the centre of many employees' lives.
- Transport is becoming safer and more efficient; mobility is ensured even for the elderly.
- Smart buildings contribute to saving resources.
- In health and nursing, physicians and nurses will be able to devote more of their time and attention to their patients as they are relieved from heavy physical activities or administrative duties.
- For work in hostile environments, such as buildings that are contaminated or in danger of collapsing, autonomous systems will be able to ensure a higher level of safety.

However, the use of autonomous systems also raises important questions and bears **new challenges regarding legal aspects, safety issues and ethical considerations**:

- Which hidden functions, loop holes and security risks does a smart object have?
- With whom can it connect or communicate – possibly even unnoticed?
- From whom and what can it learn?
- Which authorisations does it have and who carries the ultimate responsibility?
- Can ethical instructions be adequately translated into the language of autonomous systems⁶?

In order to answer these questions and to successfully implement autonomous systems, the early involvement of all stakeholders is an essential prerequisite. After all, the user perspective and a public debate play a key role in a transparent assessment of the possibilities, limitations, functions and relevance of autonomous systems.

The essential prerequisite for a successful implementation of autonomous systems is the early involvement of all stakeholders.

1 PRODUKTION

Die produzierende Industrie sieht sich derzeit drei zentralen Herausforderungen ausgesetzt: einer zunehmenden **Dynamisierung der Märkte**, einer **steigenden Individualisierung der Produkte** und daraus folgend der Forderung nach **mehr Flexibilität in der Produktion**. Klassische Produktionssysteme mit starren Strukturen und Abläufen können diesen Anforderungen heute nicht mehr gerecht werden.

Autonome Systeme bieten auf **allen Handlungsebenen der Wertschöpfungskette** erhebliches Potenzial, um diesen Herausforderungen zu begegnen. Einerseits können sie in hochgradig vernetzten Systemstrukturen Planungsaufgaben effizient lösen, die für Menschen zu komplex sind. Andererseits können sie sich als Einzelroboter den körperlichen Anforderungen einer im Werk arbeitenden Person anpassen und so die Mensch-Maschine-Kollaboration sicherer und intuitiver gestalten.

Der Einsatz autonomer Systeme im Produktionsumfeld stellt die **Produktionstechnik vor neue Herausforderungen**: Autonome Produktionsplanungssysteme bedingen eine durchgehende Vernetzung der beteiligten Subsysteme und müssen gleichzeitig eine ausreichende Informationstransparenz für den Menschen sicherstellen. Autonome, fahrerlose Transportsysteme (FTS) müssen sich in sich ständig verändernden Umgebungen zurechtfinden und dabei stets den Personenschutz gewährleisten. Autonome Roboter müssen lernfähig sein, um sich wechselnden Aufgaben und Tätigkeiten ohne lange Programmier- und Einlernzeiten anpassen zu können. Dabei ist die Nachvollziehbarkeit hochfrequenter und weitestgehend ohne den Menschen getroffener Systementscheidungen für eine technisch abgesicherte und gesellschaftlich akzeptierte breite Einführung autonomer Produktionssysteme ausschlaggebend.

Anwendungsbeispiel: Hochflexible Fabrik

Um den Anforderungen eines dynamischen Marktes zu begegnen, werden in Zukunft deutlich mehr Anpassungen und Optimierungen von Produktionssystemen notwendig sein. Dies gilt sowohl für das Gesamtsystem mit einer adaptierbaren Produktionskonfiguration als auch für mobile Fertigungsstationen auf Fabrikebene sowie intelligente und interoperable Einzelmodule, die sich selbstständig an die veränderten Konfigurationen anpassen. Eine **Verschmelzung von Fabrikplanung und Produktionssteuerung** zu einem kontinuierlichen und (teil)automatisiert ablaufenden Prozess ist schon heute zu beobachten.

Im Falle einer externen Störung, etwa bei Lieferschwierigkeiten oder Auftragsänderungen, können autonome Produktionsplanungs- und Steuerungsplattformen wie beispielsweise der Demonstrator AXOOM die Produktionsplanung und -konfiguration sofort optimieren. Hierfür sind Echtzeitinformationen zur Auftragslage, zur Verfügbarkeit von Maschinen und Material sowie zu den Rüst-

Autonome Systeme verändern die Arbeitswelt. Sie können den Menschen als zentrale Instanz der Produktion bei schwierigen, anstrengenden oder kritischen Arbeitsabläufen unterstützen. Für die notwendige Akzeptanz seitens der Mitarbeitenden müssen Ziele und Arbeitsweise der autonomen Systeme verständlich kommuniziert werden.

Autonome Systeme ermöglichen Automatisierung trotz der zunehmenden Komplexität und Variabilität der zu fertigenden Produkte. Die dadurch entstehenden, völlig andersartigen hochdynamischen Produktionssysteme stellen an Produzenten und Systemintegratoren neue Anforderungen für Entwicklung, Zertifizierung und Betrieb.

Eine flexible Automatisierung durch autonome Systeme macht hochdynamische Produktions- und Wertschöpfungsnetzwerke möglich. Diese können sich in gewissen Grenzen ohne menschliches Eingreifen in Struktur und Abläufen an die stark individualisierte, zunehmend volatile Nachfrage anpassen.

zeiten wichtig. Bereits geplante Arbeitsvorgänge können auf diese Weise neu priorisiert werden. Mithilfe modularer und flexibler Strukturen kann sogar die Fertigung kurzfristig und automatisiert umgebaut werden. Dank intelligenter und selbstständiger Module sowie standardisierter Schnittstellen wird die Produktion in Echtzeit angepasst. Dank autonomer, adaptiver Logistiksysteme und fahrerloser Transportsysteme kann die Materialbereitstellung optimal auf strukturelle Veränderungen in der Produktionsumgebung reagieren.

Mit diesen Produktionsveränderungen gehen neue Anforderungen an die Fertigungs- und Montagemodule einher, die einer weitgehenden Autonomie bedürfen. Intelligente, kollaborierende Robotersysteme wie die Demonstratoren YuMi von ABB oder die Roboterhand von Schunk können sich selbst sowie die Arbeitsumgebung ihrer menschlichen Kolleginnen und Kollegen kurzfristig den sich verändernden Randbedingungen anpassen. Sie übernehmen einzelne Montageaufgaben des Menschen, übertragen Aufgaben an ihn oder kooperieren mit ihm.

Demonstrator: Kollaborative Montage mit flexiblen Robotern in der industriellen Fertigung

Um den Anforderungen an eine vollflexible Fertigung in der Elektronik- und anderen Industrien gerecht zu werden, hat ABB mit YuMi einen kollaborierenden Zweiarm-Roboter für die Kleinteilmontage entwickelt. Der Roboter kann unterschiedliche Gegenstände wie eine Uhr oder einen Tablet PC mit höchster Präzision handhaben. Er arbeitet so genau, dass er sogar einen Faden durch ein Nadelöhr führen kann. Der Roboter kann mit dem **Menschen Hand in Hand** arbeiten, was zu einer neuen Flexibilisierung in der Produktion führt und selbst in der Automatisierung Losgröße 1 ermöglicht. YuMi wurde als inhärent sicheres System entworfen. Bei vielen Anwendungen werden Schutzzäune überflüssig. Er kann mit seinen Armen die bei der Kleinteilmontage notwendigen Bewegungen auf engstem Raum ausführen. Dabei entspricht seine Reichweite in etwa der von menschlichen Armen. YuMi kann direkt an bisher von Menschen besetzten Arbeitsstationen eingesetzt werden. Der Platzbedarf für eine Automatisierungslösung mit YuMi lässt sich so auf ein Minimum reduzieren. Der Zweiarm-Roboter von ABB bietet eine präzise visuelle Steuerung, zwei flexible Greifhände, Force-Control-Sensorik und eine leistungsstarke Robotersteuerung. Die innovative Lead-Through-Programming-Technologie sorgt für eine erhebliche Verkürzung der Programmierzeiten.



ABBILDUNG 3:
Zweiarmiger Greifarm-
roboter YuMi von ABB
(Quelle: ABB).

Demonstrator: Digitale Geschäftsplattform AXOOM von TRUMPF

In der autonomen Produktion müssen Lieferzeitpunkt, Materialverfügbarkeit, Personalkapazität, Rüstzeiten und Maschinenverfügbarkeit kontinuierlich optimal aufeinander abgestimmt werden. Dazu werden zunächst alle Produktionsstationen vernetzt und dann permanent überwacht. Fällt eine Maschine aus, steht eine Wartung an oder kommt ein neuer Auftrag herein (was üblicherweise in hoher Frequenz erfolgt), so muss sofort ein optimierter Produktionsplan für das Gesamtsystem erstellt werden. Auch muss die zuständige Fachkraft gewarnt werden, wenn die Produktion nicht mehr mit den vorgegebenen Parametern ausführbar ist.

Um **Lösungen für die Smart Factory** anbieten zu können und der fertigen Industrie ein System zur Optimierung der Shop-Floor-Prozesse bereitzustellen, hat TRUMPF im Jahr 2015 die digitale Geschäftsplattform AXOOM gegründet. Diese offene Plattform für Maschinenbauer, Softwareanbieter und Dienstleister ermöglicht neben der horizontalen Vernetzung der Wertschöpfungskette auch die vollständige vertikale Vernetzung von der Maschine in die Fabrik und in die Cloud. Dadurch wird die „dingliche“ Welt auf dem Shop-Floor mit der virtuellen Welt auf dem Office-Floor verbunden. Die Plattform bildet dabei die **vollständige Prozesskette vom Auftrag bis zur Rechnungslegung** ab. Alle Partner können ihre Anwendungen auf Basis eines Standard Software Development Kits einbinden und über einen App-Store zugänglich machen. AXOOM arbeitet intensiv an Modulen, die in Summe als autonome Fertigung arbeiten sollen.

Im Demonstrator-Szenario werden zur Steuerung des autonomen Systems Daten von Maschinen und einem Lasermarkierer auf dem Stand der Hannover Messe hochsicher in die AXOOM-Plattform übertragen.

ABBILDUNG 4:
Oberfläche der Geschäfts-
plattform AXOOM (Quelle:
AXOOM GmbH).



Demonstrator: Die SCHUNK-5-Finger-Hand (SVH) – Multifunktionales Greifen für die autonome Produktion und deren Umfeld

Die Greifsysteme, die in der Industrie derzeit im Einsatz sind, arbeiten meist mit starren Fingergeometrien für jeweils eine definierte Greifsituation, etwa für das Werkstück-Handling in einer Werkzeugmaschine, einer Roboteranwendung in der Montage oder der Massen-Kommissionierung in der Logistik. Der Demonstrator SCHUNK-5-Finger-Hand (SVH) bietet multifunktionales Greifen und kann ein großes Spektrum verschiedener Werkstücke, Werkzeuge oder anderer Hilfsmittel bedienen. Ohne den sonst so typischen Greiferwechsel können diese Gegenstände an ihren jeweiligen Verwendungsort gebracht und für vorher definierte Aufgaben genutzt werden.

