

# acatech HORIZONTE

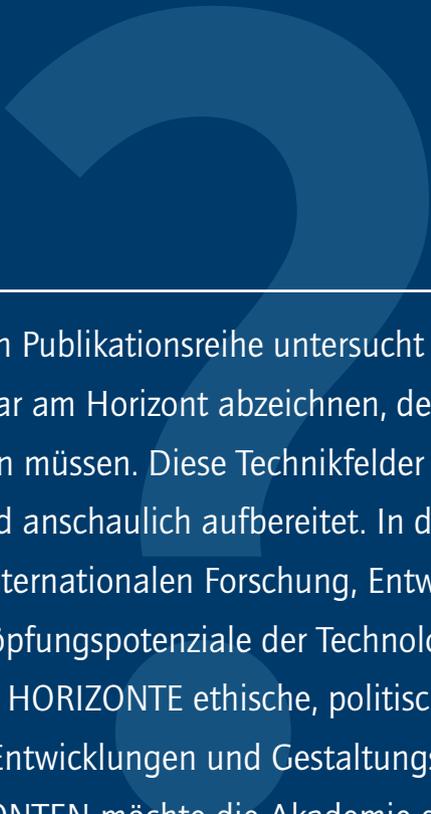
## Künstliche Intelligenz in der Industrie

Warum ist KI für die Industrie  
wichtig?

Was kann KI heute und in Zukunft?

KI in Deutschland und im  
internationalen Vergleich

Handlungsfelder und Gestaltungs-  
optionen



+++ Mit der vorliegenden Publikationsreihe untersucht acatech bedeutende Technikfelder, die sich klar am Horizont abzeichnen, deren Auswirkungen aber noch geklärt werden müssen. Diese Technikfelder werden in acatech HORIZONTE fundiert und anschaulich aufbereitet. In diesen Prozess fließen der aktuelle Stand der internationalen Forschung, Entwicklung und Anwendung sowie die Wertschöpfungspotenziale der Technologien ein. Darüber hinaus nehmen die acatech HORIZONTE ethische, politische und gesellschaftliche Fragen sowie denkbare Entwicklungen und Gestaltungsoptionen in den Blick. Mit den acatech HORIZONTEN möchte die Akademie die Diskussion über neue Technologien anregen, politische Gestaltungsräume aufzeigen und Handlungsoptionen formulieren – und so einen Beitrag für eine vorausschauende Innovationspolitik leisten. +++



acatech  
**HORIZONTE**

---

**Künstliche Intelligenz  
in der Industrie**



## Vorwort

Künstliche Intelligenz (KI) ist seit Jahren in vielen Lebensbereichen präsent. Während Anwendungen in der Industrie bereits angekommen sind, wird KI bald auch für den Mittelstand von großer Bedeutung sein. Hinter dem Schlagwort steckt die Möglichkeit, Massendaten zu erfassen, zu analysieren und daraus Schlüsse zu ziehen. KI hat enormes Potenzial, Beschäftigte in ganz unterschiedlichen Bereichen zu unterstützen, wie beim Entwickeln neuer Produkte, der Verkürzung von Lieferzeiten, der Vermeidung von Wartungsunterbrechungen, der Optimierung des Energieverbrauchs einer Fabrik oder dem Recycling defekter Produkte.

Eine Technologie wird allerdings nur dann wirklich erfolgreich, wenn sie gesellschaftliche Akzeptanz findet. Mit der vorliegenden HORIZONTE Ausgabe sollen die Einsatzmöglichkeiten und damit die Bedeutung von KI in der Industrie frühzeitig transparent gemacht werden, um in einen Dialog und in die Ausgestaltung der Technologie eintreten zu können.

Welche Möglichkeiten bietet KI schon heute? Welche zukünftigen Potenziale bestehen und welche Herausforderungen gilt es zu bewältigen? Und wo steht Deutschland im internationalen Vergleich? Um eine fundierte und objektive Diskussionsbasis zu einigen dieser Fragen zu schaffen, bringt acatech ausgewählte Expertinnen und Experten aus Wissenschaft und Wirtschaft zusammen, auf deren Einschätzungen die vorliegende Ausgabe der HORIZONTE beruht. Wir danken den Mitgliedern der Projektgruppe herzlich für ihr Engagement.

Ihnen, verehrte Leserinnen und Leser, wünschen wir eine anregende Lektüre.



Karl-Heinz Streibich  
Präsident acatech



Prof. Dr.-Ing. Dieter Spath  
Präsident acatech



Prof. Dr.-Ing.  
Jürgen Gausemeier  
Vizepräsident acatech



Prof. Dr. rer. nat.  
Martina Schraudner  
Vorstandsmitglied acatech

*K-H Streibich*

*D. Spath*

*J. Gausemeier*

*M. Schraudner*

# Inhalt



## Auf einen Blick

8

Sechs Kernbotschaften.....	8
----------------------------	---



## Warum ist KI für die Industrie wichtig?

10

1.1 Was verbirgt sich hinter dem Schlagwort „Künstliche Intelligenz“?.....	12
1.2 Was ist industrielle Wertschöpfung?.....	15



## Was kann KI heute und in Zukunft?

18

2.1 Patent Mining: Schwimmende Solaranlagen.....	20
2.2 Generatives Design für ein Elektro-Motorrad.....	21
2.3 Digitaler Assistent in der Metallverarbeitung.....	26
2.4 KI als Problemlöser für Lager und Transport.....	27
2.5 Smarte Logistik: Produktion in Modulen.....	32
2.6 Rücklauflogistik: KI und Circular Economy.....	33
2.7 Qualitätskontrolle in einer Automobilfabrik.....	38
2.8 Vorausschauende Wartung im Flugzeugbau.....	39
2.9 Umweltbewusst und energieeffizient im Maschinenbau.....	44
2.10 Zukunftsvision für den Einsatz von KI in der industriellen Wertschöpfung.....	45



## KI in Deutschland und im internationalen Vergleich **48**

3.1 Wie gut sind Deutschlands Unternehmen in Sachen KI aufgestellt? .....	50
3.2 Deutsche KI-Forschung und ihr globaler Fußabdruck .....	56
3.3 Internationales Schlaglicht: Kanada .....	57



## Handlungsfelder und Gestaltungsoptionen **60**

4.1 Mit KI mehr Wertschöpfung für die Industrie.....	62
4.2 Ausblick: Deutschland und Europa auf dem Weg zum souveränen Global Player.....	65

Interviewpartnerinnen und Interviewpartner .....	74
--	----

Literaturverzeichnis .....	76
----------------------------	----

Mitwirkende .....	80
-------------------	----

# Auf einen Blick



## Sechs Kernbotschaften

*Künstliche Intelligenz (KI) ist bereits seit einigen Jahren in unserem Alltag allgegenwärtig. Sie unterstützt uns beim Einkauf im Internet, beim Musikhören oder beim Lesen von Online-Nachrichten. Im Grunde ist KI nichts anderes als eine Reihe von Computerprogrammen, die Menschen auf der Basis von Wissen zunehmend auch bei industriellen Anwendungen unterstützen. In der Industrie helfen KI-Programme beispielsweise dabei, neue Designs zu erstellen, den Transport von Materialien besser zu koordinieren, Fehler in der Produktion zu reduzieren und sogar Kundenwünsche vorherzusehen. All das spart viel Geld, Energie und natürliche Ressourcen.*

*Das besondere an KI-Systemen ist, dass sie mit jedem Einsatz „dazulernen“ und ihr neues Wissen wieder anwenden können.*

1. Die USA und zunehmend auch China haben einen großen Vorsprung bei grundlegenden KI-Werkzeugen. Dagegen glänzen deutsche Forschungseinrichtungen und Unternehmen durch deutliche Vorteile in der industriellen Anwendung. Mit KI können deutsche Unternehmen ihren Wissensvorsprung sichern und ausbauen.
2. Die Erweiterung von komplexen industriellen Qualitätsprodukten mit neuen KI-Funktionen eröffnet deutschen Unternehmen völlig neue Geschäftspotenziale.
3. Das im internationalen Vergleich hohe Ausbildungsniveau im deutschen Ingenieurwesen und von technischen Fachkräften ist eine solide Basis für die Realisierung wirkungsvoller und leistungsfähiger KI-Anwendungen. Das wahre Gold liegt damit im Wissen selbst und in dessen Aufbereitung für die digitale Verarbeitung.
4. Die Anwendung von KI-Werkzeugen erfordert keine tiefen Informatikkenntnisse; somit können hochqualifizierte Fachkräfte leichter an IT-Systeme herangeführt werden.
5. Neben der Förderung der Grundlagenforschung zu KI könnten in Deutschland der Technologietransfer forciert und die starken Industrien im Land zu einer unvoreingenommenen Anwendung von KI-Technologien animiert werden.
6. Das erstrebenswerte Zielbild lautet, Deutschland und Europa als souveräne Global Player zu etablieren, die für eine Balance zwischen Mensch, Technik und Staat stehen. Das bedeutet, die wirtschaftlichen Chancen von KI zu nutzen und dabei den Menschen im Mittelpunkt zu betrachten. Denn gerade aufgrund der hohen ethischen Standards für KI-Systeme in Deutschland und Europa können deutsche und europäische KI-Produkte und -Anwendungen mit Wettbewerbern aus den USA oder aus China mithalten und sich mit der Herkunftsbezeichnung „Artificial Intelligence Made in Europe“ erfolgreich positionieren.

# 1

## Warum ist KI für die Industrie wichtig?

Was ist „Künstliche Intelligenz“, was genau versteckt sich hinter diesem Schlagwort? Wie hat sie sich entwickelt und warum ist sie für Deutschland als Produktionsstandort wichtig? Wie sind wir mit „KI Made in Germany“ im internationalen Vergleich aufgestellt – und ginge es auch ganz ohne sie? ►

# Künstliche Intelligenz



# 1.1 Was verbirgt sich hinter dem Schlagwort „Künstliche Intelligenz“?

Der Begriff „Künstliche Intelligenz“ erscheint manchen Menschen rätselhaft. Doch hinter dem Schlagwort steckt im Grunde nichts weiter als eine lang bewährte Methode, die es seit Anbeginn der Menschheit gibt: aus vorhandenem Wissen neue Schlüsse zu ziehen, um Probleme zu lösen. Das besondere an KI ist, dass sie im Unterschied zur herkömmlichen Informatik diese Schlüsse auch *eigenständig* ziehen kann. So kann beispielsweise ein KI-System, das im Prinzip nichts anderes ist als eine Reihe von Computerprogrammen, auf der Basis von enorm vielen Röntgenaufnahmen unterschiedlicher Patienten feststellen, ob das Röntgenbild eines bestimmten Patienten einen Tumor zeigt oder nicht. Je größer und genauer das vorhandene Wissen ist, in diesem Beispiel die Anzahl der Röntgenbilder und Diagnosen, umso zuverlässiger und präziser werden die Prognosen. Diese Fähigkeit von Computerprogrammen, eigenständig Zusammenhänge in Daten zu erkennen und mit jedem neuen Fall bessere Schlussfolgerungen zu ziehen, nennt man „Lernen“. Der Vorteil, diese Schlüsse von einem KI-basierten Computerprogramm und nicht von einem Mensch ziehen zu lassen, ist, dass kein Mensch Tausende oder sogar Millionen von Daten im Kopf erfassen kann. Es geht also nicht darum, die Radiologin abzuschaffen, sondern ihr präzisere Diagnosen in viel kürzerer Zeit zu ermöglichen und ihr dadurch mehr Zeit für ihre Patienten zu geben.

## Eine kurze Geschichte der KI

Die von acatech moderierte Plattform Lernende Systeme erklärt die Entwicklung von KI in einem fünfminütigen Film<sup>[1]</sup>: *„Alle Welt redet plötzlich von Künstlicher Intelligenz – dabei gehen die Anfänge der Technologie auf die 1950er Jahre zurück. Seither hat sie eine wechselhafte Entwicklung erlebt: Auf die hochfliegenden Erwartungen der amerikanischen KI-Pioniere, die von Maschinen als allgemeinen Problemlösern träumten, folgten Phasen von Ernüchterung und erneutem Aufschwung. In Deutschland wird KI-Forschung seit den 1980er Jahren intensiv betrieben.“*

In den letzten zehn Jahren erlebte KI einen rasanten Boom, da durch verbesserte Computer- und Speicherleistungen sowie durch riesige verfügbare Datenmengen KI-Anwendungen erstmalig möglich wurden. Sehen Sie sich den Film „Eine kurze Geschichte der KI“ über die Entwicklung der KI von ihren Anfängen bis zur Gegenwart an.



\* Hiermit ist vor allem das sogenannte Maschinelle Lernen beschrieben, ein Teilgebiet von KI. Die meisten Anwendungen des Maschinellen Lernens benötigen sehr große Mengen an Falldaten (in diesem Beispiel Röntgenbilder), um möglichst alle vorkommenden Fälle abdecken zu können. Diese Daten müssen von Menschen aufbereitet werden, damit das KI-System „richtig“ trainiert werden kann. Innerhalb der KI-Forschung gibt es außerdem andere Teilbereiche, die sich mit Methoden für andere Problemlösungen befassen, zum Beispiel für die Darstellung und Verarbeitung von Wissen, die Verarbeitung natürlicher Sprache, das Planen und Optimieren von Prozessen oder die Robotik.

*„KI setzt bei Themen an, bei denen der Mensch an seine Grenzen stößt.“*

Ob man KI-basierte Computerprogramme als „intelligent“ bezeichnen kann und wie man genau den Begriff „Künstliche Intelligenz“ definieren sollte, darüber sind sich die Fachleute nicht einig. Es mangelt schon an einer allgemeingültigen Definition der menschlichen „Intelligenz“. Fest steht, KI kann bisher nur in hoch spezialisierten, von Menschen definierten Bereichen arbeiten – und nicht darüber hinaus. Im Gegensatz zum Mensch hat sie weder einen „gesunden Menschenverstand“ noch eine emotionale Intelligenz.

*„Es gibt mindestens zwölf unterschiedliche Definitionen von KI; jede von ihnen ist irreführend. Denn jede Definition nimmt einen Bezug auf menschliche Intelligenz, und das ist nicht richtig.“*

#### Wussten Sie, dass ...



... KI auch in unserem alltäglichen Leben bereits eine sehr prägnante Rolle spielt? Wenn Browser und Social-Media-Portale uns auf interessante Artikel in den Online-Ausgaben von Printmedien hinweisen, wenn Internet-Händler beim Online-Einkauf weitere verlockende Konsumgüter anpreisen oder Streaming-Dienste uns Musik-Playlists, Filme oder Serien empfehlen, stecken dahinter KI-basierte Computerprogramme. KI-basierte Programme haben somit schon seit vielen Jahren einen unmittelbaren Einfluss auf das, was wir kaufen, hören, schauen und sogar denken, ohne dass wir uns dessen bewusst sind oder dies hinterfragen. Viele Online-Händler und Dienstleister profitieren also schon enorm vom Einsatz von KI, allen voran US-amerikanische und chinesische Firmen (► siehe Tabelle in Kapitel 4.2). Bei Industrieunternehmen stellt sich die Situation anders dar: Hier gibt es noch große Potenziale, die viele deutsche Unternehmen teilweise bislang nicht erkannt und ausgeschöpft haben.

*„Ohne den gesellschaftlichen Diskurs, ob wir KI akzeptieren wollen oder nicht, werden Unternehmen KI nicht im großen Stil einsetzen.“*

### KI als Voraussetzung für Fortschritt und Wohlstand

Auch in der Industrie ist KI nichts anderes als ein Werkzeug, um Fortschritt voranzutreiben und den Wirtschaftsstandort Deutschland und somit unseren Wohlstand zu sichern. Fachleute gehen davon aus, dass KI in Zukunft für die industrielle Wertschöpfung einen so großen Einfluss haben wird, dass Unternehmen es sich gar nicht leisten können, KI nicht einzuführen (► siehe Kasten „Geht es auch ohne KI?“). Eine Technologie wird jedoch nur dann erfolgreich eingesetzt werden können, wenn sie gesellschaftliche Akzeptanz findet. Deshalb ist es unabdingbar, insbesondere die Beschäftigten zu informieren und auf ihre Fragen einzugehen, um ihnen mögliche Ängste und Vorbehalte zu nehmen. Genau hier möchte die vorliegende HORIZONTE Publikation ansetzen: Denn nur in einer fundierten und sachlichen Debatte über das, was KI kann und was sie nicht kann, können wir die unverkennbaren Vorteile dieser Technologie ihren möglichen Risiken gegenüberstellen.

*„Das internationale KI-Wettrennen hat begonnen: Die Karten sind bereits gemischt und teilweise verteilt. Wenn Deutschland jetzt nicht kontinuierlich in KI investiert, haben wir in drei bis vier Jahren den internationalen Vorsprung in der Produktion verloren.“*

### Geht es auch ohne KI?

Noch werden Produkte „Made in Germany“ weltweit gekauft; noch ist Deutschland Exportweltmeister, noch gibt es nirgends auf der Welt so viele internationale Spitzenreiter: Schätzungen zufolge sind zwischen 1.200 und 1.500 deutsche Unternehmen Weltmarktführer in ihrem Bereich, darunter auch viele sogenannte Hidden Champions, deren Erfolg nicht so bekannt ist wie der von Traditionsunternehmen.<sup>[2]</sup> Das heutige digitale Zeitalter verändert jedoch nicht nur unsere eigenen Lebenswelten, sondern stellt auch die Industrie vor neue Herausforderungen: Wer sich neuen Technologien, darunter KI als einer zentralen Schlüsseltechnologie der Zukunft, versperrt und es nicht vermag, die Produktion umzudenken, bleibt im globalen Wettrennen zurück. Dabei kann KI viel mehr, als nur die reine Herstellung von Produkten effizienter, schneller und günstiger zu gestalten. Mit KI-basierten Programmen können Unternehmen sämtliche Bereiche entlang der kompletten Wertschöpfungskette optimieren: von der Marktanalyse und dem Produktdesign über die Beschaffung der notwendigen Rohstoffe und ihren Transport bis hin zum Vertrieb und Recycling. Andere Länder haben dies bereits erkannt: Dank des Einsatzes von KI-Technologie werden sie möglicherweise irgendwann genauso gut oder sogar qualitativ hochwertiger als Deutschland produzieren, liefern und Kundenbedürfnisse befriedigen können. Wenn wir nicht auf den KI-Zug aufspringen, laufen wir Gefahr, unsere Position als Exportweltmeister zu verlieren.

## 1.2 Was ist industrielle Wertschöpfung?

Warum ist Wertschöpfung so wichtig? Wie der Name signalisiert, geht es darum, *Wert* zu schaffen, und das ist für Unternehmen wie die Gesellschaft als Ganzes gleichermaßen von Bedeutung. Wertschöpfung ermöglicht Wohlstand. Somit betrifft sie unmittelbar unser Leben.

Der etwas technische Begriff der „industriellen Wertschöpfungskette“ meint nichts weiter als den gesamten Prozess rund um ein Produkt. Dieser Prozess umfasst fünf Hauptbereiche: Die Entstehung der Idee und das Design, die Gewinnung und Verarbeitung der notwendigen Rohstoffe, die Lieferung der Produktmaterialien und Komponenten, die eigentliche Herstellung des Produkts sowie das Marketing, den Vertrieb und den Kundenservice bis zum Recycling. Aus der Aneinanderreihung dieser Prozesse entsteht eine Kette – eben die Wertschöpfungskette. Erst die Optimierung all dieser Bereiche erhöht den Gewinn und macht ein Unternehmen wirklich innovativ und international erfolgreich.

