



## Digitalisierung gestalten mit dem Periodensystem der Künstlichen Intelligenz

Ein Navigationssystem für Entscheider

## **Herausgeber**

Bitkom  
Bundesverband Informationswirtschaft,  
Telekommunikation und neue Medien e.V.  
Albrechtstraße 10 | 10117 Berlin  
T 030 27576-0  
[bitkom@bitkom.org](mailto:bitkom@bitkom.org)  
[www.bitkom.org](http://www.bitkom.org)

## **Ansprechpartner**

Lukas Klingholz | Bitkom e.V.  
Stefan Holtel | PricewaterhouseCoopers GmbH Wirtschaftsprüfungsgesellschaft  
Torsten Hartmann | Avantgarde Labs GmbH  
[periodensystem@bitkom.org](mailto:periodensystem@bitkom.org)

## **Verantwortliches Bitkom-Gremium**

AK Artificial Intelligence

## **Projektleitung**

Torsten Hartmann | Avantgarde Labs GmbH  
Stefan Holtel | PricewaterhouseCoopers GmbH Wirtschaftsprüfungsgesellschaft  
Dr. Mathias Weber | Bitkom e.V.

## **Satz & Layout**

Katrin Krause | Bitkom e.V.

## **Titelbild**

© Markus Spiske – unsplash.com

## **Copyright**

Bitkom 2018

Diese Publikation stellt eine allgemeine unverbindliche Information dar. Die Inhalte spiegeln die Auffassung im Bitkom zum Zeitpunkt der Veröffentlichung wider. Obwohl die Informationen mit größtmöglicher Sorgfalt erstellt wurden, besteht kein Anspruch auf sachliche Richtigkeit, Vollständigkeit und/oder Aktualität, insbesondere kann diese Publikation nicht den besonderen Umständen des Einzelfalles Rechnung tragen. Eine Verwendung liegt daher in der eigenen Verantwortung des Lesers. Jegliche Haftung wird ausgeschlossen. Alle Rechte, auch der auszugsweisen Vervielfältigung, liegen beim Bitkom.

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Geleitwort</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>Widmung</b>	<b>10</b>
<b>3</b>	<b>Management Summary</b>	<b>12</b>
3.1	KI – ein frisches Wertversprechen	12
3.2	Was verstehen wir unter dem Periodensystem der KI?	14
3.3	Einsatzszenarien für das Periodensystem der Künstlichen Intelligenz	19
3.4	Ziele und Zielgruppen der Publikation	21
3.5	Kritik und Ausblick	21
<b>4</b>	<b>Periodensystem der Künstlichen Intelligenz – die Elemente</b>	<b>25</b>
4.1	Speech Recognition [Sr]	25
4.2	Audio Recognition [Ar]	28
4.3	Face Recognition [Fr]	30
4.4	Image Recognition [Ir]	32
4.5	General Recognition [Gr]	34
4.6	Speech Identification [Si]	36
4.7	Audio Identification [Ai]	39
4.8	Face Identification [Fi]	42
4.9	Image Identification [Ii]	43
4.10	General Identification [Gi]	45
4.11	Predictive Inference [Pi]	47
4.12	Explanatory Inference [Ei]	50
4.13	Synthetic Reasoning [Sy]	53
4.14	Data Analytics [Da]	56
4.15	Planning [Pl]	58
4.16	Problem Solving [Ps]	60
4.17	Decision Making [Dm]	62
4.18	Text Extraction [Te]	64
4.19	Language Generation [Lg]	66
4.20	Language Understanding [Lu]	68
4.21	Relationship Learning [Lr]	71
4.22	Category Learning [Lc]	73
4.23	Knowledge Refinement [Lt]	75
4.24	Mobility Large [Ml]	77
4.25	Mobility Small [Ms]	80
4.26	Manipulation [Ma]	82
4.27	Communication [Cm]	84
4.28	Control [Cn]	86
<b>5</b>	<b>Anlagen</b>	<b>90</b>
5.1	Register Unternehmen und Organisationen	90
5.2	Quellen	91
5.3	Autoren	98

# Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: KI-Elemente im Überblick	15
Abbildung 2: Umsatzprognose für den Bereich Spracherkennung in den Jahren von 2015 bis 2024	27

# Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Kurzbeschreibungen der KI-Elemente	18
Tabelle 2: Beispiele für Einsatzszenarien des KI-Periodensystems	20

# Verzeichnis der Abkürzungen

Abkürzung	Bedeutung
[Ai]	Audio Identification
[Ar]	Audio Recognition
[Cm]	Communication
[Cn]	Control
[Da]	Data Analytics
[Dm]	Decision Making
[Ei]	Explanatory Inference
[Fi]	Face Identification
[Fr]	Face Recognition
[Gi]	General Identification
[Gr]	General Recognition
[Ii]	Image Identification
[Ir]	Image Recognition
[Lc]	Category Learning
[Lg]	Language Generation
[Lr]	Relationship Learning
[Lt]	Knowledge Refinement
[Lu]	Language Understanding
[Ma]	Manipulation
[Ml]	Mobility Large
[Ms]	Mobility Small
[Pi]	Predictive Inference
[Pl]	Planning
[Ps]	Problem Solving
[Si]	Speech Identification
[Sr]	Speech Recognition
[Sy]	Synthetic Reasoning
[Te]	Text Extraction

Abkürzung	Bedeutung
<b>ACL</b>	Association for Computational Linguistics
<b>AI</b>	Artificial Intelligence
<b>API</b>	Application Programming Interface
<b>ARMA</b>	Autoregressive – moving-average Model
<b>BBC</b>	British Broadcasting Corporation
<b>Bitkom</b>	Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e.V.
<b>BMBF</b>	Bundesministeriums für Bildung und Forschung
<b>BPM</b>	Business Process Management
<b>CAGR</b>	Compound Annual Growth Rate
<b>CBP</b>	U.S. Customs and Border Protection
<b>CES</b>	The International Consumer Electronics Show
<b>CPS</b>	Cyber-Physical System
<b>CPU</b>	Central Processing Unit
<b>CT</b>	Computertomographie
<b>DARPA</b>	Defense Advanced Research Projects Agency
<b>DFKI</b>	Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz
<b>DKOU</b>	Deutscher Kongress für Orthopädie und Unfallchirurgie
<b>DoD</b>	Department of Defence
<b>DSRC</b>	Dedicated Short Range Communication
<b>EMNLP</b>	Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing
<b>ERP</b>	Enterprise Resource Planning
<b>ETH</b>	Eidgenössische Technische Hochschule
<b>FIT</b>	Fraunhofer-Institut für Angewandte Informationstechnik
<b>HPI</b>	Hasso-Plattner-Institut für Digital Engineering
<b>HSBC</b>	Hongkong & Shanghai Banking Corporation Holdings PLC
<b>IAIS</b>	Fraunhofer-Institut für Intelligente Analyse- und Informationssysteme
<b>IDMT</b>	Fraunhofer-Institut für Digitale Medientechnologie
<b>IFR</b>	International Federation of Robotics

Abkürzung	Bedeutung
<b>IML</b>	Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik
<b>IOF</b>	Fraunhofer-Institut für Optik und Feinmechanik
<b>IPA</b>	Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung
<b>ISST</b>	Fraunhofer-Institut für Software- und Systemtechnik
<b>ISWC</b>	International Semantic Web Conference
<b>KI</b>	Künstliche Intelligenz
<b>KMU</b>	Kleine und mittelständische Unternehmen
<b>MIT</b>	Massachusetts Institute of Technology
<b>MPI-INF</b>	Max-Planck-Institut für Informatik
<b>MRT</b>	Magnetresonanztomographie
<b>NIPS</b>	Neural Information Processing Systems
<b>NIST</b>	National Institute of Standards and Technology
<b>NLP</b>	Natural Language Processing
<b>NSTC</b>	National Science and Technology Council
<b>RPA</b>	Robotic Process Automation
<b>TED</b>	Technology, Entertainment, Design (ursprünglich jährliche Innovations-Konferenz in Monterey, Kalifornien – bekannt durch die TED-Talks)
<b>VDMA</b>	Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V.
<b>WWW</b>	The Web Conference
<b>XAI</b>	eXplainable AI

# 1 Geleitwort

# 1 Geleitwort



Achim Berg,  
Präsident Bitkom

Künstliche Intelligenz ist ein Begriff, der uns seit Jahrzehnten begleitet. So lange wird bereits an »intelligenten« Maschinen und »intelligenter« Software geforscht – und noch viel länger ranken sich in Literatur und Film Erzählungen um KI, die unsere Fantasie anregen. Einen echten Durchbruch hat KI allerdings erst in den vergangenen Jahren erlebt. KI-gestützte Assistenten verbreiten sich mit unseren Smartphones und ziehen in unsere Wohnzimmer ein. Selbstfahrende Autos werden auf unseren Autobahnen getestet, in den Kliniken werden Ärzte durch KI bei der Diagnose unterstützt. KI-Systeme können heute vielfältige Aufgaben übernehmen, die von der Beschaffung und Verdichtung von Informationen über die Verrichtung gefährlicher oder körperlich besonders anstrengender Arbeiten bis hin zur Unterstützung von Management-Entscheidungen reichen.

Umso erstaunlicher ist es, dass es häufig an einer konkreten Vorstellung fehlt, was denn KI überhaupt ist. Die vorliegende Publikation möchte einerseits einen Überblick über all jene Elemente geben, die in ihrem Zusammenspiel das ausmachen, was wir heute als KI bezeichnen. Zum anderen sollen auch ganz konkrete Anwendungsbeispiele gezeigt werden, wo heute schon KI-Systeme in unserem Alltag und in Unternehmen eingesetzt werden.

Ich bin überzeugt, dass KI die Schlüsseltechnologie des 21. Jahrhunderts ist. Schon in wenigen Jahren werden viele Produkte und Services mit Maschinenintelligenz ausgestattet oder sogar von ihr geprägt sein. Und zwar Produkte und Services, die heute die hervorragende Stellung der deutschen Unternehmen in der Weltwirtschaft garantieren. Es muss uns daher zur langfristigen Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit unserer Wirtschaft gelingen, bei der Anwendung dieser Technologie eine weltweit führende Rolle einzunehmen.

Damit das gelingt, sind in erster Linie die Unternehmen gefordert, die Möglichkeiten der KI zu nutzen. Genau an dieser Stelle sollen die Best-Practice-Beispiele dieser Publikation den Verantwortlichen in den Unternehmen helfen. Es geht nicht darum, eine neue Technologie um ihrer selbst willen einzusetzen. Vielmehr muss es darum gehen, die Chancen für das eigene Unternehmen praktisch auszuloten. Hier können Mittelständler und Großunternehmen etwas von Startups lernen: das Ausprobieren, das Wagen.

Daneben muss es aber auch gelingen, das KI-Potenzial in der Gesellschaft zu mobilisieren. Das betrifft neben den Unternehmen die gesamte Forschungslandschaft, die schulische Bildung, das

System der Weiterbildung und Re-Qualifizierung sowie die verschiedenen Politikbereiche bis hin zur Gestaltung eines rechtlichen und regulatorischen Rahmens. Die Grundlage dafür ist nicht zuletzt ein breites Wissen über die technologischen Grundlagen der Künstlichen Intelligenz, die im Folgenden zusammengetragen sind. Ich wünsche allen Lesern eine anregende Lektüre und viele neue Ideen für die Praxis.

# 2 Widmung

## 2 Widmung



### Nachruf

**Dr. Mathias Weber,**  
Bereichsleiter IT Services im  
Bitkom e.V.

Dr. Mathias Weber ist am 6. Mai 2018 für uns alle völlig unerwartet verstorben. Er hat die Publikation »Periodensystem der Künstlichen Intelligenz« begleitet und entscheidend zu ihrer Realisierung beigetragen.

Mathias Weber gehörte seit der Gründung des Bitkom e.V. zu den prägenden Persönlichkeiten des heute größten und bedeutendsten Europäischen Digitalverbandes. Im Jahr 2000 – also in Zeiten, in denen die Technisierung unserer Kommunikation in der öffentlichen Wahrnehmung noch eine vergleichsweise moderate Rolle eingenommen hat – übernahm Mathias Weber die Verantwortung für alle Verbandsaktivitäten rund um Software, IT-Services und Knowledge Management. Er war eine der prägenden Persönlichkeiten des Bitkom.

Mathias Weber schuf mit der KnowTech (2000-2015) und dem BigData.AI-Summit (seit 2016) erfolgreiche Fachkonferenzen, die er für Wirtschaft und Wissenschaft über die Jahre zu herausragenden Formaten entwickelte. Er hat vielen Experten eine Bühne geboten, sie vernetzt und unterstützt. In den vergangenen Jahren hat sich Mathias Weber den Themen Cloud Computing und Artificial Intelligence im Bitkom gewidmet. Mit Sachverstand und herausragendem Engagement hat er innovative Aktivitäten und Veröffentlichungen im Umfeld der Bitkom-Arbeitskreise initiiert und es immer wieder exzellent verstanden, die richtigen Menschen zusammenzuführen.

Leider hat Dr. Mathias Weber die Veröffentlichung seines Projektes nicht mehr selbst erlebt. Er ist an den unerwarteten Komplikationen nach einer Operation verstorben. Diese Publikation reiht sich ein in die vielen erfolgreichen Fachbücher und Leitfäden, die Dr. Mathias Weber mit herausragendem Engagement in den vergangenen 20 Jahren vorangetrieben hat. Ohne ihn wäre das »Periodensystem der Künstlichen Intelligenz« in dieser Form und Qualität nicht realisiert worden. Als entschlossener Unterstützer und erfahrener Freund wird er uns schmerzlich fehlen.

# 3 Management Summary

# 3 Management Summary

## 3.1 KI – ein frisches Wertversprechen

Künstliche Intelligenz (KI) gilt heute als der Taktgeber für die Digitalisierung eines Unternehmens. Entscheider müssen das Wesen von KI in ihren Grundzügen verstehen. Nur dann können sie KI als Kerntreiber in ihre Unternehmensstrategie angemessen einbauen. In den letzten Jahren haben wichtige Trends Fahrt aufgenommen. Wir treten in eine Ära der KI ein:

- Es entwickelt sich ein stetig wachsender Strom neuartiger Daten,<sup>1</sup> die plötzlich typische KI-Algorithmen wie Deep Learning beflügeln.
- Immer größere Rechenkapazitäten stehen zu vertretbaren Kosten bereit, um diese Datenmengen auch sinnvoll speichern und verarbeiten zu können.
- Immer mehr Probleme können durch Maschinen gelöst werden, z. B. das automatische Erkennen und Identifizieren gesprochener Sprache oder das Erkennen pathologischer Befunde in der medizinischen Bildgebung.

Für die meisten Geschäftsmodelle entpuppt sich KI als frisches Wertversprechen: Wer es schafft, seine Produkte und Dienstleistungen mit einem KI-Schild zu versehen, erfreut sich derzeit gesteigerter Aufmerksamkeit.

### Die Ära der Künstlichen Intelligenz

Der Megatrend Digitalisierung ist angekommen. Die meisten Unternehmen haben die Digitalisierung auf die Agenda gesetzt. Und die KI ist ihr Antreiber und leitet eine neue Ära in der Art und Weise ein, wie Informationstechnik die Geschicke eines Unternehmens lenkt. Entscheider können sich nicht zurücklehnen. Sie müssen den möglichen Nutzen der KI für die digitale Transformation ihres Unternehmens verstehen, den Einsatz konzipieren und die Einführung mit Verantwortung und Weitsicht begleiten. Vor allem dürfen sie ihre Augen nicht vor dem Paradigmenwechsel verschließen, der mit KI jede Organisation überziehen wird.<sup>2</sup>

Allerdings ist klar: Wer kein KI-Experte ist, dem fällt es schwer, das sperrige Thema zu durchdringen. Geschweige denn ist er in der Lage, Investitionsvorschläge zu beurteilen oder die Tragweite einer strategischen Neuausrichtung mittels KI umfänglich zu erfassen. Dennoch müssen Entscheider die KI mindestens so gut verstehen, dass sie ihren Fachexperten auf Augenhöhe begegnen können. Sie müssen zwar nicht selbst zum Experten werden, sich aber ein Grundverständnis über die Prinzipien der KI aneignen.

KI lässt sich nicht einfach als eine Art neue Kategorie von Software verorten. Vielmehr wird sie Systemen und Prozessen zukünftig immanent eingeschrieben sein. Sie nistet sich in Algorithmen,

---

1 Vgl. IDC, 2013

2 Vgl. Lewis & Lee, 2015

Datenstrukturen und Informationsflüssen ein. Sie wird Unternehmen umgeben wie Luft und Wasser jedes Lebewesen. Das macht es schwierig, KI isoliert zu definieren und daraus klare Handlungsanweisungen abzuleiten.

Bis sich KI als Leitlinie etabliert hat, werden Jahre vergehen. Denn viele Techniken stehen gerade erst auf dem Sprung von der Wissenschaft in die Anwendung. Aber bereits jetzt sollten sich Entscheider damit beschäftigen. Sie benötigen ein fundiertes Überblickswissen, um in kurzer Zeit kluge Antworten zu finden. Sie müssen die Chancen durch KI rechtzeitig erkennen, aber gleichzeitig die Risiken im Auge behalten und kontrollieren. KI entpuppt sich als ein »vertracktes Problem« (wicked problem), dass sie zu lösen haben.<sup>3</sup>

## Künstliche Intelligenz für das Unternehmen verstehen

Wenn Unternehmen identifizieren wollen, welche Rolle die KI für ihre Strategie der Digitalisierung spielen könnte, stoßen sie meist auf ähnliche Fragen:

- Wie können wir herausfinden, für welche Anwendungsfälle die KI disruptiven Charakter haben könnte, die Effizienz steigert und die Automation der Wertschöpfungskette ermöglicht?
- Wie sollen wir die Angebote mehrerer KI-Anbieter miteinander vergleichen?
- Wie können KI-Experten mit den Fachspezialisten über die KI kommunizieren, um plausible Erwartungen allgemein verständlich zu formulieren und überzogene Annahmen frühzeitig zu revidieren?
- Wie sollten wir im dynamischen Markt der KI-Produkte und Dienste technische Innovationen einordnen, die erst während der Umsetzung unserer Digitalisierungsstrategie an die Oberfläche sprudeln, sollen wir diese »on-the-fly« einbinden?

Beantworten müssen diese Fragen typischerweise Entscheider, die keine Experten für die Vielzahl der Haupt- und Randgebiete der KI sind. Deshalb besucht diese Personengruppe Fortbildungsveranstaltungen. Durch die Vielzahl potenziell relevanter Themen, den oft geringen Praxisbezug und erheblichen Zeitaufwand ist das oft keine empfehlenswerte Option, sich das notwendige Wissen anzueignen. Eine Alternative wäre, die gesamte Digitalisierung an externe Dienstleister zu delegieren. Aber da die KI derart wirkmächtig ist und viele Kernthemen sowohl in technischer als auch organisatorischer Hinsicht berührt, verlöre ein Unternehmen seine Autonomie und Kernstufen seiner Wertschöpfung wären plötzlich abhängig von externen Geschäftspartnern.

Der Königsweg wäre das Erlernen einer Art »Lingua Franca«, um über strategische Optionen der KI kommunizieren zu können. Eine solche Sprache wäre ein Ansatz, um komplexe KI-Fragestellungen in fachlich heterogenen Arbeitsgruppen systematisch zu beantworten. Der Computer-

3 Vgl. Conklin, 2006 und Holtel, 2016

wissenschaftler Kristian Hammond hat den Versuch unternommen, diese Lingua Franca zu konzipieren. In Anlehnung an die Chemie nennt er sie das »Periodensystem der Künstlichen Intelligenz«.<sup>4</sup>

## 3.2 Was verstehen wir unter dem Periodensystem der KI?

### Zu viele Definitionen

Die Entstehung des Begriffs »Künstliche Intelligenz« reicht zu einer Konferenz im Jahr 1956 zurück.<sup>5</sup> Seitdem wurden viele Versuche unternommen, KI zu definieren.<sup>6</sup> Vergleicht man die Definitionen, erkennt man in ihnen nur einen gemeinsamen Nenner: KI ist die Simulation kognitiver Fähigkeiten mittels technischer Hilfsmittel, die bisher dem Menschen vorbehalten waren.

Allerdings hilft eine solche Definition in der Praxis nicht weiter. Sie ist zu allgemein formuliert und setzt Expertise in den Kognitionswissenschaften voraus, um sie operational verorten zu können. Benötigt wird ein praktikabler Weg, um den Begriff KI für den Einsatz im Unternehmen praktisch zu machen.

4 Vgl. Hammond K., 2016

5 Vgl. McCarthy, Minsky, Rochester, & Shannon, 1955

6 Vgl. z. B. Bataller & Harris, 2015 sowie High, 2012

## Mit Legosteinen die Künstliche Intelligenz bauen

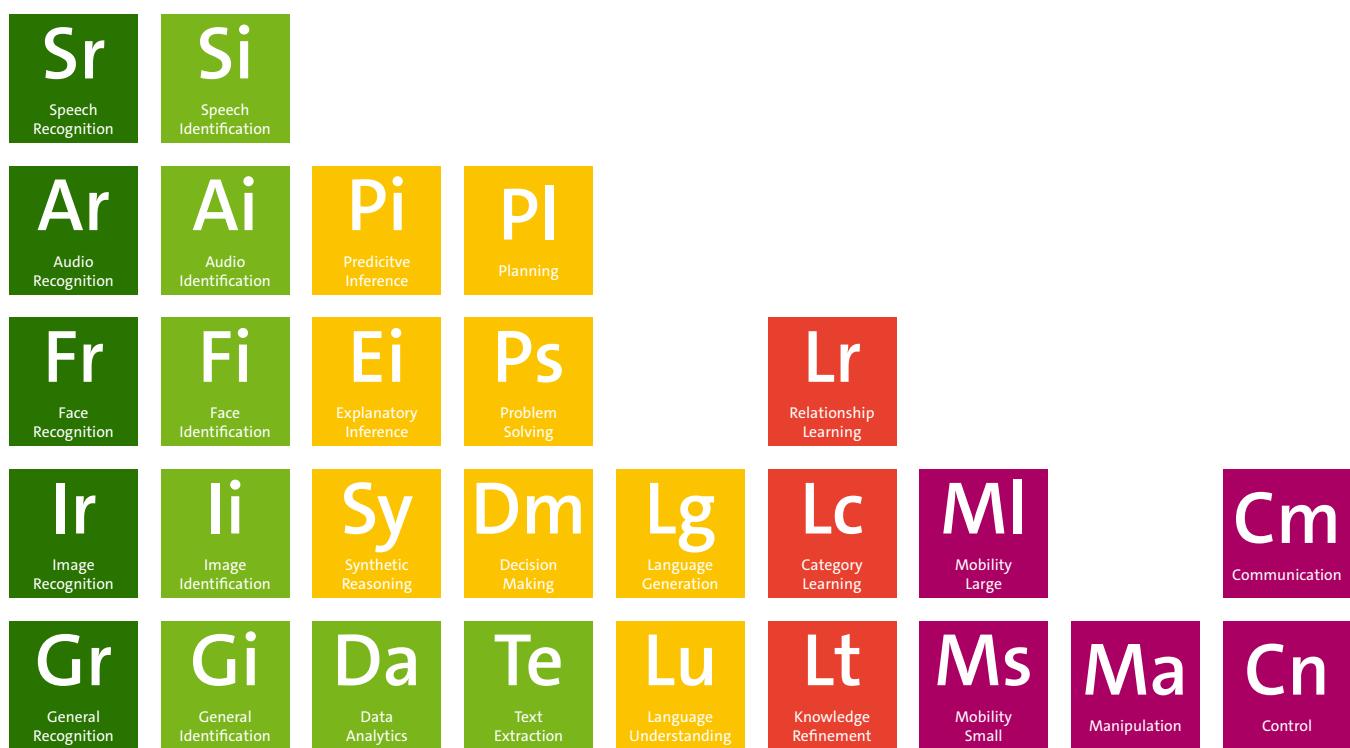


Abbildung 1: KI-Elemente im Überblick<sup>7</sup>

Kristian Hammond betrachtet KI als die Kombination von Grundelementen, ähnlich verschiedener LEGO-Steine (vgl. Abbildung 1). Jedes KI-Element repräsentiert eine Teilfunktion, die sich historisch als gekapselte Funktionalität einer bestimmten Komplexität und Mächtigkeit etabliert hat. Der Autor definiert insgesamt 28 KI-Elemente (vgl. Tabelle 1, zweite Spalte), die nach generellen Kriterien kombiniert werden können. Jedes KI-Element fällt in eine von drei Gruppen (vgl. Tabelle 1, erste Spalte). Die Auswahl mindestens eines KI-Elements aus jeder Gruppe repräsentiert als »KI-Element-Tripel« den typischen Verarbeitungsschritt eines durch KI getriebenen Anwendungsfalls, nämlich Assess (z. B. die Verkehrssituation um ein Roboterauto in Millisekunden erfassen), Infer (z. B. die Wahrscheinlichkeit eines Auffahrungsfalls für die nächsten 3 Sekunden kalkulieren) und Respond (z. B. das Brems- oder Ausweichmanöver des Roboterautos einleiten).

In Analogie zur Chemie nennt Hammond die tabellarische Anordnung aller KI-Elemente ein »Periodensystem der Künstlichen Intelligenz« (vgl. Abbildung 1).

<sup>7</sup> Vgl. Hammond K., 2016. Eine Übersetzung dieser Arbeit hat Bitkom zum Download bereitgestellt (Bitkom 2018).

## Periodensystem unterstützt Verständnis komplizierter Zusammenhänge

Jeder kennt das »Periodensystem der Elemente« aus dem Chemieunterricht seiner Schulzeit. Uns sind viele Elemente und ihre Eigenschaften geläufig. Wir kennen H<sub>2</sub> (Wasserstoff) und O<sub>2</sub> (Sauerstoff) und wir haben gelernt, dass beide Elemente sich zum Wassermolekül H<sub>2</sub>O verbinden. Wasser wäre also das gewünschte oder benötigte Endprodukt. Um es herzustellen, benötigen wir zu seiner Synthese Elemente mit definierten Eigenschaften. Periodensysteme stellen eine Brücke zwischen den in der Physik beschriebenen Modellen (atomare Ebene) und dem Verständnis von Verbindungen der Natur (biologische Ebene) her. Es ist eine großartige Leistung, solch eine Vielzahl von Eigenschaften in eine darstellbare grafische Systematik zu bringen. Es gibt viele weitere Periodensysteme, wir beziehen uns hier auf den »Klassiker« aus der Schule.

In komplexen Gebilden wie dem menschlichen Körper hilft uns das Periodensystem, Eigenschaften und Wechselwirkungen zu verstehen – zum Beispiel bei der Entwicklung von Medikamenten. Das Periodensystem ist so zum Beispiel bei der Entwicklung neuer Wirkstoffe auch in Zeiten der Computerchemie von fundamentaler Bedeutung. Hier wird nicht geurteilt, ob ein Element wertvoller, schwerer oder flüchtiger ist. Es wird lediglich beurteilt, welche Elemente ich benötige, ob diese künstlich zu erzeugen sind und wie teuer die Herstellung wird.

Das Periodensystem ist ein intuitiver und schneller »Lego-Baukasten«, der uns unterstützt, komplexe Zusammenhänge zwischen Bausteinen (Atomen) und Molekülen (Naturstoffe, Steine oder Metalle) intellektuell zu erfassen.

Wir Menschen benötigen für eine Aufgabe und zur gleichen Zeit nie alle unsere Fähigkeiten. Wer gerade ein Fahrzeug steuert, ist konzentriert auf das Sehen, Hören, Interpretieren und die Motorik. Wenn wir uns anstrengen, mit »kognitiven Systemen« menschliche Eigenschaften nachzuahmen, müssen wir ebenfalls für diese Aufgaben die richtigen Elemente und Herausforderungen verstehen. Das Periodensystem unterstützt dabei, den Begriff KI auf Geschäftsprozesse abzubilden und ein Verständnis der Elemente aufzubauen – ähnlich wie im Periodensystem der chemischen Elemente. Der Ansatz hilft beim Verständnis und bei der Einschätzung von Marktreife, Aufwänden, benötigtem Maschinentraining sowie Wissen und Erfahrungen der Mitarbeiter.

Mit Hackathons lassen sich so komplexe Technologien schließlich auf ihre Praxistauglichkeit überprüfen: Teams haben 24-48 Stunden Zeit, ihre Idee in einem Prototypen abzubilden und dabei aufzuzeigen, wie die generelle Vorgehensweise dazu ist. Als Beispiel für diesen Ansatz sei IBM Watson mit dem AI XPrize<sup>8</sup> genannt, den Kristian Hammond<sup>9</sup> mit seiner »Periodic Table of AI« gewann.<sup>10</sup>

<sup>8</sup> Vgl. IBM Watson AI XPRIZE

<sup>9</sup> Chief Scientist and Co-Founder of Narrative Science and a Professor of Computer Science and Journalism at Northwestern University

<sup>10</sup> Vgl. Hammond K. , 2017

## Kurzbeschreibungen der KI-Elemente

Gruppe	Element	Abkürzung	Kurzbeschreibung
Assess	<b>Speech Recognition</b>	[Sr]	Das Erkennen von gesprochener Sprache und/oder Gefühlszuständen allgemein in einem Audiosignal.
Assess	<b>Audio Recognition</b>	[Ar]	Das Erkennen bestimmter Arten von Geräuschen (Alarne, Gerätestress, Automotor) in einem Audiosignal.
Assess	<b>Face Recognition</b>	[Fr]	Das Erkennen von Gesichtern und emotionalen Zuständen in Bildern oder Videosignalen.
Assess	<b>Image Recognition</b>	[Ir]	Das Erkennen bestimmter Objekttypen in Bildern oder Videosignalen.
Assess	<b>General Recognition</b>	[Gr]	Das Analysieren von Sensordaten zum Erkennen von Objekttypen und/oder Situationen allein aus dem Signal heraus.
Assess	<b>Speech Identification</b>	[Si]	Das Erkennen einer individuellen Stimme in einem Audiosignal.
Assess	<b>Audio Identification</b>	[Ai]	Das Erkennen von Audiosignaturen (ein bestimmter Motor oder eine bestimmte Türklingel) aus Audiosignalen.
Assess	<b>Face Identification</b>	[Fi]	Das Erkennen konkreter Personen in Bildern oder Videosignalen.
Assess	<b>Image Identification</b>	[Ii]	Das Erkennen eines konkreten Objekts in einem Bild oder Video.
Assess	<b>General Identification</b>	[Gi]	Das Analysieren von Sensordaten, um Objekte und/oder Situationen allein aus dem Signal heraus zu erkennen.
Infer	<b>Predictive Inference</b>	[Pi]	Das Vorhersagen von Ereignissen oder Zuständen in der Zukunft auf der Grundlage eines Verständnisses eines aktuellen Zustandes der Welt und der Funktionsweise der Welt.
Infer	<b>Explanatory Inference</b>	[Ei]	Das Erklären von Ereignissen oder Zuständen in der realen Welt, basierend auf dem Verständnis früherer Zustände.
Infer	<b>Synthetic Reasoning</b>	[Sy]	Das Verwenden von Beweisen, um Rückschlüsse auf den realen Zustand der Welt, eine Vorhersage oder eine Erklärung zu unterstützen.
Assess	<b>Data Analytics</b>	[Da]	Das Analysieren von Daten, um bestimmte Tatsachen und/oder Ereignisse zu erkennen, die diese Daten repräsentieren.
Infer	<b>Planning</b>	[Pl]	Das Erstellen eines Aktionsplans auf der Grundlage einer Reihe von Zielen, eines Verständnisses des realen Zustands der Welt und des Wissens über Handlungen und deren Konsequenzen.
Infer	<b>Problem Solving</b>	[Ps]	Das Erstellen einer Lösung für ein Problem, das mit oder ohne den Einsatz von Aktionen verbunden sein kann (siehe Planning [Pl]).
Infer	<b>Decision Making</b>	[Dm]	Das Auswählen eines bestimmten Plans oder einer Lösung auf der Grundlage vorliegender Fakten, alternativer Lösungen und einer Reihe von Zielen.
Assess	<b>Text Extraction</b>	[Te]	Das Analysieren von Texten, um Informationen über Entitäten, Zeit, Orte und Fakten extrahieren, die ausschließlich im Text enthalten sind.
Infer	<b>Language Generation</b>	[Lg]	Das Erstellen natürlicher Sprachtexte und/oder Erklärungen basierend auf einem gewissen Verständnis der Welt.
Infer	<b>Language Understanding</b>	[Lu]	Das Erstellen einer semantischen Repräsentation der Bedeutung eines Textes, der den Kontext und ein gewisses Verständnis über das Funktionieren der Welt zeigt.
Infer	<b>Relationship Learning</b>	[Lr]	Das Erkennen von Beziehungen zwischen Merkmalen, die dazu verwendet werden können, das Vorhandensein eines Satzes von versteckten Merkmalen vorherzusagen, wenn andere sichtbar sind (z. B. Korrelation zwischen abgewiesenen Anrufern und Kundenabwanderung).

