



Fraunhofer

BIG DATA

FRAUNHOFER-ALLIANZ BIG DATA

ZUKUNFTSMARKT KÜNSTLICHE INTELLIGENZ POTENZIALE UND ANWENDUNGEN



FRAUNHOFER-ALLIANZ BIG DATA

ZUKUNFTSMARKT KÜNSTLICHE INTELLIGENZ

POTENZIALE UND ANWENDUNGEN

Dr. Dirk Hecker | Fraunhofer IAIS
Inga Döbel | Fraunhofer IMW
Ulrike Petersen | Fraunhofer IAIS
André Rauschert | Fraunhofer IVI
Velina Schmitz | Fraunhofer IMW
Dr. Angelika Voss | Fraunhofer IAIS

INHALT

Inhalt	2
Einleitung	4
1 Was ist »Künstliche Intelligenz«?	5
1.1 Begriffe, Historie und Trends	5
1.2 Systeme mit »künstlicher Intelligenz«	6
1.3 Kerntechnologie Maschinelles Lernen	8
2 Autonome Roboter	12
2.1 Marktsegmentierung und Trends	13
2.1.1 Industrierobotik	14
2.1.2 Servicerobotik	17
3 Autonome Transportmittel	21
3.1 Marktsegmentierung und Trends	22
3.1.1 Infotainment- und Navigationssysteme	23
3.1.2 Fahrerassistenz- und Sicherheitssysteme (FAS)	25
4 Smarte Geräte, Anlagen und Umgebungen	28
4.1 Marktsegmentierung und Trends	28
4.1.1 Das industrielle Umfeld	28
4.1.2 Smarte Geräte und Umgebungen und das nicht-industrielle Umfeld	32
5 Kognitive Assistenten	36
5.1 Marktsegmentierung und Trends	36
5.2 Persönliche Assistenten	37
5.3 Service-Assistenten	40

6	KI-Forschung bei Fraunhofer	43
7	Anwendungsbeispiele (Auswahl, nach Branchen)	44
7.1	Automobilindustrie/Mobilität	44
7.2	Energiewirtschaft	45
7.3	Finanzdienstleistungen/Versicherungswesen	46
7.4	Gesundheitswesen	47
7.5	Industrielle Produktion	48
7.6	Konsumelektronik	50
7.7	Landwirtschaft	51
7.8	Logistik (Intralogistik)	52
7.9	Marketing/Medien	52
7.10	Recht/Rechtsdienstleistungen	53
7.11	Sicherheit/Verteidigung	53
	Literatur	54
	Abbildungen und Tabellen	60
	Impressum	61

EINLEITUNG

Wir erleben eine Zeitenwende. Die Künstliche Intelligenz (KI) hat die Forschungslabore verlassen und durchdringt atemberaubend schnell unsere Alltagswelt in Form sprechender Geräte und digitaler Assistenten, kooperativer Roboter, autonomer Fahrzeuge und Drohnen. Es fällt uns zunehmend schwerer, in digitalen Medien Bots von Menschen zu unterscheiden, und auch am Schreibtisch werden immer mehr Routineaufgaben automatisiert.

Ausgelöst durch Big Data und amerikanische Internetkonzerne wird diese Entwicklung durch die fortschreitende Digitalisierung aller Wirtschaftsbereiche befeuert. Auf hochleistungsfähigen Hard- und Softwareplattformen bieten die maschinellen Lernverfahren der KI das Instrumentarium, um aus großen Datenmengen komplexe Zusammenhänge zu lernen, ohne explizit programmiert werden zu müssen.

Maßnahmen und Entscheidungen werden nicht nur datenbasiert vorgeschlagen, sondern direkt zur Steuerung von Geräten und Prozessen eingesetzt. Die Verfahren des Lernens in tiefen Schichten aus künstlichen Neuronen lassen intelligente Maschinen in beliebigen Sprachen mit uns sprechen, unsere

gemeinsame Umgebung wahrnehmen und interpretieren. KI schafft eine neue Kommunikationsschnittstelle zu unserer Wohnung, dem Auto, den Wearables und wird Touchscreens und Tastaturen verdrängen.

Ziel dieser Analyse ist es, den aktuellen Stand bezüglich der Marktreife und den Einsatzpotenzialen der KI-Technologien auf dem deutschen und internationalen Markt systematisch zu erfassen. Die Darstellung basiert auf der Analyse einschlägiger Marktstudien und Prognosen, den Ergebnissen von Zukunftswerkshops mit Vertretern ausgewählter Anwendungsbranchen (Callcenter, Gesundheitswesen und industrielle Produktion) sowie einer Untersuchung der nationalen und europäischen Projektförderung im Bereich der Künstlichen Intelligenz. Für die KI-Systeme »Autonome Roboter«, »Autonome Transportmittel«, »Smarte Geräte« und »Kognitive Assistenten« werden bedeutende Marktsegmente und zentrale Akteure aus der Wissenschaft und Wirtschaft identifiziert. Die Anwendungsbeispiele (»Use Cases«) zeigen den Einsatz von KI-Kompetenzen in konkreten Produkten aus den jeweiligen Branchen sowie die laufenden Forschungsaktivitäten anhand ausgewählter Projekte der Fraunhofer-Institute auf.

HYBRIDE KI-TECHNOLOGIEN BEI FRAUNHOFER

Fraunhofer forscht in vielen Instituten für verschiedene Branchen an hybriden KI-Technologien der nächsten Generation, die Lernalgorithmen mit abstraktem Expertenwissen in Systemen kombinieren, die nachvollziehbar funktionieren und deshalb besonders für die Kooperation mit Menschen geeignet sind. Durch die Medien gehen nun die zusätzlichen Risiken lernender KI-Systeme: Wer verantwortet und haftet für mögliche Schäden, wenn nicht nachvollziehbar ist, was sie gelernt, hinzugelernt und was sie nicht gelernt haben? Wer kann sie rechtzeitig stoppen und wie soll das gehen? Fraunhofer forscht speziell an der Entwicklung von physikalisch und digital sicheren Systemen, die unfallfrei betrieben werden können und schwer zu hacken sind.

Die Fraunhofer-Allianz Big Data unterstützt Unternehmen dabei, tragfähige Strategien zur digitalen Transformation zu entwickeln und umzusetzen. Das technologische Angebot beinhaltet innovative Datenanalyse-Tools, Machine-Learning-Verfahren sowie Big-Data-Plattformen. Cloud-Dienste ermöglichen ein agiles Experimentieren mit verschiedenen Technologien. Schulungen für Data Scientists qualifizieren Mitarbeiter unterschiedlicher Fachrichtungen, damit Unternehmen in gemischten Teams KI-Technologien erfolgreich einsetzen und entscheidende Wettbewerbsvorteile nutzen können.

Weitere Informationen: bigdata.fraunhofer.de

1 WAS IST »KÜNSTLICHE INTELLIGENZ«?

1.1 Begriffe, Historie und Trends

»Künstliche Intelligenz« (KI) wurde 1956 als Forschungsgebiet mit der Vision vorgeschlagen, dass eines Tages Maschinen sprechen, abstrakte Konzepte bilden, Probleme lösen, deren Lösung bisher nur Menschen möglich war, und sich verbessern können sollten.¹ Schon 1950 hatte Alan Turing² in einem berühmten Artikel den heute sogenannten »Turing-Test« vorgeschlagen. In einem Chat soll man herausfinden, wer von zwei Chatpartnern ein Mensch und wer ein Bot ist. Der Test ist heute aktueller denn je, wo wir mit Sorge den Einfluss von Social Bots auf unsere Meinungen und Wahlergebnisse verfolgen.

Inzwischen gibt es eine Reihe von Spielen und Benchmarks, bei denen KI-Systeme messbar besser als Menschen abgeschnitten haben:

- 1997: IBM gewinnt mit Deep Blue gegen Schachweltmeister Garry Kasparov.
- 2011: IBM gewinnt mit Watson die Quizsendung Jeopardy gegen zwei menschliche Spieler.
- 2013: DeepMind Technologies gewinnt mit einem einzigen Verfahren sieben Atari 2600-Spiele und ist bei drei davon besser als Menschen.³
- 2015: ImageNet ist ein jährlicher Bilderkennungswettbewerb. 2015 unterbot ein Deep-Learning-System von Microsoft in einer Kategorie mit 4,94 Prozent die menschliche Fehlerrate von 5,1 Prozent und nur Tage später meldete Google eine Fehlerrate von 4,9 Prozent.⁴
- 2016: Google gewinnt mit AlphaGo gegen den Südkoreanischen Go-Meister Lee Se-dol.
- 2017: Nach 20 Tagen pokern besiegt die Carnegie Mellon University mit Libratus vier der weltbesten Pokerprofis überwältigend in der Poker-Version no-limit Texas Hold'em.⁵

Das sind allerdings Erfolge der »schwachen« bzw. »engen KI«, deren Lösungen sich auf bestimmte Aufgaben beschränken und nicht die menschliche Intelligenz imitieren. Dagegen möchte die sogenannte »starke« oder »allgemeine KI« menschliche Intelligenz nachbilden und breitere kognitive Leistungen erzielen. Eine Superintelligenz ist jedoch in den nächsten Jahrzehnten nicht zu befürchten.⁶

Für die Beschränkungen heutiger Systeme gibt es spektakuläre Beispiele: So klassifizierte Google dunkelhäutige Menschen auf Bildern als Gorillas⁷, Microsoft musste seinen Chatbot Tai nach Stunden von Twitter zurückziehen, weil er von anderen Benutzern rassistisches Verhalten gelernt hatte,⁸ und Amazons Alexa scheint nicht auf den Umgang mit Kindern trainiert worden zu sein.⁹ Die Beispiele zeigen, dass man mit Schief-lagen in der Datengrundlage umgehen können muss und KI-Systeme erklärbar sein und sich ethisch verhalten müssen.

KI hat Höhen und Tiefen erlebt. In der **ersten kommerziell relevanten Welle der KI** entstanden bis in die 1980er Jahre Experten- und Planungssysteme für eng umgrenzte Aufgaben in sehr strukturierten Gebieten wie Schach, mathematische Beweisen und Fehlerdiagnose. Sie nutzten manuell eingegebenes symbolisches Wissen verschiedener Art: Klassenhierarchien mit vererbaren Eigenschaften, Wenn-Dann-Regeln, logische Formeln und Konsistenzbedingungen. Das erlaubte eine heuristische Suche, logisches oder auch unscharfes Schließen. Natürliche Sprache, Sehen und Robotik wurden separat erforscht. Der Erfolg war mäßig und mündete in dem sogenannten »KI-Winter«. Die KI wurde zur »good old-fashioned AI (GofAI)«.

Das mobile Internet, die sozialen Medien und allgemein die Digitalisierung führten Anfang 2000 zu einer **neuen Welle der KI** mit einer neuen Generation von Technologien. Nun werden Verfahren des Maschinellen Lernens eingesetzt, um

1 McCarthy et al. 1955.

2 Turing 1950.

3 Golem 2016.

4 Mnih et al. 2013; Johnson 2015.

5 IEEE Spectrum 2017; Mobile Geeks 2017; Deutschlandfunk 2017.

6 National Science and Technology Council 2016.

7 The Wall Street Journal 2015.

8 The Guardian 2016.

9 Wolfangel 2017.

aus großen Mengen historischer Daten anhand von Modellen, Muster zu extrahieren. Die Modelle erlauben es, neue Daten zu interpretieren oder aus ihnen Voraussagen für Empfehlungen, Warnungen oder Entscheidungen zu generieren. Vernetzte Geräte, Maschinen oder Anlagen bezeichnet man oft als »smart«, wenn ihr Verhalten auf maschinellen Lernverfahren beruht.

Die Zunahme der Rechenleistung, vor allem durch Graphikprozessoren, ermöglichte es, längst bekannte Modelle, die künstlichen neuronalen Netze, auf viele Neuronenschichten zu erweitern. Das Lernen in solchen tiefen Netzen, englisch »Deep Learning«, ist besonders erfolgreich in der Bild- und Sprachverarbeitung. Als etwa Google die Spracherkennung in Smartphones auf Deep Learning umstellte, konnte die Fehlerrate um 25 Prozent reduziert werden.¹⁰

Aktuell forscht man an einer **neuen Generation** von KI-Systemen: Sie sollen abstraktes Expertenwissen nutzen und selber abstrahieren können, damit sie robuster, breiter anwendbar und selbsterklärend werden. Abstraktes Wissen nutzt man in Form von Wissensgraphen in semantischen Schlussverfahren, aber auch in Form von »Grey-Box-Modellen« für die Simulation von physikalischen Systemen, deren Parameter man durch Beobachtung lernen möchte.

1.2 Systeme mit »künstlicher Intelligenz«

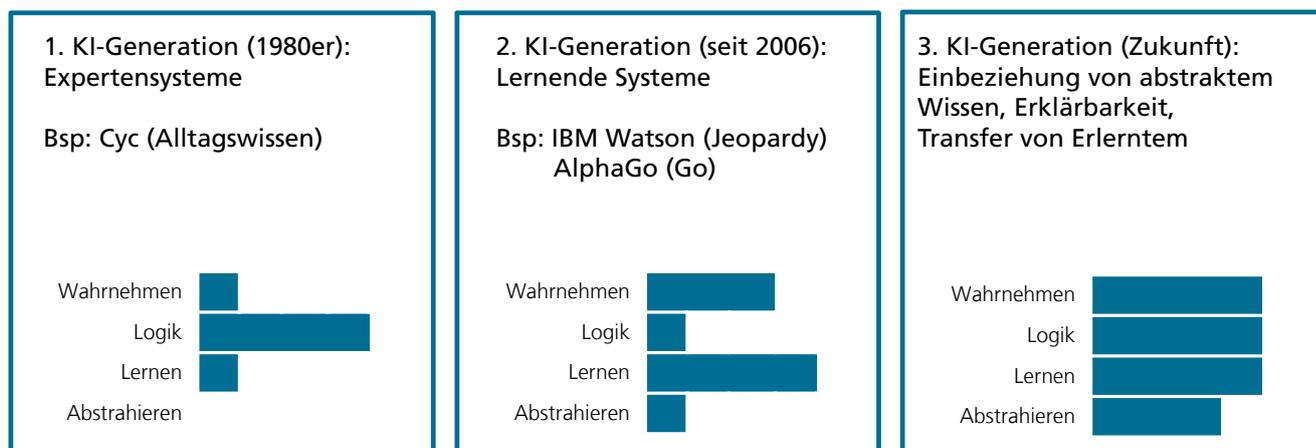
Ein **System mit »künstlicher Intelligenz«** verhält sich augenscheinlich intelligent. Hielt man früher Schachspielen für intelligent, so beindrucken die Systeme heute durch ihr Sprach- und Bildverstehen. Darum spricht man jetzt auch von »kognitiven« also wahrnehmenden und erkennenden Systemen.

KI-Systeme agieren in einer veränderlichen, zunehmend komplexen Umwelt. Sie nehmen ihre Situation wahr und interpretieren sie mithilfe ihres Wissens. Das Wissen, seien es Erfahrungen und Fakten oder abstrakte Modelle und Regeln, nutzen sie auch, um ihre nächsten Aktionen, Äußerungen oder anderen Beiträge auszuwählen und so ihre Aufgabe zu erfüllen und ihre Ziele zu erreichen. Dabei lernen sie ständig weiter.

Wie jedes Jahr hat die Unternehmensberatung Gartner auch 2017 ihren Hype-Cycle aufkommender Technologien veröffentlicht.¹¹ Auf dem Scheitelpunkt findet man Deep Learning und Machine Learning, die Schlüsseltechnologien moderner KI-Systeme, davor und dahinter viele Anwendungen von KI-Systemen.

Die Einsatzmöglichkeiten von KI-Systemen sind vielfältig. KI-Systeme können eher autonom oder eher assistiv und kooperativ agieren. Sie können in Prozesse der physischen Welt eingebettet (verkörpert) oder in digitalen Umgebungen eingebunden sein. Intelligente Dienste können Wissens- oder Sacharbeiten automatisieren, die nicht zeitkritisch sind.

Abbildung 1: Drei KI-Generationen im Vergleich



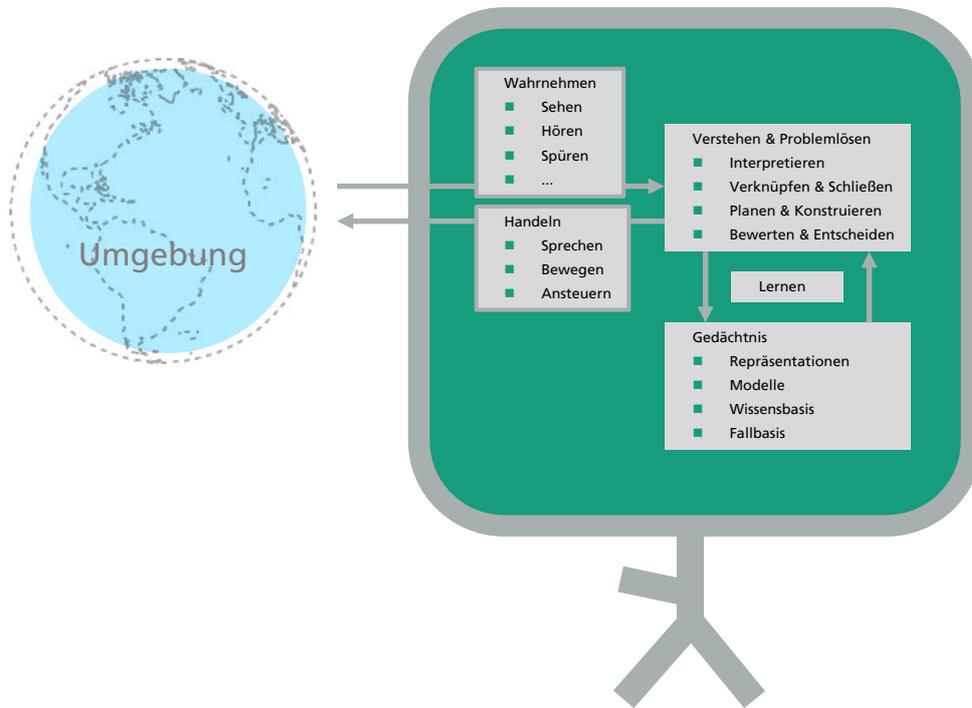
Quelle: Fraunhofer IAIS

10 Jones 2014.

11 Gartner, 2017.

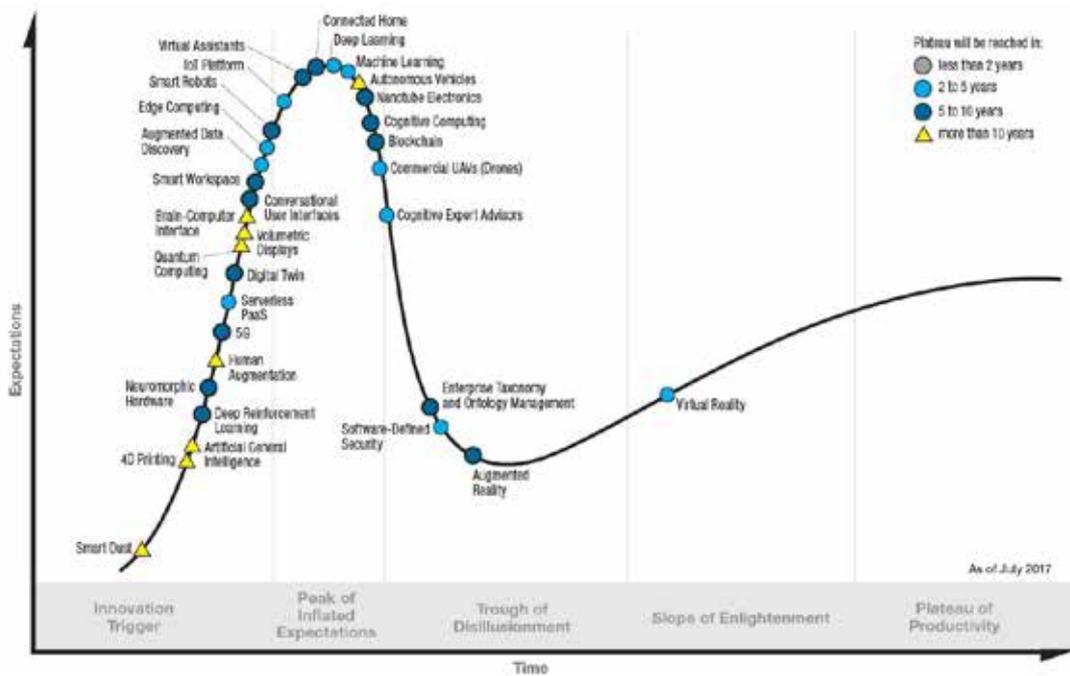
WAS IST »KÜNSTLICHE INTELLIGENZ«?

Abbildung 2: Interaktion eines KI-Systems mit seiner Umwelt



Quelle: Fraunhofer IAIS

Abbildung 3: Gartner Hype-Cycle for Emerging Technologies



Quelle: Gartner 2017

Tabelle 1: Einsatzmöglichkeiten von KI-Systemen

	Physisch, verkörpert	Digital
Autonom	Autonome Roboter und Transportmittel <ul style="list-style-type: none"> Smarte Roboter Drohnen und UAVs Autonome Fahrzeuge 	Autonome Agenten <ul style="list-style-type: none"> Robo-Spieler Algorithmischer Handel Soziale Bots
Kooperativ	Koboten <ul style="list-style-type: none"> Gestengesteuerte Geräte Fahrassistenten OP- und Pflegeassistentenroboter Assistentenroboter im Katastropheneinsatz 	Kognitive Assistenten <ul style="list-style-type: none"> Affective Computing Persönliche virtuelle Assistenten Gehirn-Computer-Schnittstellen Dialogbasierte Schnittstellen Persönliche Analytik Kognitive Expertenberater Natürlich-sprachliche Antwortsysteme
Lernend	Smarte Geräte und Anlagen <ul style="list-style-type: none"> Im smarten Heim Im smarten Arbeitsbereich Präventive Überwachung und vorausschauende Steuerung (Smart Farming, Smart Grids, Smart Cities) 	Intelligente Dienste <ul style="list-style-type: none"> Smarte Datenentdeckung Betrugsabwehr Risikomanagement Cyber-Abwehr Bild- und Videoauswertung Smarte Schreibtischautomaten (Robo-Journalisten, Robo-Juristen, Robo-Übersetzer, ...)

Quelle: Fraunhofer IAIS

Bereits das Maschinelle Lernen mit Big Data ermöglichte smarte, vorausschauende Systeme, die sich selbst überwachen, Prognosen liefern und Maßnahmen vorschlagen oder durchführen.

Auch wenn die Grenzen nicht immer scharf gezogen werden können, ergibt sich ein Raster für KI-Systeme: Kognitive Assistenten können digital oder verkörpert sein, Bots agieren in digitalen Umgebungen, sind aber nicht immer kooperativ.

1.3 Kerntechnologie Maschinelles Lernen

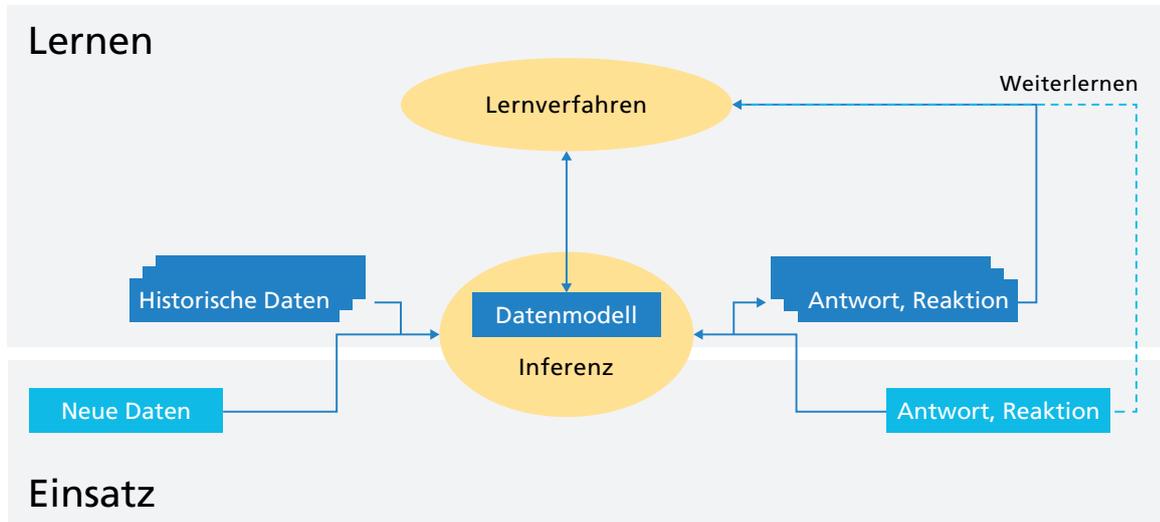
Maschinelles Lernen (ML), als Kerntechnologie der Künstlichen Intelligenz, bietet eine Alternative zur herkömmlichen Programmierung. Statt eines Programms mit einer Berechnungsvorschrift gibt man dem Computer Beispieldaten. Lernmethoden oder -algorithmen extrahieren daraus statistische Regelmäßigkeiten, die sie in Form von Modellen darstellen. Diese Modelle können auf neue, zuvor noch nicht gesehene

Daten reagieren, indem sie sie in Kategorien einordnen, Vorhersagen oder Vorschläge generieren. Bekannte Modelle sind Entscheidungsbäume, Regressionskurven, Cluster-Mittelpunkte oder künstliche neuronale Netze. Die Bezeichnung »Maschinelles Lernen« ersetzt derzeit Schlagwörter wie »Data Mining«, »Predictive Analytics« und »Advanced Analytics«.