KI bietet zahlreiche Potenziale, um die einzelnen Wertschöpfungsschritte eines Unternehmens miteinander zu einer Kette zu verbinden und zu optimieren. Das nachfolgende Schaubild (Seite 16/17) soll anhand eines vereinfachten Beispiels

### Mit KI zur hochflexiblen Wertschöpfungskette

*„Zulieferung, Fertigung, Auslieferung und Kundenservice [lassen sich] miteinander verknüpfen und starre Wertschöpfungsketten in hochflexible Wertschöpfungsnetzwerke verwandeln. Industrie 4.0 beschreibt hier eine neue Stufe der Produktion sowie Organisation und Steuerung der gesamten Wertschöpfungskette über den Lebenszyklus von Produkten hinweg. Intelligente Produkte lenken dabei zum Beispiel aktiv den Produktionsprozess. Geräte lösen selbstständig Aktionen aus und legen die nächsten Arbeitsschritte fest. Mithilfe der entstehenden Datenmengen und mittels einer fortgeschrittenen Analytik sowie Künstlicher Intelligenz (KI) können die Prozesse in Echtzeit analysiert und optimiert werden.“* (Forschungsbeirat der Plattform Industrie 4.0)<sup>[3]</sup>

zunächst ein grundlegendes Verständnis für die Prozesse und einzelnen Wertschöpfungsschritte schaffen. Die Anwendung von KI in den einzelnen Schritten der Wertschöpfungskette wird in Kapitel 2 im Detail beleuchtet.

### Glossare zu KI und industrieller Wertschöpfung

Sind Ihnen die Begriffe rund um die Themen Wertschöpfung und KI noch nicht ganz klar? Dann besuchen Sie doch das Glossar der Plattform Industrie 4.0<sup>[4]</sup> sowie das Glossar der Plattform Lernende Systeme.<sup>[5]</sup>



► Industrie 4.0



► Lernende Systeme

# KI in der industriellen Wertschöpfung



## Ideenentstehung & Design



Ein Möbelhersteller möchte einen neuen gesundheitsförderlichen Stuhl entwickeln, den es bislang auf dem Markt nicht gibt. Dazu führt er in seinem Büro ein KI-System ein.



Das KI-System ist hier kein selbstdenkendes Wesen, sondern ein Computerprogramm, das die Produktentwickler beim Design unterstützt. Diese geben lediglich einige Parameter ein, etwa „Beine: 4“, „max. Gewicht: 7 kg“, „Material: Holz“.



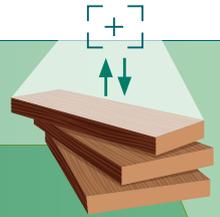
Das KI-Programm generiert daraufhin in wenigen Sekunden Tausende von Vorschlägen, wie der Stuhl aussehen könnte. Diese Vorschläge bieten den Produktentwicklern eine gute Grundlage für das neue Design. Ihre Kreativität wird also nicht durch das KI-System ersetzt, sondern erweitert.



KI-Anwendungen für diesen Schritt der Wertschöpfung werden in den ► Kapiteln 2.1 und 2.2 vorgestellt.



## Rohstoffverarbeitung

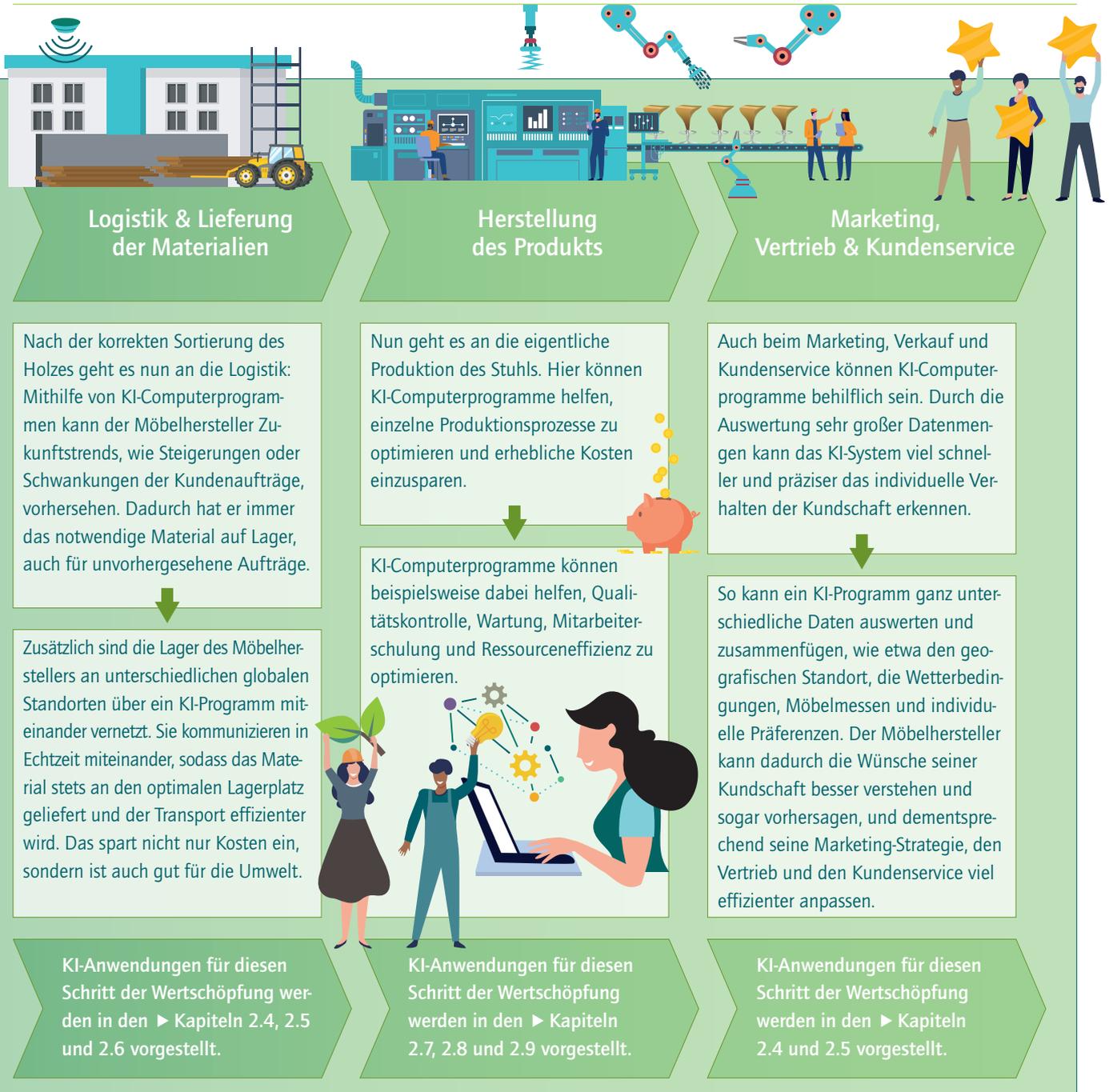


Steht das gewünschte Design fest, benötigt der Möbelhersteller das Rohmaterial, um den Stuhl herzustellen, in diesem Fall Holz aus ökologischem Anbau. Holz hat als Naturprodukt eine sehr ungleichmäßige Materialstruktur. Bei der Verarbeitung braucht man daher große Sicherheitsmargen an Material, sodass viel Material verschwendet wird. Das ist schlecht für die Wälder und zudem ineffizient.



Auch hier können KI-Computerprogramme helfen, die Qualität des Holzes viel schneller und präziser einzuschätzen. Mithilfe von Sensoren erkennt das Programm sofort Parameter wie Dichte, Feuchte und Faserrichtung des Holzes, die das menschliche Auge nur schwer oder gar nicht sehen kann. Auf diese Weise sortiert das KI-Programm von Anfang an das Holz richtig ein und reduziert dabei erheblich die Verschwendung von Material.

KI-Anwendungen für diesen Schritt der Wertschöpfung werden in ► Kapitel 2.3 vorgestellt.



### Logistik & Lieferung der Materialien

Nach der korrekten Sortierung des Holzes geht es nun an die Logistik: Mithilfe von KI-Computerprogrammen kann der Möbelhersteller Zukunftstrends, wie Steigerungen oder Schwankungen der Kundenaufträge, vorhersehen. Dadurch hat er immer das notwendige Material auf Lager, auch für unvorhergesehene Aufträge.

Zusätzlich sind die Lager des Möbelherstellers an unterschiedlichen globalen Standorten über ein KI-Programm miteinander vernetzt. Sie kommunizieren in Echtzeit miteinander, sodass das Material stets an den optimalen Lagerplatz geliefert und der Transport effizienter wird. Das spart nicht nur Kosten ein, sondern ist auch gut für die Umwelt.

KI-Anwendungen für diesen Schritt der Wertschöpfung werden in den ► Kapiteln 2.4, 2.5 und 2.6 vorgestellt.

### Herstellung des Produkts

Nun geht es an die eigentliche Produktion des Stuhls. Hier können KI-Computerprogramme helfen, einzelne Produktionsprozesse zu optimieren und erhebliche Kosten einzusparen.

KI-Computerprogramme können beispielsweise dabei helfen, Qualitätskontrolle, Wartung, Mitarbeiterschulung und Ressourceneffizienz zu optimieren.

KI-Anwendungen für diesen Schritt der Wertschöpfung werden in den ► Kapiteln 2.7, 2.8 und 2.9 vorgestellt.

### Marketing, Vertrieb & Kundenservice

Auch beim Marketing, Verkauf und Kundenservice können KI-Computerprogramme behilflich sein. Durch die Auswertung sehr großer Datenmengen kann das KI-System viel schneller und präziser das individuelle Verhalten der Kundschaft erkennen.

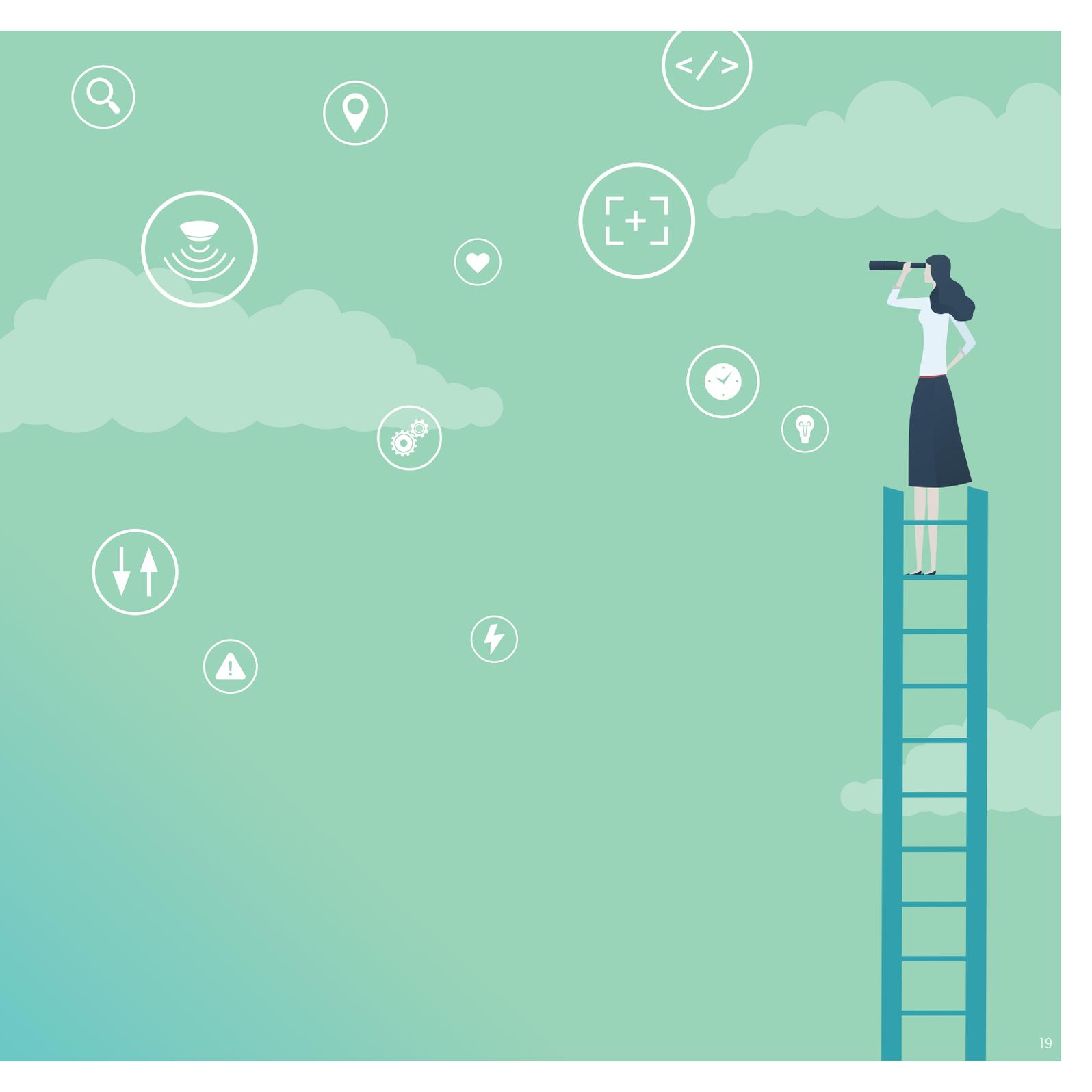
So kann ein KI-Programm ganz unterschiedliche Daten auswerten und zusammenfügen, wie etwa den geografischen Standort, die Wetterbedingungen, Möbelmessen und individuelle Präferenzen. Der Möbelhersteller kann dadurch die Wünsche seiner Kundschaft besser verstehen und sogar vorhersagen, und dementsprechend seine Marketing-Strategie, den Vertrieb und den Kundenservice viel effizienter anpassen.

KI-Anwendungen für diesen Schritt der Wertschöpfung werden in den ► Kapiteln 2.4 und 2.5 vorgestellt.

# 2

## Was kann KI heute und in Zukunft?

Warum ist KI besonders für die Industrie interessant? Wie können deutsche Unternehmen ihren gigantischen Schatz an Maschinen- und Betriebsdaten wirtschaftlich nutzbar machen? Im Folgenden werden Anwendungsbeispiele beschrieben, die durch den Einsatz von KI schon möglich sind oder in Zukunft möglich werden. Doch erst der ganzheitliche Einsatz über die gesamte Wertschöpfungskette hinweg – von der Ideenfindung bis hin zum Vertrieb – macht ein Unternehmen wirklich erfolgreich. ►



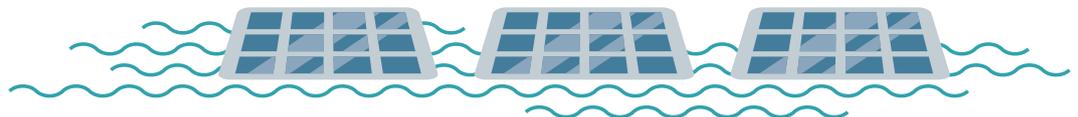
*KI-Anwendungen kommen in deutschen Unternehmen in Teilbereichen bereits seit ein paar Jahren zum Einsatz. KI hat jedoch das Potenzial, in Zukunft entlang der gesamten Wertschöpfungskette das Design und die Qualität der Produktion zu verbessern, Kosten zu reduzieren, Lieferzeiten zu verkürzen, Abläufe robuster zu machen und sich viel genauer an Kundenbedürfnisse anzupassen. Nicht zuletzt kann KI auch zum Thema Nachhaltigkeit, das in vielen Lebensbereichen eine immer größere Rolle spielt, einen Beitrag leisten: So kann KI helfen, Ressourcen und Produktionsmaterialien einzusparen, defekte Produkte zu recyceln oder wiederaufzuarbeiten oder den Energieverbrauch einer Fabrik zu optimieren.<sup>[9]</sup> Die nachfolgenden Anwendungsbeispiele zeigen, wie KI die komplette industrielle Wertschöpfung revolutionieren kann.*

## 2.1 Patent Mining: Schwimmende Solaranlagen

Patente dienen dem Schutz von geistigem Eigentum von Einzelpersonen, Organisationen und Firmen. Gleichzeitig bieten sie auch einen großen Wert für die Industrie: Durch die genaue Analyse von Patentdokumenten können Firmen wichtige technische Zusammenhänge und zukünftige Business-Trends erkennen. Patente dienen sozusagen als Inspiration für neue Industrieprodukte und -lösungen. Die Patentbeobachtung, das sogenannte „Patent Mining“, haben Firmen und einige Regierungen in den vergangenen Jahren als Motor für Innovationen erkannt und gefördert.

Der Haken dabei ist: Man braucht speziell ausgebildete Fachleute für das Durchforsten Tausender technischer Patentdokumente. Diese sind nicht leicht zu finden, außerdem nimmt die Patentbeobachtung viel Zeit und Geld in Anspruch. Das folgende Schaubild zeigt, wie ein KI-basiertes Computerprogramm dabei helfen kann, das Patent Mining viel schneller und effizienter zu gestalten.

► Schaubild Seite 22/23



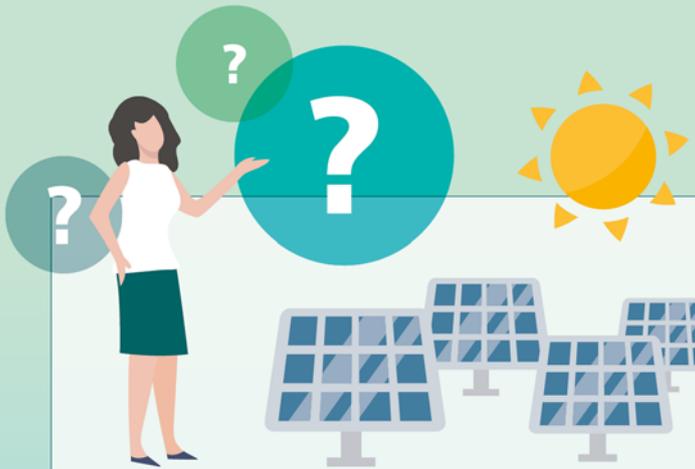
## 2.2 Generatives Design für ein Elektro-Motorrad

Mithilfe eines Computerprogramms, das auf KI basiert, lassen sich eine Vielzahl von unterschiedlichen und ungewöhnlichen Design- und Konstruktionsvarianten in kürzester Zeit erproben, auf die ein Mensch von allein eventuell gar nicht gekommen wäre. Diese Anwendung von KI beim Entwerfen neuer Produkte nennt man „generatives Design“. Im nachfolgenden Schaubild gibt ein Team aus Designern einem KI-Programm die gewünschten Parameter des Produkts vor, etwa Material, Maße und Gewicht. Das Computerprogramm kombiniert nun die vorgegebenen Parameter und gibt innerhalb von Minuten mögliche Gestaltungen und Entwürfe aus. Die Entscheidung, welches Design weiterverfolgt, getestet und schließlich produziert werden soll, bleibt jedoch in der Hand von Menschen.