Gruppe	Element	Abkürzung	Kurzbeschreibung
Infer	<b>Category Learning</b>	[Lc]	Das Erkennen neuer Kategorien von semantischen Werten auf der Grundlage von Merkmalssammlungen.
Infer	<b>Knowledge Refinement</b>	[Lt]	Das Überarbeiten von Wissen oder Regeln, die bereits existieren als Reaktion darauf, dass sie zur Unterstützung von Handlungen oder Schlussfolgerungen verwendet werden.
Respond	<b>Mobility Large</b>	[Ml]	Das Steuern autonomer Fahrzeuge, die zuallererst mit anderen Fahrzeugen interagieren.
Respond	<b>Mobility Small</b>	[Ms]	Das Steuern von Robotern, die sich durch Innenräume bewegen, arbeiten und mit Menschen interagieren.
Respond	<b>Manipulation</b>	[Ma]	Das Manipulieren derselben Objekte, mit denen Menschen regelmäßig arbeiten.
Respond	<b>Communication</b>	[Cm]	Mechanismen, die das Ausführen verschiedener Formen der Kommunikation zwischen Mensch und Maschine unterstützen.
Respond	<b>Control</b>	[Cn]	Das intelligente Steuern anderer Maschinen, wenn keine Manipulation oder Handlung in der physischen Welt erforderlich ist (z. B. automatisierter Handel).

Tabelle 1: Kurzbeschreibungen der KI-Elemente

Das Periodensystem der KI hilft, systematisch über die Einsatzzwecke, Chancen und Risiken von KI zu reflektieren, ohne sich dabei in Diskursen über ihre technische Umsetzung zu verlieren. Es hilft z. B., plausible Einsatzzwecke für die Digitalisierung zu erkennen, die Angebote verschiedener Anbieter miteinander zu vergleichen oder die organisationale Konsequenz des Einzugs von KI in ein Unternehmen im Blick zu behalten. Mit der Idee eines Periodensystems der KI erreicht Hammond zwei wichtige Ziele:

- Ein »Periodensystem« der Elemente ist eine wirkmächtige Metapher.<sup>11</sup> Sie ist jedem geläufig. Jeder versteht die Metapher ohne weitere Einführung und kann sie sofort nutzen.
- Die Anzahl von 28 funktionalen KI-Elementen ist überschaubar. Sie lassen sich auch für komplexe Anwendungsfälle der KI in der Diskussion benutzen, zumal meist nur wenige KI-Elemente eine Rolle spielen.

Der [Abschnitt 3.3](#) zeigt Beispiele, in welchen Tätigkeiten die Digitalisierung eines Unternehmens betreffend das Periodensystem der KI eine Rolle spielen könnte. Alle Beispiele folgen einem einheitlichen Format, um Ausgangssituation, Kontext, Problem und Lösung sowie Nutzen eines Anwendungsfalles schnell erfassen zu können.

11 Vgl. Lakoff & Johnsen, 2003

### 3.3 Einsatzszenarien für das Periodensystem der Künstlichen Intelligenz

#### Beispiele für Einsatzszenarien des KI-Periodensystems

	Zielgruppe	Unternehmen, die ein KI-Produkt für die digitale Transformation nutzen wollen
	Kontext	Die Ausschreibung für ein KI-Projekt soll veröffentlicht werden. Der KI-Interessent fragt sich, wie er die Angebote mehrerer Anbieter bewerten soll.
1. KI-Produkte miteinander vergleichen	Problem	Wie können Angebote von KI-Anbietern systematisch miteinander verglichen werden?
	Lösung	Die Erklärungen des Periodensystems der KI werden Bestandteil der Ausschreibung. Anbieter müssen das von ihnen vorgelegte Angebot in den Begrifflichkeiten des Periodensystems der KI verorten und z. B. den Umfang angebotener KI-Funktionalitäten gegen fehlende abgrenzen.
	Resultat	Mehrere Angebote sind nach einem einheitlichen Schema miteinander verglichen worden. Die Alleinstellungsmerkmale jedes Anbieters sind sichtbar und helfen zu einer fundierten Entscheidung über die vorliegenden Angebote.
	Zielgruppe	Anbieter von KI-Produkten, die ihr Angebot im Wettbewerb positionieren wollen.
	Kontext	Anbieter wollen die Vorteile ihres Angebots demonstrieren. Ihr KI-Produkt umfasst mehrere ineinander greifende KI-Elemente. Ohne detaillierte technische Expertise fällt es schwer, einem Interessenten die Alleinstellungsmerkmale darzustellen.
2. Merkmale eines KI-Angebotes hervorheben	Problem	Wie kann ein Anbieter die Vorteile seines KI-Produkts herausstellen?
	Lösung	Der Anbieter spiegelt sein KI-Portfolio am Periodensystem. Er misst den Durchsatz jedes einzelnen KI-Elements, das er anbietet an akzeptierten Benchmarks.
	Resultat	Der Anbieter kann demonstrieren, wie sich sein KI-Produkt von Mitbewerbern anhand akzeptierter Benchmarks abhebt.
	Zielgruppe	Unternehmen, die verstehen wollen, wie ein spezifisches KI-Produkt derzeit zu bewerten ist und wie seine Weiterentwicklung aussehen könnte, sollte oder müsste.
	Kontext	Es steht die Entscheidung über die strategische Einführung eines KI-Produkts an. Aber es bleibt unklar, welche KI-Funktionen das Produkt heute bereits abdeckt oder welche Weiterentwicklungen zu erwarten sind.
3. Wert eines KI-Produkts für die Digitalisierungsstrategie feststellen	Problem	Wie kann man erkennen, in welchem Reifegrad sich ein KI-Produkt aktuell befindet? Welchen Stellenwert hat ein KI-Produkt für die digitale Transformation? Hat der Anbieter eine Erklärung, wie das Produkt plausibel weiterentwickelt werden könnte und mit einer gegebenen Digitalisierungstrategie harmoniert?
	Lösung	Der Anbieter spiegelt sein KI-Portfolio am Periodensystem. Er misst den Durchsatz jedes einzelnen KI-Elements, das er anbietet an akzeptierten Benchmarks.
	Resultat	Der Anbieter kann demonstrieren, wie sich sein KI-Produkt von Mitbewerbern anhand akzeptierte Benchmarks abhebt.
	Zielgruppe	Unternehmen, Anbieter und Marktbeobachter, die die Relevanz einer technischen Disruption im Markt der KI-Produkte und -Dienste beurteilen wollen.
4. Digitalisierungsstrategie überprüfen	Kontext	Die Innovationsgeschwindigkeit für KI-Lösungen ist hoch. KI wird in kurzen Zyklen immer mächtiger. Probleme, deren Lösung selbst laut Experten noch Jahrzehnte in der Zukunft liegen sollten, sind bereits heute gelöst oder die Lösung ist zu erwarten.

	Problem	Wie können Unternehmen erkennen, welche Konsequenz eine technische Disruption auf ihre aktuelle Digitalisierungsstrategie haben würde?
<b>4. Digitalisierungsstrategie überprüfen</b>	Lösung	Die technische Disruption wird jeweils analysiert in Hinsicht auf die Position, die Bedeutung und das Funktionieren jedes einzelnen KI-Elements im Periodensystem.
	Resultat	Je mehr KI-Elemente von einer technischen Disruption betroffen und je tiefgreifender die Konsequenzen für einzelner KI-Element wären, desto stärker wäre eine bestehende Digitalisierungsstrategie davon betroffen.
	Zielgruppe	Unternehmen, die ein KI-Produkt einführen wollen
	Kontext	Der Einsatz komplexer KI-Produkte führt unweigerlich zu organisationalen Konsequenzen z. B. für den Betriebsablauf, die Entscheidungsfindung oder Kenntnisse über ihren Einsatz.
<b>5. Organisationale Wirkung von KI aufzeigen</b>	Problem	Wie können Unternehmen die organisationalen Probleme durch das Einführen eines KI-Produkts erkennen und lösen?
	Lösung	Das Tätigkeitsprofil eines Arbeitsplatzes wird gespiegelt an den Möglichkeiten, die sich durch den potenziellen Einsatz von KI ergeben könnten.
	Resultat	Die Gegenüberstellung menschlicher und maschineller Fähigkeiten für das gegebene Tätigkeitsprofil zeigt, welche organisationalen und personellen Veränderungen bei der Einführung von KI mitgedacht werden müssen. Sie bietet plausible Ansätze, um diese erfolgreich zu gestalten und zu begleiten.
	Zielgruppe	Unternehmen, die KI in ihrer Wertschöpfungskette einsetzen wollen, benötigen ein Hilfsmittel zur genauen Beschreibung von Ideen.
<b>6. Wertschöpfungspotenziale bzw. Anwendungsfälle für KI in Unternehmen dekonstruieren</b>	Kontext	Ein Anwendungsfall für KI ist im Unternehmen identifiziert worden.
	Problem	Wie kann die Idee genau analysiert, beschrieben und kommuniziert werden?
	Lösung	Dekonstruktion der Idee in einzelne Elemente des Periodensystems.
	Resultat	Klarheit darüber, aus welchen KI-Elementen die Lösung bestehen könnte und welche Technologien und Anbieter dafür in Frage kommen.

Tabelle 2: Beispiele für Einsatzszenarien des KI-Periodensystems

### 3.4 Ziele und Zielgruppen der Publikation

Grundlage der vorliegenden Publikation ist die Erkenntnis, dass die KI für viele Entscheider noch weitgehend eine Terra incognita darstellt. Deshalb sind die wichtigste Zielgruppe für die vorliegende Publikation Entscheider in Unternehmen, die sich mit der Auswahl, der Einführung und dem Betrieb von KI-basierten Systemen konfrontiert sehen. Sie erhalten eine **kompakte Navigationshilfe**, die Entscheidungen zum Einsatz von KI initiiert, unterstützt und erleichtert. Diese Navigationshilfe bietet Ansätze zum Beantworten folgender Fragen:

- Für welche Aufgaben in Unternehmen kann KI sinnvoll eingesetzt werden?
- Welche Elemente aus dem Periodensystem der KI lassen einen wirtschaftlichen Nutzen erwarten?
- Welche Experten von welchen IT-Dienstleistern und Organisationen der angewandten Forschung können beim KI-Einsatz unterstützen?

Folgende Zielgruppen sollen aus dieser Publikation Nutzen ziehen:

- Entscheider aus der Unternehmenspraxis, die vor der Aufgabe stehen, die digitale Transformation ihrer Organisation bewerkstelligen zu wollen.
- Experten aus dem Politikbereich, die die Rahmenbedingungen für den KI-Einsatz gestalten.
- Journalisten, die das komplexe Thema der KI ihrer Leserschaft erklären wollen.

### 3.5 Kritik und Ausblick

Die legendäre deutsche Science Fiction-Serie Raumschiff Orion begann mit dem Satz: »Was heute noch wie ein Märchen klingt, kann morgen Wirklichkeit sein.« So ergeht es uns mit Künstlicher Intelligenz: Was wir gestern noch als intelligent bezeichnet haben, wandert in Produkte und Dienste, wird unsichtbar und damit zur Selbstverständlichkeit. Als Künstliche Intelligenz bleibt wiederum nur das, was in der Zukunft liegt. Künstliche Intelligenz ist ein bewegliches Ziel.

Trotz vieler Versuche gibt es bis heute keine allgemein akzeptierte Definition des Begriffs Künstliche Intelligenz. Dieses Dilemma brachte Prof. Kris Hammond im Jahr 2016 auf eine radikale Idee: Wie wäre es, Künstliche Intelligenz lediglich als die Kombination von Elementen zu bezeichnen, deren kluge Verknüpfung intelligente Maschinenleistung ermöglichte? Ein »Periodensystem der Künstlichen Intelligenz« (PSKI), das aus 28 Elementen besteht. Diese Grundidee hat mehrere Vorteile:

- Eine statische Definition des Begriffs KI ist unnötig geworden; sie weicht einer dynamischen Beschreibung, die bisherige Technikansätze vereint und für kommende offen ist.

- Das PSKI vermittelt eine einheitliche Sicht auf die Fähigkeiten und Grenzen aller überhaupt möglichen Anwendungsfälle (z. B. sowohl Chatbots als auch Roboterautos).
- Die Diskussion über KI bezieht sich nicht mehr auf technologisches Wissen, sondern lediglich die Fähigkeit oder Verfügbarkeit generischer Bausteine, die in Gänze menschliches Denken nachzuahmen versuchen.
- Die Metapher eines Periodensystems ist auch für Laien nachvollziehbar. Damit könnte das Periodensystem eine Art Lingua Franca werden.

Hammonds bezeichnete seine Veröffentlichung als ersten Wurf und fordert dazu auf, seine Idee weiterzuentwickeln. Bei der Nutzung seines ursprünglichen Papiers zeigten sich den Autoren und Autorinnen einige Schwächen, die hier nicht verschwiegen werden sollen:

- Einige KI-Elemente sind unscharf beschrieben (z. B. General Recognition [**Gr**] und General Identification [**Gi**]) und haben keinen Bezug zu konkreten Methoden in der KI-Forschung.
- Andere wiederum könnten absehbar miteinander verschmelzen (z. B. Audio Recognition [**Ar**] und Audio Identification [**Ai**]), wiederum andere dagegen sich in autarke KI-Elemente aufspalten.
- Das Periodensystem bietet keine Lücken für KI-Elemente, die heute noch in der Forschung stecken, deren wirtschaftliche Bedeutung und deren Potenzial allerdings heute bereits zu erkennen sind (z. B. affective computing, explainable AI, responsible AI).
- Obwohl Language Generation als Element existiert, fehlen Elemente wie Speech und Image Generation.
- Nicht alle Elemente korrespondieren mit KI-Produkten oder Services, die als IT-Lösung beschaffbar sind.
- Einige Elemente sind Spezialfälle anderer Elemente, so könnte Speech Recognition [**Sr**], Audio Recognition [**Ar**], Face Recognition [**Fr**] und Image Recognition [**Ir**] als Spezialfall von General Recognition [**Gr**] interpretiert werden.
- Hammond äußert sich kaum darüber, wie mit dem Periodensystem in der Praxis gearbeitet werden könnte.

Die Autoren sehen, dass eine Überarbeitung des PSKI dessen ausgesprochene Qualitäten steigern würde. Deshalb plant Bitkom, es weiterzuentwickeln und für den praktischen Einsatz zu optimieren. Trotz der Kritikpunkte hinsichtlich Struktur und Inhalt des PSKI, wurde es bereits erfolgreich erprobt. Dies geschah in mehreren Workshops zur Erarbeitung branchen- und unternehmensspezifischer Anwendungsfälle für KI, an denen in Summe über 100 Personen teilnahmen. Die Ergebnisse dieser Workshops und das positive Feedback der Teilnehmer unterstreichen die Praxistauglichkeit des Ansatzes.

Die Idee eines Periodensystems der chemischen Elemente formulierten Mendelejew und Meyer im Jahr 1869. Seitdem hat es viele Verwandlungen durchgemacht. Es wurden immer neue Widersprüche aufgelöst, Lücken gefunden und es wurde um neuartige Elemente erweitert. Heute gilt es einerseits als Denkwerkzeug für ein tieferes Verständnis von Chemie und Physik und ist trotzdem ohne Spezialwissen nutzbar.

Sollte sich die Metapher des PSKI als Denkwerkzeug für die Künstliche Intelligenz durchsetzen, könnten wir alle von ihm profitieren auf dem Weg in eine Ära der Denkmaschinen.

Zur Weiterentwicklung des PSKI ist das Feedback der Leser sowie der Anwender und Nutzer Künstlicher Intelligenz gefragt. Zu diesem Zweck wurde die E-Mail-Adresse [periodensystem@bitkom.org](mailto:periodensystem@bitkom.org) eingerichtet – Lob, Kritik, Verbesserungsvorschläge und Vorschläge zum praktischen Einsatz des PSKI können auf diesem Weg direkt an das Redaktionsteam gerichtet werden.

# 4 Periodensystem der Künstlichen Intelligenz – die Elemente

# 4 Periodensystem der Künstlichen Intelligenz – die Elemente

## 4.1 Speech Recognition [Sr]

### Was genau leistet das Element?

Speech Recognition [Sr] bietet die Möglichkeit, Wörter und Sätze in gesprochener Sprache und Audiosignalen zu erkennen und zu verstehen. Im ersten Schritt wird dabei die Sprache in ein maschinenlesbares Format übersetzt. Anschließend wird dieses durch linguistische Modelle, Algorithmen und Filter weiterverarbeitet.<sup>12</sup> Eine erweiterte Anwendung ist das Erkennen von Gefühlslagen, des sogenannten Sentiments.



### Für welche Aufgaben wird das KI-Element in Unternehmen und Organisationen eingesetzt?

Speech Recognition [Sr] wird überall dort eingesetzt, wo gesprochene Sprache in Text umgewandelt werden muss. Sie liefert so die Grundlage dafür, Sprache automatisiert zu verarbeiten. So können sprachliche Informationen weiterverarbeitet oder Befehle ausgeführt werden.

Für Speech Recognition [Sr] gibt es viele Anwendungsszenarien wie die Sprachsuche oder die Weiterleitung eines Anrufs durch Sprachansagen. Interaktive Sprachanwendungen sind nur mit diesem KI-Element realisierbar. Der Anwender erhält auf seinen gesprochenen Input eine verbale Rückkopplung, wie es auch bei Assistenten auf Smartphones der Fall ist. Ein weiteres Beispiel sind Callcenter-Anwendungen, die den Gefühlszustand eines Anrufers automatisch erkennen und dem Callcenter-Agenten konkrete Vorschläge für die Behandlung des vorliegenden Falls liefern.

### Welche Marktereignisse der letzten zwei Jahre zeigen die Bedeutung des KI-Elements?

Der Einsatz künstlicher neuronaler Netze im Bereich Speech Recognition [Sr] führte in den vergangenen Jahren zu einer deutlichen Senkung von Fehlerraten. Dadurch erhöht sich die Durchdringung von Anwendungen mit Sprachtechnologien erheblich. Seit Februar 2016 bietet Google Docs Spracherkennung an und reduzierte die Fehlerquote der Erkennung bisher auf unter fünf Prozent.<sup>13</sup> Im Juni 2017 zog auch Microsoft nach und bietet für Microsoft Office Lösungen die Erweiterung Dictate an.

12 Vgl. dazu auch Techtarget

13 Vgl. Rixecker, 2017

## Wie hängt dieses KI-Element mit anderen im Periodensystem zusammen?

Speech Recognition [**Sr**] steht in engem Zusammenhang zur Audio Recognition, das Audiosignale auswertet und klassifiziert. Sobald ein Sprachsignal in Text umgewandelt wurde, können KI-Elemente wie Text Extraction [**Te**] und Language Understanding [**Lu**] eine semantische Textanalyse durchführen und somit die Bedeutung des Gesprochenen analysieren. Nicht zu verwechseln ist die Speech Recognition [**Sr**] mit Speech Identification [**Si**]. Erstere ist für die Umwandlung eines Sprachsignals in Text zuständig während letztere einen konkreten Sprecher identifiziert.<sup>14</sup>

## Wer bietet für dieses KI-Element Lösungen auf dem Markt an?

Zu den weltweit meistverkauften Speech-Recognition-Lösungen im Bereich Diktiersysteme zählt Dragon von Nuance. Diese verspricht eine Adaption an die Stimme des Nutzers sowie eine schnelle und hohe Erkennungsrate für unterschiedliche Anwendergruppen. Sonix vom gleichnamigen Hersteller bietet die Möglichkeit, Videos zu transkribieren. Weiterhin bieten auch Google, Microsoft, Amazon und IBM Schnittstellen für Speech-to-Text.<sup>15</sup>

## Welche wirtschaftliche Bedeutung hat dieses KI-Element?

Der Markt für Speech Recognition [**Sr**] soll vom Jahr 2017 von 1,1 Milliarden US-Dollar, zum Jahr 2020 auf 2,45 Milliarden US-Dollar und bis zum Jahr 2024 schließlich auf 7,1 Milliarden US-Dollar wachsen.<sup>16</sup>

## Welche Hürden zeigen sich beim Einsatz dieses KI-Elements in der Praxis?

Eine Herausforderung der Speech Recognition [**Sr**] ist vor allem das Erfassen des relevanten Sprachsignals. Da es bei der Komponente auf den Sprachinhalt ankommt, müssen Hintergrundgeräusche als Störfaktoren erkannt werden. Des Weiteren kann das Erkennen von Wörtern an unterschiedlicher Aussprache und Akzenten scheitern. Dazu kommt, dass die Erweiterung der Komponenten insbesondere für die Entwicklung von Modellen für seltene Sprachen schwierig und aufwendig ist.<sup>17</sup>

14 Vgl. Voice and Speech Recognition

15 Vgl. Darren, 2017

16 ↗<https://www.statista.com/statistics/608523/worldwide-voice-speech-recognition-software-market/>

17 Vgl. Lenke, 2017

## Wer treibt die Entwicklung dieses KI-Elements voran?

Bei der Weiterentwicklung von Speech Recognition [Sr] sind vor allem Unternehmen zu nennen, deren tägliches Geschäft diese Technologie beinhaltet. Beispiele dafür sind IBM, das im Kontext von Watson zahlreiche Dienste um Speech Recognition [Sr] anbietet, sowie Google, Amazon, Microsoft und Apple, die sowohl im Umfeld von Smart Home als auch in ihren Softwarelösungen Spracherkennung einsetzen. Weiterhin sind es Organisationen wie das Department of Defense der USA oder die Fraunhofer-Gesellschaft, die auf diesem Gebiet Forschungen betreiben.<sup>18</sup>

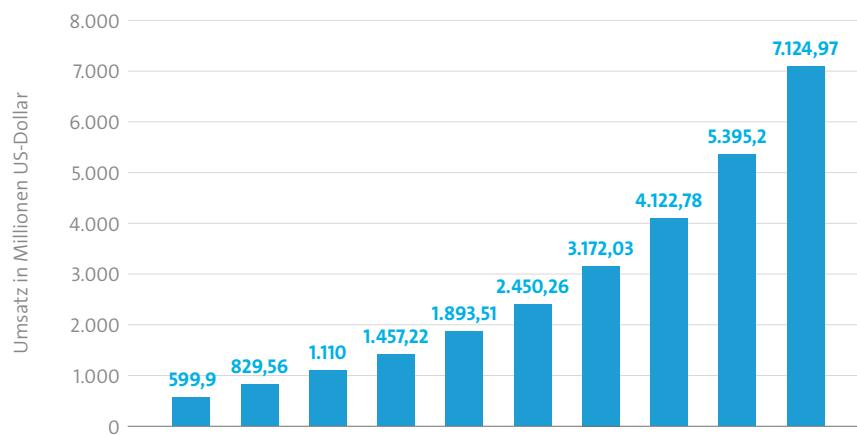


Abbildung 2: Umsatzprognose für den Bereich Spracherkennung in den Jahren von 2015 bis 2024

18 Vgl. DoD sowie Wellmann & Goetze

## 4.2 Audio Recognition [Ar]



### Was genau leistet das KI-Element?

Audio Recognition [**Ar**], Speech Recognition [**Sr**] und Audio Identification [**Ai**] sind eng verwandt und überlappen sich teilweise. Nach einer Analyse des Audiosignals wird bei dem KI-Element Audio Recognition [**Ar**] das Signal von maschinellen Lernverfahren klassifiziert. Es wird entschieden, welche relevante Information im Signal vorhanden ist. Das kann beispielsweise ein Wort, ein akustisches Ereignis oder eine akustische Szene sein. So wie der Mensch laufend seine Umgebung akustisch analysiert, können auch Computer neben Sprache weitere akustische Signale erkennen und den Inhalt und die Relevanz für die aktuelle Situation bewerten. Hört ein Mensch z. B. eine Explosion oder das Einschlagen einer Scheibe, benötigt er keinen Blick auf das Ereignis, um zu wissen, worum es sich handelt. Menschen sind auf kritische Ereignisse – zu denen auch Sprachäußerungen gehören – sehr gut trainiert. Diese Fähigkeit bildet Audio Recognition [**Ar**] nach.

### Für welche Aufgaben wird das KI-Element in Unternehmen und Organisationen eingesetzt?

Für Hörgeräte, Freisprecheinrichtungen, assistive Hörhilfen, aber auch allgemeine Spracherkennungs- und akustische Analysesysteme ist das Verstehen der akustischen Umgebung wichtig, um ein gutes Ergebnis zu erzielen. Algorithmen in solchen Systemen funktionieren umso besser, je genauer sie den akustischen Kontext kennen. Systeme für Speech Recognition [**Sr**] werden für einen Einsatz einer Maschinensteuerung in lauten Fabrikhallen anders optimiert als für einen Einsatz in Diktiersystemen in ruhigeren Büroumgebungen. Dieser Teil der Audio Recognition [**Ar**] wird auch als akustische Szenenanalyse bezeichnet. Hier wird analysiert, ob sich das System z. B. innerhalb ruhiger Gebäude, auf offener Straße oder an einem Bahnhof befindet. Mithilfe dieser Kenntnis können für Speech Recognition [**Sr**] und Audio Identification [**Ai**] höhere Erkennungsraaten erzielt werden, was wiederum die Nutzerakzeptanz erhöht.

### Welche Markttereignisse der letzten zwei Jahre zeigen die Bedeutung des KI-Elements?

Das KI-Element Audio Recognition [**Ar**] zur Analyse des akustischen Kontexts wird seit den 1990ern erforscht und fand ca. 10 Jahre später Einzug in Hörgeräte. Die Akzeptanz früher Systeme war gering, ähnlich wie bei Speech Recognition [**Sr**] und Audio Identification [**Ai**]. Durch neue Ansätze, insbesondere im Bereich neuronaler Netze, stieg die Erkennungsrate in den letzten Jahren stark an, so dass akustische Erkennungsverfahren nun zunehmend Einzug in den Markt finden. Am deutlichsten erkennbar ist dies im Bereich Speech Recognition [**Sr**]; allgemeine Verfahren zur Audio Recognition [**Ar**] arbeiten hier meist unbemerkt im Hintergrund und unterstützen andere Funktionen der Audioanalyse.

## Wie hängt dieses KI-Element mit anderen im Periodensystem zusammen?

Technologisch ist Audio Recognition [Ar] sehr eng sowohl mit Audio Identification [Ai] als auch mit Speech Recognition [Sr] verwandt. Es kommen ähnliche Technologien und Algorithmen zum Einsatz und Audio Recognition [Ar] kann einerseits als Oberbegriff von Audio Identification [Ai] und Speech Recognition [Sr] angesehen werden. Andererseits sind grundlegende Erkennungsverfahren im Audiosignal für Hintergrundanalysen ein notwendiger Schritt für die Optimierung anderer akustischer Funktionen, z. B. der Analyse der akustischen Umgebung.

## Wer bietet für dieses KI-Element Lösungen auf dem Markt an?

Nachdem Audio-Recognition-Technologien nach ihren ersten Einsätzen in Produkten, z. B. Spracherkennung in Telefon-Hotlines, wegen unzureichender Qualität von Nutzern abgelehnt wurden, hält die Technologie nun mit verbesserten Erkennungsraten verstärkt Einzug in den Markt. Bei Spracherkennungssystemen ist das am deutlichsten zu sehen; in Überwachungskameras, Babyfonen, in Licht- und Notrufsystemen für die Pflege oder in Hörgeräten werden aktuell akustische Erkennungsverfahren integriert.

## Welche wirtschaftliche Bedeutung hat dieses KI-Element?

Etwa 70 Millionen Personen in Europa leiden unter Hörverlust, in der Altersgruppe über 65 Jahre jeder zweite. Jedoch nutzen nur ca. 25 Prozent dieser Personen ein Hörgerät. Insbesondere beim Telefonieren sind Hörgeräteträger bisher unzufrieden. Allein in diesem Bereich ergibt sich also großes Potenzial, die aktuell eingesetzten Verfahren zu verbessern. Auch die Märkte für Spracherkennung und Klassifikation nichtsprachlicher Audiosignale, z. B. im Bereich Industrie 4.0, sind Wachstumsmärkte.

## Welche Hürden zeigen sich beim Einsatz dieses KI-Elements in der Praxis?

Während für das Training von Spracherkennungssystemen üblicherweise große Mengen an Sprachaufzeichnungen zur Verfügung stehen, ist die Beschaffung von geeignetem Audiomaterial nicht-sprachlicher Ereignisse meist schwieriger.<sup>19</sup> Die Erkennungsleistung und damit der Kundennutzen und die Kundenakzeptanz hängt aktuell also oft davon ab, ob geeignetes Beispielmaterial in ausreichender Menge beschafft werden kann.

19 z. B. bei Trainingsmaterial für defekte teure Maschinen wie Windkraftanlagen

## Wer treibt die Entwicklung dieses KI-Elements voran?

Fortschritte im Bereich der Speech Recognition [Sr] unterstützen ebenfalls die Entwicklung im Bereich Audio Recognition [Ar]. Aktivitäten zur Sammlung von Audiomaterial befruchten wiederum die Weiterentwicklung der Erkennungsverfahren, insbesondere durch die Anwendung neuronaler Netze. Wie auch bei Speech Recognition [Sr] treiben Unternehmen mit Produkten und Services im Bereich Audio Recognition [Ar] die Entwicklung des Elements an. Firmen wie IBM, Google, Amazon, Microsoft und Apple integrieren ihre Softwarelösungen für Spracherkennung in Smart Home System. Auch das Department of Defense der USA und die Fraunhofer-Gesellschaft forschen auf diesem Gebiet.

### 4.3 Face Recognition [Fr]

#### Was genau leistet das KI-Element?

Face Recognition [Fr] wird eingesetzt, um die Position von Gesichtern in Foto- oder Videoaufnahmen zu erkennen. Face Recognition Dienste markieren in den meisten Fällen Gesichter durch Rechtecke. Oft können Face Recognition-Services neben der Position des Gesichts auch weitere Eigenschaften, wie zum Beispiel das geschätzte Alter, das Geschlecht und die emotionale Stimmung feststellen.



#### Für welche Aufgaben wird das KI-Element in Unternehmen und Organisationen eingesetzt?

Das KI-Element ist vielseitig nutzbar und wird in Bereichen wie Sicherheit, Verkehr oder Einzelhandel eingesetzt. In Fabriken wird Gesichtserkennung verwendet, um die Einhaltung von Sicherheitsregeln für bestimmte Arbeitsplätze zu gewährleisten. Ein Beispiel dafür ist die visuelle Prüfung von Sicherheitsmaßnahmen, wie das Tragen eines Helmes oder einer Schutzbrille, ein weiteres die Überwachung von zugangsbeschränkten Arealen. Ein weiterer Einsatzbereich ist die personalisierte Werbung. Durch Gesichtserkennung kann Werbung auf bestimmte Personenmerkmale wie Alter und Geschlecht zugeschnitten werden. Fortgeschrittene Verfahren können Emotionen wie Trauer oder Freude erkennen.