Je mehr Beispiel- bzw. Trainingsdaten das Lernverfahren erhält, desto mehr kann es sein Modell verbessern. Insbesondere kann man auch noch im Betrieb Beispiele und Feedback sammeln, damit der Lernalgorithmus das Modell weiter anpassen kann. Der Computer **lernt so ständig weiter**.

Erst durch das **tiefe Lernen** konnte die KI ihre jüngsten Durchbrüche in Spielen, Bild- und Sprachverstehen erzielen. Beim tiefen Lernen werden künstliche neuronale Netze trainiert. Die Knoten stellen künstliche Neuronen dar. Sie besitzen eine Aktivierungsfunktion, die entscheidet, ob und wie der Knoten die Signale (Zahlen) weiterleitet, die ihn

Abbildung 4: Lern- und Einsatzphase



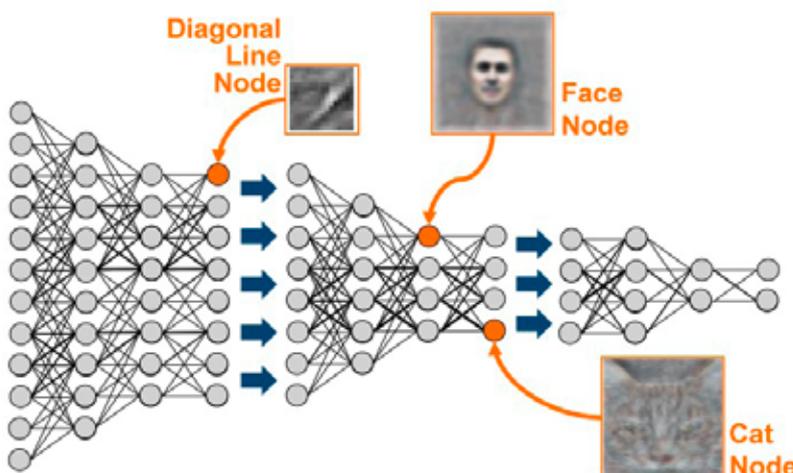
Quelle: Fraunhofer IAIS

von seinen Vorgängerknoten erreichen. Während die ersten künstlichen neuronalen Netze aus einer Eingabe-, Ausgabe- und vielleicht einer verdeckten Zwischenschicht bestanden, findet man heute schon »tiefe« Netze mit Hunderten von Schichten und Milliarden von zu lernenden Gewichten zwischen den Knoten. Da die Aktivierungsfunktionen auch nicht-linear sein können, können solche Netze komplizierte numerische Funktionen approximieren. Gelernt wird die Stärke der Verbindungen zwischen den Knoten benachbarter Schichten, indem Fehler zwischen berechneter und richtiger Ausgabe zurückgerechnet werden.

Künstliche neuronale Netze können jegliche Art von Rohdaten verarbeiten, die als Zahlenvektoren kodiert werden, zum Beispiel Bilder als Pixel, Wörter über ihre Position in einem Wörterbuch, Audiosignale über Fourier-Koeffizienten.

Indem man die Zahl der Knoten in den inneren Schichten drastisch reduziert, kann man tiefe Netze dazu bringen, die Rohdaten in sehr viel kompaktere Darstellungen zu überführen. Weil dabei ähnliche Darstellungen ähnliche Bedeutungen haben, kann die eigentliche Lernaufgabe in den hinteren Schichten leichter gelernt werden. Auf diese Weise ersparen

Abbildung 5: Neuronale Netze



Neuronale Netze werden im Googlebrain Project eingesetzt, um Gesichter von Menschen und Katzen in Videos zu erkennen.

Quelle: KDNuggets, 2015

ZUKUNFTSMARKT KÜNSTLICHE INTELLIGENZ

tiefe Netze dem Data Scientist oder ML-Spezialisten linguistische oder computergraphische Vorverarbeitungsschritte. Netze mit kompakten, verlustfreien Darstellungen der Eingabe können auch genutzt werden, um neue Beispiele zu erzeugen und unvollständige Beispiele zu ergänzen. Das ertüchtigt sie für eine Reihe neuer Lernaufgaben.

So gibt es in der **Sprach- und Textverarbeitung** viele Aufgaben, wo Folgen auf Folgen abgebildet werden müssen: die Transkription gesprochener Sprache in Text, die Übersetzung von Text in eine andere Sprache, die Aussprache von Text mit richtiger Betonung, die Produktion von Text aus einer Handschrift, das Beantworten einer Frage, die Fortsetzung eines Dialogs, das automatische Beantworten einer E-Mail etc.

In der **Bild- und Videoverarbeitung** gibt es zudem viele Ergänzungsaufgaben: Bilder können rechnerisch vergrößert werden, Schwarz-Weiß-Bilder können eingefärbt werden, Objekte in künstlichen Welten können texturiert, und ein Video kann automatisch synchronisiert oder ein paar Sekunden in die Zukunft fortgesetzt werden.

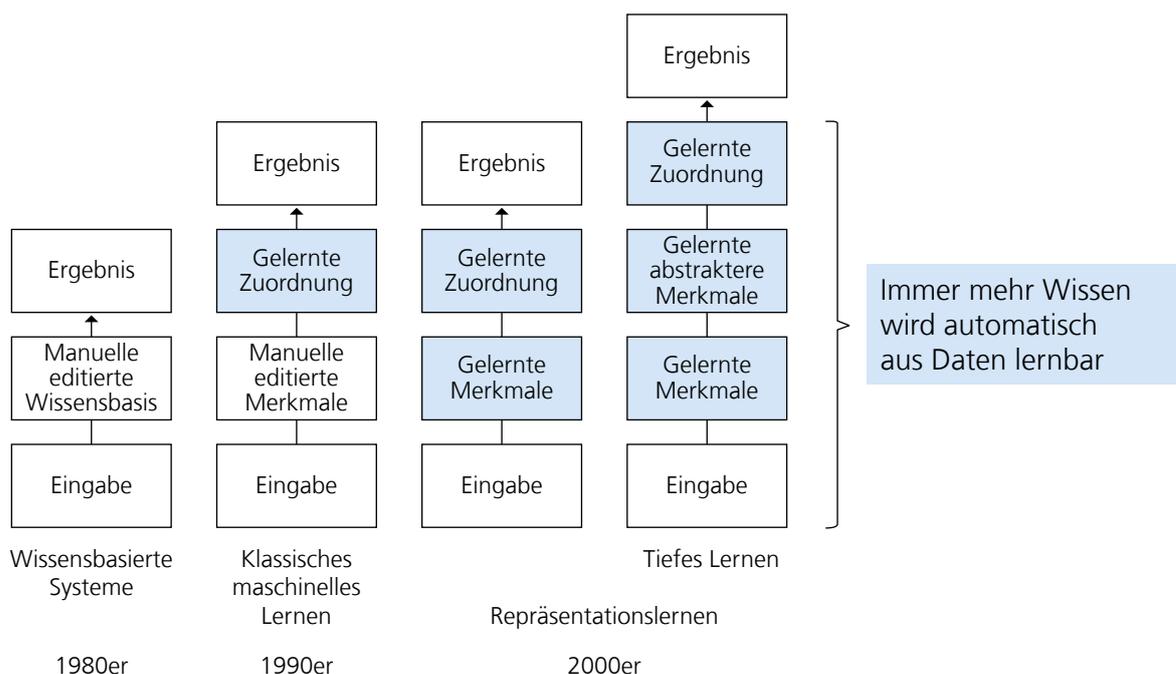
Eine weitere Lernaufgabe ist das Generieren von neuen Beispielen. Hierunter fallen viele **kreative Aufgaben** wie

das Schreiben von Gedichten, das Malen von Bildern und Komponieren von Musikstücken, die Animation von Figuren in digitalen Spielen und die Zusammenfassung von Meldungen zu einem Bericht. Mit realistisch generierten Beispielen kann man die Trainingsmenge für andere Lernaufgaben vergrößern.

Tiefe Netze eignen sich auch zum bestärkenden Lernen in der Welt der **Spiele und Roboter**. Die Google-Tochter DeepMind hat ihren Computern das Atari- und Go-Spielen mit ihren patentierten »Deep Q-Networks« beigebracht.¹² Diese Netze lernen eine Funktion, die den erwarteten Nutzen einer Aktion in einem Zustand schätzt. Damit kann jederzeit die perspektivisch beste Aktion gewählt werden.

Der Fortschritt gegenüber der Künstlichen Intelligenz in den 1980er Jahren wird in der nächsten Abbildung deutlich. Bei einem Expertensystem musste die gesamte Wissensbasis manuell konstruiert werden. Beim Maschinellen Lernen der 1990er waren es nur noch die Merkmale, die mit großer Sorgfalt ausgewählt werden mussten. Nun hat man neuronale Netze entwickelt, die automatisch in ihren verdeckten Schichten immer abstraktere Repräsentationen lernen und die Arbeit der Merkmalswahl selber miterledigen.

Abbildung 6: Kerntechnologien der KI



Quelle: Adaptiert von Goodfellow et al., 2016

12 Google, 2015.

KI-PLATTFORMEN

Die großen Internetkonzerne gehen immer mehr dazu über, nicht nur Schnittstellen zu ihren KI-Diensten zu veröffentlichen, sondern auch den Code ihrer Lernplattformen. Das hat mehrere Vorteile: Sie können an den Weiterentwicklungen fremder Forscher und Entwickler partizipieren, lernen fähige Köpfe kennen und können die Attraktivität ihrer Technologien direkter mit der Konkurrenz vergleichen, anstatt nur durch Publikationen.

Google

TensorFlow ist Googles plattformunabhängige Open-Source-Programmbibliothek für Maschinelles Lernen. In der Forschung und im Produktivbetrieb wird sie derzeit von verschiedenen Teams in kommerziellen Google-Produkten wie Spracherkennung, Gmail, Google Fotos und der Google-Suche verwendet. Zum Trainieren von intelligenten Agenten wurde das »DeepMind Lab« veröffentlicht, eine Open-Source-Lernumgebung mit anspruchsvollen 3D-Navigationsumgebungen und Puzzles. Die Cloud-Services von Google bieten ML-Dienste zum Trainieren eigener Modelle und Schnittstellen zu vortrainierten Modellen, etwa für die Jobsuche, Textanalyse, Spracherkennung, dynamische Übersetzung und Bildanalyse, an.

IBM

Watson, ein System das mündlich und schriftlich Fragen beantworten kann, steht im Zentrum der KI-Aktivitäten von IBM. Nach dem Gewinn von Jeopardy wurden damit Lösungen für den Kundenservice in der Finanzbranche und im Gesundheitswesen entwickelt. IBM hat SystemML publiziert, eine Plattform für Maschinelles Lernen, die aus den Watson-Entwicklungen hervorgegangen ist. Die Watson Data Platform bietet ML-Services, während trainierte Modelle als Watson Developer Cloud Services genutzt werden können, z. B. für Dialogsysteme, Textübersetzung, Textanalyse, Spracherkennung, Bilderkennung und Suche.

Microsoft

Cognitive Toolkit (früher CNTK) ist die Open-Source-Programmbibliothek von Microsoft. Sie eignet sich sowohl für Maschinelles Lernen mit sehr kleinen Datenmengen auf dem Laptop als auch für große Datenmengen, die auf mehreren CPUs und GPUs verteilt sind, zum Beispiel auf Microsofts Azure Netzwerk. Microsoft hat damit die Modelle für den Skype-Übersetzer und seinen digitalen Sprachassistenten Cortana entwickelt. Microsoft bietet außerdem sogenannte Cognitive Services für die Bild- und Videoanalyse inklusive Gesichts- und Emotionserkennung, sowie für die Sprachverarbeitung und die Textverarbeitung inklusive Sprachsteuerung, Textanalyse und Übersetzung an.

Amazon

Deep Scalable Sparse Tensor Network Engine (DSSTNE) ist der Name, unter dem Amazon seine Programmbibliothek für Maschinelles Lernen quelloffen gestellt hat. Der Schwerpunkt liegt auf Verfahren, die auch mit wenigen Trainingsdaten auskommen und verteilt trainiert werden können, z. B. in der Amazon Cloud. Amazon entwickelt KI für seine Produktempfehlungen und für das Sprachinterface Alexa von seiner Smart-Home-Lösung Echo. Das Alexa Skills Kit enthält APIs, um fremde Geräte und Dienste als sogenannte Skills anschließen zu können. Außerdem bietet Amazon Web-Services zur Sprach- und Textkonversation, Spracherzeugung, Bilderkennung und für Maschinelles Lernen.

Facebook

Torch ist eine Open-Source-Programmbibliothek mit vielen Verfahren des Maschinellen Lernens, die Facebook – und auch Twitter – nutzen und weiterentwickeln. Facebook benötigt KI, um die Bilder und Texte seiner Nutzer zu verstehen, und hat entsprechend Software zur Textklassifikation und zur Text- und Bildinterpretation, speziell die Erkennung von Gesichtern und die Erzeugung von Bildunterschriften veröffentlicht. Facebook bietet außerdem eine API, um text- und sprachbasierte Bots für seine Messenger-Plattform zu bauen.

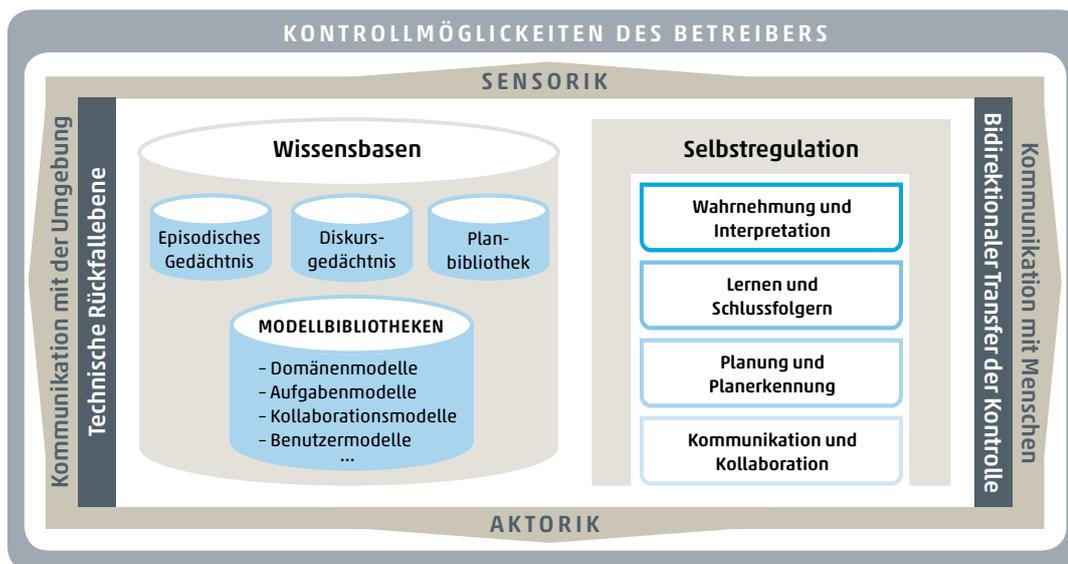
2 AUTONOME ROBOTER

Als Roboter wird eine maschinell getriebene Anlage bezeichnet, die über einen gewissen Grad an Autonomie verfügt, innerhalb einer bestimmten Umgebung physisch agiert und bestimmungsgemäße Aufgaben durchführt.¹³ In der industriellen Fertigung finden Roboter bereits seit den 70er Jahren Einsatz, indem sie in einer strukturierten, gesicherten Umgebung repetitive Tätigkeiten ausführen. Während diese Roboter der ersten Generation von den Menschen strikt getrennt waren, sind die modernen Roboter sicherer, selbstständiger und flexibler. Die Fortschritte auf dem Gebiet der Mechatronik, Regelungstechnik, Elektrotechnik und vor allem der Künstlichen Intelligenz und des Maschinellen Lernens erlauben es den sog. **autonomen Robotern**, ihre Umgebung wahrzunehmen und ihr Verhalten interaktiv und in Echtzeit anzupassen. Sie agieren als »Perception-Action-Learning-Systeme«, die keine fortlaufende menschliche Überwachung benötigen.¹⁴ Somit können moderne Roboter eine verlässliche Unterstützung des Menschen nicht nur im industriellen, sondern auch im nicht-industriellen Umfeld, gar in der persönlichen, häuslichen Umgebung bieten.

Das autonome Handeln von Robotersystemen – ihre Fähigkeit, »ohne menschliche Steuerung oder detaillierte Programmierung ein vorgegebenes Ziel selbstständig und an die Situation angepasst«¹⁵ zu erreichen – ist maßgeblich den Methoden der Künstlichen Intelligenz und des **Maschinellen Lernens** zu verdanken. Sie stehen im Zentrum eines Kreislaufs der Wahrnehmung, Interpretation, Planung, Schlussfolgerung, Selbstregulation und Kollaboration, der im Wesentlichen die Voraussetzung ist, dass sie in unstrukturierten, unbekanntem Umgebungen intelligent handeln können (Abbildung 7). Da das Erahnen und Vorsorgen für alle erdenklichen Situationen praktisch eine hoffnungslose Sisyphusarbeit wäre, müssen Roboter selbstständig ihre Umgebung wahrnehmen, mit bekannten Daten und Mustern abgleichen und eigenständig neues Wissen generieren und auf Basis dessen Entscheidungen treffen.

Die größte Forschungsaufgabe der Robotik ist es zurzeit, Robotern Adaptionsmechanismen beizubringen, d. h. mit ihrer Umgebung und Menschen in einer vorhersehbaren und generalisierbaren Art und Weise zu interagieren, sowie

Abbildung 7: Autonome Systeme – Technologien und Prozesse



Quelle: Fachforum Autonome Systeme im Hightech-Forum 2017

13 Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI) 2016.

14 TAB Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag 2016, S. 13, Frost & Sullivan 2016h, S. 10.

15 Fachforum Autonome Systeme im Hightech-Forum 2017, S. 7.

Manipulationen in interaktiven Umgebungen besser durchzuführen.¹⁶ Die Fortschritte im Bereich Deep Learning könnten in diesem Kontext eine entscheidende Rolle spielen. Dazu müssen allerdings genügend vorklassifizierte Daten gesammelt werden.¹⁷ Das Maschinelle Lernen ist somit das Herzstück der modernen Robotik. Fortschritte im Bereich des maschinellen Sehens und der maschinellen Wahrnehmung und Kommunikation sind ebenso elementar für die Robotik.

Zugleich gilt, dass nicht jeder Roboter ein intelligentes System darstellt und nicht in jedem Roboter zwangsläufig KI-Technologie eingesetzt wird. Die kognitiven Fähigkeiten der Roboter können sehr unterschiedlich komplex sein, was durch verschiedene Reifegrade abgebildet wird. Sie reichen von Robotern, die ihre Umgebung überhaupt nicht wahrnehmen und lediglich vorprogrammierte Manipulationen ausführen (Stufe 0), bis hin zu solchen, die ihre Umgebung nicht nur wahrnehmen, sondern auch Objekt- und Personeneigenschaften erfassen und interpretieren können, die nicht unmittelbar beobachtbar sind, z. B. Mimik (Stufe 8).¹⁸ Daher ist das Schließen auf die Größe des KI-Marktpotenzials alleine auf der Basis von Daten über die Umsätze der Robotik-Branche mit Vorsicht zu genießen. Denn vieles, was im Robotikmarkt erfasst ist, ist wenig intelligent, geschweige denn autonom. Allerdings basieren die Annahmen über die Zukunftsperspektiven der Branche stark auf einer Technologieentwicklung, die von der Integration neuartiger KI-Ansätze angetrieben wird.

2.1 Marktsegmentierung und Trends

Der Markt für Robotik kann abhängig vom Einsatzbereich in der Produktion oder im Dienstleistungssektor grundsätzlich in **Industrierobotik** und **Servicerobotik** aufgeteilt werden. Im

industriellen Umfeld tragen Roboter zur Produktivitätssteigerung bei und übernehmen zunehmend komplexere Aufgaben, die in Kooperation mit Menschen durchgeführt werden können (kollaborative Roboter oder **Koboter**).¹⁹ Serviceroboter dienen der teil- oder vollautomatisierten Ausführung von Dienstleistungsaufgaben zum Nutzen menschlichen Wohlbefindens und für Einrichtungen oder für Aufgaben außerhalb der industriellen Produktion.²⁰ Sie werden sowohl gewerblich als auch für den Privatgebrauch eingesetzt und versprechen eine Verbesserung der Arbeitsbedingungen für die Menschen (insbesondere bei physischen Tätigkeiten), Qualitätssteigerung und Linderung des Arbeitskräftemangels.²¹

Der weltweite Markt für Industrieroboter ist mit USD 10,7 Mrd. (2014) derzeit wesentlich größer als der Markt für Serviceroboter (USD 6 Mrd. 2014, ca. 2/3 davon im gewerblichen Bereich).²² Der Servicerobotik wird allerdings ein rasantes Wachstum vorausgesagt – zwischen 2020 und 2025 soll sie die Industrierobotik eingeholt haben. Dafür sprechen sowohl die beachtliche Patent- und Publikationsdynamik (Technologie-Push) als auch die Nachfrage insbesondere im privaten Haushaltsbereich. Auch die weltweite Robotik-Branche (definitorisch etwas breiter gefasst, um neben Robotern auch Robotik-Systeme zu erfassen) soll schnell wachsen – vom Umsatz von ca. USD 27 Mrd. im Jahr 2015 auf knapp USD 67 Mrd. im Jahr 2025.²³

Während früher Japan als weltweites Zentrum der Robotik unangefochten war, lässt sich eine Verschiebung der Innovationen in Richtung USA beobachten. Viele erfolgsversprechende Start-ups sitzen heute im Silicon Valley. Einige bedeutende Akteure der Branche sind im Folgenden aufgelistet:

16 Vgl. Stanford University 2016, S. 9.

17 Vgl. Stanford University 2016, S. 15.

18 Eine ausführliche Darstellung von Technologiereifegrad und Forschungsbedarf robotikbezogener Technologien und Fähigkeiten bietet SPARC The Partnership for Robotics in Europe 2015 (Hg.): Robotics 2020. Multi-Annual Roadmap for Robotics in Europe.

19 TAB Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag 2016; Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI) 2016.

20 Definiert in der ISO-Norm 8373, vgl. Fraunhofer ISI 2016, S. 79.

21 Vgl. Fraunhofer ISI 2016, S. 77.

22 Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI) 2016, S. 47ff.

23 Fraunhofer ISI 2016.

Tabelle 2: Anbieter im Bereich der Robotik (Auswahl)²⁴

Unternehmen und Start-ups	Aethon, Aldebaran, Amazon Robotics, ARXIVUM, Google, iRobot, Panasonic, Rethink Robotics, SoftBank Robotics; Symbotic: Cyberdyne, Ekso Bionics, Swisslog, InTouch Health, ReWalk, Össur, Omnicell, KUKA, Servus Intralogistics GmbH, RobotCenter Ltd, Flower Robotics, Clearpath Robotics, Fetch Robotics, Harvest Automation, Jaybridge Robotics, Osaro, Rethink robotics
Forschung in Europa	<p>EU: Albert-Ludwigs-Universität Freiburg (DE), TU München (DE), University of Plymouth (UK)</p> <p>DE: Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, TU München, Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung München; Universität Bremen</p> <p>Die größten Zuwendungsempfänger aus der Industrie in Deutschland: Robert Bosch GmbH, Heinrich Hirdes EOD Services GmbH, Reis GmbH & Co. KG Maschinenfabrik, Claas Selbstfahrende Erntemaschinen GmbH, KUKA Roboter GmbH, fortiss GmbH, Airbus DS GmbH, Atos IT Solutions and Services GmbH</p>

2.1.1 Industrierobotik

Die Wirtschaftssektoren, die weltweit im größten Maße Industrieroboter einsetzen, sind der Automobilbau und die Elektroindustrie. In Deutschland dominiert mit ca. 60 Prozent aller Industrieroboter die Automobilindustrie das Bild.²⁵ Während diese hohe Konzentration die Anfälligkeit der Roboterhersteller für konjunkturelle Schwankungen verdeutlicht, spricht sie zugleich für einen wachstumsstarken lokalen Zielmarkt und eine potenzielle Nachfrage für angewandte KI-Forschung. Insgesamt weist Deutschland eine sehr hohe Industrieroboterdichte auf – bereits 2012 setzte knapp ein Drittel aller Betriebe in dem verarbeitenden Gewerbe Industrieroboter ein.²⁶ Der Inlandsmarkt wuchs in den letzten fünf Jahren um 7 Prozent jährlich.²⁷ Die lokalen Anbieter für Roboterlösungen – die Roboterbranche in Deutschland – zeigt ebenso ein stabiles Wachstum. In den letzten zehn Jahren hat sich der Branchenumsatz von EUR 1,6 Mrd. (2005) auf EUR 3,4 Mrd. (2015) mehr als verdoppelt.²⁸

Die größten Absatzmärkte für Industrieroboter weltweit bilden China, die USA und Deutschland.²⁹ Den größten Bestand an Industrierobotern weltweit weist Japan auf,³⁰ allerdings sinken die Umsätze seit 2011.³¹ Mit einem über 100-prozentigen Anstieg der Umsätze wächst der chinesische Markt am schnellsten, was sich auch in der Intensivierung von Firmenübernahmen seitens chinesischer Konzerne auf dem Robotik-Gebiet zeigt.³²

Zurzeit werden Industrieroboter hauptsächlich in großen Betrieben mit hochautomatisierter Produktion eingesetzt. Global soll die Durchdringung neuartiger kollaborativer Roboter in klein- und mittelständischen Unternehmen (KMU) einen kräftigen Nachfrageschub generieren.³³ Ebenso vielversprechend ist die Tendenz zu Technologiepartnerschaften von Roboterherstellern und Kommunikations- und Softwareunternehmen, z. B. KUKA und Huawei; Fanuc, Cisco und GE; ABB und Microsoft.³⁴ Für die Dynamik in der Branche der Industrierobotik sprechen auch die intensiven Übernahmeaktivitäten von innovativen Start-ups (vgl. Abbildung 8).³⁵

24 Gartner 2016; Frost & Sullivan 2016a, Zilis 2016; FöKaT, Cordis, eigene Recherche; Eigene Berechnung, Open Data Portal der EU.