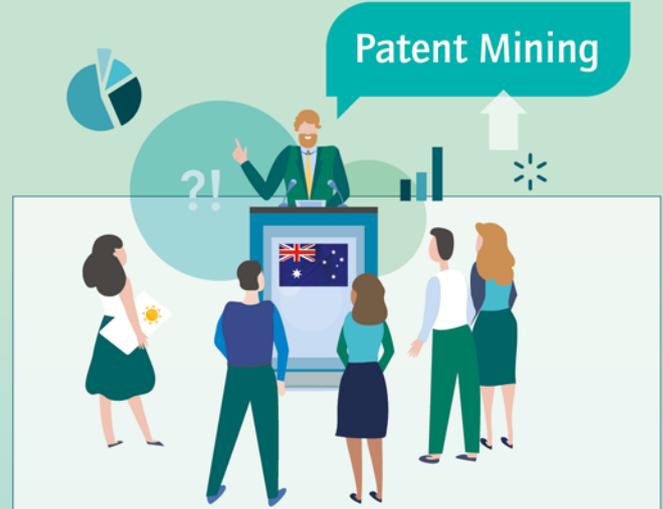
*„Der vollautomatisierte Roboter ist ein falsches Bild von KI. Realistisch ist dagegen die Zusammenarbeit von Menschen und Robotern.“*



# Patent Mining: Schwimmende Solaranlagen



Frau Sonne leitet ein mittelständisches Unternehmen, das klassische Solaranlagen herstellt. Sie kann aufgrund des internationalen Wettbewerbs ihre Firma kaum noch über Wasser halten. Sie muss daher nach innovativen Lösungen suchen und ein Produkt anbieten, das es noch nicht auf dem Markt gibt. Doch wie lässt sich das finden?



Frau Sonne hört auf einer internationalen Konferenz in Australien zufällig von einem neuen Trend, dem sogenannten Patent Mining: Das Durchforsten von Patenten, die technische Innovationen vor Nachahmung schützen, soll als Inspiration dienen, um zukünftige Technologietrends zu erfassen.

Mithilfe von Patent Mining kann Frau Sonne ...



... sich viel schneller einen Überblick über aktuelle Technologietrends verschaffen und Marktlücken entdecken.



... Geld einsparen, da ihre Teams viel weniger Arbeitszeit aufwenden müssen.



Die neue Technologie wird tatsächlich in anderen Ländern schon pilotweise erprobt, steckt aber erst in den Kinderschuhen. Frau Sonne hat also eine Marktlücke in Deutschland entdeckt.



# Generatives Design für ein Elektro-Motorrad



Eine Herstellerin von Elektro-Motorrädern möchte das Gewicht ihrer Motorräder verringern, um einerseits Material zu sparen und andererseits den Energieverbrauch des Motorrads zu verringern.



Die Herstellerin identifiziert ein Bauteil des Motorrads, an dem sie Gewicht sparen möchte: Den Schwingarm, der das Hinterrad mit dem Motorradrahmen verbindet.



Ein Designerteam gibt in ein KI-Designprogramm die Spezifikationen des Schwingarms ein, zum Beispiel Maße, Gewicht und Material. Zudem gibt das Team dem Programm das Ziel vor, das Gewicht des Schwingarms um 15 Prozent zu verringern.

Mithilfe des generativen Designs kann die Motorradherstellerin ...

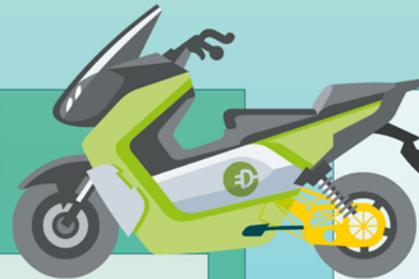


... neue Ideen viel schneller umsetzen.



... Geld und Zeit sparen, indem sie fehlerhafte Designs vermeidet.

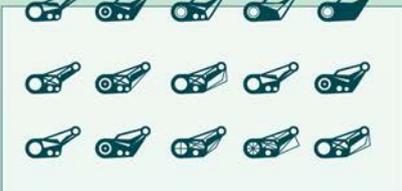
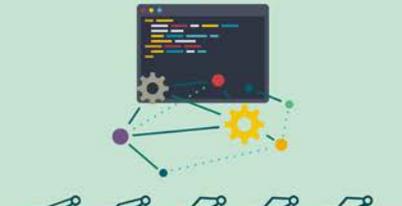
... einen Wettbewerbsvorteil genießen, da ihre Motorräder leichter sind und auf längeren Strecken Energie sparen. Das ist zusätzlich gut für die Umwelt.



Das unkonventionelle Design des Schwingarms, das vom KI-Programm vorgeschlagen wurde, wird mit einem Metall-3D-Drucker gedruckt.



Die Designerinnen und Designer teilen darüber hinaus dem KI-Programm mit, wie der Schwingarm mit den anderen Teilen des Motorrads verbunden werden muss.



Das KI-Programm spielt nun mit diesen Spezifikationen alle möglichen Designs durch. Das sind in diesem Fall mehrere Hundert Möglichkeiten, die in wenigen Minuten erstellt werden. Das Desigerteam hätte ohne das KI-Programm lediglich drei bis vier unterschiedliche Designs entworfen und dafür mehrere Wochen gebraucht.



Anschließend führt das Programm virtuelle Tests durch, um die Widerstandsfähigkeit des Schwingarms zu prüfen. Dabei beachtet es auch, welchem Druck oder welcher Hitze der Schwingarm in der weiteren Verarbeitung standhalten muss.



Dadurch müssen nicht erst mehrere Designs produziert und getestet werden, wie es normalerweise ohne KI-Unterstützung der Fall ist. Das spart Kosten und Material.



Das KI-Programm gibt die besten Designentwürfe aus, anschließend erfolgt die Auswertung durch das Desigerteam. Die Fachleute treffen letztlich die finale Auswahl des Designs. Sie werden durch die Informationen des KI-Programms unterstützt und können so bessere Entscheidungen treffen.



Das ausgewählte Design übersteigt sogar das vorgegebene Ziel und spart nicht nur 15, sondern gleich 18 Prozent des Gewichts ein.

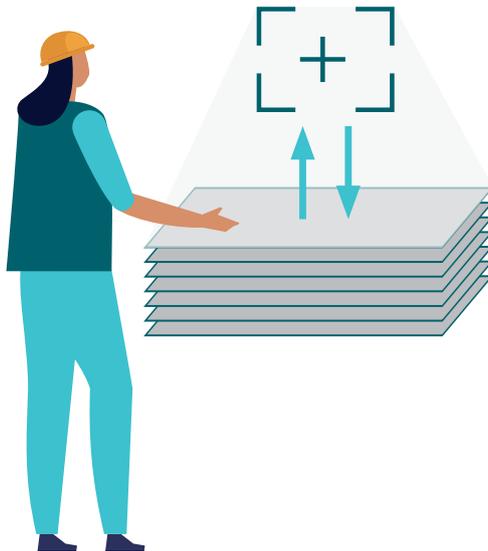
## 2.3 Digitaler Assistent in der Metallverarbeitung

Sogenannte KI-gestützte Assistenten – kurz: digitale Assistenten – sind bereits seit einigen Jahren in unserem Alltag sehr präsent: Wir nutzen sie in unseren Smartphones oder in Form von intelligenten Lautsprechern in vielen Haushalten. Sie können beispielsweise Fragen beantworten, Musik einschalten und Online-Bestellungen ausführen. Auch in der Industrie sind solche Assistenz-Systeme sehr nützlich.

Das nachfolgende Schaubild zeigt den realen Anwendungsfall eines mittelständischen Unternehmens, das gemeinsam mit Hochschulen und Forschungsinstituten einen digitalen Assistenten entwickelt hat, der die Belegschaft bei ihren Tätigkeiten unterstützt. Der Assistent basiert auf einem KI-System, das in der Lage ist, vom Wissensstand einzelner Beschäftigter zu „lernen“

und zur richtigen Zeit am richtigen Ort anderen Beschäftigten die benötigten Informationen zu liefern. Auf diese Weise können Unternehmen heute schon weniger qualifizierten und unerfahrenen Beschäftigten ermöglichen, mit besser ausgebildeten mitzuhalten. Letztlich entscheiden aber immer Menschen darüber, welche Konsequenzen die Informationen des KI-Assistenten haben sollen.

*„Ohne Mensch wird es in der Produktion nicht laufen. Der Mensch ist nach wie vor das flexibelste System.“*



► Schaubild Seite 28/29

## 2.4 KI als Problemlöser für Lager und Transport

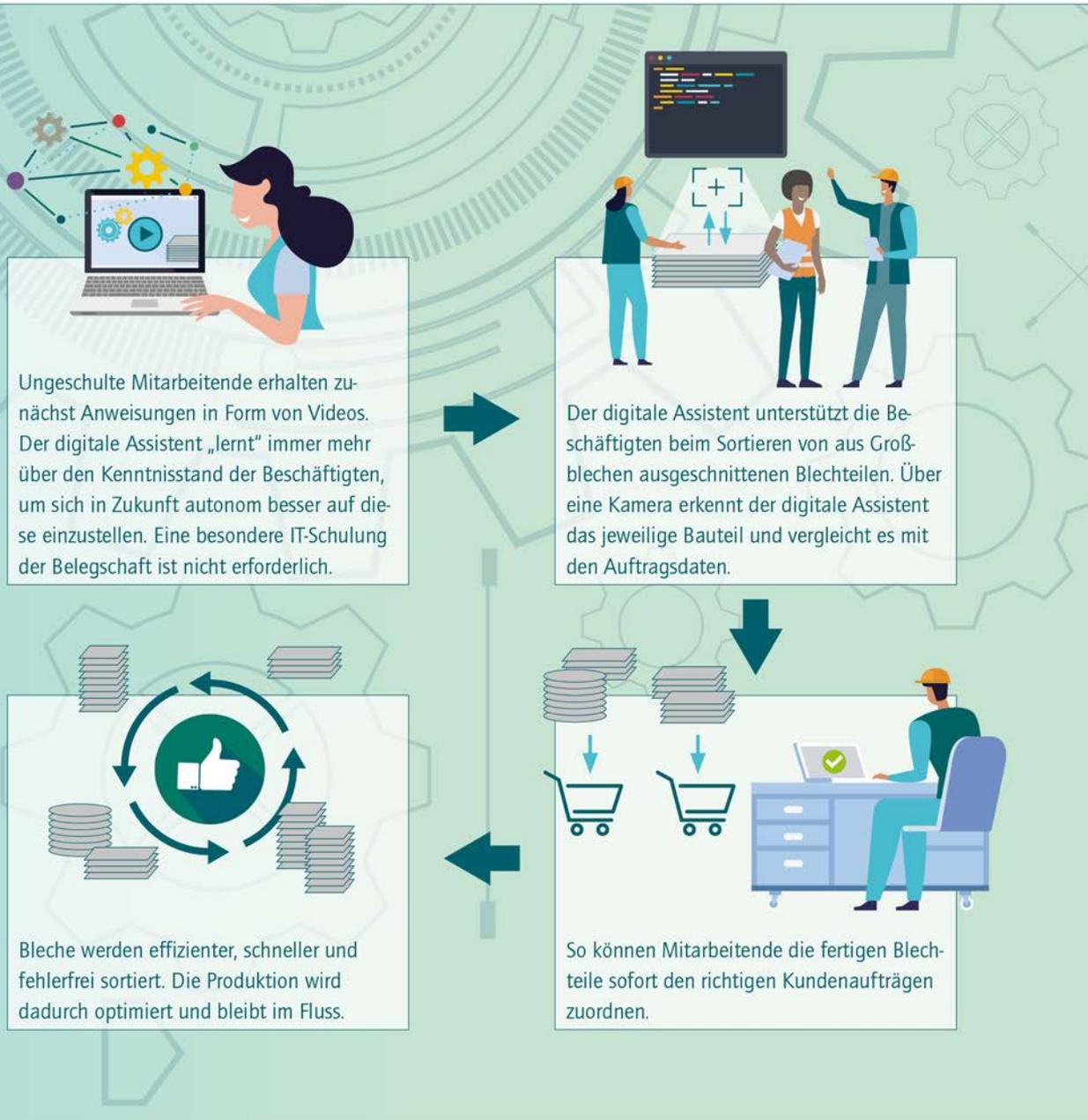
Die Hälfte der Lastwagen, die auf deutschen Straßen unterwegs sind, fahren leer.<sup>[14]</sup> Das ist nicht nur sehr ineffizient, sondern auch schädlich für Mensch und Umwelt. Das folgende Schaubild zeigt, wie KI-Verfahren dabei helfen können, kurzfristige Kundenbestellungen und Stornierungen in Echtzeit zu erfassen, Fahrten zu optimieren und innerhalb kürzester Zeit Hunderte bis Tausende neuer Routen für Transporte zu ermitteln. Hier würde auch das geschickteste Logistikteam an seine Grenzen stoßen. So kann die Kundschaft mit pünktlichen Lieferungen rechnen und Transportunternehmen sparen Zeit und Geld.



► Schaubild Seite 30/31

# Digitaler Assistent in der Metallverarbeitung





# KI als Problemlöser für Lager und Transport



Ein Logistik- und Transportunternehmen, das eine große Flotte in Europa betreibt, steht zunehmend vor der Herausforderung, Ladungen und Kapazitäten im Minutentakt neu anzupassen: Es kommt immer wieder vor, dass ein Kunde Touren kurzfristig storniert. Das bringt das ganze Transportnetzwerk durcheinander.

Das Personal stößt an seine Grenzen: Es muss blitzschnell auf die neuen Bedingungen reagieren und Routen ändern, damit möglichst wenig unrentable Leerfahrten entstehen.

Mithilfe des KI-Routenplaners kann das Logistikunternehmen ...



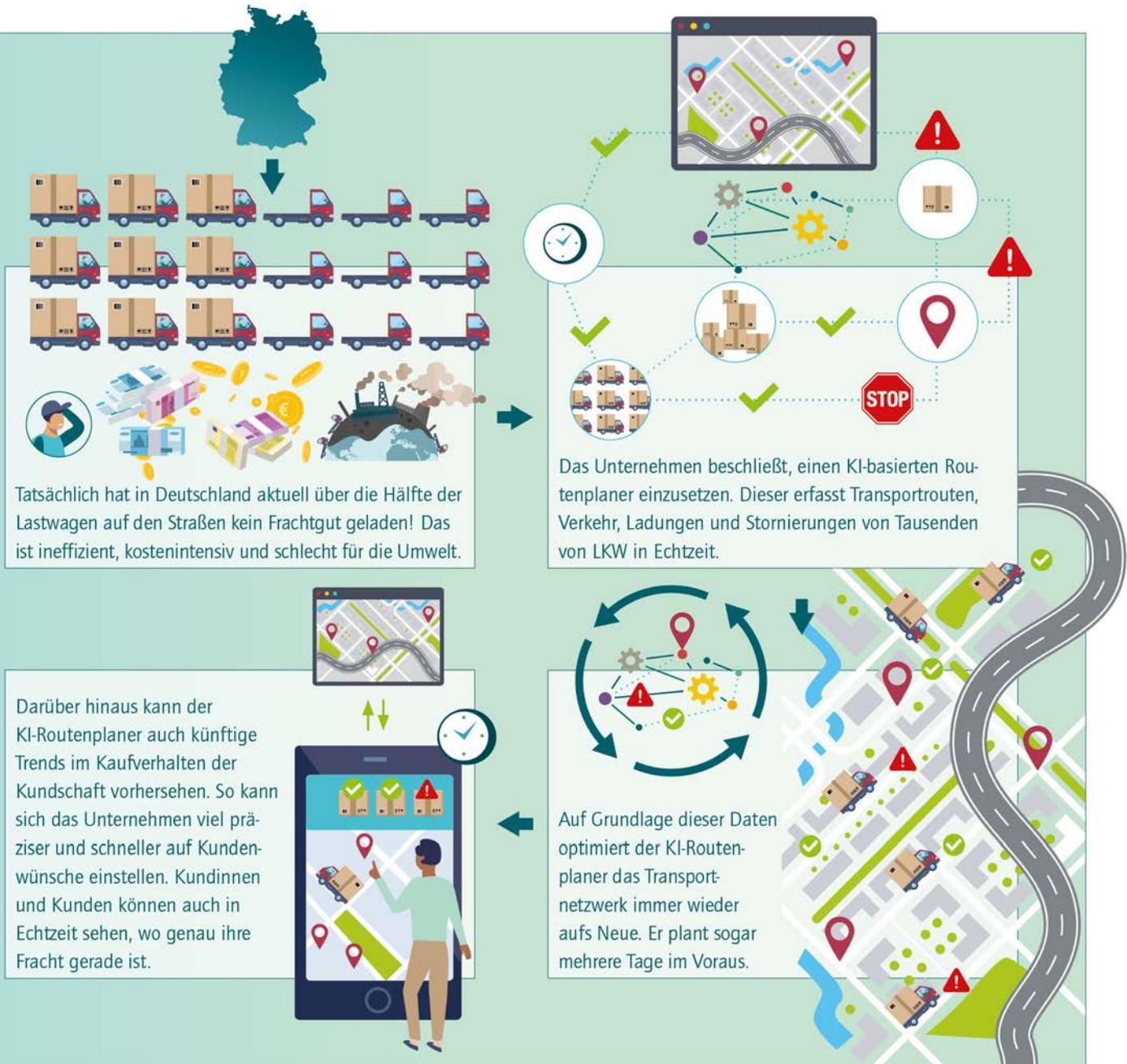
... in Echtzeit die Ladung und Routen seiner LKW optimieren und pünktlich liefern. Dadurch bietet es einen besseren Kundenservice.



... die Umwelt schonen, indem es vermeidet, dass seine LKW leer auf den Straßen fahren und den Verkehr belasten.

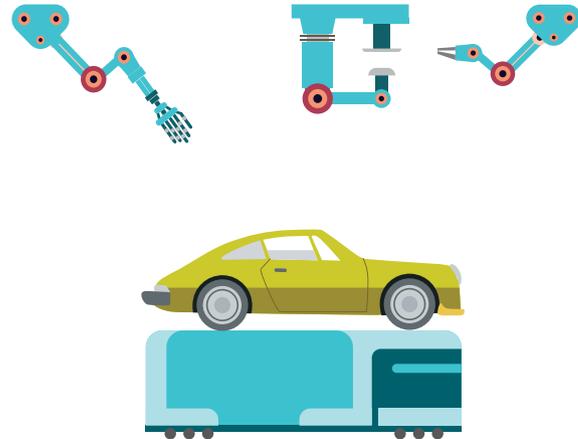


... seine Angestellten entlasten, insbesondere die LKW-Fahrer, die nicht ständig unvorhergesehene Routen fahren müssen und nun pünktlich zum Wochenende zu Hause sind.



## 2.5 Smarte Logistik: Produktion in Modulen

Maßgeschneiderte Autos per Knopfdruck sind längst keine Science-Fiction mehr. Deutsche Unternehmen erforschen und testen die sogenannte Produktion in Modulen, bei der in Zukunft kundenindividuelle Autos flexibel und schnell bestellt und geliefert werden können. Auch der Zeitaufwand der Produktion soll erheblich sinken und somit deutschen Unternehmen helfen, sich weltweit an der Spitze zu halten. Das nächste Schaubild zeigt, wie die Produktion in Modulen im Vergleich zum bisherigen Fließband die gesamte Fertigung eines Autos revolutionieren kann. Auch hier wird der Mensch den Überblick über die Fabrikhalle behalten und mehr Zeit haben, neue Aufgaben zu übernehmen.



► Schaubild Seite 34/35

*„Firmen müssen Mitarbeitende nicht nur mitnehmen, sondern auch wirklich beteiligen. Zielkonflikte müssen wir transparent darstellen, sonst laufen wir in diese Konflikte direkt hinein.“*

## 2.6 Rücklauflogistik: KI und Circular Economy

Immer mehr Rohstoffe werden verbraucht, um mehr Produkte herzustellen und zu konsumieren, die dann wieder entsorgt werden müssen. Wir werfen Produkte bereits nach kurzer Zeit weg und tauschen sie durch neuere Modelle aus, selbst wenn die alten Produkte noch funktionsfähig sind. Ressourcen sind aber endlich. Böden, Meere und die Luft werden schwer belastet.