## Welche Marktereignisse der letzten zwei Jahre zeigen die Bedeutung des KI-Elements?

Im Einzelhandel<sup>20</sup> und in der Logistik<sup>21</sup> wurden in jüngster Zeit Feldversuche gestartet, die den Einsatz von Face Recognition [Fr] im Rahmen von Praxistests unter Realbedingungen untersuchten. So zeichnete die Supermarktkette Real mit Hilfe von Kameras den Blickkontakt von Kunden auf Werbebildschirme auf, um das Kundeninteresse zu erkennen. Dadurch konnten Werbemaßnahmen individualisiert werden. Auch die Deutsche Post testete Infodisplays mit Gesichtserkennung, die personalisierte Werbung zeigten, um die Kundenzufriedenheit in Partnerships zu steigern.

## Wie hängt dieses KI-Element mit anderen im Periodensystem zusammen?

Face Recognition [Fr] ist ein Spezialfall der Image Recognition [Ir]. Weiterhin ist Face Recognition [Fr], also das Lokalisieren von Gesichtern, Voraussetzung für Face Identification [Fi].

## Wer bietet für dieses KI-Element Lösungen auf dem Markt an?

Unternehmen wie SAP, Google, Amazon oder Microsoft bieten auf ihren Plattformen Face Recognition [Fr] als Basistechnologie an. Weitere Technologien zur Gesichtserkennung stammen von Cognitec, Kairos, Affectiva und OpenCV.

## Welche wirtschaftliche Bedeutung hat dieses KI-Element?

Laut marketsandmarkets.com<sup>22</sup> wird im Bereich der Face Recognition [Fr] ein Marktwachstum von 13,9 Prozent auf 7,76 Milliarden US-Dollar bis zum Jahr 2022 erwartet. 3D-Facial Recognition wird zukünftig das größte Marktvolumen einnehmen.

## Welche Hürden zeigen sich beim Einsatz dieses KI-Elements in der Praxis?

Eine wesentliche Herausforderung liegt im Datenschutz. Die Anwendung von Bilderkennungssoftware ist umstritten, weil Unternehmen Kundendaten erheben, ohne offen zu legen, in welchem Umfang diese verarbeitet und gespeichert werden.<sup>23</sup> Insbesondere wird dies vor dem Hintergrund der Überwachung durch die Geheimdienste kritisch betrachtet. Datenschutzbeauftragte warnen vor der Verletzung bürgerlicher Grundrechte und dem Missbrauchsrisiko abseits von Terrorabwehr und vergleichbaren Anwendungen.

20 Vgl. Jansen J., 2017

21 Vgl. Kannenberg, 2017

22 Vgl. marketsandmarkets.com (FR), 2017

23 Vgl. Focus, 2017

## Wer treibt die Entwicklung dieses KI-Elements voran?

Universitäten wie Stanford und Unternehmen wie Google treiben die Entwicklung von Face Recognition [Fr] voran. So behaupten Forscher aus Stanford in einer kontrovers diskutierten Studie anhand eines Fotos die sexuelle Orientierung, die politische Einstellung oder die Intelligenz einer Person mit hoher Verlässlichkeit bestimmen zu können.<sup>24</sup> Google nutzt Face Recognition [Fr] um die Suche nach Bildern von Haustieren, Urlaubsorten oder Mahlzeiten zu verbessern.<sup>25</sup> Die Verfügbarkeit großer Mengen von Bilddaten zum Lernen von Face Recognition Modellen ermöglicht Wissenschaftlern, die Leistung existierender Algorithmen zu verbessern. Eine wichtige Rolle bei der Entwicklung von Face Recognition [Fr] spielen allgemein zugängliche Datensätze wie von IMDB-WIKI<sup>26</sup> oder deeplearning.net<sup>27</sup>.

## 4.4 Image Recognition [Ir]

### Was genau leistet das KI-Element?

Image Recognition [Ir] ermöglicht das Auffinden von Objekten in einem Bild. Die Art und die Anzahl der Objekte sind dabei offen und es spielt keine Rolle, ob es sich um ein einzelnes Bild oder um eine Reihe von Bildern in einem Video handelt. Allgemein besteht die Funktion dieses KI-Elements in der Zuordnung von Objekten in einer Abbildung zu einer zuvor bestimmten Kategorie wie beispielsweise Mensch, Fahrzeug oder Baum. Die Anwendung ist dabei nicht auf das Bildverständnis des Menschen beschränkt.



### Für welche Aufgaben wird das KI-Element in Unternehmen und Organisationen eingesetzt?

Image Recognition [Ir] stellt einen weitverbreiteten Anwendungsfall dar und bildet den ersten Schritt für komplexere Systeme. Kameras, Infrarot- oder Röntgengeräte liefern Daten, die dann als spezifische Objekte erkannt werden. Dies können beispielsweise ein Tumor, ein Straßenschild oder auch ein Kratzer auf einem Brillenglas sein.

Informationen, die Bildern entnommen werden, geben in der Qualitätssicherung Aufschluss über den Zustand eines Werkstoffes, identifizieren Menschen auf Bildern von Überwachungskameras, erkennen Anomalitäten auf CT-, MRT-, oder Ultraschallbildern oder ermöglichen Gestensteuerung auf TV-Geräten.

24 Vgl. Levin, 2017

25 Vgl. Kharevych, 2017

26 ↗<https://data.vision.ee.ethz.ch/cvl/rrothe/imdb-wiki/>

27 ↗<http://deeplearning.net/datasets/>

## Welche Marktereignisse der letzten zwei Jahre zeigen die Bedeutung des KI-Elements?

Image Recognition [**Ir**] ist keine neue Technologie, jedoch sind die Verbesserungen herausragend, die durch KI in den letzten Jahren erreicht wurden. An erster Stelle wäre das autonome Fahren zu nennen – unmöglich ohne Kameratechniken und KI. Nicht für jede Situation im Straßenverkehr können vorab Entscheidungsregeln festgelegt werden. Autonome Systeme müssen ad hoc reagieren können. Die Marktbedeutung wird durch das Entstehen von Bilddatenbanken wie Imagenet sowie hochdotierte Wettbewerbe zur genauen Objekterkennung unterstrichen.<sup>28</sup>

## Wie hängt dieses KI-Element mit anderen im Periodensystem zusammen?

Objekterkennung ist ein komplexer Vorgang, da bildgebende Geräte nur Daten liefern. Diese werden anschließend interpretiert, in einen Kontext gestellt und schließlich in eine Entscheidung überführt. Die Objekterkennung ist also unmittelbar verknüpft mit Image Identification [**II**] sowie mit ihren spezifischen Anwendungsfällen der Face Recognition [**Fr**] und Face Identification [**Fi**]. Ebenso besteht eine enge Verknüpfung mit Relationship Learning [**Lr**] und Decision Making [**Dm**].

## Wer bietet für dieses KI-Element Lösungen auf dem Markt an?

Es gibt zahlreiche Anbieter für Spezialanwendungen. In Deutschland adressiert maßgeblich die Forschungsallianz 3Dsensation<sup>29</sup> die Bedarfsfelder Produktion, Gesundheit, Mobilität und Sicherheit sowie neuartige Interaktionen zwischen Mensch und Maschine. Dazu gehören Anwendungen wie Follow-Me-Systeme in der Logistik, Assistenzroboter und Systeme zum Erfassen von Montageszenarien. Des Weiteren existieren Lösungen zum Erkennen von Fehlbeständen in Lagern oder im Einzelhandel sowie zur 2D- und 3D-Wandlung im Ultraschall wie auch in der endoskopischen Panoramabildgebung.

## Welche wirtschaftliche Bedeutung hat dieses KI-Element?

In einem Report des Verbands Deutscher Maschinen- und Anlagenbau wurde für die deutsche Bildverarbeitungsindustrie im Jahr 2014 ein Umsatz von 1,9 Milliarden Euro ermittelt.<sup>30</sup> Die gesamtwirtschaftliche Bedeutung ist jedoch noch höher einzuschätzen: Ohne Image Recognition [**Ir**] wären viele Bereiche der Automatisierung und der Digitalisierung nicht möglich, angefangen bei der Robotik, über autonomes Fahren bis hin zur Mülltrennung.

28 Vgl. Gershgorn, 2017

29 Die vom Fraunhofer IOF geführte Allianz (vgl. 3Dsensation) besteht aktuell aus 20 Forschungsinstituten und über 40 Firmen, darunter Carl Zeiss, Jenoptik, Audi oder auch Festo.

30 Vgl. VDMA, 2015

## Welche Hürden zeigen sich beim Einsatz dieses KI-Elements in der Praxis?

Objekterkennung setzt eine Vernetzung unterschiedlicher Fähigkeiten voraus und erfordert in hohem Maße Erfahrung und Kontextwissen. Ein Mensch erkennt Objekte auch, wenn sie gedreht oder teilweise verdeckt sind oder wenn bewegliche Objekte in einem Bild verfolgt werden. Diese Fähigkeiten mit Hilfe von Software umzusetzen ist eine große Herausforderung. KI-Systeme nutzen große Datenmengen, um daraus Muster abzuleiten. Die Leistungsfähigkeit eines Systems zur Image Recognition [Ir] ist jedoch nur schwer vorherzusagen. Problematisch ist insbesondere, dass die notwendigen Daten oft nur spärlich und selten in guter Qualität vorliegen. Außerdem benötigen viele Algorithmen lange Trainingszeiten. Aufgrund der benötigten Rechenleistung ist die Nutzung von Cloud-Diensten notwendig. Dabei entstehen Fragen zur Datensicherheit und zum Datenschutz. Eine weitere Hürde ist fehlendes Personal mit Kenntnissen im Bereich Image Recognition [Ir].

## Wer treibt die Entwicklung dieses KI-Elements voran?

Wesentliche Kräfte bei der Entwicklung der technischen Grundlagen sind große IT-Dienstleister wie Google, Facebook, IBM, Microsoft oder Amazon. In der universitären Forschung sind im Bereich Image Recognition [Ir] die Stanford University<sup>31</sup> sowie in Deutschland das Deutsche Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz und das Karlsruher Institut für Technologie führend. Durch Open-Source-Initiativen rücken Forschung und Anwendung aktueller Techniken näher zusammen. Eine notwendige Grundlage für die Entwicklung eines Image-Recognition-Systems bilden Referenzdaten und Gütemaße. Aus diesem Grund ist z. B. ImageNet unabdingbar für wissenschaftliche Fortschritte im Rahmen der Bildverarbeitung.

## 4.5 General Recognition [Gr]

### Was genau leistet das KI-Element?

General Recognition [Gr] erkennt vorher unbekannte Muster beliebiger Modalität, z. B. Zeitreihen, Texte, Bilder oder tabellenorientierte Daten. Das KI-Element erkennt Änderungen im Systemverhalten, Normabweichungen und Abhängigkeiten.



<sup>31</sup> Vgl. das Projekt <http://www.image-net.org/>

## Für welche Aufgaben wird das KI-Element in Unternehmen und Organisationen eingesetzt?

Ein wichtiger Anwendungsfokus für General Recognition [Gr] sind Sensordaten unterschiedlicher Quellen, die im IoT-Kontext entstehen. Mit Hilfe von General Recognition [Gr] ist es möglich, Ursachen im Fehlverhalten komplexer Systeme zu finden, versteckte Abhängigkeiten in Prozessen zu entdecken oder vor dem Ausfall von Komponenten zu warnen.

## Welche Markt Ereignisse der letzten zwei Jahre zeigen die Bedeutung des KI-Elements?

Das Internet der Dinge und speziell die Entwicklungen in der Industrie 4.0 haben zu einem raschen Anstieg der Menge von Sensordaten geführt. Eine sinnvolle und effiziente Auswertung dieser Daten kann nur mittels intelligenter Algorithmen realisiert werden. Aktuelle Schätzungen erwarten bis zum Jahr 2025 weltweit 75 Milliarden vernetzte IoT-Geräte.<sup>32</sup>

## Wie hängt dieses KI-Element mit anderen im Periodensystem zusammen?

Das Element hat Ähnlichkeit zu Data Analytics [Da]. In Anwendungsfällen wie dem autonomen Fahren oder der intelligenten Produktionssteuerung arbeitet das Element mit Planning [Pl] und Decision Making [Dm] zusammen.

## Wer bietet für dieses KI-Element Lösungen auf dem Markt an?

Die Fähigkeit des Elements, Daten aus verschiedenen Quellen zu analysieren, erfordert einen großen Ressourceneinsatz. Aus diesem Grund sind vor allem große Unternehmen wie SAP, Microsoft oder Amazon Vorreiter in diesem Bereich. Doch auch kleinere, spezialisierte Firmen wie die RapidMiner GmbH oder die KNIME AG bieten derartige Lösungen und Services für spezifische Industrien und Anwendungsgebiete an.<sup>33</sup>

## Welche wirtschaftliche Bedeutung hat dieses KI-Element?

Das Marktforschungsunternehmen MarketsandMarkets erwartet im Bereich der vorausschauenden Wartung (Predictive Maintenance) ein jährliches Marktwachstum von 28,4 Prozent auf

32 ↗<https://www.statista.com/statistics/471264/iot-number-of-connected-devices-worldwide/>

33 Die Innovationen kommen oft von kleinen Firmen, die von großen akquiriert werden. Vgl. Alphabet-Aquisitionen, 2018. Maschinenbauunternehmen wie Trumpf mit dem Tochterunternehmen AXOOM schaffen aktuell Integrationsplattformen und Ökosysteme, auf denen zukünftig Anwendungen dieses KI-Elements entwickelt und in industriellen Anwendungen betrieben werden sollen.

ca. 5 Milliarden US-Dollar bis ins Jahr 2021.<sup>34</sup> Für das Marktvolumen für Machine Learning sieht Marketsandmarkets einen Anstieg von 1,4 Milliarden US-Dollar im Jahr 2017 auf 8,8 Milliarden US-Dollar im Jahr 2022.<sup>35</sup>

## Welche Hürden zeigen sich beim Einsatz dieses KI-Elements in der Praxis?

Der Anspruch an General Recognition [Gr] ist das Erkennen von Mustern in Objekten unterschiedlicher Datenmodalitäten. Ein Beispiel hierfür wäre die Analyse von Kommunikationsdaten (Textdaten) in Verbindung mit Finanztransaktionen in Zahlungsnetzwerken (Graphdaten), um Betrug oder Geldwäsche zu erkennen. Derzeit sind für solche Szenarien keine anwendungsreiten Standardlösungen am Markt verfügbar. Vielmehr handelt es sich um maßgeschneiderte Lösungen, die für individuelle Unternehmen und Anwendungsfälle entwickelt werden.

## Wer treibt die Entwicklung dieses KI-Elements voran?

Die Grundlagenforschung im Bereich General Recognition [Gr] findet in Universitäten, Forschungsinstituten und Forschungsabteilungen von Unternehmen statt, die sich auf Machine Learning mit multimodalen Daten spezialisiert haben. Dabei wurde u. a. die Anwendung neuronaler Netze auf Daten unterschiedlicher Modalitäten unter dem Begriff Multimodal Deep Learning vorgeschlagen.<sup>36</sup> Forschungsergebnisse in diesem Bereich werden z. B. bei der ACM International Conference on Multimodal Interaction oder dem Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics vorgestellt. Praktische Anwendungen werden zum einen von Anbietern von Predictive-Maintenance-Lösungen entwickelt. Zum anderen gibt es zahlreiche Lehrstühle, die basierend auf öffentlich verfügbaren oder aus Industriepartnerschaften gewonnenen Daten bestehende Ansätze verbessern oder neue entwickeln.<sup>37</sup>

## 4.6 Speech Identification [Si]

### Was genau leistet das KI-Element?

Speech Identification [Si] bezeichnet das Verwenden akustischer Parameter zur Identifikation eines individuellen Sprechers. Dazu werden charakteristische Eigenschaften im Klangbild der Sprache eines Individuums genutzt, um diese von anderen Sprechern zu unterscheiden. Man



34 [↗https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/operational-predictive-maintenance-market-8656856.html](https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/operational-predictive-maintenance-market-8656856.html)

35 [↗https://www.marketsandmarkets.com/PressReleases/machine-learning.asp](https://www.marketsandmarkets.com/PressReleases/machine-learning.asp)

36 [↗https://people.csail.mit.edu/khosla/papers/icml2011\\_ngiam.pdf](https://people.csail.mit.edu/khosla/papers/icml2011_ngiam.pdf)

37 Vgl. Boylu Uz, 2017

unterscheidet zwischen eingeschränkter und uneingeschränkter Erkennung. Eingeschränkt bedeutet, dass für einen Sprecher vorgegebene Zahlen oder Worte als Muster hinterlegt sind. Flexibler ist die uneingeschränkte Variante, die anhand zufälliger Sprache die Identität feststellen kann, was höhere Anforderungen an das System mit sich bringt.<sup>38</sup>

## Für welche Aufgaben wird das KI-Element in Unternehmen und Organisationen eingesetzt?

Das Erkennen von Sprechern wird zumeist in Systemen zum Authentifizieren und Verifizieren eingesetzt. Dies geschieht zum Beispiel beim Zugang zu Gebäuden oder zu Daten innerhalb einer Software und ist neben dem Fingerabdruck und der Gesichtserkennung eine häufig genutzte Methode. In Überwachungssystemen wird Speech Identification [Si] ebenfalls genutzt. Dabei geht es entweder darum, Personen zu Gruppen zusammenzufassen oder sie konkret zu erkennen, was bei Telefonkonferenzen oder in Radiosendungen der Fall sein kann. Bei der Überführung von Kriminellen ist diese Komponente ein wichtiger Bestandteil, da anhand von Überwachungsvideos oder Tonaufnahmen ein Täter ermittelt werden kann.<sup>39</sup>

## Welche Marktereignisse der letzten zwei Jahre zeigen die Bedeutung des KI-Elements?

Speech Identification [Si] hat sich zeitgleich zu Speech Recognition [Sr] entwickelt. Begründet ist dies in derselben Datengrundlage sowie den ähnlichen Herausforderungen. Die ersten Prototypen für Speech Identification [Si] entstanden in den 1970er Jahren und wurden von der U.S. Air Force getestet. Im November 2017 gab Amazon bekannt, dass für Alexa Echo eine Speech-Recognition-Schnittstelle entwickelt werde, um einem Sprecher personalisierte Dienste anbieten zu können.<sup>40</sup> Im Mai 2015 wurde erstmalig Speech Recognition [Sr] des Unternehmens HSBC in einer BBC Show eingesetzt.<sup>41</sup> Außerdem nutzen einige große Banken (z. B. die Barclays Bank) die Komponente zur Authentifizierung ihrer Kunden.<sup>42</sup> Mittlerweile folgen viele Banken dieser Entwicklung.

## Wie hängt dieses KI-Element mit anderen im Periodensystem zusammen?

Ein wichtiger vorbereitender Schritt für Speech Identification [Si] ist die Audio Recognition [Ar] bzw. Audio Identification [Ai], um in einem Audiosignal eine menschliche Stimme zu erkennen.

38 Vgl. Mehendale & Dixit, 2011

39 Vgl. Kriminalpolizei, 2008

40 Vgl. Statt, 2017

41 Vgl. Collins, 2017

42 Vgl. Barclay

nen. Des Weiteren besteht eine enge Verbindung zu Speech Recognition [**Sr**], um den Sprecher in einem Audiosignal festzustellen. Ebenfalls von großer Bedeutung ist Decision Making [**Dm**], wenn im Anschluss der Identifizierung eine Entscheidung getroffen wird, beispielsweise um Rechte zu gewähren.

## **Wer bietet für dieses KI-Element Lösungen auf dem Markt an?**

GoVivace bietet eine Lösung an, die eine Sprachprobe schnell mit einer Vielzahl von Sprachaufzeichnungen abgleichen kann und zum Identifizieren von Anrufern dient.<sup>43</sup> Das amerikanische Unternehmen SpeechPro bietet eine Standalone Software für Speech Identification [**Si**] an.<sup>44</sup>

## **Welche wirtschaftliche Bedeutung hat dieses KI-Element?**

Laut eines Reports von Marketsandmarkets betrug die Größe des Marktes für Speech und Voice Recognition im Jahr 2017 6,19 Milliarden US-Dollar. Dieses Marktvolumen soll bis zum Jahr 2023 jährlich um 19,8 Prozent auf 18,3 Milliarden US-Dollar wachsen.<sup>45</sup>

## **Welche Hürden zeigen sich beim Einsatz dieses KI-Elements in der Praxis?**

Die größten Herausforderungen der Speech Identification [**Si**] bestehen in ihrer Empfindlichkeit gegenüber Störungen im Übertragungskanal, der Mikrofonvariabilität sowie möglichen Hintergrundgeräuschen. Zusätzlich können je nach körperlicher Verfassung des Sprechers die Tonlage oder andere Charakteristika der Stimme das Erkennen verfälschen. Des Weiteren sind Systeme zur Sprechererkennung anfällig für Cyber-Attacken.<sup>46</sup>

## **Wer treibt die Entwicklung dieses KI-Elements voran?**

Seit 1996 unterstützt das National Institute of Standards and Technology die Entwicklung von Speech Recognition [**Sr**]<sup>47</sup> und führt jährlich Workshops und Evaluationen zu Forschungsergebnissen durch. Amazon treibt durch die Erweiterung der Alexa-Schnittstelle die Weiterentwicklung der KI-Komponente voran, wie auch Microsoft: das Unternehmen bietet in Microsoft Azure eine Schnittstelle zum Authentifizieren von Sprechern.<sup>48</sup>

43 Vgl. GoVivace

44 Vgl. SPEECHPRO

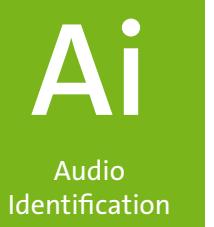
45 <https://www.marketsandmarkets.com/PressReleases/speech-voice-recognition.asp>

46 Vgl. Schmidt, Sharifi, & Moreno, 2014

47 Vgl. NSTC, Committee on Technology. Committee on Homeland and National Security

48 Vgl. Microsoft

## 4.7 Audio Identification [Ai]



### Was genau leistet das KI-Element?

Vom Erkennen einzelner akustischer Ereignisse bis zur Analyse komplexer Szenen bietet dieses KI-Element eine Vielzahl von Anwendungsmöglichkeiten. Dabei wird ein datenbasierter Fingerabdruck eines akustischen Objekts oder einer akustischen Szene erstellt. Technisch gesehen separiert es ein eindeutiges Signal aus einer Geräuschkulisse, z. B. ein bestimmtes Instrument in einer Musikaufnahme, eine einzelne Maschine in einer Produktionsanlage, ein ungewöhnliches oder sicherheitskritisches Geräusch. Nachgelagert kann dann eine entsprechende Aktion ausgelöst werden, z. B. das Absetzen eines Notrufs oder einer anderen Alarmsignalisierung.

### Für welche Aufgaben wird das KI-Element in Unternehmen und Organisationen eingesetzt?

Das Erkennen eines eindeutigen Signals im akustischen Hintergrund ist Grundlage für die maschinelle Inhaltsanalyse von akustischen Daten. Nur so gelingt z. B. die automatische Transkription von Interviews, also das Trennen individueller Stimmen in einem Gespräch. Auch der Trend zum Sprachdialog mehrerer Benutzer mit intelligenten Lautsprechern wie Alexa Echo oder Google Home setzt Audio Identification [Ai] voraus. Um die Effektivität von Werbekampagnen zu messen, erfassen Unternehmen die Reichweite von Ausstrahlungen automatisch. Hierzu werden akustische Markierungen in Werbebotschaften eingebettet, die dann bei Ausstrahlung erkannt werden können.

Der Nutzen von Musikdatenbanken steigt erheblich, wenn Anfragen durch Musikbeispiele möglich werden oder durch einfaches Summen einer Melodie. Audioanalyse ermöglicht auch die Verwaltung von Musikkatalogen und Sample-Bibliotheken, automatisches Verschlagworten von Audiodateien und die Erzeugung von Musikempfehlungen. Audio Identification [Ai] wird in der Audioforensik und in Sicherheitsanwendungen, z. B. dem Erkennen von Glasbruch, Einbrüchen, Vandalismus oder anderen kriminellen Handlungen, eingesetzt. Weitere Anwendungsfälle sind Smart Cities, z. B. zum Lärm-Monitoring, zur Sirenen-Erkennung oder für Verkehrszählungen sowie Smart-Home- und Pflegeumgebungen beim Erkennen von Notrufen oder Notsituationen und der Überwachung von Türklingeln, Babies oder Patienten. In der industriellen Produktion existieren ebenfalls zahlreiche Anwendungen. Hier können z. B. Prozesse akustisch überwacht werden, etwa zur prädiktiven Bestimmung von Wartungsintervallen für Maschinen. Veränderungen von Geräuschen, z. B. in Getrieben oder anderen mechanisch bewegten Teilen, können Hinweise für deren baldigen Ausfall geben. Auf diese Art können kostenintensive Stillstandzeiten von Maschinen minimiert werden. Die Beurteilung eines zu erfüllenden Zielklanges kann bei sogenannten End-of-Line-Tests in der Produktion eingesetzt werden, wodurch z. B. defekte Bauenteile erkannt werden können.

## Welche Marktereignisse der letzten zwei Jahre zeigen die Bedeutung des KI-Elements?

Historisch stammt der Bedarf nach diesem KI-Element vorrangig aus der Telekommunikation. Die Technik findet z. B. Einsatz in Telekonferenzsystemen. In den meisten Fällen ist Audio Identification [Ai] kein eigenständiges Produkt, sondern integraler Bestandteil komplexerer Produkte und Dienste. Der Trend geht jedoch zum Angebot von Software-Diensten, wie bei Services zum Identifizieren von Sprechern bei Microsoft, zum Erkennen von Musikstücken bei Niland oder zum Interpretieren von Videos bei Valossa. Die Bedeutung dieses KI-Elements wird auch durch das steigende Marktinteresse an persönlichen Assistenten wie Amazon Echo oder Google Home getrieben. Im März 2016 gab Google seine Speech API für Entwickler frei und forscht an der Erkennung allgemeiner akustischer Ereignisse in Youtube-Videos; so wurden 2017 eine Million Videos auf akustische Ereignisse untersucht.<sup>49</sup> Im Dezember 2017 verkündete Apple die Übernahme von Shazam, einem Anbieter eines Dienstes zum akustischen Erkennen von Musikstücken.

## Wie hängt dieses KI-Element mit anderen im Periodensystem zusammen?

Einerseits ermöglicht das Identifizieren persönlicher Stimmen ein intuitives Arbeiten mit sprachgesteuerten Schnittstellen. Damit vergrößern sich Einsatzfelder wie Benutzergruppen in zwei Richtungen: Entweder vereinfacht sich der Zugriff auf bestehende digitale Dienste oder es können neue angeboten werden, die bisher nicht skalierbar sind. Wenn der Trend zu sprachgesteuerten Mehrbenutzer-Zugriffen auf Einzelgeräten anhält (z. B. Amazon Echo, Google Home), wird das Identifizieren von Stimmen zwingend erforderlich. Hier gibt es Abhängigkeiten zum Element Speech Identification [Si].

Andererseits setzen das Auswerten von Daten und die Erstellung von Prognosen das Erfassen brauchbarer Signale voraus. Je genauer akustische Klangteppiche erfasst werden können, desto einfacher ist es, in diesem Datenstrom Signale zu isolieren. Dadurch entsteht eine Beziehung zu Audio Recognition [Ar].

## Wer bietet für dieses KI-Element Lösungen auf dem Markt an?

Das estnische Unternehmen Acoustid bietet eine Lösung, um Musikstücke automatisch zu verschlagworten. Der in Berlin beheimatete Anbieter Mufin bietet Lösungen, um die Reichweite von Rundfunkausstrahlungen zu messen. Das im Jahr 2002 gegründete Unternehmen Shazam findet mit seiner gleichnamigen App Musiktitel anhand kurzer Musiksnipsel. Nach eigenen Angaben hatte das Unternehmen vor fünf Jahren bereits 150 Millionen Benutzer in über 150 Ländern und verwaltete 10 Millionen Einträge von Musiktiteln. Im Jahr 2017 wurde es von Apple übernommen.<sup>50</sup>

49 Vgl. Jansen, Gemmeke, Ellis, Liu, Lawrence, & Freedman, 2017

50 Vgl. Singleton, 2017

## Welche wirtschaftliche Bedeutung hat dieses KI-Element?

Durch die vielfältigen Einsatzmöglichkeiten in verschiedenen Märkten hat die Technologie ein hohes Potenzial, bestehende Lösungen zu verbessern. Jedoch stehen viele Lösungen erst auf der Schwelle zum Markteintritt. Das globale Marktvolumen für Voice Recognition soll nach Schätzung von Business Wire im Jahr 2023 126,5 Milliarden US-Dollar erreichen.<sup>51</sup>

## Welche Hürden zeigen sich beim Einsatz dieses KI-Elements in der Praxis?

Algorithmen zum Identifizieren von Stimmen werden zunehmend besser. Sie stoßen aber weiterhin auf Grenzen beim Einsatz in Mehrbenutzer-Szenarien oder bei starker Geräuschkulisse (z. B. in Autos, Bahnhöfen oder Flughäfen). Das Identifizieren einer Stimme basiert heute auf analytischen Verfahren des akustischen Signals. Die Qualität der Auswertung könnte deutlich steigen, sobald dieses KI-Element z. B. semantische Information aus dem Kontext des Sprechers berücksichtige. Wie für alle maschinellen Lernverfahren ist eine ausreichend große Menge an akustischen Signalen für ein Training des Systems essenziell. Insbesondere Audiodaten für selten auftretende akustische Ereignisse wie z. B. das Geräusch defekter Rotoren von Windkraftanlagen sind oft schwer für ein Training von Modellen zu beschaffen. Die zunehmende Verfügbarkeit von akustischen Datensätzen zur Modellbildung wird die Entwicklung von akustischen Modellen weiter vereinfachen.

## Wer treibt die Entwicklung dieses KI-Elements voran?

Dieses KI-Element ist einerseits noch akademisch geprägt. Dafür stehen einschlägige Konferenzen wie die International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing oder die International Society for Music Information Retrieval Conference. Andererseits befindet es sich gerade auf dem Sprung von akademischer Grundlagenarbeit hin zu marktreifen Produkten für neuartige Anwendungen. Typischerweise gründen Wissenschaftler ein Startup, das dieses KI-Element als Nischenprodukt platziert. Beispiele solcher Services sind eine AudioID für das Steuern von Zugriffen auf die Geräteliste intelligenter Lautsprecher, das maschinelle Protokollieren von Dialogen zwischen mehreren Beteiligten, wie es die Lösung von Trint verspricht,<sup>52</sup> oder die automatische Erkennung von Babyschreien der Firma Biloop.<sup>53</sup> Häufig übernehmen Firmen wie Google, Amazon oder Facebook solche innovativen Dienste und integrieren diese in ihre Produkte und Services.

51 [↗https://www.businesswire.com/news/home/20171213005500/en/Voice-Recognition-Market---Expected-Reach-126.5](https://www.businesswire.com/news/home/20171213005500/en/Voice-Recognition-Market---Expected-Reach-126.5)

52 Vgl. Jarnow, 2017

53 Vgl. Biloop

## 4.8 Face Identification [Fi]



### Was genau leistet das KI-Element?

Diese KI-Komponente erkennt Gesichter anhand von Bildern oder Videoaufnahmen und weist diese bekannten Personen zu. Face Identification [Fi] ist ein Spezialfall von Face Recognition [Fr]. Die KI-Komponente ist nicht nur in der Lage, eine Person zu erkennen, sondern diese auch anhand eines Vergleichsbildes zu identifizieren.

### Für welche Aufgaben wird das KI-Element in Unternehmen und Organisationen eingesetzt?

Anwendungsfälle lassen sich dort finden, wo konkrete Personen erkannt werden müssen. Beispiele sind eine Zugangsberechtigung oder das Feststellen der Identität einer Person über ein Videotelefonat, z. B. für eine Kontoeröffnung.

### Welche Marktereignisse der letzten zwei Jahre zeigen die Bedeutung des KI-Elements?

In den letzten Jahren hat Face Identification [Fi] die Reife erreicht, um in Praxisszenarien seine Tauglichkeit zu beweisen. Ein Beispiel ist die jüngste Implementierung in die Grenzkontrollprozesse einiger Staaten.<sup>54</sup>

### Wie hängt dieses KI-Element mit anderen im Periodensystem zusammen?

Face Identification [Fi] baut auf Face Recognition [Fr] auf. Es ist plausibel anzunehmen, dass beide KI-Elemente zukünftig ineinander aufgehen. Des Weiteren bestehen Abhängigkeiten zu Communication [Cm] und Control [Cn], welche die Ergebnisse von Face Identification [Fi] nutzen.