25 Vgl. Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI) 2016, S. 52.

26 Vgl. Fraunhofer ISI 2016.

27 Vgl. VDMA.

28 Statista 2016c.

29 Vgl. Fraunhofer ISI 2016, S. 58. Die wichtigsten fünf nationalen Märkte (China, USA, Deutschland, Japan und Südkorea) sind für etwa 70 Prozent des weltweiten Umsatzes mit Industrierobotern verantwortlich.

30 Knapp 300 000 Industrieroboter kumuliert zum Jahr 2014, vgl. Statista 2016c, S. 15. Zum Vergleich – im Jahr 2014 wurden insgesamt knapp 230 000 Industrierobotern weltweit verkauft, vgl. Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI) 2016, S. 48.

31 Vgl. Fraunhofer ISI 2016, S. 58.

32 Im Jahr 2016 hat z. B. der chinesische Elektrogeräte-Hersteller Midea den deutschen Roboterbauer Kuka übernommen. Mit einem geschätzten Volumen von USD 4,7 Mrd ist das die zurzeit größte chinesische Übernahme in Europa, vgl. FAZ 2017a.

33 Frost & Sullivan 2016d, S. 14; SPARC The Partnership for Robotics in Europe 2015 (Hg.): Robotics 2020. Multi-Annual Roadmap for Robotics in Europe.

34 Vgl. Frost & Sullivan 2016d, S. 40.

35 Vgl. Frost & Sullivan 2016d, S. 41.

Abbildung 8: Bedeutende Übernahmen in der Robotikbranche



Quelle: acatech 2016, S. 40

In der Industrierobotik zeichnet sich demnach eine Entwicklung hin zu **kollaborativen Leichtrobotern** ab, die günstiger, flexibler und leichter zu bedienen sind. Somit können neue Anwendungsbereiche erschlossen werden, wie z. B. Arbeiten mit kleinen Komponenten in geringen Seriengrößen. An Bedeutung gewinnen außerdem die sog. robotischen Assistenzsysteme, die eng mit dem Menschen zusammenarbeiten können. Die Fortschritte auf dem Gebiet der KI bieten immer zugänglichere Kooperationsmöglichkeiten, z. B. durch Sprach- und Gestensteuerung. Der weltweit größte Zielmarkt für Koboter ist Europa, gefolgt vom asiatischen Raum.³⁶

Die Lohnsteigerungen und die Verknappung qualifizierter Arbeitskräfte sowie die schnellen Innovationszyklen und der Druck, auf kurzfristige Änderungen der Konsumnachfrage zu reagieren, sind immanente Herausforderungen für die industrielle Fertigung. Da die neuen Robotergenerationen immer adaptiver und flexibler werden, könnten sie eine

attraktive Lösung anbieten. Mit dem technischen Fortschritt geht zudem ein beachtlicher Preisverfall für Industrieroboter einher – geschätzt auf 50 bis 80 Prozent im Zeitraum von 15 Jahren (1990 - 2005).³⁷ Somit werden Industrieroboter immer attraktiver, und zwar nicht nur für Hochlohnländer.³⁸ Ein weiterer technologischer Treiber für die Durchsetzung der kollaborativen Industrieroboter ist ihre leichte Integration in den Arbeitsprozess dank intuitiver Anweisung ohne Bedarf an Programmierkenntnissen.³⁹

Potenzielle Herausforderungen könnten eine fehlende Akzeptanz, Debatten über die Zukunft der Arbeit und die Rolle von Automatisierung und Robotereinsatz sein. Außerdem sind viele technische Entwicklungsschritte noch Gegenstand der Forschung und Optimierung, z. B. die sichere Mensch-Maschine-Interaktion, Wahrnehmung in unstrukturierter Umgebung, objektive und günstige Leistungscharakterisierung, Modularität, intuitive Schnittstellen, Modellierung und Simulation.⁴⁰

36 Vgl. Frost & Sullivan 2016d, S. 29.

37 Fraunhofer ISI 2016, S. 59.

38 Zuletzt hat der Handy-Zulieferer Exconn angekündigt, in seinen taiwanesischen Fabriken die Hälfte der Belegschaft, ca. 50 000 Menschen, durch Roboter zu ersetzen. Als strategisches Ziel plant der Konzern auch die übrigen 50 000 Arbeitsplätze zu rationalisieren, vgl. FAZ 2017c.

39 Frost & Sullivan 2016d, S. 29.

40 Link/Oliver/O'Connor 2016.

SMARTE ROBOTER

Das Marktpotenzial der wirklich intelligenten Roboter

Die wirklich intelligenten Roboter bezeichnet das Marktforschungsunternehmen Gartner als Smarte Roboter. Sie zeichnen sich durch einen hohen Grad an Autonomie aus und lernen durch Demonstrationen, überwacht Training oder eigene Erfahrung. Ob Anlagen in Lagerhallen oder Humanoide – sie alle haben die Fähigkeit, im Umgang mit Menschen agieren zu können. Die Smarten Roboter haben eine geringe Marktdurchdringung – schätzungsweise 1 bis 5 Prozent ihres Potenzials –, genießen aber eine große Erwartungshaltung, verbunden mit erfolgreichen Markteinführungen (z. B. die Roboter Pepper, Sawyer, Baxter) und eine Validierung der Technologie durch den Markteinstieg etablierter Konzerne (z. B. Google). Daher positioniert Gartner die Autonomen Roboter auf den Gipfel inflationärer Erwartungen und empfiehlt Unternehmen der Leichtindustrie, des Vertriebs, des Einzelhandels und des Gesundheitswesens, das Potenzial Smarter Roboter

als Ersatz oder Ergänzung ihrer Belegschaft zu prüfen. Antizipiert wird eine Erweiterung der Anwendungsbereiche und die Markteinführung von Lösungen, die auf unterschiedliche Unternehmensgrößen zugeschnitten sind.

Als bekannte oder potenzielle Anwendungsfälle nennt Gartner die Entsorgung gefährlichen Abfalls, das Einlösen von Rezepten und die Medikamentenzustellung, die Krankenpflege, Montagearbeiten, Paketzustellung, Verkaufsassistenten usw.

Bedeutende Unternehmen in diesem Bereich sind u. A. Aethon, Amazon Robotics, ARxIUM, Google, iRobot, Panasonic, Rethink Robotics, SoftBank Robotics und Symbotic.

Quelle: Gartner 2016

USE CASE

Industrieroboter in der industriellen Fertigung: LBR iiwa von KUKA

»Der LBR iiwa ist der erste in Serie gefertigte sensitive – und damit Mensch-Roboter-Kollaboration-fähige – Roboter. Erstmals können Mensch und Roboter in enger Zusammenarbeit hochsensible Aufgaben lösen. So entstehen neue Arbeitsbereiche, der Weg ist frei für mehr Wirtschaftlichkeit und höchste Effizienz.«

Der LBR iiwa zeichnet sich durch einen »haptischen« Programmieransatz aus, der es dem Menschen ermöglicht, durch Berührung und Anleiten des Roboters dessen vorprogrammierten Ablauf intuitiv zu verändern, so dass bislang undefinierte, unergonomische und monotone Aufgaben erlernt und selbstständig ausgeführt werden können. Auf diese Weise lernt der LBR iiwa mit seinem

menschlichen Counterpart schnell und einfach neue Montagepositionen ohne eigene Vorkenntnisse und lediglich durch Berührung. Der Einsatzbereich des Industrieroboters umfasst unterschiedliche Branchen, in denen insbesondere seine Anpassungsfähigkeit an die Umgebung und uneingeschränkte Zusammenarbeit mit dem Menschen das Arbeitsumfeld definieren.

KI-Kompetenzen im Einsatz:

- Maschinelles Lernen (Interactive task teaching; Sensor data and reconstruction)
- Mensch-Maschine-Interaktion

Quelle: KUKA AG 2017

USE CASE FRAUNHOFER

Validierung von fortschrittlichen, kollaborierenden Robotern für industrielle Anwendungen (»VALERI«) – Fraunhofer IFF

»VALERI steht für »Validation of Advanced, Collaborative Robotics for Industrial Applications«. Innerhalb von drei Jahren wird das Konsortium die neuen mobilen Roboter entwickeln, die in die Herstellungsprozesse von Flugzeugkomponenten integriert werden sollen. Das Besondere daran: Die Roboter sollen autonom und ohne trennende Schutzräume Seite an Seite mit dem Menschen agieren und die Mitarbeiter von zeitintensiven, körperlich anstrengenden und monotonen Arbeiten befreien. [...] Mit VALERI entwickeln die Konsortialpartner ein System, das

als adaptive und flexible Unterstützung auch im Handwerk oder in der Produktion von Kleinserien eingesetzt werden kann. Das macht es sowohl für die Luft- und Raumfahrt als auch für andere produzierende Bereiche interessant.«

KI-Kompetenzen im Einsatz:

- Maschinelles Sehen
- Taktile Sensorik

Quelle: Fraunhofer IFF 2017

2.1.2 Servicerobotik

Serviceroboter führen Dienstleistungsaufgaben außerhalb der industriellen Produktion durch und werden sowohl gewerblich als auch für den privaten Gebrauch genutzt. Die Assistenzroboter für den privaten Gebrauch übernehmen mühsame alltägliche Aufgaben im Haushalt (Rasenmähen, Schwimmbadreinigung etc.), unterstützen Ältere und Pflegebedürftige, sorgen für mehr Sicherheit und Überwachung (z. B. in Museen) oder begleiten, unterhalten und unterrichten Menschen (z. B. humanoide Roboter, persönliche Assistenten und Begleiter). Gewerblich werden autonome Roboter vor allem in der Medizin (z. B. zur Operationsassistenz), in der Landwirtschaft (z. B. Melkroboter oder Mähroboter), in der Verteidigung (z. B. Drohnen), in der professionellen Reinigung (z. B. Fensterreinigung) usw. eingesetzt.⁴¹ Zum Jahr 2011 zählte die Internationale Robotikfederation (IRF) über 250 Produktideen, Prototypen und Produkte der Servicerobotik für gewerbliche Anwendungen, allerdings geht die Marktdurchdringung weiterhin nur schleppend voran.⁴²

Prognosen gehen davon aus, dass sowohl der private als auch der gewerbliche Anwendungsbereich ein starkes Wachstum erleben werden. Zwischen 2015 und 2018 sollen Serviceroboter für den privaten Gebrauch im Wert von über USD 20 Mrd. verkauft werden, gewerbliche Serviceroboter sollen knapp unter dieser Grenze liegen.⁴³ Eine detaillierte Schätzung der erwarteten weltweiten Verkaufszahlen und Umsätze der einzelnen Servicerobotik-Anwendungen bietet das Jahrestgutachten zu Forschung, Innovation und technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands der Expertenkommission für Forschung und Innovation.⁴⁴

Im Privatgebrauch haben die Serviceroboter zunächst mit dem autonomen Staubsauger Einzug gefunden.⁴⁵ Heutzutage gibt es auch Serviceroboter, die enger mit Menschen interagieren (z. B. in der Pflege und Unterhaltung). Diese sog. **Sozialen Roboter** (Beispiel: Robbe Paro von AIST und care robot vom Fraunhofer IPA) bilden den aktivsten Forschungsbereich unter den privaten Servicerobotern gemessen an der Anzahl der Patentanmeldungen.⁴⁶ Insbesondere auf diesem Feld spielen Fortschritte der KI eine zentrale Rolle. Eine führende Anbieterrolle im Bereich der Serviceroboter für private Anwendungen

41 Die Abgrenzung zu anderen KI-Anwendungsbereichen gestaltet sich sehr schwer. So sind einige Roboteranwendungen in der Verteidigung und Landwirtschaft, insb. die Drohnen, ebenso als Bestandteil des Bereichs Autonome Transportmittel zu betrachten (vgl. Kapitel 3), während Exoskelettierte Roboter und zugleich smarte Geräte zum selbstbestimmten Leben im Alter (ambient assisted living) sind (vgl. Kapitel 4).

42 Vgl. Fraunhofer ISI 2016, S. 78.

43 Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI) 2016, S. 49.

44 Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI) 2016, S. 47ff.

45 Der erste kommerzielle Roboter-Staubsauger wurde von Electrolux Trilobite im Jahr 2001 auf den Markt gebracht, vgl. Stanford University 2016.

46 Vgl. Frost & Sullivan 2016a, S. 23.

haben mit einer großen Start-up-Dichte die USA. Sie sind zugleich führend in den Patentaktivitäten im Bereich der Servicerobotik für den Privatgebrauch.⁴⁷ Europa und Australien weisen eine große Marktdurchdringung vor.⁴⁸

Der Aufschwung der Servicerobotik ist mit einer Reihe technologischer Fortschritte und Innovationen in verwandten Technikfeldern verbunden. Eine aktuelle Studie der Universität Stanford benennt die Verbesserungen bei der sicheren und zuverlässigen Hardware, bessere Chips, günstige 3D-Sensoren, cloudbasiertes Maschinelles Lernen und Spracherkennungsansätze als zentrale Treiber.⁴⁹ Allerdings werden die hohen Preise für zuverlässige Geräte und technische Schwächen als Hindernisse für eine breitere Anwendung über die etablierten speziellen Anwendungsfälle hinaus ausgemacht. Fallende Rohstoffpreise und das Potenzial, bei steigender Nachfrage das Produktionsvolumen und die Produktionseffizienz zu steigern, lassen aber einen Preisverfall in der Servicerobotik erwarten.⁵⁰

Ein weiterer Treiber für die Verbreitung von Servicerobotern ist die gängige Gewohnheit, tragbare internetfähige Geräte im Alltag zu benutzen, z. B. Tablets und Smartphones.⁵¹ Diese dienen als Plattform für eine bequeme und vertraute Interaktion mit Servicerobotern. Cloud-Computing ist ebenso ein Treiber dieser Entwicklung, da Datensätze verschiedener Haushalte gespeichert werden und als Lernbasis für maschinelles Lernen dienen können.⁵² Außerdem begünstigt die Verbreitung des Internets der Dinge die Entfaltung des Potenzials von Servicerobotern, da sie eine Verknüpfung und Steuerung der zahlreichen Geräte aus der Ferne erlaubt.

Von großer Bedeutung für die Durchsetzung von Service-robotern sind ebenso demografische Faktoren wie die Alterung der Bevölkerung in den Industrieländern sowie der Generationenwechsel. Mit der Steigerung der Anzahl älterer Menschen erhöht sich die Nachfrage nach medizinischen und Pflegeleistungen, die in der Zukunft von Servicerobotern stärker unterstützt werden können. Gleichzeitig wird mit dem Generationenwechsel eine steigende Akzeptanz und Technikoffenheit erwartet.⁵³

Es sind ebenso eine Reihe von Faktoren auszumachen, die eine Durchsetzung der Serviceroboter zurzeit hindern. Eine aktuelle Studie der Fraunhofer-Institute ISI und IPA nennt u. A. die hohen technischen und Flexibilitätsanforderungen, die hohen Entwicklungs- und Systemkosten, Fragen der Sicherheit und der Akzeptanz.⁵⁴ So sind z. B. die Anforderungen bezüglich der maschinellen Wahrnehmung anspruchsvoller als bei gängigen Industrierobotern, was eine unmittelbare (und kostengünstige) Übertragung von technischen Lösungen ausschließt. Außerdem ist die adaptive Kraft- und Bewegungsregelung – nachgiebige Antriebe und hochsensible Gelenk- und Drehmomentsensoren – eine wichtige Anforderung.⁵⁵ Darüber hinaus sind Serviceroboter in der Regel für eine bestimmte Aufgabe in einem bestimmten Umfeld spezialisiert und jede Anpassung bedeutet zusätzlichen Entwicklungsaufwand. Eine wichtige Voraussetzung für die schnellere Diffusion ist daher eine größere Flexibilität der Geräte.

47 Vgl. Frost & Sullivan 2016a, S. 24.

48 Vgl. Frost & Sullivan 2016a, S. 5.

49 Stanford University 2016, S. 7.

50 Frost & Sullivan 2016a, S. 8.

51 Frost & Sullivan 2016a.

52 Stanford University 2016.

53 Stanford University 2016, S. 30.

54 Fraunhofer ISI 2016, S. 78f.

55 acatech 2016.

SERVICEROBOTER IM GESUNDHEITSWESEN

Unter den Wirtschaftssektoren, die besonders viele Serviceroboter einsetzen, sind die Medizin und das Gesundheitswesen hervorzuheben. Roboter stehen den Chirurgen bei Operationen zur Seite, unterstützen Pfleger bei der Betreuung von Patienten oder liefern Speisen, Dokumente und Medikamente. Exoskelette helfen Menschen mit motorischen Beeinträchtigungen, sich selbständig zu bewegen. Je nach Abgrenzung des Bereiches können auch die sog. Sozialen Roboter und Personenbegleiter zu diesem Bereich gezählt werden, die mit Menschen kommunizieren und sie unterhalten.

Das Marktpotenzial der Roboter zur Pflege und Automatisierung im Gesundheitswesen ist groß – während der weltweite Umsatz 2016 laut Schätzungen des Marktforschungsunternehmens Gartner USD 0,9 Mrd. betrug,

soll dieser bereits 2021 knapp USD 4,5 Mrd. erreichen. Die größte Nachfrage soll demnach im asiatisch-pazifischen Raum entstehen.

Die Treiber, die dieses rasante Marktwachstum ankurbeln, sind neben dem steigenden Betreuungsbedarf alternder Menschen die Versprechen, eine Steigerung der Produktivität des medizinischen Personals zu erreichen, die Fehlerquote zu reduzieren und die Medizinkosten durch Telemedizin und Reduktion des klinischen Aufenthalts zu senken. Eine schnelle Durchdringung wird nicht nur durch die z. Z. hohen Kosten der Roboter gehemmt, sondern vor allem durch ethische Bedenken bzgl. Privatsphäre und Überwachung.

*Quellen: Frost & Sullivan 2016c;
Frost & Sullivan 2016i; VERB SURGICAL 2017*

EMOTIONSERKENNUNG UND -ANALYSE MIT KI

Das Erkennen menschlicher Emotionen und Stimmungen wäre ein Traum, nicht nur für Marktforscher, die Konsumverhalten prognostizieren und steuern wollen, sondern auch für Pflegekräfte und Mediziner, die sich um das Wohlbefinden ihrer Patienten bemühen. Innovative Computer-Vision-Ansätze zur Erfassung menschlicher Gesichtsausdrücke und Interpretation des emotionalen Zustands werden intelligente Roboter auf eine neue Ebene der Mensch-Maschine-Kommunikation anheben.

Erste Techniken, die auf Deep Learning basieren, sind bereits patentiert worden. Die KI-Technik Affdex zum Beispiel sammelt Videodaten von konventionellen Endgeräten (Laptop- und Smartphonekameras) und klassifiziert in Echtzeit die Gesichtsausdrücke der Nutzer. Die Algorithmen wurden mit der weltweit größten Emotionsdatenbank trainiert und bereits von Endkunden aus der Marktforschung eingesetzt, um Medieninhalte zu optimieren.

Quellen: Frost & Sullivan 2016a; Affectiva 2017

USE CASE

Serviceroboter im Gesundheitswesen – Roboter-Prothesenanzug Cyberdyne – HAL (Exoskelett)

Bei HAL handelt es sich um ein Exoskelett, welches entwickelt wurde, um die körperlichen Fähigkeiten zu erweitern und zu verbessern. Es ist ein Cyber-physisches System, das die Arme und Beine des Nutzers unterstützt. Die Steuerung von HAL erfolgt durch die Aufzeichnung und Auswertung von Nervensignalen, die entstehen, wenn ein Mensch seine Beine und Arme bewegen möchte. Ein im Zentrum befindlicher Intel Atom-Prozessor empfängt und interpretiert diese Signale und sendet sie als Daten zurück, wodurch die technischen Extremitäten zusammen mit den entsprechenden Körperteilen bewegt werden. Komplementiert wird diese Art der Steuerung durch das Abrufen von Bewegungsmustern, die im Vorfeld durch Bewegungssensoren dreidimensional aufgezeichnet worden sind. Dabei handelt es sich um feste Bewegungsabläufe, wie das Aufstehen von einem Stuhl und Treppensteigen. Sobald das System ein solches Muster erkennt, unterstützt es den Menschen bei dessen Ausführung. Durch die hohe

Genauigkeit der Bewegungssensoren und der Datenverarbeitung verschiedener Algorithmen, kann HAL ermitteln, in welchem Ausmaß der Nutzer seinen Körper bewegen bzw. nicht bewegen kann, was umfangreiche Schlüsse z. B. für weiterführende Therapien zulässt.

Abschließend unterstützt HAL durch erfolgreiches (gelerntes) Laufen zukünftige Versuche des Menschen zu laufen, da das System u. A. ein positives Feedback vermittelt. Durch diese Prozesse bietet es sich vor allem in der Rehabilitation (HAL Therapy) oder dem gezielten Training (HAL Fit) an.

KI-Kompetenz im Einsatz:

- ▮ Maschinelles Lernen

Quelle: Cyberdyne 2017

USE CASE FRAUNHOFER

SENEKA - mobiles Roboter-Sensor-Netzwerk für Katastrophenmanagement, Fraunhofer IOSB, IAIS, IIS, IPM und IPA

»Die Projektidee von SENEKA besteht darin, im Katastrophenfall den Einsatz- und Rettungskräften dynamisch vernetzbare Sensoren und Roboter zur Seite zu stellen, um dadurch die beiden für die Rettung von Menschenleben wichtigsten Phasen des Katastrophenmanagements – die Aufklärung des Katastrophenumfelds sowie die Suche nach Opfern und Gefahrenquellen – wesentlich zu verkürzen.

Der typische Ad-hoc-Charakter von Naturkatastrophen (Erdbeben, Tsunami etc.), Terroranschlägen und größeren Industrieunfällen (z. B. in Kernkraftwerken) macht eine situationsspezifische, schnelle und umfassende Aufklärung und Detektion von Opfern und Gefahrenquellen erforderlich, um Menschenleben retten zu können.

Als Sensorträger dienen drahtlos kommunizierende mobile Luft- und Landroboter (UAV, UGV), die verschiedene funktionsspezifische Sensoren zu Erkundungszwecken autonom bzw. teilautonom entlang von geplanten kollisionsfreien Bewegungstrajektorien durch das Gelände führen und an kritischen Orten zielgenau positionieren.«

KI-Kompetenzen im Einsatz:

- ▮ Kooperation durch Schwarmintelligenz
- ▮ Multisensorische Umwelterfassung
- ▮ Navigationsplanung
- ▮ Maschinelles Lernen

Quelle: Fraunhofer IOSB

3 AUTONOME TRANSPORTMITTEL

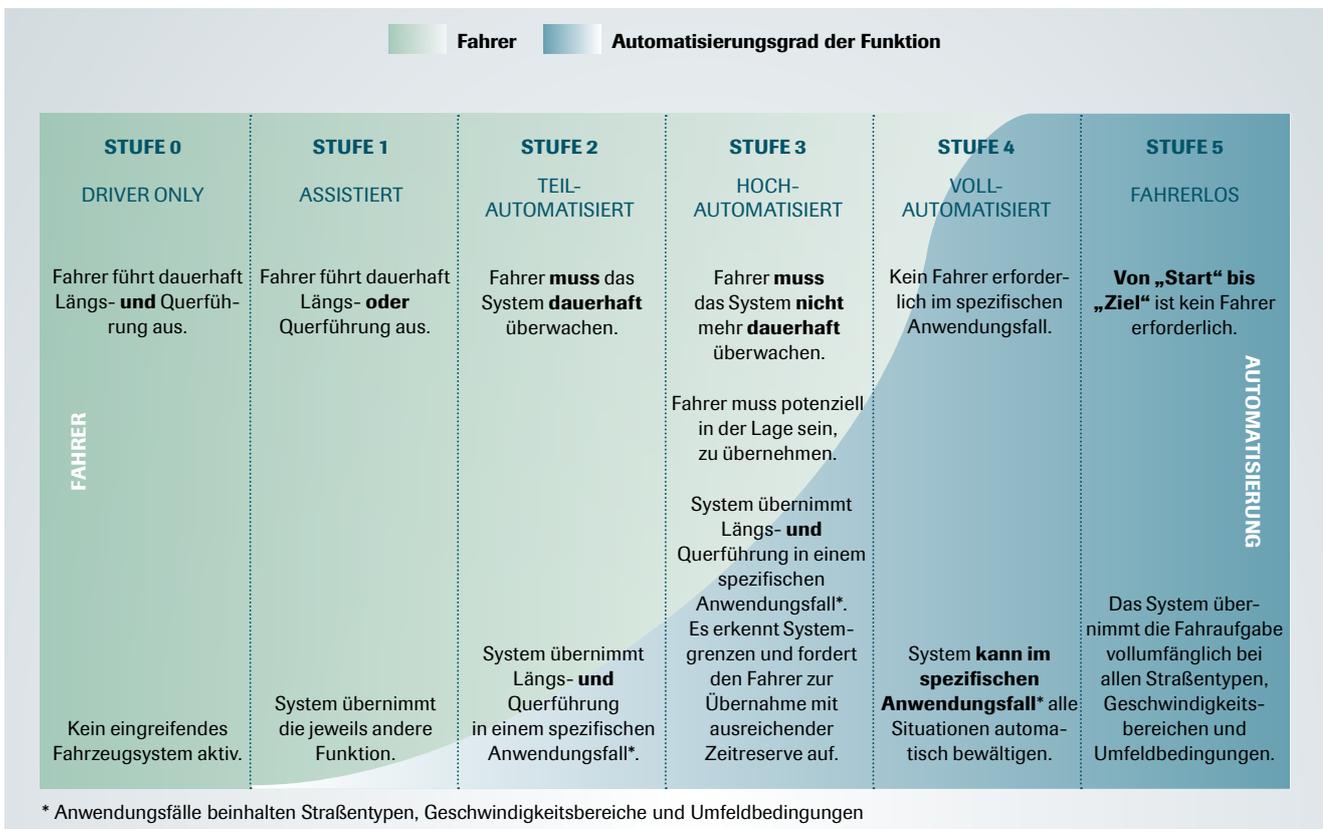
Das KI-System »Autonome Transportmittel« (AT) umfasst in diesem Teilkapitel Vehikel mit verschiedenen Graden der Automatisierung⁵⁶, die mit reduzierter oder gänzlich ohne menschliche Intervention navigieren bzw. operieren können.