Genau hier setzt die sogenannte Circular Economy an: Produkte sollen länger nutzbar sein und nach dem Ende ihrer Lebensdauer wiederaufbereitet oder recycelt werden. Hier spricht man auch von „Rücklauflogistik“ und meint die Wiederverwendung von Produkten und Materialien. Das ist nicht nur gut für unsere Umwelt:



► Schaubild Seite 36/37

Die Suche nach innovativen Lösungen ist mit dem Streben nach neuen Geschäftsmodellen verbunden, die Arbeit schaffen. Schätzungen zufolge könnte besonders durch den Einsatz von KI in der Circular Economy allein in Europa bis zum Jahr 2030 ein Nettogewinn von 1,8 Billionen Euro erzielt werden.<sup>[20]</sup> Das Beispiel unseres folgenden Schaubilds zeigt, wie KI diese Zukunftsvision möglich machen kann.

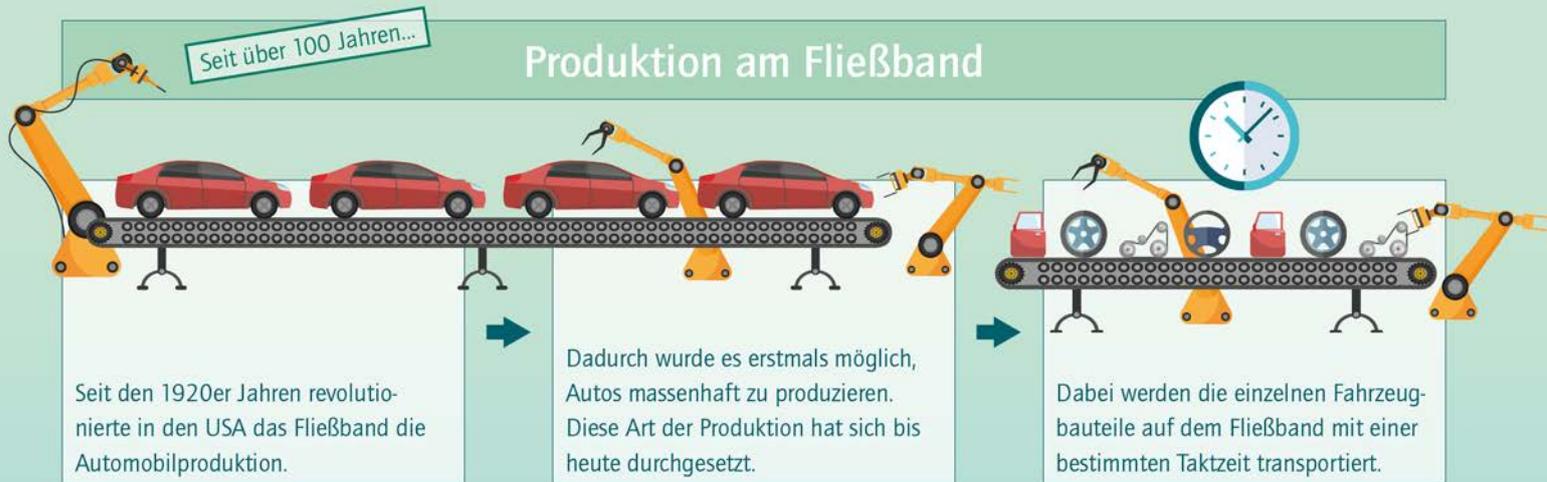
### Circular Economy

*„Das Konzept der Circular Economy zielt darauf ab, menschliches Wohlbefinden und wirtschaftliche Aktivitäten von Umweltschäden zu entkoppeln. Will Deutschland dieses Ziel erreichen, muss sich die Art, wie wir als Gesellschaft produzieren und konsumieren, grundlegend verändern: weg von der „Wegwerfgesellschaft“ beziehungsweise „Wegwerfwirtschaft“. Das Ziel: Ein regeneratives System, in dem wir weniger Ressourcen verbrauchen, weniger Abfall produzieren und den Ausstoß von Treibhausgas-Emissionen verringern.“*

Besuchen Sie die von acatech unterstützte „Circular Economy-Initiative Deutschland“!<sup>[21]</sup>



# Smarte Logistik: Produktion in Modulen



# Produktion in Modulen

Was sich in den letzten zwei Jahren abspielt ...



Heutzutage haben Kunden immer speziellere Sonderwünsche: Jedes Auto soll so individuell sein wie ein Maßanzug.



Zudem wird es technologisch immer komplexer, Fahrzeuge herzustellen.



Im Zeitalter der „vierten industriellen Revolution“ müssen sich die Automobilhersteller an diese Anforderungen anpassen.



Das bedeutet, die Fertigung komplett umzudenken und völlig neu zu organisieren.



Jedes Modul übernimmt eine spezifische Aufgabe, etwa Bohren, Pressen oder Montieren.



Anstelle des Fließbands richtet der Automobilhersteller in seiner Fabrik unterschiedliche Module ein.



In den Modulen ist eine KI-Software eingebaut. So kommunizieren Module in Echtzeit miteinander und stimmen die Abläufe mit den Nachbarmodulen ab.



Das Fahrzeug fährt auf Transportrobotern diejenigen Module an, die eine niedrige Auslastung haben. Das nennt man „smarte Logistik“.



Je nach Kundenwunsch werden Module hinzugefügt oder weggelassen. Die Produktion ist wandlungsfähig und flexibel. Hat eine Kundin in Afrika etwa keine Sitzheizung bestellt, entfällt dieses Modul.



So kann der Automobilhersteller ...



... besser auf individuelle Kundenwünsche eingehen.



... die Produktion schneller und profitabler machen.

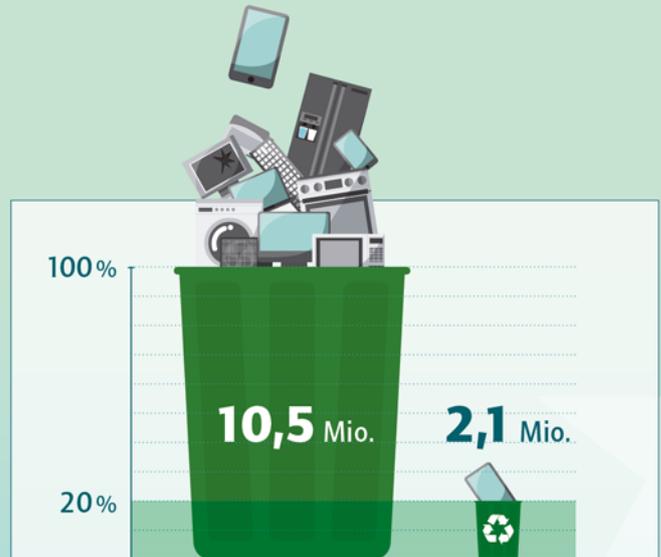


... Einzelstücke massenhaft produzieren.

# Rücklauflogistik: KI und Circular Economy



Ob Smartphones, Computer, Fernseher oder Haushaltsgeräte: Wir Endkunden tauschen Elektronikprodukte bereits nach kurzer Zeit aus. Was ausgedient hat, landet meist im Müll.



Weltweit fallen jährlich 10,5 Millionen Tonnen Elektroschrott an. Lediglich 20 Prozent davon werden recycelt oder repariert. Hier spricht man auch von Rücklauflogistik.

Die Schnittstelle zwischen Circular Economy und KI steckt noch in den Kinderschuhen. Es gibt derzeit erste Ansätze; das Potenzial ist lange nicht ausgeschöpft. Dadurch könnten wir in Zukunft ...

... natürliche Ressourcen einsparen.

... mehr Innovation vorantreiben.

... unsere Umwelt besser schützen.

... neue Jobs schaffen.

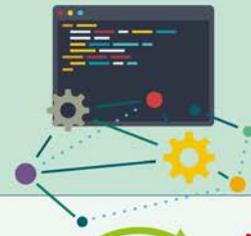
... wirtschaftliches Wachstum erreichen. Allein in Europa hat Circular Economy das Potenzial, bis zum Jahr 2030 einen Nettogewinn von 1,8 Billionen Euro zu erzielen.



Selbst neuwertige Güter, ganze Kühlschränke, Wasch- und Spülmaschinen, Handys, Tablets, Matratzen und Möbel, werden massenhaft vernichtet, wenn Kundinnen und Kunden nach ihrer Bestellung mit den Produkten nicht zufrieden sind.



Das Wegwerfen statt Recyceln von Elektronikabfällen führt zu einem Verlust an Energie und Ressourcen und hat schwere Konsequenzen für die Umwelt.



Dabei könnten viele weggeworfene oder retournierte Produkte repariert und wiederverkauft werden. KI kann das Recycling und Wiederaufbereiten von gebrauchten Gütern unterstützen.



-80%  
CO<sub>2</sub>

Verglichen mit der Produktion verbraucht die Wiederaufbereitung nur 10 Prozent an Energie und Rohstoffen und stößt 80 Prozent weniger CO<sub>2</sub> aus.

Nach der Sortierung durch das KI-System werden die Altgeräte entweder recycelt oder wiederaufbereitet. Auch hier unterstützen KI-basierte Roboter Menschen dabei, die Geräte auseinanderzubauen und wieder funktionsfähig zu machen.

Dieser Sortierungsprozess wird heute noch manuell von Menschen vorgenommen und ist sehr kosten- und zeitaufwendig. Deshalb ist es oft wirtschaftlicher, selbst funktionsfähige Geräte wegzuworfen.

Mithilfe von Sensoren und Kameras kann ein KI-System kosmetische Fehler und Anomalien der Produkte schneller und präziser erkennen als das menschliche Auge. Es sortiert die Geräte entsprechend ihrem Potenzial und macht konkrete Vorschläge, zum Beispiel eine defekte Komponente auszutauschen oder die Materialien zu neuen Komponenten zu verarbeiten.

## 2.7 Qualitätskontrolle in einer Automobilfabrik

KI-Technologie unterstützt deutsche Großunternehmen und Mittelständler bereits in der Qualitätskontrolle. Hier vergleicht ein Computerprogramm Bilder von einzelnen Produktionsteilen während des Produktionsprozesses in Echtzeit miteinander. Bei herkömmlichen Qualitätskontrollen wurden Produktionsteile erst im Nachhinein kontrolliert, wenn der Schaden oft schon entstanden war. Das KI-Programm kann hingegen in Millisekunden Hunderte von Bildern analysieren und frühzeitig warnen, wenn unerwünschte Abweichungen auftauchen. So schnell, präzise und ausdauernd kann das selbst die erfahrenste Fachkraft nicht.

### Industrie 4.0

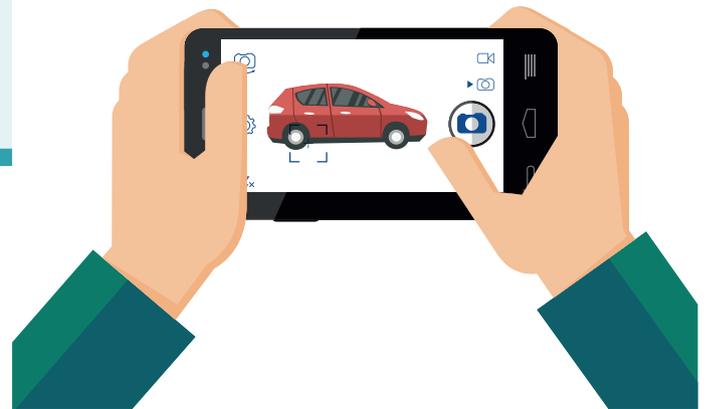
Die Plattform Industrie 4.0 hat sechs unterschiedliche Autonomie-Stufen erarbeitet, die die Rolle des Menschen in Bezug auf den Grad an Autonomie von KI-Systemen beschreiben.

Besuchen Sie hierzu das Technologie-szenario „Künstliche Intelligenz in der Industrie 4.0“.



Das nächste Schaubild basiert auf einer realen Anwendung eines deutschen Automobilherstellers und zeigt, wie KI-Technologie die Beschäftigten der Fabrik unterstützt und entlastet.

*„KI ist keine Zauberei,  
es steckt einfach nur  
Software-Know-how  
dahinter.“*



► Schaubild Seite 40/41



► Schaubild Seite 42/43

## 2.8 Vorausschauende Wartung im Flugzeugbau

Die vorausschauende Wartung, auch unter dem Begriff „Predictive Maintenance“ bekannt, ist eine weitere KI-Anwendung, die in deutschen Unternehmen vermehrt zum Einsatz kommt. Auch hier handelt es sich um nichts weiter als ein KI-Computerprogramm, das zum Ziel hat, rechtzeitig Alarm zu schlagen, sobald eine Maschine von ihrem Normalzustand abweicht.

Am Beispiel Flugzeugbau zeigt das nächste Schaubild einen Vergleich zwischen klassischer und vorausschauender Wartung von Produktionsanlagen. Bei einer klassischen Wartung können sehr erfahrene technische Fachkräfte am Klang einer Maschine

eventuell hören, ob diese gut funktioniert. In der Praxis hat jedoch niemand die Zeit, für seine Maschine rund um die Uhr „ganz Ohr“ zu sein.<sup>[25]</sup> Eine Wartungskraft kann lediglich auf Ausfälle reagieren, diese aber nicht vorhersagen. Bei der vorausschauenden Wartung hingegen überwacht ein KI-Programm ununterbrochen über Sensoren die Anlage. Es erkennt sofort, wenn etwas nicht stimmt und warnt, sobald eine Anomalie auftritt, bevor die Maschine kaputtgeht. Auch hier ersetzt die KI-Anwendung nicht die technische Fachkraft. Der Mensch trifft weiterhin die Entscheidung, wie er das Problem beheben möchte.

*„KI übernimmt heute bereits monotone und auch gefährliche Tätigkeiten, die früher der Mensch machen musste. Fachkräfte sind heute mit Prozessoptimierung beschäftigt; die Arbeit hat sich verlagert.“*

# Qualitätskontrolle in einer Automobilfabrik



Ein deutscher Automobilhersteller beschließt, ein KI-Computerprogramm in der Serienproduktion einzusetzen.



Zunächst benötigt er eine mobile Kamera. Dazu reicht eine ganz normale Standardkamera. Damit sollen Mitarbeitende nun Bauteile sowie das gesamte Fahrzeug aus unterschiedlichen Perspektiven fotografieren.



So ermittelt es in Echtzeit Abweichungen und prüft beispielsweise, ob etwa die Bauteile an der richtigen Stelle montiert sind.



Das KI-Programm ist für die laufende Produktion bereit: Mithilfe von Live-Bildern aus der Produktionshalle wertet es Bauteile aus und gleicht sie in Millisekunden mit Hunderten gespeicherten Bildern der gleichen Sequenz ab.

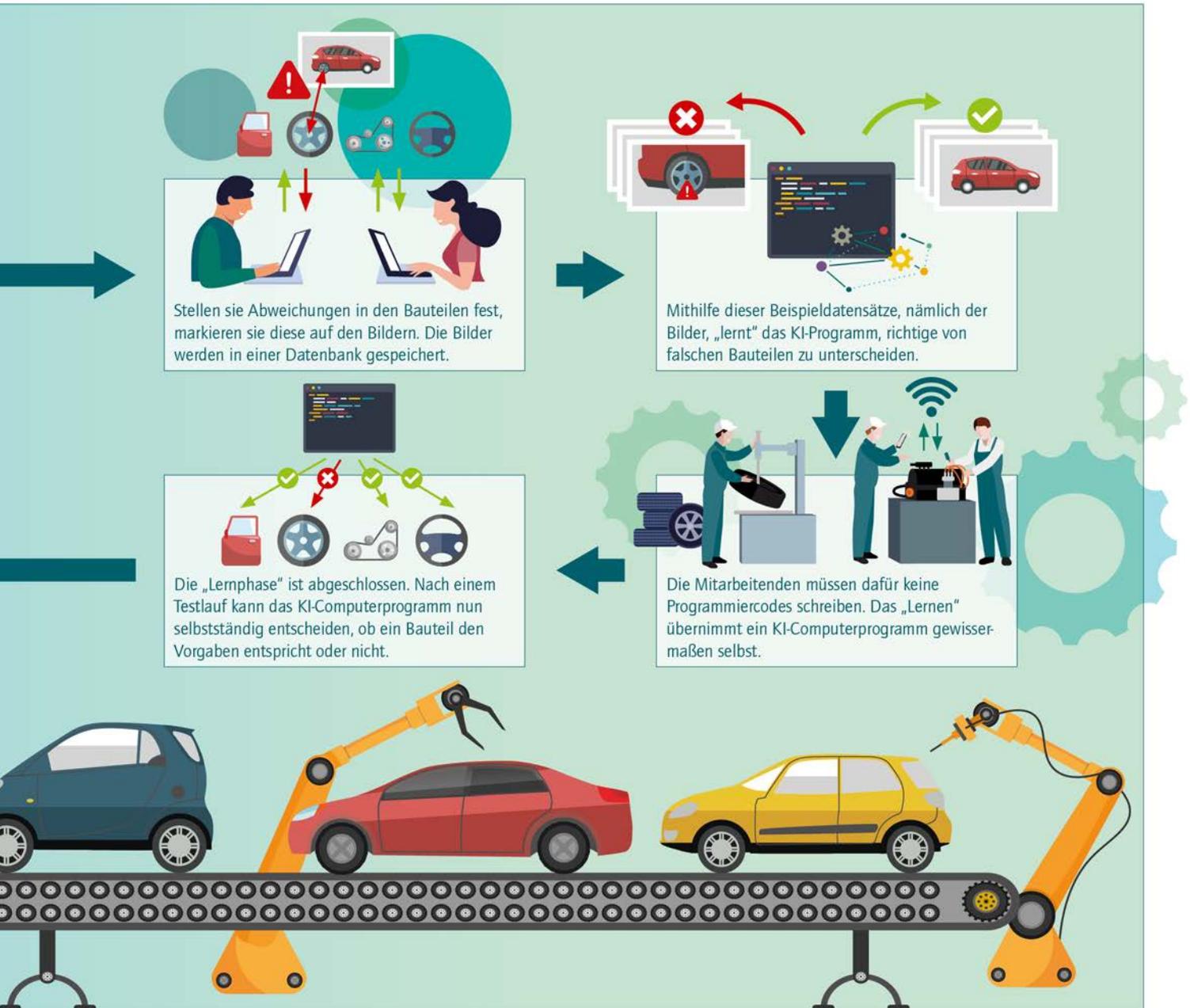


Darüber hinaus erkennt das KI-Programm auch, ob das Warndreieck an der richtigen Stelle im Kofferraum liegt oder die Kappe am Scheibenwischer richtig montiert ist. Es entlastet auf diese Weise die Mitarbeitenden bei wiederkehrenden Aufgaben.



In der Endkontrolle vergleicht das KI-Programm die Bestelldaten eines Fahrzeugs mit dem Live-Bild des frisch produzierten Autos. Weichen Live-Bild und Orderdaten voneinander ab, erhalten die Mitarbeitenden einen Hinweis.





# Vorausschauende Wartung im Flugzeugbau



## Vorausschauende Wartung

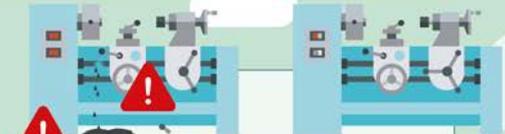
**Nuevo**



Der Flugzeughersteller Nuevo beschließt, für die Wartung seiner Produktionsanlage ein KI-Programm einzuführen.



Zunächst stattet der Hersteller seine Anlagen mit Sensoren aus, die unter anderem die Vibration, Feuchtigkeit und Temperatur messen, sammeln und auswerten.



Mithilfe dieser Sensordaten „lernt“ das KI-Programm, eine funktionierende von einer defekten Anlage zu unterscheiden.