Dank der beweglichen Glieder mit insgesamt neun Antrieben kann die SVH unterschiedlichste Greifoperationen mit hoher Sensibilität und nahezu derselben Perfektion wie eine menschliche Hand ausführen. In Kombination mit den sechs Freiheitsgraden des Leichtbauarms Powerball LWA 4P lassen sich hohe Drehmomente, Geschwindigkeit und Wiederholgenauigkeit für hochflexible Applikationen realisieren. Zudem sind im Automatikbetrieb über die Kollisionserkennung die Grundvoraussetzungen für die Zusammenarbeit mit dem Menschen gegeben. Durch den Vergleich von erwarteten und tatsächlichen Messwerten können externe Kräfte erkannt werden. Dadurch sind auch handgeführte Bewegungen möglich. Eine intuitive Programmierung wird durch die kraftgesteuerte Ausführung sichergestellt. Die **verantwortliche Fachkraft kann die Hand-Arm-Kombination führen und entsprechende Programmabläufe intuitiv einlernen**.

Ein weiterer Schritt in Richtung Mensch-Roboter-Kollaboration ist die Umwelterfassung von spezifischen Greifsituationen. Das **gegriffene Werkstück**, etwa ein spitzes Werkzeug oder ein dünnwandiges Werkstück, kann **erkannt und sicher gehandhabt oder transportiert werden**. Dies wird durch den Einsatz eines zusätzlichen Bildverarbeitungssystems oder einer entsprechenden Umfeld-Sensorik erreicht. Die 24V-Ausführung ermöglicht einen energieeffizienten Einsatz und ist für viele Nutzerinnen und Nutzer Ausgangspunkt für mobile Anwendungen, beispielsweise in Kombination mit einer mobilen Plattform.



ABBILDUNG 5:
Die SCHUNK-5-Finger-Hand
(Quelle: SCHUNK).

2 STRASSEN- UND SCHIENENVERKEHR

Automatisierung ist ein Schlüsselement für mehr Sicherheit und Effizienz im Straßen- und Schienenverkehr bei gleichzeitiger Reduzierung der Umweltbelastung.

Mobilität ist ein Grundbedürfnis unserer Gesellschaft und eine wichtige Voraussetzung für Wirtschaftswachstum. Für die Bewältigung des steigenden Verkehrsaufkommens und die nachhaltige Sicherung der Mobilität ist Automatisierung ein Schlüsselement. Mehr Sicherheit und Effizienz im Straßenverkehr bei geringerer Umweltbelastung sind gesamtgesellschaftliche Ziele, die sich durch Automatisierung erreichen lassen.

Gesellschaftliche Trends wie der demografische Wandel sowie neue Formen sozialen Zusammenlebens beeinflussen die Verkehrsträger von morgen und erfordern neue Lösungen im Straßen- und Schienenverkehr. Die Automatisierung verändert einerseits unser Mobilitätsverhalten, ermöglicht andererseits aber auch diesen Wandel.

Autonomes, also fahrerloses **Fahren auf der Straße** bietet vielfältige individuelle Vorteile. Neben der Schaffung neuer Freiräume für Freizeit und Arbeit wird ebenso eine höhere gesellschaftliche Teilhabe an Mobilität ermöglicht. Im **Schieneverkehr** erlaubt automatisiertes Fahren auf Hochgeschwindigkeitsstrecken mehr Durchsatz, Effizienz und Betriebsstabilität ohne Einbußen bei der Sicherheit. Im Flächenverkehr kann mit kleineren Fahrzeugen ein nachfrageorientiertes Angebot geschaffen werden. Betriebsprozesse wie Rangier- oder Bereitstellungsfahrten können automatisch erfolgen. Will man diese Potenziale im Straßen- und Schienenverkehr voll ausschöpfen, ergeben sich eine Reihe technischer, sozialer und rechtlicher Herausforderungen.

Die **technischen Herausforderungen** liegen unter anderem in der Gestaltung eines nachhaltigen Verkehrssystems. Das betrifft beispielsweise die Architektur, Schnittstellenstandards oder die Digitalisierung der Infrastruktur, aber auch Fragestellungen zu IT-Sicherheit und Datenschutz. Auf Straße und Schiene müssen für autonom fahrende Fahrzeuge Funktionalität, Sicherheit, Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit gewährleistet werden.

In der Arbeitswelt entstehen durch die Einführung autonomer Systeme und die allgemeinen Auswirkungen der Automatisierung **neue Berufsbilder und Ausbildungsgänge**. Aufgrund des Wandels bestehender Geschäftsmodelle und des Auftretens neuer Player müssen sich Industrie- und Wirtschaftszweige radikal ändern. Rechtliche Rahmenbedingungen sind weiterzuentwickeln. Anpassungsbedarfe sollten schon heute über mögliche Anwendungsfälle aufgezeigt werden.

Anwendungsbeispiel: Private Fernreise

Eine Familie möchte eine mehrere Hundert Kilometer lange Bahnreise unternehmen. Die Anfahrt zum Startbahnhof muss organisiert werden, ebenso die Zugfahrt, die Weiterfahrt vom Zielbahnhof und der Transport des Gepäcks.

Automatisierung ermöglicht neue Formen der Mobilität und stellt neue Anforderungen an das Verkehrssystem.

Die Automatisierung im Straßen- und Schienenverkehr führt zu einer Neugestaltung der Märkte in den Bereichen Mobilität und Logistik.

Im zukünftigen Verkehrssystem werden die Reisenden von der Planung der gesamten Fahrt entlastet. Sie formulieren ihren Mobilitätswunsch und erhalten eine **individuelle Routen- und Verkehrsmittelzusammenstellung** mit automatischer Buchung und Abrechnung. Ein autonom fahrendes Elektrofahrzeug holt die Familie ab und bringt sie sicher und rechtzeitig zum Bahnhof. Dank intelligenter Umfeld-Sensorik, der Vernetzung der Fahrzeuge untereinander sowie der Verkehrsleittechnik wird die Route zum Bahnhof so geplant, dass die Reise stressfrei beginnen kann. Am Bahnhof wird das Gepäck automatisch in den Zug verladen und bis zum Ziel mitgeführt. Die Züge fahren voll automatisiert. Beim Umsteigen werden die Fahrgäste durch das Informationssystem ihres Smartphones bedarfsgerecht geführt und auch über mögliche Änderungen im Reiseablauf sowie passende Alternativen frühzeitig informiert. Die Disposition der beteiligten intermodalen Fahrzeuge erfolgt automatisch und nachfragegerecht unter Berücksichtigung der aktuellen Verkehrslage und Betriebslage der Züge. Alle relevanten Informationen laufen in einem integrierten Managementsystem zusammen.

Demonstrator: DLR – „IPS Box“ für Fahrzeuge zur Situationserfassung mittels optischer Navigation und wissensbasierter Manöverplanung

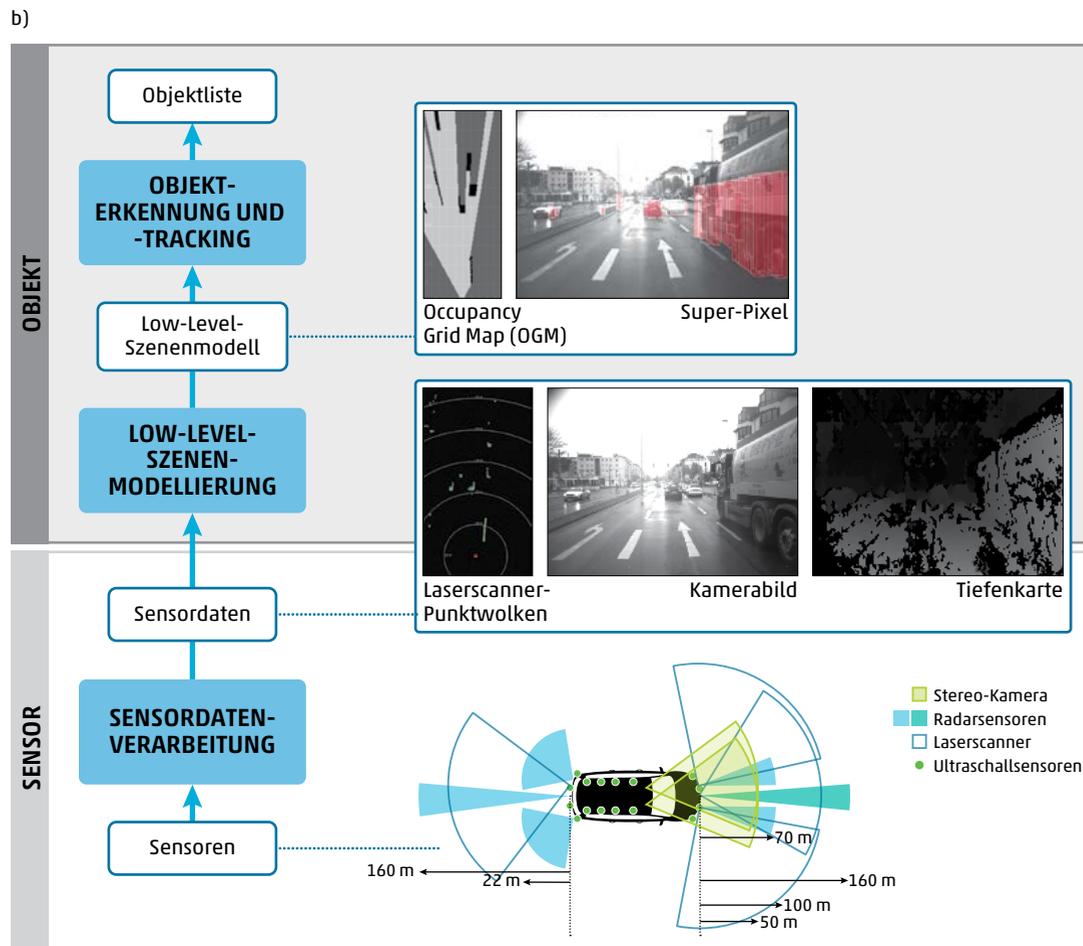
Für ein situationsgerechtes Verhalten automatisierter Fahrzeuge im Mischverkehr ist das Wissen über Objekte in der Umgebung inklusive ihrer genauen Position und ihres voraussichtlichen Verhaltens essenziell. Das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. (DLR) hat in diesem Zusammenhang ein in Fahrzeuge integrierbares Multisensorsystem entwickelt. Stereokameras und innovative Algorithmen erlauben Situationsinterpretation und -prädiktion in Echtzeit.

Das auf dem Dach eines Pkw montierte Integrated Positioning System (IPS) (Abbildung 6a) ermöglicht die hochgenaue Bestimmung der Fahrzeugbewegung durch stereobildgestützte inertielle Navigation. Das ist insbesondere nützlich in Gebieten mit eingeschränkter externer räumlicher Referenzierung durch GPS. Zusätzlich werden die Stereobilddaten genutzt, um die Umgebung räumlich zu erfassen. Die dabei registrierten Umweltbausteine werden von einer Daten- zu einer Informationsebene verarbeitet. **In der Umwelt identifizierte Objekte** wie Fahrzeuge, Radfahrerinnen und Radfahrer, Fahrbahnmarkierungen sowie Verkehrszeichen **werden klassifiziert und charakterisiert**. Eine im Wesentlichen auf Ontologien und Logiksprachen basierende Software zur Situationserkennung liefert die Vektoren, die von der Fahrzeugautomation als Grundlage für die Manöverplanung und die Auslegung des Mensch-Maschine-Systems herangezogen werden.