Die Entwicklung von AT begann bereits in den 1920ern. Im Rahmen des Forschungsprojekts EUREKA PROMETHEUS fuhr 1995 das fahrerlose Fahrzeug VaMP mithilfe von Maschinellern 1758 km über die Autobahn von München nach Odense, Dänemark.⁵⁷ Mit dem Start des Alphabet Inc. Projekts »Google self-driving car project« in 2009 begann die Entwicklungszeit der modernen autonomen Fahrzeuge. In den darauffolgenden Jahren haben weltweit

Automobilhersteller und Technologieunternehmen wie Tesla, Google, NVIDIA, Uber, VW, Volvo und viele andere sich dem Wettlauf um das autonome Fahrzeug angeschlossen.

Aktuell werden sechs⁵⁸ Automatisierungsstufen unterschieden (Abbildung 9): Driver Only (Stufe 0) bis Fahrerlos (Stufe 5). Die grundlegenden Kriterien für diese Einteilung sind die aktive Einbindung des Fahrers, die Möglichkeiten der automatischen Übernahme der Längs- bzw. Querverführung (Kontrollfunktion) und das Verhalten des Fahrzeugs und die damit verbundenen Möglichkeiten, die während des Fahrens stattfindenden Prozesse eigenständig zu verarbeiten.

Abbildung 9: Stufen des autonomen Fahrens



Quelle: Verband der Automobilindustrie e.V. 2015

56 Bardt 2016, PwC Strategy& Germany 2016.

57 Dickmanns 2007.

58 Auf internationaler Ebene wird hauptsächlich die Klassifikation der Society of Automotive Engineers (SAE international) verwendet. Für den deutschen Markt ist die technische Klassifizierung der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) maßgeblich.

Autonomes Fahren wird durch diverse In-vehicle Technologien, Sensoren, Regelsysteme, Software, Navigationsdaten, GPS und drahtlose Datenkommunikation ermöglicht. Mithilfe der Sensoren (z.B. Kameras, LiDAR, Radar, Ultraschall) erhalten autonome Fahrzeuge in Echtzeit zahlreiche komplexe und unstrukturierte Signale aus der Umgebung, aber auch von den internen Systemen. Darüber hinaus empfangen sie weitere Daten wie z. B. Navigations- und Verkehrsinformationen oder Signale von anderen Fahrzeugen und der Umgebung. Die erfassten Informationen werden analysiert und die verschiedenen Systeme im Fahrzeug werden entsprechend gesteuert.⁵⁹ Besondere Herausforderungen stellen hohe Fahrgeschwindigkeiten und sich stets verändernde komplexe Umgebungen dar: Beim Fahren müssen extrem große Mengen von Daten verarbeitet und schnell zahlreiche Verhaltensentscheidungen getroffen und ausgeführt werden. Künstliche Intelligenz und im speziellen Maschinelles Lernen können passende Lösungsansätze für das Ersetzen der menschlichen Fähigkeiten im System »Fahrer – Fahrzeug – Umwelt« bieten.⁶⁰

In der Hype-Cycle Studie von 2016 ordnete Gartner⁶¹ den Markt für intelligente AT der Kategorie »embryonal« zu: Während für die ersten Automatisierungsstufen bereits marktfähige Produkte existieren, steht teil-, hoch- und vollautomatisiertes Fahren im aktuellen Fokus der Forschung und Entwicklung. Die volle Autonomie, bei der das Fahrzeug »vollumfänglich auf allen Straßentypen, in allen Geschwindigkeitsbereichen und unter allen Umfeldbedingungen die Fahraufgabe vollständig allein durchführen« kann, wird aktuellen Einschätzungen zufolge gegen 2025 erreicht.⁶²

Intelligente autonome Transportmittel werden in vielen Branchen entwickelt. Sowohl Personen- als auch Nutzfahrzeuge mit verschiedenen Graden der Autonomie sollen in naher Zukunft auf den Autobahnen, aber auch auf Betriebsgeländen, auf dem Feld, in der Luft und auf dem Wasser zu finden sein. Die Vorreiterrolle gehört jedoch der Automobilindustrie, die sich einen hohen Nutzen der Automatisierung im Bereich LKW und PKW verspricht und mit großem Investitionspotenzial den technologischen Fortschritt ermöglicht. Weitere

bedeutende Anwendungsbranchen für autonome Fahrzeuge und Drohen sind beispielsweise Land- und Forstwirtschaft (Precision Agriculture und Smart Farming), Logistik (Logistics as a Service LAAS), industrielle Produktion, Konsumelektronik und Bergbau (vgl. Übersicht der Anwendungsbeispiele in Kapitel 7). In diesem Kapitel werden die Marktentwicklungen und -trends und Anwendungsbeispiele aus der Automobilindustrie näher betrachtet.

3.1 Marktsegmentierung und Trends

Autonomes Fahren ist einer der primären Trends der Mobilität und ein Zukunftsmarkt mit enormem Entwicklungspotential.⁶³ Der globale Markt für teilautonome Fahrzeuge soll 2025, aktuellen Schätzungen zufolge, USD 36 Mrd., und für fahrerlose (autonome) Fahrzeuge USD 8 Mrd.⁶⁴ erreichen. Zwischen 2014 und 2035 wird in der weltweiten Produktion von voll- und teilautomatisierten Fahrzeugen ein Sprung von 0,6 Mio. auf 10 Mio. Stück bei Premiumfahrzeugen und bei Volumenfahrzeugen von 0 auf 38 Mio. Stück erwartet⁶⁵. Entsprechend werden sich Märkte für neue Hard- und Softwareentwicklungen auftun. Bis zum Jahr 2030 wird hier das Marktpotenzial für Hardware auf USD 40 Mrd. und für Software auf USD 20 Mrd. prognostiziert. Den Einschätzungen von Marktforscher IHS⁶⁶ zufolge wird die Anzahl von neuen Fahrzeugen mit den auf intelligenten Algorithmen (insbesondere Deep Learning) basierenden Komponenten von 10 Mio. Stück in 2015 auf 58 Mio. Stück in 2025 steigen. Ein Großteil dieser Anwendungen wird zum einen in dem Marktbereich der Infotainment- und Navigationssysteme und zum anderen in Fahrerassistenz- und Sicherheitssystemen liegen.

Unternehmen aus den USA, Westeuropa (Deutschland, UK und Schweden) und Asien gelten als stärkste Player. Die Mehrheit der weltweiten Patentanmeldungen zum autonomen Fahren zwischen 2010 bis 2016 gehört den deutschen Unternehmen (Bosch, Audi, Continental), gefolgt von USA (General Motors, Google, Ford) und Japan (Toyota).⁶⁷ Aus den USA stammen dabei die Mehrheit der Start-ups, Pilotprojekte und qualifizierten Fachkräfte.⁶⁸

59 KPMG 2016.

60 Maurer et al. 2015, S.466.

61 Gartner 2016a.

62 BITKOM 2016.

63 acatech 2016, S.10.

64 Statista 2016d.

65 Statista 2016d.

66 IHS Technology 2016.

67 Statista 2016d.

68 Frost & Sullivan 2016b.

Der disruptive Charakter neuer Technologien macht sich insbesondere bei den Akteursstrukturen bemerkbar. Grenzen einzelner Branchen weichen für neue Wettbewerber auf: Hard- und Softwareanbieter übertragen ihre Technologien auf die Automobilbranche bzw. gründen neue Unternehmen mit Fokus auf konkrete neue Anwendungen in Fahrzeugen.⁶⁹ Es wird angenommen, dass bis 2025 Technologieunternehmen wie Google, NVIDIA, HERE, QNX und Intel auf diesem Markt dominieren werden. Für die Entwicklung autonomer Fahrsysteme entstehen neue strategische Partnerschaften. So arbeiten Tesla Motors und NVIDIA an verschiedenen Komponenten für autonome Fahrzeuge zusammen, und die chinesische Volvo Car Group stellt in Kollaboration mit dem Dienstleistungsunternehmen Uber Technologies Inc. selbstfahrende Taxibotoper her. Im Sommer 2016 gründeten Delphi Automotive Plc,⁷⁰ Mobileye N.V., Intel Corporation und Ottomatika Inc. eine Kooperation, um Systeme für selbstfahrende Autos im niedrigen Preissegment zu entwickeln, die bereits 2019 auf dem Markt verfügbar sein sollen. BMW schloss sich ebenfalls dieser Partnerschaft an.⁷¹ Ein halbes Jahr später hat Intel die Übernahme des israelischen Sensorherstellers und Start-ups Mobileye für USD 15,3 Mrd.⁷² angekündigt. Auch die Erstausrüster, sogenannte Original Equipment Manufacturer, OEMs, darunter insbesondere Hyundai, Toyota und Volkswagen werden – nach Erwartungen der Marktanalytiker – in die Entwicklung intelligenter autonomer Fahrzeuge massiv investieren.⁷³

Die Übernahme verschiedener Funktionen des Fahrers durch technische Systeme verspricht zahlreiche Vorteile – etwa hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit, Sicherheit, Arbeitsentlastung für den Fahrenden, Komfortgewinn und Umweltfreundlichkeit. Als Anforderungen für die erfolgreiche Durchsetzung der AT werden Faktoren wie versicherungstechnische und rechtliche Rahmenbedingungen (speziell hinsichtlich der Datennutzung), Entwicklung der Kommunikationsinfrastruktur, Softwarevalidierung und Verfügbarkeit von Trainingsdaten, Sicherheit vor Cyberangriffen, insbesondere aber die gesellschaftliche Akzeptanz genannt. Während die Akzeptanz gegenüber der Personenbeförderung in autonomen oder fahrerlosen Fahrzeugen in Europa noch relativ gering ist, gewinnen kommerzielle Anwendungen von AT z. B. für den Gütertransport immer mehr Anerkennung. In beiden Fällen wird der Bedarf an »zuverlässiger Software (Künstlicher Intelligenz) [...], die auf alle Eventualitäten reagieren kann – insbesondere dort, wo Menschen und Tiere auf den Straßen unterwegs sind«, als sehr hoch eingeschätzt.⁷⁴

3.1.1 Infotainment- und Navigationssysteme

Ein **Infotainmentsystem** (In-Vehicle-Infotainment (IVI)) im Fahrzeug ist ein zentrales Anzeige- und Bedienteil, über das sämtliche Funktionen des Fahrzeugs gesteuert werden können.⁷⁵ Im Vordergrund steht dabei der erhöhte Erlebnisfaktor für den Fahrer und die Passagiere, bei guter

Tabelle 3: Anbieter im Bereich intelligentes autonomes Fahren⁷⁶

Unternehmen und Start-ups	Tesla, Bosch, Ford, GM, Renault-Nissan Alliance, Daimler, Volkswagen Group, BMW, Google Waymo, Volvo/Autoliv/Zenuity, Hyundai Motor Group, Audi, Toyota, Delphi Automotive, Cisco Systems, Baidu, Intel, Apple, NVIDIA; think, AT&T Quanergy, AdasWork, Five AI, Brain4Cars, DriveAI, Mobileye, Civil Maps, Preferred Networks
Forschung in Europa	Universita luav Di Venezia (ITA), Universiteit Gent (BEL); Deutschland: Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Ingenieure Marquardt & Binnebesel, Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Max-Planck-Gesellschaft zur Foerderung der Wissenschaften e.V., Silicon Radar GmbH, Universität des Saarlandes, Varta Microbattery GmbH

69 PwC Strategy& Germany 2016.
 70 The New York Times 2016.
 71 BMW Group 2016.
 72 Handelsblatt 2017.
 73 Frost & Sullivan 2016b.
 74 European Commission 2015.
 75 Volkswagen 2017.
 76 Eigene Berechnung, Open Data Portal der EU.

Bedienbarkeit und minimaler Ablenkung des Fahrers. Eine große Rolle spielen die strukturierten Visualisierungen von Fahrerinformationen. Eine weitere Funktion ist die Individualisierbarkeit von Nutzerprofilen im Fahrzeug z. B. je nach Körpergröße des Fahrers, persönlichen Präferenzen oder aktueller Stimmung (vgl. Infokasten »Emotionserkennung und -analyse mit KI«, Kapitel 2.1.2).

Der Markt für entsprechende Dienste kann wie folgt strukturiert werden:⁷⁷

- **Unterhaltung:** Sämtliche Dienste verbunden mit Streaming-Angeboten (Audio und Video), kostenpflichtige Unterhaltungssoftware, WLAN-Hotspot-Integration im Auto
- **Komfortdienste:** Fernsteuerung oder Lokalisierung des Fahrzeugs, Produktivitätsdienste (z. B. E-Mail), Smartphone-Integration
- **Advanced Navigation:** z. B. Hochpräzise HD-Karten mit regulären Aktualisierungen, inkl. Staubenachrichtigung, Verkehrsinformationen in Echtzeit, Routenoptimierung

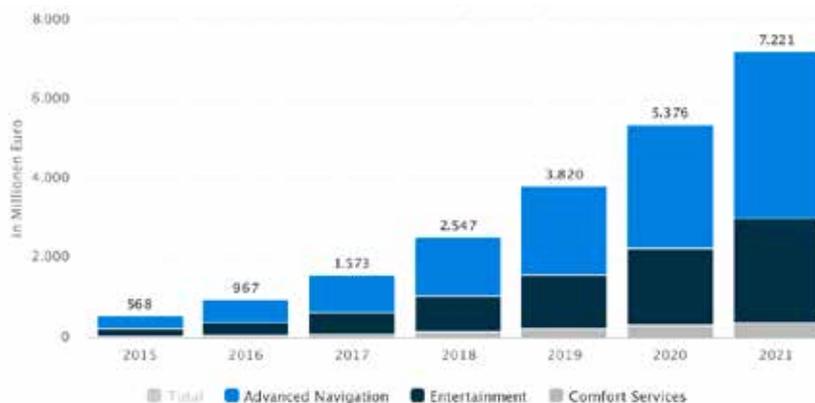
Der weltweite Umsatz von »Infotainment Services«⁷⁸ soll der aktuellen Einschätzungen zufolge 2017 etwa 1573 Mio. Euro betragen. Es wird davon ausgegangen, dass bei einer Fortsetzung des aktuellen Trends 2021 ein Marktvolumen von 7221 Mio. Euro erreicht wird. Das größte Segment auf diesem Markt ist »Advanced Navigation« mit einem geschätzten Volumen von 939 Mio. Euro in 2017. Im weltweiten Vergleich zeigt sich, dass der größte Umsatz in den USA generiert wird (687 Mio. Euro in 2017). Auf dem deutschen Markt soll der

erwartete Umsatz für »Infotainment Services« 2017 etwa 175 Mio. Euro betragen. Laut Prognosen wird im Jahr 2021 ein Marktvolumen von 845 Mio. Euro erreicht. Das größte Marktsegment wird dabei »Advanced Navigation« sein, mit einem Volumen von 102 Mio. Euro in 2017.⁷⁹

Unter den KI-Anwendungen in Infotainment-Systemen dominieren die **Sprach- und Gestenerkennung** (inklusive Handschrifterkennung), Eye-Tracking und Fahrerbeobachtung. Mithilfe von Spracherkennung, trainiert mit **Deep Learning**, können die Systeme besser syntaktisch ausgeformte mündliche Befehle, beispielsweise aus dem Redefluss, verstehen und verarbeiten. Mithilfe von Gestenerkennung und mathematischen Algorithmen können elektronische Geräte über interaktive Displays Steuerungsbefehle interpretieren. Systeme, die Präferenzen und Gewohnheiten ihrer Nutzer erlernen, werden bereits für 2018 erwartet.

Eine potenzielle Anwendung für **Deep Learning** und **Schwarmintelligenz** in **Navigationsystemen** ist die Entwicklung von besonders präzisen Karten (Highly automated driving (HAD) maps), die eine Genauigkeit bis zu fünf cm erreichen. Ihre Verfügbarkeit wird von Frost & Sullivan für 2018 prognostiziert. Die ersten Produkte werden bereits angeboten, z. B. von Mercedes-Benz oder Here und Mobileye.⁸⁰ Bis 2022 sollen diese Karten die herkömmlichen Navigationssysteme ersetzen. Als Beispiel intelligenter Infotainmentsysteme können unter anderem das Audi-Projekt PIA, die Kombination von GM Assistenten Onstar mit IBM Watson⁸¹ oder Dragondrive von Nuance genannt werden.

Abbildung 10: Umsatz Infotainment Services



Quelle: Statista 2016b

77 Statista 2016b.
 78 Statista 2016b.
 79 Statista 2016b.
 80 Bonetti 2016.
 81 General Motors 2016.

SIMULTANE LOKALISIERUNG UND KARTENERSTELLUNG MIT DEEP LEARNING

Eine der grundlegenden Eigenschaften eines autonomen Systems ist die Fähigkeit, sich in seiner Umgebung sicher zu bewegen, also zu wissen, wie seine Umgebung aussieht und darin seine eigene Position zu kennen. Verfügt er über eine Karte der Umgebung, kann er seine Position mittels verschiedener Sensoren ermitteln. Kennt er seine absolute Position, kann er in Bezug auf seine Koordinaten weitere Gegenstände ermitteln und somit selbstständig eine Karte der Umgebung aufbauen. Wenn weder eine Karte noch die absolute Position bekannt sind, müssen diese parallel geschätzt werden – die sogenannte simultane

Lokalisierung und Kartenerstellung (Simultaneous Localization and Mapping, SLAM). Diese Technologie ermöglicht es z. B. autonomen Staubsaugern, beim Putzen ein komplettes 3D-Modell vom Haus zu erstellen und somit zukünftig effizienter vorzugehen. Bei dem diesbezüglich erforderlichen Maschinellen Sehen und der Echtzeit-Entscheidungsfindung leisten Fortschritte im Bereich Deep Learning einen großen Beitrag. Unter anderem forscht das BAIDU Institute of Deep Learning in diesem Bereich.

Quellen: Stanford University 2016; Frost & Sullivan 2015

3.1.2 Fahrerassistenz- und Sicherheitssysteme (FAS)

Der Definition vom Verband der Automobilindustrie (VDA) zufolge stellen **Fahrerassistenzsysteme** (advanced driver assistance systems (ADASs)) »in das Kraftfahrzeug integrierte elektronische Systeme dar. Sie unterstützen den Autofahrer bei seiner Fahraufgabe, indem sie informieren, warnen und – falls dafür ausgelegt – aktiv regelnd ins Fahrgeschehen eingreifen. Der Fahrzeugführer muss das System bewusst aktivieren bzw. deaktivieren. Fahrerassistenzsysteme können aber jederzeit vom Fahrzeugführer übersteuert werden. Diese Systeme sind infolge verbesserter Umgebungserfassung und Situationsanalyse heute zunehmend leistungsfähiger – ein höherer Grad der Automatisierung der Assistenzfunktionen ist möglich.«⁸²

Die ersten FAS kamen um 2000 auf den Markt und entwickelten sich schnell von diskreten Warn- und Assistenzfunktionen zu intelligenten, integrierten und vernetzten Systemen. Bei einigen Anbietern werden sie durch Fahrsicherheitssysteme (emergency intervention systems (AEISs)) ergänzt. Das globale Marktvolumen für Fahrerassistenzsysteme betrug laut Roland Berger⁸³ 2015 etwa 6,1 Mrd. EUR, und soll 2025 etwa 27,5 Mrd. EUR erreichen. Es wird erwartet, dass bis 2025 das Segment »Adaptive Geschwindigkeitsregelungssysteme« mit 15,3 Mrd. EUR das höchste Marktvolumen unter den

ADAS-Systemen haben wird, gefolgt von der Spurwechselassistent (3,9 Mrd. EUR), den Parkassistenzsystemen (3,8 Mrd. EUR), der Fahrerzustandserkennung (2,6 Mrd. EUR) und der Spurhalteassistent (0,7 Mrd. EUR).

Die Fahrerassistenzsysteme werden sowohl für den PKW- als auch für den LKW-Markt entwickelt und sind eine wichtige Voraussetzung der Hochautomatisierung (Stufe 3).⁸⁴ Es werden zum einen die grundlegenden Fahrfunktionen wie Spurhaltung und -wechsel, Bremsverhalten, Geschwindigkeitssteuerung sowie das Fahren in Kontexten unterschiedlicher Komplexität, wie Fahren im Stau, auf der Autobahn und in der Stadt unterstützt. Neben der Verkehrssicherheit und Kraftstoffeffizienz sollen FAS insbesondere den Komfort und die Produktivität des Fahrers verbessern.⁸⁵

Viele FAS werden zunehmend mithilfe intelligenter Algorithmen umgesetzt: **Schwarmintelligenz**, **Maschinelles Sehen** (kamerabasiert), **Erfassung/Schließen** (radar- und sensorbasiert) und **Maschinelles Lernen** unterstützen die automatisierte Steuerung von Fahrzeugen. Die Hersteller arbeiten nicht nur an der Entwicklung einzelner Funktionen (Nachtsichtsystem von Guid, Spurverlassassistent von Mobileye), es werden auch bereits komplette Lösungen in modernen Fahrzeugen angeboten: Das FAS im Audi Q7 deep learning concept basiert auf dem KI-Autocomputer NVIDIA Drive PX.

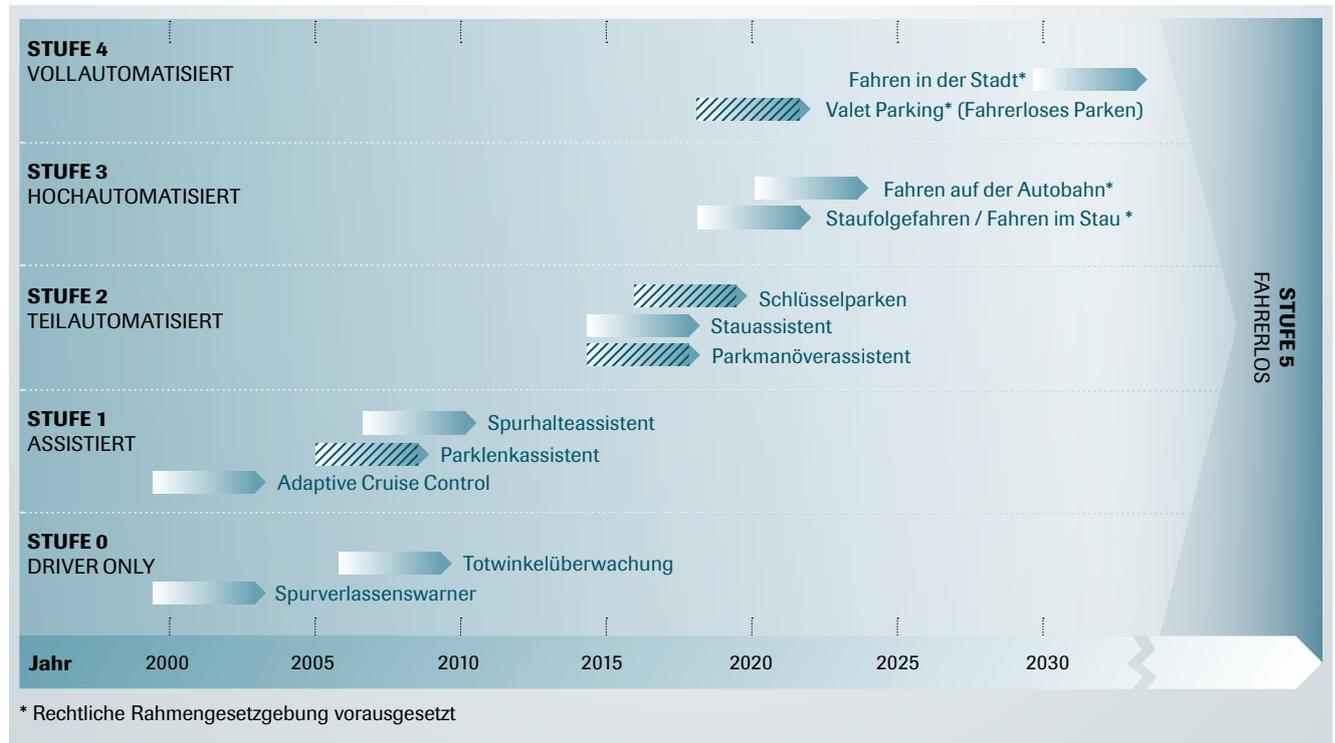
82 Verband der Automobilindustrie e.V. 2015.