Somit können die Mitarbeitenden defekte Bauteile austauschen, bevor der Schaden entsteht.



Nach der Lernphase kommt das KI-Programm in der Produktionsanlage zum Einsatz: Es überwacht nun in Echtzeit die Sensordaten und schlägt frühzeitig Alarm, wenn eine Komponente ausfällt.



Die KI ist nichts anderes als ein Computerprogramm, das mehrere Tausend Beispieldaten miteinander vergleicht. Je umfangreicher, diverser und qualitativ hochwertiger die Datenbasis ist, desto besser lernt das KI-Programm.

Der Flugzeughersteller...

... vermeidet ungeplante Anlagenausfälle; die Kundschaft wird pünktlich beliefert.



... verbessert durch die analysierten Daten die Leistung seiner Produktionsanlagen.



... erzielt eine höhere Produktivität und Kostenersparnis: Er wartet seine Anlagen nur, wenn es nötig ist.

## 2.9 Umweltbewusst und energieeffizient im Maschinenbau

Der Klimawandel stellt aktuell ein großes Problem für unsere Umwelt dar. Verursacher ist neben Verkehr, Landwirtschaft und Haushalten zweifelsohne auch die Industrie. Hier gibt es bereits erste KI-Lösungen, die den Energieverbrauch von industriellen Anlagen optimieren und somit die Umweltbelastung reduzieren. Das folgende Beispiel zeigt, wie KI-Technologie in naher Zukunft zu Umweltschutz, Kostenersparnis und nicht zuletzt zu einer höheren Lebensqualität beitragen kann.



► Schaubild Seite 46/47

### Industrie 4.0 Landkarte

Wenn Sie wissen möchten, welche Anwendungsbeispiele für KI-Lösungen in der Industrie es in Deutschland bereits gibt, besuchen Sie die „Industrie 4.0 Landkarte“<sup>[29]</sup> des Forschungsbeirats Industrie 4.0. Industrieunternehmen haben hier über 370 Anwendungsbeispiele veröffentlicht, die bereits heute realisiert und getestet werden. Damit bietet die „Plattform Industrie 4.0“ die umfangreichste und bekannteste Sammlung in der Praxis realisierter Industrie-4.0-Anwendungen.



*„KI ist heute eine Technologie, um sehr spezialisierte Werkzeuge zu bauen, die bestimmte Dinge tun. In diesem spezifischen Bereich kann sie ‚lernen‘, aber eben nicht über den breiten Bereich der Intelligenz, wie wir sie definieren, wenn wir vom Menschen ausgehen. KI kann heute nur dünne Bretter bohren.“*

## 2.10 Zukunftsvision für den Einsatz von KI in der industriellen Wertschöpfung

Das erstrebenswerte Zielbild lautet, Deutschland und Europa idealerweise als souveräne Global Player für den Einsatz von KI zu etablieren. Am ehesten gelingt dies, wenn Deutschland und Europa für Lösungen stehen, die ein Gleichgewicht zwischen Mensch, Technik und Staat anstreben (► [siehe Kasten „Balance von Mensch, Technik und Staat“](#)).

Der Einsatz von KI in Wertschöpfungsketten hilft, diesem Ziel näher zu kommen: KI kann bisher unentdeckte Wertschöpfungspotenziale erschließen, zu mehr Innovation, Beschäftigung und Wohlstand beitragen und Beschäftigte bei der Arbeit erheblich entlasten. Unternehmen sollten mit dem Einsatz von KI-Technologie die Optimierung aller Wertschöpfungsschritte in ihrer Gesamtheit anstreben. Vor der Einführung von KI in Produktions- und Unternehmensprozesse müssen jedoch zunächst die Menschen, insbesondere die Beschäftigten, miteinbezogen und aufgeklärt werden. Denn ein Gleichgewicht zwischen Gesellschaft und Technik wird dann erreicht, wenn die Gesellschaft KI als Technologie auch allgemein akzeptiert. Es gilt also, die wirtschaftlichen Chancen von KI zu nutzen und dabei den Menschen im Mittelpunkt zu betrachten. Ein solches Selbstverständnis kann deutschen und europäischen Unternehmen auch international zum Erfolg verhelfen.

### Balance von Mensch, Technik und Staat

*„Im Bereich der Rahmenbedingungen für die Industrie-4.0-Wirtschaft in Deutschland im Jahr 2030 ist [das] Szenario [...] Balance von Mensch, Technik und Staat als Basis für den Erfolg am wahrscheinlichsten und erstrebenswert [...]. Um resultierende Chancen zu nutzen und Gefahren abzuwenden, sollten die folgenden Stoßrichtungen verfolgt werden:*

- 1. Akzeptanz fördern,**
- 2. Kompetenzen ausbauen,**
- 3. Innovationssystem verbessern,**
- 4. Kollaboration ermöglichen, Geschäftsmodelle gestalten**
- und 5. Kompetenzen vermarkten, Marke pflegen.“**

Wenn Sie wissen möchten, wo sich Deutschland auf dem Weg zu diesem Zielbild befindet, besuchen Sie die Studie „Industrie 4.0: Internationaler Benchmark, Zukunftsoptionen und Handlungsempfehlungen für die Produktionsforschung“.<sup>[30]</sup>



# Umweltbewusst und energieeffizient im Maschinenbau



Ein mittelständisches Maschinenbauunternehmen beschließt, eine KI-Anwendung in seiner Fabrik einzuführen. Es möchte nachhaltig und ressourcenschonend produzieren.

An illustration showing a piggy bank with gold coins falling from it, and three people (a woman and two men) holding green leaves and a lightbulb, symbolizing environmental and social goals.

Zum einen will es den Energieverbrauch seiner Fabrik reduzieren und Kosten einsparen.

Zum anderen will es mit einer emissionsarmen Produktion die Lebens- und Arbeitsqualität für die Beschäftigten verbessern.

So kann das Maschinenbauunternehmen ...



... Ineffizienzen in der Beleuchtung lokalisieren und Energie sparen, wo sie nicht sinnvoll benötigt wird.



... kaputte Anlagen rechtzeitig identifizieren, die zu viel Energie verbrauchen.



... Gebäudetechnik und Maschinen auf den geringstmöglichen Ressourcenverbrauch trimmen. Das ist für Mensch und Umwelt gut.





Zunächst installiert es in seiner Fabrik Sensoren, die unter anderem den Energieverbrauch messen. Diese Daten wandern direkt in die Cloud.



Ein Computerprogramm, das auf KI basiert, analysiert nun die Messdaten und zeigt an, welche Anlagen zu welcher Uhrzeit wie viel Energie verbrauchen. Das Programm schlägt daraufhin vor, an welchen Stellen und durch welche Maßnahmen sich Einsparungspotenziale ergeben.



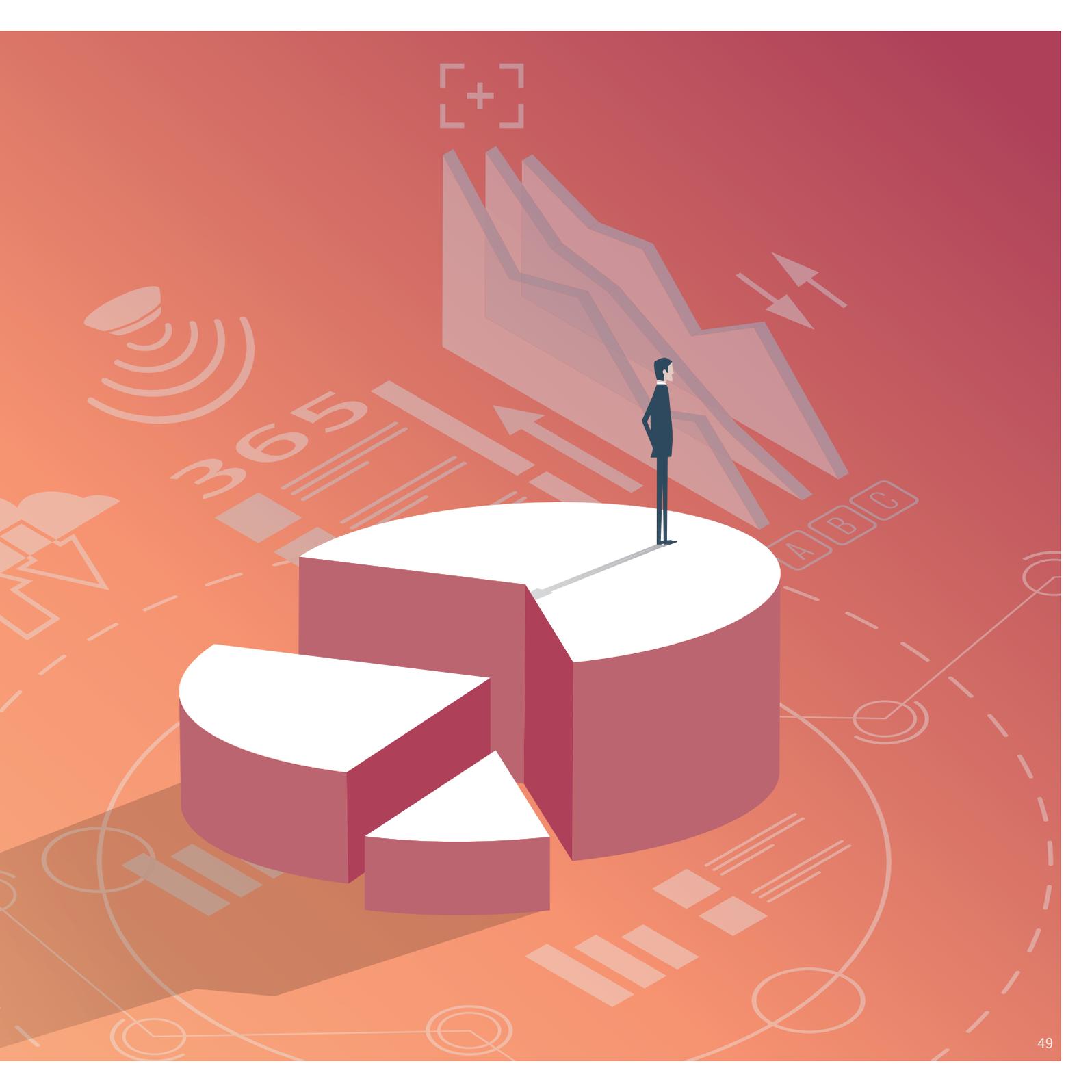
Darüber hinaus kann das KI-Programm über weitere Sensoren auch Lärm, Abgas, Abfall, CO<sub>2</sub>-Ausstoß, Wasser und Abwasser messen und Optimierungen vorschlagen, die das Maschinenbauunternehmen nun umsetzen kann.

# 3

## KI in Deutschland und im internationalen Vergleich

---

Wie schlägt sich Deutschland im globalen KI-Wettbewerb? Was tragen deutsche Unternehmen, unsere Gründerkultur und unsere Forschungsinstitute bei? Steht Deutschland so schlecht oder gut da, wie häufig gesagt wird? Was machen andere Länder anders? Das folgende Kapitel verschafft einen ersten Einblick in die deutsche KI-Landschaft im internationalen Vergleich. ►



## 3.1 Wie gut sind Deutschlands Unternehmen in Sachen KI aufgestellt?

Die öffentliche Meinung über die Position Deutschlands im internationalen KI-Wettbewerb kann durchaus verwirren: Entweder wird behauptet, wir wären gut aufgestellt – oder das genaue Gegenteil. Die Sichtweise der Skeptiker: Es findet ein internationales Wettrennen statt, in dem die deutschen Unternehmen nicht genug tun und viel zu langsam agieren.

Die nachfolgende Weltkarte (Seite 52/53) zeigt die globale KI-Startup-Landschaft, gewissermaßen den Gründergeist der Nationen in Sachen KI. Hier zeigen sich einige klare Trends: Die USA haben mit fast 2.400 Start-ups einen gigantischen Vorsprung, auch wenn man Bevölkerungszahl und Landesfläche nicht mit Deutschland vergleichen kann. Gerade deshalb lohnt es sich, auf Israel zu schauen: Das Land zählt mit nur einem Zehntel der deutschen Bevölkerung mehr KI-Start-ups als Deutschland.

Immerhin lässt sich festhalten, dass sich in Deutschland bereits viel bewegt hat: In den vergangenen zehn Jahren haben Investoren ganze 1,2 Milliarden Euro in deutsche KI-Start-ups gesteckt. Aber ist das genug? Allein in den vergangenen zwei Jahren hat ein einziges chinesisches Start-up 2,2 Milliarden Euro an Investitionen erhalten<sup>[33]</sup> und die Stadt Shanghai kündigte an, 13 Milliarden Euro in die Entwicklungen seiner KI-Industrie stecken zu wollen.<sup>[34]</sup>

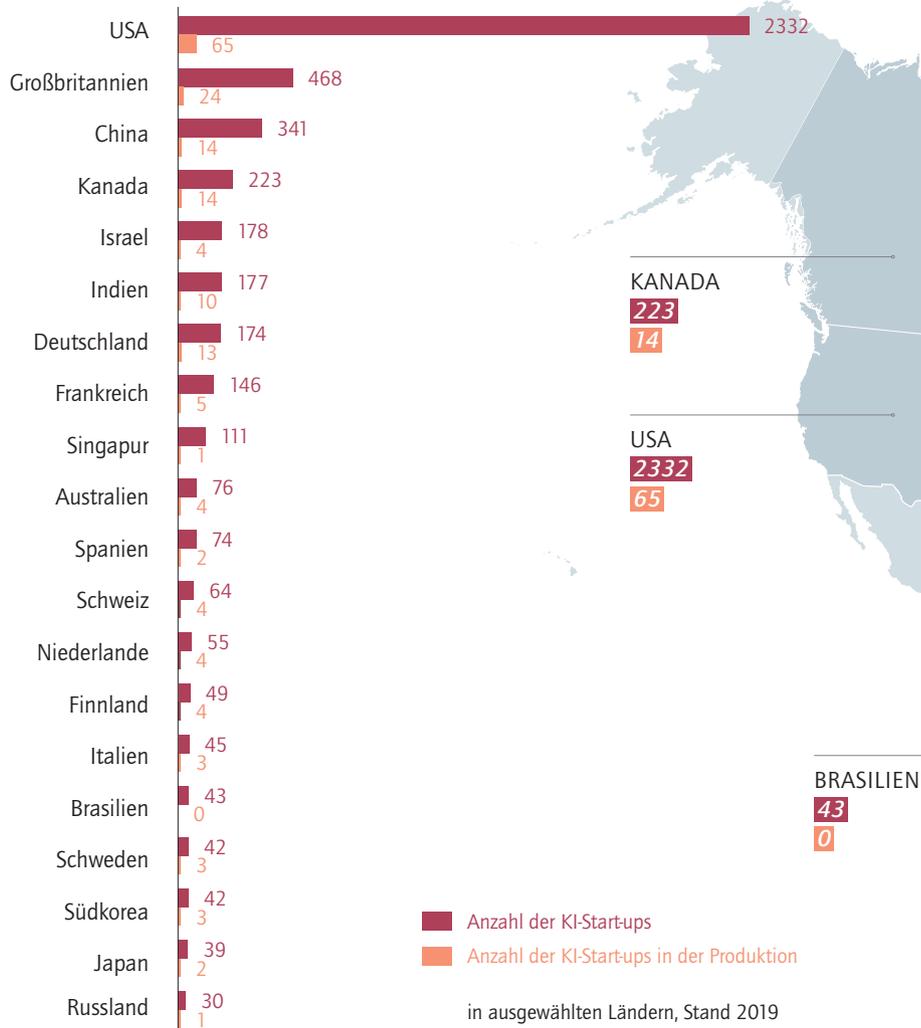
*„Wir müssen in Deutschland souverän bleiben und Standards setzen. Wir dürfen nicht in eine Sandwich-Position zwischen USA und China geraten.“*

Auch die nachfolgende Weltkarte (Seite 54/55) lässt erkennen, dass in Deutschland nicht nur in puncto KI-Start-ups noch Luft nach oben ist: In der zugrundeliegenden internationalen Vergleichsstudie gaben 15 Prozent der befragten deutschen Unternehmen an, dass sie bereits mit mehr als einer KI-Anwendung arbeiten. Damit liegen wir jedoch nur etwa im Durchschnitt der produzierenden Industrieländer, deren Unternehmen für diese Studie befragt wurden. In China arbeiten 23 Prozent und in den USA 25 Prozent der befragten Unternehmen bereits mit mehr als einer KI-Anwendung. Immerhin planen fast drei Viertel der befragten deutschen Unternehmen, in den nächsten drei Jahren eine KI-Anwendung einzuführen.

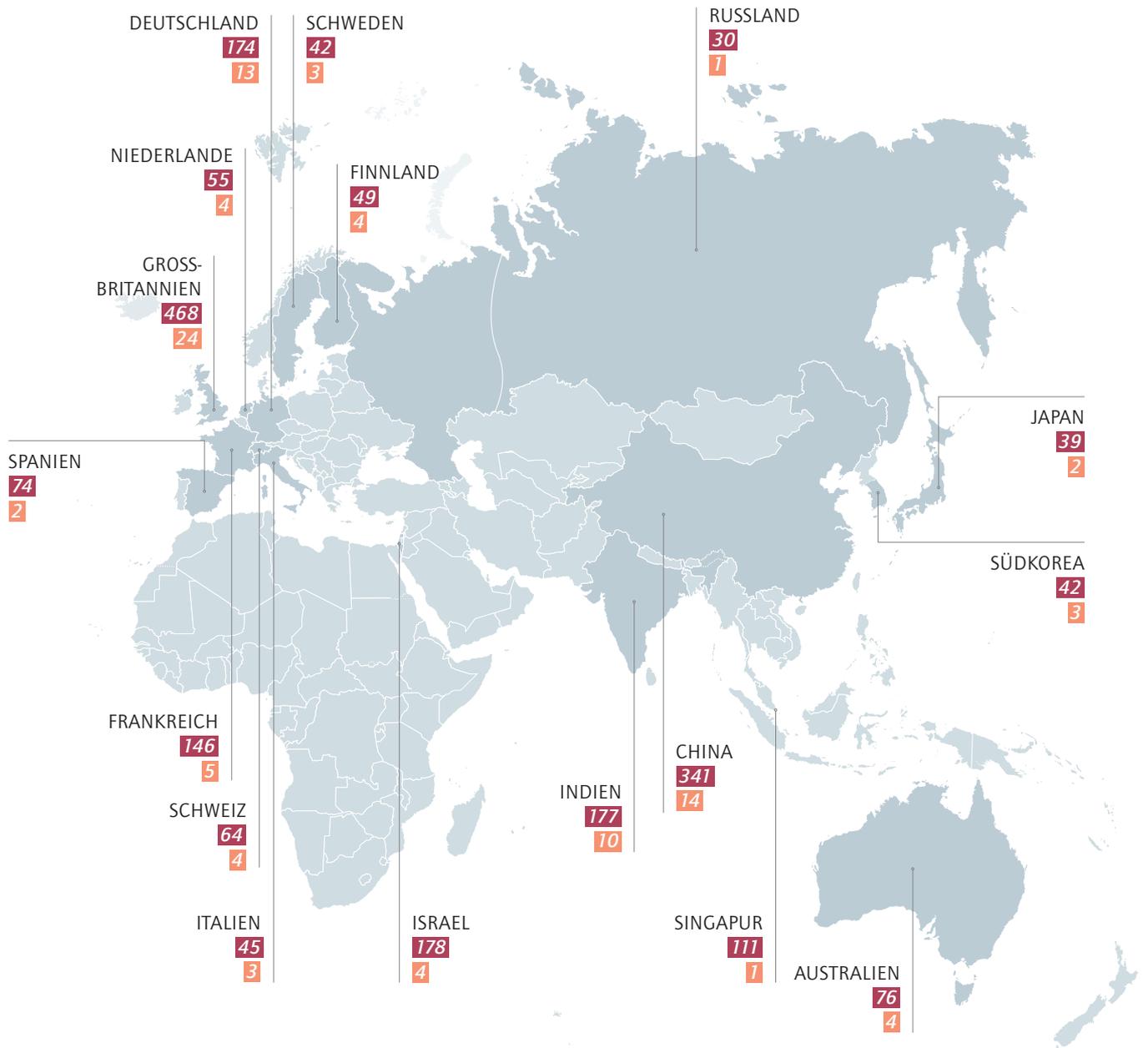
*„Uns fehlt in Deutschland ein ‚Sense of Urgency‘ für die Wichtigkeit von KI für unser Wirtschaftswachstum.“*