### Wer bietet für dieses KI-Element Lösungen auf dem Markt an?

Aufgrund der großen Deckungsgleichheit zwischen Face Recognition [Fr] und Face Identification [Fi] bieten Unternehmen meist beide KI-Elemente parallel an. Dies sind einerseits Branchenröhren wie Google, Amazon oder Microsoft, aber auch Kleinunternehmen wie SenseTime oder Face++.

54 Vgl. CBP, 2017

## Welche wirtschaftliche Bedeutung hat dieses KI-Element?

Aufgrund der Wechselbeziehungen beider Elemente ist davon auszugehen, dass die Nachfrage nach Face Identification [Fi] als Teil von Face Recognition [Fr] stark steigen wird. Marketsandmarkets schätzt das globale Marktvolumen für Gesichtserkennung im Jahr 2022 auf 7,76 Milliarden US-Dollar.<sup>55</sup>

## Welche Hürden zeigen sich beim Einsatz dieses KI-Elements in der Praxis?

Aus Sicht des Datenschutzes ist Face Identification [Fi] kritischer zu betrachten als Face Recognition [Fr]. Denn diese KI-Komponente kann nicht nur Gesichter als Objekte erkennen, sondern auch konkreten Personen zuordnen. Eine weitere Hürde ist die Entwicklung robuster Verfahren, die Personen auch bei teilweise verdecktem Gesicht und aus allen möglichen Kameraperspektiven sicher erkennen.

## Wer treibt die Entwicklung dieses KI-Elements voran?

Die Ähnlichkeit der KI-Elemente Face Recognition [Fr] und Face Identification [Fi] führt zu denselben Organisationen als treibenden Kräften hinter einer Weiterentwicklung. Die Firma Cognitec bietet Lösungen zur Gesichtserkennung für den Einsatz in sicherheitskritischen Anwendungen an. Weltweit arbeiten zahlreiche Lehrstühle und Forschungsabteilungen von Unternehmen an Systemen für Face Recognition [Fr].<sup>56</sup>

## 4.9 Image Identification [li]

### Was genau leistet das KI-Element?

Das KI-Element Image Identification [li] beschreibt das Finden und Wiedererkennen eines Objektes, wie z. B. eines konkreten Fahrzeugs oder einer bekannten Person. Wichtige Gütekriterien dieses KI-Elementes sind hohe Zuverlässigkeit und das Ausschließen von Verwechslungen. Dabei können die Besonderheiten eines Objektes helfen. Beispielsweise kann ein Nutzfahrzeug, das auf verschiedenen Bildern mit und ohne Ladung zu sehen ist, an etwaigen Kratzern oder aufgedruckten Nummern wiedererkannt werden.



55 ↗<https://www.marketsandmarkets.com/PressReleases/facial-recognition.asp>

56 ↗<https://www.kairos.com/blog/56-facial-recognition-research-groups-to-watch>

## Für welche Aufgaben wird das KI-Element in Unternehmen und Organisationen eingesetzt?

Das Identifizieren von realen Gegenständen und ihren Umgebungsbedingungen auf Bildern verbindet die physische Welt mit virtuellen Abläufen. Ein Beispiel ist, bei einer Maschine den Zeitpunkt der Wiederbestückung zu erkennen, oder in einem Müllkonvolut Materialien voneinander zu trennen. Weitere Anwendungen sind die Detektion von Sprengstoff oder der Einsatz von Assistenzrobotern, die in der Patientenpflege helfen. Ebenso wird die Technik in Alarmsystemen eingesetzt, z. B. um Personen ausfindig zu machen, die gestürzt sind oder sich in einer anderer Notsituation befinden. In diesen Fällen müssen Personen nicht zwingend namentlich identifiziert werden, was dieses Einsatzszenario von Face Identification [Fi] abgrenzt.

## Welche Marktereignisse der letzten zwei Jahre zeigen die Bedeutung des KI-Elements?

Image Identification [ii] hat in den letzten Jahren hauptsächlich an Bedeutung gewonnen durch das Überwachen an Flughäfen oder Städten sowie in der Sicherheitstechnik. Ein bekannter Anwendungsfall in Deutschland ist das Mautsystem Toll Collect mit dem Erfassen von Fahrzeug- und Nummernschildern.

## Wie hängt dieses KI-Element mit anderen im Periodensystem zusammen?

In komplexen Anwendungen folgt Image Identification [ii] dem KI-Element Image Recognition [Ir]. Die durch Image Identification [ii] durchgeführte Zuordnung eines Bildes zu einem Objekttyp – z. B. Gebäude, Auto, Mensch, Insekt – ermöglicht die weitere Verarbeitung. Viele Techniken der KI-Elemente Data Analytics [Da], Knowledge Refinement [Lt] oder auch Mobility [Mi, Ms] können diese Zusammenhänge zur weiteren Verarbeitung oder Entscheidungsfindung nutzen.

## Wer bietet für dieses KI-Element Lösungen auf dem Markt an?

Es gibt zahlreiche Anbieter für Spezialanwendungen für das KI-Element Image Identification [ii]. In Deutschland ist die Forschungsallianz 3Dsensation aktiv. Anwendungsfälle mit Identifizierung sind beispielsweise das Erkennen von Notfällen oder von Umgebungsbedingungen autonomer Systeme. Zudem gibt es Anbieter für Services zur Bilderkennung wie clarifai<sup>57</sup> oder die Cloud Vision APIs von Google<sup>58</sup>. Das Fraunhofer-Institut für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung entwickelt Technologien zur Verhaltensanalyse von Menschenmengen.<sup>59</sup> Das Startup Meran-

57 <https://www.clarifai.com/>

58 <https://cloud.google.com/vision/>

59 <https://www.iosb.fraunhofer.de/servlet/is/75652/>

tix entwickelt Bildverarbeitungslösungen für Personen- und Nutzfahrzeuge sowie den Gesundheitsbereich. Die jungen Unternehmen ImgAi und BioDataAnalysis entwickeln Anwendungen für den Gesundheitsbereich, Fujitsu Lösungen für die Materialprüfung.

### Welche wirtschaftliche Bedeutung hat dieses KI-Element?

Bei vielen Automatisierungsaufgaben, bei denen Objekte nicht nur erkannt, sondern identifiziert werden müssen, ist Image Identification [ii] unverzichtbar. Das gilt für die Medizin, die automatisierte Überwachung, die Mülltrennung oder die Lagerhaltung. Ebenso basiert autonomes Fahren in hohem Maße auf eindeutiger Identifikation von Objekten.

### Welche Hürden zeigen sich beim Einsatz dieses KI-Elements in der Praxis?

Bei der Erkennung von Fahrzeugen in Bildern zielt Image Recognition [ir] nicht auf das Identifizieren eines bestimmtes Autos ab. Sondern es geht um das zuverlässige Erkennen eines Objekts als Auto. Image Identification [ii] unterliegt besonders stark den Besonderheiten des Alltags: Meist verändern Objekte im Laufe der Zeit ihr Aussehen oder ihre Form. Deshalb müssen robuste Modelle entwickelt werden, die diese Veränderungen tolerieren können, oder die Modelle müssen regelmäßig und aufwendig nachtrainiert werden.

### Wer treibt die Entwicklung dieses KI-Elements voran?

Wesentliche Kräfte bei der Entwicklung der technischen Grundlagen sind Google, Facebook, IBM, Microsoft oder Amazon. Weiterhin engagieren sich Hersteller von Kraft- und Nutzfahrzeugen, die bspw. mit Einrichtungen wie dem Fraunhofer Institut für angewandte Optik und Feinmechanik oder dem Deutschen Forschungsinstitut für Künstliche Intelligenz zusammenarbeiten.

## 4.10 General Identification [Gi]

### Was genau leistet das KI-Element?

Das KI-Element General Identification [Gi] baut auf der Funktionalität von General Recognition [Gr] auf. Es erkennt Muster in komplexen Zuständen und Zustandsübergänge in Systemen auf Basis von Zahlenreihen oder physikalisch erfassbaren Signalen.



## Für welche Aufgaben wird das KI-Element in Unternehmen und Organisationen eingesetzt?

General Identification [Gi] findet genau wie General Recognition [Gr] ihr momentanes Hauptanwendungsbereich in Predictive-Maintenance-Szenarien für die Industrie 4.0. Auf Basis der von General Identification [Gi] erkannten, komplexen Systemzustände und -übergänge können genauere Voraussagen über das zukünftige Verhalten beispielsweise von Maschinen abgeleitet werden. Im Gesundheitssektor spielen diese Zustandsanalysen, zum Beispiel auf Basis tragbarer Sensoren, eine immer größere Rolle, um mögliche Krankheitsbilder frühzeitig zu diagnostizieren.

## Welche Marktereignisse der letzten zwei Jahre zeigen die Bedeutung des KI-Elements?

Die Forschungsfortschritte in Unterkategorien wie Speech Identification [Si] oder Face Identification [Fi] zeigen, dass die Entwicklung hin zu einer generellen Identifizierung auf einem guten Weg ist. Beispiele hierfür sind das maschinelle Ausfiltern von Hintergrundgeräuschen in Telefonaten<sup>60</sup> oder das Gesichtserkennen zum Klassifizieren geometrischer Muster in Portraits von Künstlern wie Rembrandt<sup>61</sup>. Für General-Identification-Anwendungen mit Schwerpunkt Predictive Maintenance gibt es aktuell keine Standardlösungen, da die Einsatzszenarien z. B. im Produktionsumfeld häufig individuelle Lösungen erfordern. Jedoch haben viele Produktionsunternehmen und Maschinen- und Anlagenbauer in den letzten Jahren Big-Data-Plattformen entwickelt um mit Hilfe von General-Identification-Anwendungen zu schaffen, wobei Predictive Maintenance die häufigste Zielstellung ist.

## Wie hängt dieses KI-Element mit anderen im Periodensystem zusammen?

General Identification [Gi] baut auf der General Recognition [Gr] auf, indem sie die erkannten Zuständen in Beziehung zueinander setzt und ihnen eine Bedeutung zuweist. In komplexeren KI-Lösungen können Category Learning [Cl], Manipulation [Ma], Communication [Cm] und Control [Cn] zum Einsatz kommen.

## Wer bietet für dieses KI-Element Lösungen auf dem Markt an?

Aufgrund der großen Deckungsgleichheit zwischen [Gi] und [Gr] bieten maßgeblich auch solche Unternehmen General Identification [Gi] an, die auch General-Recognition-Dienste bereitstellen.

60 Vgl. Technology Review, 2015

61 Vgl. Brown, Mark; 2016

## Welche wirtschaftliche Bedeutung hat dieses KI-Element?

Der Markt für General Identification [Gi] wird aufgrund der starken Überlappung mit General Recognition [Gr] nicht gesondert ausgewiesen. Es ist anzunehmen, dass General Identification [Gi] momentan aufgrund der geringeren technischen Reife noch eine untergeordnete Rolle spielt.

## Welche Hürden zeigen sich beim Einsatz dieses KI-Elements in der Praxis?

Genau wie bei General Recognition [Gr] erfordert die Fähigkeit der KI-Komponente, Daten aus verschiedenen Datenquellen zu analysieren, einen großen Ressourceneinsatz. Aus diesem Grund sind vor allem große Unternehmen wie SAP, Microsoft oder Amazon Vorreiter in diesem Bereich. Doch auch kleinere, spezialisierte Firmen bieten derartige Services für spezifische Industrien und Anwendungsgebiete an.

## Wer treibt die Entwicklung dieses KI-Elements voran?

Analog zu General Recognition [Gr] entwickeln zum einen die Anbieter von Predictive-Maintenance-Lösungen die Technologie weiter. Zum anderen gibt es zahlreiche Lehrstühle, die basierend auf öffentlich verfügbaren oder aus Industriekollaborationen gewonnenen Daten bestehende Ansätze verbessern oder neue entwickeln.

## 4.11 Predictive Inference [Pi]

### Was genau leistet das KI-Element?

Auf Basis einer Datengrundlage werden Prognosemodelle generiert, die eine statistische Verbindung zwischen Eingangsdaten und einer oder mehreren Ausgangsgrößen bilden. Es werden dabei lediglich Korrelationen modelliert – nicht notwendigerweise Kausalitäten. Predictive Inference [Pi] erstellt also für existierende Daten Vorhersagen von metrischen Werten, Skalenwerten, Intervallen oder Klassen, z. B. Verkaufsprognosen, Wettervorhersagen oder Risikoklassen.



### Für welche Aufgaben wird das KI-Element in Unternehmen und Organisationen eingesetzt?

Predictive Inference [Pi] generiert im einfachsten Fall mit überwachten Lernverfahren (supervised learning) Modelle, die Datensätzen Klassen zuordnen. Dies wird als Klassifikation bezeichnet. Wird von Predictive Inference [Pi] im Zusammenhang mit Zeitreihen gesprochen, so werden häufig lineare Regressionsmodelle verwendet. Ihr Zweck besteht darin, für Zeitreihen mit gewis-

ser Sicherheit eine Prognose zu liefern. Eine verbreitete Anwendung von Predictive Inference [Pi] sind Spam-Filter, die einkommende Nachrichten analysieren und kategorisieren. Des Weiteren wird Predictive Inference [Pi] als Baustein zur Einschätzung der Kreditwürdigkeit oder zur Vorhersage von Kreditbetrug eingesetzt. Bei Verkaufsvorhersagen und der Prognose von Kundenabwanderung dient Predictive Inference [Pi] als Grundbaustein. Auch im algorithmischen Börsenhandel findet Predictive Inference [Pi] Verwendung, wo Kurse prognostiziert und automatische Handelsentscheidungen getroffen werden. In der Produktion kommt Predictive Inference [Pi] häufig bei der vorausschauenden Instandhaltung zum Einsatz.

Dafür werden flexible Instandhaltungspläne generiert, die Echtzeitdaten von Maschinen nutzen, um absehbare Störungen zu erkennen. Dadurch wird ein Eingreifen vor dem Ausfall einer Maschine ermöglicht. Ein weiteres Beispiel der Predictive Inference [Pi] ist der vorausschauende Versand von Amazon oder Libri.

## Welche Marktereignisse der letzten zwei Jahre zeigen die Bedeutung des KI-Elements?

Wegen der Bedeutung von Predictive Inference [Pi] für die produzierende Industrie widmete die Hannover Messe 2017 der proaktiven Instandhaltung eine Sonderschau. Unternehmen wie PwC oder Uber schaffen Entscheider-Positionen wie einen »Head of Machine Learning«. Die Zertifizierung als Chartered Financial Analyst durch das CFA Institute in Virginia soll ab 2019 nur noch mit solidem Kenntnisstand über dieses KI-Element Predictive Inference [Pi] möglich sein.<sup>62</sup> Ende 2013 ließ Amazon ein Verfahren zum proaktiven Versand patentieren, das Lieferzeiten verkürzt.<sup>63</sup>

## Wie hängt dieses KI-Element mit anderen im Periodensystem zusammen?

Predictive Inference [Pi] nutzt digitalisierte Daten von Bildern, Ton- und Filmmedien und verbindet diese mit Meta-, Stamm- und weiteren Prozessdaten, um daraus mittels Data Analytics [Da] Vorhersagemodelle zu erstellen. Diese Modelle werden unter anderem vom Element Decision Making [Dm] genutzt, um automatisierte Entscheidungen zu treffen.

## Wer bietet für dieses KI-Element Lösungen auf dem Markt an?

Das schwäbische Startup 5Analytics nutzt im Kern der Ada-Plattform Predictive Inference [Pi] für Kunden in der produzierenden Industrie wie auch im Versicherungswesen. Fero Labs, ein aus der Zusammenarbeit der RWTH Aachen und der Columbia University entstandenes Startup, bietet

62 Vgl. The Economist, 2017

63 »Method and System for Anticipatory Package Shipping«

eine Lösung zur Optimierung von Produktionsprozessen. Rapidminer ist eine der meistgenutzten Open-Source-Lösungen für Predictive Inference [Pi].<sup>64</sup>

## Welche wirtschaftliche Bedeutung hat dieses KI-Element?

Eine Vorstellung von der Größenordnung des Marktes vermitteln Angaben von Forbes zum Machine Learning. Das Unternehmen schätzt, dass 2016 etwa 39 Milliarden Dollar in Machine Learning investiert wurden. Diese Zahl entspricht einer Verdreifachung im Vergleich zu 2013. Die Anzahl der Patente im Bereich Machine Learning ist von 2013 bis 2017 jährlich um 34 Prozent gewachsen. Im Jahr 2017 produzierten IBM, Microsoft, Google, LinkedIn, Facebook, Intel und Fujitsu die meisten Patente in diesem Bereich.<sup>65</sup>

## Welche Hürden zeigen sich beim Einsatz dieses KI-Elements in der Praxis?

Es lassen sich technische und organisatorische Hürden unterscheiden. Technisch gesehen muss für Predictive Inference [Pi] eine Datenbasis geschaffen werden. Für eine Prognose müssen Daten z. B. in einer größeren Granularität gespeichert werden, als ERP-Systeme sie üblicherweise zur Verfügung stellen. Für die Instandhaltungsabteilung stellt das Erzeugen dieser Daten regelmäßig eine unerwünschte Beeinträchtigung der Produktion dar. Das behindert häufig den Aufbau der notwendigen Datenbasis. Weiterhin bedingt jeder physische Eingriff in das Produktionsystem, dass sich die statistischen Merkmale der Datenbasis verändert. Dies führt dazu, dass Prognosemodelle regelmäßig nachjustiert werden müssen.

Zu den organisatorischen Hürden zählt die korrekte Interpretation der Ergebnisse. Die Wahrnehmung von Varianzen, Risiken und die Beurteilung der Qualität von Prognoseverfahren unterliegt kognitiven Verzerrungen. Der Mensch ist ohne Training nicht in der Lage, Wahrscheinlichkeiten richtig zu interpretieren und kann nicht einfach auf seine Intuition vertrauen.

Eine Prognose von Unternehmensdaten stellt nur dann einen Mehrwert dar, wenn sie Geschäftsprozesse optimiert. Predictive Inference [Pi] muss folglich in bestehende Systeme integriert werden. Dabei ist es eine besondere Herausforderung, stochastische Eingangsgrößen wie die Auftragsprognose in Produktionsplanungs- und Steuersysteme einzubinden. Eine weitere Hürde ist die häufig mangelnde Transparenz der Funktionsweise von Prognosemodellen. Kann ein Prognoseverfahren diese liefern, so steigt dessen Akzeptanz im betrieblichen Einsatz.

64 Vgl. Piatetsky, KDnuggets 15th Annual Analytics, Data Mining, Data Science Software Poll: RapidMiner Continues To Lead, 2014 sowie Piatetsky, Forrester vs Gartner on Data Science Platforms and Machine Learning Solutions, 2017

65 IFI Claims Patent Services (Patent Analytics) 8 Fastest Growing Technologies SlideShare Presentation

## Wer treibt die Entwicklung dieses KI-Elements voran?

Die Wissensgrundlage für das Element Predictive Inference [Pi] wird traditionell in Forschungseinrichtungen entwickelt. Es sind Unternehmen jeder Größenklasse, die die Modelle und Algorithmen für die Automation von Geschäftsprozessen adaptieren und zur Automation von Geschäftsprozessen einsetzen. In den USA beteiligen sich Unternehmen, deren Geschäftsmodelle von diesen Modellen abhängen, immer stärker an der Grundlagenforschung. Prominente Beispiele sind Facebook und Google. Die chinesische Regierung veröffentlichte im Jahr 2017 mit dem »New Generation AI Development Plan« eine strategische Agenda und strebt damit eine global führende Rolle im Bereich Künstlicher Intelligenz an.

## 4.12 Explanatory Inference [Ei]



### Was genau leistet das KI-Element?

Explanatory Inference [Ei] erklärt das Zustandekommen von Entscheidungen, die durch KI-Systeme getroffen werden. Diese Erklärungen können z. B. den Ablauf einer Entscheidungskette betreffen – vom Zustandekommen der Daten, deren Ableitungen (Inference) sowie dem Berechnen von Entscheidungen. Durch das Nachvollziehen einer Entscheidung werden Fehler vermieden und das Vertrauen in automatisierte Entscheidungen erhöht.

### Für welche Aufgaben wird das KI-Element in Unternehmen und Organisationen eingesetzt?

Besondere Relevanz erlangt Explanatory Inference [Ei] in zwei häufigen Anwendungsfällen: Bei der Rechenschaftspflicht von getroffenen Entscheidungen (Accountability) sowie bei Mensch-Maschine-Lernverfahren (Human-in-the-loop). Bei der Rechenschaftspflicht gibt es verschiedene Stufen abhängig vom KI-System. Bei assistierenden KI-Systemen bleiben Menschen die finalen Entscheidungsträger, insofern wird Explanatory Inference [Ei] hier zu einem Werkzeug des Vertrauens, um menschliche Entscheidungen zu unterstützen und zu begründen.

Bei autonomen Entscheidungssystemen wird Explanatory Inference [Ei] mehr oder minder zu einem Beweisstück für Plausibilität und Richtigkeit von Entscheidungen des KI-Systems. Je stärker KI-Systeme im Kontext von hoher Tragweite der Entscheidung eingesetzt werden, z. B. in der Medizin oder bei selbstfahrenden Autos, desto häufiger müssen entsprechende Komponenten für Explanatory Inference [Ei] integriert werden.

Bei Lernverfahren kommt es innerhalb der KI-Gemeinschaft zu einer stärker werdenden Glaubensspaltung. Während die Machine-Learning-Faktion an der reinen Mustererkennung (Pure pattern recognition) festhält, treten andere für einen höheren Erklärungsgrad von Modellen und

gemischten Lernverfahren (Human-in-the-loop) ein, wie zuletzt Ali Rahimi auf der NIPS 2017<sup>66</sup>. Neuere Lernansätze versuchen in stärkerem Maße, maschinelles Lernen mit menschlicher Intelligenz bzw. menschlichem Wissen zu verbinden, und dazu müssen über Explanatory Inference [Ei] die maschinellen Verfahren besser und transparenter erklärt werden (WhiteBox AI).

## Welche Markt Ereignisse der letzten zwei Jahre zeigen die Bedeutung des KI-Elements?

In vielen Bereichen vertrauen betroffene Kunden den Resultaten von Algorithmen nicht, weil diese für sie nicht erklärbar sind. Ein KI-System kann ggf. bessere Kreditentscheidungen treffen und Kunden sind sich des Einsatzes von KI häufig nicht bewusst. Werden solche Verfahren aber eingesetzt, so darf der Kunde zu Recht eine Erklärung erwarten, wie die Entscheidung zustande kam. Dafür wären Verfahren der Explanatory Inference [Ei] nötig.

## Wie hängt dieses KI-Element mit anderen im Periodensystem zusammen?

Explanatory Inference [Ei] hat eine enge Verbindung zu Predictive Inference [Pi] und Synthetic Reasoning [Sy]. Die Verbindung zur Vorhersage besteht darin, das Zustandekommen einer Vorhersage begründen zu können, z. B. die Empfehlung für den Kauf einer Grillzange, weil ein Grill gekauft wurde. Die Verbindung zu Synthetic Reasoning [Sy] liegt darin, dass nicht nur das Ergebnis begründet werden kann, sondern auch dessen Zustandekommen und Schlussfolgerungen.

## Wer bietet für dieses KI-Element Lösungen auf dem Markt an?

Der Fokus von KI lag in den letzten Jahren vermehrt auf der Entwicklung neuer Deep-Learning-Algorithmen, weniger auf deren Erklärungsansätzen, weshalb sich für Explanatory Inference [Ei] noch kein eigener Markt für erklärbare künstliche Intelligenz oder erklärbare Maschinenlernen (explainable artificial intelligence oder XAI) etabliert hat. Im Wesentlichen wird Explanatory Inference [Ei] durch zusätzliche Systeme bereitgestellt werden müssen, die mit den Entscheidungssystemen verbunden werden. Eine stärkere gesetzliche Regulierung von automatisiert getroffenen Entscheidungen wird dem Markt Anschub verleihen. Die im Mai 2018 in Kraft getretene Datenschutz-Grundverordnung darf als erster Schritt in diese Richtung interpretiert werden. Aktuell betreten Firmen wie wunder.ai den Markt für erklärbare KI z. B. mit einer Lösung zur Personalisierung von Online-Angeboten.

## Welche wirtschaftliche Bedeutung hat dieses KI-Element?

Nach einer repräsentativen Umfrage des britischen Meinungsforschungsinstituts YouGov sehen 45 Prozent der Befragten beim Einsatz von KI gleich viele Gefahren und Chancen, weitere 26 Prozent bewerten die Risiken als höher als den möglichen Nutzen.<sup>67</sup> Die wirtschaftliche Bedeutung von Explanatory Inference [Ei] entsteht aus dem zunehmenden Notwendigkeit, dass KI-Algorithmen nachvollziehbar arbeiten müssen, z. B. durch gesetzliche Vorgaben. Am größten ist das wirtschaftliche Potenzial, wenn bestimmte Anwendungsfälle zwingend transparente KI-Verfahren fordern.

## Welche Hürden zeigen sich beim Einsatz dieses KI-Elements in der Praxis?

Hürden zeigen sich in mehrfacher Form. Erstens erfordern Implementierungen für Explanatory Inference [Ei] oft zusätzlichen Aufwand. Zweitens werden Qualitätsmetriken benötigt, um die Qualität von automatisierten Entscheidungen messen zu können. Oft sind leistungsfähige Algorithmen wegen ihrer Komplexität nicht erklärbar. Daraus entsteht ein Zielkonflikt: Guten Resultaten liegen oft nicht erklärbare Mechanismen zugrunde, dagegen produzieren erklärbare Algorithmen häufig unzureichende Ergebnisse. So liefern Deep-Learning-Netzwerke in vielen Bereichen hervorragende Resultate, sind aber in ihrer inhärenten Funktionsweise nur schwer nachvollziehbar.

## Wer treibt die Entwicklung dieses KI-Elements voran?

Explainable Inference [Ei] ist aktuell ein akademisches Thema und erste Anwendungen werden durch Startups als Marktangebot sichtbar. Nennenswerte Institutionen sind MIT, Alibaba und WUNDER (wunder.ai). Die Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA) entwickelt neue Technologien, die die Funktionsweise von automatisierten Entscheidungen mit Hilfe Künstlicher Intelligenz erklärbar machen.<sup>68</sup> Ein Beispiel für die Aktivitäten der DARPA in diesem Bereich ist das XAI-Programm<sup>69</sup>. Auch auf aktuellen Forschungskonferenzen ist das Thema relevant, wie der Workshop zu EXplainable AI Planning bei der International Conference on Automated Planning and Scheduling 2018 zeigt.<sup>70</sup>

67 ↗[https://www.t-online.de/digital/software/id\\_84429452/umfrage-viele-deutsche-misstrauen-kuenstlicher-intelligenz.html](https://www.t-online.de/digital/software/id_84429452/umfrage-viele-deutsche-misstrauen-kuenstlicher-intelligenz.html)

68 ↗<https://www.technologyreview.com/s/603795/the-us-military-wants-its-autonomous-machines-to-explain-themselves/>

69 ↗<https://www.darpa.mil/program/explainable-artificial-intelligence>

70 ↗<http://icaps18.icaps-conference.org/xaip/>

## 4.13 Synthetic Reasoning [Sy]

### Was genau leistet das KI-Element?

Synthetic Reasoning [Sy] zählt zu den Schlüsselkomponenten intelligenter Systeme. Reasoning bezeichnet dabei die Fähigkeit, aus Daten mit Hilfe eines Modells neue Erkenntnisse abzuleiten. Synthetic Reasoning [Sy] schließt von bekannten Fakten einer Situation auf das komplexe Ganze. So kann z. B. von einzelnen, gegebenenfalls im Widerspruch zueinander stehenden Richtlinien darauf geschlossen, ob ein Versicherungsfall gedeckt ist. Die Zubereitung von Speisen ist ein gutes Beispiel aus dem Alltag: hier wird vom Geschmack einzelner Zutaten auf das Geschmackserlebnis eines Gerichts geschlossen.



### Für welche Aufgaben wird das KI-Element in Unternehmen und Organisationen eingesetzt?

Typische Einsatzfelder für Synthetic Reasoning [Sy] sind Geschäftsprozesse und Anwendungen, die komplexe intellektuelle Leistung voraussetzen. Dies gilt z. B. für Business Intelligence und Analytics, bei denen Einzelergebnisse verknüpft und neue Erkenntnisse gewonnen werden. Gleiches gilt für Empfehlungsmaschinen, die Kunden auf Basis ihrer Interessen Produktvorschläge unterbreiten.

Im Compliance Management – also bei der Überwachung von Risiken und der automatischen Identifikation von Regelverstößen – wird ebenfalls Synthetic Reasoning [Sy] eingesetzt. In Anwendungen für digitale Arbeitsplätze erhalten Mitarbeiter auf Basis ihres Tätigkeitsprofils auf ihren konkreten Kontext abgestimmte Entscheidungsvorlagen. Schließlich findet das KI-Element Anwendung im Bereich Medizin und Pharma etwa bei der Entdeckung neuer Wirkstoffe und in der Entwicklung medizinischer Assistenzsysteme.

### Welche Marktereignisse der letzten zwei Jahre zeigen die Bedeutung des KI-Elements?

Für die Funktionsweise von IBM Watson oder Apple Siri spielen Techniken des Synthetic Reasoning [Sy] eine große Rolle.<sup>71</sup> Derzeit ist der manuelle Aufwand noch hoch, um die Qualität von Synthetic Reasoning [Sy] zu garantieren. Eines der zentralen KI-Ziele und Forschungsgegenstand der kommenden Jahre wird es sein, explizites Wissen in Form von Wissensdatenbanken, Synthetic Reasoning [Sy] und Deep Learning miteinander zu verbinden.

Die DARPA hat im Jahr 2017 den Begriff »explainable AI« (XAI) geprägt<sup>72</sup> und initiierte ein vierjähriges Projekt zu diesem Thema. Den gesellschaftlichen Diskurs um KI bestimmen in letzter Zeit zunehmend Forderungen nach Transparenz, Nachvollziehbarkeit und Erklärbarkeit.<sup>73</sup>

## Wie hängt dieses KI-Element mit anderen im Periodensystem zusammen?

Synthetic Reasoning [Sy] setzt voraus, dass Daten, Regeln und Teilmodelle sinnvoll in Einklang gebracht werden. Inferenz, wissensbasierte Systeme und das Folgern und Argumentieren beschäftigen die Forschung in der KI von Anfang an. Die Grenzen zu Explanatory Inference [Ei] und Predictive Inference [Pi] sind fließend. Inferenztechniken benutzen die gleichen Basisfähigkeiten, jedoch entlang einer zeitlichen oder kausalen Achse. Beispiele hierfür sind die Ursachenfindung eines Fehlers in einer Anlage oder in einer Prozesskette durch Rückwärtsschließen mit Explanatory Inference [Ei] oder die Simulation der Folgen des Ausfalls einer Maschinenkomponente durch Vorwärtsschließen Predictive Inference [Pi]. Das Synthetic Reasoning [Sy] arbeitet demgegenüber entlang eines Teile-Ganzes-Zusammenhangs. Neuere Forschung zeigt die enge Verbindung zu Lerntechniken wie dem Knowledge Refinement [Lt] und Relationship Learning [Ri]. Die Kombination mit Text Extraction-Verfahren Text Extraction [Te] findet in der Praxis bereits erfolgreiche Anwendungen. Sprach- und Bilderkennung sowie die Sensorik liefern die Wissens- und Datenbasis für Synthetic Reasoning [Sy]. Die Elemente der Response-Kategorie dienen dazu, die Folgerungen zu kommunizieren und die gewonnenen Erkenntnisse umzusetzen.