Entscheidend für die Leistungsfähigkeit des Sensordatenfusionssystems ist die Trennung zwischen der das Umfeld erfassenden Sensorebene und der Objektebene. Auf der Objektebene greifen die leistungsfähigen Algorithmen zur Situationsbewertung an (siehe Abbildung 6b).

ABBILDUNG 6:

a) DLR Demonstrator IPS-Box zur Situationserkennung und -interpretation auf dem Dach eines Trägerfahrzeugs, b) Systemarchitektur des Multilevel-Sensordatenfusionssystems zur Umfelderkennung (Quelle: DLR; CC-BY 3.0).



3 SMART HOME

Die umfassende Digitalisierung des Lebensumfeldes betrifft auch Wohn- und Zweckgebäude. Autonome, intelligente Gebäude (Smart Homes) werden zu einem Kernelement einer vernetzten, digitalisierten Lebenswelt. Das Ziel ist ein **intelligentes, multinutzerfähiges Zuhause**, das die Wohn- und Lebensqualität erhöht, umfangreiche und leicht anpassbare Assistenzfunktionen bietet und mit vernetzten, automatisierten Abläufen für mehr Sicherheit sowie eine effiziente Energienutzung sorgt. Zukünftige Smart-Home-Technologien erweitern heutige Systeme um die intensive **Vernetzbarkeit** mit anderen Systemen und Diensten, eine **intelligente Sensorik** sowie die Fähigkeit, aus dem Verhalten der Nutzerinnen und Nutzer zu **lernen**. Leicht anzupassende Interaktionstechniken machen Smart Homes – trotz ihrer hohen Systemkomplexität – generationenübergreifend bedienbar. Angestrebt werden **autonome Smart-Home-Systeme**, die weitgehend selbstständig die ihnen übertragenen Aufgaben sinnvoll und vorausschauend übernehmen. Ein Smart Home passt sich dabei automatisch und über Jahre hinweg an die sich ändernden Bedürfnisse und Lebensumstände an und ist ein **autonomes Multinutzersystem**. Um Bewohnerinnen und Bewohner sowie Gebäude besser zu sichern, muss ein Smart Home auch zuverlässig und autonom eine Notfallsteuerung übernehmen können.

Nutzerbezogene Dienste und Konfigurationen sollen **unabhängig vom konkreten Gebäude** verfügbar sein. Dabei sind ein effizienter Datenschutz und die IT-Sicherheit essenziell. Ohne diese Eigenschaften werden Smart-Home-Systeme in Zukunft voraussichtlich nicht mehr konkurrenzfähig sein. Die derzeitige Konzentration auf Komfort- und Überwachungsfunktionen setzt weder die notwendigen Anreize für eine bessere Marktentwicklung, noch erschließt sie das Potenzial bei Energieeffizienz, Sicherheit und Unterstützung.

Anwendungsbeispiel: Ein Tag im Smart Home

Das Smart Home kennt als Multinutzersystem die individuellen Aufstehzeiten aller Familienmitglieder und passt Heizungs- und Lichtsteuerung daran an. Ein stetiger Abgleich mit dem persönlichen Terminkalender berücksichtigt auch individuelle Änderungen. Ist etwa ein Flug geplant und eine Autofahrt zum Flughafen notwendig, wird die individuelle Aufstehzeit anhand des aktuellen Flugplans, der Verkehrssituation zum Flughafen sowie des üblichen individuellen Zeitbedarfs entsprechend rechtzeitig gewählt. Die hierfür **erforderlichen Informationen werden vom Smart Home über standardisierte Dienste und Schnittstellen selbstständig abonniert**. Das Smart Home sorgt auch dafür, dass das Elektrofahrzeug bedarfsgerecht geladen wird. Reicht die interne Stromversorgung nicht aus, wird der prognostizierte Bedarf durch externe Anbieter gedeckt. Dies erfolgt mit genügend Vorlaufzeit und auch unter Berücksichtigung von Wettervorhersagen, damit Zeiten günstiger Stromtarife sowie eigene Photovoltaiküberschüsse intelligent genutzt werden können.

Smart Homes müssen sich an Nutzerinnen und Nutzer mit sehr unterschiedlichen Wissens- und Erfahrungshintergründen beziehungsweise sehr unterschiedlichen Erwartungen anpassen können.

Um das Smart Home möglichst gut mit anderen Diensten und Systemen vernetzen zu können, muss es kompatibel mit Systemwelten aus den Bereichen Industrie 4.0, Elektromobilität und Energie sein.

Demonstrator: Autonome Gebäudesteuerung

Wesentliche Hindernisse für die Verbreitung und Akzeptanz von Smart-Home-Lösungen sind die oftmals noch komplexe Installation und Konfiguration, die unübersichtliche Vielfalt von oft inkompatiblen Systemwelten und herstellerspezifischen Speziallösungen sowie daraus folgend die fehlende langfristige Investitionssicherheit für die Kunden. Ein weiteres Problem in diesem Kontext ist die technische und optisch ansprechende Nachrüstbarkeit existierender Automationsysteme. Das Exponat der Hager Group zeigt verteilt auf zwei integrierte Tischinstallationen Lösungen, die diese Nachteile innerhalb der KNX-Systemwelt (einem offenen Standard für die Haus- und Gebäudesystemtechnik) adressieren. Die Installation „easy“ stellt Ansätze für eine sehr einfache Konfiguration und Visualisierung eines umfangreichen Smart-Home-Systems vor. Nutzerinnen und Nutzer können selbstständig und ohne externe Hilfe die ausgestellte Gebäudeautomation konfigurieren und anpassen. Ergänzt wird das Exponat um das Plug-and-Play-Funksystem „Quick Link“, das im Nachrüstmarkt neue funkbasierte und leicht nachrüstbare modernste Sensorik und Aktuatorik ermöglicht. Quick Link integriert unter anderem existierende kabelgebundene KNX-Installationen in die funkbasierte „Coviva-Lösung“. Coviva verfügt über einen IP-Zugang und kann mit IOS und Android Apps bedient werden.

Die Wetterstation „Netatmo“ fügt sich ebenfalls in diese Systemwelt ein und bildet die Basis für neue Smart Services. Sie lässt die Messwerte vieler Smart Homes in eine verbesserte regionale Vorhersage einfließen und bietet den angeschlossenen Smart Homes mehr Sicherheit und Effizienz.

Die Exponate tragen zu einer **weiteren Ergänzung und Öffnung von Systemwelten in der Gebäudeautomation** bei. Die Nutzerinnen und Nutzer können durch standardisierte Komponenten ihr Smart Home über längere Zeit an sich **ändernde Anforderungen anpassen und neue Sensoren und Aktoren eigenständig in bestehende Installationen integrieren**. Die gezeigten Ansätze erleichtern so die Entwicklung umfangreich vernetzter, intelligenter und autonomer Smart Homes, die weit mehr bieten als die heute üblichen Komfort- und Sicherheitsfunktionen.



Die leichte Erweiterbarkeit und Konfiguration umfassender Gebäudeautomationen sowie vor allem auch das Zusammenspiel unterschiedlichster Smart-Home-, Robotik- und Internet-of-Things-Systemwelten ist eine wesentliche Voraussetzung für energieeffiziente, intelligente, autonome Gebäude.

ABBILDUNG 7: Plug-and-Play-Funksystem „Quick Link“, das im Nachrüstmarkt neue funkbasierte und leicht nachrüstbare modernste Sensorik und Aktuatorik ermöglicht (Quelle: Hager Group).

4 MENSCHENFEINDLICHE UMGEBUNGEN

Menschenfeindliche Umgebungen belasten oder gefährden **Menschen in besonderem Maße:**

- unter Wasser, insbesondere in größeren Tiefen;
- in großen Höhen, im Weltraum;
- nach Kontamination mit radioaktiven Stoffen, Viren, Keimen, Giften;
- durch extreme Bedingungen wie Sauerstoffmangel, Lärm, Verschmutzung, Hitze oder Kälte, Druck;
- bei einem hohen Gefahrenpotenzial, etwa bei Einsturz- oder Explosionsgefahr;
- bei der Bedrohung durch andere Menschen, beispielsweise in Krisen- und Kriegsgebieten, bei polizeilichen Sondereinsätzen.

Den Bedingungen entsprechend werden menschenfeindliche Umgebungen unterschieden:

- die Menschen nur mit spezieller Schutzausrüstung betreten können;
- in denen Belastung und Gefährdung für den Menschen mit wachsender Aufenthaltsdauer ansteigt;
- in denen der Aufenthalt von Menschen mit unzumutbar hohen Risiken verbunden ist.

Je nach Anwendungsgebiet sind hier autonome Systeme mit unterschiedlichen oder aufgabenbedingt variablen Autonomiegraden zweckdienlich:

- **ferngesteuerte Systeme**, meist mit visueller und/oder haptischer Rückkopplung;
- **automatisierte Systeme**, die Teilaufgaben selbstständig erledigen können;
- **autonome Systeme**.

Die verschiedenen Autonomiegrade erfordern dedizierte Mensch-Maschine-Schnittstellen.

Anwendungsbeispiel: Maritime Anwendungen

Unter Wasser gibt es eine Vielzahl von Aufgaben, bei denen Menschen durch autonome Systeme entlastet oder ersetzt werden können oder die erst mit autonomen Systemen effizient angegangen werden können. Menschen müssen Atemgeräte verwenden und vor Kälte geschützt werden, haben nur eine eingeschränkte Sicht und Orientierung, begrenzte Kommunikationsmöglichkeiten, relativ kurze zumutbare Aufenthaltsdauern und können ohne Druckkapsel nur in geringe Tiefen vordringen.

Die wirtschaftlich und wissenschaftlich relevanten **Aufgaben für den Einsatz autonomer Systeme sind vielfältig**. Die automatische Inspektion und Instandhaltung von Unterwasseranlagen ist

Die Märkte für autonome Systeme in menschenfeindlichen Umgebungen wie dem Weltraum, zu Luft, zu Wasser und zu Lande wachsen und bieten Deutschland sehr viele Chancen. Forschungsinstitute und Unternehmen weltweit entwickeln sehr dynamisch neue Anwendungsideen, Technologien, Produkte und Geschäftsmodelle. Deutschland hat wissenschaftlich und technologisch eine gute Ausgangsposition, um in diesen Zukunftsmärkten erfolgreich zu sein. Die hohe Dynamik der entsprechenden Fachszene erfordert ein schnelles und entschlossenes strategisches Handeln sowie gute Rahmenbedingungen.

interessant für Bohrlöcher, Förderanlagen, Unterwasser-Infrastrukturen, Pipelines, Windradfundamente, Seekabel, Staumauern und Schiffsrümpfe. Autonome Systeme helfen auch bei der Überwachung maritimer Farmen für Fische und Algen, der geografischen, geologischen und biologischen Erkundung der Tiefsee und in eisbedeckten Gebieten, der Erkundung und Erschließung mariner mineralischer Ressourcen, dem Auffinden und Beseitigen von Altlasten wie Munition und beim Umweltschutz.