# KI-Start-ups im internationalen Vergleich

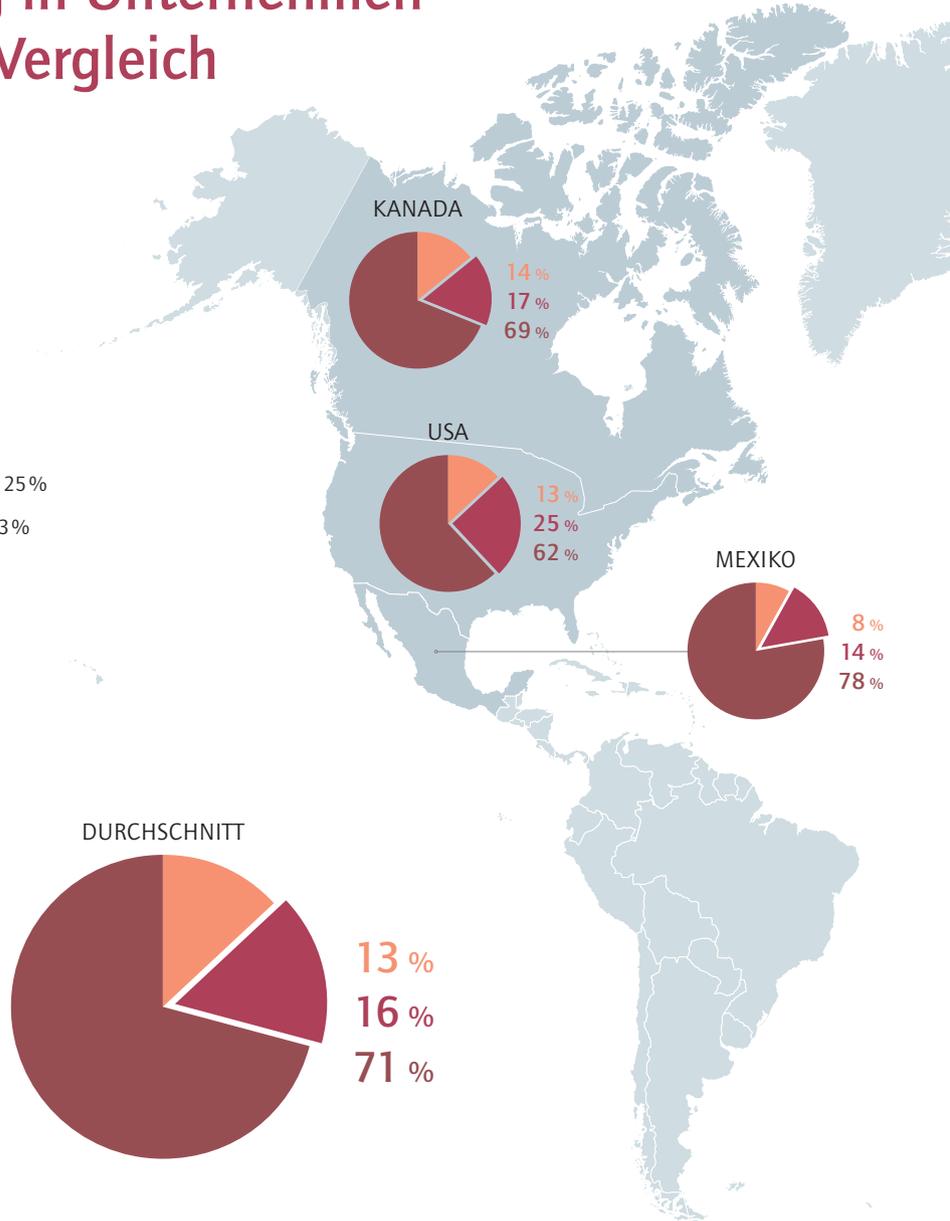
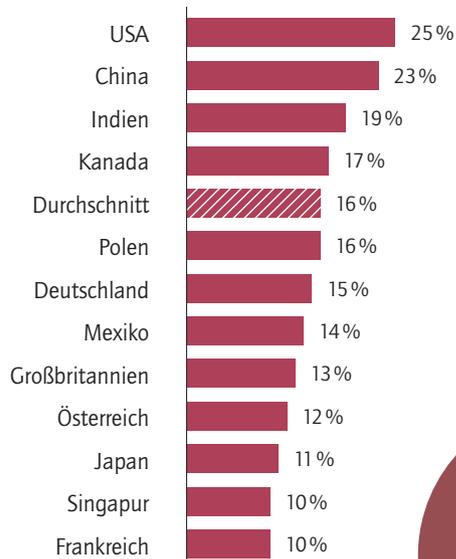


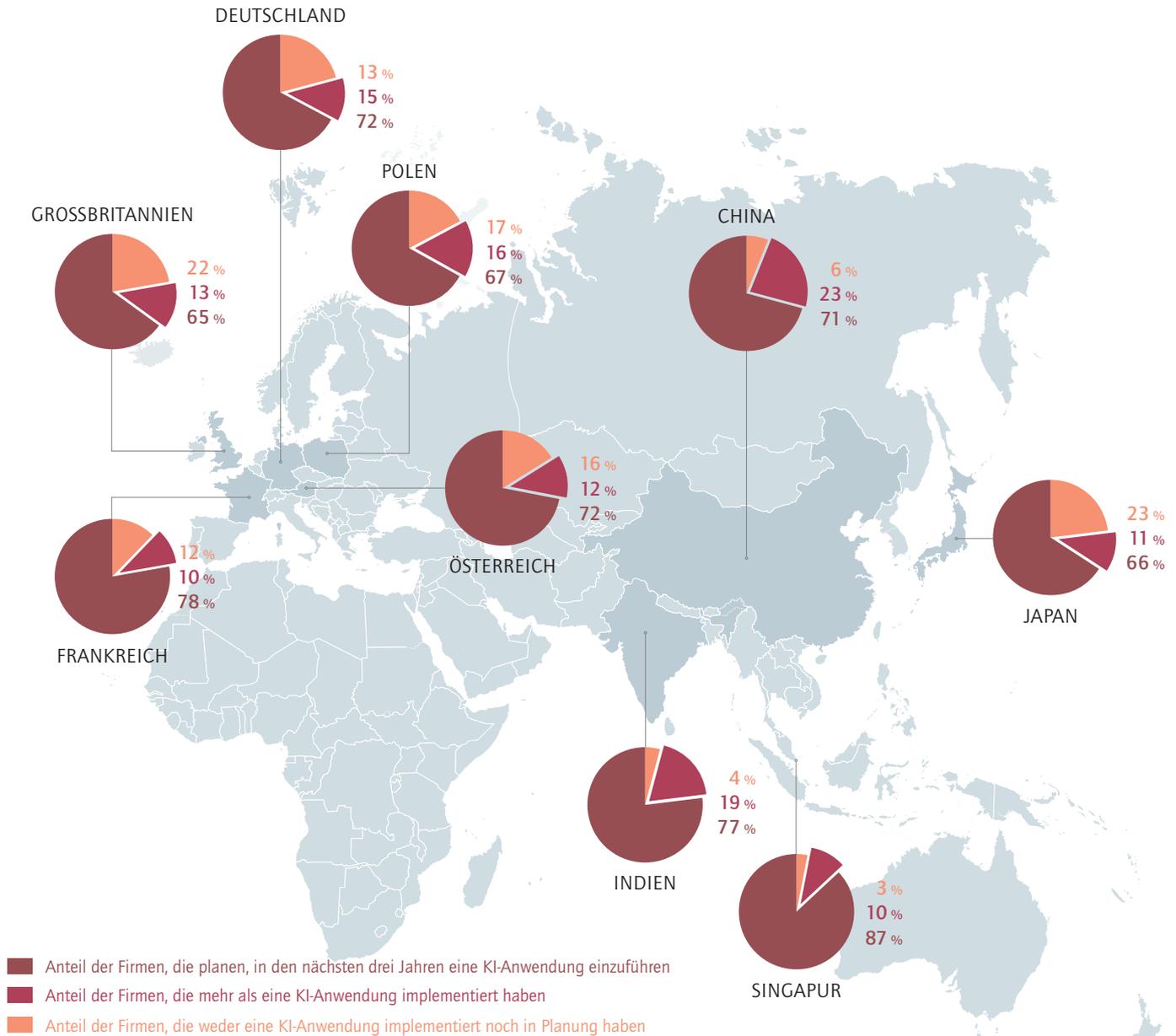
Quelle: Eigene Darstellung nach Crunchbase 2019 [35]. Was ein „KI-Startup“ ist, wird unterschiedlich definiert, deshalb fallen die Zahlen je nach Quelle sehr verschieden aus. So hat etwa die appliedAI Initiative für Deutschland über 1000 Start-ups gescreent und darunter die Top 247 KI-Startups für Deutschland ermittelt (Stand März 2020). [36]



# KI-Implementierung in Unternehmen im internationalen Vergleich

Anteil der Firmen, die mehr als eine KI-Anwendung implementiert haben





in ausgewählten Ländern, Stand 2018

## 3.2 Deutsche KI-Forschung und ihr globaler Fußabdruck



Möchte man wissen, wie aktiv ein Land Forschung zu bestimmten Themen betreibt, ist die Anzahl der wissenschaftlichen Publikationen ein guter Indikator: Die nachfolgende Weltkarte (Seite 58/59) der publikationsstärksten Länder zeigt, dass Deutschland – wenn auch weit hinter China und den USA – weltweit auf Platz fünf und europaweit hinter Großbritannien auf Platz zwei steht. Schaut man sich an, wie oft nationale KI-Publikationen zitiert werden, so lag Deutschland im Jahr 2018 sogar weltweit auf Platz drei.<sup>[38]</sup> Man kann also durchaus sagen: Deutschland spielt in der Topliga der KI-Forschung mit.

*„Wir haben bislang nur 5 Prozent der KI-Forschung erschlossen. Wir haben noch keine Ahnung, was alles möglich ist. Das Rennen hat begonnen. Der größte Fehler wäre jetzt, nicht weiterzulaufen.“*

*„Wir brauchen die Spitzenforschung, um die Nase vorne zu haben.“*



## 3.3 Internationales Schlaglicht: Kanada

„Der Erfolg beginnt immer mit den Menschen“, erklärte der kanadische Handelsminister im Gespräch mit österreichischen Journalisten. „Immigration führt zu Kreativität und Diversität und Investitionen folgen talentierten Leuten.“<sup>[40]</sup> Mit dieser Haltung sind die kanadischen Städte Montreal und Toronto zu Zentren der anwendungsorientierten KI-Forschung geworden. Spitzenforscherinnen und -forscher aus der ganzen Welt werden rekrutiert, um an Universitäten und unabhängigen Forschungsinstituten an den Themen zu arbeiten, die für Fachleute weltweit spannend sind. Kulturelle Vielfalt wird hier nicht nur akzeptiert, sondern gerade als Quelle des Erfolgs betrachtet. Bereits heute kommt über die Hälfte der Bevölkerung Torontos aus dem Ausland. Zwischen 2019 und 2021 plant Kanada, jährlich bis zu 350.000 Immigranten ins Land zu holen<sup>[39]</sup>: Von Afghanistan, dem Nahen Osten bis hin zu China werden die besten IT- und KI-Köpfe mit attraktiven Angeboten, Visumsmöglichkeiten und Gesundheitsversorgung umgarnt.<sup>[40]</sup>

Gleichzeitig setzt die kanadische KI-Förderung auf öffentlich-private Partnerschaften. Das erhöht nicht nur die Investitionen in KI, sondern schafft ein Ökosystem, in dem das Wissen der Forschung mithilfe von Inkubatoren, Mentoring-Programmen und Start-up-Förderung in wirtschaftlich erfolgreiche Produkte umgewandelt wird. Daraus sind in den vergangenen Jahren bereits mehrere Hundert junge Unternehmen entstanden, die KI-Lösungen entwickeln. Der Erfolg ist so groß, dass mittlerweile nahezu alle großen US-Konzerne in Kanada Forschungseinrichtungen unterhalten.

Kanada ist sicherlich nicht das einzige positive Beispiel, wie ein Land eine KI-Strategie nicht nur auf dem Papier formuliert, sondern auch dezidiert vorantreibt. Doch Kanada steht, genauso wie Deutschland und Europa, für eine Wertevorstellung, die den Menschen im Zentrum der Technologie sieht, und kann deshalb für uns in besonderem Maße als Vorbild dienen.

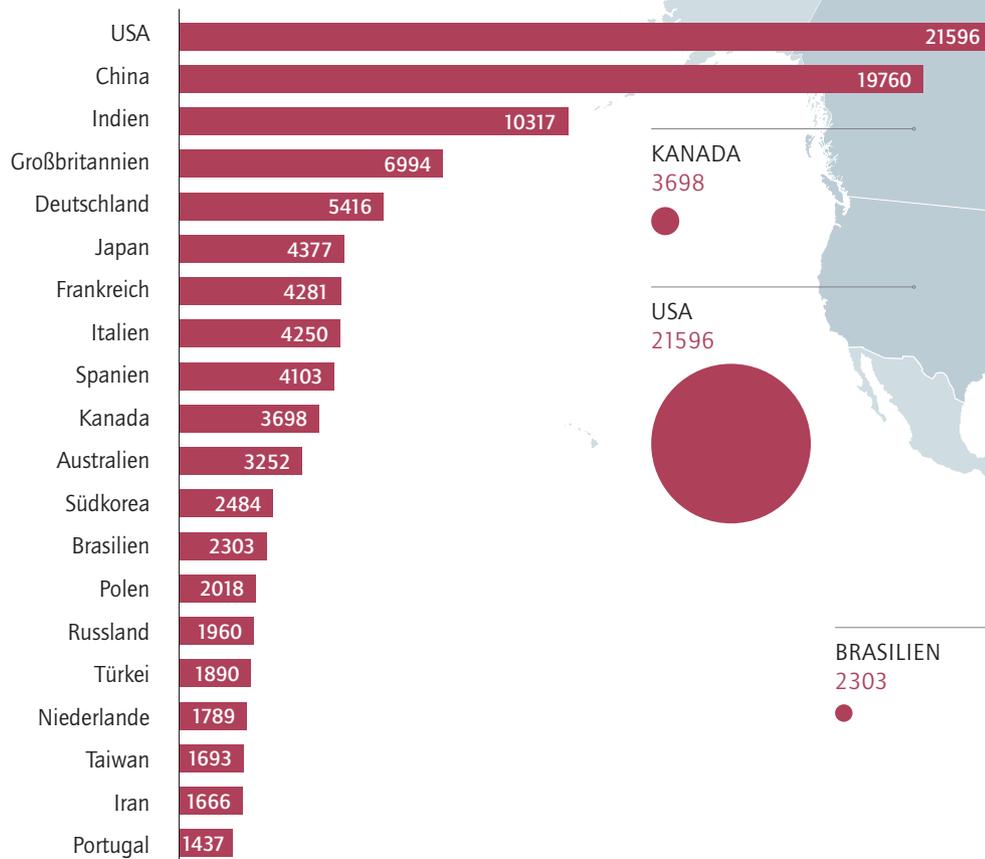
*„In Montreal ist das Interesse zu kooperieren unheimlich groß. Diesen Spirit vermissen wir in der deutschen KI-Strategie. Sie ist sehr formell. Hierzulande sind Industrie und Forschung zwei Welten.“*

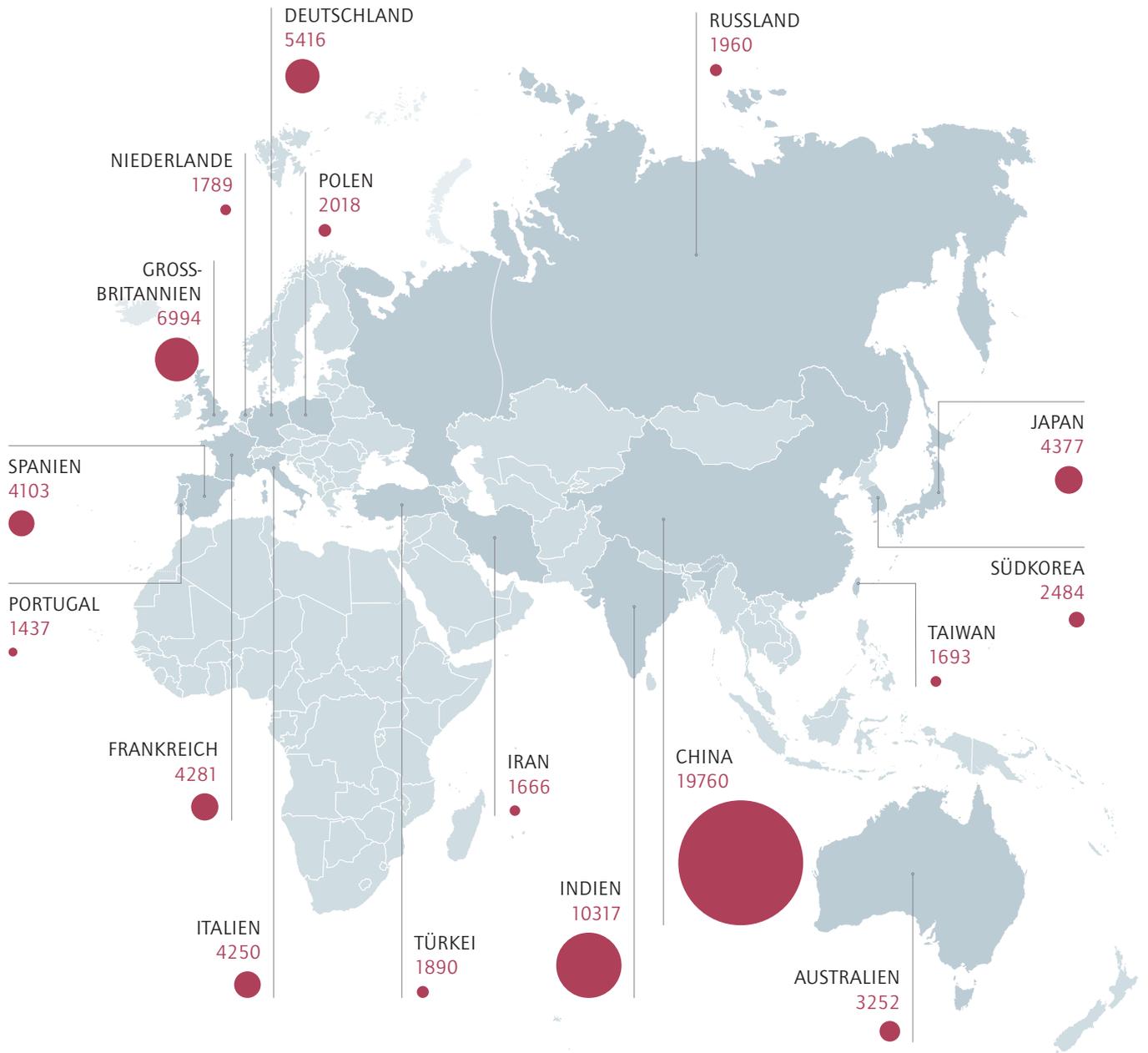


# KI-Publikationen im internationalen Vergleich

## Top 20 der publikationsstärksten Länder weltweit

(Anzahl der Publikationen pro Land, im Zeitraum von 2015 bis 2019)