## Wer bietet für dieses KI-Element Lösungen auf dem Markt an?

Bei Synthetic Reasoning [Sy] handelt es sich nicht um eine Anwendung, sondern eine Fähigkeit, die in KI-Systemen genutzt wird. Diese Anwendung wird durch eine Komponente namens Reasoner durchgeführt, der aus einer Wissensbasis unter Anwendung von Ableitungsregeln neues Wissen erzeugt. Beispiele von globalen Unternehmen, die Synthetic Reasoning [Sy] in Ihren Technologien verwenden, sind unter anderem Apple mit Siri, Amazon mit Amazon Echo und IBM mit Watson. Im deutschsprachigen Raum sind intelligent views mit i-views, semafora mit Ontobroker, arago oder die Semantic Web Company mit Pool Party zu nennen. Der Weitern verfügen Ontologie-Editoren wie TopBraid Composer und Protégé über Reasoning-Funktionen.

72 Vgl. Gunning

73 Das spiegelt sich auch in der neuen Europäischen Datenschutzgrundverordnung wider: Wird eine automatisierte Entscheidungsfindung und Profiling angewendet, muss der Betroffene über die besondere Tragweite und die angestrebten Auswirkungen solcher Verfahren informiert werden. Diese Informationspflicht erstreckt sich auf Angaben zur verwendeten Logik oder über den Algorithmus. Vgl. EU-DSGVO

## Welche wirtschaftliche Bedeutung hat dieses KI-Element?

Es gibt keinen genau abgrenzbaren Markt für Synthetic Reasoning [Sy]. IBM Watson und Apple Siri, für die Synthetic Reasoning [Sy] eine große Rolle spielt, weisen jedoch auf die große wirtschaftliche Bedeutung hin. Isoliert lässt sich Synthetic Reasoning [Sy] in Bezug auf Marktvolumen und Dynamik nicht betrachten, jedoch wird es als Schlüsselfähigkeit für automatisiertes Entscheiden die Entwicklung des Gesamtmarktes für KI-Technologien mitbestimmen.

## Welche Hürden zeigen sich beim Einsatz dieses KI-Elements in der Praxis?

Die Domäne des Synthetic Reasoning [Sy] sind intellektuelle Schlussfolgerungen. Das unterscheidet Synthetic Reasoning [Sy] von reinen Wahrnehmungsaufgaben wie Bild- oder Spracherkennung.<sup>74</sup> Das Synthetic Reasoning [Sy] operiert häufig auf anwendungs- und unternehmensspezifischem Fachwissen. Damit entstehen beim Aufbau von Synthetic Reasoning-Fähigkeiten stets Aufwände durch die Modellierung von Unternehmens- und Prozesswissen. Synthetic Reasoning [Sy] kann dabei helfen, Vertrauen in KI zu stärken, da es nachvollziehbare und erklärbare Erkenntnisse auch aus kleinen Datenmengen ableiten kann.<sup>75</sup> Insbesondere im Bereich Compliance müssen automatische Entscheidungen erklär- und nachvollziehbar bleiben.

## Wer treibt die Entwicklung dieses KI-Elements voran?

Forschung und Entwicklung im Bereich des Synthetic Reasoning [Sy] werden in Deutschland u. a. von IBM, intelligent views, dem Deutschen Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz, der Fraunhofer-Gesellschaft, den Hochschulen in Karlsruhe, Bonn und Leipzig und dem HPI in Potsdam vorangetrieben. Eine Vielzahl vielzitierter Publikationen von Deep Mind und anderen forschungsnahen Unternehmen der letzten Jahre bestätigen die Bedeutung von Synthetic Reasoning [Sy].<sup>76</sup>

---

<sup>74</sup> Vgl. Lieberman

<sup>75</sup> Vgl. IBM

<sup>76</sup> Vgl. Santoro, Raposo, & Watters, 2017), (IBM) sowie (Knight, Intelligent Machines – The Dark Secret at the Heart of AI. No one really knows how the most advanced algorithms do what they do. That could be a problem. (MIT Technology Review), 2017

## 4.14 Data Analytics [Da]



### Was genau leistet das KI-Element?

Data Analytics [Da] erkennt relevante Fakten in einem Datenkorpus. Im Gegensatz zu Sprach- oder Bilderkennung ist sie ein generell einsetzbares KI-Element, das strukturierte wie unstrukturierte Datenquellen verarbeitet. Die Art erkannter Fakten hängt dabei vom gegebenen Datentyp ab. Beispielsweise kann es sich dabei um das Erkennen von Verkaufstrends und Kundengruppen oder das Korrelieren von Sensordaten handeln. Der Einsatz dieser Komponente bringt für Unternehmen zwei Vorteile mit sich: Einerseits eine größere Effizienz von Datenanalyseprozessen gegenüber dem Einsatz von ausschließlich menschlichen Experten und die Unterstützung beim Erkennen von zuvor gänzlich unbekannten Mustern.

### Für welche Aufgaben wird das KI-Element in Unternehmen und Organisationen eingesetzt?

Einsatzszenarien in Unternehmen gibt es üblicherweise in zwei Kategorien: Zum einen das Erkennen und Minimieren von Risiken, zum anderen das Aufdecken von neuen Chancen. So werden geschäftliche Risiken durch KI-unterstütztes Erkennen von Warnmustern vermieden, z. B. Kreditrisiken im Finanzsektor oder Qualitätsprobleme in der Produktion. Automatisch extrahierte Datenmuster geben Hinweise auf unerkannte Geschäftsfelder, z. B. bisher übersehene Kundengruppen oder neuartige Marketing-Segmente.

### Welche Marktereignisse der letzten zwei Jahre zeigen die Bedeutung des KI-Elements?

Im Januar 2014 investierte IBM 1 Milliarde US-Dollar in den Geschäftsbereich Watson. Im September 2016 kaufte SalesForce das US-Startup BeyondCore für ca. 110 Millionen US-Dollar. Im November 2016 investiert die Scheer Holding in das Berliner Startup Inspirient und im August 2017 investieren Lightspeed Ventures u. a. 60 Millionen US-Dollar in das US Startup ThoughtSpot.

### Wie hängt dieses KI-Element mit anderen im Periodensystem zusammen?

Data Analytics [Da] hat Bezüge zu KI-Elementen für die Musterextraktion aus Daten, wie z. B. Predictive Inference [Pi], Explanatory Inference [Ei], Image Recognition [Ir] und Text Extraction [Te] mit Komponenten zum automatischen Anwenden logischer Regeln und Fachwissen bei Synthetic Reasoning [Sy] und Problem Solving [Ps].

## Wer bietet für dieses KI-Element Lösungen auf dem Markt an?

Mit Fokus auf Anwender in Fachabteilungen sind vier große Anbieter zu nennen: Watson Analytics von IBM automatisiert die Datenvisualisierung und das Auffinden von unbekannten Zusammenhängen. SpotIQ von ThoughtSpot hilft bei der Hypothesengenerierung und bei der Visualisierung gefundener Muster. Das Produkt ›Discovery Platform‹ von SparkBeyond automatisiert die Datenaggregation interner und externer Quellen. Inspirient erkennt automatisch relevante Muster in Daten und erstellt priorisierte Präsentationsfolien. DataRPM automatisiert Analysen zur vorausschauenden Wartung von Maschinen, und DataRobot erstellt automatisch prädiktive Datenmodelle für Vorhersage und Planung.

## Welche wirtschaftliche Bedeutung hat dieses KI-Element?

Die Marktforscher von IDC sagen für den Markt »Kognitiver und KI-Plattformen«, zu denen KI-gestützte Datenanalysen zählen, ein jährliches Wachstum von 39 Prozent voraus, auf 8 Milliarden US-Dollar bis zum Jahr 2021.<sup>77</sup>

## Welche Hürden zeigen sich beim Einsatz dieses KI-Elements in der Praxis?

Der Einsatz von Data Analytics [Da] erfordert die Anpassung betrieblicher Prozesse. So ist beispielsweise zu klären, welche Arbeitsschritte in Analyseprozessen automatisiert werden können und sollen. Darüber hinaus erfordert der sinnvolle Umgang mit automatisch erstellten Reports die Schulung von Anwendern. Eine weiteres Hindernis ist die nötige Integration von Datenquellen, die häufig verstreut in verschiedenen Systemen liegen. Die Zusammenführung von Daten aus verschiedenen betrieblichen Abteilungen und die Schaffung einer integrierten Datenbasis ist oft mit organisatorischen und technischen Hürden verbunden.

## Wer treibt die Entwicklung dieses KI-Elements voran?

Große Softwareunternehmen wie Google, Facebook, Microsoft und Alibaba veröffentlichen regelmäßig einflussreiche Forschungsergebnisse auf den führenden Forschungskonferenzen zu Data Analytics [Da]. In Deutschland führend sind das Deutsche Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz, das Max-Planck-Institut für Informatik, das Karlsruher Institut für Technologie und das Fraunhofer-Institut für Intelligente Analyse- und Informationssysteme. Diese entwickeln Automatisierungstechnologien für Data Analytics [Da] und überführen Forschungsergebnisse in Referenzprojekte verschiedener Branchen.

77 Vgl. IDC April, 2017 sowie IDC Sept., 2017

## 4.15 Planning [PI]

PI

Planning

### Was genau leistet das KI-Element?

Planning [PI] beschreibt die algorithmische Suche nach einer Sequenz von Einzelschritten, die unter Berücksichtigung von Einschränkungen zu einem akzeptablen Ergebnis führen. Die Einzelschritte sind Handlungen, die über einen Zeitverlauf stattfinden und die Abhängigkeiten voneinander aufweisen können. Unterschiedliche Lösungspfade können gegeneinander gewichtet werden. Wichtiger Bestandteil von Planning [PI] ist die Fähigkeit, Stück für Stück aus vorhandenen Ressourcen und Restriktionen einen Plan zu konstruieren, der nach ausgewählten Prioritäten optimiert worden ist.

### Für welche Aufgaben wird das KI-Element in Unternehmen und Organisationen eingesetzt?

In allen Industrie- und Handelsbetrieben sind Prozesse zum Erzeugen eines Produktes oder zum Erbringen einer Dienstleistung zu planen. Hiermit verbunden ist häufig eine Prozesskomplexität, die sich aus vielen, meist unabhängig handelnden Akteuren ergibt. Darüber hinaus sind Störungen und zeitliche Abhängigkeiten von Bedarfszeitpunkten, der Verfügbarkeit von Kapazitäten und Ressourcen relevant. Eine Planung ist notwendig für das Produktionsprogramm, die Beschaffung und Bereitstellung von Material und Ressourcen oder die Versorgung von Kunden oder Märkten mit Erzeugnissen. Beispielsweise ist bei der Produktion eines Autos der Lieferwunschtermin zu berücksichtigen. Die notwendigen Bauteile sind oft über globale Lieferketten verteilt. Schließlich ist die Einordnung eines Auftrags in eine Kalenderwoche oder einen Tagesablauf auf dem Montageband einzuplanen.

### Welche Marktereignisse der letzten zwei Jahre zeigen die Bedeutung des KI-Elements?

In der Produktion erlangt Planning [PI] besondere Bedeutung für Industrie 4.0. Planung folgt dem Paradigma autonomer Steuerung. Digital vernetzte Akteure, Menschen wie Maschinen, treffen operative Entscheidungen in geplanten Grenzen selbst, und können so beispielsweise entscheiden, welcher Auftrag als nächster bearbeitet wird. Diese Autonomie reduziert den Planungsaufwand, da nicht jeder einzelne operative Schritt vorab geplant werden muss. Außerdem ermöglicht eine solche Delegation Produktionssysteme, die komplexere Produkte erzeugen können. Allerdings erschwert ein so großer Handlungsspielraum der operativen Akteure auch die Vorhersage eines Fertigstellungszeitpunkts für ein Produkt oder einen Dienst. Hier helfen Methoden der KI und Simulation, trotz Komplexität, Dynamik und Zufälligkeit zuverlässige Planungen zu erstellen.

## Wie hängt dieses KI-Element mit anderen im Periodensystem zusammen?

Planning [Pi] weist Verbindungen insbesondere zu Mobility Large [Mi] und Mobility Small [Ms], Manipulation [Ma], Communication [Cm] und Control [Cn] auf. Gleichzeitig vereinfachen eine gute Prognose und das Erkennen von Zusammenhängen die Planung. Daher ist die Planung mit Predictive Inference [Pi] und Explanatory Inference [Ei] verbunden.

## Wer bietet für dieses KI-Element Lösungen auf dem Markt an?

Beim Planning [Pi] muss immer die Anwendungsdomäne berücksichtigt werden. Abhängig von der Domäne zeigen am Markt erhältliche Lösungen dieses KI-Elements unterschiedliche Reife-grade. Generalisierbare Lösungen für Planning [Pi] sind nicht erhältlich. Für die Domäne Mobilität gibt es bereits Ansätze zur übergreifenden Planung, also z. B. den Weg von A nach B mit verschiedenen Verkehrsmitteln zu bewältigen. Für die Optimierung von Geschäftsprozessen findet sich Rubix von Insiris oder Aurora von Stottler Henke. Die Fraunhofer-Gesellschaft bietet Lösungen aus der anwendungsnahen Forschung, wie etwa Assistenzsysteme zur Planung oder zur Erfassung und Analyse von Logistikobjekten, z. B. die Plattform RIOTANA®.

## Welche wirtschaftliche Bedeutung hat dieses KI-Element?

Vorausschauende Planung bietet im Gegensatz zu zeitnaher, operativer Steuerung großes Potenzial für Einsparungen, indem Fehlerkosten gesenkt, Durchlaufzeiten verkürzt oder die Gesamtanlageneffektivität gesteigert werden. Daher ist die Bedeutung von Planning [Pi] für die Industrie als sehr hoch einzuschätzen. Fallstudien zeigen mögliche Effizienzsteigerungen von 30 Prozent und mehr. Bei einer monatlichen Wertschöpfung im produzierenden Gewerbe von über 150 Milliarden Euro ergeben sich hohe Einspar- und Ertragspotenziale.<sup>78</sup>

## Welche Hürden zeigen sich beim Einsatz dieses KI-Elements in der Praxis?

Üblicherweise ist Planung durch hohe kombinatorische Komplexität charakterisiert. In der Praxis ist neben vielen Einflussfaktoren die Anzahl der Planungsgegenstände und ihre Variantenvielfalt hoch. Diese hohen Anforderungen werden von aktuellen Lösungen nicht bedient. Außerdem bietet die adaptive Planung in Echtzeit in dynamischen Umgebungen einen Mehrwert, der immer höheren Entwicklungsaufwand bedeutet. KI-Lösungen gelten heute als Mittel der Wahl, um diese Hürden zu überwinden. Um KI-basierte Lösungen zu prüfen, können Verfahren der ereignisdiskreten Simulation genutzt werden.

78 <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/37131/umfrage/verarbeitendes-gewerbe-umsatz-monats-zahlen/>

## Wer treibt die Entwicklung dieses KI-Elements voran?

Die Fraunhofer-Institute für Software- und Systemtechnik, Materialfluss und Logistik sowie für Intelligente Analyse- und Informationssysteme entwickeln anwendungsnahe, domänenspezifische Lösungen, beispielsweise zur Datenanalyse mit Chatbots oder zur Steuerung von Schwärmen autonomer Transportsysteme zur Antizipation von Aktivitäten in Produktion und Logistik in Echtzeit auf Basis von Sensordaten.

## 4.16 Problem Solving [Ps]



### Was genau leistet das KI-Element?

Problem Solving [Ps] beschreibt die Suche nach möglichen Pfaden von einem Ist- in einen Soll-Zustand. Den Übergang von Ist nach Soll beschreiben Einzelschritte, die Rahmen- oder Randbedingungen genügen müssen. Die Lösung hat per se keine direkten physischen Konsequenzen in der Welt, sondern erfolgt durch Abstraktion durch mathematische Modelle oder Computersimulationen. Problem Solving [Ps] entspricht der menschlichen Fähigkeit, ein Problem durch Nachdenken zu lösen. Die prinzipielle Lösung steht im Vordergrund, das mögliche Optimieren ist nachrangig. Eine Fähigkeit von Problem Solving [Ps] besteht oft darin, ein Gesamtproblem in Einzelprobleme zu zerlegen.

### Für welche Aufgaben wird das KI-Element in Unternehmen und Organisationen eingesetzt?

Problem Solving [Ps] wird eingesetzt beim Finden möglicher Lösungen für Probleme unter der Beachtung von Nebenbedingungen. Das Resultat sind mehrere mögliche Lösungen, deren Konsequenzen hinsichtlich klar definierter Kriterien bewertet werden. Beispiele sind adaptive Produktionsplanung, Routenoptimierung in der Logistik oder Personaleinsatzplanung. Als Echtzeitanwendung gelten das autonome Fahren oder die Steuerung von Drohnen.

### Welche Markt Ereignisse der letzten zwei Jahre zeigen die Bedeutung des KI-Elements?

Problem Solving [Ps] auf Basis statistischer Lernverfahren gewann in den letzten Jahren an Bedeutung. So bezwang AlphaGo im März 2016 einen der derzeit weltbesten Go-Spieler in fünf Partien mit 4:1. Überdies gewann AlphaGo auch gegen ein Team von fünf Topspielern, die sich über ihren Zug gemeinsam abstimmen konnten. Ein Beispiel eines im Jahr 2005 durch einen Computer gelösten Problems ist das sogenannte Vier-Farben-Theorem, das vorher von Mathematikern nicht gelöst werden konnte. Trotz theoretischer Zweifel haben sich Computerbeweise etabliert.

## Wie hängt dieses KI-Element mit anderen im Periodensystem zusammen?

Problem Solving [Ps] simuliert die Fähigkeit des Problemlösens des Menschen. Dies geschieht entweder durch deterministische Verfahren, z. B. zur Routenfindung in Transportnetzwerken, oder durch stochastische Verfahren, bspw. evolutionäres Design. Problem Solving [Ps] hängt besonders mit den KI-Elementen auf der linken Seite des Periodensystems zusammen.

Am nächsten liegt Problem Solving [Ps] jedoch den KI-Elementen Planning [Pl] und Decision Making [Dm], da beide die logische Herleitung einer gefundenen Lösung präsentieren. Problem Solving [Ps] geht prinzipiell Planning [Pl] und Decision Making [Dm] voraus, da eine geplante Handlung erst aus dem Abwägen einer oder mehrerer Problemlösungen möglich wird. Beispielsweise kann die Lösung eines Rundreiseproblems mithilfe anderer Randbedingungen, wie z. B. Fahrer Verfügbarkeit, Kfz-Verfügbarkeit oder Ankunftszeit, in einen Plan überführt werden, der auch Fahrerpausen oder Betankungszeiten enthält. Die Datengrundlage für Problem Solving [Ps] kann durch Audio Recognition [Ar] und Image Recognition [Ir] bereitgestellt werden. Um das Resultat von Problem Solving [Ps] zu kommunizieren, kann Language Generation [Lg] angebunden werden.

## Wer bietet für dieses KI-Element Lösungen auf dem Markt an?

Problem Solving [Ps] wurde in der Geschichte der KI tatsächlich als unabhängige Lösung gesehen. In der Praxis hat sich gezeigt, dass Problem-Solving-Lösungen häufig maßgeschneidert für spezielle Branchen angeboten werden. So existieren Angebote für das Planen von Produktionsprozessen oder Personaleinsätzen.

## Welche wirtschaftliche Bedeutung hat dieses KI-Element?

Die wirtschaftliche Bedeutung des Automatisierungspotenzials durch Problem Solving [Ps] ist hoch. Roboter werden z. B. durch Problem Solving [Ps] in die Lage versetzt, selbstständig Nachschub an Produktionsstraßen zu liefern. Damit optimieren Roboter Teile der Produktionskette, indem sie Bedarf wahrnehmen, ihre Handlungen priorisieren und zusätzlich Abläufe mit anderen Robotern abstimmen. Marketsandmarkets schätzt das jährliche Marktvolumen für Cobots im Jahr 2025 auf 12,3 Milliarden US-Dollar.<sup>79</sup>

## Welche Hürden zeigen sich beim Einsatz dieses KI-Elements in der Praxis?

Die hohe Komplexität und Dynamik von Systemen, in denen Problem Solving [Ps] zum Einsatz kommt, stellt eine große Hürde dar. Ein vorrangiges Problem ist die Entwicklung effizienter Algorithmen, die trotz großer Lösungsräume und mannigfaltiger Nebenbedingungen zeitnah gute Lösungen liefern. Ein weiteres Problem beim Praxiseinsatz stellen Fälle dar, bei denen suboptimale Lösungen Qualitätsverluste verursachen.

79 <https://www.marketsandmarkets.com/PressReleases/collaborative-robot.asp>

Um robuste Systeme zu bauen, müssen diese auch mit unbekannten Situationen umgehen können. Ein möglicher Ansatz hierfür ist Transfer Learning. Hierfür nutzt ein System bereits vorhandenes Wissen, um es auf ein unbekanntes Problem zu übertragen. Der heutige Stand der Technik erlaubt es, verwandte Probleme mit Transfer Learning zu lösen. Ein Beispiel ist das System IMPALA von DeepMind, welches ein neuronales Netz trainiert, das sequenziell Atari-Spiele lernt und dabei Wissen von den vorhergehenden Spielen nutzt.<sup>80</sup>

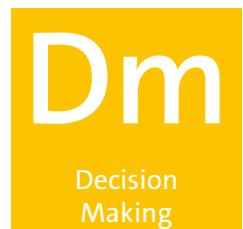
## Wer treibt die Entwicklung dieses KI-Elements voran?

Forschungsnahe Softwareunternehmen wie DeepMind arbeiten an generell einsetzbaren Problem-Solving-Lösungen. Anwendungsspezifische Lösungen werden durch Anbieter von Planungssoftware für autonomes Fahren, Produktionsplanung und Logistikoptimierung entwickelt. Mehrere Institute der Fraunhofer-Gesellschaft wie die Institute für Software- und Systemtechnik, Materialfluss und Logistik und Angewandte Informationstechnik entwickeln anwendungsspezifische, KI-basierte Systeme zum Problem Solving [Ps]. Ein Beispiel ist ein System zur Bildung von Platoons: Lastwagen können autonom in digital gekoppelten Kolonnen (Platoons) fahren, die von einem menschlichen Fahrer angeführt werden. Vorteile sind etwa Treibstoffersparnis aufgrund eines geringeren Luftwiderstands und weniger Platzbedarf auf der Straße. Das zugrunde liegende Optimierungsproblem berücksichtigt u. a. Start und Ziel der jeweiligen Platoon-Teilnehmer sowie deren Beladung und Höchstgeschwindigkeit.

## 4.17 Decision Making [Dm]

### Was genau leistet das KI-Element?

Decision Making [Dm] ist die automatisierte Auswahl einer unter vielen möglichen Entscheidungen, die zu Konsequenzen in der realen Welt führen würde. Diese kann auf Daten basieren oder durch heuristische Regeln entstehen. Decision Making [Dm] liefert die beste Lösung für ein Problem unter Berücksichtigung aller Parameter und Nebenbedingungen.



### Für welche Aufgaben wird das KI-Element in Unternehmen und Organisationen eingesetzt?

Decision Making [Dm] wird heute bereits vielfältig eingesetzt. Für den Konsumentenmarkt werden smarte Wecker entwickelt, welche die Weckzeit von der Verkehrssituation und dem individuellen Terminkalender abhängig machen. Intelligente Haussteuerungen regeln durch autonome Entscheidungen die Temperatur oder große Energieverbraucher. Oft ist Decision Making

80 Vgl. Kirkpatrick, 2017

[Dm] relevant für Steuerungs- oder Navigationsentscheidungen, etwa bei Stop-Go-Systemen in Kraftwagen oder in Reinigungsrobotern. Künftig wird das KI-Element auch eine wichtige Rolle beim autonomen Fahren übernehmen, indem es Entscheidungen in verschiedenen Situationen trifft. Logistikunternehmen nutzen ebenfalls Decision Making [Dm] zur dynamischen Routenplanung. Aktuell wird Decision Making [Dm] in Gefahrensituationen bei Kampfjets für den autonomen Abschuss von Täuschkörpern verwendet. Komplexere Entscheidungen werden heute noch nicht in größerem Maßstab automatisiert getroffen.

### **Welche Markt Ereignisse der letzten zwei Jahre zeigen die Bedeutung des KI-Elements?**

In den letzten zwei Jahren geriet Decision Making [Dm] durch negative Schlagzeilen, bspw. über Unfälle mit Roboterautos von Tesla, in den Fokus. Diese Unfälle zeigten, dass auf dem Markt verfügbare Decision-Making-Komponenten noch nicht die an sie gestellten Erwartungen erfüllen. Auch die Angst vor der Entwicklung autonomer Kampfroboter heizt den öffentlichen Diskurs an. Größere Sichtbarkeit erlangte Decision Making [Dm] etwa durch die medienwirksame Präsentation von IBM Watson im Jahr 2011.

### **Wie hängt dieses KI-Element mit anderen im Periodensystem zusammen?**

Predictive Inference [Pi] liefert die Grundlage für die Entscheidungen in Kombination mit Planning [Pl] oder auch Problem Solving [Ps]. Die Entscheidungen steuern physische Elemente wie Mobility Small [Ms] und Mobility Large [Mi] oder Manipulation [Ma] und Communication [Cm] an.

### **Wer bietet für dieses KI-Element Lösungen auf dem Markt an?**

Zu den Anbietern von Decision Making [Dm] zählen im Bereich der Risikoanalyse und -bewertung Preference AB und ExpertChoice. Im Bereich Forschung können D-Sight und 1000minds genannt werden, die durch Cloud-Plattformen gemeinsame Ranking- und Priorisierungsprobleme angehen. ProCom ist im Bereich Energie und Handel mit seiner Lösung weit verbreitet. Die US-Behörden setzen Lösungen von Decision Lens zur Gestaltung von Trainingsplänen sowie zur Säuberung und Überwachung von Gebieten ein. Der Anbieter BOARD bietet mit seiner Lösung eine Plattform für BI, Performance Management und Predictive Analytics an.

### **Welche wirtschaftliche Bedeutung hat dieses KI-Element?**

Da die auf den anderen KI-Elementen basierenden Modelle und Entscheidungsgrundlagen für viele Bereiche oft nur in schlechter Qualität vorliegen, ist Decision Making [Dm] derzeit besonders im Hochfrequenzhandel, im autonomen Transport oder in militärischen Anwendungen populär.

## Welche Hürden zeigen sich beim Einsatz dieses KI-Elements in der Praxis?

Decision Making [Dm] benötigt das Vertrauen von Menschen in autonome Entscheidungen von Maschinen. Daraus ergibt sich bspw. seit einiger Zeit die Forderung nach einer Begründung von Entscheidungen autonomer Systeme. Intransparenz mindert bei vielen Anwendern die Akzeptanz für Decision Making [Dm] und kann zu ihrer Ablehnung führen. Nicht selten erreicht Decision Making [Dm] unter kontrollierten Bedingungen optimale Ergebnisse, die sich nicht direkt auf Realbedingungen übertragen lassen. Der erfolgreiche Transfer vom Labor in die Praxis wird auf absehbare Zeit eine Hürde bleiben. Eine weitere Hemmschwelle sind juristische und ethische Fragen: Wer haftet für Fehler? Welche Fehlentscheidungen sind akzeptabel, welche nicht? Nach welchen ethischen Regeln soll ein System entscheiden?

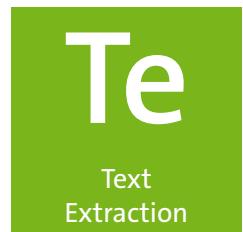
## Wer treibt die Entwicklung dieses KI-Elements voran?

Decision Making [Dm] ist nicht unabhängig, denn es benötigt Input von anderen KI-Elementen. In den Branchen Rüstung, Automobil und Smart Home sowie in Logistik- und Finanzdienstleistungen wird das KI-Element immer häufiger in autonomen Systemen eingesetzt.

### 4.18 Text Extraction [Te]

#### Was genau leistet das KI-Element?

Die KI-Komponente Text Extraction [Te] erkennt und versteht Entitäten (z. B. Personen, Organisationen, Städte, Produkte) und Begriffe (z. B. Kommunikation, Innovation, Produktion) in Texten. Eine Kernfähigkeit für Text Extraction [Te] ist die Auflösung von Mehrdeutigkeiten in Namen und Wörtern: »Müller« bezeichnet, je nach Kontext, den Politiker Gerd Müller, den Fußballer Thomas Müller, die Drogeriekette Müller oder den Beruf Müller. Die Mehrdeutigkeit von Namen und Wörtern wird durch die Verknüpfung mit den passenden eindeutigen Entitäten und Konzepten in einer Wissensbank aufgelöst. Solche Wissensbanken werden häufig mit Hilfe von Wikipedia erstellt, indem jeder Artikel in eine maschinenverstehbare Entität oder ein Konzept transformiert wird. Für den Einsatz in speziellen Anwendungen oder Unternehmensfeldern muss die Wissensdatenbank angepasst werden. Text Extraction [Te] ordnet Namen und Wörtern eindeutige Bedeutungen zu.



#### Für welche Aufgaben wird das KI-Element in Unternehmen und Organisationen eingesetzt?

Text Extraction [Te] ist Bestandteil von Suchmaschinen wie Google und Bing. Entitäten und Konzepte werden erkannt und helfen, Fragen direkt zu beantworten. Sucht man beispielsweise nach »Dylan Songs«, zeigt Google nicht nur die Lieder des Musikers an, sondern findet auch Web-

seiten, die beispielsweise »Like a Rolling Stone« erwähnen. Diese Auflistung wäre nicht möglich, ohne die Analyse der Suchanfrage, ob es sich hier um Bob Dylan (Entität) und dessen Lieder (Konzept) handelt.

Diese Art von semantischer Suchfunktionalität ist für alle Unternehmen von Nutzen, die schnell große Textmengen durchforsten müssen. Ein konkretes Beispiel ist die Analyse sozialer Medien, etwa Produktbeschwerden: Schreibt ein Nutzer »Wrangler ist Mist«, sollte sich dann der Automobilhersteller oder Jeans-Hersteller Sorgen machen? Ohne Textextraktion kann diese Frage nicht eindeutig beantwortet werden. Das Zusammenspiel Text Extraction [Te] mit Language Understanding [Lu] ermöglicht viele weitere Anwendungsfälle. Beispiele hierfür finden sich im Kapitel zu Language Understanding [Lu].

## Welche Marktereignisse der letzten zwei Jahre zeigen die Bedeutung des KI-Elements?

Der Knowledge Graph in der Google-Suche schließt zum ersten Mal die kommerzielle Nutzung von riesigen Wissensdatenbanken mit hunderten Millionen von Entitäten und Konzepten ein. Nutzer der Suchmaschine bekommen nun direkt Bilder und relevante Fakten zu Personen und Unternehmen eingeblendet. Auch der Trend zu sprachbasierten Assistenten wie Siri, Alexa und Cortana zeigen den steigenden Bedarf an Text Extraction [Te]. Die Bedeutung des KI-Elements für den Unternehmenskontext wird dadurch ersichtlich, dass neben kleineren Unternehmen wie Ambiverse, Aylien, SpazioDati auch die großen IT-Unternehmen – allen voran Google, IBM und Microsoft – Schnittstellen für automatisiertes Textverständnis anbieten. Mit deren Hilfe können Entwickler dieses KI-Element in unternehmenseigenen Anwendungen nutzen.

## Wie hängt dieses KI-Element mit anderen im Periodensystem zusammen?

Text Extraction [Te] ist die Basis für Language Understanding [Lu]. Entitäten und Konzepte in Texten agieren als Anker, deren Beziehungen Language Understanding [Lu] erlaubt. Häufig, beispielsweise bei sprachgestützten Assistenten, geht Text Extraction [Te] Speech Recognition [Sr] voraus, die Audiosignale in Text umwandelt. Die vollständige Verarbeitungskette ist dann Speech-to-Text-to-Knowledge [Sr]-[Te]-[Lu].

## Wer bietet für dieses KI-Element Lösungen auf dem Markt an?

Große IT-Unternehmen wie Amazon, Google, IBM, Microsoft, SAP bieten alle Lösungen zum Erkennen und Verstehen von Entitäten und Konzepten an. Spezialanbieter erreichen häufig eine bessere Qualität oder bedienen eine besondere Nische: Ambiverse, Aylien, Basis Technologies, Bitext, SpazioDati und TextRazor.