83 Statista 2017.

84 Fraunhofer IAO 2015; International Transport Forum 2015.

85 International Transport Forum 2015.

Abbildung 11: Einführung automatisierter Fahr- und Parkfunktionen



Quelle: Verband der Automobilindustrie e.V. 2015

USE CASE

Aktionserkennung und -prädiktion - Brain4Cars

Fahrerassistenzsysteme bereiten die Fahrzeuge auf unsichere Straßenverhältnisse vor und warnen den Fahrer, wenn er gefährliche Manöver vornimmt. Viele Unfälle können jedoch nicht vermieden werden, da die Warnung zu spät kommt. Forscher aus den USA haben in einem Projekt eine Deep-Learning-Architektur entwickelt, die auf rekurrenten neuronalen Netzen basiert. Ziel dieses Systems ist das Voraussehen von Fahrmanövern vor ihrem Auftreten. Damit kann z. B. erkannt werden, dass der Fahrer in einigen Sekunden die Spur verlassen wird oder an der Kreuzung abbiegt. Die Fahrzeuge werden mit Kameras im inneren und äußeren Bereich ausgestattet, um den Fahrkontext zu erfassen und zu analysieren. Der Algorithmus

verwendet außerdem die Daten von Fahrdynamik, GPS und Straßenkarten. Damit gelingt es, die kommenden Fahraktionen in 80 Prozent der Fälle 3,5 Sekunden vor dem Eintreten zu identifizieren. Das Fahrerassistenzsystem erhält den notwendigen Zeitvorsprung, um entsprechende Verhaltensentscheidungen zu treffen, sich auf die Gefahrensituationen vorzubereiten bzw. sie zu vermeiden.

KI-Kompetenzen im Einsatz:

- Deep Learning
- Mensch-Maschine Interaktion

Quelle: Brain4Cars 2016

USE CASE FRAUNHOFER

AutoConstruct - Erkennung von Straßenverkehrszeichen, Fraunhofer IAIS

»Autonome Fahrzeuge müssen Verkehrszeichen zuverlässig erkennen können. Bestehende Systeme haben jedoch Probleme, Schilder mit dynamischen Informationen zu verstehen – etwa solche mit Hinweisen auf die aktuelle Verkehrslage. Der Ansatz des Fraunhofer IAIS ermöglicht es einem System, auch Schilder dieser Art mit hoher Treffsicherheit zu ‚lesen‘. Die Informationen werden

semantisch verarbeitet, inhaltlich verstanden und zur weiteren Verarbeitung verfügbar gemacht.«

KI-Kompetenzen im Einsatz:

- ▮ Bild- und Texterkennung
- ▮ Erkennen und Interpretieren von Verkehrs- und Hinweisschildern

Quelle: Fraunhofer IAIS 2017b

USE CASE FRAUNHOFER

AutoKontext - Kontexterkenkung im Automobil, Fraunhofer IAIS

»Wearables, GPS und CAN-Bus liefern Daten aus dem Auto, die die Autoindustrie für neue, datengetriebene Services nutzen möchte. Ein besonderer Fokus liegt auf einem präzisen Verständnis des Fahrerzustandes. Dazu gilt es, latente, übergeordnete Fahrsituationen zu erkennen und ihren Einfluss auf den Fahrer abzuschätzen.«

KI-Kompetenzen im Einsatz:

- ▮ Maschinelles Lernen zur situativen Stressprognose
- ▮ Interpretation von Biovitaldaten
- ▮ Sensordatenfusion zur Kontexterkenkung

Quelle: Fraunhofer IAIS 2017a

4 SMARTE GERÄTE, ANLAGEN UND UMGEBUNGEN

Neben den autonomen Robotern und Transportmitteln ist ein dritter großer KI-Anwendungsbereich hervorzuheben, der mit physischen, materiellen Trägern verbunden ist: die smarten Geräte, Anlagen und Umgebungen. Diese werden in der industriellen Fertigung eingesetzt und stehen im Mittelpunkt der smarten Fabrik. Die diesbezüglichen Aufgaben der KI sind mit der Prozessüberwachung und der Unterstützung von Management und Steuerung verbunden. Im nicht-industriellen Umfeld erleichtert KI die Benutzung smarter Geräte oder erweitert ihre Funktionalität durch Vernetzung. Im Privatbereich findet man smarte Geräte, z. B. zur intelligenten Gebäudesteuerung (smart home, smart house) und als verschiedene Wearables (smart watch, health and fitness tracker). Darüber hinaus zählen sowohl ganzheitliche Lösungen wie die intelligente Ampelschaltung, das intelligente Stromnetz (smart grid) als auch das vorausschauende Verkehrsmanagement in der intelligenten Stadt (smart city) dazu. Im Mittelpunkt der smarten Geräte und Anlagen stehen die echtzeitfähige intelligente Vernetzung und der Datenaustausch zwischen Geräten und Menschen.

4.1 Marktsegmentierung und Trends

4.1.1 Das industrielle Umfeld

Im industriellen Umfeld ist die Verknüpfung physischer und digitaler Prozesse mit dem Begriff Industrie 4.0 verbunden und basiert auf Technikbereichen wie Sensorik, Auto-ID-Techniken, Robotik, Automatisierung, IT-Systemtechnik, Virtualisierungs- und Simulationstechniken, Datenanalyse, Big Data, Internettechniken und Cloud Computing.⁸⁶ Die sogenannten smarten Fabriken der Zukunft können als ein **Netzwerk intelligenter Objekte** verstanden werden, die nicht nur fabrikintern und extern mit dem Internet **vernetzt** sind, sondern produktionsbezogene Daten oder Kontextdaten **erfassen und analysieren** und situationsbezogene

Dienstleistungen anbieten können.⁸⁷ Die Voraussetzungen der Infrastruktur in den modernen Fabriken – Cloud Computing, Internet der Dinge, Big Data – und eine Reihe KI-getriebener technologischer Fortschritte wie etwa das Maschinelle Lernen, die natürliche Sprachverarbeitung und Bilderkennung ermöglichen den Einzug neuartiger **Kognitiver Maschinen**, die eine immense Produktivitätssteigerung generieren sollen.⁸⁸

In der Fabrik der Zukunft finden darüber hinaus **intelligente Informations- und Assistenzsysteme** Einsatz, die die Arbeit im Produktionsbereich nutzerfreundlicher und effizienter machen. Das sind beispielsweise intelligente Benutzungsoberflächen, die sich an den Nutzer anpassen, oder intelligente Datenbrillen mit Augmented-Reality-Anwendungen, die bei verschiedenen Produktionsschritten visuelle Unterstützung bieten.⁸⁹ KI spielt eine wichtige Rolle bei der Entwicklung derartiger **individualisierter Mensch-Maschine-Schnittstellen**. Eine optimale Anwendung zur Mensch-Maschine-Interaktion soll durch die Interaktion mit dem Nutzer und dem Umfeld lernen – über Instruktion oder Beobachtung – und Wissen über den Nutzer, das Umfeld und die Interaktion sammeln und austauschen können.⁹⁰ Eine Echtzeitauswertung der gesammelten Daten kann für die **effiziente Produktionssteuerung** genutzt werden.

Ein großes Versprechen der KI im Produktionsbereich ist die sogenannte **Industrielle Analyse** (industrial analytics). Darunter wird die Sammlung, Analyse und Nutzung von Daten verstanden, die im Laufe der industriellen Fertigung oder des gesamten Produktlebenszyklus entstehen.⁹¹ Sie wird erst durch die verbesserte Konnektivität der Anlagen und Produkte (Internet der Dinge) ermöglicht und von Fortschritten im Bereich des Maschinellen Lernens aufgewertet. Die effektive Nutzung der von Sensoren erfassten Daten würde KI-Potenziale entlang der ganzen Produktionskette eröffnen – von der Konstruktion, über die Logistik und Produktion bis hin zum Reengineering.⁹²

86 Bertenrath 2016, S. 3.

87 Wahlster 2014, S. 10.

88 Neef 2016, S. 3.

89 acatech 2016.

90 acatech 2016.

91 IOT Analytics 2016, S. 14.

92 Vgl. VDMA 2016, S. 5.

Dabei kann die **Nutzung der Daten zeitversetzt oder in Echtzeit** erfolgen. Ein Beispiel für die zeitunabhängige Sammlung und Nutzung von Daten wäre der Einsatz während der Produktnutzungsphase gesammelter Daten später in der Produktentwicklung.⁹³ Die sogenannte **Echtzeitintelligenz** hingegen ist die Basis für die digitale Fabrik der Zukunft, wo smarte und vernetzte Objekte auf allen Ebenen von Produktion und Logistik jederzeit den aktuellen Stand aller Prozesse abbilden und eine flexible bedarfsgetriebene autonome Steuerung von Produktionsprozessen ermöglichen.⁹⁴ Die neuartigen Analysefähigkeiten sollen künftig sogar dazu beitragen, datengetriebene Vorhersagen zu treffen und Prozesse und Verhalten vorausschauend anzupassen.⁹⁵ Vorausschauende Wartung - **Predictive Maintenance** und **Prescriptive Maintenance** gehören zu den wichtigsten Anwendungen der industriellen Analyse.

Während das Versprechen der Industrie 4.0 hauptsächlich mit der intelligenten Fabrik verbunden wird, haben **intelligente Produkte und Dienstleistungen** ebenso eine große

wirtschaftliche Relevanz.⁹⁶ Darunter versteht man »intelligente mechatronische Systeme mit einer Kommunikationsfähigkeit (Cyber-Physische Systeme) [...], die zusätzlich digitale Services (smarte Services) beinhalten.«⁹⁷ Intelligente Dienstleistungen können entweder als Software im Produkt eingebettet werden oder in der Cloud mit dem Produkt vernetzt sein. Ihre Rolle kann sich von der Authentifizierungssicherheit über Monitoring und Ferndiagnose bis hin zur Auswertung, Analyse und Prognose großer Mengen an produktbezogenen und Produktnutzungsdaten erstrecken.⁹⁸ Die Fahrzeuge (vgl. Kapitel 3), die heutzutage hergestellt werden, können beispielsweise als intelligente Produkte betrachtet werden, weil sie mit verschiedensten Sensoren ausgestattet sind und riesige Datenmengen sammeln, die vom Hersteller aggregiert, ausgewertet und zur Verbesserung von technischen und Software-Komponenten genutzt werden. So sammelt Tesla Nutzungsdaten aus der gesamten Fahrzeugflotte und nutzt diese, um den Autopiloten aller Fahrzeuge per Software-Update zu verbessern. In Rahmen dieses sogenannten Flottenlernens gilt also: Je intensiver ein Produkt genutzt wird, desto besser wird es.⁹⁹

WIE SMARTE GERÄTE UND INTELLIGENTE PRODUKTE LERNEN

In der Anwendungsphase können sich zwei Arten von Lernen vollziehen: das Kontextlernen und das Flottenlernen. Das Kontextlernen bezieht sich auf die Anpassung des Geräts an den Nutzer und die Umgebung, z. B. die Fähigkeit, Sprachkommandos einer vertrauten Stimme besser zu verstehen. Das Flottenlernen wird durch die zentrale Sammlung, Aggregation und Auswertung

größtmöglicher Mengen an Kundennutzungsdaten ermöglicht. Auf dieser Basis wird z. B. die Autopilotfunktion der Tesla-Fahrzeuge per Softwareupdates optimiert und die Softwarekomponente grundsätzlich im Vergleich zur Hardwarekomponente im Produkt aufgewertet.

Quelle: Neef 2016

93 Vgl. VDMA 2016, S. 24.

94 Vgl. Neef 2016, S. 6.

95 Vgl. Neef 2016, S. 6-7.

96 Vgl. IOT Analytics 2016.

97 Abramovici/Herzog 2016, S. 7.

98 Abramovici/Herzog 2016, S. 21f.

99 Neef 2016, S. 4f.

KÜNSTLICHE INTELLIGENZ IN DER SMARTEN FABRIK AM BEISPIEL DER MODULAREN MONTAGE BEI AUDI

Über 100 Jahren nach Einführung der Fließbandproduktion durch Henry Ford, die dank einer immensen Produktivitätssteigerung das Auto für die Mittelschicht erschwinglich machte und eine regelrechte Revolution, zunächst im Automobilbau und schließlich in allen Produktionsbereichen auslöste, konnte die sequenzielle Produktion nun überholt und abgeschafft werden – dank einer Reihe disruptiver Technologien, unter anderem der Künstlichen Intelligenz. Ein Pionier in diesem Bereich ist das Start-up Arculus, der zusammen mit Audi das neue Konzept der Modularen Montage in einem ungarischen Motorenwerk in Győr testet.

Die Fließbandproduktion stößt an ihre Grenzen, wenn die Produktvielfalt steigen muss und dadurch die Produktionsabläufe nicht mehr identisch bleiben können. Die anspruchsvollen Kundenerwartungen und der Wunsch nach individuell ausgestatteten Produkten schaffen neue Marktanforderungen und erhöhen die Komplexität der Produktpalette und der Produktionsprozesse – mit diesem Trend hat nicht nur die Automobilproduktion zu kämpfen. Die sequenzielle Produktion am Fließband, mit ihren genau getakteten Abläufen, erweist sich als zu starr für den Bedarf, einerseits hochflexibel andererseits aber effizient zu fertigen. Arculus' Antwort darauf ist eine neue Produktionsorganisation und -steuerung, die auf Künstlicher Intelligenz, Big Data, Autonomen Transportsystemen und Robotik basiert. Die sogenannte Modulare Montage

baut auf kleine, separate Arbeitsstationen, zwischen denen fahrerlose Transportsysteme die sich in Bearbeitung befindlichen Karosserien und den benötigten Bauteilen und Werkzeugen transportieren.

Da es viele Montageschritte gibt, die in beliebiger Reihenfolge ausgeführt werden können, ist die Steuerung der parallel laufenden Produktionsprozesse das Herzstück des neuen Produktionsparadigmas. Die optimale Auslastung der Arbeitsstationen bei höchstmöglichem Produktionsoutput unter Beachtung der Lieferfristen wird einem zentralen Rechner anvertraut. Er kennt den Stand der Produktion zu jeder Zeit und in jedem Detail, er weiß, in welchem Baustatus die einzelnen Autos sind, welche Stationen welche Teile wann benötigen und wie sie sie erhalten. Dank Künstlicher Intelligenz kann er hochflexibel entscheiden, wie er am besten die Werkstückträger navigiert und wie lange die Karosserien an jeder von Mitarbeitern und Robotern besetzten Arbeitsstation verbleiben sollen. Die Vernetzung der Smarten Anlagen, die Sammlung und Analyse immenser Datenmengen und die autonome Entscheidungsfindung in Echtzeit sind die technischen Voraussetzungen der womöglich nächsten Industriellen Revolution in den smarten Fabriken der Zukunft. Der Pionier Audi verspricht sich eine Produktivitätssteigerung von mindestens 20 Prozent.

*Quellen: Winterhagen 2016; Köbler 2017;
Audi AG 2017, arculus GmbH 2017;*

Das Marktpotenzial, das sich aus der Anwendung der KI im industriellen Umfeld ergibt, ist schwer abzuschätzen, da vermutlich nur die Spitze des Eisberges sichtbar ist. Die antizipierte steigende Bedeutung dieser Ansätze in der Produktion lässt sich beispielsweise durch folgende Experteneinschätzungen illustrieren:

- Der Einsatz kognitiver Maschinen verspricht eine Produktivitätssteigerung von bis zu 40 Prozent.¹⁰⁰
- Eine aktuelle Befragung von über 150 Experten und Entscheidungsträgern in der Industrie ergab, dass zunächst 10 Prozent der Befragten überzeugt sind, dass der Einsatz von Industrial Analytics bereits heute entscheidend für ihren Geschäftserfolg ist, 69 Prozent hingegen glauben, dass es in fünf Jahren soweit sein wird.¹⁰¹ Der ökonomische Nutzen der industriellen Analyse wird in der Generierung zusätzlicher Einnahmen gesehen (33 Prozent der Befragten) und in der erhöhten Kundenzufriedenheit dank besserer und individualisierter Dienstleistungen (22 Prozent).¹⁰²
- Die Modulare Montage, ein neues, KI-basiertes Montagekonzept, soll eine Produktivitätssteigerung von mindestens 20 Prozent induzieren.

Insoweit wie die KI eng mit dem Konzept der Fabrik der Zukunft und der Industrie 4.0 verbunden ist, kann von einer hohen wirtschaftlichen und förderpolitischen Relevanz ausgegangen werden. Sowohl eine genaue Gewichtung der oben genannten Anwendungsfälle der KI in der industriellen Fertigung als auch eine belastbare Prognose über ihre zukünftige Marktentwicklung lassen sich anhand der einschlägigen Sekundärliteratur nicht vornehmen. Gleichwohl ist es wichtig, die Voraussetzungen und Rahmenbedingungen zu kennen, die für eine Verbreitung der vielversprechenden Technik in der industriellen Fertigung wichtig sind.

Eine erste, technische Voraussetzung für den Einzug des Maschinellen Lernens in das industrielle Umfeld ist die **Implementation von Sensoren** in den Anlagen und Systemen. Die langen Lebenszyklen vieler Produktionsanlagen lassen aber eine schnelle, flächendeckende Nachrüstung mit innovativen Sensoren als eher unwahrscheinlich erscheinen.¹⁰³ Eine weitere zentrale Anforderung stellt die eindeutige Regelung der **Datennutzungsmöglichkeiten und der Datenhoheit** über die im industriellen Umfeld oder in der Produktnutzung erstandenen Daten. Betroffen könnten nicht nur produktionsrelevante Daten sein, sondern auch personenbezogene Daten. So können in der Produktion eingesetzte, KI-gesteuerte Exoskelette Menschen bei den körperlich schweren Produktionsschritten entlasten, aus der Erfahrung lernen und das Vorgehen optimieren, zugleich aber wiederum eine vollständige Überwachung und Kontrolle der Menschen ermöglichen.¹⁰⁴ Daraus ergeben sich zwei wichtige Herausforderungen im Zuge der Verbreitung der Künstlichen Intelligenz: die Notwendigkeit, klare **rechtliche Rahmenbedingungen** zu schaffen und diese zu gewährleisten. Zudem besteht Bedarf an einer öffentlichen Auseinandersetzung mit **ethischen Fragen**, z. B. über die Delegation von Entscheidungskompetenzen und die Rolle von Mensch und Maschine in einer modernen Arbeitswelt.¹⁰⁵ Der Einsatz von KI-Methoden, gerade im industriellen Umfeld, erfordert sehr gute **Anwenderkompetenzen** in der jeweiligen Nutzerbranche. Ein Schlüssel für die Marktdurchdringung könnte daher zum einen die **strategische Kooperation** zwischen IT-Entwicklern, Forschungseinrichtungen und Industrieunternehmen sein, zum anderen auch der Ausbau der **Software-Kompetenzen** in der Industrie.¹⁰⁶ Bezüglich der **Aus- und Weiterbildung** (Data Scientist, Data Analyst) als wichtige Voraussetzung für die Durchsetzung der KI im industriellen Umfeld spielt auch die Politik eine zentrale Rolle.¹⁰⁷

100 Vgl. Neef 2016, S. 3.

101 Vgl. IOT Analytics 2016, S. 8.

102 IOT Analytics 2016, S. 17.

103 VDMA 2016, S. 28.

104 VDMA 2016, S. 24.

105 VDMA 2016, S. 24.

106 VDMA 2016, S. 5.

107 VDMA 2016, S. 28.

USE CASE FRAUNHOFER

Dezentrale Produktionsplanung, Fraunhofer IML

Dezentrale, hochflexible Materialflusseinheiten, realisiert durch Cyber-Physical Systems (CPS) stehen im Mittelpunkt des Autonomik 4.0 Verbundprojekts »SMART FACE« - Smart Micro Factory für Elektrofahrzeuge mit schlanker Produktionsplanung.

»Die Entwicklung einer dezentralen Produktionsplanung und -steuerung ist das Ziel von SMART FACE. Damit sollen die Fertigungsstrukturen an die Anforderungen der Kleinserienfertigung angepasst werden. Montageteile werden über

eine netzwerkgestützte Anwendung individuell angefordert und Maschinen verteilen selbstorganisierend ihre Last. Eine zentrale Reihenfolgeplanung wird so überflüssig. Flexibilität, einfache Adaptierung und die bessere Reaktion auf unvorhergesehene Änderungen im Ablauf sind die Vorteile.«

KI-Kompetenz im Einsatz:

- Sensordatenverarbeitung

Quelle: SmartFace 2016

4.1.2 Smarte Geräte und Umgebungen und das nicht-industrielle Umfeld

Während es im industriellen Umfeld um Effizienzgewinn, Produktivitätssteigerung und Kostensenkung geht, versprechen die smarten Geräte, die immer mehr Haushalte erobern, Bequemlichkeit und Entlastung im stressigen Alltag. Das sogenannte **Smart Home** wird als ein Ökosystem von vernetzten Geräten (**homebots**) und Software verstanden.¹⁰⁸ Intelligente Thermostate wie Alphabets Nest und persönliche Assistenten wie Amazons Echo sind bereits auf dem Markt etabliert. In den technischen Fortschritten unter anderem im Bereich der Künstlichen Intelligenz steckt das Potenzial, dass die smarten Geräte immer intelligenter und vorausschauender werden, Wünsche und Bedarfe antizipieren und sogar emotionale Bindungen aufbauen können.¹⁰⁹ Neben der bequem zugänglichen Mensch-Maschine-Interaktionsmöglichkeiten wie Sprachen- und Gestensteuerung ist es vor allem das Lernen, das die Rolle der KI in Smart-Home-Anwendungen auszeichnet.

Eine zentrale Rolle im Bereich Smart Home nehmen spezielle Anwendungen ein, die das Leben älterer und/oder pflegebedürftiger Menschen erleichtern. Neben spezieller Serviceroboter¹¹⁰ handelt es sich hierbei

- um **intelligente Umgebungen**, in denen sich beispielsweise Beleuchtung und Türen sprachgesteuert kontrollieren lassen,

- um **intelligente Geräte**, die sich an die Anforderungen des Nutzers anpassen, etwa Waschtische und Spiegel, die sich an die Höhe des Nutzers automatisch anpassen, oder
- um **intelligente Assistenten**, die die Dosierung, Einnahme und Nachbestellung von Medikamenten überwachen und selbstständig steuern.

Einen weiteren Anwendungsbereich der KI im privaten Umfeld stellen die sogenannten **Wearables** dar. Dazu zählen verschiedene smarte Geräte mit direktem Körperkontakt und integrierter On-Device Maschine Intelligenz. Sie sind mit Sensoren ausgestattet und können verschiedene Biosignale in Echtzeit erfassen, protokollieren und analysieren – so etwa die Herzaktivität, Schlafqualität, Atmung, etc. Im Medizinbereich können z. B. Fitness Tracker dafür eingesetzt werden, frühzeitig Risikofälle zu identifizieren und begleitend und bequem Vitalfunktionen zu überwachen. Die Verbindung zu cloudbasierten Datenbanken ist die Grundlage für die Analysen, während die Vernetzung mit verschiedenen Endgeräten wie Smartphone oder Rechner die Nutzung dieser Geräte erleichtert. Diese smarten Geräte könnten künftig in der personalisierten Medizin und Telemedizin eingesetzt werden und die ärztliche Versorgung optimieren.

Fortschritte im Bereich der künstlichen Intelligenz versprechen außerdem ein effizienteres Stadtmanagement und könnten der Schlüssel für die Lösung vieler Probleme der Urbanisierung

108 Vgl. Coumau/Furuhashi/Sarrazin 2017.

109 Coumau/Furuhashi/Sarrazin 2017.

110 Vgl. diesbezüglich den Kapitel Robotik und die dazugehörigen Use Cases.

sein. Mit dem Begriff der **Smart City** sind verschiedene, zum Teil auf KI basierende Anwendungsbereiche verbunden. So ist z. B. die smarte Mobilität mit der Hoffnung verbunden, das Stadtverkehrsmanagement zu erleichtern und Staus und schädliche Emissionen zu reduzieren. Im Zuge der Diskussion über drohende Dieselfahrzeugverbote in stark belasteten Metropolen wurde beispielsweise der Einsatz von KI-Technik als wirkungsvollerer Problemlösungsansatz thematisiert – eine intelligente Ampelschaltung und eine intelligente Parkplatzzuweisung würden den stockenden Verkehr in Städten entlasten und die Stickstoffdioxidemissionen erheblich senken.¹¹¹

Der weltweite Markt für Geräte für den Smart-Home-Bereich lässt sich grundsätzlich in die Segmenten Home Automation, Home Security, Home Entertainment, Ambient Assisted Living und Energy Management aufteilen. Der Gesamtmarkt wird 2016 auf USD 16,8 Mrd. geschätzt und soll sich innerhalb von fünf Jahren fast verfünffachen (ca. USD 79 Mrd. im Jahr 2021, Abbildung 12).

