



# > Innovationspotenziale der Mensch-Maschine-Interaktion

acatech (Hrsg.)

## acatech IMPULS

April 2016

**Herausgeber:**

acatech – DEUTSCHE AKADEMIE DER TECHNIKWISSENSCHAFTEN, 2016

Geschäftsstelle  
Karolinenplatz 4  
80333 München

Hauptstadtbüro  
Pariser Platz 4a  
10117 Berlin

Brüssel-Büro  
Rue d'Egmont/Egmontstraat 13  
1000 Brüssel  
Belgien

T +49 (0) 89 / 5 20 30 90  
F +49 (0) 89 / 5 20 30 9-900

T +49 (0) 30 / 2 06 30 96 0  
F +49 (0) 30 / 2 06 30 96 11

T +32 (0) 2 / 2 13 81 80  
F +32 (0) 2 / 2 13 81 89

E-Mail: [info@acatech.de](mailto:info@acatech.de)  
Internet: [www.acatech.de](http://www.acatech.de)

**Empfohlene Zitierweise:**

acatech (Hrsg.): *Innovationspotenziale der Mensch-Maschine-Interaktion* (acatech IMPULS), München: Herbert Utz Verlag 2016.

ISSN: 2195-1829 / ISBN: 978-3-8316-4497-1

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek  
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet unter <http://dnb.dnb.de> abrufbar.

Copyright © Herbert Utz Verlag GmbH • 2016

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Koordination: Dr. Christoph Egle

Redaktion: Dr. Patrick Pfister, Florian Süssenguth

Layout-Konzeption: acatech

Illustrationen (Seite 28, 29, 30 und 33): Konzept: *kognito gestaltung*, Berlin, Illustration: Hendrik Wittemeier

Konvertierung und Satz: Fraunhofer-Institut für Intelligente Analyse und Informationssysteme IAIS, Sankt Augustin

Gedruckt auf säurefreiem Papier

Printed in EC

Herbert Utz Verlag GmbH, München

T +49 (0) 89 / 27 77 91 00

Internet: [www.utzverlag.de](http://www.utzverlag.de)

Die Originalfassung der Publikation ist verfügbar auf [www.utzverlag.de](http://www.utzverlag.de)

**> DIE REIHE acatech IMPULS**

In dieser acatech Reihe erscheinen Analysen und Denkanstöße zu Grundfragen der Technikwissenschaften sowie der wissenschaftsbasierten Politik und Gesellschaftsberatung. Die Impulse werden vom acatech Präsidium autorisiert und herausgegeben.

Alle bisher erschienenen acatech Publikationen stehen unter [www.acatech.de/publikationen](http://www.acatech.de/publikationen) zur Verfügung.

# INHALT

|   |           |
|---|-----------|
| <b>VORWORT</b>  | <b>7</b>  |
| <b>KURZFASSUNG</b>  | <b>9</b>  |
| <b>MITWIRKENDE</b>  | <b>13</b> |
| <b>INTERVIEWPARTNERINNEN UND -PARTNER</b>   | <b>15</b> |
| <b>1 EINLEITUNG</b>   | <b>25</b> |
| <b>2 ANWENDUNGSFELDER</b>   | <b>27</b> |
| 2.1 Gesundheit  | 27        |
| 2.2 Mobilität   | 28        |
| 2.3 Produktion  | 29        |
| 2.4 Zielbild einer positiven Gestaltung des Verhältnisses von Mensch und Maschine | 31        |
| <b>3 TRENDS UND HERAUSFORDERUNGEN DER TECHNOLOGIEENTWICKLUNG</b>                  | <b>33</b> |
| 3.1 Sensorik  | 34        |
| 3.2 Intelligente Systeme  | 36        |
| 3.3 Robotik und Augmented Reality   | 39        |
| 3.4 Sicherheit als Querschnittsanforderung  | 42        |
| 3.5 Deutschland im internationalen Vergleich                                      | 44        |
| <b>4 MARKTPOTENZIALE</b>  | <b>45</b> |
| 4.1 Gesundheit  | 46        |
| 4.2 Mobilität   | 48        |
| 4.3 Produktion  | 49        |
| 4.4 Technologien  | 52        |
| <b>5 SOZIALE, ETHISCHE UND RECHTLICHE ASPEKTE</b>                                 | <b>57</b> |
| 5.1 Akzeptanz   | 57        |
| 5.2 Rechtliche Rahmenbedingungen, Standardisierung und informelle Erwartungen     | 60        |
| 5.3 Datennutzung und Datenschutz  | 62        |
| 5.4 Ausgestaltung guter Arbeit  | 63        |
| <b>6 FAZIT</b>  | <b>65</b> |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>7 ANHANG</b>                            | <b>67</b> |
| 7.1 Anwendungsbereich Gesundheit           | 67        |
| 7.2 Anwendungsbereich Mobilität & Logistik | 73        |
| 7.3 Anwendungsbereich Produktion           | 80        |
| <b>LITERATUR</b>                           | <b>87</b> |
| <b>GLOSSAR</b>                             | <b>98</b> |