## Welche wirtschaftliche Bedeutung hat dieses KI-Element?

Marketsandmarkets schätzt die Größe des Marktes für Text Analytics für das Jahr 2022 auf 8,8 Milliarde US-Dollar.<sup>81</sup>

## Welche Hürden zeigen sich beim Einsatz dieses KI-Elements in der Praxis?

In einigen Anwendungsbereichen kann der volle Nutzen von Text Extraction [Te] erst bei Integration von Anwendungswissen ausgeschöpft werden. Dazu müssen unternehmenseigene Entitäten (Produkte, Partner, ...) und Konzepte (z. B. Fachbegriffe) in die Wissensdatenbanken eingebracht werden. Dies erfordert derzeit manuellen Aufwand, da die vollautomatische Integration und Erweiterung von Wissensdatenbanken in Unternehmen mit öffentlichen Wissensdatenbanken wie Wikidata<sup>82</sup>, DBpedia<sup>83</sup> oder YAGO<sup>84</sup> noch fehlerbehaftet ist. Eine weitere Voraussetzung für die vollautomatische Integration ist die vollständige Digitalisierung unternehmensinterner Texte und Datenbanken.

## Wer treibt die Entwicklung dieses KI-Elements voran?

Text Extraction [Te] ist seit Jahrzehnten Teil der Forschung. Auch heute gibt es viele Arbeiten auf Konferenzen wie der ACL, EMNLP, WWW oder ISWC oder in Fachzeitschriften wie Artificial Intelligence, die neue Methoden und Anwendungsfelder für das Erkennen und Verknüpfen von Namen und Worten mit Entitäten und Konzepten publizieren. Besonders Amazon, Google und Microsoft betreiben Forschung für Text Extraction [Te], was dem großen Nutzen des Elements bei der Websuche und sprachgesteuerten Assistenten geschuldet ist. Deutsche Unternehmen mit Produkten, die Text Extraction [Te] einsetzen, sind Intrafind und Empolis.

## 4.19 Language Generation [Lg]

### Was genau leistet das KI-Element?

Die Aufgabe von Language Generation [Lg] ist das automatische Erzeugen eines natürlichsprachlichen Textes aus der formalen logischen Repräsentation von Wissen.



81 <https://www.marketsandmarkets.com/PressReleases/text-analytics.asp>

82 [https://www.wikidata.org/wiki/Wikidata:Main\\_Page](https://www.wikidata.org/wiki/Wikidata:Main_Page)

83 <http://wiki.dbpedia.org/>

84 <https://www.mpi-inf.mpg.de/departments/databases-and-information-systems/research/yago-naga/yago/#c10444>

## Für welche Aufgaben wird das KI-Element in Unternehmen und Organisationen eingesetzt?

Language Generation [Lg] kommt in zwei zentralen Aufgabenstellungen zum Einsatz. Einerseits beim Erzeugen von Textausgaben von natürlichsprachlichen Bedienschnittstellen, z. B. Sprachdialogsysteme oder Chatbots, andererseits für Systeme, die Texte generieren, z. B. technische Dokumentationen, Wetterberichte oder Nachrichten.

## Welche Markt Ereignisse der letzten zwei Jahre zeigen die Bedeutung des KI-Elements?

Der allgemeine Trend hin zu Sprachassistenz-Systemen ist offensichtlich. Produkte wie Amazon Alexa, Samsung Bixby oder Google Voice halten Einzug in Telefone oder intelligente Lautsprecher. Im Einsatz für Unternehmen bestehen noch große Defizite in der Bedienbarkeit, der Leistungsfähigkeit und Sicherheit.

## Wie hängt dieses KI-Element mit anderen im Periodensystem zusammen?

Im Rahmen eines Sprachdialogsystems stellt Language Generation [Lg] die zentrale Dialogschnittstelle dar. Meist verantwortet ein Dialogmanager oder Präsentationsplaner die übergeordnete Kontrollfunktion zur Strukturierung und Durchführung eines Interaktionsablaufs. Dieser erzeugt eine abstrakte Repräsentation des zu erzeugenden Textes, der dann durch Language Generation [Lg] in natürlichsprachlichen Text der Zielsprache ausgegeben wird. Der Text kann im Anschluss durch Sprachsynthese in gesprochene Sprache umgewandelt werden. Language Generation [Lg] wird durch KI-Elemente wie Planning [Pi] und Reasoning [Sy] unterstützt. Häufig werden für die Generierung natürlichsprachlicher Texte auch Formular-basierte Verfahren eingesetzt, die feste Textfragmente mit dynamischen Inhalten kombinieren.

## Wer bietet für dieses KI-Element Lösungen auf dem Markt an?

Lösungen für Language Generation [Lg] werden einerseits von Spezialanbietern wie paragon semvox oder Aexea angeboten, andererseits von Konzernen wie Google, IBM oder Amazon.

## Welche wirtschaftliche Bedeutung hat dieses KI-Element?

Das KI-Element kommt in allen Anwendungen zum Einsatz, die über eine sprachbasierte Schnittstelle mit Anwendern kommunizieren. Mit der zunehmenden Verbreitung von Sprachassistentensystemen nimmt die Bedeutung dieser Komponente weiter zu. Language Generation [Lg] wird zunehmend wichtiger, damit die nächste Generation derartiger Produkte ausreichend Akzeptanz im Alltag finden wird.

## Welche Hürden zeigen sich beim Einsatz dieses KI-Elements in der Praxis?

Die maschinelle Umsetzung von Language Generation [Lg] ist anspruchsvoll. Neben dem Erschließen vorhandener und dem Erzeugen neuer Wissensquellen stellen die Qualitätssicherung der Ausgabe und die Übersetzung in verschiedene Zielsprachen derzeit noch hohe Hürden für eine kommerzielle Anwendung dar. Deshalb werden bisher in der Praxis vielfach formular-basierte Ansätze eingesetzt.

## Wer treibt die Entwicklung dieses KI-Elements voran?

IBM Arria<sup>85</sup> ist eine Schnittstelle auf der IBM Cloud-Plattform für Anwendungen im Finanzbereich. Arria ist eine Sprachtechnologie, die nachbildet, wie ein menschlicher Experte Daten analysiert, Informationen herausfiltert und schließlich natürliche Sprache generiert. Yseop präsentiert eine Lösung, um Benutzern ihre Daten in schriftlicher Form, in der Muttersprache und in Echtzeit zu erklären. textOmatic nutzt formular-basierte Verfahren, um große Textmengen in Echtzeit zu erzeugen. paragon semvox setzt auf eine tiefgehende semantische Verarbeitung von Sprache, um als Resultat eine natürliche gesprochene oder geschriebene Sprachausgabe in möglichst vielen Zielsprachen zu liefern.

## 4.20 Language Understanding [Lu]

### Was genau leistet das KI-Element?

Language Understanding [Lu] beschreibt das Verstehen der Information im Text, also die Zuordnung zur Bedeutung. Das KI-Element versteht die in Texten gemeinten Beziehungen zwischen Entitäten und Konzepten (siehe auch Text Extraction [Te]). Dabei werden zwei Probleme gelöst: einerseits wird geklärt, welche Entitäten und Konzepte in Satzstrukturen überhaupt eine Beziehung bilden; andererseits wird untersucht, welche Bedeutung diese Beziehung hat. Beziehungen können in vielen Varianten ausgedrückt werden. Als Beispiel dienen die folgenden Sätze: »Er ist der Geschäftsführer des Unternehmens«, »Er leitet das Unternehmen« und »Er führt die Geschäfte des Unternehmens«. Das Ergebnis von Language Understanding [Lu] – gemeinsam mit Text Extraction [Te] – ist der Transfer eines möglicherweise mehrdeutigen Textes in eine eindeutige maschinelle Repräsentation.



## Für welche Aufgaben wird das KI-Element in Unternehmen und Organisationen eingesetzt?

Die derzeit augenscheinlichste Bedeutung hat Language Understanding [Lu] in sprachgesteuerten Assistenten wie Apples Siri, Amazons Alexa oder Microsofts Cortana. Ohne das Verstehen der Absicht, die hinter einer Frage steht, sowie das Erkennen und die korrekte Zuordnung von Ortsnamen wären weder einfache Anfragen, z. B. nach dem Wetterbericht, noch komplexe Anfragen, z. B. die Frage der Zugehörigkeit von Unternehmen zu Konzernen, möglich. Beispielsweise muss die Frage »Wo wurde Dylan geboren?« zunächst der Absicht zugeordnet werden den Geburtsort zu finden, sowie der wahrscheinlichsten Person: Bob Dylan, bevor die richtige Antwort »In Duluth, Minnesota« gegeben werden kann.

Dieselbe Bedeutung kommt diesem Element bei Chatbots zu. Hier müssen die Absicht der Fragen, ihre verschiedenen Elemente und ihre Beziehung zueinander verstanden werden. Geht es über eine einfache Frage-Antwort-Konstruktion hinaus, müssen Chatbots den Kontext verstehen und für den weiteren Dialog erinnern können. Grundsätzlich ist es durch Language Understanding [Lu] möglich, große Textmengen so aufzubereiten, dass Wissensfragen beantwortet oder Entscheidungen automatisiert getroffen werden können. Relevant ist dies etwa für Analysten. Investoren oder Analysten profitieren von Language Understanding [Lu], wenn sie Unternehmen bewerten müssen und dafür Dokumente und öffentliche Quellen weitgehend automatisiert auswerten können. Eine weitere Anwendung ist der Datenjournalismus: Language Understanding [Lu] kann die Tiefenanalyse von Whistleblower-Dokumenten, z. B. den Panama Papers, beschleunigen und erlaubt es, bisher unerkannte Zusammenhänge aufzudecken.

## Welche Marktereignisse der letzten zwei Jahre zeigen die Bedeutung des KI-Elements?

Sprachgesteuerte Assistenten wie Siri, Alexa oder Cortana werden bereits nach kurzer Zeit von Millionen Menschen genutzt. Alle diese Assistenten benötigen Language Understanding [Lu]. Ähnlich rasant ist das Aufkommen von Chatbots, die Unternehmen unterstützen, ihre Kundenkommunikation zu optimieren. Auch die Verbesserung der Qualität und die Personalisierung von Suchmaschinen wie Google und Bing ist auf das immer besser werdende Sprachverständhen zurückzuführen.

## Wie hängt dieses KI-Element mit anderen im Periodensystem zusammen?

Language Understanding [Lu] spielt häufig mit Text Extraction [Te] zusammen: Ohne das Wissen um die Bedeutung von Entitäten und Konzepten, die in Texten und Fragen vorkommen, ist die Erkennung der Beziehungen oder der Absicht einer Frage kaum möglich. Language Understanding [Lu] ist häufig Speech Recognition [Sr] nachgelagert, um Sprache in eine maschinenlesbare Repräsentation ihrer Bedeutung zu überführen.

## Wer bietet für dieses KI-Element Lösungen auf dem Markt an?

Amazon, Google, IBM und Microsoft bieten Lösungen für die automatische Zuordnung von Fragen auf Absichten an, IBM auch Lösungen für die Erkennung von Beziehungen zwischen Entitäten und Konzepten in Texten. Spezialanbieter wie paragon semvox bieten vollständige Dialogsteuerungen an, Ambiverse und TextRazor die Erkennung von Beziehungen zwischen Entitäten und Konzepten.

## Welche wirtschaftliche Bedeutung hat dieses KI-Element?

Marketsandmarkets schätzt die Größe des Markts für Text Analytics für das Jahr 2022 auf 8,8 Milliarde US-Dollar.<sup>86</sup>

## Welche Hürden zeigen sich beim Einsatz dieses KI-Elements in der Praxis?

Die Absicht einer Frage automatisch zu erkennen und Beziehungen wie »ist Vorstand von« oder »wurde gegründet am« klar zu definieren, ist heute schon mit hoher Präzision möglich. Hierfür kommen maschinelles Lernen und Trainingsdaten zum Einsatz. Um die Leistungsfähigkeit von Language Understanding [Lu] zu steigern, insbesondere für die korrekte Zuordnung der Beziehungen zwischen Entitäten und Konzepten zu ihren Bedeutungen, ist jedoch weitere Grundlagenforschung nötig. Entsprechende Techniken sind zwar bereits in Demonstratoren einsetzbar, aber noch weit von vollständigem Sprachverständnis entfernt. Auch recht einfache Wissensfragen wie »Welches ist das bekannteste Lied von Bob Dylan« oder »Welches ist der größte Hersteller von Luxusautos?« können noch nicht beantwortet werden.

## Wer treibt die Entwicklung dieses KI-Elements voran?

Language Understanding [Lu] hat große Bedeutung und lange Tradition in der Informatikforschung. Turing hat seinen berühmten Intelligenztest (Turing-Test) für Maschinen im Sprachverstehen verankert. Auch nach einem halben Jahrhundert akademischer Forschung ist dieses Problem nicht gelöst. Fortschritte werden regelmäßig auf Konferenzen wie der ACL, EMNLP, WWW oder ISWC, oder in Fachzeitschriften wie Artificial Intelligence veröffentlicht. Besonders Amazon, Google und Microsoft forschen auf diesem Gebiet. Zu den bedeutendsten Forschungseinrichtungen in diesem Bereich gehören in Deutschland das Language Technology Lab des DFKI, das MPI-INF und das Fraunhofer IAIS.

86 <https://www.marketsandmarkets.com/PressReleases/text-analytics.asp>

## 4.21 Relationship Learning [Lr]

Lr

Relationship  
Learning

### Was genau leistet das KI-Element?

Relationship Learning [Lr] ermittelt qualitative oder quantitative Beziehungen zwischen Objekten oder Begriffen. Häufig werden mit Relationship Learning [Lr] bisher unbekannte Beziehungen zwischen Objekten in Netzwerken gefunden, beispielsweise in sozialen Netzwerken, Unternehmensnetzwerken oder Kommunikationsnetzwerken.

### Für welche Aufgaben wird das KI-Element in Unternehmen und Organisationen eingesetzt?

Überall, wo netzwerkartige Strukturen auftreten, kann das KI-Element eingesetzt werden, um Beziehungen zwischen Objekten aufzudecken. So entdeckt Relationship Learning [Lr] bei der Integration von Produktkatalogen Äquivalenzbeziehungen für identische Produkte, Komplementärbeziehungen für Produkte mit ähnlichen Eigenschaften und Beziehungen zwischen Haupt- und Zubehörprodukten. In der Chemieinformatik werden mit dem KI-Element Ähnlichkeiten von gefalteten Proteinmolekülen bestimmt. In sozialen Netzwerken werden mit Relationship Learning [Lr] bisher verborgene Kollaborationsbeziehungen und andere Interaktionsmuster aufgedeckt. In Kombination mit Kontonetzwerken werden in Unternehmensnetzwerken verdächtige Finanztransaktionen aufgespürt. In Ontologien und anderen Wissensgraphen entdeckt Relationship Learning [Lr] semantische Beziehungen zwischen Begriffen und Klassen.

### Welche Marktereignisse der letzten zwei Jahre zeigen die Bedeutung des KI-Elements?

DataStax kaufte im Jahr 2015 die Firma Aurelius, die hinter der Open Source Graphdatenbank Titan steht. Neo Technology, das Unternehmen hinter der führenden Graphdatenbank neo4j, schloss im November 2018 eine Finanzierungsrounde über 80 Millionen US-Dollar ab und erreicht damit ein Gesamtfinanzierungsvolumen von 160 Millionen US-Dollar. Der Gesamtmarkt für Graphdatenbanken soll laut Marketsandmarkets von 821,8 Millionen US-Dollar im Jahr 2018 auf 2.409,1 Millionen US-Dollar im Jahr 2023 steigen. Das entspricht einer jährlichen Wachstumsrate von 24 Prozent.<sup>87</sup>

### Wie hängt dieses KI-Element mit anderen im Periodensystem zusammen?

In Relationship Learning [Lr] können Methoden von Predictive Inference [Pi], Data Analytics [Da] und Category Learning [Lc] zum Einsatz kommen.

87 <https://www.marketsandmarkets.com/PressReleases/graph-database.asp>

## Wer bietet für dieses KI-Element Lösungen auf dem Markt an?

Für das KI-Element gibt es keine dedizierten Softwarelösungen. Vielmehr handelt es sich bei Relationship Learning [Lr] um Algorithmen, die in Netzwerksdaten, sogenannten Graphen, Beziehungen zwischen Objekten erkennen bzw. vorhersagen. In diesem Zusammenhang wird auch der Begriff ›Link Prediction‹ verwendet.

## Welche wirtschaftliche Bedeutung hat dieses KI-Element?

Handelsunternehmen integrieren Katalogdaten mit Hilfe von Relationship Learning [Lr]. In sozialen Netzwerken wie XING oder LinkedIn wird Relationship Learning [Lr] eingesetzt, um interessante Personen vorzuschlagen. Das Element wird auch beim Erlernen von Taxonomien, Ontologien und anderen Wissensgraphen eingesetzt. Als spezielle Anwendung dafür kann bspw. der Knowledge-Graph von Google angesehen werden.<sup>88</sup> Sicherheitsbehörden nutzen das KI-Element, um aus Interaktionsdaten von Personen kritische Zusammenhänge zu entdecken.

## Welche Hürden zeigen sich beim Einsatz dieses KI-Elements in der Praxis?

Eine Hürde für den Einsatz des Elements kann die mangelnde Datengrundlage für die Entwicklung leistungsfähiger Algorithmen für Relationship Learning [Lr] sein. Ein weiteres Hindernis sind restriktive Datenschutzregeln, welche die Verarbeitung personenbezogener Netzwerksdaten erschweren oder verbieten.

## Wer treibt die Entwicklung dieses KI-Elements voran?

Fortschritte in der Methodik für Relationship Learning [Lr] spiegeln sich in der Entwicklung neuer oder der Verbesserung existierender Algorithmen wider. Forschungsergebnisse werden auf Konferenzen wie der International Conference on Advances in Social Networks Analysis and Mining, der World Wide Web Conference oder der AAAI Conference on Artificial Intelligence vorgestellt. Neuartige Anwendungen des KI-Elements werden von Unternehmen wie Google (Netzwerke aus Websites), Didi (Verkehrsnetzwerke), Facebook (soziales Netzwerk) oder Amazon (Netzwerke aus Produkten, Händlern und Herstellern) umgesetzt.

88 <https://www.heise.de/newsticker/meldung/Google-Knowledge-Graph-Personen-und-Firmen-koennen-Aenderungen-vorschlagen-4090974.html>

## 4.22 Category Learning [Lc]

Lc

Category  
Learning

### Was genau leistet das KI-Element?

Category Learning [Lc] ordnet Daten bestimmten Kategorien zu. Dies geschieht anhand von Merkmalen, die charakteristisch für eine Kategorie sind. Dafür haben sich überwachte (supervised) und unüberwachte (unsupervised) Verfahren etabliert: Im ersten Fall sind Beispiele bereits Kategorien korrekt zugeordnet und können somit als Grundlage zum Erstellen von Klassifikationsmodellen dienen. In diesem Fall sind Menge und Qualität der Kategorien bereits festgelegt, z. B. bei Risikoklassen oder Kundensegmenten. Neue Daten werden ausschließlich diesen Kategorien zugeordnet. Im zweiten Fall liegen lediglich Daten vor, Menge und Eigenschaften der zugrundeliegenden Klassen sind jedoch unbekannt. Diese werden anhand von Ähnlichkeiten in den Eigenschaften der Daten erstellt, z. B. durch Clustering.

### Für welche Aufgaben wird das KI-Element in Unternehmen und Organisationen eingesetzt?

Ein Anwendungsszenario für Category Learning [Lc] ist die Schadensklassifikation von Versicherungsfällen. Hier erhält die Software beispielsweise ein Schadensprotokoll in Textform und entscheidet auf Grundlage historischer Schadensfälle, um welchen Schaden es sich handeln könnte. Category Learning [Lc] kann in vielen Branchen an verschiedenen Stellen einer Wertschöpfungskette zum Einsatz kommen, z. B. in der Betrugserkennung, der Kreditrisikoanalyse, der vorausschauenden Wartung, der Prozessüberwachung, bei der Voraussage von Kundenabwanderung oder in der dynamischen Preisbestimmung.

### Welche Marktereignisse der letzten zwei Jahre zeigen die Bedeutung des KI-Elements?

Die ständige Verbesserung von Empfehlungsmaschinen und Personalisierungsfunktionen bei Onlinehändlern wie Amazon zeigt die Bedeutung von Category Learning [Lc]. Auf der Data-Science-Plattform Kaggle schreiben Unternehmen regelmäßig hochdotierte Wettbewerbe mit Klassifikationsaufgaben aus.<sup>89</sup> Netflix nutzt ein sehr detailliertes Klassensystem, um Filme und Serien in Mikrogenres einzuteilen.<sup>90</sup>

89 ↗<https://www.kaggle.com/competitions>

90 ↗<https://www.npr.org/sections/alltechconsidered/2014/01/02/259128268/netflix-built-its-microgenres-by-staring-into-the-american-soul?t=1541614663803>

## Wie hängt dieses KI-Element mit anderen im Periodensystem zusammen?

Wie auch Relationship Learning [Lr] ist Category Learning [Lc] ein Element im Periodensystem der KI, das vielfältige Bezüge zu anderen KI-Elementen aufweist. Häufig wird es zusammen mit Data Analytics [Da] eingesetzt, wenn bspw. Daten zu kategorisieren sind, um daraus Schlüsse zu ziehen oder Empfehlungen abzuleiten. Ähnliche Verbindungen gelten zu Audio Recognition [Ar] oder Audio Identification [Ai].

## Wer bietet für dieses KI-Element Lösungen auf dem Markt an?

Bei Category Learning [Lc] handelt es sich um ein sehr anwendungsspezifisches KI-Element. Deshalb existieren wenige Standardlösungen. Stattdessen sind auf dem Markt verschiedene Plattformen vertreten, z. B. von Microsoft, Amazon, Google und Facebook, oder auch von Spezialanbietern wie 5Analytics, die im Rahmen ihres Produktpportfolios Category Learning [Lc] als Web Service anbieten.

## Welche wirtschaftliche Bedeutung hat dieses KI-Element?

Category Learning [Lc] ist Grundlage für viele KI-Anwendungen. Wenn es beim autonomen Fahren um das Erkennen von Verkehrsschildern geht, um das Entdecken von Fehlteilen in Fertigungsprozessen oder das Klassifizieren von Kunden für Vertriebszwecke, kommt das KI-Element zum Einsatz. Entsprechend hoch ist das Marktvolumen dieser Basistechnologie, die Anwendung in zahlreichen Branchen findet. Im Kundenservice und im Callcenterbetrieb wird der Automatisierungsgrad durch den Einsatz von Category Learning [Lc] in den nächsten Jahren weiter steigen. Marketsandmarkets schätzt die Größe des Markts für Callcenter Software im Jahr 2023 auf 35,3 Milliarden US-Dollar.<sup>91</sup>

## Welche Hürden zeigen sich beim Einsatz des Elementes in der Praxis?

Eine hohe Qualität von Category Learning [Lc] kann nur bei ausreichender Datengrundlage erreicht werden. Überwachte Ansätze führen in praktischen Anwendungen häufig zu besseren Ergebnissen als unüberwachte, da diese häufig nicht brauchbare Kategorien erzeugen. Unabhängig davon fehlen für überwachte Verfahren oft die dafür notwendige Datengrundlage und die benötigten Kategorien. Im Nachhinein sind diese nicht oder nur mit erheblichem Aufwand erzeugbar.

## Wer treibt die Entwicklung dieses KI-Elements voran?

Die Entwicklung von Category Learning [Lc] fällt in zwei Sparten: Einerseits ist dies die Entwicklung und Verbesserung von Klassifikationsalgorithmen. Dieser Bereich hat akademischen Cha-

91 <https://www.marketsandmarkets.com/PressReleases/contact-center-software.asp>

rakter und findet daher in Universitäten und Forschungsabteilungen großer Unternehmen statt. Die Forschungsergebnisse werden auf Konferenzen wie KDD, WWW, ICML oder NIPS vorgestellt. Andererseits wird durch Unternehmen der Transfer von Category Learning [Lc] in branchenspezifische Lösungen vorangetrieben. Dafür ist jedoch Spezialwissen über eine Fachdomäne notwendig. Daher treiben hauptsächlich größere Unternehmen mit detailliertem Prozesswissen in ihrer jeweiligen Branche die praktische Anwendung von Category Learning [Lc] voran. So versuchen diese etwa, sich mit Plattform-Angeboten im Markt zu positionieren, z. B. mit MindSphere von Siemens oder mit der Farming-4.0-Plattform von Claas.

## 4.23 Knowledge Refinement [Lt]

### Was genau leistet die Komponente?

Knowledge Refinement [Lt] bezeichnet die stetige Erweiterung einer bestehenden Wissensbasis bzw. des einem KI-System zugrunde liegenden Modells. Das geschieht oft durch Feedback mit aktuellen Ergebnissen eines KI-Systems oder den Rückmeldungen von Benutzern. Diese Rückkopplung fügt neue Fakten hinzu, führt zur Schärfung von Hypothesen oder verbessert die Präzision von Ergebnissen. Knowledge Refinement [Lt] verwendet dafür unterschiedliche Lernverfahren, einerseits auf Logik basierte, andererseits statistische Verfahren. Als wichtige Eigenschaften von Lernverfahren gelten etwa Widerspruchsfreiheit und Stabilität im Zeitverlauf.



### Für welche Aufgaben wird das KI-Element in Unternehmen und Organisationen eingesetzt?

Knowledge Refinement [Lt] ergänzt meist andere KI-Elemente um eine Basisfähigkeit und kommt nicht als eigenständiges Element vor. Als Ergänzung zu Planning- and Decision Making-Systemen wird es etwa in der Steuerung von Maschinen und Anlagen und im autonomen Fahren eingesetzt. Weiterhin sorgt es für die Verfeinerung bzw. Weiterentwicklung des Wissens in Ingenieursanwendungen, z. B. mit dem Ziel einer vorausschauenden Instandhaltung. Generell wird Knowledge Refinement [Lt] in Situationen eingesetzt, die ein hohes Maß an Kontrolle und Nachvollziehbarkeit von KI-Ergebnissen erfordern. Häufig unterliegen dabei Fakten oder Regeln regelmäßigen Änderungen, an die das System immer wieder neu angepasst werden muss. Dazu zählen z. B. Produktempfehlungen sowie Bonitäts- oder andere Risiko-Bewertungen. Diese sind z. B. relevant im Underwriting von Versicherungen oder bei der Automatisierung von Compliance-Maßnahmen. In vielen Fällen generieren KI-Systeme mit Knowledge-Refinement-Komponenten Vorschläge, die noch durch eine menschliche Instanz bestätigt werden müssen.

## Welche Marktereignisse der letzten zwei Jahre zeigen die Bedeutung des KI-Elements?

Das Verbessern maschineller Lernverfahren gilt als wichtiger Fortschritt in der Entwicklung der KI der letzten Jahre. Machine Learning entwickelt sich zu einer Technik, die weit verfügbar ist und geringe Einstiegshürden zeigt. Sie stehen heute genauso wie Wissensdatenbanken ohne prohibitive Investitionen allen Unternehmen zur Verfügung. Für die Kombination beider Fähigkeiten hin zum Knowledge Refinement sind die Arbeiten rund um das autonome Fahren ein wichtiger Treiber. Konfliktsituationen des realen Verkehrs erfordern ein stabiles Regelwerk, das aber so umfassend ist, dass es nicht allein durch manuelles Training und Verfeinerung weiterentwickelt werden kann. Im Projekt NELL der Carnegie Mellon University wird seit 2010 eine Wissensbasis durch die automatische Analyse von Webtexten erzeugt.<sup>92</sup> Im Oktober Jahr 2016 gab Google bekannt, dass der Google Knowledge Graph über 70 Milliarden Fakten enthält. Für die Erweiterung dieser Wissensbasis kommt Knowledge Refinement [Lt] zum Einsatz.

## Wie hängt dieses KI-Element mit anderen im Periodensystem zusammen?

Für Knowledge Refinement [Lt] wird häufig Relationship Learning [Lr] verwendet. Als vorgelagerte Funktionen kommen oft Text Extraction [Te] und Language Understanding [Lu] zum Einsatz.

## Wer bietet für dieses KI-Element Lösungen auf dem Markt an?

Beim derzeitigen Einsatz von Knowledge-Refinement-Techniken in den Unternehmen ist die Integration des Wissens von größerer praktischer Bedeutung als die spezifischen Lernverfahren, die eingesetzt werden. Hier ist als Global Player vor allem IBM mit Watson zu nennen, kleinere, innovative Unternehmen sind u. a. Grakn, Cognonto, Digital Reasoning sowie Semantic Web Company und intelligent views im deutschsprachigen Raum.

## Welche wirtschaftliche Bedeutung hat dieses KI-Element?

Aufgrund seines generischen Charakters vereint dieses Element die wirtschaftliche Bedeutung aller Anwendungen, die die Verfeinerung von Wissen als Teil ihrer Technologie einsetzen. Die Größe des Marktes für Text Analytics wird von Marketsandmarkets für das Jahr 2022 auf 8,8 Milliarden US-Dollar geschätzt.<sup>93</sup>

92 [↗http://rtw.ml.cmu.edu/rtw/](http://rtw.ml.cmu.edu/rtw/)

93 [↗https://www.marketsandmarkets.com/PressReleases/text-analytics.asp](https://www.marketsandmarkets.com/PressReleases/text-analytics.asp)

## Welche Hürden zeigen sich beim Einsatz dieses KI-Elements in der Praxis?

Um Knowledge Refinement [Lt] durchführen zu können, bedarf es zuerst einer Wissensbasis, auf der dann Refinement-Techniken eingesetzt werden. Häufig ist die Erstellung dieser Wissensbasis die eigentliche Hürde. Das meiste Wissen liegt in der Regel nicht in strukturierter Form, sondern in unstrukturierter Form oder sogar nur in den Köpfen der Nutzer vor. Dieses Wissen muss erst erschlossen und dann dargestellt werden. Die Erschließung unstrukturierten Wissens aus Dokumenten kann mit Methoden wie Text Extraction [Te] und Language Understanding [Lu] erfolgen. Diese sind für viele praktische Anwendungen aber häufig noch nicht leistungsfähig genug. Die Erschließung von Wissen kann auch durch Abfragen und Beobachtung von Nutzerverhalten erfolgen. Ist das Wissen erschlossen, muss es dargestellt werden. Eine reine Klassifikation in einer Taxonomie genügt häufig nicht, vielmehr müssen auch Beziehungen zwischen den Begriffen einer Wissensdomäne dargestellt werden. Diese Schritte sind oft mit manuellem Aufwand und mit hohen Kosten verbunden.

## Wer treibt die Entwicklung dieses KI-Elements voran?

Während für einen aktuellen praktischen Einsatz vor allem die Wissensintegration relevant ist, sind die größten zukünftigen Impulse von neuen Lernverfahren zu erwarten. In der neueren Literatur findet sich dementsprechend eine Vielzahl von Veröffentlichungen rund um das Lernen höherwertiger Modelle und Konstrukte. Viel Entwicklung auf diesem Gebiet betreiben u. a. Deep Mind, Google, Facebook, Nvidia etc. und führende Universitäten wie das MIT oder die Stanford University. An der Schnittstelle zwischen Lernverfahren und Wissensrepräsentation bewegt sich wiederum IBM mit Watson sowie Google mit der größten Knowledge-Base und viel Erfahrung in der halbautomatischen Weiterentwicklung dieses Wissens. Hier finden sich auch spezialisierte Forschungsteams wie z. B. das Software Reliability Lab der ETH Zürich oder Cycorp mit der Cyc-Wissensbasis.

### 4.24 Mobility Large [MI]

#### Was genau leistet das KI-Element?

Mobility Large [MI] ist zuständig für die Steuerung, Kontrolle und Interaktion autonomer Fahrzeuge.