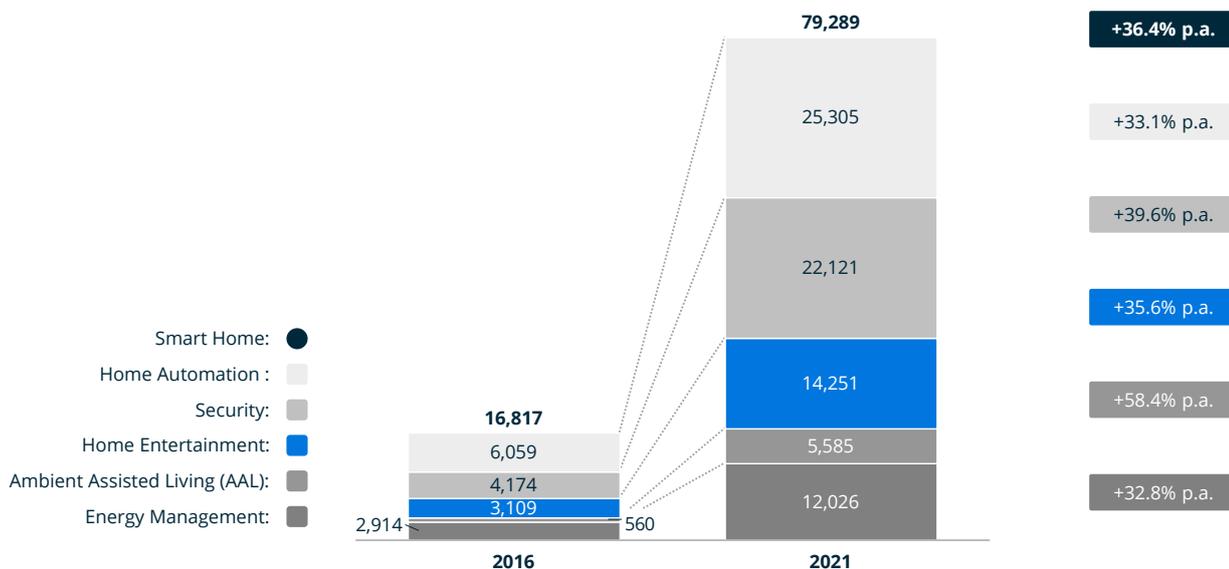
Das zurzeit größte Segment stellt die automatisierte **Gebäudesteuerung (Home Automation)** dar – eine Position, die

voraussichtlich auch in den nächsten fünf Jahren erhalten bleiben wird. Das relativ kleine, aber schnell wachsende Segment betrifft die Assistenzsysteme für ein selbstbestimmtes Leben im Alter (Ambient Assisted Living) – in den nächsten fünf Jahren sollen sie im Schnitt um knapp 60 Prozent jährlich wachsen (Abbildung 12). Die steigende Lebenserwartung und die unaufhaltsame Alterung der Bevölkerung in der westlichen Welt sind Gründe für eine künftig steigende Bedeutung dieses Bereiches. Eine besondere Rolle im Bereich Smart Home dürfte darüber hinaus die Sparte Home Entertainment spielen. Experten schätzen, dass viele künftige Smart-Home-Nutzer ihre erste Berührung mit dem Smart Home durch die Installation von multi-room entertainment hardware erleben werden.¹¹² Dank steigender Rechenleistung, Big-Data-Analysen und Fortschritten in der KI soll die Attraktivität von Smart-Home-Anwendungen in den nächsten zehn Jahren merklich steigen, sodass viele Haushalte auf intelligente und koordinierte Ökosysteme von Software und Geräten setzen.¹¹³

Auch der Markt für **Wearables** soll sich in den nächsten Jahren sehr positiv entwickeln – so z. B. die Sparte beim Sport tragbarer Geräte, die von 4,3 Mrd. Euro weltweit im Jahr 2015

Abbildung 12: Markt für Smart-Home-Anwendungen

in million US\$ by segment



1: Only includes countries listed in the Digital Market Outlook
 2: CAGR: Compound Annual Growth Rate/average growth rate per year
 Source: Digital Market Outlook 2016

Quelle: Statista 2016g

111 FAZ 2017b.
 112 Vgl. Statista 2016g, S. 5.
 113 Vgl. Coumau/Furuhashi/Sarrazin 2017.

auf über 12 Mrd. Euro in Jahr 2020 mit einer kumulierten jährlichen Wachstumsrate von 23 Prozent anwachsen soll.¹¹⁴ Gesundheitswesen ist eine weitere wichtige Branche für diese Anwendungen (vgl. Kapitel 5).

Die Zukunft unseres Zuhause scheint prädestiniert: in den nächsten fünf Jahren soll die Anzahl vernetzter Geräte rapide wachsen und schon in zehn Jahren würde das Smart Home demnach nichts außergewöhnliches mehr sein.¹¹⁵ Experten erwarten, dass sich Plattformen etablieren werden, die eine allgegenwärtige Konnektivität gewährleisten und die Kommunikation zwischen verschiedenen Bots und zwischen Bots und anderen Produkten und Systemen ermöglichen.¹¹⁶ Im Wettkampf um die Entwicklung und Etablierung solcher Plattformen sind mehrere große Internetkonzerne beteiligt: Apple, Google, Amazon, usw. Erwartet wird, dass sich die einzelnen Home Bots und die verfügbaren Plattformen ähnlich wie die heutigen Apps und Betriebssysteme verhalten werden, d. h. die Homebots werden zu verschiedenen Plattformen kompatibel sein. Denkbar ist außerdem eine hierarchische Beziehung zwischen den Bots und die Etablierung von sogenannten Masterbots, die Steuer- und Koordinationsaufgaben übernehmen.

Entscheidend für das Eintreten dieser Vision ist der Faktor **Vertrauen**. Das fehlerfreie Funktionieren der smarten Geräte ist eine notwendige, allerdings keine hinreichende Bedingung für das Kundenvertrauen. Erforderlich ist darüber hinaus der

Abbau weiterer Bedenken, unter anderem bezüglich des **Datenschutzes**. Ein Mittel zur Kundengewinnung könnte die Integration persönlicher, emotionaler Elemente in die steuernden Bots sein.¹¹⁷

Eine **emotionale Bindung** zu den intelligenten Geräten, insbesondere zu den digitalen Assistenten, die gerade den Einsatz von KI-Techniken ermöglichen können, würde eine größere Kundenzufriedenheit erzeugen und für eine schnellere Marktdurchdringung sorgen. Eine Grundvoraussetzung für die Bindung ist die Fähigkeit, **natürliche Sprache** zu verarbeiten und zu erzeugen. Die Fähigkeit zur **Kontextualisierung**, die mit der KI-getriebenen Auswertung vieler Sensordaten verbunden ist, macht bereits erste Fortschritte, z. B. das erfolgreiche maschinelle Lippenlesen in einem Forschungsprojekt von Google und der Oxford University.¹¹⁸ Ein weiterer relevanter KI-Forschungsschwerpunkt ist das sogenannte **Affective Computing** – die Fähigkeit, auf Basis der Tonlage oder des Gesichtsausdruckes auf den emotionalen Zustand der Nutzer zu schließen und entsprechend zu handeln.¹¹⁹

Die vielversprechenden Anwendungen im Bereich der Assistenzsysteme für ein selbstbestimmtes Leben im Alter und der Wearables mit medizinischer Schnittstelle werden darüber hinaus mit besonderen Anforderungen hinsichtlich **Zulassung**, Datensicherheit und **ethischen Standards** konfrontiert.

Tabelle 4: Anbieter im Bereich Smarte Geräte und Umgebungen (Auswahl)¹²³

Unternehmen und Start-ups	Siemens, Amazon, Kiana Systems, Umbo CV Inc., Clarifai Image & Video Recognition API, Aglytics, MyAgCentral, josh.ai
Forschung in Europa	EU: ETRA Investigación y Desarrollo S.A.(ES), AIT Austrian Institute of Technology GmbH (AT), Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (FR), TECNALIA Research & Innovation (ES)

114 Vgl. Frost & Sullivan 2016fg, S. 9.

115 Vgl. Coumau/Furuhashi/Sarrazin 2017.

116 Vgl. Coumau/Furuhashi/Sarrazin 2017.

117 Vgl. Coumau/Furuhashi/Sarrazin 2017.

118 Vgl. Neef 2016, S. 5.

119 Vgl. Neef 2016, S. 5f.

120 Frost & Sullivan 2016d, Frost & Sullivan 2016g; Eigene Berechnung, Open Data Portal der EU.

USE CASE

Smart City – eine effiziente Stadtplanung und -instandhaltung

Viele Städte und Metropolen kämpfen heute damit, eine effiziente Stadtplanung, -gestaltung und -erhaltung zu organisieren. Investiert wird in Straßenbeleuchtung, Straßeninstandhaltung, Abfall- und Verkehrsmanagement. Zugleich werden das Netz und der Technologiestand öffentlicher Verkehrsmittel ausgebaut. Auf diese Stärke will das europäische Horizon2020-Projekt GHOST (Galileo Enhancement as Booster of the Smart Cities) setzen, um Lösungen für die intelligenten Städte von morgen zu entwickeln. Das Konzept sieht es vor, die öffentlichen Verkehrsmittel mit Sensoren und Kameras auszustatten und diese mit Galileo, dem europäischen globalen Satellitennavigations- und Zeitgebungssystem unter ziviler Kontrolle, und mit einem Webportal zu verbinden. Das dadurch entstehende intelligente System soll dann automatisch an ausgewählten Zielorten Fotos aufnehmen und an den zentralen Verarbeitungsserver schicken, der in der Lage ist, auf der Basis dieser visuellen Daten Anomalien zu erkennen,

z. B. ausgebrannte Straßenlaternen, Schlaglöcher, Falschparken oder Unregelmäßigkeiten bei der Müllabfuhr. Über das Webportal können den verantwortlichen Behörden solche Probleme gemeldet werden.

Technologisch basiert diese Lösung auf dem Einsatz des Galileo-Systems und Trägheitssensoren zur exakten Standortbestimmung der Verkehrsmittel, was eine anonyme Bildersammlung erlaubt. Die Präzision der Ortung wird durch den Einsatz von speziellen Algorithmen – den sogenannten Kalman-Filtern – erhöht. Darüber hinaus soll eine kostenlose App die Bürgerinnen und Bürger einladen, selbst Fotos zu machen und diese zu melden, wenn sie Unregelmäßigkeiten in der öffentlichen Infrastruktur belegen.

Quelle: European Global Navigation Satellite Systems Agency (GSA) 2017

USE CASE FRAUNHOFER

BioLens Adaptive Plakate – Werbeangebote in Echtzeit anpassen, Fraunhofer IGD

»Markenpräferenzen und Kaufentscheidungen werden heute mehr denn je beeinflusst durch die Persönlichkeit des Einzelnen: Man kauft, womit man sich identifiziert. Fraunhofer-Forscher entwickeln Techniken, die es Unternehmen erlauben, auf die Bedürfnisse des einzelnen Konsumenten einzugehen, ohne seine Privatsphäre zu verletzen. Ein Anwendungsfeld ist zum Beispiel der Einsatz digitaler Werbetafeln im öffentlichen Raum: Hier ermöglicht es die BioLens-Software des Fraunhofer IGD, das Alter, das Geschlecht oder den Grad der Aufmerksamkeit eines Betrachters zu ermitteln und das Werbeangebot in Echtzeit anzupassen. Die technischen Systeme werten

Besucherströme und deren Stimmungslage statistisch aus und das ganz automatisiert. Im System ist hinterlegt welche Werbung für welche Zielgruppen gezeigt wird.«

KI-Kompetenzen im Einsatz:

- Physiologische und Emotionsanalyse mit Maschinellern Lernen
- Maschinelles Sehen
- Personalisierung

Quelle: Fraunhofer IGD

5 KOGNITIVE ASSISTENTEN

In diesem Teilkapitel werden Marktpotentiale des KI-Systems »Kognitive Assistenten« (KA) betrachtet. Darunter werden Assistenzsysteme verstanden, die Menschen bei der Ausführung kognitiver Aufgaben und Entscheidungsfindungen unterstützen oder gar ersetzen sollen.¹²¹ Sie kommunizieren in Form von Text oder Stimme mit dem Nutzer, können mit Ambiguität umgehen und bis zu einem gewissen Grad autonome Handlungen ausführen. Nach der Klassifizierung in Kapitel 1 handeln diese Systeme kooperativ, sind lernend und überwiegend digital bzw. nicht verkörpert. »Kognitive Assistenten« ist ein Oberbegriff. Er fasst eine Reihe von Konzepten zusammen, die von den Anbietern teilweise als Synonym verwendet werden: virtuelle, intelligente, kognitive Assistenten; intelligente und virtuelle Agenten, (Chat)Bots, Smarte Assistenz, Cognitive Computing¹²² oder Companion Systems¹²³. Im Folgenden werden sowohl digitale Assistenten als auch Expertensysteme zur Entscheidungsunterstützung am Beispiel von Anwendungen aus den Branchen Callcenter und Gesundheitswesen¹²⁴ näher betrachtet.

5.1 Marktsegmentierung und Trends

Der Markt für diese Systeme ist entsprechend breit und heterogen. Kognitive Assistenten werden sowohl für den privaten Gebrauch als auch für gewerbliche Anwendungen entwickelt. Große funktionale Bereiche bilden **digitale Assistenten** und (Chat)Bots sowie **Assistenzsysteme zur Entscheidungsunterstützung**. Zu der ersten Gruppe gehören persönliche Assistenten wie Siri oder Alexa sowie dialogbasierte Service-Assistenten wie Amelia von IPSoft, die überwiegend im Kundendialog eingesetzt werden. Die zweite Gruppe bilden intelligente Anwendungen, die beispielsweise die Nutzer im Unternehmenskontext mit Automatisierung der Aufgaben in Datenmanagement und Fachdatenextraktion, Berichterstellung oder Planung unterstützen und in Echtzeit Entscheidungshilfen bieten.¹²⁵

Kognitive Assistenten ermöglichen somit zahlreiche Selbstbedienungsfunktionen mit branchenübergreifenden Anwendungspotenzialen. Aktuell werden sie insbesondere in der Konsumelektronik und im Kundenservice (Callcenter) sowie in Medizin, Bank-, Finanz-, und Versicherungswesen, Recht, Medien, Werbung und Marketing eingesetzt.

Sprachgeführte (»voice-centered«) digitale Assistenten und statische Chatbots wurden bereits seit den 1990er Jahren entwickelt. Im Laufe der Zeit wurden Systeme, die einfachere Aufgaben mithilfe der schwachen KI lösen, durch lernfähige multimodale Assistenten ersetzt bzw. erweitert.¹²⁶ Die Verbreitung kognitiver Assistenzsysteme wurde durch den technologischen Fortschritt bei Sprachtechnologien, KI, Maschinellem Lernen, Big Data und Real-time Analytics sowie Web Services ermöglicht.¹²⁷ Folgende Sprachtechnologien sind insbesondere für Assistenzsysteme relevant:¹²⁸

- **Spracherkennung:** Audiosignal in Text verwandeln oder interpretieren
- **Sprachinterpretation** (Natural Language Interpretation NLI) und **Sprachverarbeitung** (Natural Language Processing NLP): Verstehen und Reagieren auf gesprochene oder geschriebene Sprache
- **Wissensrepräsentation:** Organisation, Kategorisierung und Kontextualisierung sprachlicher Information mithilfe von Maschinellem Lernen
- **Text-to-speech (TTS):** Konvertieren von Texten in eine computerisierte Stimme
- **Dialog:** Austausch komplexer, kontextbezogener Äußerungen in einer Unterhaltung

121 Böttcher/Klemm/Velten 2017, S. 15.

122 Bitkom 2015.

123 Biundo et al. 2016.

124 Die Inhalte für diese Darstellungen basieren teilweise auf den Ergebnissen der Zukunftswerkshops mit Experten aus den jeweiligen Fraunhofer-Instituten und Branchenvertretern.

125 Freeform Dynamics Ltd. 2016, Ityx Whitepaper 2016.

126 Frost & Sullivan 2016g.

127 Frost & Sullivan 2016e.

128 Meisel 2016, Auswahl.

■ **Sprechererkennung:** Identifikation des Sprechers anhand biometrischer Sprachcharakteristika, z. B. für personalisierte Dienste bei mehreren Nutzern

■ **Natürlichsprachliche Generierung bzw. Textgenerierung** (Language Generation NLG): Automatische Textproduktion und ggf. Konvertierung in gesprochene Sprache mithilfe von TTS

Moderne lernende Assistenten werden mit historischen Dialogen trainiert, können den Kontext berücksichtigen und verbessern ihr Wissen kontinuierlich. Die **Verfügbarkeit von Lerndaten** (Small Data Problem¹²⁹) kann dabei für viele Anwender eine technische Herausforderung darstellen, wenn die unternehmensintern vorhandenen Daten nicht ausreichend strukturiert sind oder die rechtlichen Regulierungen ihre Nutzung einschränken. Letzteres betrifft insbesondere personenbezogene Daten, beispielsweise in der Medizin und dem Finanz- und Versicherungswesen. Sharing-Modelle für Lerndaten sind dabei in vielen Fällen auch aus wettbewerbspolitischen Gründen nicht praktikabel. Entwicklung neuer Konzepte für die Bereitstellung und den Zugriff auf Lerndaten und damit verbundene Dienstleistungen bzw. Geschäftsmodelle werden von Anwendern mit großen Marktpotentialen assoziiert.

Viele der für kognitive Assistenten relevanten sozioökonomischen Treiber wurden bereits in den Kapiteln zwei und drei ausführlich behandelt. Als bedeutender Aspekt kann darüber hinaus die **Nutzerakzeptanz** hervorgehoben werden. Die Einstellung der Nutzer – sowohl Verbraucher als auch Mitarbeiter und betrieblichen Anwender – wird neben dem technologischen Fortschritt als Voraussetzung für die Verbreitung dieser Systeme genannt. Im letzten Jahrzehnt haben die individualisierten Lebensstile von Millennials und der Generation Y, ihr Vertrauen gegenüber digitalen Systemen und ihre Vorliebe für verbale Kommunikation mit Anwendungen den Aufstieg kognitiver Assistenten ermöglicht, sowohl für den persönlichen Gebrauch auf mobilen Endgeräten wie Smartphones und Tablets als auch im Kontakt zu Dienstleistern über Chatbots auf Webseiten und mobile Apps.¹³⁰ Die dagegen

geringe Akzeptanz bei älteren Kunden und Nutzern wird als eine Durchsetzungsbarriere wahrgenommen. Insbesondere im betrieblichen Kontext sollen bei der Einführung neuer Systeme die **Ausbildung** von Fachpersonal auf allen Ebenen sowie der **Wissenstransfer** im Unternehmen vorbereitet und organisiert werden.

5.2 Persönliche Assistenten

Persönliche Assistenten (Virtual Personal Assistant¹³¹) können mit dem Nutzer kommunizieren und diverse Funktionen menschlicher Assistenten ausführen. Diese Systeme werden entweder digital in Form von Software, Apps, Webseiten oder in Form eigenständiger Geräte wie Alexa von Amazon oder Azuma Hikari von Gatebox umgesetzt. Sie können auch in andere Systeme integriert sein, z. B. als Teil des Infotainment- und Navigationssystems im Automobil oder im Smart Home. Mit Zustimmung verfolgen sie beispielsweise das Verhalten der Anwender und führen persönliche Daten aus verschiedenen Quellen zusammen, erstellen Modelle für Beziehungen zwischen Menschen, Inhalten und Kontexten, sehen die Bedürfnisse der Menschen vorher (Prädiktion), handeln autonom im Auftrag des Nutzers, verbessern sich durch Lernen und bauen Vertrauen auf.¹³²

Gartner schätzt die Marktreife intelligenter persönlicher Assistenten als »embryonal« ein.¹³³ Eine Produktgruppe mit hohem Potenzial stellen an diesem Markt die sog. »**Mehrzweckassistenten**« dar: Siri von Apple, Cortana von Microsoft, Alexa von Amazon, Duer von Baidu, M von Facebook, Viv und viele andere. Bis 2020 wird sich dieses Marktsegment besonders intensiv entwickeln. Mit steigender Akzeptanz für intelligente Assistenten soll sich die weltweite Nutzerzahl in den nächsten fünf Jahren von 710 Mio. in 2016 auf 1831 Mio. in 2021 erhöhen.¹³⁴ Es wird erwartet, dass die weltweiten Umsätze mit virtuellen digitalen Assistenten für Endkunden sich 2017 auf rund 670 Mio. US-Dollar belaufen, während 2021 eine Steigerung auf 11 860 Mio. US-Dollar prognostiziert wird.¹³⁵

In Umfragen von Statista und Norstat¹³⁶ zu aktuellen und zukünftig vorstellbaren Anwendungsmöglichkeiten von digitalen

129 Frost & Sullivan 2016g.

130 Frost & Sullivan 2016e.

131 Gartner 2016.

132 Gartner 2016.

133 Gartner 2016.

134 Statista 2016f.

135 Statista 2017b.

136 Statista 2016a.

ZUKUNFTSMARKT KÜNSTLICHE INTELLIGENZ

Sprachassistenten in Deutschland wurden am häufigsten folgende Steuerungs- und Datenverwaltungsaufgaben genannt: Anrufen von Kontakten, Bedienung von Navigationssoftware, Suchen von Informationen, Verfassen von Nachrichten, Wiedergabesteuerung von Entertainmentinhalten, Terminverwaltung und Steuerung von Smart-Home-Anwendungen.

Potentielle Branchen für entsprechende Dienstleistungen sind darüber hinaus beispielsweise Finanzmanagement und persönliche Vermögensverwaltung – etwa in Kombination mit Online Banking – oder Fitness bzw. individualisierte Medizin – als Apps für Sport, Diät, Überwachung von Biosignalen und psychologischer Gesundheit.

Abbildung 13: Nutzung von Sprachassistenten



Quelle: Statista 2016e, Mehrfachnennung möglich

Tabelle 5: Anbieter im Bereich persönliche Assistenten¹³⁷

Unternehmen und Start-ups	Amazon, Api.ai, Apple, Avaya, Baidu, China Mobile, Cognitive Code Corporation, Cubic Robotics, Facebook, Google, InGen Dynamics Inc, Jibo, Kik, Lucidia, Microsoft, MyWave, Mycroft AI Inc., Nuance, Samsung, Slack, Unified Computer Intelligence Corporation, Viv.
----------------------------------	--

Auswahl. Für weitere Beispiele vgl. Anhang.

137 Meisel 2016, eigene Recherche.

USE CASE FRAUNHOFER

Assistent zur Unterstützung im Alltag und Verbesserung der Sicherheit im Alter, Fraunhofer IGD

»Das Miraculous-Life-Projekt hat das Ziel, eine innovative, nutzerzentrierte, technische Lösung zu entwickeln: den Virtuellen Assistenten (VSP). Er steht Menschen ab dem Rentenalter im Alltag unterstützend zur Seite und verhilft zu mehr Sicherheit. Der VSP soll, fast ebenbürtig einem menschlichen Helfer, den Alltag erleichtern, indem er menschliches Verhalten und Emotionen ablesen kann und daraus ableitend Hilfestellungen anbietet. Das Zusammenspiel zwischen Mensch und Assistent soll der gewohnten Kommunikation so nahe wie möglich kommen.

Der VSP setzt Mimik, Stimmlage und Gestik des Nutzers und andere kontextuelle Informationen, z. B. aus der Umgebung, zu einem Gesamtbild zusammen und antwortet

mit fundierten Hilfestellungen. Im Austausch mit dem Nutzer wird ein Avatar verwendet, der empathisch mit Emotionen und differenzierter sprachlicher Intonation reagieren kann. Der ältere Mensch wird angeregt, dem Assistenten zu antworten, es entsteht ein Dialog. Weitere verwandte ICT-Services (wie z. B. Teppiche mit Sturzerkennung) erhöhen zusätzlich die häusliche Sicherheit.«

KI-Kompetenzen im Einsatz:

- ▮ Spracherkennung und Dialog
- ▮ Emotionserkennung

Quelle: Fraunhofer IGD 2013

USE CASE

Persönliche Assistenten – KI als Personal Trainer, Vi

Die Kopfhörer Vi sind mit Biosensoren ausgestattet und bieten die Funktionen eines Personal Trainers an. Der Fitness-Assistent kann z. B. die Herzfrequenz, die Geschwindigkeit und das Schrittempo des Nutzers, aber auch verbrauchte Kalorien, Lauftanz, Höhenlage und Wetterbedingungen verfolgen.

Im Gegensatz zu den weitverbreiteten Fitness-Smart-Watches benutzt Vi diese Daten, um persönliche Trainer-Ratschläge mit einer menschlichen Stimme zu geben. Der Assistent überwacht den körperlichen und geistigen Zustand des Nutzers und kommuniziert mit ihm. Er agiert als Personal Trainer, der motiviert, aber auch auf die Überlastungen achtet. Vi kann auch mit anderen Apps wie z. B. Google Fit, Apple HealthKit oder Strava verbunden werden. Dadurch können das persönliche Verhalten und der Gesundheitszustand des Nutzers außerhalb des

Trainings berücksichtigt werden. Durch die Kopfhörer kann passende motivierende Musik ausgewählt werden. Ein weiteres Ziel der Hersteller ist, die Musik automatisch an das Trainingstempo und den Zustand der Person anzupassen. Entwickelt wurde Vi vorwiegend für Jogging und Outdoor-Aktivitäten. Perspektivisch sollen die intelligenten Kopfhörer ihren Nutzer bei anderen Trainingsarten und täglichen Aktivitäten begleiten können. Aus diesem Grund kann man mit Vi heute schon telefonieren und dank langer Akkulaufzeiten bis acht Stunden unterwegs sein.