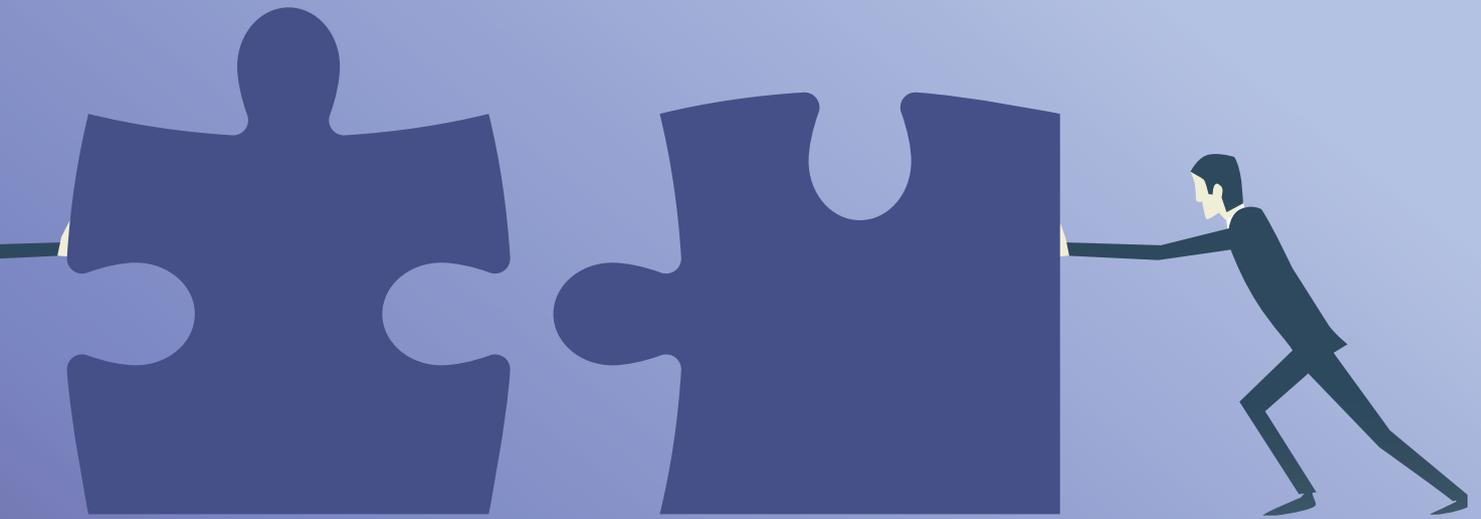
# 4

## Handlungsfelder und Gestaltungsoptionen

---



Deutsche Forschungseinrichtungen mischen in der globalen KI-Spitzenforschung mit. Innovationen schnell in die Praxis bringen und dadurch Wertschöpfung für die Industrie erzeugen – das können andere Nationen jedoch noch besser. Nicht zuletzt spielt das gesellschaftliche Umfeld hier eine bedeutende Rolle: Denn nur, wenn die Bevölkerung den technologischen Fortschritt akzeptiert, kann ein Land wirklich innovativ sein. Was Unternehmen, Forschung, Politik und Gesellschaft an dieser Stelle tun können, erfahren Sie auf den folgenden Seiten. ►



## 4.1 Mit KI mehr Wertschöpfung für die Industrie

### Der Mittelstand: Segen oder Sorgenkind der deutschen Wirtschaft?

Angela Merkel äußerte beim Tag der Deutschen Industrie 2019 ihre Besorgnis<sup>[42]</sup>, dass „in der deutschen Wirtschaft die Bereitschaft, disruptive Wege zu gehen und neue Herangehensweisen zu wählen, ein bisschen gebremst werden könnte, weil man heute ja noch ganz gut dasteht“. Die Bundeskanzlerin ist mit ihrer Sichtweise nicht allein – sie wird landesweit von renommierten Expertinnen und Experten geteilt: Zwar sind deutsche Industrieunternehmen, vor allem große Firmen, noch im KI-Rennen dabei, der Abstand zwischen Deutschland einerseits und den USA und China andererseits ist allerdings heute schon groß (► siehe Kapitel 3.1).

Laut einer Studie, für die rund Tausend deutsche Industrieunternehmen befragt wurden, können sich nur 6 Prozent als Technologieführer bezeichnen. Nahezu die Hälfte der Unternehmen sind dagegen wenig bis gar nicht innovativ. Besonders der Mittelstand droht, ins Hintertreffen zu geraten.<sup>[42]</sup> Was ist zu tun?

*„Wir denken noch in Silos. Erst das Denken in gesamten Wertschöpfungsketten wird KI erfolgreich machen.“*

### Probleme mit KI?

Deutsche Firmen haben bei der Einführung von KI-Lösungen ganz unterschiedliche Ausgangssituationen: Manche kennen KI bisher nur als Schlagwort, können aber nichts damit anfangen. Andere haben die Potenziale von KI-Technologie zwar erkannt, wissen aber nicht, wo sie ansetzen sollen. Und wieder andere planen die Einführung von KI-Lösungen, tun sich aber noch schwer mit der Umsetzung. Schließlich kommt hinzu, dass die IT-Abteilungen innerhalb der Unternehmen oft nicht über das nötige Know-how verfügen.

*„Wissenschaftlich sind wir gut. Beim industriellen Nutzen befinden wir uns in einer gefährlichen Wohlfühlphase.“*

## Ein pragmatischer Ansatz in vier Schritten

### ERSTENS

#### Sich nicht auf alten Erfolgen ausruhen – über KI informieren und sensibilisieren

Über 99 Prozent aller Unternehmen in Deutschland sind Mittelständler – eine gewaltige Zahl. Sie stellen nahezu 60 Prozent aller Arbeitsplätze und erwirtschaften über die Hälfte der Wertschöpfung. Aber: Der Erfolg von gestern und heute ist gleichzeitig die größte Gefahr für morgen. Denn Technologien, darunter KI als eine vielversprechende Schlüsseltechnologie, entwickeln sich rasant. Firmen müssen KI als sogenannte Schrittmachertechnologie verstehen, nämlich als Technologie, die die Spielregeln von morgen vorgeben wird. Sich jetzt zurückzulehnen und mit alten Erfolgsrezepten den geschaffenen Wohlstand halten zu wollen, ist gefährlich. In Ländern wie China oder den USA sind Unternehmen weniger traditionsbewusst und daher eher bereit, Risiken einzugehen und Neues auszuprobieren. Diese Realität zu erkennen, muss der erste Schritt zur Lösung sein.

Schätzungen zufolge könnte KI bis zum Jahr 2030 das Bruttoinlandsprodukt in Deutschland um 11,3 Prozent steigern, was einer Wertschöpfung um 430 Milliarden Euro entspricht.<sup>[43]</sup> Dennoch: Wird KI als Technologie zu sehr gehypt und blind gefördert, kann die Enttäuschung groß sein. Es gilt also: Unternehmen und ihre Führungskräfte müssen zunächst verstehen, was KI kann und wo ihre Grenzen liegen, damit keine falschen Erwartungen an den Einsatz von KI geknüpft werden.

*„Deutsche Mittelständler denken manchmal konservativ und sind bei Investitionen zurückhaltend. Es muss uns gelingen, die Masse der Unternehmen zu bewegen.“*

### ZWEITENS

#### Einstiegshürden überwinden, KI testweise erproben

Mittelständler müssen für die Einführung von KI-Anwendungen große Hindernisse überwinden: Die finanziellen Investitionen sind hoch, KI-Fachkräfte sind auf dem Arbeitsmarkt schwer zu finden und teuer und das Erfassen und Aufbereiten notwendiger Daten kostet wertvolle Zeit und Ressourcen (► siehe Kasten „Daten als Rohstoff der Zukunft“, Seite 66). Hinzu kommt, dass die meisten Firmen derzeit noch nicht absehen können, wie viel Geld sich durch KI-Anwendungen tatsächlich einsparen lässt, und der geldwerte Vorteil bei den bisher implementierten kleinteiligen KI-Lösungen schwer messbar ist. Diese Einstiegshürden gilt es zu erkennen und genau zu analysieren, an welchen Stellen KI gewinnbringend eingesetzt werden kann. An diesen Stellen sollte KI auch testweise in der Anwendung erprobt werden.

*„Wenn wir mit ‚KI Made in Germany‘ auch noch in zwanzig Jahren erfolgreich sein möchten, müssen wir KI heute schon als integralen Bestandteil unserer Wirtschaft betrachten.“*

### DRITTENS

#### **Anwendungen schnell implementieren, kontinuierlich investieren**

Sobald eine passende und sinnvolle KI-Lösung identifiziert wurde, gilt es, die Anwendung schnell voranzubringen. Unternehmen sollten nicht unnötig lange warten, sondern die Angst vor dem Scheitern überwinden und sich trauen, Anwendungen voranzutreiben. Die Einführung von KI ist ein evolutionärer Prozess: Unternehmen müssen kontinuierlich in KI-Lösungen investieren und sollten es keinesfalls bei einer einmaligen Investition belassen. Unabdingbar ist ebenso, die Beschäftigten von Beginn an über Veränderungsprozesse aufzuklären und sie einzubinden.

#### **Neue Geschäftsmodelle mit KI**

Wenn Sie konkret wissen möchten, wie Unternehmen KI-Technologie erfolgreich in ihr Geschäft integrieren und auf welche Stolpersteine sie dabei stoßen können, werfen Sie einen Blick in den Bericht „Neue Geschäftsmodelle mit Künstlicher Intelligenz – Zielbilder, Fallbeispiele, Gestaltungsoptionen“ der Plattform Lernende Systeme<sup>[44]</sup>.



### VIERTENS

#### **Top-down und Bottom-up – KI in der gesamten Wertschöpfung**

Möchte eine Firma wirklich erfolgreich mit KI-Technologie sein, muss sie sowohl einen Top-down- als auch einen Bottom-up-Ansatz verfolgen, um KI in der gesamten Wertschöpfungskette einzuführen. Wie sieht das in der Praxis aus? Zunächst sucht man nach ganz konkreten Verbesserungspotenzialen oder Problemen entlang der Wertschöpfungskette, etwa in der Logistik oder im Vertrieb, und setzt gerade an diesen Stellen, sozusagen von unten, KI-Verfahren zur Lösung ein (Bottom-up). Dazu passend müssen gleichzeitig von oben herab (Top-down) die Führungskräfte des Managements das gesamte Projekt vorantreiben, für die notwendigen Strukturen sorgen und das Geschäftsmodell anpassen. Es gilt die Möglichkeiten von KI-Technologie über die Herstellprozesse hinaus ganzheitlich für alle Einsatzbereiche zu überdenken – von der Ideenentstehung bis hin zum Kundenservice.

## 4.2 Ausblick: Deutschland und Europa auf dem Weg zum souveränen Global Player

*„Wir brauchen in Deutschland visionäre Forschungsprojekte mit Industrie und Wissenschaft. Es gibt bereits einzelne gut gemeinte Initiativen. Die Umsetzung vom Papier zur Realität ist hingegen verbesserungswürdig.“*

Wollen wir Deutschland und Europa als souveräne Global Player etablieren, dessen Erfolg darauf fußt, in der technologischen Entwicklung die Interessen von Mensch, Technik und Staat auszugleichen, dann bedeutet das: Forschung, Industrie, Politik und nicht zuletzt die Gesellschaft müssen beteiligt werden, damit sie eine gemeinsame KI-Vision entwickeln. Es gilt sowohl die gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Potenziale von KI-Systemen auszuschöpfen als auch ethische Standards zu berücksichtigen. Wie können die einzelnen Akteure dazu beitragen?

### KI-Forschung und Industrie gemeinsam denken

In der KI-Forschung kann sich Deutschland mit einer beachtlichen Publikationsleistung durchaus blicken lassen (► siehe Kapitel 3.2). Doch wenn es darum geht, aus den Forschungsergebnissen reale Produkte und Dienstleistungen zu machen, mit denen sich auch Geld verdienen lässt, profitieren letztlich US-amerikanische und chinesische Unternehmen viel mehr von ihren Forschungsinstituten als die hiesigen.<sup>[45]</sup>

Wissenschaft und Industrie müssen deshalb ihre Bedarfe besser untereinander abstimmen und viel unkomplizierter und schneller gemeinsame Forschungsprojekte vorantreiben können. Darüber

hinaus sollte Deutschland neben der Förderung der grundlegenden Forschung zur KI insbesondere seine starken industriellen Branchen zu einer unvoreingenommenen KI-Anwendung animieren und sie dabei zielgerichtet unterstützen.

### Interdisziplinäre Forschung ist essenziell

Die gewaltige Aufgabe, KI erfolgreich in die Industrie zu bringen, erfordert eine enge Zusammenarbeit von Informatik und Ingenieurwissenschaften. Wir brauchen in der KI-Forschung und -Anwendung darüber hinaus auch Expertise aus den Rechtswissenschaften, insbesondere dem Patentrecht, sowie der Philosophie, Psychologie und Soziologie, wenn es um die Gestaltung der Arbeit von morgen geht. Das Whitepaper der Plattform Lernende Systeme „Arbeit, Qualifizierung und Mensch-Maschine-Interaktion“ informiert über das Verhältnis von Mensch und Technik in der intelligenten Arbeitswelt der Zukunft.



#### Mehr Informationen:

„Arbeit, Qualifizierung und Mensch-Maschine-Interaktion“

Was Vertreterinnen und Vertreter aus Wissenschaft und Wirtschaft zum Thema KI-Forschung vorschlagen, können Sie in folgenden Publikationen der Plattform Lernende Systeme und des Forschungsbeirats der Plattform Industrie 4.0 nachlesen: „Maschinelles und Tiefes Lernen. Der Motor für ‚KI Made in Germany‘“<sup>[46]</sup> und „Themenfelder Industrie 4.0“.<sup>[3]</sup>



**Mehr Informationen:**

„Maschinelles und Tiefes Lernen.  
Der Motor für ‚KI Made in Germany‘“



**Mehr Informationen:**

„Themenfelder Industrie 4.0“

*„Datensammeln ist kein Selbstzweck. Es gilt: Klasse statt Masse, Smart Data statt Big Data.“*

## Daten als Rohstoff der Zukunft: Smart Data statt Big Data

Wussten Sie, dass Expertenangaben zufolge Firmen, die eine KI-Lösung einführen möchten, über 70 Prozent der Zeit darauf verwenden, die richtigen Daten zu erheben und aufzubereiten? Das trifft sowohl für Mittelständler zu als auch für Großunternehmen. Woran liegt das? In den meisten Unternehmen arbeiten verschiedene IT-Systeme nebeneinander. Firmen wagen es oft nicht, eine komplett neue und einheitliche IT-Architektur einzuführen, weil sie den Stillstand der gesamten Produktion fürchten. Deshalb müssen sie die benötigten Daten aus ihren zahlreichen IT-Systemen zusammenführen, was in der Regel zeitintensiv und nervenaufreibend ist. Erschwerend kommt hinzu, dass viele Unternehmen blind große Datenmengen (Big Data) sammeln, ohne sich vorher zu überlegen, wie sie diese „schlau“ einsetzen können (Smart Data).

Daten sind das A und O in der heutigen digitalen Welt. Wie wertvoll sie sind, zeigt die Rangliste der wertvollsten Unternehmen der Welt (Tabelle Seite 67): Unter den Top 10 stehen sieben Firmen, die ihr Geld hauptsächlich mit Daten verdienen. Unter den Top 100 taucht lediglich ein deutsches Unternehmen auf, dessen Geschäftsmodell ebenfalls auf Daten beruht. Von allen Automobilherstellern der Welt – traditionell eine Wohlsäule der Wirtschaft – hat es nur ein einziger auf diese Liste geschafft.<sup>[47]</sup>

## *„Politiker reflektieren die Ängste ihrer Wähler. Die Angst vor KI müssen wir ihnen nehmen.“*

### Mehr Raum für Risiko und Kreativität

Die Politik sollte sich trauen, auch risikoreiche Forschung zu fördern, deren Erfolg nicht immer im Vorhinein absehbar ist. In Deutschland wird in der Regel an aufeinander aufbauenden Fragen geforscht. Das ist weder für die wissenschaftlichen Talente noch für die Industrie wirklich attraktiv und führt unmittelbar zu

einem Braindrain von Europa in die USA und nach China. Dort haben Forschende ganz andere Möglichkeiten, die von der hiesigen Forschung als zu risikobelastet angesehen werden. Aber erst durch kreative Forschungsarbeit entstehen wirkliche Innovationen, die auch für Unternehmen interessant sind. Und das passiert derzeit zu selten in Europa.

Rang	Unternehmen	Standort	Sektor	Marktkapitalisierung (in Mrd. US-Dollar, Stand März 2019)
1	Microsoft	USA	Technologie	905
2	Apple	USA	Technologie	896
3	Amazon.com	USA	Konsumgüter	875
4	Alphabet	USA	Technologie	817
5	Berkshire Hathaway	USA	Finanzen	494
6	Facebook	USA	Technologie	476
7	Alibaba	Greater China*	Konsumgüter	472
8	Tencent	Greater China*	Technologie	438
9	Johnson & Johnson	USA	Gesundheitswesen	372
10	Exxon Mobil	USA	Öl & Gas	342
...	...	...		...
42	Toyota	Japan	Konsumgüter [Fahrzeuge]	191
...	...	...		...
58	SAP	Deutschland	Technologie	142

\* „Greater China“ umfasst auch Taiwan, Macao und Hong Kong.  
Quelle: PwC 2019 [47]

### Was darf KI und was darf sie nicht?

Auf den ersten Blick scheinen Personendaten und Maschinendaten nichts gemein zu haben. Tatsächlich aber kommen wir in der Produktion sehr schnell an personenbezogene Daten: Sobald eine Maschine nicht mehr die gewohnte Qualität liefert, kann man anhand der Produktionsdaten die Arbeitsschicht feststellen, in der das Problem zum ersten Mal aufgetaucht ist, und dementsprechend ermitteln, wer womöglich das Problem verursacht hat. Gerade aus diesen Bedenken wird KI in Unternehmen oftmals blockiert. Andererseits kann eine Führungskraft auch ohne KI nachvollziehen, wer zu langsam arbeitet oder die Maschine falsch bedient. Für die Umsetzung von KI-Lösungen müssen Unternehmen in jedem Fall den Betriebsrat rechtzeitig informieren und auch die Belegschaft aufklären. Die Europäische Kommission hat übrigens von einer Expertenkommission die „Ethik-Leitlinien für eine vertrauenswürdige KI“<sup>[48]</sup> erarbeiten lassen, die als Orientierung für Unternehmen dienen sollen und unter anderem bei der Entwicklung, Einführung und Nutzung von KI-Systemen das Recht auf Transparenz und Nichtdiskriminierung einfordern.