# KURZFASSUNG

## Mensch und Maschine rücken enger zusammen

Der Mensch rückt in den Mittelpunkt der Mensch-Maschine-Interaktion (MMI). Anstatt starre Vorgaben zu machen, passen sich lernfähige Maschinen zunehmend an die individuellen Fähigkeiten und Bedürfnisse des Menschen an. Die Interaktion mit Maschinen nähert sich derjenigen mit Menschen immer stärker an. Der Abstand zwischen Mensch und Maschine verringert sich, teilweise löst er sich ganz auf. Was wie ein Zukunftsszenario klingt, ist in manchen Bereichen schon Realität. Hörimplantate, am Körper getragene Sensoren und kollaborative Roboter stehen beispielhaft für eine Entwicklung, die erst am Anfang steht und in den kommenden Jahren deutlich an Bedeutung gewinnen wird.

Viele Expertinnen und Experten sehen in den aktuellen technologischen Entwicklungen, vor allem im Bereich der Künstlichen Intelligenz, und den innovativen Konzepten und Anwendungen der Mensch-Maschine-Interaktion eine starke transformative Kraft, die alle Bereiche des Lebens verändern wird. Nach dem Siegeszug der Smartphones und Tablets wird sich das Prinzip der App, komplexe Anwendungen intuitiv zu bedienen, immer weiter durchsetzen – ob im Krankenhaus, beim Autofahren oder in der Produktion.

Ziel dieser Studie ist es, die Aufmerksamkeit für diese Entwicklungen zu schärfen, die damit verbundenen Innovationspotenziale aufzuzeigen und ein positives Zielbild einer gelungenen Mensch-Maschine-Interaktion zu zeichnen (> Kapitel 2). Die Realisierung dieser Vision verlangt neben einer hohen Sensibilität für die sozialen Implikationen der hier diskutierten Technologien die Gewährung von Test- und Experimentierräumen in Wissenschaft und Wirtschaft, um die damit verbundenen Chancen nutzen zu können.

## Trends und Herausforderungen der Technologieentwicklung

Die aktuellen Fortschritte bei den MMI-Technologien werden von vielen Expertinnen und Experten als exponentiell,

teilweise sogar explosionsartig beschrieben. Wesentliche Treiber sind Technologien in den Bereichen der Sensorik und Aktorik, aber auch der Datenübermittlung, der Informationsverarbeitung und schließlich der Intelligenten Systeme (> Kapitel 3).

Um sich gezielt und flexibel auf ihre Nutzer und ihre Umwelt einstellen zu können, benötigen interaktive Maschinen Sensordaten, aus denen sie relevante Informationen gewinnen. Die Palette reicht hier von Kameras und Mikrofonen über Lage-, Bewegungs- und Beschleunigungssensoren bis hin zu Radar, Laser und Ultraschall. Eine Herausforderung für die Technologieentwicklung sind die Multimodalität der menschlichen Kommunikation (Kombination von Sprache, Blick, Gestik und Berührungen) und die Beherrschung der Prinzipien und der Dynamik menschlicher Konversationen, die nun auch Maschinen zunehmend beherrschen. Das Zusammenspiel verschiedener Sensoren in Echtzeit ist hierfür unerlässlich.