KI-Kompetenzen im Einsatz:

- ▮ Sprachverarbeitung
- ▮ Biosignalverarbeitung
- ▮ Maschinelles Lernen

Quellen: engadget 2016; Get Vi 2016

5.3 Service-Assistenten

Ein großes Marktsegment bei den professionellen Assistenzsystemen gehört den text- und sprachbasierten **Service-Assistenten** (Virtual Customer Assistant, VCA). Sie werden für kundenorientierte Dienstleistungen bzw. den Kundenservice eingesetzt: z. B. im Callcenter, im Technical Support, bei der Bestellung von Produkten, in der Finanzverwaltung oder in der Beratung. Service-Assistenten liefern im Rahmen einer Konversation dem Kunden die gesuchten Informationen, verdichtet und kontextrelevant, und können in seinem Auftrag handeln, um beispielsweise Transaktionen auszuführen. Durch ihren Einsatz können Unternehmen Kosten sparen und Umsätze erhöhen, indem sie beispielsweise die Agenten bei Routineaufgaben und einfachen Anfragen entlasten, Self-Service und Rund-um-die-Uhr-Erreichbarkeit ermöglichen, Mitarbeiter im Gespräch oder Chat mit Antwortoptionen unterstützen oder gar proaktiv Kunden kontaktieren und damit Anrufe vermeiden.¹³⁸

Die Entwicklung im Bereich Service-Assistenten wird von Gartner als fortgeschritten (»Adolescent«) eingeschätzt.¹³⁹ Der Übergang von statischen, programmierten Assistenten zu lernfähigen, proaktiven Anwendungen wird in den nächsten fünf Jahren erwartet. Viele große Anbieter wie beispielsweise IBM Watson, Microsoft Cortana, Next-IT, Creative Virtual sind hier involviert. Bei der Einschätzung des möglichen Marktvolumens werden Service-Assistenten selten von digitalen Assistenten getrennt. Nach den Berechnungen von Tractica wird die

Anzahl der aktiven Nutzer von professionellen Assistenten von 155 Mio. in 2015 auf 843 Mio. Menschen steigen. Die weltweiten Umsätze für beide Gruppen von virtuellen Assistenten werden in 2021 in Höhe von bis zu 15,8 Mrd. US-Dollar erwartet (im Vergleich zu 1,6 Mrd. in 2015).

Die intelligenten Assistenten werden mit einer hohen Akzeptanz seitens der Kunden aufgenommen und eingesetzt, um schnell erforderliche Informationen zu erhalten und eine manuelle Suche zu vermeiden. Als mögliche Einsatzbereiche von Chatbots im Kundenkontakt nennen deutsche Online-Käufer in erster Linie die Beantwortung einfacher Fragen, das Erfragen von Lieferinformationen, Preisen, Zahlungsmöglichkeiten und Umtauschmodalitäten sowie die Orientierung auf den Webseiten und Webshops.¹⁴⁰ In einer Bitkom-Befragung nannten deutsche Online-Nutzer als weitere Einsatzmöglichkeiten von Chatbots die Recherche beim Online-Shopping, das Buchen von Veranstaltungen und Reisen, das Abrufen tagesaktueller Informationen wie Wetter, Nachrichten und Verkehrslage sowie Kunden- und Lieferservice.¹⁴¹

Die Nutzer erwarten einen personalisierten Kontakt mit dem Kundendienst sowie proaktive Handlungen wie Vorschläge und Erinnerungen.¹⁴² Empathie und Funktionalität sind dabei sehr bedeutende Faktoren. Die Unpersönlichkeit des Kontakts, Ungenauigkeit bei Text- und Spracherkennung, Umständlichkeit sowie das Gefühl der Beobachtung werden als mögliche Gründe gegen die Nutzung von Chatbots genannt.¹⁴³

Tabelle 6: Anbieter im Bereich Service-Assistenten, Chatbots¹⁴⁴

Unternehmen und Start-ups	Aivo, Artificial Solutions, Creative Virtual, CX Company, DigitalGenius, eGain, IBM, iDAvatars (CodeBaby), Inbenta, Interactions, IPsoft, Kasisto, Next IT, noHold, Nuance, Pat Group, Xiaoi, Accenture, CognitiveScale, Deloitte, Digital Reasoning, Google, IBM, KPMG, Microsoft; Saffron.
----------------------------------	--

138 Frost & Sullivan 2016e, S. 3.
 139 Gartner 2016.
 140 Statista 2017a.
 141 Statista 2017a.
 142 Frost & Sullivan 2016g, Tractica LLC. 2016.
 143 Statista 2016h.
 144 Gartner 2016.

USE CASE

Digitaler Assistent für den Kundenservice, ITyX

Der Chatbot IBO von ITyX generiert für die verfolgten Live-Chats Antwortoptionen, die von den Mitarbeitern einfach per Klick freigegeben werden können. Damit können bis zu 80 Prozent der Anfragen automatisch verarbeitet werden:

»IBO basiert auf der Artificial Intelligence Plattform von ITyX, einer Workflow- und Integrationsplattform mit semantischem Verständnis. Fragen und Anweisungen in E-Mails und Web-Mitteilungen von Kunden, aber auch Inhalte von eingehenden Briefen, abgelegten Dokumenten und Datenbanken werden analysiert und in Kontext

mit bereits erlerntem Wissen gebracht. Die Technologie ermöglicht es Unternehmen, Routineaufgaben in Kundenservice und Verwaltung von digitalen Assistenten erledigen zu lassen. Das Ergebnis: Mitarbeiter können sich kreativen und komplexeren Aufgaben widmen.«

KI-Kompetenzen im Einsatz:

- ▮ Text- und Sprachverarbeitung
- ▮ Maschinelles Lernen
- ▮ Deep learning

Quelle: ITyX 2017

USE CASE FRAUNHOFER

KI-Assistent für Maschinenbediener, Fraunhofer IAO

Im Forschungsprojekt APPsist wird ein KI-basiertes Wissens- und Assistenzsystem für die Mensch-Maschine-Interaktion in der Produktion entwickelt. Das System lernt aus Entwicklungen und Veränderungen und kann die Mitarbeiter über PC, Tablet oder Datenbrille bei der Maschinenbedienung oder Reparatur unterstützen.

»In der Produktion der Zukunft spielt die Zusammenarbeit von Mensch und Maschine eine zentrale Rolle. Fraunhofer-Fachleute arbeiten an einer Systemlösung, die dem Menschen tatkräftige software-basierte Assistenten zur Seite stellen soll – etwa wenn es darum geht, eine

Anlage in Betrieb zu nehmen, zu warten oder vorbeugend instand zu halten (»Predictive Maintenance«). Die im Projekt APPsist entwickelten KI-Assistenten stellen sich automatisch auf den Unterstützungsbedarf des einzelnen Mitarbeiters ein, so dass sich menschliche und künstliche Intelligenz jederzeit sinnvoll ergänzen.«

KI-Kompetenzen im Einsatz:

- ▮ Personalisierte, adaptive Assistenz
- ▮ Didaktisch aufbereitete Wissensbasis

Quelle: APPsist

»DECISION SUPPORT ANALYTICS« IM GESUNDHEITSWESEN

Neben der Servicerobotik (vgl. Kapitel 2) haben intelligente Assistenzsysteme große Anwendungspotentiale im Gesundheitswesen. Sie können beispielsweise für Ärzte als Entscheidungshilfe in der Diagnostik und Therapie dienen, unterstützen die klinische Forschung und bei der Medikamentenentwicklung. In Form von Wearables und Apps bieten sie den Patienten Dienstleistungen z. B. in den Bereichen Monitoring, Prävention und Aufklärung.

Zahlreiche Unternehmen und Start-ups¹⁴⁵ arbeiten derzeit an intelligenten Lösungen in diesem Segment. So entwickelt IBM die KI Watson¹⁴⁶ unter anderem als kognitiven Assistenten für medizinische Anwendungen weiter. Das

System unterstützt und beschleunigt Entscheidungsprozesse, indem es dem Fachexperten relevante und konsistente Informationen schnell und ortsunabhängig bereitstellt sowie bisher unbekannte Zusammenhänge aufzeigt. Mit seiner Hilfe können große Mengen heterogener medizinischer Daten aus verschiedenen Quellen (Fachliteratur, Krankengeschichtendaten, Demografik, Diagnosen, Medikamente, Röntgenbilder etc.) effizient verwaltet und analysiert werden. Watson setzt intelligente Sprach- und Textanalyse, Video- und Bildanalyse, insbesondere aber Deep Learning ein, um aus der Interaktion mit Daten und Experten zu lernen und sich permanent zu verbessern.

145 Z. B. IBM, Google, Zebra Medical Vision, Siemens, Modernizing Medicine, Beyond Verbal, Enlitic, Deep Genomics Pathway Genomics, Grail, iCarbonX, Entopsis, Freenome oder Proscia.

146 Weißmann/Deutsch 2016.

6 KI-FORSCHUNG BEI FRAUNHOFER

Eine ganze Reihe von Fraunhofer-Instituten ist in den Bereichen »Maschinelles Lernen«, »Intelligente Systeme« und »Maschinen in Forschung und Entwicklung« sehr aktiv. Die fachliche Breite unter einem Dach ermöglicht eine enge Verzahnung zwischen den IuK-Kompetenzen und dem fachspezifischen Know-how einzelner Anwendungsgebiete wie z. B. in der industriellen Produktion, der Logistik, im Service- und eCommerce-Bereich, im Sicherheitswesen oder in der Medizin und Gesundheit.

Es gibt eine Vielzahl ungelöster Probleme und Herausforderungen beim praktischen Einsatz von intelligenten lernenden Systemen, an denen weltweit Forscherteams und Unternehmen mit Nachdruck arbeiten. Hier stehen Weiterentwicklungen für intelligente und interaktive Assistenzsysteme, Service- und Industrieroboter, autonome Fahrzeuge, Technologien für die intelligente und vernetzte Produktion und Sicherheitstechnologien im Fokus.

Wie alle vernetzten IT-Systeme müssen auch intelligente Systeme gegen Eindringlinge, unerlaubte Eingriffe und Missbrauch geschützt werden. Passende Cyber-Security-Technologien werden in verschiedenen IuK-Instituten von Fraunhofer entwickelt. Eine besondere Herausforderung an die physikalische Sicherheit stellen autonome Roboter und Transportmittel, die Kollisionen mit Menschen und die Beschädigung von Gegenständen vermeiden müssen. Auf diesem Gebiet sind verschiedene Robotik-Institute tätig.

Für alle lernenden KI-Systeme gelten die Bestimmungen des Datenschutzes. Unsere Institute verwenden Technologien, die die Privatsphäre der Nutzer schon im Entwurf garantieren.

Gerade die erfolgreichen Verfahren des Deep Learning sind für Menschen schwer nachvollziehbar. Sie liefern keine verständlichen Erklärungen und damit unbefriedigende Ansätze zur Validierung, zur Verbesserung und zum Aufbau von Vertrauen. Die Übernahme von Verantwortung durch den Systembenutzer oder Maschinenbediener, oder von Haftung durch den Produzenten wird problematisch. Außerdem können KI-Systeme der aktuellen zweiten Generation erlerntes Wissen nicht mit abstraktem Expertenwissen in symbolischer, für Menschen verständlicher Form kombinieren.

All dies sind gute Gründe, intensiv an einer hybriden KI für die Systeme der nächsten Generation zu forschen. In ingenieurwissenschaftlichen Disziplinen arbeiten Fraunhofer-Institute an der Fusion von rein statistischem »Black-Box«-Lernen mit mathematischen »White-Box«-Modellen von nicht-linearen Systemen und Prozessen zu »Grey-Box«-Modellen, die Ingenieure interpretieren können und ihnen erlauben, komplexe Produktionsanlagen besser zu simulieren und vorausschauend zu steuern. Andere Institute arbeiten an der Generierung bzw. Nutzung von semantischem Wissen zur Integration in neuronale Netze, um die Transparenz und Akzeptanz zu erhöhen.

7 ANWENDUNGSBEISPIELE (AUSWAHL, NACH BRANCHEN)

7.1 Automobilindustrie/Mobilität ¹⁴⁷				
KI-System	Use Case	Produkt/Projektname	Hersteller	Link
Autonome Transportmittel	Autonomes Fliegen	Positionsverfolgung beim Landeanflug	Fraunhofer FOKUS	www.fokus.fraunhofer.de/944cbced08c75065
	Assistiertes Fahren	Erkennung von Straßenverkehrszeichen, AutoConstruct	Fraunhofer IAIS	https://www.iais.fraunhofer.de/de/geschaeftsfelder/bildverarbeitung/referenzprojekte/autoconstruct.html
	KI-Steuerung für autonome Fahrzeuge	ZF ProAI auf Basis von NVIDIA Drive PX 2 AI	ZF, NVIDIA	www.zf.com
	Autonome PKW	Baidu	Baidu's Autonomous Driving Unit (ADU)	usa.baidu.com/adu/
Kognitive Assistenten	Produktentwicklung	Vergleichende Analyse von ingenieurrelevanten Mess- und Simulationsdaten	Fraunhofer SCAI	www.vavid.de/de/ueber-avid.html
	Infotainment- und Navigationssysteme	Dragon Drive	Nuance	https://www.nuance.com/mobile/automotive/dragon-drive.html
	Lernender digitaler Fahrassistent	Yui in Concept i	Toyota	www.toyota.com/concept-i/
Automatisierte Analysen	Fahrerzustandserkennung	Understanding Driver Awareness for Smart Vehicles	Berkeley Deep Drive	bdd.berkeley.edu/project/understanding-driver-awareness-smart-vehicles
	Analyse Fahrer- und Fußgängerverhaltens für autonomes Fahren	Drive.ai	Drive.ai - Startup	www.drive.ai/
Smarte Geräte, Anlagen, Umgebungen	Verkehrssteuerung/ Smart City	Sittraffic sX (Sittraffic Module in Anwendung in Bozen, Südtirol)	Siemens	https://www.siemens.com/global/de/home/produkte/mobilitaet/strassenverkehr/verkehrsmanagement/auf-der-strasse/steuergeraete.html
	Predictive Maintenance	Mobility Data Services (MDS) & Allacher Rail Service Center	Siemens AG	www.siemens.com/innovation/de/home/pictures-of-the-future/digitalisierung-und-software/from-big-data-to-smart-data-heading-for-data-driven-rail-systems.html

147 Beispiele in Grün – Fraunhofer Institute; Schwarz – Externe Anbieter; Hyperlinks zuletzt geprüft am 17.10.2017.

7.2 Energiewirtschaft				
KI-System	Use Case	Produktname/Projekt	Hersteller	Link
Kognitive Assistenten	Optimierung	Modellierung, Simulation, Analyse und Optimierung für das Energiemanagement, encomos	Fraunhofer SCAI	https://www.scai.fraunhofer.de/de/geschaeftsfelder/high-performance-analytics/projekte/math_energy.html
Automatisierte Analysen	Stromverbrauchsanalyse und Kontrolle	Dynamic Demand	Open energi	www.openenergi.com/artificial-intelligence-future-energy/
Smarte Geräte, Anlagen, Umgebungen	Verbrennungsregelung von Gasturbinen	GT-ACO (Gas Turbine Autonomous Control Optimizer)	Siemens AG	https://www.siemens.com/innovation/de/home/pictures-of-the-future/digitalisierung-und-software/autonome-systeme-ki-bei-gasturbinen.html
	Smart Grid	SmartGridCity	Xcel Energy	www.xcelenergy.com
	Energiemanagement in Anlagen und Gebäuden	Intelligente Gebäudesteuerung	Fraunhofer IIS	https://www.eas.iis.fraunhofer.de/de/forschungsthemen/energiemanagement.html
	Energiemanagement in Anlagen und Gebäuden	Vorausschauendes Energiemanagement, Smart EnergyHub	Fraunhofer IAO, IAIS	smart-energy-hub.de/

7.3 Finanzdienstleistungen/Versicherungswesen				
KI-System	Use Case	Produktname/Projekt	Hersteller	Link
Kognitive Assistenten	Konversationsplattform für virtuelle Assistenten und Bots für Personal Finance	KAI Banking	Kasisto	kasisto.com/kai-banking/
	Automatisierter Sparassistent (persönliche Vermögensverwaltung)	Digit	Hello Digit, Inc.	digit.co
	Wissensbasierte Arbeitsplätze	Entscheidungsunterstützung für wissensbasierte Arbeitsplätze, ARPOS	Fraunhofer IAO	https://www.e-business.iao.fraunhofer.de/de/projekte/beschreibung/arpos.html
Automatisierte Analysen	Stromverbrauchsanalyse und Kontrolle	Dynamic Demand	Open energi	www.openenergi.com/artificial-intelligence-future-energy/
Smarte Geräte, Anlagen, Umgebungen	Intelligente Finanzprozesse und automatisierte Buchhaltung	Smacc	SMACC GmbH	www.smacc.io/de/
	Analyse unstrukturierter Daten (Kreditentscheidungen, Investmentanalyse, Risikomanagement)	Watson ¹⁴⁸	IBM	www.ibm.com/watson
	Betrugserkennung	Kreditkartentbetrug verhindern, Mintify Rule	Fraunhofer IAIS	https://www.iais.fraunhofer.de/de/geschaeftsfelder/big-data-analytics/referenzprojekte/fraud-detection-in-kreditkartenaktionen.html
	Automatisierte Dokumentanalyse	Digitale Dokumentenanalyse, DeepER	Fraunhofer IAIS	www.izb.fraunhofer.de/de/presse/news-29-08-2016.html

148 Branchenübergreifende Anwendung: z.B. im Gesundheitswesen, Finanzbranche, Kundenservice.

ANWENDUNGSBEISPIELE (AUSWAHL, NACH BRANCHEN)

7.4 Gesundheitswesen				
KI-System	Use Case	Produktname/Projekt	Hersteller	Link
Robotik	Automatisierte Medikamentenentwicklung	Robot Scientist Eve	University of Cambridge	rsif.royalsocietypublishing.org/content/12/104/20141289
	Intelligente persönliche Begleiter	PaPeRo (Partner-type Personal Robot)	Robotcenter	www.robotcenter.co.uk/products/papero-robot-nec
	Pflegeroboter	Teilautonomer Lifter für die Aufnahme und den Transport von Personen - Elevon	Fraunhofer IPA	www.ipa.fraunhofer.de/elevon.html
Kognitive Assistenten	Health & Fitness Tracker und digitale Selbstvermessung	Parkinson-Früherkennung, i-prognosis	Fraunhofer IAIS	www.i-prognosis.eu/
	Diagnose- und Therapieberater	Assistenzsysteme für die minimal-invasive Chirurgie und Endoskopie	Fraunhofer IIS	https://www.iis.fraunhofer.de/de/ff/sse/mbv/profil/endoskopie.html
Automatisierte Analysen	Analyse von Patientenakten und Predictive Analytics	Careskore	Careskore	www.careskore.com/
	Analyse molekularer Effekte genomischer Variation	Deep Genomics	Deep Genomics Inc.	www.deepgenomics.com
	Textanalyse in der (Bio)medizin	Textextraktion und semantische Integration in der Biomedizin, Bio	Fraunhofer SCAI	www.aetionomy.eu/en/vision.html
Smarte Geräte, Anlagen, Umgebungen	Automatisiertes Sortieren von Medikamenten zur individuellen Medikation	Automatisiertes Sortieren von Medikamenten	KIANA	http://www.kiana-systems.com/projekte/
	Ultraschall-Bilddatenauswertung/Imaging Analytics	S-Detect	Samsung Medison Co., Ltd.	www.samsungmedison.com/
	Intelligente Geräte in der Klinik	Optimierung der selektiven internen Radiotherapie von Lebertumoren, Sirtop, Mevis	Fraunhofer MEVIS	www.mevis.fraunhofer.de/
	Assisted Living	Emphatische Assistenz im Wohnumfeld, Miraculous Life	Fraunhofer IGD	www.miraculous-life.eu/

7.5 Industrielle Produktion				
KI-System	Use Case	Produktname/Projekt	Hersteller	Link
Robotik	Intelligente Industrie-robotik	LBR iiwa (lightweight robot – intelligent industrial work assistant)	University of Cambridge	https://www.kuka.com/de-de/produkte-leistungen/robotersysteme/industrieroboter/lbr-iiwa
	Autonome Roboter für intelligente Warenlager	Qianmo Smart Warehouse Robot	Hikvision	www.hikrobotics.com
Autonome Transportmittel	Fahrerlose Transportsysteme	Paula	Audi	www.audi-illustrated.com/de/audi-encounter-01-2017/paula-on-tour
	Fahrerlose Schubmaststapler	FTF out of the Box	IPH gGmbH	https://www.iph-hannover.de/_media/files/downloads/IPH_Flyer_FTFootb.pdf
	Echtzeit-Inventur durch Flugroboter	InventAIRy	Fraunhofer IML	http://www.inventairy.de/
Kognitive Assistenten	Montageassistent	PROMIMO	Universität Bielefeld	ekvv.uni-bielefeld.de/blog/uniaktuell/entry/neues_industrie_assistenzsystem_leitet_bei
	Coaching und Lernen	KI-Assistent für Maschinenbediener, AppSist	Fraunhofer IAO	www.appSist.de/en/
	Produktentwicklung	Vergleichende Analyse von ingenieurrelevanten Mess- und Simulationsdaten, Vavid	Fraunhofer SCAI	www.vavid.de/

ANWENDUNGSBEISPIELE (AUSWAHL, NACH BRANCHEN)

7.5 Industrielle Produktion				
KI-System	Use Case	Produktname/Projekt	Hersteller	Link
Automatisierte Analysen	Überwachung der Produktion	Akustische Sensorik zur Überwachung von Produktionsprozessen, ACME 4.0	Fraunhofer IDMT, IIS	https://www.idmt.fraunhofer.de/de/institute/projects_products/projects/Current_publicly_funded_research_projects/acme.html
	Überwachung der Produktion	FEE - Frühzeitige Erkennung und Entscheidungsunterstützung für kritische Situationen im Produktionsumfeld	ABB Forschungszentrum Deutschland, Universität Kassel, Technische Universität Dresden, RapidMiner GmbH	www.fee-projekt.de
	Systemoptimierung	Smarte Optimierung verketteter Fertigungs- und Montagesysteme	Fraunhofer IPA	https://www.ipa.fraunhofer.de/content/dam/ipa/de/documents/Kompetenzen/Fabrikplanung-und-Produktionsmanagement/Produktblatt_Optimierung_verketteter_Fertigungssysteme.pdf
Smarte Geräte, Anlagen, Umgebungen	Intelligente Fabrik	ValueFacturing	Maschinenfabrik Reinhausen (MR)	www.axa.de/das-plus-von-axa/geschaeftskunden-und-unternehmen/business-wissen/digitalisierung-wirtschaft-smart-factory
	Selbststeuernde Fabrik	Dezentrale autonome Produktionsplanung, Smart Face	Fraunhofer IML	www.smartfactoryplanning.de/projekt/aktuelles.html

7.6 Konsumelektronik				
KI-System	Use Case	Produktname/Projekt	Hersteller	Link
Robotik	Reinigungsroboter	Roomba/Braava	iRobot	www.irobot.de/Haushaltsroboter
	Intelligentes Gepäckträger-Roboter/Transportroboter	Gita	Piaggio Group	http://www.piaggiofastforward.com/gita
Autonome Transportmittel	Autonome Fahrräder und Roller	Comodule	Comodule	www.comodule.com/
	Selbstfahrende Golfwagen	SMART	Velodyne LiDAR Inc., Singapore-MIT Alliance for Research and Technology	www.golf.com/extra-spin/self-driving-golf-carts-launched-singapore
Kognitive Assistenten	Persönlicher Küchenassistent	Mykie (My kitchen elf)	Bosch	https://www.bsh-group.com/de/newsroom/pressemitteilungen/mykie-ein-persoenerlicher-assistent-fuer-die-kueche
	Persönlicher virtueller Assistent	Azuma Hikari	Gatebox	gatebox.ai/
Smarte Geräte, Anlagen, Umgebungen	Intelligente Gebäudesteuerung/ Smart Home	Kombination von Crestron & Jarvis	Crestron	www2.crestron.com/jarvis
	Smartwatch	LG Watch Sport	Google	http://www.lg.com/us/smart-watches/lg-W280A-sport

ANWENDUNGSBEISPIELE (AUSWAHL, NACH BRANCHEN)

7.7 Landwirtschaft				
KI-System	Use Case	Produktname/Projekt	Hersteller	Link
Robotik	Multifunktionale Agrarroboter-Plattform mit Reihenerkennung und Navigation	Bonirob V3	Deepfield Robotics Robert Bosch Start-up GmbH	www.deepfield-robotics.com/
	Unkrautbekämpfungsrroboter	Oz Weeding Robot	Naïo Technologies	www.naio-technologies.com
Autonome Transportmittel	Landwirtschaftsdrohnen	eBee + multiSPEC 4C sensor	AIRINOV	www.airinov.fr
	Smarte Erntemaschine für Grassoden	FireFly ProSlab 155	FireFly	fireflyequipment.com
Automatisierte Analysen	Intelligentes Farm Management (Planung, Überwachung und Analyse landw. Aktivitäten)	Agrivi Farm Management	Agrivi	www.agrivi.com/de/farm-management-software
	Identifikation und Klassifikation von Pflanzen	Soyfit, Canefit	Gamaya	gamaya.com
	Identifikation von Pflanzen und Tieren	Monitoring der Biodiversität, Saisbeco	Fraunhofer IDMT	https://www.idmt.fraunhofer.de/de/institute/projects_products/projects/expired_publicly_financed_research_projects/saisbeco.html
	Identifikation von Pflanzen und Tieren	Erkennung von morphologischen Merkmalen von Pflanzen(-teilen) mittels 3D-CT	Fraunhofer IIS	www.iis.fraunhofer.de/de/ff/zfp/proj/strukturen_von_pflanzen_in_hochaufloesung.html
Smarte Geräte, Anlagen, Umgebungen	Präventive Wartung in der Landwirtschaft	Lernen von Verhaltensmodellen zur Fehlerfrüherkennung, AGATA	Fraunhofer IOSB	www.iosb.fraunhofer.de/servlet/is/48985
	Umwelt-Monitoring	Voraussage von Lärm in der Stadt, Stadtlärm	Fraunhofer IDMT	www.idmt.fraunhofer.de/de/institute/projects_products/projects/Current_publicly_financed_research_projects/Stadtlarm.html