Autonome Unterwasserfahrzeuge und -roboter, die den herrschenden Bedingungen angepasst sind, bieten einen **hohen Nutzen und ein hohes wirtschaftliches Potenzial**. Technische Herausforderungen liegen in druckfesten Materialien und Komponenten, etwa Auftriebsschäumen, Batterien, Antrieben, Behältern; in der Unterwassersensorik, sei es optisch, akustisch, elektrisch, magnetisch, chemisch oder biologisch; in der Navigations- und Kommunikationstechnik; in der Unterwasser-Manipulationstechnik sowie im notwendig hohen Autonomiegrad und in der Schwarmfähigkeit.

Demonstrator: Exploration der Tiefsee und Inspektion von technischen Anlagen in der Tiefsee

Wasser bedeckt mehr als 70 Prozent der Erdoberfläche. Aufgrund der am Meeresboden herrschenden menschenfeindlichen Bedingungen (pro zehn Meter Wassertiefe steigt der Druck um rund ein bar) sind aber weniger als fünf Prozent der Tiefsee erforscht und kartiert. Maschinen kommen in der Tiefsee wesentlich besser zurecht als Menschen. Aktuelle Marktstudien prognostizieren für autonome Unterwasserfahrzeuge (AUV) deshalb in wenigen Jahren eine Vervierfachung der Umsätze.

Der Deep Diving AUV for Exploration (DEDAVE) ist ein vom Fraunhofer-Institut für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung IOSB entwickeltes flexibles Tiefsee-AUV. Als **autonom navigierender Träger für verschiedene Sensoren** kann DEDAVE Unterwasserkarten erstellen, marine Sedimente untersuchen sowie andere Inspektionen und Vermessungen vornehmen. Anwendungsgebiete sind die Meeresforschung, die Vorbereitung der Verlegung von Tiefseekabeln und Pipelines, deren Inspektion im Betrieb, der Tiefsee-Bergbau sowie die maritime Öl- und Gasförderung.

Das Unterwasserfahrzeug kann bis zu 6.000 Meter tief tauchen, Missionen mit bis zu 20 Stunden Dauer durchführen und dabei mit mehreren gängigen Sensoren ausgestattet werden. Aufgrund der **patentierten Schnellwechseinrichtung für Batterien und Datenspeicher** sind Wartungs- und Rüstzeiten geringer. Das führt zu erheblichen Zeit- und Kosteneinsparungen bei einer Mission. DEDAVE ist in verschiedene Module aufgeteilt und kann auf diese Weise innerhalb seines Rastermaßes adaptiert werden. Seine Kompaktheit ermöglicht den weltweiten flexiblen Einsatz auf ganz unterschiedlich konzipierten Schiffen.



ABBILDUNG 8: DEDAVE im Unterwasserlabor am IOSB-AST in Ilmenau (Quelle: Fraunhofer IOSB). Modularer Aufbau, Tauchtiefe bis 6.000 Meter, L x B x H = 3,5 Meter x 1,25 Meter x 0,55 Meter, Gewicht inklusive Nutzlast: 750 Kilogramm, Tauchdauer bis zu 20 Stunden, Geschwindigkeit: 4 Knoten, Energieversorgung: Schnellwechsel-Li-Polymer-Modul mit 10 Kilowattstunden.

Demonstrator: Systemverbund autonomer Systeme für den Einsatz in menschenfeindlichen Umgebungen

Autonome Systeme können diverse Aufgaben in unterschiedlichen menschenfeindlichen Umgebungen ausführen. Diese Aufgaben werden letztendlich von Menschen gestellt und erfordern daher ein benutzerfreundliches Bedien-Interface – insbesondere bei der Verwendung mehrerer Systeme. Häufig muss die zuständige Fachkraft auch wissen, wo und in welchem Zustand sich die Teilsysteme gerade befinden und bis zu welchem Grad die Aufgabe bislang erledigt wurde. In menschenfeindlichen Umgebungen muss zudem die Aufgabenstellung oftmals dynamisch verändert werden.

Der **mobile Leitstand** für Aufklärung mit mobilen und ortsfesten Sensoren im Verbund (**AMFIS**) wurde vom Fraunhofer-Institut für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung IOSB für heterogene mobile Systeme entwickelt. AMFIS soll fahrende, fliegende oder schwimmende Anwendungen gezielt disponieren und kontrollieren, etwa bei der Erkundung menschenfeindlicher Umgebungen, beim Katastrophenschutz oder bei der Überwachung. Die angebotenen autonomen oder teilautonomen Systeme können über grafische Interfaces auf **einheitliche Weise beauftragt und kontrolliert** werden. Der einsatzfertige Leitstand ist in einem Mercedes Sprinter untergebracht und verfügt über Schnittstellen zu anderen Leitzentren.

Der vom Fraunhofer IOSB entwickelte „IOSB.amp.Q1“ steht exemplarisch für einen in das System integrierten **Landroboter**, ein Unmanned Ground Vehicle (UGV). Das Gerät kann autonom eine unbekannte Outdoor-Umgebung multisensoriell mittels Video, Infrarot und Lidar erkunden sowie 3D-Karten erstellen.

Ein Beispiel für einen modernen **Flugroboter** stellt der md4-3000 dar. Der Quadrocopter wurde von microdrones GmbH entwickelt und kann autonom mit Nutzlasten von bis zu rund 4 Kilogramm etwa 45 Minuten in Höhen bis 4.000 Meter fliegen.

Der **Unterwasserroboter** SeaCat von ATLAS ELEKTRONIK GmbH kann mit diversen austauschbaren Köpfen für die Seebodenkartierung, Inspektionen oder das Auffinden von Chemikalien in Wassertiefen bis 600 Meter autonom oder ferngesteuert bis zu 20 Stunden agieren. SeaCat kann dadurch unter anderem für die Beseitigung von Altlasten, das Aufspüren von Minen, die Inspektion von Windenergieanlagen, den Hafenschutz oder Pre-Lay Surveys für Kabel und Pipelines eingesetzt werden.



ABBILDUNG 9: AMFIS-System für den effektiven Einsatz von teil- und vollautonomen Systemen in menschenfeindlichen Umgebungen. Mitte: mobiler Leitstand integriert in einen Kleinbus, Fraunhofer-IOSB. Unten links: SeaCat, Fa. ATLAS ELEKTRONIK GmbH. Unten Mitte: Quadrocopter md4-3000, Fa. microdrones GmbH. Unten rechts: IOSB.amp.Q1, Fraunhofer-IOSB (Quellen: Fraunhofer IOSB, ATLAS ELEKTRONIK GmbH, microdrones GmbH).

5 TECHNOLOGISCHE WEGBEREITER

Mobile autonome Systeme müssen ihre Ziele auch in Situationen verfolgen können, in denen nur **unsichere, vage und unvollständige** Umgebungsinformationen vorliegen und eigene **Ressourcen** wie Energie oder Zeit begrenzt sind. Daher müssen in den technologischen **Grundbausteinen der Referenzarchitektur** auch **probabilistische und entscheidungstheoretische Modelle** zum Einsatz kommen.

Die deutsche Forschung ist führend im **Bereich der Künstlichen Intelligenz**, insbesondere auf den Gebieten der maschinellen Wissensrepräsentation, der Lern-, Inferenz- und Planungsverfahren sowie der Benutzermodellierung, und hat entscheidende wissenschaftliche Grundlagen für autonome Systeme gelegt. Nun müssen **generische Bausteine** erstellt werden, die ausgereifte Basiskomponenten der Referenzarchitektur für die rasche Entwicklung zuverlässiger autonomer Systeme über eine Softwareplattform möglichst **lizenzfrei und quelloffen** zur Verfügung stellen.

Um komplexe Aufgaben lösen zu können, müssen autonome Systeme selbstständig und situationsabhängig einen Handlungsplan entwerfen, der das vom Menschen vorgegebene Hauptziel ohne Fernsteuerung und weitere menschliche Hilfe erreicht. Dazu müssen alle Sensorsignale des autonomen Systems intelligent kombiniert und interpretiert werden, um ein möglichst präzises Umgebungsmodell für die zielorientierte Steuerung der Aktuatorik zu erhalten (siehe Abbildung 1). Neben dem maschinellen Lernen spielen dafür auch Verfahren des räumlich-zeitlichen Schließens in Echtzeit eine entscheidende Rolle (siehe Abbildung 10). Dies ist besonders wichtig, wenn unerwartete Probleme bei der automatisierten Planausführung auftreten und eine kurzfristige Umplanung erfordern.

In Deutschland wurden bereits Schlüsselkonzepte autonomer Systeme und international konkurrenzfähige Technologiebausteine erarbeitet. Diese technologischen Wegbereiter gilt es im Rahmen einer **umfassenden Referenzarchitektur für autonome Systeme** weiterzuentwickeln, sodass Deutschland Leitanwender, aber auch Leitanbieter autonomer Systeme für wichtige Innovationsfelder wird. Außerdem müssen Softwarewerkzeuge für den systematischen Entwurf, die Implementierung, den Test, die Zertifizierung, die Sicherheit und die Wartung autonomer Systeme entwickelt werden.

Durch die Integration von Methoden der Künstlichen Intelligenz in Sensorsysteme, mechatronische Systeme, Softwaresysteme und Automatisierungssysteme ergibt sich ein enormes Wertschöpfungspotenzial für den Einsatz autonomer Systeme. Sollen diese Potenziale gehoben werden, müssen **die nationalen Kompetenzen bei autonomen Systemen auf- und ausgebaut werden**. Eine umfassende Referenzarchitektur kann dabei als strukturierendes Element dienen. In intensiver Abstimmung zwischen Wissenschaft und Industrie wurde bereits ein erster Entwurf für eine Referenzarchitektur erarbeitet, der die drei wesentlichen Komponenten autonomer Systeme Sensorik, Selbstregulation und Aktuatorik fokussiert (siehe Abbildung 1). Dabei ist ein normativer Rahmen erforderlich, der die menschliche Kontrolle jederzeit sicherstellt. Operationalisiert wird dies durch eine effiziente, zuverlässige und sichere Kommunikation, Interaktion und Kollaboration zwischen Menschen, autonomen Systemen und ihrer Umgebung. Dabei müssen sich die autonomen Systeme deutlich stärker dem Menschen in seinem Kommunikationsverhalten anpassen als umgekehrt.

Allen autonomen Systemen gemein ist die **automatisierte Modellbildung** zum Aufbau und zur stetigen Anpassung ihrer Wissensbasen. Diese müssen nicht nur einmalig akquiriert, sondern während der gesamten Lebensdauer eines autonomen Systems immer wieder adaptiert, korrigiert und erweitert werden. Dabei spielt neben dem maschinellen Lernen auch das fallbasierte und analoge Schließen eine wichtige Rolle.