Intelligente Systeme sind in der Lage, Wahrnehmung, Steuerung und Lernverhalten in einem geschlossenen Regelkreis zu realisieren. Diese Systeme können sich durch ihre Interaktion mit ihrer Umwelt und ihren Nutzern selbst weiterentwickeln, indem sie zum Beispiel selbstständig Bilder, Sprache oder Sensordaten verarbeiten, mit vorhandenem Wissen verknüpfen und daraus lernen. Diese Fähigkeit werden sowohl Maschinen in der realen Welt zunehmend besitzen als auch Software-Agenten – sogenannte Softbots – im virtuellen Raum. Das Maschinelle Lernen hat bereits viele Einsatzgebiete der Sprachverarbeitung, Bild- und Objekterkennung revolutioniert und wird noch erheblich an Bedeutung gewinnen.

Ein wichtiger Trend im Bereich der Robotik ist die adaptive Kraft- und Bewegungsregelung. Die klassischen Stärken von Robotern wie Kraft, Präzision und Wiederholgenauigkeit werden somit ergänzt durch die Fähigkeit, auch Gegenstände mit unbekanntem Eigenschaften greifen und bearbeiten

zu können. Dies erfordert unter anderem nachgiebige Antriebe und hochsensible Gelenk- und Drehmomentsensoren. Diese Entwicklung ist vor allem für das Wachstumsfeld der Servicerobotik von hoher Bedeutung, deren Umfeld (zum Beispiel Haushalt) im Gegensatz zum Einsatzfeld klassischer Industrieroboter wenig strukturiert ist.

### Marktpotenziale

Die genannten technologischen Entwicklungen treffen bereits heute in vielen Anwendungsfeldern auf eine große Nachfrage. Weltweit werden für das Marktvolumen von MMI-Technologien hohe, meist zweistellige Wachstumsraten prognostiziert, die nach Einschätzung der Expertinnen und Experten mit deutlichen Verschiebungen von bestehenden Wertschöpfungsketten und Branchengrenzen einhergehen werden (> Kapitel 4). Aufgrund einer relativen Schwäche deutscher Produkte bei Gebrauchstauglichkeit (Usability) und Nutzererlebnis (User Experience) wird hier teilweise auch ein Bedrohungspotenzial für den Wirtschaftsstandort Deutschland gesehen.

Ein Wachstumsmarkt ist der Gesundheitssektor, der in Deutschland mehr als zehn Prozent zur Bruttowertschöpfung beiträgt. Ein wichtiges Feld für vor allem digitale Anwendungen und Produkte ist der mobile Health-Bereich. Dessen Marktvolumen beträgt in Deutschland aktuell 6,5 Milliarden Euro, wobei jährliche zweistellige Wachstumsraten prognostiziert werden. Darüber hinaus werden im deutschen Gesundheitswesen regelmäßig enorme Einsparpotenziale identifiziert, die durch Digitalisierung und innovative MMI-Anwendungen gehoben werden könnten (unter anderem elektronische Gesundheitsakte). Ein bedeutsames Marktpotenzial wird auch Wearables zugesprochen. Diese sind bislang überwiegend als Lifestyle-Produkte verbreitet (zum Beispiel Fitnessarmbänder), perspektivisch sind hier aber weiter gehende Funktionalitäten mit hohem diagnostischem und therapeutischem Nutzen zu erwarten.

Im Bereich der Mobilität ist die Entwicklung und schrittweise Einführung des automatisierten Straßenverkehrs der aktuell wichtigste Trend. Beim assistierten Fahren sind deutsche Anbieter Technologieführer und Leitanbieter, weshalb hier besonders große Chancen für den Standort Deutschland liegen, zumal hier für die kommenden 15 Jahre hohe Wachstumsraten prognostiziert werden. Ein zusätzliches Wertschöpfungspotenzial in Höhe von 270 Milliarden Euro bis zum Jahr 2025 wird für Deutschland im Kontext der Umstellung auf Industrie 4.0 erwartet. Dabei spielen MMI-Technologien und Anwendungen eine zentrale Rolle. Die Digitalisierung der Produktion geht mit einem zunehmenden Einsatz von Robotern einher, sodass sich das Weltmarktvolumen hier in den nächsten zehn Jahren mehr als verdoppeln wird. Die größten Wertschöpfungspotenziale der Robotik werden wiederum im Fahrzeugbau und damit einer für Deutschland besonders wichtigen Branche erwartet.