7.8 Logistik (Intralogistik)				
KI-System	Use Case	Produktname/Projekt	Hersteller	Link
Robotik	Intelligenter Transportroboter für Intralogistik	Servus ARC3 (Autonomous Robotic Carrier Generation 3)	Servus	https://www.servus.info/
Autonome Transportmittel	Intelligent vernetztes Zustellfahrzeug und Zustellrohnen	Vision Van (Studie, Stand 04.2017)	Daimler	www.daimler.com/innovation/specials/vision-van/
	Automatisierte Kolonnenfahren LKW	2016 <i>angekündigt, in Entwicklung</i>	Scania Group	www.scania.com/group/en/tag/platooning/
Smarte Geräte, Anlagen, Umgebungen	Universal-schnittstelle	Coaster	Fraunhofer IML	https://www.iml.fraunhofer.de/de/themengebiete/informationslogistik_und_assistenzsysteme/smart_devices/coaster-.html

7.9 Marketing/Medien				
KI-System	Use Case	Produktname/Projekt	Hersteller	Link
Kognitive Assistenten	Plattform für Conversational Commerce, Chatbots	Morph.ai	Morph.ai	morph.ai/
	Persönlicher Einkaufsassistent	MONA (app)	Mona Labs Inc.	www.monahq.com/
	Market Intelligence	Radarsystem zur Technologiefrüherkennung, futuretex	Fraunhofer IAO	www.stfi.de/forschungsvorhaben/open-innovation.html
Automatisierte Analysen	KI-unterstützte Videoanalyse	Valossa AI: Valossa Core API™ und Valossa Applications™	Valossa	val.ai/
	Kognitive Content-erstellung ¹⁴⁹ für digitales Marketing	Persado Plattform	Persado Inc.	persado.com/platform/
Smarte Geräte, Anlagen, Umgebungen	Adaptive Werbeflächen	Adaptive Plakate, Biolens	Fraunhofer IGD	http://www-old.igd.fraunhofer.de/sites/default/files/Flyer%20IDB%20BioLens.pdf
	Intelligente Ersetzung der Werbeeinhalte bei einem Livekamerabild	Live Overlays in der Bandenwerbung	Fraunhofer IAIS	https://www.iais.fraunhofer.de/de/geschäftsfelder/intelligente-medien-und-lernsysteme/uebersicht/live-overlays-in-der-werbung.html

149 Branchenübergreifende Anwendung: Finanzwesen/Retail & E-Commerce/Reisebranche/Telecom/Industrielle Produktion.

ANWENDUNGSBEISPIELE (AUSWAHL, NACH BRANCHEN)

7.10 Recht/Rechtsdienstleistungen				
KI-System	Use Case	Produktname/Projekt	Hersteller	Link
Kognitive Assistenten	Wissensbasierte Arbeitsplätze	Fragen mit Daten aus dem Web beantworten, WDAqua	Fraunhofer IAIS	wdaqqa.eu/
Automatisierte Analysen	Automatisierte sprachliche/statistische Analyse rechtlicher Dokumente	Legal Robot	Legal Robot, Inc.	www.legalrobot.com/
	Automatische Vertragsanalyse und Zusammenfassung	Beagle	Beagle Inc.	beagle.ai/

7.11 Sicherheit/Verteidigung				
KI-System	Use Case	Produktname/Projekt	Hersteller	Link
Robotik	Sicherheitsroboter	AnBot	National Defence University (China)	www.bodahub.com/chinese-robot-cop-anbot/
Kognitive Assistenten	Cybersicherheit und Privatsphärenschutz	ABig-Data-Analysen für Cybersicherheit und Privatsphärenschutz, BDCP	Fraunhofer SIT	www.sit.fraunhofer.de/de/mediasecurity/
Automatisierte Analysen	Schadensabwehr	Cognitive Security - Schutz vor Angriffen auf IT-Systeme, CC	Fraunhofer SIT	www.crisp-da.de/
Smarte Geräte, Anlagen, Umgebungen	Smart Policing	Smart Policing Initiative (SPI)	Kollaboratives Konsortium	https://de.slideshare.net/PresentPower36/smart-policing-43927030

LITERATUR

Abramovici, M./Herzog, O. (Hrsg.) (2016):

Engineering im Umfeld von Industrie 4.0. Einschätzungen und Handlungsbedarf, München, München.

acatech (Hrsg.) (2016):

Innovationspotenziale der Mensch-Maschine-Interaktion, München.

Affectiva (2017):

Affectiva's Emotion AI Humanizes How People And Technology Interact. <https://www.affectiva.com/>. Zuletzt geprüft am 22.05.2017.

APPSist:

Ein Forschungsprojekt der Industrie 4.0. Intelligentes Assistenz- und Wissenssystem in der Produktion. <http://www.appsist.de/>. Zuletzt geprüft am 18.05.2017.

arculus GmbH (2017):

Modular Production. <https://www.arculus.de/>. Zuletzt geprüft am 18.05.2017.

Audi AG:

Neue Fertigungstechnologien. <http://www.audi.com/corporate/de/nachhaltigkeit/themen-und-fakten/wertschoepfung-und-produktion/neue-fertigungstechnologien.html>.

Audi AG (2017):

Audi Digital Illustrated - Denk Fabrik. <https://audi-illustrated.com/de/audi-encounter-01-2017/denk-fabrik>. Zuletzt geprüft am 18.05.2017.

Bardt, H. (2016):

Autonomes Fahren. Eine Herausforderung für die deutsche Autoindustrie.

Bauckhage, C.:

Maschinelles Lernen und Künstliche Intelligenz – eine Zeitenwende.

Bertenrath, R. e. a. (2016):

Digitalisierung, Industrie 4.0, Big Data. IW-Report – 24/2016.

BITKOM (2016):

Germany - Excellence in Big Data, Berlin.

Biundo, S., et al. (2016):

Companion-Technology. An Overview, in: Künstl Intell 30, 1, S. 11–20.

BMW Group (2016):

BMW Group, Intel and Mobileye Team Up to Bring Fully Autonomous Driving to Streets by 2021. Zuletzt geprüft am 11.05.2017.

Bonetti, P. (2016):

HERE and Mobileye: crowd-sourced HD mapping for autonomous cars. Zuletzt geprüft am 11.05.2017.

Böttcher, B./Klemm, D./Velten, C. (2017):

Machine Learning im Unternehmenseinsatz. Künstliche Intelligenz als Grundlage digitaler Transformationsprozesse.

Brain4Cars (2016):

Brain4Cars – Cabin Sensing for Safe and Personalized Driving. <http://brain4cars.com/>. Zuletzt geprüft am 22.05.2017.

Coumau, J.-B./Furuhashi, H./Sarrazin, H. (2017):

A smart home is where the bot is, in: McKinsey Quarterly 2017.

Crisp Research AG (2016):

Machine Learning im Unternehmenseinsatz.

Cyberdyne (2017):

Cyberdyne. <https://www.cyberdyne.jp/>. Zuletzt geprüft am 22.05.2017.

Darpa Xplain (2016):

Explainable Artificial Intelligence. <http://www.darpa.mil/program/explainable-artificial-intelligence>. Zuletzt geprüft am 18.05.2017.

Deutschlandfunk (2017):

Abgezockt vom Computer – Künstliche Intelligenz schlägt Pokerprofis. http://www.deutschlandfunk.de/abgezockt-vom-computer-kuenstliche-intelligenz-schlaegt.676.de.html?dram:article_id=378514. Zuletzt geprüft am 18.05.2017.

Dickmanns, E. D. (2007):

Dynamic Vision for Perception and Control of Motion. <http://www.dyna-vision.de/>.

engadget (2016):

Google and Elon Musk open their AI platforms to researchers. <https://www.engadget.com/2016/12/05/google-and-elon-musk-open-their-ai-platforms-to-researchers/>. Zuletzt geprüft am 18.05.2017.

Europäische Kommission (2016):

ICT Challenge 2 Cognitive Systems and Robotics. <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/policies/robotics>. Zuletzt geprüft am 06.11.2017.

European Commission (2015):

Autonomous Systems.

European Global Navigation Satellite Systems Agency (GSA) (2017):

Galileo provides boost to smart transport systems.

Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI) (2016):

Jahresgutachten zu Forschung, Innovation und technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands 2016, Berlin.

Fachforum Autonome Systeme im Hightech-Forum (2017):

Autonome Systeme – Chancen und Risiken für Wirtschaft, Wissenschaft und Gesellschaft. Kurzversion, Abschlussbericht, Berlin.

FAZ (2017a):

Amerika genehmigt Übernahme: Kuka-Verkauf an Chinesen nimmt letzte Hürde. <http://www.faz.net/aktuell/wirtschaft/unternehmen/amerika-genehmigt-uebernahme-kuka-verkauf-an-chinesen-nimmt-letzte-huerde-14597756.html>. Zuletzt geprüft am 18.05.2017.

FAZ (2017b):

Fahrverbot für Diesel schadet der Umwelt.

FAZ (2017c):

Handy-Zulieferer Foxconn will fast alle Mitarbeiter durch Roboter ersetzen. <http://www.faz.net/aktuell/wirtschaft/internet-in-der-industrie/handy-zulieferer-foxconn-will-fast-alle-mitarbeiter-durch-roboter-ersetzen-14601265.html>. Zuletzt geprüft am 18.05.2017.

Fraunhofer IAIS (2017a):

Autokontext. <https://www.iais.fraunhofer.de/de/geschaeftsfelder/big-data-analytics/referenzprojekte/autokontext.html>. Zuletzt geprüft am 22.05.2017.

Fraunhofer IAIS (2017b):

Objekterkennung. <https://www.iais.fraunhofer.de/de/geschaeftsfelder/bildverarbeitung/uebersicht/objekterkennung.html>. Zuletzt geprüft am 22.05.2017.

Fraunhofer IAO (2015):

Hochautomatisiertes Fahren auf Autobahnen – Industriepolitische Schlussfolgerungen.

Fraunhofer IFF (2017):

Forschung und Entwicklung im Geschäftsfeld Robotersysteme (VALERI). <http://www.iff.fraunhofer.de/de/geschaeftsbereiche/robotersysteme/valeri.html>. Zuletzt geprüft am 22.05.2017.

Fraunhofer IGD:

Projekte. <https://www.igd.fraunhofer.de/projekte/digital-signage-biolens>. Zuletzt geprüft am 22.05.2017.

Fraunhofer IGD (2013):

Miraculous Life. <https://www.igd.fraunhofer.de/projekte/miraculous-life>. Zuletzt geprüft am 18.05.2017.

Fraunhofer IOSB:

SENEKA mobiles Roboter-Sensor-Netzwerk für Katastrophenmanagement. <https://www.iosb.fraunhofer.de/servlet/is/20222/>. Zuletzt geprüft am 22.05.2017.

Fraunhofer ISI, F. I. (2016):

Automatisierung und Robotik-Systeme. Studien zum deutschen Innovationssystem Nr. 11-2016, Karlsruhe.

Freeform Dynamics Ltd. (2016):

Intelligent Systems in Action. The rise of the machines has already begun.

Frost & Sullivan (2015):

Deep Learning Interfaces: Future of Artificial Intelligence. (Technical Insights). Deep Learning Unravels Layers of Patterns in Large Data.

Frost & Sullivan (2016a):

Consumer Robots as Domestic Assistants. Future Tech TOE.

Frost & Sullivan (2016b):

Executive Analysis of Self-learning Artificial Intelligence in Cars, Forecast to 2025. Investments Worth \$7.1 Billion to Develop 12 Use Cases across 3 Broad Applications by 2025.

Frost & Sullivan (2016c):

Global Care Assistance and Automation Robots Market, Forecast to 2021. Robot-based Hospital Automation and Augmented Quality of Care for Elderly and Disabled Offer High-yield, Early-stage Investment Opportunities for First Movers.

Frost & Sullivan (2016d):

Industrial Robotics – Decoding the Robotics Impact on Manufacturing. Collaborative Robots and Enriched Connectivity Technologies are Expected to Propel Growth in Factories. MCAD-10.

Frost & Sullivan (2016e):

Virtual Assistant Invasion – Will They Take Over the Contact Center. Advancements in Speech Technologies, Big Data and AI Unlock Growth Potential for Customer Care.

Frost & Sullivan (2016f):

Wearable Technologies in Sports. Techniques, Health and Performance in Line for Disruption, Buzz Surrounds Technique Optimization and Performance Monitoring Technologies. Nr. 9AC0-67.

Frost & Sullivan (2016g):

Intelligence is an Expectation: Artificial Intelligence and Recent Use Cases for Intelligent Assistants.

Frost & Sullivan (2016h):

Power Technologies for Drones and Autonomous Robots. Amidst Fierce Jostling between Emerging Technologies, Lithium Batteries to Emerge as Preferred Choice.

Frost & Sullivan (2016i):

Artificial Intelligence (AI) - R&D and Applications Roadmap. AI Advancing in Leaps and Bounds, Taking Machines Closer To Achieving Human-Like Intelligence.

Gartner (2016):

Hype Cycle for Smart Machines, 2016.

Gartner (2017):

Hype Cycle for Emerging Technologies, 2017, <http://www.gartner.com/newsroom/id/3784363>. Zuletzt geprüft am 15.09.2017

General Motors (2016):

Hello, OnStar – Meet Watson. IBM and GM introduce new cognitive mobility platform to improve the driving experience for millions of consumers. Zuletzt geprüft am 11.05.2017.

Get Vi (2016):

The world's first AI personal trainer. <https://www.getvi.com/>. Zuletzt geprüft am 18.05.2017.

Golem (2016):

Googles KI wird durch Trial-and-Error besser als Menschen. <https://www.golem.de/news/deep-mind-googles-ki-wird-durch-trial-and-error-besser-als-menschen-1606-121636.html>. Zuletzt geprüft am 18.05.2017.

Goodfellow, I., Bengio Y., Courville, A. (2016):

Deep Learning. MIT Press <http://www.deeplearningbook.org>. Zuletzt geprüft am 18.05.2017

Google (2015),

Methods and apparatus for reinforcement learning, Patent US 20150100530 A1, 2015.

Handelsblatt (2017):

Das mächtige Auge des Autos. Zuletzt geprüft am 11.05.2017.

IEEE Spectrum (2017):

AI Decisively Defeats Human Poker Players. <http://spectrum.ieee.org/automaton/robotics/artificial-intelligence/ai-learns-from-mistakes-to-defeat-human-poker-players>. Zuletzt geprüft am 18.05.2017.

IHS Technology (2016):

Automotive Electronics Roadmap Report.

International Transport Forum, C. P. (2015):

Automated and Autonomous Driving-Regulation Under Uncertainty, Paris.

IOT Analytics (2016):

Industrial Analytics 2016/2017. The current state of data analytics usage in industrial companies.

ITyX (2017):

ITyX- Good to know. <https://www.ityxsolutions.com/news/press>. Zuletzt geprüft am 06.11.2017.

Johnson, R. C. (2015):

Microsoft, Google Beat Humans at Image Recognition. Deep learning algorithms compete at ImageNet challenge. http://www.eetimes.com/document.asp?doc_id=1325712. Zuletzt geprüft am 18.05.2017.

Jones, N. (2014):

Deep Learning: Wie Maschinen lernen lernen. <http://www.spektrum.de/news/maschinenlernen-deep-learning-macht-kuenstliche-intelligenz-praxistauglich/1220451>. Zuletzt geprüft am 18.05.2017.

KDNuggets (2015):

"6 Crazy Things Deep Learning and Topological Data Analysis can do with Your Data". URL: <http://www.kdnuggets.com/2015/11/crazy-deep-learning-topological-data-analysis.html>. Zuletzt geprüft am 27.03.2017.

Klug, A. (2016)

Intelligent Automation with AI. ITyX Group.

Köbler, J. (2017):

Start Me Up. Dialoge Smart Factory, in: Audi illustrated Digital Magazine, 2017. <https://audi-illustrated.com/de/audi-encounter-01-2017/start-me-up>.

KPMG (2016):

I see. I think. I drive. (I learn). How Deep Learning is revolutionizing the way we interact with our cars.

KUKA AG (2017):

LBR iiwa- Industrieroboter. <https://www.kuka.com/de-de/produkte-leistungen/robotersysteme/industrieroboter/lbr-iiwa>. Zuletzt geprüft am 22.05.2017.

Link, A. N./Oliver, Z. T./O'Connor, A. C. (2016):

Economic Analysis of Technology Infrastructure Needs for Advanced Manufacturing: Advanced Robotics and Automation.

Martinez, M./Rybok, L./Stiefelhagen, R. (2015):

Action Recognition in Bed using BAMS for Assisted Living and Elderly Care.

Maurer, M., et al. (Hrsg.) (2015):

Autonomes Fahren. Technische, rechtliche und gesellschaftliche Aspekte, Berlin.

Meisel, W. (2016):

Specialized digital Assistants and Bots: Vendor Guide and Market Study.

Mnih, et al. (2013):

Playing Atari with Deep Reinforcement Learning.

Mobile Geeks (2017):

Künstliche Intelligenz zockt 4 Poker-Profis ab. <https://www.mobilegeeks.de/news/kuenstliche-intelligenz-poker-liberatus/>. Zuletzt geprüft am 18.05.2017.

National Science and Technology Council (2016):

Preparing for the Future of Artificial Intelligence.

Neef, A. (2016):

Kognitive Maschinen. Wie Künstliche Intelligenz die Wertschöpfung transformiert.

PwC Strategy& Germany (2016):

Connected car report 2016. Opportunities, risks and turmoil on the road to autonomous vehicles.

SmartFace (2016):

Aktuelles: Smartfactoryplanning. <http://www.smartfactoryplanning.de/projekt/aktuelles.html>. Zuletzt geprüft am 22.05.2017.

SPARC The Partnership for Robotics in Europe (2015):

Robotics 2020. Multi-Annual Roadmap for Robotics in Europe. Horizon 2020 Call ICT-2017 (ICT-25, ICT-27 & ICT-28).

Stanford University (2016):

Artificial Intelligence and Life in 2030. One Hundred Year study on Artificial Intelligence. Report of the 2015-2016 Study Panel.

Statista (2016a):

Aktuelle und zukünftig vorstellbare Anwendungsfälle von digitalen Sprachassistenten in Deutschland im Jahr 2016.

Statista (2016b):

Connected Car: Infotainment Services Outlook 2016. Trends, Insights & Key Player.

Statista (2016c):

Industrieroboter weltweit. Statista-Dossier.

Statista (2016d):

Künstliche Intelligenz. Statista-Dossier.

Statista (2016e):

Nutzung von Sprachassistenten in Deutschland. <https://de.statista.com/infografik/4686/nutzung-von-sprachassistenten-in-deutschland/>. Zuletzt geprüft am 29.05.2017.

Statista (2016f):

Siri und Co.-Stets zu Diensten. Prognose der weltweiten Nutzeranzahl von virtuellen digitalen Assistenten (in Mio.). https://infographic.statista.com/normal/infografik_5627_nutzung_von_digitalen_virtuellen_assistenten_n.jpg. Zuletzt geprüft am 18.05.2017.

Statista (2016g):

Smart Home: Home Entertainment.

Statista (2016h):

Warum nutzen Sie ungern Chatbots?

Statista (2017a):

Für welche Bereiche könnten Sie sich den Einsatz von Chatbots vorstellen?

Statista (2017b):

Umsatz mit virtuellen digitalen Assistenten für Endkunden im Jahr 2015 sowie eine Prognose bis 2021 (in Millionen US-Dollar).

TAB Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (2016):

Technologien und Visionen der Mensch-Maschine-Entgrenzung. Technologien und Visionen der Mensch-Maschine-Entgrenzung Sachstandsbericht zum TA-Projekt »Mensch-Maschine-Entgrenzungen: zwischen künstlicher Intelligenz und Human Enhancement«. Arbeitsbericht Nr. 167.

The Guardian (2016):

Tay, Microsoft's AI chatbot, gets a crash course in racism from Twitter. <https://www.theguardian.com/technology/2016/mar/24/tay-microsofts-ai-chatbot-gets-a-crash-course-in-racism-from-twitter>. Zuletzt geprüft am 18.05.2017.

The New York Times (2016):

Intel to Team With Delphi and Mobileye for Self-Driving Cars. Zuletzt geprüft am 11.05.2017.

The Wall Street Journal (2015):

Google Mistakenly Tags Black People as 'Gorillas,' Showing Limits of Algorithms. <https://blogs.wsj.com/digits/2015/07/01/google-mistakenly-tags-black-people-as-gorillas-showing-limits-of-algorithms/>. Zuletzt geprüft am 18.05.2017.

Tractica LLC. (2016):

The Virtual Digital Assistant Market Will Reach \$15.8 Billion Worldwide by 2021. Zuletzt geprüft am 11.05.2017.

VDMA:

Über die Branche Robotik. <http://robotik.vdma.org/article/-/articleview/1029845>. Zuletzt geprüft am 18.05.2017.

VDMA (2016):

Machine Learning 2030. Zukunftsbilder für den Maschinen- und Anlagenbau. Band 1, Frankfurt am Main.

Venture Beat (2016):

Mitsuku chatbot wins Loebner Prize for most humanlike A.I., yet again. <https://venturebeat.com/2016/10/15/mitsuku-chatbot-wins-most-humanlike-a-i-loebner-prize-again/>. Zuletzt geprüft am 18.05.2017.

VERB SURGICAL (2017):

We turn technology and information into actions that matter.
Zuletzt geprüft am 18.05.2017.

Verband der Automobilindustrie e.V. (2015):

Automatisierung. Von Fahrerassistenzsystemen zum automatisierten Fahren, Berlin.

Volkswagen (2017):

Infotainment-System. Zuletzt geprüft am 11.05.2017.

Wahlster, W. (2014):

Industrie 4.0: Künstliche Intelligenz in der Produktion.

Weißmann, A./Deutsch, E. (2016):

Kognitives Assistenzsystem unterstützt Ärzte und die Transformation des Gesundheitswesens. Zuletzt geprüft am 11.05.2017.

Winterhagen, J. (2016):

Neue Produktionsmethoden. Wird das Fließband abgeschafft? Die sequentielle Produktion hat das Auto bezahlbar gemacht. In der Fabrik der Zukunft, ausgestattet mit künstlicher Intelligenz, könnte es wild durcheinandergehen, in: FAZ, 07.12.2016. <http://www.faz.net/aktuell/technik-motor/auto-verkehr/neue-produktionsmethoden-wird-das-fliessband-abgeschafft-14557403.html>.

Wolfangel, E. (2017):

Der Computer als Rassist. <http://www.sueddeutsche.de/wissen/kuenstliche-intelligenz-der-computer-als-rassist-1.3432883>. Zuletzt geprüft am 18.05.2017.

Zilis, S. (2016):

The Current State of Machine Intelligence 3.0. <http://www.shivonzilis.com/>.

ABBILDUNGEN UND TABELLEN

Abbildung 1: Drei KI-Generationen im Vergleich	6
Abbildung 2: Interaktion eines KI-Systems mit seiner Umwelt	7
Abbildung 3: Gartner Hype-Cycle for Emerging Technologies	7
Abbildung 4: Lern- und Einsatzphase	9
Abbildung 5: Neuronale Netze	9
Abbildung 6: Kerntechnologien der KI	10
Abbildung 7: Autonome Systeme – Technologien und Prozesse	12
Abbildung 8: Bedeutende Übernahmen in der Robotikbranche	15
Abbildung 9: Stufen des autonomen Fahrens	21
Abbildung 10: Umsatz Infotainment Services	24
Abbildung 11: Einführung automatisierter Fahr- und Parkfunktionen	26
Abbildung 12: Markt für Smart-Home-Anwendungen	33
Abbildung 13: Nutzung von Sprachassistenten	38
Tabelle 1: Einsatzmöglichkeiten von KI-Systemen	8
Tabelle 2: Anbieter im Bereich der Robotik (Auswahl)	14
Tabelle 3: Anbieter im Bereich intelligentes autonomes Fahren	23
Tabelle 4: Anbieter im Bereich Smarte Geräte und Umgebungen	34
Tabelle 5: Anbieter im Bereich persönliche Assistenten	38
Tabelle 6: Anbieter im Bereich Service-Assistenten, Chatbots	40

IMPRESSUM

Zukunftsmarkt Künstliche Intelligenz – Potenziale und Anwendungen

Herausgeber

Fraunhofer-Allianz Big Data

In der Fraunhofer-Allianz Big Data bündeln 30 Institute ihr branchenübergreifendes Know-how für Big Data in Unternehmen. Hier erhalten Sie direkten Zugang zu dem breit gefächerten Kompetenzspektrum der Fraunhofer-Experten.

Beteiligte Institute

I Fraunhofer-Institut für Intelligente

Analyse- und Informationssysteme IAIS

Schloss Birlinghoven

53757 Sankt Augustin

Telefon: +49 2241 14-2252

Fax: +49 2241 144-2252

www.iais.fraunhofer.de

I Fraunhofer-Zentrum für Internationales

Management und Wissensökonomie IMW

Neumarkt 9-19

04109 Leipzig

Telefon: +49 341 231039-0

Fax: +49 341 231039-190

www.imw.fraunhofer.de

Coverbilder (v.o.l.n.u.r.)

© Foto adam121 / Fotolia

© Foto zapp2photo / Fotolia

© Foto stevanovic igor / Fotolia

© Foto valio84sl / iStock

© Foto Syda Productions / Fotolia

© Foto phongphan5922 / Fotolia