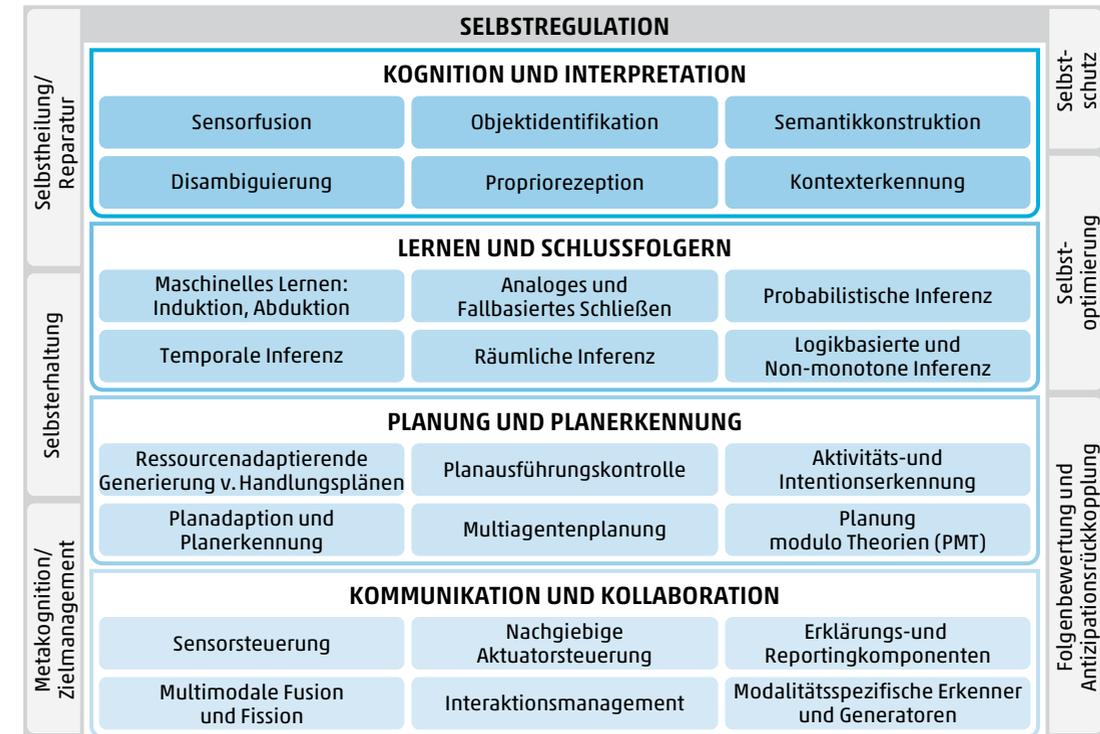


ABBILDUNG 10: Technologische Bausteine der Referenzarchitektur für autonome Systeme (Quelle: DFKI).

Zielorientierung, Adaptivität und Verlässlichkeit gehören zu den definierenden Merkmalen autonomer Systeme, ohne die ein praktischer Einsatz nicht sinnvoll ist. Darüber hinaus weisen autonome Systeme zahlreiche Merkmale intelligenten Verhaltens auf:

- **Selbsterklärungsfähigkeit:** Das System kann seine Handlungsentscheidungen gegenüber einem Menschen in verständlicher, rationaler Weise erklären.
- **Fehlertoleranz und Resilienz:** Das System kann auch bei Funktionsstörungen seiner Komponenten seine Aufgaben zumindest partiell erfüllen.
- **Selbstlernfähigkeit:** Das System kann ohne Hilfe von außen, rein aufgrund umfangreicher Erfahrungsdaten und Beobachtungen, seine Wissensbasis ergänzen, wobei auch das Lernen an wenigen Beispielen möglich werden muss.
- **Kooperativität:** Das System kann mit anderen autonomen Systemen oder Menschen in seiner Umgebung im Team zusammenwirken, um gemeinsame Ziele zu erreichen.
- **Proaktivität:** Das System kann vorausschauend agieren und bei seiner Handlungsplanung die zu erwartenden Ereignisse und das Verhalten anderer Akteure in seiner Umgebung antizipieren.

Bei autonomen Systemen, seien es physische Module oder reine Softwaremodule, stellt die Dauer des angestrebten autonomen Verhaltens eine wichtige Dimension zur Einordnung der Systeme dar. Besonders die Langzeitautonomie erfordert den Einsatz von standardisierten Werkzeugen zur Soft- und Hardwareentwicklung. Dazu muss auf Ingenieursdisziplinen zurückgegriffen werden, die neue Entwurfs- und Modellierungstechniken für den Test, die Zertifizierung, die Sicherheit und die Wartung autonomer Systeme bereitstellen können. Der Austausch von gespeichertem Wissen über sehr lange Zeiträume ist nur möglich, wenn gemeinsame Sprachen zur Wissensrepräsentation und Sensorschnittstellen definiert werden, die über Subsysteme unterschiedlicher Hersteller hinweg eingehalten und benutzt werden.

Es sind aber auch noch erhebliche Forschungsanstrengungen auf der Software- und Hardwareebene sowie in den Kognitionswissenschaften notwendig, um nur annähernd menschenähnliche Alltagsintelligenz für autonomes Systemverhalten in den wirtschaftlich und gesellschaftlich erstrebenswerten Anwendungsbereichen zu ermöglichen. Um die gesellschaftliche Akzeptanz autonomer Systeme zu sichern und das Gefühl eines möglichen Kontrollverlustes zu vermeiden, müssen Methoden zur **Selbstverifikation**, **Selbsterklärung** und **Selbstheilung** sowie zur rechtzeitigen und angemessenen Übergabe der Kontrolle an den Betreiber weiter perfektioniert werden (siehe Abbildungen 1 und 10). Mit dem weltweit größten Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz DFKI, einschlägigen Instituten der Max-Planck-Gesellschaft, der Fraunhofer-Gesellschaft und der Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren sowie herausragenden Lehrstühlen verfügt Deutschland über eine exzellente Ausgangsbasis für erfolgreiche Verbundprojekte zur Realisierung autonomer Systeme gemeinsam mit der Industrie – ausgehend von den hier skizzierten technologischen Wegbereitern.

Demonstrator: Rekonfigurierbare autonome Systeme – modulare & modellbasierte Architektur D-ROCK am Beispiel des DFKI-Roboters MANTIS

Autonome Systeme müssen sich schnell auf unvorhergesehene Situationen einstellen und in diesen adäquat handeln können. Dafür müssen sie in der Lage sein, ihre Verhaltensmodelle gemeinsam mit der Hard- und Software abzustimmen und sich somit dynamisch zu rekonfigurieren. Dies ist die Zielsetzung des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten DFKI-Projektes D-ROCK. D-ROCK befasst sich mit der **Standardisierung des Entwicklungsablaufes** auf allen Ebenen eines autonomen Systems: vom Hardwaredesign über die Elektronikentwicklung bis hin zur Software und der Verhaltensmodellierung. Somit stellt es einen neuen, verbesserten Standard zu Roboter-Betriebssystemen wie ROS dar. Das Projekt zielt insbesondere auf die Verknüpfung der verschiedenen Entwicklungssichten beim Systemdesign ab und bildet die Grundlage für die effiziente Entwicklung autonomer Systeme.

Die Effektivität des Ansatzes zeigt sich insbesondere bei der steigenden Komplexität von Robotersystemen der nächsten Generation, die als autonome Systeme in unbekannt und unstrukturierten Umgebungen eingesetzt werden und die heutigen Systeme bei Weitem übertreffen. Demonstriert wird der D-ROCK-Ansatz anhand von **MANTIS**, einem mehrgliedrigen Laufroboter, der als mobiler Manipulator in dem vom Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) geförderten Vorhaben LIMES entwickelt wurde. Sein flexibler und adaptiver Bewegungsapparat ermöglicht einen hohen Grad an Mobilität auf unebenen und unstrukturierten Oberflächen. Die vorderen beiden Extremitäten können zum Laufen und als Manipulatoren eingesetzt werden. Greifwerkzeuge mit einer multimodalen Sensorik ermöglichen die durch taktile Wahrnehmung gestützte Handhabung von Objekten. MANTIS kann **autonom in unterschiedlichen Einsatzgebieten** agieren: Er kann Objekte bewegen und so beispielsweise bei Katastropheneinsätzen in schwer zugänglichem Gelände bei der Bergung von Überlebenden helfen oder im Team mit anderen Robotern beim Rückbau von Kernkraftwerken eingesetzt werden.

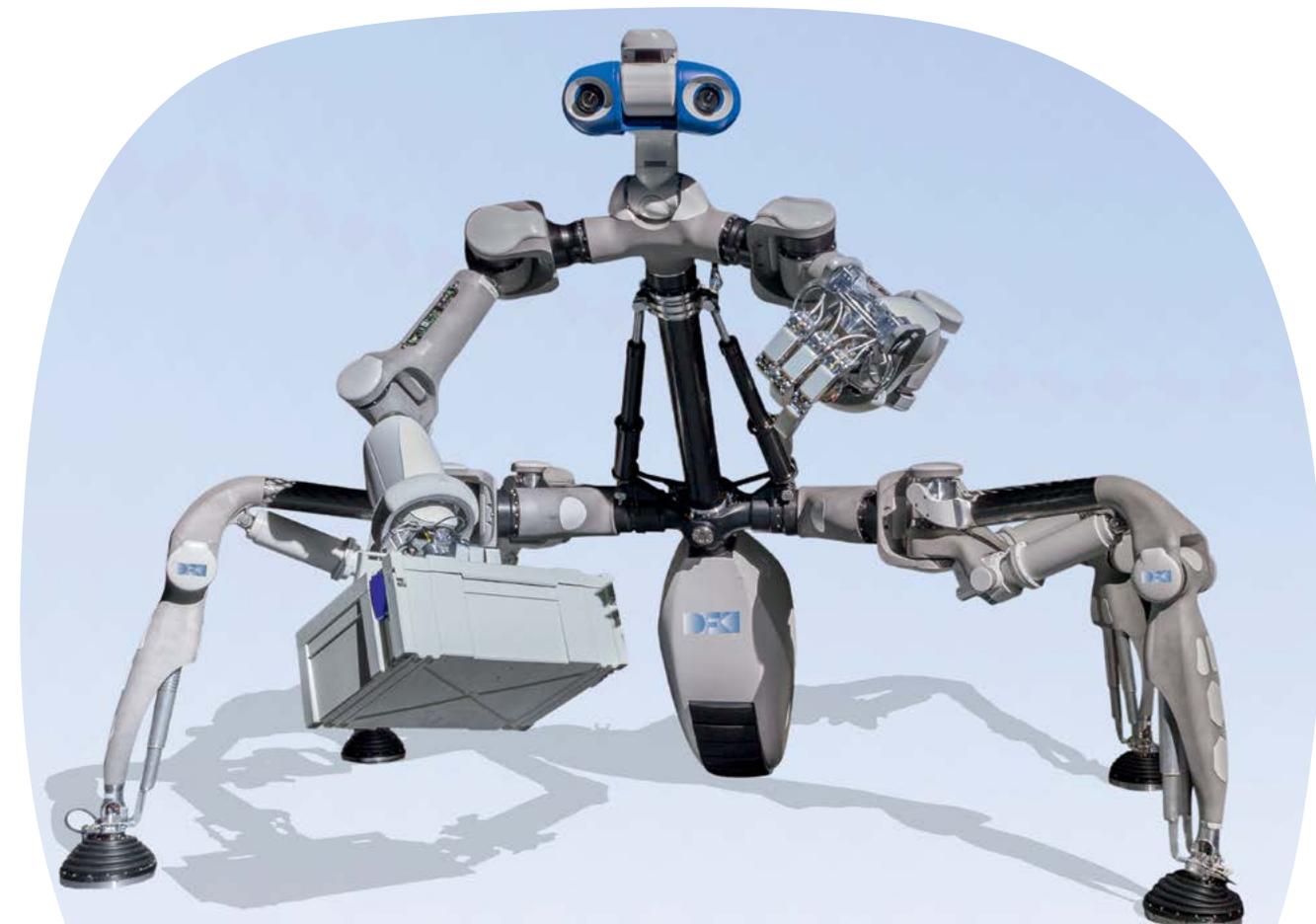


ABBILDUNG 11:
DFKI-Roboter MANTIS mit D-ROCK-Architektur, L x B x H = 2,5 Meter x 2,5 Meter x 1,85 Meter (Quelle: DFKI, Foto: Annemarie Hirth).