### Soziale, ethische und rechtliche Implikationen

Eine positive Entwicklung der Mensch-Maschine-Interaktion ist kein Selbstläufer, sondern eine gesellschaftliche Gestaltungsaufgabe. Obwohl viele Produkte aktuell eine große Nachfrage hervorrufen, gibt es auch Vorbehalte und Ängste gegenüber bestimmten MMI-Technologien (> Kapitel 5).

Die Akzeptanz dieser Anwendungen kann nicht von außen erzeugt werden, sondern muss sich allmählich einstellen. Dafür ist ein positives oder gar begeisterndes Nutzungserlebnis von großer Bedeutung. Der Unterhaltungssektor und Lifestyle-Produkte sind als Anlässe des ersten Kontakts mit entsprechenden Anwendungen in ihrer Bedeutung für die Akzeptanz und Verbreitung dieser Technologien nicht zu unterschätzen. Besonders die frühe Einbeziehung von Nutzern in Design und Entwicklung entsprechender Produkte trägt dazu bei, diese Anwendungen menschengerecht zu gestalten und ihre Verbreitung zu unterstützen.

Es ist somit dem Ansatz einer integrierten Forschung zu folgen, die ethische, soziale und rechtliche Aspekte gleichrangig zu wissenschaftlich-technischen und ökonomischen Fragen in den Blick nimmt. Dies nicht zuletzt deshalb, weil in allen hier thematisierten Anwendungsfeldern durch neue MMI-Technologien viele Unfälle, Verletzungen und Todesfälle vermieden werden können, es aber auch wahrscheinlich ist, dass einige Menschen erst dadurch zu Schaden kommen. Gerade für die Gestaltung autonomer Systeme, die flexibel auf unvorhergesehene Situationen reagieren können müssen, sind perspektivisch Fragen des richtigen Verhaltens und der Auflösung von ethischen Dilemmasituationen zu klären. Dies gilt schon heute bei der Ausgestaltung von Assistenz- und Expertensystemen.

Neben Rechts- und Haftungsfragen werden durch MMI-Technologien auch Themen der Datensicherheit und des Datenschutzes virulent, da diese Technologien oft auf der Sammlung und Vernetzung von personenbezogenen Daten beruhen. Zwar sind auf dieser Grundlage viele nutzenstiftende Angebote und innovative Geschäftsmodelle möglich. Deren Erfolg setzt jedoch eine gesellschaftliche Übereinkunft über die Grenzen der Erhebung, Weitergabe und Verwendung dieser Daten voraus. Viele Expertinnen und Experten erhoffen sich in diesem Kontext, dass insbesondere in Deutschland sogenannte

Privacy-by-Design-Lösungen entwickelt werden, um aus den hierzulande hohen Datenschutzstandards einen Wettbewerbsvorteil zu formen und gleichzeitig Nutzungspotenziale nicht zu behindern.

In der Arbeitswelt gehen mit den hier beschriebenen Technologien große Hoffnungen auf eine bessere Ergonomie am Arbeitsplatz und eine gesteigerte Produktivität einher, aber auch Befürchtungen eines Kontrollverlusts über Arbeitsabläufe und Ängste vor Arbeitsplatzverlusten. Im betrieblichen Kontext ist es daher unerlässlich, die Vielfalt der Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer mit ihren spezifischen Kompetenzen und Bedürfnissen zum Ausgangspunkt der partnerschaftlichen Ausgestaltung des Einsatzes der MMI zu machen.

#### Fazit

Als Kernbefund der vorgenommenen Analysen von Bedarfsweldern, Technologien und ethischen, rechtlichen und sozialen Implikationen ist festzuhalten, dass Deutschland über eine gute Ausgangsposition verfügt, an den globalen Entwicklungen im Bereich MMI erfolgreich teilzuhaben. Die in Deutschland vorhandenen Kompetenzen können allerdings besser vernetzt werden und es sollte mehr Frei- und Experimentierräume geben, um Forschungsergebnisse schneller in erfolgreiche Innovationen zu überführen.