#### Für welche Aufgaben wird das KI-Element in Unternehmen und Organisationen eingesetzt?

Die KI-Komponente Mobility Large [MI] hilft bei der autonomen Kommunikation zwischen Fahrzeugen, Infrastruktur, portablen Geräten und anderen Objekten der Umgebung sowie deren Steuerung. Auf Basis der ausgetauschten Daten, beispielsweise Standortdaten, Wetterbedin-

gungen und Zustandsveränderungen, werden Fahrzeuge in die Lage versetzt, Entscheidungen zu treffen und autonom zu navigieren. Weiterhin hilft die Komponente bei der Erfassung von Verkehrsinformationen in Echtzeit, der Überwachung und Anpassung des Fahrverhaltens und der Optimierung der Abstandsmessung, um Fahrzeuge mit unterschiedlichen Fahrzielen auf Teilstücken in Flotten fahren zu lassen. Ein Vorläufer dieser KI-Komponente ist die noch nicht marktreife Car-to-Car Communication, bei welcher vorausfahrende Fahrzeuge Zustands- und Umgebungsdaten an Fahrzeuge in ihrer Nähe übermitteln. Mobility Large [MI] reduziert Betriebskosten für Mobilitätsdienstleister und verbessert die Mobilität für Personen. Das KI-Element sorgt für eine Effizienzsteigerung bei der Auslastung von Straßen, Parkplätzen und anderen Elementen der Verkehrsinfrastruktur. Ein weiteres Potenzial des KI-Elements ist die Erhöhung der Verkehrssicherheit durch die Reduktion von Unfällen. Zu den Anwendungsfällen gehören beispielsweise autonome LKWs für den Warentransport als Teil autonomer Logistik.

## Welche Marktereignisse der letzten zwei Jahre zeigen die Bedeutung des KI-Elements?

Hyundai testete kürzlich autonome Fahrzeuge auf einer Teststrecke zwischen Seoul und Pyeongchang. Waymo testete in den USA eine Flotte von 75 Fahrzeugen mit insgesamt über 500.000 gefahrenen Kilometern innerhalb eines Jahres. Die Google-Schwester orderte zusätzlich 62.000 Chrysler Vans zum Ausbau ihrer Flotte. General Motors hat angekündigt, im Jahr 2019 selbstfahrende Taxis anzubieten. Mit seinem Schwarm-Intelligenz Projekt »Car-to-X« ist Audi einer der Vordenker bei der Vernetzung von Fahrzeugen mit der umliegenden Infrastruktur und anderen Fahrzeugen. Das »Mcity« Projekt der University of Michigan setzt auf Dedicated Short Range Communication (DSRC), um autonome Fahrzeuge miteinander kommunizieren zu lassen.

## Wie hängt dieses KI-Element mit anderen im Periodensystem zusammen?

Eine wichtige Voraussetzung für die KI-Komponente Mobility Large [MI] ist die praxisreife Car-to-Car-Kommunikation. Des Weiteren können nahezu alle Elemente des Periodensystems als vorgelagerte Komponenten für Mobility Large [MI] von Bedeutung sein. So sind General Recognition [Gr], General Identification [Gi], Data Analytics [Da] und Predictive Inference [Pi] für die Analyse von Sensordaten und Messdaten aus Steuergeräten von Bedeutung. Audio Recognition [Ar], Audio Identification [Ai] und Image Recognition [Ir] spielen eine Rolle, wo Informationen aus Audio- und Videodatenströmen extrahiert werden müssen. Für die Planung von Aktionen beim autonomen Fahren sind die Elemente Problem Solving [Ps], Decision Making [Dm] und Planning [Pi] relevant. Schließlich sind Communication [Cm] und Control [Cn] für die Kommunikation von Nachrichten und die Steuerung von Systemkomponenten verantwortlich.

## Wer bietet für dieses KI-Element Lösungen auf dem Markt an?

Mediale Aufmerksamkeit erhalten vorwiegend Internet-Unternehmen wie Google, Baidu und Tencent oder Startups wie Tesla, Uber und Lyft. Des Weiteren zählen Automobilhersteller wie Mercedes Benz, Audi, Toyota und General Motors sowie Automobilzulieferer wie Bosch und Continental zu bedeutenden Technologieanbietern für das KI-Element.

## Welche wirtschaftliche Bedeutung hat dieses KI-Element?

Nach Schätzungen von Marketsandmarkets betrug die Marktgröße für Automotive KI im Jahr 2017 etwa 782,9 Millionen US-Dollar. Für das Jahr 2025 wird ein Marktvolumen von 10,6 Milliarden US-Dollar erwartet. Dies entspricht einer jährlichen Wachstumsrate von 38,5 Prozent.<sup>94</sup> Software wird dabei einen wesentlichen Marktanteil ausmachen, da sie in autonomen Mobilitäts-systemen für die Analyse von Sensordaten und die Steuerung von Aktoren notwendig ist.

## Welche Hürden zeigen sich beim Einsatz dieses KI-Elements in der Praxis?

Technische Hürden betreffen die Verarbeitung großer Datenmengen in Echtzeit, die robuste und fehlerfreie Objekterkennung in Bilddatenströmen und die hohe Komplexität der Interaktion zahlreicher Steuergeräte in modernen Fahrzeugen. Weitere Herausforderungen ergeben sich durch jüngste Hackerangriffe, welche die mangelnde Sicherheit aktueller Systemkomponenten für Mobility Large [MI] verdeutlichen. Die gesellschaftliche Akzeptanz von autonom agierenden Fahrzeugen wird einerseits maßgeblich von dem praktisch erreichbaren Sicherheitsniveau bestimmt werden. Andererseits werden durch den zunehmenden Automatisierungsgrad in personalintensiven Branchen wie Personenverkehr und Logistik Arbeitsplätze verloren gehen, was zu kritischen Reaktionen der Betroffenen führen kann. Schließlich stellt sich die Frage nach der juristischen Haftung für Entscheidungen, die von Software getroffen wurden. Dies stellt ein weiteres Hindernis für die Verbreitung von Mobility Large [MI] dar.

## Wer treibt die Entwicklung dieses KI-Elements voran?

Eine wichtige Rolle bei der Entwicklung für Mobility Large [MI] sind neue Automobilhersteller und Mobilitätsdienstleister wie Tesla, Waymo, Uber, Didi oder Lyft. Außerdem sind Internetunternehmen und Hersteller aus dem Bereich Consumer Electronics wie Apple, Baidu, Google oder Huawei in dem Bereich aktiv. Forschung und Entwicklung für Mobility Large [MI] werden von klassischen Automobilherstellern wie Audi, BMW, Daimler, Ford, Toyota oder GM sowie von Zulieferern und Systemherstellern wie Bosch, Continental und Magna getrieben. Darüber hinaus liefern Chiphersteller wie Intel oder Nvidia Technologien, die im autonomen Fahren eingesetzt werden. Zwischen den genannten Unternehmen existieren zahlreiche Partnerschaften für Forschung und Entwicklung.

94 <https://www.marketsandmarkets.com/PressReleases/automotive-artificial-intelligence.asp>

## 4.25 Mobility Small [Ms]



### Was genau leistet das KI-Element?

Mobility Small [Ms] bezieht sich auf Funktionen und Mechanismen zum Steuern mobiler Roboter, die mit Menschen kollaborieren. Smarte Roboter verfügen über Sensoren und Kameras, die es ihnen ermöglichen, ihr Verhalten situativ anzupassen, auf Feedback zu reagieren und von Menschen zu lernen.

### Für welche Aufgaben wird das KI-Element in Unternehmen und Organisationen eingesetzt?

Smarte Roboter werden mittlerweile in zahlreichen Bereichen, auch außerhalb von Maschinenbau und Fertigung, eingesetzt, z. B. als Medizinroboter in der Chirurgie, als autonome Transportroboter in der Logistik, als Exoskelette (eine äußere Stützstruktur für einen Organismus) oder mobile Feldroboter in der Landwirtschaft. Auch der Markt der Serviceroboter wächst stark – zu den »Smart Robots« zählen sowohl intelligente Rasenmäher wie Roomba und Staubsauger, aber auch intelligente Transportroboter oder kollaborierende Roboterarme (Cobots). Sie sind über das Internet vernetzt und können KI-Dienste aus der Cloud nutzen bzw. werden von diesen gesteuert.

### Welche Marktereignisse der letzten zwei Jahre zeigen die Bedeutung des KI-Elements?

Der Roboterhund Aibo von Sony wurde 2006 eingestellt und kommt in diesem Jahr als smarter Roboter zurück.<sup>95</sup> Dank KI und zahlreicher Sensoren kann er sich an das Verhalten von Menschen anpassen, nimmt Berührungen wahr und erwidert die Zuneigung seines Besitzers. Auf der Hannover Messe 2017 waren smarte Roboter ein Besuchermagnet. Omron stellte dort seinen Roboter FORPHEUS vor, der nicht nur Tischtennis spielt und sein Spiel ständig verbessert, sondern auch auf die Harmonie zwischen Mensch und Maschine achtet.<sup>96</sup> Auf der Consumer Electronics Show wurden neuartige smarte Home Robots vorgestellt. So interagiert Kuri von Mayfield Robotics auf natürliche Art mit Menschen, hört auf die menschliche Stimme und kann selbst Gefühle ausdrücken.<sup>97</sup> Der Robotor Ubtech Cruzr ist mit beweglichen Armen ausgestattet, kann Botengänge übernehmen oder Gäste durch ein Haus oder eine Fabrikhalle führen.<sup>98</sup> Neben Gesichtserkennung beherrscht er auch Datenanalyse und Visualisierung.

95 ↗<https://www.heise.de/newsticker/meldung/Sony-Roboterhund-Aibo-ausprobiert-3936474.html>

96 ↗<https://www.wired.de/collection/tech/ein-roboter-spielt-und-lehrt-tischtennis>

97 ↗<https://www.heise.de/newsticker/meldung/Roboter-Kuri-Das-niedlichste-Ding-der-CES-3590971.html>

98 ↗<https://stadt-bremerhaven.de/ubtech-zeigt-auf-der-ces-2018-seinen-neuen-walker/>

## Wie hängt dieses KI-Element mit anderen im Periodensystem zusammen?

Mit dem Element Mobility Small [Ms] stehen je nach Anwendungsfall zahlreiche andere Elemente des KI-Periodensystems in Verbindung. Speech Recognition [Sr] und Speech Identification [Si] analysieren Sprache, Face Recognition [Fr] und Face Identification [Fi] erkennen Gesichter und Emotionen, um einen Dialog zwischen Mensch und Maschine zu ermöglichen. Predictive Inference [Pi] wird für vorausschauende Handlungen benötigt, Relationship Learning [Lr] und Category Learning [Lc] zur Anpassung an Menschen, Umgebungen und Situationen.

## Wer bietet für dieses KI-Element Lösungen auf dem Markt an?

iRobot, die ursprünglich intelligente mobile Roboter für Polizei und Militär entwickelten, stellen jetzt hauptsächlich smarte Hausroboter her. jibo ist ein Startup des Massachusetts Institute of Technology, welches den ersten Social Bot für zu Hause entwickelt hat. Kuka ist Weltmarktführer für Industrieroboter, Mayfield Robotics entwickelt den Hausroboter Kuri und Omron bietet voll-autonome, intelligente Roboter für Transport und Kollaboration. Rethink Robotics sind bekannt für ihren kollaborativen Roboter Baxter, Sony stellt den intelligenten Roboterhund Aibo her und UBTECH bietet intelligente, humanoide Roboter für die Familie.

## Welche wirtschaftliche Bedeutung hat dieses KI-Element?

Laut der International Federation of Robotics (IFR) wird sich der weltweite Bestand an Industrierobotern bis 2020 auf drei Millionen verdoppeln.<sup>99</sup> Treiber dieser Entwicklung ist vor allem die Nachfrage aus Asien und Australien. Mit dem Einsatz von Robotern werden Produktionsprozesse zunehmend effizienter. Gleichzeitig wird die Anzahl der verkauften Dienstleistungsroboter von 2016 bis 2019 laut IFR auf über 42 Millionen beziffert.<sup>100</sup> Doch smarte Roboter werden nicht nur im Haushalt helfen, sondern auch in der Pflege von kranken und alten Menschen – und sie werden uns zunehmend unterhalten.

## Welche Hürden zeigen sich beim Einsatz dieses KI-Elements in der Praxis?

Eine bedeutende Herausforderung für das Element Mobility Small [Ms] bilden die Mensch-Maschine-Interaktion und die Akzeptanz durch den Menschen. Deswegen setzen Hersteller zunehmend auf das Erkennen und den Ausdruck von Emotionen, um die Harmonie zwischen Mensch und Roboter während der Interaktion zu gewährleisten. Die grundsätzliche Akzeptanz der Technologie hängt außerdem stark mit der Frage zusammen, ob smarte Roboter in Fabriken und anderen Einsatzorten Menschen vollständig ersetzen und dadurch in großem Umfang Arbeitsplätze verloren gehen oder ob die positiven Aspekte produktiver, sichererer und sozialerer Arbeit überwiegen.

99 International Federation of Robotics (IFR): World Robotics 2017 Industrial Robots Report. ↗<https://ifr.org/>

100 International Federation of Robotics (IFR): World Robotics 2017 Service Robots Report. ↗<https://ifr.org/>

## Wer treibt die Entwicklung dieses KI-Elements voran?

In Deutschland und Europa treiben das Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA, das Institute of Robotics and Intelligent Systems der ETH Zürich und das Robotics Innovation Center des Deutschen Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz die Entwicklung des Elements voran.

### 4.26 Manipulation [Ma]

#### Was genau leistet das Element?

Manipulation [Ma] beschreibt zunächst die physikalische Interaktion eines Manipulators – z. B. eines Roboters mit Greifer – mit seiner Umgebung und deren Objekten. Beispielsweise werden Güter gegriffen, um einen bestimmten Ordnungszustand zu erreichen oder sie zu vereinzeln. Das KI-Element Manipulation [Ma] kommt hier bei der Planung und Durchführung einer Handhabungsaufgabe ins Spiel. KI-Systeme werden eingesetzt, um das zu greifende Objekt in einem Kamerabild zu erkennen und gleichzeitig den Greifpunkt zu bestimmen, d. h. die Stelle, an der das Objekt gegriffen werden kann. Hierzu sind diese KI-Systeme echtzeitnah in die Steuerung des Manipulators eingebunden. Das KI-Element erlaubt es einem Roboter, bisher unbekannte Objekte selbstständig zu erkennen und erfolgreich zu greifen.



#### Für welche Aufgaben wird das KI-Element in Unternehmen und Organisationen eingesetzt?

Manipulation [Ma] wird überall dort eingesetzt, wo repetitive Handhabungsaufgaben von einem Roboter mit Kamerasystem automatisiert werden. Im industriellen Umfeld finden sich solche Aufgaben in der Produktion bei der Beladung von Werkzeugmaschinen wie auch am Ende der Produktionsstraße beim Palettieren und im Lager beim Kommissionieren. Manipulation [Ma] erlaubt es auch, den Roboter in unstrukturierten Umgebungen abseits der Produktion einzusetzen. Hierzu zählen Manipulationsaufgaben beim Befüllen von Regalen im Einzelhandel oder als Assistenzsystem im Haushalt und der Pflege.

#### Welche Marktereignisse der letzten zwei Jahre zeigen die Bedeutung des KI-Elements?

Die Vielfalt an Objekten in Bezug auf Größe, Farbe, Oberfläche, Geometrie, Gewicht und Steifigkeit stellt die Automatisierung von Manipulationsaufgaben vor große Herausforderungen. Der Stand der Forschung wurde zwischen 2015 und 2017 jährlich in der Amazon Robotic Challen-

ge<sup>101</sup> demonstriert. Die Teams hatten die Aufgabe, typische Amazon-Güter aus Regalen zu erkennen und greifen. Objekterkennungsverfahren basierend auf tiefen neuronalen Netzen setzten sich hierbei durch. Google zeigte 2016 in einem großangelegten Experiment, wie Roboter innerhalb von 800.000 Versuchen lernen, unbekannte Objekte zu greifen.<sup>102</sup> Die erzielten Fehlerraten von 10 bis 20 Prozent sind bei Weitem noch nicht industrietauglich, dennoch sind die Ergebnisse wegweisend für den Einsatz des KI-Elements.

## Wie hängt dieses KI-Element mit anderen im Periodensystem zusammen?

Manipulation [Ma] baut auf mehreren KI-Elementen auf. So liefert Image identification [ii] Daten zur Wahrnehmung der Umgebung, wobei vorwiegend 2D- und 3D-Kameras zum Einsatz kommen und sich eine Bildverarbeitung anschließt. Planning [Pi] sorgt einerseits für die Greifplanung zur Bestimmung der Stelle an welcher der Kontakt zwischen Greifer und Werkstück hergestellt wird. Andererseits wird eine Bahnplanung für den Roboterarm durchgeführt, um einen kollisionsfreien Weg zum Greifen des Objekts und Ablegen am Zielort zu berechnen. Während der Durchführung von Manipulationsaufgaben müssen durch Decision Making [Dm] auch Entscheidungen autonom getroffen werden, wie z. B. die Auflösung von Mehrdeutigkeiten oder die Sequenzierung von Teilaufgaben. Des Weiteren wird in der Logistik zwischen den beiden Prinzipien »Roboter zu Ware« und »Ware zu Roboter« unterschieden. Für »Roboter zu Ware« muss der Roboter auf einer mobilen Plattform montiert sein. Hierfür wird Mobility Small [Ms] eingesetzt.

## Wer bietet für dieses KI-Element Lösungen auf dem Markt an?

Manipulation [Ma] hält zunehmend Einzug in industriell einsetzbare Lösungen. Die Firma Universal Logic nutzt Machine-Learning-Algorithmen zur Manipulation [Ma] in Produktionslinien. Die Firma Righthandrobotics kombiniert das KI-Element mit einem flexiblen Greifer, um eine große Bandbreite von Produkten zu greifen.<sup>103</sup>

## Welche wirtschaftliche Bedeutung hat dieses KI-Element?

Die Handhabung von Objekten ist Bestandteil zahlreicher gewerblicher Arbeitsplätze. So ergab die Erwerbstätigenebefragung des Bundesinstituts für Berufsbildung (BIBB) und der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) 2006, dass über 7,6 Millionen Erwerbstätige im Arbeitsalltag schwere Lasten (>10 kg bei Frauen, >20 kg bei Männern) heben und tragen müssen. Gleichzeitig werden rund 50 Prozent aller weltweit ausgelieferten Industrieroboter in der Handhabung eingesetzt. Dies belief sich laut der International Federation of Robotics 2016 auf ca. 250.000 Industrieroboter, die potenziell von dem KI-Element Manipulation [Ma] profitieren könnten.

101 ↗<https://www.amazonrobotics.com>

102 Vgl. Levine, Pastor, Krizhevsky, & Quillen, 2016

103 ↗<https://www.righthandrobotics.com/>

## Welche Hürden zeigen sich beim Einsatz dieses KI-Elements in der Praxis?

Wie bei jedem KI-Element steigt die Qualität einer Anwendung mit der Größe der verfügbaren Datenbasis. Im Vergleich zu Data-Science-Anwendungen ist die Datenbasis bei Manipulationsaufgaben deutlich geringer. Eine wichtige Hürde zum Training des KI-Elements ist daher die Datengenerierung. Weitere Hürden ergeben sich in den hohen Anforderungen an die Zuverlässigkeit, welche zur physischen Interaktion mit der Umgebung benötigt wird, und den Anforderungen an einen echtzeitnahen Betrieb.

## Wer treibt die Entwicklung dieses KI-Elements voran?

In der ersten Robot Learning Konferenz 2018 wurden zahlreiche Beiträge zur Weiterentwicklung des KI-Elements veröffentlicht.<sup>104</sup> Die University of California, Berkeley, arbeitet im Projekt Dex-Net an einer cloudbasierten Lösung für Manipulation [Ma].<sup>105</sup> Das Fraunhofer IPA und das Institut für Parallele und Verteilte Systeme an der Universität Stuttgart entwickeln Manipulation [Ma] im Projekt DeepGrasping weiter in Richtung des »Griffs in die Kiste« für industrielle Applikationen.

## 4.27 Communication [Cm]

### Was genau leistet das KI-Element?

Das KI-Element Communication [Cm] unterstützt verschiedene Formen der Kommunikation von Maschine zu Mensch und Mensch zu Maschine.



### Für welche Aufgaben wird das KI-Element in Unternehmen und Organisationen eingesetzt?

Ein Anwendungsbeispiel für die Kommunikation zwischen Mensch und Maschine sind Chatbots, also Programme, die automatisiert eine textbasierte Konversation führen. Das KI-Element wird im Kundendienst eingesetzt, um große Mengen individueller oder wiederkehrender Fragen automatisiert zu beantworten. Dabei werden auf Basis historischer Kundendienstfälle Modelle trainiert. Diese Modelle sind in der Lage, die Bedeutung eingehender Kundenanfragen zu verstehen, Antwortvorschläge zu geben und Dialoge zu führen. Eine Anwendung für die Kommunikation zwischen Maschinen ist der Austausch von Zustandsdaten und Steuerbefehlen zwischen Hardware- und Softwaresystemen über definierte Protokolle und standardisierte Datenaustauschformate.

104 ↗<http://www.robot-learning.org/>

105 ↗<https://berkeleyautomation.github.io/dex-net/>

## Welche Marktereignisse der letzten zwei Jahre zeigen die Bedeutung des KI-Elements?

Ein wichtiges Ereignis war die Öffnung der Facebook Messenger Schnittstelle für Unternehmen im Jahr 2016. Dies ermöglicht Unternehmen eine direkte, softwaregesteuerte Kommunikation mit Kunden über ihr Social-Media-Profil. Im Oktober 2018 akquirierte Google das Startup Onward, welches eine KI-Technologie für die Automatisierung von Aufgaben im Kundendienst entwickelt.<sup>106</sup> Die digitale IoT-Platform Axoom des Maschinenbauers Trumpf bietet Funktionen zur Kommunikation zwischen Maschinen, Softwaresystemen und Menschen.<sup>107</sup>

## Wie hängt dieses KI-Element mit anderen im Periodensystem zusammen?

Language Understanding [Lu] ist Communication [Cm] vorgelagert, wenn in einem Dialogsystem gesprochener oder geschriebener Sprachinput verarbeitet wird. Planning [Pl] und Language Generation [Lg] werden eingesetzt, wenn Dialoge in natürlicher Sprache geplant und umgesetzt werden müssen. Der Kommunikation von Maschine zu Maschine können Elemente der Kategorien Identification und Recognition vorgelagert sein.

## Wer bietet für dieses KI-Element Lösungen auf dem Markt an?

IBM bietet mit IBM Watson eine Chatbot-Lösung wie auch Microsoft mit dem Microsoft Bot Framework. Weitere Anbieter sind E-bot7, Chatfuel, Twyla, wit.ai und api.ai.

## Welche wirtschaftliche Bedeutung hat dieses KI-Element?

Nach Forschungen von Grand View Research wird der Markt für Chatbots bis 2025 eine Größe von 1,23 Milliarden US-Dollar erreichen und mit einer durchschnittlichen jährlichen Rate von 24,3 Prozent wachsen.<sup>108</sup>

## Welche Hürden zeigen sich beim Einsatz dieses KI-Elements in der Praxis?

Wie bei vielen datenbasierten Technologien schafft der strikte Datenschutz in Deutschland und Europa Hürden. Wo personenbezogene Daten verarbeitet werden, ergeben sich dadurch Einschränkungen bei der Umsetzbarkeit von Kommunikationslösungen. Außerdem erschwert die Sprachvielfalt in Europa die Entwicklung von Lösungen für große Märkte, da für jede Sprache

106 ↗<https://venturebeat.com/2018/10/02/google-acquires-onward-an-ai-customer-service-startup/>

107 ↗<https://www.axoom.com/de/>

108 Vgl. Shahidi, 2017

individuelle Modelle entwickelt werden müssen. In der maschinellen Kommunikation schafft die Vielfalt an herstellerspezifischen Protokollen und Datenformaten Hürden bei der maschinenübergreifenden Integration von Kommunikationsdaten.

## Wer treibt die Entwicklung dieses KI-Elements voran?

Führende IT-Unternehmen wie IBM, Google und Microsoft treiben die Forschung an Basistechnologien für Communication [Cm] und die Entwicklung von Produkten, die das KI-Element nutzen, an. In Europa und im deutschsprachigen Raum entwickeln Unternehmen wie e-bot7, Ariana Health, ITyX und Whatsbroadcast KI-Applikationen für Communication [Cm].

### 4.28 Control [Cn]



#### Was genau leistet das KI-Element?

Control [Cn] leitet basierend auf Domänenwissen einer Anwendung und einer gegebenen Zielstellung Steuerbefehle für externe Services oder Geräte ab. Dieses KI-Element führt dabei typischerweise ohne Zutun eines Anwenders eine Komposition heterogener Services und Geräte durch.

#### Für welche Aufgaben wird das KI-Element in Unternehmen und Organisationen eingesetzt?

Control [Cn] kommt überall dort zum Einsatz, wo eine dynamische Komposition von Diensten und Geräten stattfindet, so z. B. im Internet of Things, bei KI-Assistenten, in komplexen Produktionsprozessen, vernetzten Operationssälen und bei der Handlungsplanung im Bereich Service-Robotik. Das KI-Element dient der Dienste-Aggregation, also der Kommunikation zwischen und der Steuerung von heterogenen Services und Geräten. Das System erhält eine Aufgabe und generiert auf Basis des Kontexts und anderen externen Informationen eine sinnvolle Abfolge von Befehlen und Ausgaben für die Steuerung von Geräten und Anwendungen.

#### Welche Marktereignisse der letzten zwei Jahre zeigen die Bedeutung des KI-Elements?

Allgemein führt die zunehmende Vernetzung von Anwendungen, Geräten und Diensten im Bereich der IoT-Lösungen zu einer immer größer werdenden Bedeutung des Elements Control [Cn]. Ohne zentrale Orchestrierung der angebundenen Geräte und Services ist eine integrierte Nutzung dieser Geräte und Services nicht ohne Zutun des Benutzers denkbar. Prototypen der

amerikanischen Robotikfirma Boston Dynamics zeigten in jüngster Zeit bemerkenswerte Fortschritte in der komplexen Interaktion von Control-Anwendungen.<sup>109</sup>

## Wie hängt dieses KI-Element mit anderen im Periodensystem zusammen?

Zur Ausführung ihrer Aufgaben agiert das Control-Element als koordinierende Instanz zwischen Elementen, die der Steuerung und Kommunikation von und mit Diensten und Geräten dienen, um die notwendige Information so zu verarbeiten, dass es zum gewünschten Ergebnis kommt, z. B. Communication [**Cm**], Manipulation [**Ma**], Planning [**Pl**] und Synthetic Reasoning [**Sy**].

## Wer bietet für dieses KI-Element Lösungen auf dem Markt an?

Eine Vielzahl von Unternehmen bieten Lösungen an, die auf dem Element Control [**Cn**] aufbauen. Im Folgenden werden drei charakteristische Beispiele aus dem Bereich der übergreifenden KI-Assistenten aufgeführt: SemVox bietet mit der ODP S3 & SEMVOX.AI Plattform eine Basis-technologie zur Realisierung von KI-Assistenten an. Die Orchestrierung von Geräten und Services findet in diesem Framework auf Ebene der Smart Services statt und ermöglicht durch den Einsatz von Technologien wie Reasoning, Planning und Machine Learning eine intelligente Komposition von Geräten und Services. Die Kernidee von Viv.ai der Firma Samsung ist der Aufbau einer zentralen Benutzerschnittstelle zu verschiedenen Diensten und Geräten, die sich in einem Ökosystem beliebig erweitern lässt. Viv.ai wurde von Samsung übernommen und Viv als KI-Assistent insbesondere für Mobiltelefone weiterentwickelt. Im Kontext von IBM Watson werden unter anderem Lösungen rund um die Orchestrierung von Geräten und Services angeboten und im Rahmen von kundenspezifischen Projekten in Produkte und Anwendungen integriert.

## Welche wirtschaftliche Bedeutung hat dieses KI-Element?

Betrachtet man die Investitionen im Bereich Internet of Things, beispielsweise von Samsung im Umfang von 1,2 Milliarden Dollar, so wird deutlich, dass dem KI-Element in Zukunft eine bedeutende Rolle zukommen wird. Marketsandmarkets schätzt das globale Marktvolumen für Lager-robotik für das Jahr 2022 auf 4,4 Milliarden US-Dollar<sup>110</sup> und für Industrierobotik für das Jahr 2023 auf 71,7 Milliarden US-Dollar.<sup>111</sup>

109 <https://www.bostondynamics.com/>

110 <https://www.marketsandmarkets.com/PressReleases/warehouse-robotic.asp>

111 <https://www.marketsandmarkets.com/PressReleases/industrial-robotics.asp>

## **Welche Hürden zeigen sich beim Einsatz dieses KI-Elements in der Praxis?**

Für eine einfache Integration von Geräten und Services wäre eine übergreifende Beschreibung der Fähigkeiten der einzelnen Elemente und Geräte notwendig. Eine solche Beschreibung oder allgemeingültige Ontologie existiert derzeit jedoch nicht. Vor diesem Hintergrund finden sich aktuell nur geschlossene Insellösungen. Die fehlende Umsetzung des Gedankens des Semantic Web und der standardisierten Beschreibung von Geräten und Services erschwert eine effiziente Umsetzung des Elements Control [Cn].

## **Wer treibt die Entwicklung dieses KI-Elements voran?**

Die Weiterentwicklung des Elements Control [Cn] wird sowohl von Forschungsorganisationen als auch von kommerziellen Anbietern vorangetrieben. Neue wissenschaftliche Lösungsansätze werden beispielsweise am Deutschen Forschungsinstitut für künstliche Intelligenz oder an Fraunhofer-Instituten in nationalen und europäischen Forschungsvorhaben entwickelt. Neben den genannten Anbietern wie SemVox, Samsung und IBM bieten Boston Dynamics, KUKA oder das Startup Wandelbots neuartige Robotikanwendungen an.