6 GESELLSCHAFTLICHE HERAUSFORDERUNGEN UND RECHTLICHE RAHMENBEDINGUNGEN

Auch mit neuen Risiken sollte die Gesamtbilanz immer positiv sein.

Autonome Systeme können selbstständig Entscheidungen treffen, auch auf der Grundlage eigener Lernprozesse. Sie können damit Aufgaben übernehmen, die bisher überwiegend oder ausschließlich von Menschen wahrgenommen wurden. Diese Systeme bieten erhebliche Chancen zur Verbesserung der Lebens- und Arbeitsbedingungen von Menschen. Sie können aber auch tiefgreifende Veränderungen der Organisation des menschlichen Miteinanders im privaten und öffentlichen Raum bewirken. Als potenziell disruptive Technologie können autonome Systeme auch Geschäftsmodelle der Wirtschaft grundlegend verändern.

Welche sozialen, rechtlichen und institutionellen Neuerungen und Anpassungen sind nötig, um eine Einbettung autonomer Systeme in das soziale Gefüge so zu ermöglichen, dass sich für einzelne Individuen und die Gesellschaft als Ganzes ein Mehrwert ergibt?

Die Wechselwirkungen zwischen Mensch und Maschine müssen für ganz verschiedene Randbedingungen und gesellschaftliche Wertvorstellungen gestaltet werden. Allerdings sind die technischen Entwicklungen bislang nur in Ansätzen erkennbar. Die Gebiete und der Umfang ihres Einsatzes sind offen; ein gesellschaftlicher Diskurs steht noch aus.

Die **gesellschaftlichen Herausforderungen** beim Einsatz autonomer Systeme betreffen ganz unterschiedliche Bereiche: etwa Veränderungen in der Arbeitswelt, Fragen des Zulassungs- und Haftungsrechts, Auswirkungen auf den Ressourcenverbrauch und Umweltschutz, Cyberkriminalität sowie neue Herausforderungen beim Datenschutz. Die gesellschaftlichen Implikationen reichen noch weiter. So wird auch unser Menschenbild infrage gestellt, wenn sich der Mensch in Form autonomer humanoider Roboter selbst begegnet.

Menschen, die durch autonome Systeme ihren Arbeitsplatz verlieren oder Zeit brauchen, um sich an neue Arbeitsbedingungen zu gewöhnen, werden vor große Schwierigkeiten gestellt. Es gibt kaum alternative Betätigungsmöglichkeiten in anderen Bereichen. Dies liegt auch daran, dass sich autonome Systeme auf viele Lebensbereiche sehr schnell und sogar gleichzeitig auswirken werden. Unterdessen bietet der Einsatz autonomer Systeme enorme Potenziale zur Wohlfahrtssteigerung. Auch ist die rechtzeitige Einführung und Förderung autonomer Systeme entscheidend für die Wettbewerbsposition Deutschlands. Dieser in zahlreichen Wirtschaftsbereichen parallel stattfindende Strukturwandel wird sowohl Gewinner als auch Verlierer zur Folge haben und verlangt daher nach einer intensiven wirtschafts- und strukturpolitischen Begleitung. Dazu gehören neben klassischen Kompensationen vor allem Bildung und Weiterbildung sowie Gründungsförderung.

Die Einführung autonomer Systeme wird auch die **Anpassung rechtlicher Institutionen** erforderlich machen. Insbesondere dürften neue Regelungen zur Haftungsverteilung zwischen Produzenten

und Betreibern notwendig werden. Aber auch andere Beteiligte, beispielsweise Designer von Software oder Hardware, sollten eventuell in das Haftungssystem einbezogen werden. Wer ist etwa für die Ergebnisse des Lernprozesses des autonomen Systems verantwortlich? Auch ist fraglich, ob eine Anpassung auf nationaler Ebene ausreichend ist. Die Informations- und Ressourcenströme beim Einsatz autonomer Systeme werden international sein. Versicherer von Haftungsrisiken müssen sich in ihren Geschäftsmodellen beispielsweise auf grenzüberschreitende Fälle einstellen. Regulierungen in diesem Bereich werden zudem nicht nur staatlich sein, sondern auch durch private und korporative Akteure in Foren und Konsortien erfolgen. Die Verteilung der Normierungskompetenzen muss daher ebenfalls diskutiert werden.

Beim Betrieb autonomer Systeme im **Verkehr** stellen sich Fragen des Datenschutzes in einer neuen Dimension. Der sichere Betrieb erfordert Datenströme in einem bisher nicht bekannten Umfang, die mit anderen autonomen Systemen und Infrastruktureinrichtungen ausgetauscht werden müssen. Wer kann wann auf diese Daten zugreifen? Wem stehen die wirtschaftlichen Vorteile, die aus diesen Daten generiert werden, zu? Wie kann der Schutz der Privatsphäre aller Verkehrsteilnehmer gewährleistet werden? Die Klärung dieser Fragen ist auch eine zentrale Voraussetzung für mehr Akzeptanz der neuen Technologie durch ihre Nutzerinnen und Nutzer.

Autonome Systeme können Verkehrsflüsse im Individualverkehr verstetigen. Dadurch wird weniger Energie verbraucht, die Emission von Schadstoffen sinkt. Gleichzeitig besteht aufgrund der verbesserten Auslastung der Straßen und des Komfortgewinns für die Nutzerinnen und Nutzer die Gefahr zusätzlich induzierten Individualverkehrs zulasten der öffentlichen Verkehrsmittel.

In der **industriellen Produktion** werden autonome Systeme vor allem in Gestalt neuer Robotergenerationen und intelligenter Produktionssysteme eingesetzt. Damit ergeben sich erhebliche Potenziale für erleichtertes und gesundheitsschonendes Arbeiten (Ergonomik) sowie für gesteigerte Produktivität. Umgekehrt erhöht der Einsatz autonomer Systeme in der Industrie 4.0 aber das Risiko, dass menschliche Arbeit verdrängt wird, die Beschäftigten die Abläufe im Produktionsprozess immer weniger selbst kontrollieren, die Überwachung am Arbeitsplatz allumfassend wird und längerfristig massive Dequalifizierungseffekte entstehen. Es ist zu vermuten, dass Roboter zukünftig in ihrer Funktionalität flexibler sein werden und dem Menschen mit zunehmender Autonomik auch Entscheidungen abnehmen können. Mit Blick auf die Technologie-Akzeptanz stellt sich mit zunehmender Dringlichkeit die Frage, wie das Leitbild einer humanzentrierten Automatisierung in der Produktion aussehen sollte.

In **Wohnungen und Quartieren** werden ebenfalls immer mehr autonome Steuerungssysteme zum Einsatz kommen. Dies kann zu einem Zielkonflikt zwischen der Autonomie der Bewohnerinnen und Bewohner und den Entscheidungen des autonomen Systems (das auch gesellschaftliche Erwartungen berücksichtigt) führen. Technische Assistenzsysteme, die zum Beispiel ältere Menschen in ihren Wohnungen und Quartieren unterstützen sollen, stehen vor dieser Herausforderung. In einer alternden Gesellschaft werden älteren Menschen immer mehr Entscheidungen abgenommen,

Neue Risiken und Entscheidungssituationen erfordern einen gesellschaftlichen Diskurs. Akzeptanz basiert auf Wissen und kann nicht „verordnet“ werden.

Die weitere „Perforation der Privatsphäre“ verlangt nach Schutzkonzepten. Fragen der Systemsicherheit und des Datenschutzes erreichen eine neue Dimension.

um ihre Sicherheit und Lebensqualität zu erhöhen. Doch was ist der Preis für diese Entwicklung? Was ist sinnvolle Entlastung, und wann steigt die Abhängigkeit von fremder Hilfe, gehen eigene Gestaltungsmöglichkeiten verloren? Wer kann die Daten solcher Assistenzsysteme nutzen und wie werden sie geschützt?

Die Einführung autonomer Systeme – gerade in gesellschaftlichen Kernbereichen wie Arbeit, Verkehr und Wohnen – geht also mit großen Herausforderungen für die Gesellschaft einher. Im Detail sind viele Einzelfragen zu klären, wobei nicht immer trennscharf zwischen grundsätzlichen und eher transitorischen Problemstellungen unterschieden werden kann. Für den Standort Deutschland sind damit aber auch Chancen verbunden, einen technologischen Leitmarkt zu etablieren und eine international beispielgebende gesellschaftliche Implementierung voranzutreiben.

LITERATUR

acatech (Hrsg.) 2016: Technik gemeinsam gestalten. Frühzeitige Einbindung der Öffentlichkeit am Beispiel der Künstlichen Fotosynthese (acatech IMPULS), München: Herbert Utz Verlag.

Arbeitskreis Smart Service Welt/acatech (Hrsg.) 2015: Smart Service Welt – Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Internetbasierte Dienste für die Wirtschaft, Abschlussbericht, Berlin.

Arbeitskreis Industrie 4.0/acatech (Hrsg.) 2013: Deutschlands Zukunft als Produktionsstandort sichern – Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0, Abschlussbericht, Berlin.

Bauer, W. et al. 2014: Industrie 4.0 – Volkswirtschaftliches Potenzial für Deutschland. Hrsg. v. BITKOM und Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO, Berlin.

Deng 2015: Machine ethics: The robot's dilemma. *Nature*, 523, 24–26 (02 July 2015), doi: 10.1038/523024a.

EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation (Hrsg.) 2016: Jahresgutachten zu Forschung, Innovation und technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands 2016, Berlin, EFI.

IFR (International Federation of Robotics), Statistical Department (Hrsg.) 2015: World Robotics – Industrial Robots 2015, Executive Summary, Frankfurt am Main.

McKinsey & Company/McKinsey Global Institute (Hrsg.) 2013: Disruptive technologies: Advances that will transform life, business, and the global economy.

Wahlster und Kirchner 2015: Autonome Systeme – Technisch-wissenschaftliche Herausforderungen und Anwendungspotentiale, Issue D-15-04 (2015).

ÜBER DAS HIGHTECH-FORUM ALS BERATUNGSGREMIUM DER BUNDESREGIERUNG

Das Hightech-Forum ist das **zentrale Beratungsgremium der Bundesregierung zur Begleitung der Hightech-Strategie**. Ihm gehören zwanzig hochrangige Mitglieder aus Wirtschaft, Wissenschaft und Gesellschaft an. Unter Vorsitz von Prof. Dr.-Ing. habil. Reimund Neugebauer, dem Präsidenten der Fraunhofer-Gesellschaft, und Prof. Dr. Andreas Barner, dem Präsidenten des Stifterverbandes für die Deutsche Wissenschaft, berichtet das Gremium direkt an die Bundesregierung unter Leitung von Bildungs- und Forschungsministerin Prof. Dr. Johanna Wanka.

Zentrale Aufgabe des Hightech-Forums ist es, die Umsetzung und Weiterentwicklung der Hightech-Strategie der Bundesregierung mit zu begleiten. Das beinhaltet zum einen die Beratung zur weiteren strategischen Ausgestaltung der Hightech-Strategie und zum anderen die Entwicklung eigener Instrumente und Formate für die Umsetzung neuer Themenschwerpunkte unter Beteiligung der Ministerien. In Themenfeldern, in denen Synergien vorhanden sind, vernetzt sich das Hightech-Forum mit bestehenden Gremien und Plattformen der Bundesregierung.

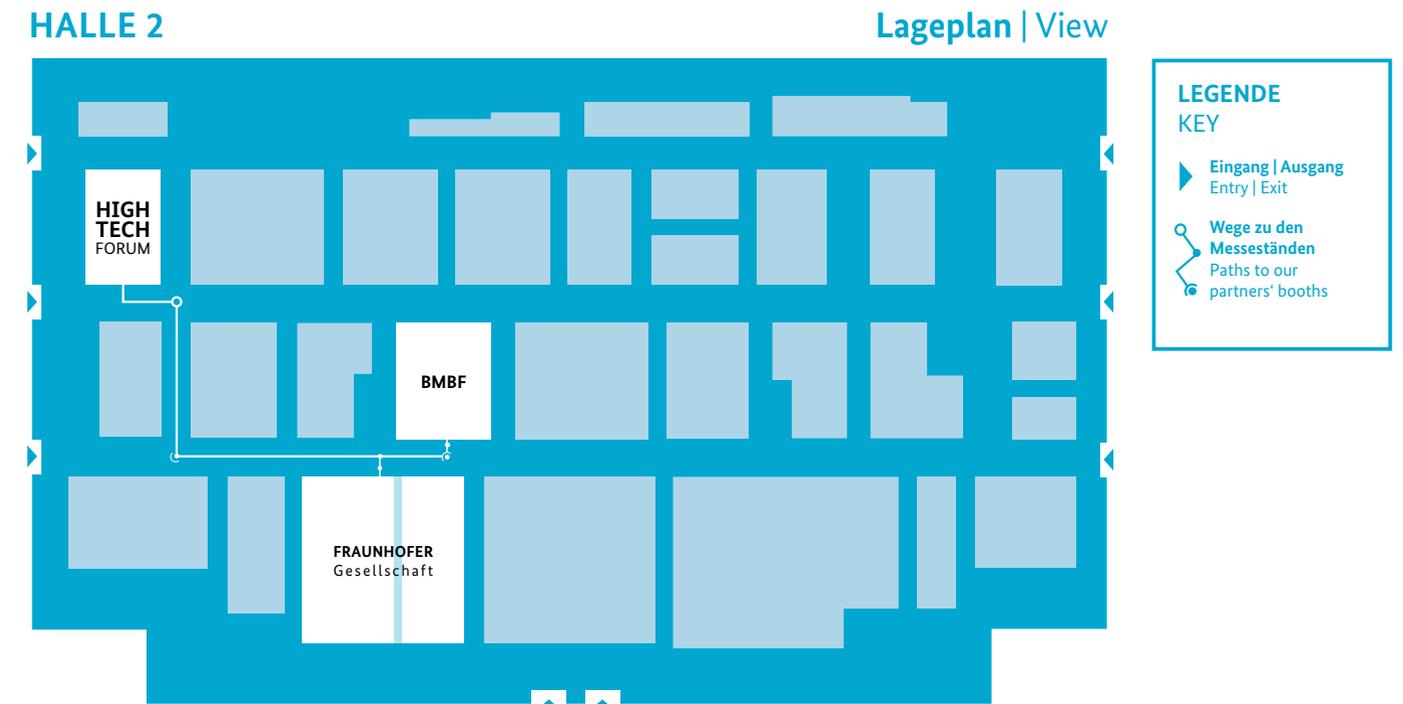
Das Fachforum Autonome Systeme ist eine von insgesamt acht thematischen Arbeitsgruppen, sogenannten Fachforen, des Hightech-Forums. Es wird von Prof. Dr. Henning Kagermann, dem Präsidenten von acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften, geleitet. Weitere Fachforen sind: Digitalisierung und Gesundheit, Nachhaltiges Wirtschaften, Innovative Arbeitswelten, Internationalisierung, Kooperation und Transfer, Effektivität des Innovationssystems und Innovationskraft des Mittelstands sowie Partizipation und Transparenz.

Das Fachforum Autonome Systeme stellt sich erstmals im Rahmen der Hannover Messe 2016 auf dem Stand des Hightech-Forums und mit dem vorliegenden Zwischenbericht vor. Die Fertigstellung des Abschlussberichts ist für das Frühjahr 2017 geplant.

→ Weiterführende Informationen zum Hightech-Forum auf <http://www.hightech-forum.de/> sowie zu der Hightech-Strategie der Bundesregierung auf <http://www.hightech-strategie.de/>.

AKTIVITÄTEN VON PARTNERORGANISATIONEN DES FACHFORUMS AUTONOME SYSTEME AUF DER HANNOVER MESSE 2016

Lageplan von Halle 2 und den Ständen des **Fachforums Autonome Systeme /Hightech-Forum**, der **Fraunhofer-Gesellschaft** und des **Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF)**.



Überblick über die Aktivitäten weiterer Partnerorganisationen des Fachforums Autonome Systeme:

Organisation/ Unternehmen	Titel	Kurzbeschreibung	Halle	Stand
OFFIS – Institut für Informatik, FuE-Bereich Verkehr	Mobile Brücke	Hierbei handelt es sich zum einen um eine mobile Variante eines Schiffsführungssimulators mit der Möglichkeit, die Bedienelemente auch wirklich als Brückenelemente auf einem Forschungsboot zu verwenden. Die Brückenelemente bestehen aus drei Koffern, die mit jeweils zwei Touch-Displays bestückt sind: ein Touchdisplay dient zur Informationsanzeige für bspw. Maschinendaten oder Radarbilder, das andere kann für die Anzeige virtueller Bedienelement wie Steuerräder, Knöpfe, etc. benutzt werden.	2	A08
DFKI GmbH, Budelmann Elektronik	SIRKA – Sensoranzug zur Gesundheitsprävention am Arbeitsplatz	Der im Rahmen des BMBF-geförderten Verbundprojekts SIRKA entwickelte Sensoranzug soll helfen, körperliche Überbelastungen zu erkennen und alternative Bewegungsmuster aufzuzeigen. Integrierte Miniatursensoren messen die Bewegungen seiner Trägerin oder seines Trägers und weisen unmittelbar auf schädigende Bewegungsabläufe, beispielsweise bei Schweiß- und Elektroarbeiten im Schiffbau und beim medizinischen Rettungsdienst, hin.	2	B22
DFKI GmbH	Aus Beobachtung lernen – Cognitive Augmented Reality-Handbücher	Digitale Handbücher, die über ein Head-Mounted Display (HMD) als Schritt-für-Schritt-Anleitung direkt ins Sichtfeld des Benutzers eingeblendet werden, vereinfachen und beschleunigen Wartungs-, Reparatur- oder Installationsarbeiten an Produktionsanlagen. Sie erläutern vor Ort präzise und anschaulich die einzelnen Arbeitsschritte, sind jederzeit wieder abrufbar, verringern so das Sicherheitsrisiko des Arbeitenden und tragen zu einem einwandfreien Ergebnis bei.	2	B40

Organisation/ Unternehmen	Titel	Kurzbeschreibung	Halle	Stand
DFKI GmbH	SmartF-IT – Cyber-Physische IT-Systeme zur Komplexitätsbeherrschung einer neuen Generation multiadaptiver Fabriken	Verbunden mit echtzeitfähigen IT-Systemen werden Industrie 4.0-Produktionstechnologien zu Cyber-Physischen Produktionssystemen (CPPS), die zukünftigen „Smart Factories“ eine rentable Herstellung variantenreicher Produkte in kleiner Stückzahl ermöglichen. Im Fokus des vom BMBF geförderten Projekt SmartF-IT steht die wandlungsfähige rekonfigurierbare Produktionseinheit zur Herstellung variantenreicher, kundenindividueller Produkte bis hin zur „Losgröße 1“ in einer hybriden Komposition von Betriebsmitteln und menschlicher Arbeitskraft unterstützt durch neue personalisierte industrielle Assistenzsysteme.	2	B46
Fraunhofer IWU	Interaktive AR-Demonstration Presswerk 4.0	Eine interaktives Modell Presswerk 4.0 mit AR-Anwendungen demonstriert die Potenziale von autonomen Applikationen im Industrie 4.0 Kontext eines Presswerkes als Kern der Automobilproduktion.	2	C22
DFKI GmbH	CoCos – IT-Infrastruktur für intelligente Fabriken – Produktionsanlagen optimieren und vernetzen	Für die Realisierung Cyber-Physischer Produktionssysteme (CPPS) fehlt derzeit eine wichtige Grundlage: eine durchgängige Informations- und Kommunikationsinfrastruktur, die das gesamte System vernetzt und mehrere CPPS, auch über Unternehmensgrenzen hinweg, miteinander verbinden kann. Das vom BMWi geförderte Projekt CoCoS (Context-Aware Connectivity and Service Infrastructure for Cyber-Physical Production Systems) hat sich zum Ziel gesetzt, eine solche Infrastruktur zu entwickeln.	2	C28