# 5 Anlagen

# 5 Anlagen

## 5.1 Register Unternehmen und Organisationen

1000minds 63	ETH Zürich 77, 82	Magna 79	ThoughtSpot 56, 57
3Dsensation 33, 44	ExpertChoice 63	MarketsandMarkets 31, 35,	Toyota 79
5Analytics 48, 74	Face++ 42	36, 38, 43, 61, 66, 70, 71, 74,	Trint 41
Acoustid 40, 41	Facebook 34, 41, 45, 49, 50, 57,	76, 79, 87	Uber 79
Aexea 67	72, 74, 77, 85	Mayfield Robotics 80, 81	UBTECH 81
Alibaba 52, 57	fero labs 48	Microsoft 25, 26, 27, 30, 31, 34,	Universal Logic 83
Amazon 26, 27, 30, 31, 34, 35,	Festo 33	35, 38, 40, 42, 45, 47, 49, 57,	University of California 84
37, 38, 40, 41, 42, 45, 47, 48,	Ford 79	65, 66, 69, 70, 74, 85, 86	University of Michigan 78
54, 65, 66, 67, 69, 70, 72, 73,	Forrester 49	MIT 52, 55, 77	Valossa 40
74, 82, 83	Fraunhofer 27, 30, 33, 44, 45,	MPI-INF 66, 70	Viv.ai 87
Ambiverse 65, 70	55, 57, 59, 60, 62, 70, 82, 84,	Mufin 40	Waymo 78, 79
Apple 27, 30, 40, 53, 54, 55,	88	Niland 40	Whatsbroadcast 86
69, 79	GM 79	Nuance 26	WUNDER 51, 52
arago 54	Google 25, 26, 27, 30, 31, 32,	Nvidia 77, 79	Yseop 68
Ariana Health 86	34, 39, 40, 41, 42, 44, 45,	Omron 80, 81	
Audi 33, 78, 79	49, 50, 57, 64, 65, 66, 67, 69,	paragon semvox 67, 68, 70	
Aylien 65	70, 72, 74, 76, 77, 78, 79, 83,	Preference 63	
Baidu 79	85, 86,	ProCom 63	
Barclays 37	GoVivace 38	Rethink Robotics 81	
Basis Technologies 65	Grakn 76	Righthandrobotics 83	
BeyondCore 56	HPI 55	RWTH Aachen 48	
Bitext 65	Huawei 79	SalesForce 56	
Bitkom 15, 22	Hyundai 78	Samsung 67, 87, 88	
BMW 79	IAIS 70	SAP 31, 35, 47, 65	
BOARD 63	IBM 16, 26, 27, 30, 34, 45, 49,	Scheer Holding 56	
Bosch 79	53, 54, 55, 56, 57, 63, 65, 67,	semafora 54	
Carl Zeiss 33	68, 70, 76, 77, 85, 86, 87, 88	Semantic Web Company 54,	
Chatfuel 85	IDC 12, 57	76	
Cognonto 76	Insiris 59	SemVox 87, 88	
Columbia University 48	Inspirient 56, 57	SenseTime 42	
Continental 79	Institut für Parallelle und	Shazam 40	
Cycorp 77	Verteilte Systeme 84	Siemens 75	
Daimler 79	Intel 49, 79	Sony 80, 81	
DataRobot 57	intelligent views 54, 55, 76	SparkBeyond 57	
DataRPM 57	iRobot 81	SpazioDati 65	
Decision Lens 63	ITyX 86	SpeechPro 38	
Deep Mind 55, 77	Jenoptik 33	Stanford University 34, 77	
DFKI 70	jibo 81	Stottler Henke 59	
Didi 72, 79	Kuka 81, 88	Tencent 79	
Digital Reasoning 76	Libri 48	Tesla 63, 79	
D-Sight 63	Lightspeed Ventures 56	textOmatic 68	
e-bot7 85, 86	Lyft 79	TextRazor 65, 70	

## 5.2 Quellen

April 2017 von [https://artificialintelligencenow.com/media/documents/AINowSummaryReport\\_3\\_RpmwKHu.pdf](https://artificialintelligencenow.com/media/documents/AINowSummaryReport_3_RpmwKHu.pdf)

3Dsensation . (n.d.). Allianz 3Dsensation – Die Vision . Retrieved January 17, 2018, from <https://www.3d-sensation.de/de/Vision.html>

aiindex. (2017, November). artificial intelligence index – 2017 Annual Report November 2017 . Retrieved January 30, 2018, from <http://cdn.aiindex.org/2017-report.pdf>

Alphabet-Akquisitionen. (2018, January 25). Wikipedia. Retrieved January 30, 2018, from [https://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_mergers\\_and\\_acquisitions\\_by\\_Alphabet](https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_mergers_and_acquisitions_by_Alphabet)

Amyx , S. (n.d.). Wearing Your Intelligence: How to Apply Artificial Intelligence in Wearables and IoT. Retrieved January 17, 2018, from <https://www.wired.com/insights/2014/12/wearing-your-intelligence/>

Barclay. (n.d.). Video-Ident. Retrieved February 11, 2018, from <https://www.barclaycard.de/?page=video-ident>

Bataller, C., & Harris, J. (2015). Tuning Cognitive Computing into Business Value Today. Retrieved January 22, 2018, from [https://www.accenture.com/t20150521T005731\\_\\_w\\_\\_/us-en/\\_acnmedia/Accenture/Conversion-Assets/DotCom/Documents/Global/PDF/Dualpub\\_8/Accenture-Turning-Cognitive-Computing-Business-Value-Today.pdf](https://www.accenture.com/t20150521T005731__w__/us-en/_acnmedia/Accenture/Conversion-Assets/DotCom/Documents/Global/PDF/Dualpub_8/Accenture-Turning-Cognitive-Computing-Business-Value-Today.pdf)

Beckham, C., & Pal, C. (2018). A step towards procedural terrain generation with GANs. Retrieved February 13, 2018, from <https://github.com/christopher-beckham/gan-heightmaps>

Bharat Book Bureau. (2017, April). Global Facial Recognition Market-Forecast 2022. Retrieved January 27, 2018, from <https://www.bharatbook.com/business-market-research-reports-644660/global-facial-recognition1.html>

Biloop . (n.d.). The Cry Translator . Retrieved Februar 11, 2018, from [http://www.biloop.com/crytranslator\\_en.html](http://www.biloop.com/crytranslator_en.html)

Boylu Uz, F. (2017, June 21). Deep learning for predictive maintenance with Long Short Term Memory Networks. Retrieved January 17, 2018, from <https://azure.microsoft.com/en-us/blog/deep-learning-for-predictive-maintenance/>

Brown, Mark; (2016, April 5). 'New Rembrandt' to be unveiled in Amsterdam. Retrieved January 17, 2018, from The Guardian: <https://www.theguardian.com/artanddesign/2016/apr/05/new-rembrandt-to-be-unveiled-in-amsterdam>

Burnett, N. (2017, November 03). Arria brings Natural Language Generation to IBM Cloud. Retrieved January 18, 2018, from <https://www.ibm.com/blogs/bluemix/2017/11/arria-brings-natural-language-generation-to-ibm-cloud/>

CBP. (2017, October 11). CBP Deploys Facial Recognition Biometric Technology at 1 TSA Checkpoint at JFK Airport. Retrieved January 17, 2018, from <https://www.cbp.gov/newsroom/national-media-release/cbp-deploys-facial-recognition-biometric-technology-1-tsa-checkpoint>

Collins, T. (2017, May 19). HSBC's voice recognition software is fooled by a customer's twin in an 'alarming' experiment. Retrieved February 11, 2018, from Mailonline: <http://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-4522062/Brothers-trick-HSBC-voice-recognition-software.html>

Commerzbank. (n.d.). Banking-Apps für Ihr Smartphone. Retrieved January 17, 2018, from <https://www.commerzbank.de/portal/de/privatkunden/service-und-hilfe/ihre-wege-zuuns/mobile-banking-apps/apps.html>

Conklin, E. (2006). Dialogue mapping. Building shared understanding of wicked problems. Chichester: John Wiley.

Darren, A. (2017, August 16). The best voice recognition software of 2017. Retrieved January 23, 2018, from <http://www.techradar.com/news/the-best-voice-recognition-software-of-2017>

- Despois, J. (2017, August 11). Adversarial Examples and their implications – Deep Learning bits #3. Retrieved January 24, 2018, from <https://hackernoon.com/the-implications-of-adversarial-examples-deep-learning-bits-3-4086108287c7>
- DKOU. (n.d.). Deutscher Kongress für Orthopädie und Unfallchirurgie. Retrieved January 16, 2018, from <http://dkou.org/>
- DoD. (n.d.). Department of Defence – Publications. Retrieved January 23, 2018, from [http://www.defence.ie/website.nsf/\\$ViewTemplate%20for%20Publications?openform](http://www.defence.ie/website.nsf/$ViewTemplate%20for%20Publications?openform)
- EU-DSGVO. (n.d.). EU-Datenschutz-Grundverordnung (EU-DSGVO) – Infos, Schulungen und Kommentar über und zur EU-Datenschutz Grundverordnung. Retrieved January 18, 2018, from <https://www.datenschutz-grundverordnung.eu/>
- Evtimov, I., Eykholt, K., Fernandes, E., & Li, B. (2017, December 30). Physical Adversarial Examples Against Deep Neural Networks. Retrieved January 24, 2018, from <http://bair.berkeley.edu/blog/2017/12/30/yolo-attack/>
- Focus. (2017, June 28). Nach Kritik an Gesichtsanalyse: Supermarkt-Kette Real stoppt Gesichtserkennung bei Ladenkameras. Retrieved January 16, 2018, from [https://www.focus.de/digital/foto/nach-kritik-an-gesichtsanalyse-supermarkt-kette-real-stoppt-gesichtserkennung-bei-ladenkameras\\_id\\_7292693.html](https://www.focus.de/digital/foto/nach-kritik-an-gesichtsanalyse-supermarkt-kette-real-stoppt-gesichtserkennung-bei-ladenkameras_id_7292693.html)
- Gershgorn, D. (2017, July 25). It's not about the Algorithm – The data that transformed AI research—and possibly the world. Retrieved January 30, 2018, from <https://qz.com/1034972/the-data-that-changed-the-direction-of-ai-research-and-possibly-the-world/>
- Goodfellow, I., Shlens, J., & Szegedy, C. (2015, March 20). Explaining and Harnessing Adversarial Examples. Retrieved January 24, 2018, from <https://arxiv.org/abs/1412.6572>
- Google (KnG). (n.d.). The Knowledge Graph. Retrieved January 27, 2018, from <https://www.google.com/intl/bn/insidesearch/features/search/knowledge.html>
- Google (Speech). (n.d.). Cloud Speech API | Von maschinellem Lernen unterstützte Umwandlung von Sprache in Text. Retrieved January 29, 2018, from <https://cloud.google.com/speech/>
- Google. (n.d.). Cloud Vision API. Retrieved January 17, 2018, from <https://cloud.google.com/vision/?hl=de>
- Google. (n.d.). Nest Cam IQ. Retrieved January 17, 2018, from [https://store.google.com/product/nest\\_cam\\_iq?hl=de](https://store.google.com/product/nest_cam_iq?hl=de)
- GoVivace. (n.d.). Voice Biometrics – Speaker Verification . Retrieved February 11, 2018, from <https://www.govivace.com/products/voice-biometrics-speaker-verification/>
- Gunning, D. (n.d.). Explainable Artificial Intelligence (XAI). Retrieved January 18, 2018, from <https://www.darpa.mil/program/explainable-artificial-intelligence>
- Hammond, K. (2016, December 14). The Periodic Table of AI. Retrieved January 22, 2018, from <https://ai.xprize.org/news/periodic-table-of-ai>
- Hammond, K. (2017, June 27). Here and now: Bringing AI into the enterprise. Retrieved January 16, 2018, from <https://conferences.oreilly.com/artificial-intelligence/ai-ny-2017/public/schedule/detail/59188>
- High, R. (2012). The Era of Cognitive Systems: An Inside Look at IBM Watson and How it Works. Retrieved January 22, 2018, from <http://www.redbooks.ibm.com/redpapers/pdfs/redp4955.pdf>
- Holtel, S. (2016). Artificial Intelligence Creates a Wicked Problem for the Enterprise. Procedia Computer Science, Vol. 99, pp. 171-180 (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050916322542>).
- IBM. (n.d.). The new AI innovation equation. Retrieved January 18, 2018, from <https://www.ibm.com/watson/advantage-reports/future-of-artificial-intelligence/ai-innovation-equation.html>

- IBM Watson AI XPRIZE. (n.d.). Retrieved January 16, 2018, from <https://ai.xprize.org/>
- IBM Watson Health. (n.d.). Empowering Heroes, Transforming Health. Retrieved January 17, 2018, from <https://www.ibm.com/watson/health/>
- IDC. (2013). Where in the World is Storage: A Look at Byte Density Across the Globe. Retrieved February 13, 2018, from [https://www.idc.com/downloads/where\\_is\\_storage\\_infographic\\_243338.pdf](https://www.idc.com/downloads/where_is_storage_infographic_243338.pdf)
- IDC April. (2017, April 3). International Data Corporation (IDC), Worldwide Cognitive/Artificial Intelligence Software Platforms Forecast, 2017-2021. Retrieved January 27, 2018, from <https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS42439617>
- IDC Sept. (2017, September 25). IDC Spending Guide Forecasts Worldwide Spending on Cognitive and Artificial Intelligence Systems to Reach \$57.6 Billion in 2021. Retrieved January 27, 2018, from <https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS43095417>
- Jansen, A., Gemmeke, J., Ellis, D., Liu, X., Lawrence, W., & Freedman, D. (2017). Large-Scale Audio Event Discovery in One Million YouTube Videos (Proceedings of ICASSP 2017). Retrieved February 11, 2018, from <https://static.googleusercontent.com/media/research.google.com/de//pubs/archive/45760.pdf>
- Jansen, J. (2017, May 30). Personalisierte Werbung: Supermarktkette Real analysiert Kundengesichter. Retrieved January 16, 2018, from <http://www.faz.net/aktuell/wirtschaft/netzwirtschaft/supermarktkette-real-testet-gesichtserkennung-15039495.html>
- Jarnow, J. (2017, April 26). Transcribing Audio Sucks—So Make the Machines Do It. Retrieved January 23, 2018, from <https://www.wired.com/2017/04/trint-multi-voice-transcription/>
- Jee, C. (2018, January 11). 14 of the best chatbot building platforms for developers. Retrieved January 30, 2018, from <https://www.techworld.com/picture-gallery/apps-wearables/14-platforms-for-developers-build-chatbots-3639106/>
- Kannenberg, A. (2017, April 11). Für gezielte Werbung: Deutsche Post testet Displays mit Gesichtserkennung. Retrieved January 16, 2018, from heise online: <https://www.heise.de/news/sticker/meldung/Fuer-gezielte-Werbung-Deutsche-Post-testet-Displays-mit-Gesichtserkennung-3682944.html>
- Keras. (n.d.). Keras: The Python Deep Learning Library. Retrieved January 17, 2018, from <https://keras.io>
- Kharevych, L. (2017, October 16). Meow it's even easier to find your furry friends in Google Photos. Retrieved January 16, 2018, from <https://www.blog.google/products/photos/meow-its-even-easier-find-your-furry-friends-google-photos/>
- Kirkpatrick, J. (2017, March 13). Enabling Continual Learning in Neural Networks 13. März 2017 (und weitere 13 Autoren). Retrieved February 12, 2018, from <https://deepmind.com/blog/enabling-continual-learning-in-neural-networks/>
- Knight, W. (2016, March 14). Intelligent Machines – An AI with 30 Years' Worth of Knowledge Finally Goes to Work (MIT Technology Review). Retrieved January 24, 2018, from <https://www.technologyreview.com/s/600984/an-ai-with-30-years-worth-of-knowledge-finally-goes-to-work/>
- Knight, W. (2017, April 11). Intelligent Machines – The Dark Secret at the Heart of AI. No one really knows how the most advanced algorithms do what they do. That could be a problem. (MIT Technology Review). Retrieved January 18, 2018, from <https://www.technologyreview.com/s/604087/the-dark-secret-at-the-heart-of-ai/>
- Kriminalpolizei. (2008, Dezember ). Forensische Sprecherkennung und Tonträgerauswertung in Praxis und Forschung (Die Kriminalpolizei – Zeitschrift der Gewerkschaft der Polizei). Retrieved Februar 11, 2018, from <https://www.kriminalpolizei.de/ausgaben/2008/dezember/detailansicht-dezember/artikel/forensische-sprecherkennung-und-tontraegerauswertung-in-praxis-und-forschung.html>
- Lakoff, G., & Johnsen, M. (2003). Metaphors we live by. The University of Chicago Press.

- Le, Q., & Ranzato, M. (2012). Building High-level Features Using Large Scale Unsupervised Learning. Retrieved January 23, 2018, from Proceedings of the 29 th International Conference on Machine Learning, Edinburgh, Scotland, UK, 2012: <https://icml.cc/Conferences/2012/papers/73.pdf>
- Lenke, N. (2017, April 7). Herausforderung mit Automatic Speech Recognition: »Computer, hosd mi?« – Wie der Computer bayrisch lernt (Computerwoche ). Retrieved January 23, 2018, from <https://www.computerwoche.de/a/computer-host-mi-wie-der-computer-bayerisch-lernt,3330445>
- Levin, S. (2017, September 12). Face-reading AI will be able to detect your politics and IQ, professor says. Retrieved January 17, 2018, from The Guardian: <https://www.theguardian.com/technology/2017/sep/12/artificial-intelligence-face-recognition-michal-kosinski>
- Levine, S., Pastor, P., Krizhevsky, A., & Quillen, D. (2016, August 28). Learning Hand-Eye Coordination for Robotic Grasping with Deep Learning and Large-Scale Data Collection. Retrieved February 17, 2018, from „ , 28 Aug 2016: <https://arxiv.org/abs/1603.02199>
- Lewis, R., & Lee, S. (2015). The Cognitive Enterprise. Meghan-Kiffer Press.
- Li, F. (2015, March 23). How we teach computers to understand pictures (TED Talk). Retrieved January 16, 2018, from <https://www.youtube.com/watch?v=40riCqvRoMs>
- Lieberman, H. (n.d.). Symbolic vs. Subsymbolic AI. Retrieved January 18, 2018, from [http://futureai.media.mit.edu/wp-content/uploads/sites/40/2016/02/Symbolic-vs.-Subsymbolic.pptx\\_.pdf](http://futureai.media.mit.edu/wp-content/uploads/sites/40/2016/02/Symbolic-vs.-Subsymbolic.pptx_.pdf)
- Mack, H. (2017, August 17). ThoughtSpot Collects \$60 Million for AI-Driven Analytics. Startup plans use the capital to release its artificial intelligence-powered tool, dubbed SpotIQ. Retrieved January 18, 2018, from The Wall Street Journal: <https://www.wsj.com/articles/thoughtspot-collects-60-million-for-ai-driven-analytics-1502969401>
- marketsandmarkets.com (FR). (2017, November). Facial Recognition Market by Component (Software Tools and Services), Technology, Use Case (Emotion Recognition, Attendance Tracking and Monitoring, Access Control, Law Enforcement), End-User, and Region – Global Forecast to 2022 . Retrieved January 16, 2018, from (Report Code: TC 3421): <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/facial-recognition-market-995.html>
- marketsandmarkets.com (NLP). (2016, July). Natural Language Processing Market by Type (Rule-Based, Statistical, and Hybrid), Technologies (Recognition, IVR, OCR, Speech Recognition, Text Processing, Pattern & Image Recognition), by Deployment Type, Vertical & by Region – Global Forecast to 2021. Retrieved January 18, 2018, from (Report Code: TC 3492): <https://www.marketsandmarkets.com/PressReleases/natural-language-processing-nlp.asp>
- marketsandmarkets.com (PM). (2017, March). Predictive Maintenance Market by Component, Deployment Type (Cloud and on-Premises), Organization Size (SMEs and Enterprises), Vertical, and Region – Global Forecast to 2021 . Retrieved January 17, 2018, from (Report Code: TC 4154 ): <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/operational-predictive-maintenance-market-8656856.html>
- Marmanis, D., & weitere 7 Autoren. (2017, November 6). Artificial Generation of Big Data for Improving Image Classification: A Generative Adversarial Network Approach on SAR Data. Retrieved February 13, 2018, from <https://arxiv.org/pdf/1711.02010.pdf>
- McCarthy, J., Minsky, M., Rochester, N., & Shannon, C. (1955, August 31). A Proposal for the Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence. Retrieved January 22, 2018, from AI Magazine Volume 27 Number 4 (2006) pp. 12-14: <https://www.aaai.org/ojs/index.php/aimagazine/article/view/1904/0>
- Mehendale, A., & Dixit, M. (2011, June). Speaker Identification (Signal & Image Processing, Vol.2, No.2). Retrieved January 17, 2018, from <http://aircconline.com/sipij/V2N2/221sipij06.pdf>

Microsoft. (n.d.). Sprecherkennungs-API (Vorschau) . Retrieved February 11, 2018, from <https://azure.microsoft.com/de-de/services/cognitive-services/speaker-recognition/>

NIPS 2017. (2017). Ali Rahimi's talk at NIPS(NIPS 2017 Test-of-time award presentation) . Retrieved January 17, 2018, from <https://www.youtube.com/watch?v=Qi1Yry33TQE>

NIPS. (n.d.). NIPS. Retrieved January 17, 2018, from <https://nips.cc>

NSTC, Committee on Technology. Committee on Homeland and National Security. (n.d.). Speaker Recognition. Retrieved February 11, 2018, from [hänsch einbauen]

Nuance. (n.d.). Dragon Speech Recognition Software | Voice is ready for work. Documentation productivity driven by voice allows you to work fast and smart. Retrieved January 19, 2018, from <https://www.nuance.com/dragon.html>

Pfister, B., & Kaufmann, T. (2017). Sprachverarbeitung – Grundlagen und Methoden der Sprachsynthese und Spracherkennung (2. Auflage). Berlin: Springer Vieweg.

Piatetsky, G. (2014, June). KDnuggets 15th Annual Analytics, Data Mining, Data Science Software Poll: RapidMiner Continues To Lead. Retrieved February 12, 2018, from <https://www.kdnuggets.com/2014/06/kdnuggets-annual-software-poll-rapidminer-continues-lead.html>

Piatetsky, G. (2017, April). Forrester vs Gartner on Data Science Platforms and Machine Learning Solutions. Retrieved February 12, 2018, from <https://www.kdnuggets.com/2017/04/forrester-gartner-data-science-platforms-machine-learning.html>

QYResearch Group. (2017). Global Face Recognition Device Market Research Report 2017. Retrieved January 27, 2018, from <https://www.wiseguyreports.com/sample-request/2698559-global-face-recognition-device-market-research-report-2017>

Rixecker, K. (2017, May 18). Spracherkennung: Google reduziert Fehlerquote auf unter 5 Prozent. Retrieved January 19, 2018, from <https://t3n.de/news/spracherkennung-google-reduziert-824325/>

Sabou, S., Frosst, N., & Hinton, G. (2017). Dynamic Routing Between Capsules. Retrieved January 23, 2018, from 31st Conference on Neural Information Processing Systems (NIPS 2017), Long Beach, CA, USA: <https://papers.nips.cc/paper/6975-dynamic-routing-between-capsules.pdf>

Santoro, A., Raposo, D., & Watters, N. (2017, June 06). A neural approach to relational reasoning. Retrieved January 18, 2018, from <https://deepmind.com/blog/neural-approach-relational-reasoning/>://techcrunch.com/2009/05/27/siri-the-virtual-assistant-that-will-make-everyone-love-the-iphone-even-more/

Schmidt, L., Sharifi, M., & Moreno, I. L. (2014). Large-scale speaker identification. Retrieved February 11, 2018, from IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP), 2014, pp. 1669-1673: <https://static.googleusercontent.com/media/research.google.com/de//pubs/archive/42535.pdf>

Shahidi, F. (2017, December 5). 2018 is the year chatbots join the enterprise. Retrieved February 12, 2018, from <https://venturebeat.com/2017/12/05/2018-is-the-year-chatbots-join-the-enterprise/>.

Shoham, Y. (n.d.). A project within the Stanford 100 Year Study on AI. The AI Index is an initiative to track, collate, distill and visualize data relating to artificial intelligence. Retrieved January 17, 2018, from <http://aiindex.org/>

Siemens. (2008, May 20). Hör mal, wer da spricht: Siemens bietet Lösung zur Stimmerkennung. Retrieved January 17, 2017, from <https://www.pressebox.de/pressemitteilung/siemens-it-solutions-and-services/Hoer-mal-wer-da-spricht-Siemens-bietet-Loesung-zur-Stimmerkennung/boxid/175770>

- Silver, D., & weitere 16 Autoren. (2017, October 19). Mastering the game of Go without human knowledge. Retrieved February 13, 2018, from Nature volume 550, pages 354-359: <http://www.nature.com/articles/nature24270>
- Singleton, M. (2017, December 11). Apple confirms it has acquired Shazam. Retrieved January 30, 2018, from <https://www.theverge.com/2017/12/11/16761984/apple-shazam-acquisition>
- SPEECHPRO. (n.d.). VoiceKey.ONEPASS: Bimodal biometric authentication for mobile platforms. Retrieved February 11, 2018, from [http://speechpro-usa.com/product/voice\\_authentication/voicekey-onepass](http://speechpro-usa.com/product/voice_authentication/voicekey-onepass)
- Spivack , N. (2009). How Siri Works – Interview with Tom Gruber, CTO of SIRI. Retrieved January 18, 2018, from <http://www.novaspivack.com/technology/how-hisiri-works-interview-with-tom-gruber-cto-of-siri>
- Statista (Spracherkennung). (2015). Prognose zum Umsatz im Bereich Spracherkennung weltweit von 2015 bis 2024 (in Millionen US-Dollar). Retrieved January 2018, from <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/621155/umfrage/prognose-zum-umsatz-im-bereich-spracherkennung-weltweit/>
- Statista. (n.d.). Growth of the natural language processing (NLP) market worldwide, from 2016 to 2024. Retrieved January 18, 2018, from <https://www.statista.com/statistics/607946/worldwide-natural-language-processing-market-growth/>
- Statt, N. (2017, November 28). Amazon will let Alexa developers use voice recognition to personalize apps. Retrieved February 11, 2018, from The Verge: <https://www.theverge.com/2017/11/28/16711134/amazon-alexa-echo-voice-recognition-developers-personalize-apps>
- Szegedy, C., Zaremba, W., Sutskever, I., Bruna, J., Erhan, D., Goodfellow, I., et al. (2014, February 14). Intriguing properties of neural networks. Retrieved January 24, 2018, from <https://arxiv.org/pdf/1312.6199.pdf>
- Technology Review. (2015, April 29). Deep Learning Machine Solves the Cocktail Party Problem (Separating a singer's voice from background music has always been a uniquely human ability. Not anymore.). Retrieved January 17, 2018, from <https://www.technologyreview.com/s/537101/deep-learning-machine-solves-the-cocktail-party-problem/>
- Techtarget. (n.d.). Speech Recognition. Retrieved January 16, 2018, from <http://searchcrm.techtarget.com/definition/speech-recognition>
- TensorFlow. (n.d.). TensorFlow: An open-source software library for Machine Intelligence. Retrieved January 17, 2018, from <https://www.tensorflow.org>
- The Economist. (2017, May 25). Unshackled algorithms. Machine-learning promises to shake up large swathes of finance. In fields from trading to credit assessment to fraud prevention, machine-learning is advancing. Retrieved January 17, 2018, from <https://www.economist.com/news/finance-and-economics/21722685-fields-trading-credit-assessment-fraud-prevention-machine-learning>
- Tractica. (2017, August 21). Natural Language Processing Market to Reach \$22.3 Billion by 2025. Retrieved January 18, 2018, from <https://www.tractica.com/newsroom/press-releases/natural-language-processing-market-to-reach-22-3-billion-by-2025/>
- VDMA. (2015, July 16). Industrielle Bildverarbeitung bricht alle Rekorde (Market Survey 2015 Machine Vision in Europe). Retrieved January 17, 2018, from <http://www.vdma.org/article/-/articleview/8966181>
- Vechev, M. (2017). Reliable and Interpretable Artificial Intelligence . Retrieved January 24, 2018, from <http://www.srl.inf.ethz.ch/riai.php>
- Voice and Speech Recognition. (n.d.). Retrieved January 19, 2018, from <https://findbiometrics.com/solutions/voice-speech-recognition/>

Wang, T.-C., Liu, M.-Y., Zhu, J.-Y., Tao , A., Kautz, J., & Catanzaro, B. (2017). High-Resolution Image Synthesis and Semantic Manipulation with Conditional GANs. Retrieved February 13, 2018, from <https://tcwang0509.github.io/pix2pixHD/>

Wellbrink, J. (2014, Nr. 4). Wenn Maschinen töten – Über den Sinn und Unsinn von Kampfrobotern. if Zeitschrift für Innere Führung, pp. 30-34.

Wellmann, J., & Goetze, S. (n.d.). Spracherkennung. Retrieved January 25, 2017, from Fraunhofer-Institut für Digitale Medientechnologie IDMT: [https://www.idmt.fraunhofer.de/de/hsa/research\\_fields/speech\\_recognition.html](https://www.idmt.fraunhofer.de/de/hsa/research_fields/speech_recognition.html)

Wollan, R., Barton, R., Ishikawa, M., & Quiring, K. (2017, December 05). Put Your TrustIn Hyper-Relevance. Retrieved January 18, 2018, from [https://www.accenture.com/t20180115T033602Z\\_\\_w\\_\\_/us-en/\\_acnmedia/PDF-69/Accenture-Global\\_DD\\_GCPR-Hyper-Relevance.pdf#zoom=50](https://www.accenture.com/t20180115T033602Z__w__/us-en/_acnmedia/PDF-69/Accenture-Global_DD_GCPR-Hyper-Relevance.pdf#zoom=50)

Zhang, H., Xu, T., Li, H., Zhang, S., Wang, X., Huang, X., et al. (2017, August 05). StackGAN: Text to Photo-realistic Image Synthesis with Stacked Generative Adversarial Networks. Retrieved January 18, 2018, from <https://arxiv.org/pdf/1612.03242v2.pdf>

## 5.3 Autoren

**Christoph Balada** | Technische Universität Ilmenau  
(4.4, 4.9)

**Alexandra Bellanova** | 5Analytics GmbH (4.22)

**Michael Bruss** | SemVox GmbH (4.19, 4.22, 4.28)

**Stefan Buchberger** | intelligent views gmbh (4.13)

**Dr. Jan Cirullies** | Fraunhofer ISST (4.15)

**Dr. Luciano Del Corro** | Ambiverse GmbH (4.18, 4.20)

**Dr. Reinhard Festag** | intelligent views gmbh (4.23)

**Gregor Fuhs** | FIR e.V. an der RWTH Aachen (4.11, 4.17)

**Dr. Stefan Goetze** | Fraunhofer IDMT (4.2, 4.7)

**Dr. Thorsten Gressling** | ARS Computer und Consulting  
GmbH (3.2, 4.21)

**Torsten Hartmann** | Avantgarde Labs GmbH  
(2, 4.7, Gesamtredaktion)

**Maike Havemann** | IBM Deutschland GmbH (4.1, 4.6)

**Dr. Johannes Hoffart** | Ambiverse GmbH (4.18, 4.20)

**Stefan Holtei** | PricewaterhouseCoopers GmbH  
Wirtschaftsprüfungsgesellschaft (2, 4.7, Gesamtredaktion)

**Andreas Hufenstuhl** | PricewaterhouseCoopers GmbH  
Wirtschaftsprüfungsgesellschaft (Projektkonzept)

**Dr.-Ing. Werner Kraus** | Fraunhofer IPA (4.26)

**Dr. Norbert Pfleger** | SemVox GmbH (4.19, 4.28)

**Yevgen Pikus** | Fraunhofer ISST (4.15)

**Robin Prosch Altran** | Deutschland S.A.S. & Co. KG (3.3)

**Dr. Till Plumbaum** | Detecon International GmbH (4.15)

**Dr. Gerhard Rolletschek** | Glanos GmbH (4.20)

**Dr. Lars Satow** | SAP SE (4.25)

**Dr. Igor Schnakenburg** | Detecon International GmbH |  
Digital Engineering Center (4.15, 4.16)

**Ralph Siepmann** | IBM Deutschland GmbH (2)

**Rupert Steffner** | WUNDERAI GmbH (4.12)

**Moritz Takaya Shozo** | e-bot7 GmbH (4.27)

**Dr. Mathias Weber** | Bitkom e.V. (2, Projektmanagement)

**Dr. Sebastian Wieczorek** | SAP SE (4.3, 4.5, 4.8, 4.10)

**Dr. Georg Wittenburg** | Inspirient GmbH (4.14)



Bitkom vertritt mehr als 2.600 Unternehmen der digitalen Wirtschaft, davon gut 1.800 Direktmitglieder. Sie erzielen allein mit IT- und Telekommunikationsleistungen jährlich Umsätze von 190 Milliarden Euro, darunter Exporte in Höhe von 50 Milliarden Euro. Die Bitkom-Mitglieder beschäftigen in Deutschland mehr als 2 Millionen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Zu den Mitgliedern zählen mehr als 1.000 Mittelständler, über 400 Startups und nahezu alle Global Player. Sie bieten Software, IT-Services, Telekommunikations- oder Internetdienste an, stellen Geräte und Bauteile her, sind im Bereich der digitalen Medien tätig oder in anderer Weise Teil der digitalen Wirtschaft. 80 Prozent der Unternehmen haben ihren Hauptsitz in Deutschland, jeweils 8 Prozent kommen aus Europa und den USA, 4 Prozent aus anderen Regionen. Bitkom fördert und treibt die digitale Transformation der deutschen Wirtschaft und setzt sich für eine breite gesellschaftliche Teilhabe an den digitalen Entwicklungen ein. Ziel ist es, Deutschland zu einem weltweit führenden Digitalstandort zu machen.

**Bundesverband Informationswirtschaft,  
Telekommunikation und neue Medien e.V.**

Albrechtstraße 10

10117 Berlin

T 030 27576-0

F 030 27576-400

[bitkom@bitkom.org](mailto:bitkom@bitkom.org)

[www.bitkom.org](http://www.bitkom.org)

**bitkom**