Organisation/ Unternehmen	Titel	Kurzbeschreibung	Halle	Stand
Demonstrator von SCHUNK GmbH & Co. KG auf dem Messestand Siemens	Rein elektrische Montagezelle zur Montage von Platinen und Zahnrädern	In der Zelle wird eine Montage von Platinen und Zahnräder simuliert. Alle Aktuatoren sind elektrisch angetrieben und haben eine integrierte Elektronik mit 24 V Spannungsversorgung.	6	K18
Fraunhofer IEM/ Dassault Systèmes	Durchgängiges Engineering für Intelligente Technische Systeme	Das Fraunhofer IEM bietet Unternehmen Expertise für Intelligente Technische Systeme im Kontext Industrie 4.0. In Kooperation mit Dassault Systèmes präsentiert das Fraunhofer IEM ein Exponat zum Thema „Durchgängiges Engineering für Intelligente Technische Systeme“ am Beispiel der Landtechnik.	6	K30
SAP SE	Demonstrator für eine voll vernetzte Fertigung	Ein Schlüsselanhänger mit integriertem Smart Chip und individuell gestalteter Oberschale entsteht an dem SAP Stand direkt vor Ihren Augen. Statt der klassischen Automatisierungspyramide sind alle Prozesse dezentral miteinander verzahnt – vom Kundenauftrag bis hin zur Qualitätskontrolle, vom Fließband bis in die Managementebene – was eine hocheffiziente Fertigung einer Losgröße 1 ermöglicht. Ein Dashboard bildet dabei alle Prozesse detailliert ab und Störungen werden in Echtzeit gemeldet.	7	C04
Infosys	Konkreter Mehrwert durch Industrie 4.0	Infosys' „Smarter Campus“ zeigt, wie eine vernetzte, kontrollierte und optimierte Umwelt gestaltet wird, um nachhaltige und effiziente Umgebungen durch intelligente Technologien und Smarter Engineering zu entwickeln.	7	E34

Organisation/ Unternehmen	Titel	Kurzbeschreibung	Halle	Stand
Fraunhofer IPA	Industrie 4.0/VFK	Industrie 4.0 Verknüpfungen auf dem HP Stand	8	A07
Fraunhofer IPA	Plattform Industrie 4.0	Drehmaschine BJ. 1954 umgerüstet für Industrie 4.0	8	C25
Gemeinschaftsstand der Plattform Industrie 4.0 & Verein Labs Network I4.0	Die digitale Transformation der Industrie koordiniert gestalten: Gemeinschaftsstand der Plattform Industrie 4.0 und des Lab Network Industrie 4.0 e.V.	Die Plattform Industrie 4.0 versteht sich als zentrales Netzwerk in Deutschland, um die digitale Transformation zu Industrie 4.0 voranzubringen. Labs Network Industrie 4.0 – eine Initiative von Unternehmen und Verbänden – ist Anlaufstelle für Unternehmen (besonders KMUs) und Forschungseinrichtungen bei Fragen zur Erprobung von Industrie 4.0 Lösungen.	8	C25
AXOOM	Demonstrator für Intralogistik in der Produktion	Besucher erleben live, wie AXOOM die Intralogistik im Produktionsprozess unterstützt, indem Sie ihr eigenes Werkstück bestellen, produzieren und ausliefern. Gemeinsam mit AXOOM gehen Besucher auf die Jagd nach dem Geheimnis der Industrie 4.0, das die Produktion konsistenter, effizienter und transparenter machen wird.	8	D09
DFKI GmbH	SmartFactoryKL	Industrie 4.0 bringt das Internet der Dinge in die Fabrik. Verbunden mit echtzeitfähigen IT-Systemen werden Industrie 4.0-Produktionstechnologien zu Cyber-Physischen Produktionssystemen (CPPS), die zukünftigen „Smart Factories“ eine rentable Herstellung variantenreicher Produkte in kleiner Stückzahl ermöglichen.	8	D20

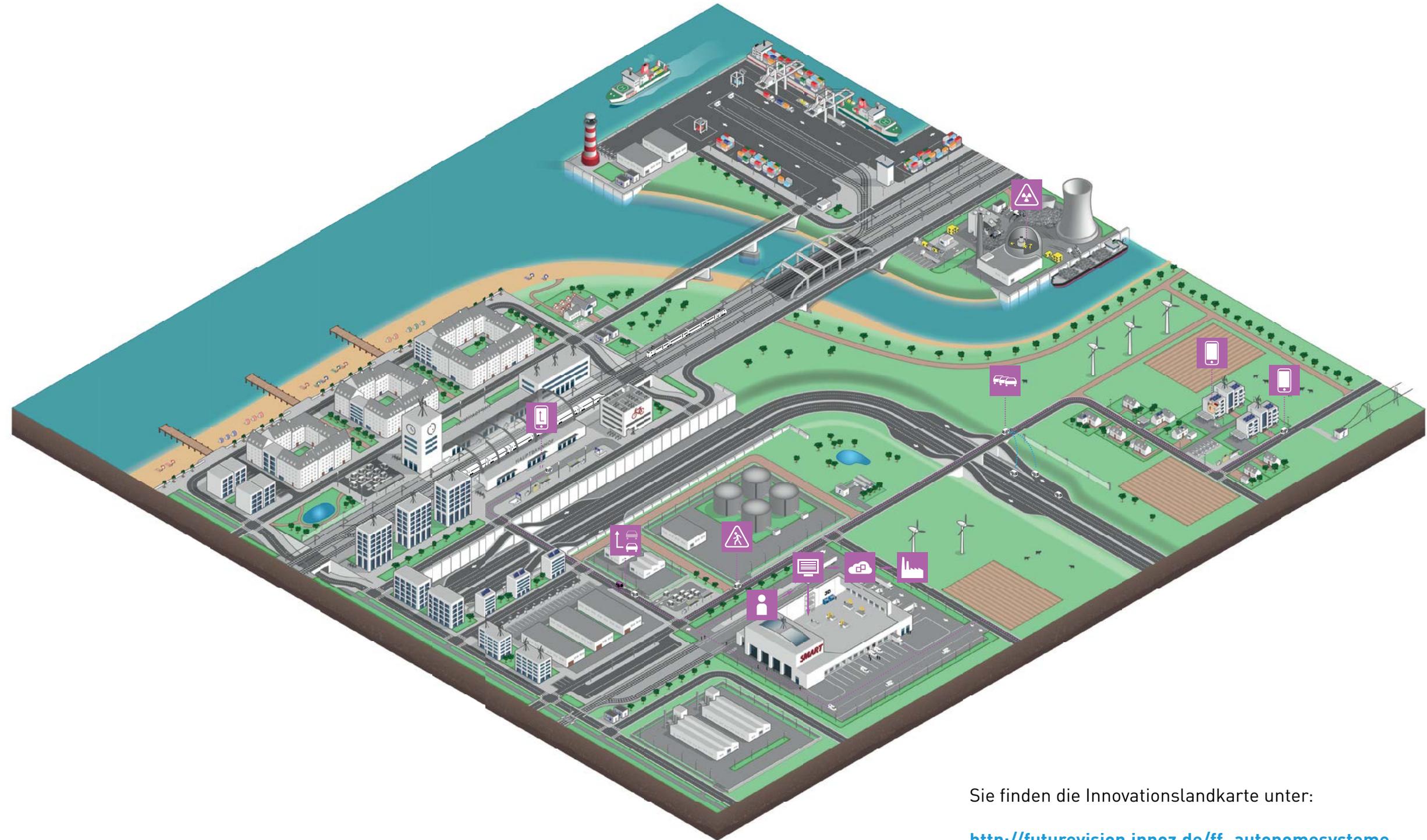
Organisation/ Unternehmen	Titel	Kurzbeschreibung	Halle	Stand
ABB	ABB Stand	ABB Produkte und Lösungen aus der Energie- und Automatisierungstechnik für Versorgungsunternehmen, Industrie und Infrastruktur. Highlight-Exponat zum Thema Internet of Things, Services and People mit Use Cases zum Leitthema der Messe: Integrated Industry – Discover Solutions	11	A35
Demonstrator von SCHUNK GmbH & Co. KG auf dem Messestand SEW	Mobiler Handhabungsassistent mit SCHUNK Greifsystemen	Der Handhabungsassistent bestehend aus einem handgeführten Roboter und einem SCHUNK Greifsystem unterstützt den Maschinenbediener im Montageprozess beim Heben und Positionieren von schweren Werkstücken.	15	F10
Spitzencluster it's OWL	OWL-Gemeinschaftsstand	Mit über 600m ² demonstriert der OWL-Gemeinschaftsstand in Halle 16 die Vorreiterstellung des Spitzenclusters it's OWL auf den Gebieten Intelligente Technische Systeme und Industrie 4.0. Es erwarten Sie vielfältige Exponate von Weltmarktführern wie Beckhoff, Claas, DMG Mori, KEB oder Miele.	16	A04
RWTH Exzellenzcluster (NRW-Landesgemeinschaftsstand)	Multi-Agent-Steuerung: Plug-and-produce für konventionelle Fertigungssysteme	Speziell für die Präsentation auf der HMI wurde ein Software-Demonstrator entwickelt, der ein Produktionssystem mittels Embedded Devices in Form von Low-Level-Raspberry-Pi-Endgeräten nachbildet. Die Logik des Demonstrators basiert auf der Künstlichen Intelligenz sogenannter Multi-Agentensysteme (MAS) – einem Verbund sich selbst organisierender, autonomer Instanzen, welche die Produktion selbstständig organisieren und bei Problemen eigenständig Abhilfe schaffen.	16	A10

Organisation/ Unternehmen	Titel	Kurzbeschreibung	Halle	Stand
Fraunhofer IPA	Industrie 4.0 / Produktionsstand der Zentrale	Exo-Jacke für die Industrie und Logistik. FlexNote App für digitale Notizen im freien Raum.	17	C18
Fraunhofer IAO	Demonstrator für Technologien und Signale der Fahrzeug-Fußgänger-Interaktion	Eine Demonstrator-Wand simuliert ein autonom fahrendes Auto, das mit den Besuchern interagiert. Mithilfe des Demonstrators erforscht das Fraunhofer IAO im Rahmen der Kooperation „Ambient Mobility“ mit dem Massachusetts Institute of Technology (MIT), Möglichkeiten der sozialen Interaktion zwischen Mensch und Fahrzeug im Straßenverkehr.	27	H71

DIE INNOVATIONSLANDKARTE ZUM FACHFORUM AUTONOME SYSTEME

Digitale Innovationen sind heute zu dem wichtigsten Treiber für Technologie und Wirtschaft geworden. Insbesondere im Bereich der Automatisierung eröffnen sich viele neue Anwendungsfelder, die im kommenden Jahrzehnt unser Leben grundlegend verändern werden. Neue IK-Technologien haben bereits viele Branchen durchdrungen und spielen eine immer wichtigere Rolle. Es entwickelt sich eine komplexe digitale Infrastruktur, welche von neuartigen Technologien und Anwendungen getragen wird. Dieses System ist für den Nutzer nur noch schwer zu erfassen, da es größtenteils in die Data-Cloud verlagert wurde.

Die InnoZ-Innovationslandkarte visualisiert diese Zusammenhänge anhand von Anwendungsbeispielen, sie bietet einen Einblick in die vernetzte Welt von morgen. Auf einer fiktiven Landkarte sind verschiedene Regionen wie eine Großstadt, ein Industriegebiet, ein Wohnort und Verkehrswege angelegt. Mittels klickbarer Projektsteckbriefe werden Informationen, Bilder und Videos zu bestimmten Technologien im Kontext einer Gesamtstory zu jedem Anwendungsbeispiel bereitgestellt. So können die smarte Fabrik der Zukunft, die mit Cloud Datensystemen und Robotik arbeitet, oder auch eine Fernreise mit vernetzten Apps und autonomen Fahrzeugen simuliert werden.



Sie finden die Innovationslandkarte unter:

http://futurevision.innoz.de/ff_autonomesysteme