### Künstliche Intelligenz und Ethik

Wegen ethischer Bedenken stößt KI oftmals in der Bevölkerung auf Ablehnung. Das nächste Schaubild (Seite 70/71) orientiert sich an einem realen Vorkommnis und zeigt, dass Ängste durchaus berechtigt sein können. Tatsächlich kann ein KI-Programm problematische oder diskriminierende Entscheidungen treffen, obwohl KI-Methoden per se weder neutraler noch diskriminierender sind als Menschen: Die Programme werden jedoch mit Daten und Informationen „trainiert“, die Menschen erhoben und aufbereitet haben. Sind in diesen Daten gesellschaftliche Vorurteile oder Verzerrungen enthalten, übernimmt ein KI-Programm diese Vorurteile und es besteht die Gefahr, dass es sie sogar weiter verschärft, da ein KI-System kein moralisches Urteilsvermögen besitzt. Der Mensch muss daher Herr der Entscheidungen bleiben. Wenn Entscheidungen an ein KI-System delegiert werden, ist es unabdingbar, dass Menschen im Vorhinein die Entscheidungsparameter dafür festlegen und im Nachhinein die Entscheidungen überprüfen können. So lässt sich sicherstellen, dass ethische Standards eingehalten werden. Bei sicherheitskritischen Anwendungen kann es darüber hinaus angeraten sein, eine unabhängige Kontrollinstanz einzusetzen, die Entscheidungen von KI-Programmen auf ethische Standards überprüft. Indem wir unsere bereits etablierten hohen ethischen Standards weiterhin stärken, können deutsche und europäische KI-Produkte weltweit höhere Akzeptanz finden als vergleichbare von Wettbewerbern etwa aus den USA oder China. So kann die Vorreiterrolle der deutschen Industrie gelingen.

*„Europa sollte in der KI-Ethik Vorreiter sein.  
Wir brauchen eine eigene symbolstarke KI-Identität.“*

### Fachkräfte weiterbilden und Anwenderwissen stärken

Schätzungen zufolge werden durch KI und Automatisierung bis zum Jahr 2025 etwa 1,6 Millionen Arbeitsplätze verloren gehen. Gleichzeitig könnten 2,3 Millionen neue Arbeitsplätze entstehen.<sup>[49]</sup> Das setzt allerdings voraus, dass die Beschäftigten offen für Weiterbildung sind und neue Technologien, die ihren Arbeitsplatz verändern werden, ausprobieren können. Betriebsangehörige, die sich mit Anlagen und Prozessen bereits auskennen, weiterzubilden, ist entscheidend für den Erfolg von KI in der Industrie.

Hier bildet das international hohe Ausbildungsniveau im deutschen Ingenieurwesen und von technischen Fachkräften eine ideale Basis für die Realisierung wirkungsvoller und leistungsfähiger KI-Anwendungen. Das reiche industrielle Fachwissen kommt in speziellen KI-Computerprogrammen als Wissensbasis zum Einsatz. Diese Programme unterstützen Menschen fachgerecht bei bestimmten Problemen, beispielsweise bei der Fehlersuche in industriellen Anlagen. Wie eine echte Fachkraft lernen solche KI-Programme mit jedem Einsatz mehr und können das neue Wissen wieder an die Fachwelt zurückgeben. So entsteht neues Wissen, das wiederum das Verständnis über Einfluss-Wirkungs-Zusammenhänge steigert.

Da der Code vieler Computerprogramme für KI-Anwendungen frei verfügbar ist, sinken auch die Programmieranforderungen auf diesem Gebiet. Fachkräfte können sich aus einem Pool vorhandener Software bedienen und schnell und effektiv neue funktionsfähige KI-Werkzeuge entwickeln. Damit werden die Unternehmen unabhängiger von IT-Spezialkenntnissen.

Ermutigend ist auch ein kurzer Blick in die Vergangenheit: Studien der OECD-Länder im Zeitraum von 1960 bis 1995 beweisen, dass Investitionen in Bildung und Alphabetisierung sich dreimal so positiv auf das Wirtschaftswachstum ausgewirkt haben wie Investitionen in Kapital.<sup>[50]</sup> Bildung lohnt sich also langfristig! Ohne KI-Bildung und eine digitale Alphabetisierung der Gesellschaft werden wir den Wirtschaftsstandort Deutschland auf Dauer nicht auf dem jetzigen Niveau halten können.

### „The Elements of AI“: KI für die ganze Gesellschaft

Wussten Sie, dass sich die finnische Regierung zum Ziel gesetzt hat, zu Europas Testlabor in Sachen KI zu werden? Nicht nur Unternehmen, sondern die ganze Gesellschaft soll von KI profitieren. Über den Online-Kurs „The Elements of AI“ (deutsch: „Die Bestandteile der KI“) können sich Bürgerinnen und Bürger aus ganz Europa informieren, was KI ist (und nicht ist), was sie kann (und nicht kann). In Finnland haben bereits über 250 Unternehmen ihre Belegschaft mit diesem Kurs geschult, auch die finnische Regierung schult so ihre Mitarbeitenden. Außerdem sind 40 Prozent der weltweiten Kursteilnehmenden Frauen, das ist doppelt so viel wie sonst im Durchschnitt bei Informatikkursen. „The Elements of AI“<sup>[51]</sup> gibt es übrigens auch auf Deutsch!



# Künstliche Intelligenz und Diskriminierung



Ein Chemieunternehmen sucht eine neue Ingenieurkraft. Die Personalabteilung wird mit Hunderten von Bewerbungen überflutet. So entscheidet man sich, ein KI-Computerprogramm einzusetzen, um die Flut der Bewerbungen vorzusortieren.



Zunächst „trainiert“ man das KI-Programm mit den Daten der in der Vergangenheit eingestellten Beschäftigten. So „lernt“ es die Auswahlkriterien der Firma, um erfolgversprechende von wenig erfolgversprechenden Bewerbungen zu unterscheiden.

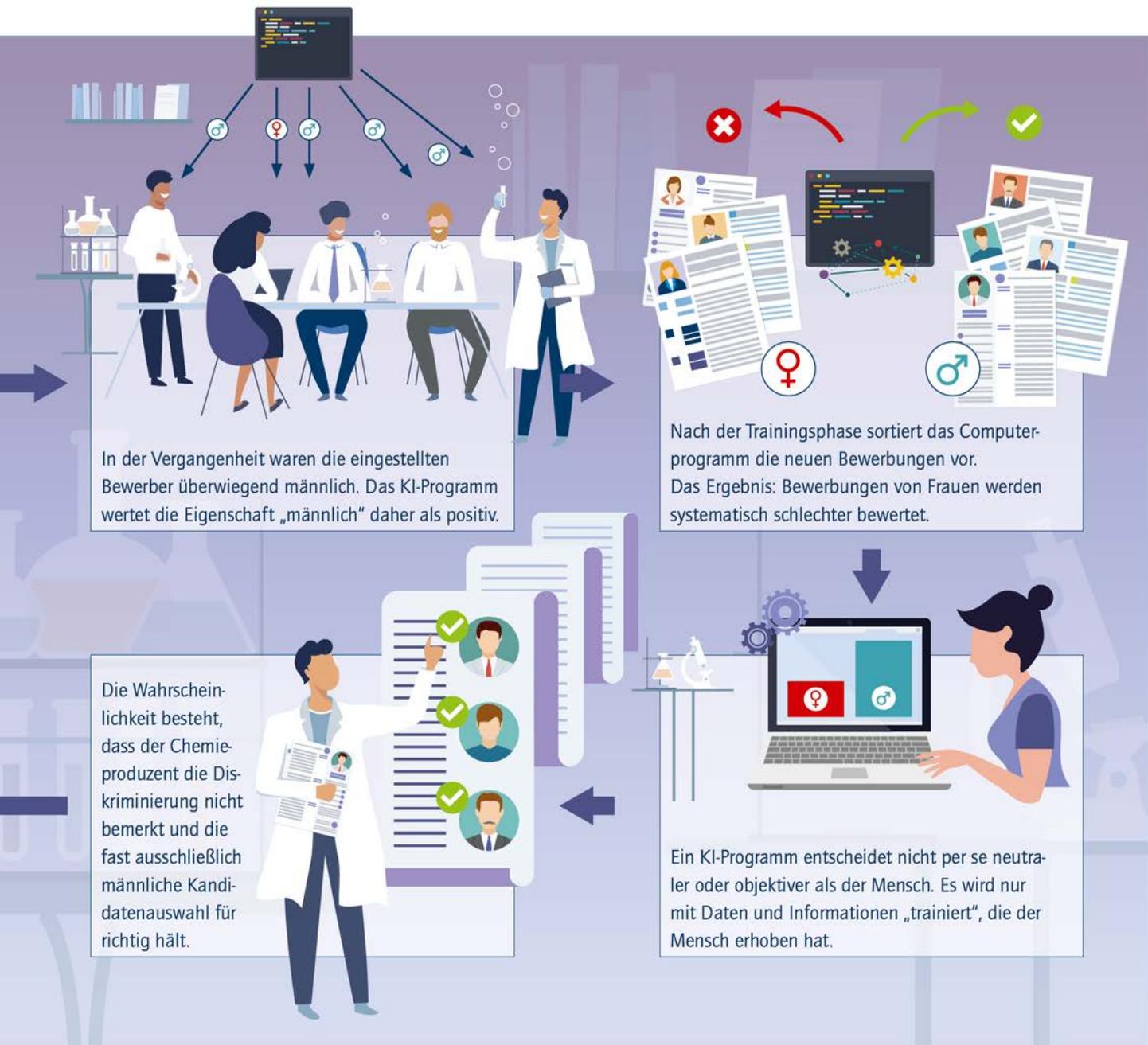


Dieses Beispiel ist in ähnlicher Form in der Realität vorgekommen. Daran wird deutlich, dass wir ein gesellschaftliches Bewusstsein für Diskriminierungsrisiken beim Einsatz von KI-Anwendungen schaffen müssen. Es ist auch unabdingbar, dass der Mensch stets in die Entscheidungen eingebunden bleibt und ethische Standards gewährleistet.



Ein Teufelskreis entsteht: Die Firma stellt die Kandidatenauswahl des KI-Programms nicht infrage und stellt wieder einen Mann ein. Das Computerprogramm wird darin bestärkt, dass männliche Ingenieure qualifizierter sind als weibliche. Es übernimmt vorhandene gesellschaftliche Vorurteile und verschärft sie.





### Industrielles Wissen mit KI verbinden

Deutschland verfügt bereits über einen großen industriellen Erfahrungsschatz. Wenn es gelingt, dieses Wissen mit geeigneten KI-Werkzeugen zu verbinden, können deutsche Unternehmen ihren Wettbewerbsvorsprung sichern und ausbauen: Während insbesondere die USA und zunehmend auch China einen Vorsprung bei grundlegenden KI-Werkzeugen und KI-Daten besitzen, haben deutsche Forschungseinrichtungen und Unternehmen einen deutlichen Wissensvorsprung bei industriellen KI-Anwendungen in spezifischen Produktionsbereichen.

Das wahre Gold liegt im Wissen über geltende physikalische und technische Wirkzusammenhänge und wie dieses Wissen in der Produktion umgesetzt werden kann. Wenn es gelingt, dieses tiefgreifende industrielle Wissen mit datengetriebenen KI-Methoden zu einer industriellen KI zu verbinden, könnte insbesondere die deutsche Wirtschaft ein Gewinner der neuen KI-Technologie werden. Durch schnelle und effektive Umsetzung der vielversprechenden Möglichkeiten von KI-Systemen können wir unsere Wettbewerbsfähigkeit in den von uns dominierten industriellen Branchen sichern.

*„Wir müssen früh junge Talente für das Thema KI begeistern. Hier ist es von Vorteil, dass KI mit Science-Fiction verbunden wird, das weckt das Interesse junger Menschen. Den USA gelingt es, das Thema anschaulicher, spannender und nicht zu technisch zu gestalten.“*

*„Wir dürfen KI nicht nur aus technologischer, sondern müssen sie von Beginn an aus gesellschaftlicher Perspektive betrachten. Erst dann, wenn wir neuen Technologien mit mehr Offenheit begegnen und es uns gelingt, Hemmnisse abzubauen, werden wir mit KI erfolgreich sein.“*



# Interviewpartnerinnen und Interviewpartner

Die Arbeit am Text und die Festlegung der Inhalte erfolgte durch die auf Seite 80 aufgeführte Projektgruppe. Die Mitarbeitenden der acatech Geschäftsstelle haben für diese Publikation telefonisch oder persönlich insgesamt 31 Experteninterviews mit Vertreterinnen und Vertretern aus Wissenschaft, Wirtschaft, Politik und Gesellschaft geführt. Die Gespräche fanden zwischen Juli und November 2019 statt. Einige ausgewählte Kerngedanken der Befragten sind im Text als anonymisierte Zitate aufgeführt.

## Das acatech Präsidium dankt allen Expertinnen und Experten sehr herzlich für ihre Teilnahme an den Interviews! Im Einzelnen waren das:

- Dr. Thomas Altenmüller, Senior Director Manufacturing Strategy, Manufacturing Strategy at Operations, Infineon Technologies AG
- Dr. Fabian Bause, Produktmanager, Beckhoff Automation GmbH & Co. KG
- Nadine Bender, Project Consultant, Analyst of Social Impact of Robotics, KUKA Deutschland GmbH
- Prof. Dr.-Ing. Jürgen Beyerer, Leiter Lehrstuhl für Interaktive Echtzeitsysteme am Karlsruher Institut für Technologie, Institutsleiter Fraunhofer-Institut für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung
- Andreas Bildstein, Gruppenleiter IT-Anwendungen und Services für die Produktion am Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung, Kompetenzzentrum DigITools für die Produktion
- Daniel Broxtermann, Senior Expert for Data Science and Advanced Analytics, Infineon Technologies Dresden GmbH & Co. KG
- Dr. Sebastian Busse, Mitglied des Vorstands und Co-Founder, NEXT Data Service AG
- Prof. Dr. Roman Dumitrescu, Leiter Fachgebiet Advanced Systems Engineering der Universität Paderborn, Direktor Forschungsbereich Produktentstehung am Fraunhofer-Institut für Entwurfstechnik Mechatronik
- Dr. Jan-Henning Fabian, Leiter Forschungszentrum, ABB AG
- Jens Fath, Global Lead Smart Manufacturing, MHP – A Porsche Company
- Prof. Dr. Jörg Franke, Leiter Lehrstuhl für Fertigungsautomatisierung und Produktionssystematik, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg
- Prof. Dr.-Ing. Michael Freitag, Direktor des Bremer Institut für Produktion und Logistik GmbH, Leiter Fachbereich Produktionstechnik der Universität Bremen
- Marcus Goerke, Mitglied des Vorstands und Co-Founder, NEXT Data Service AG
- Andreas Hemmele, Corporate Communications and Governmental Affairs, BMW Group
- Prof. Dr. Otthein Herzog, China Intelligent Urbanization Co-Creation Center for High Density Region der Tongji Universität in Shanghai und Universität Bremen
- Johannes Keller, Head of Artificial Intelligence, MHP – A Porsche Company
- Prof. Dr. Thomas Kropf, Vorsitzender der Geschäftsleitung, Zentralbereich Forschung und Vorausesentwicklung, Robert Bosch GmbH

- Dr. Michael May, Head of Company Core Technology Data Analytics & AI Siemens, Siemens AG
- Prof. Dr. Christoph Meinel, Direktor und Geschäftsführer des Hasso-Plattner-Institut für Digital Engineering der Universität Potsdam, Wissenschaftlicher Beirat am Institut für Ethik in der KI der TU München
- Prof. Dr. Katharina Morik, Leiterin des Lehrstuhls für Künstliche Intelligenz, Fakultät für Informatik, TU Dortmund
- Prof. Dr. Wolfgang Nejdl, Direktor des Forschungszentrums L3S, Leibniz Universität Hannover
- Dr. Christian Patron, Leiter Innovationen, Digitalisierung, Data Analytics im Produktionssystem, BMW Group
- Dr. Christoph Peylo, Leiter Bosch Center for Artificial Intelligence, Robert Bosch GmbH
- Dr. Julian Popp, Lead of Innovation in Logistics, MHP – A Porsche Company
- Stephan Schwarz, Teamleiter Data Analytics & Künstliche Intelligenz, Daimler AG
- Prof. Dr.-Ing. Philipp Slusallek, Wissenschaftlicher Direktor, Leiter des Forschungsbereichs Agenten und Simulierte Realität, Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz
- Oliver Suchy, Leiter der Abteilung Digitale Arbeitswelten und Arbeitsweltberichterstattung, DGB-Bundesvorstand
- Paul Thomä, Application Technology, Product Development Control Systems, Dürr AG
- Martin Völkle, Area Lead Data Science & Artificial Intelligence, MHP – A Porsche Company
- Dr. Michael Württemberger, Leiter Exzellenz-Cluster für Künstliche Intelligenz, BMW Group
- Eva Zauke, Leiterin SAP IoT Startup Accelerator, SAP SE

# Literaturverzeichnis

- [1] Plattform Lernende Systeme (2019): Eine kurze Geschichte der KI. Online verfügbar unter <https://www.plattform-lernende-systeme.de/videos.html>, zuletzt geprüft am 31.03.2020.
- [2] Rau, K. (2018): Das sind Deutschlands geheime Weltmarktführer. In: WirtschaftsWoche. Online verfügbar unter <https://www.wiwo.de/unternehmen/mittelstand/hannovermesse/hidden-champions-das-sind-deutschlands-geheime-weltmarktfuehrer/20883700.html>, zuletzt geprüft am 31.03.2020.
- [3] Hirsch-Kreinsen, H.; Kubach, U.; Stark, R.; Wichert, G. von; Hornung, S.; Hubrecht, L.; Sedlmeir, J.; Steglich, S. (2019): Themenfelder Industrie 4.0. Forschungs- und Entwicklungsbedarfe zur erfolgreichen Umsetzung von Industrie 4.0. In: Forschungsbeirat der Plattform Industrie 4.0/ acatech. Online verfügbar unter <https://www.acatech.de/publikation/themenfelder-industrie-4-0/>, zuletzt geprüft am 31.03.2020.
- [4] Plattform Industrie 4.0: Glossar. Online verfügbar unter [https://www.plattform-i40.de/SiteGlobals/PI40/Forms/Listen/Glossar/DE/Glossar\\_Formular.html](https://www.plattform-i40.de/SiteGlobals/PI40/Forms/Listen/Glossar/DE/Glossar_Formular.html), zuletzt geprüft am 31.03.2020.
- [5] Plattform Lernende Systeme: Glossar. Online verfügbar unter <https://www.plattform-lernende-systeme.de/glossar.html>, zuletzt geprüft am 31.03.2020.
- [6] Walch, K. (2019): AI´s increasing role in customer service. In: Forbes. Online verfügbar unter <https://www.forbes.com/sites/cognitiveworld/2019/07/02/ais-increasing-role-in-customer-service/#7e2629fc73fc>, zuletzt geprüft am 31.03.2020.
- [7] Klose, R. (2019): Mit künstlicher Intelligenz zum besseren Holzprodukt. In: Empa, Materials Science and Technology. Online verfügbar unter <https://www.empa.ch/de/web/s604/ai-for-wood-production>, zuletzt geprüft am 31.03.2020.
- [8] ambista (2019): Künstliche Intelligenz entwirft Stuhl-Design. Online verfügbar unter <https://www.ambista.com/de/magazin/kuenstliche-intelligenz>, zuletzt geprüft am 31.03.2020.
- [9] Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi)/ Plattform Industrie 4.0 (2019): Technologieszenario „Künstliche Intelligenz in der Industrie 4.0“. Online verfügbar unter <https://www.plattform-i40.de/PI40/Redaktion/DE/Downloads/Publikation/KI-industrie-40.pdf>, zuletzt geprüft am 31.03.2020.
- [10] Schönauer, M. (2019): Wer hat's erfunden? In: Zeit Online. Online verfügbar unter <https://www.zeit.de/2019/45/patente-erfindungen-wipo-statistik>, zuletzt geprüft am 31.03.2020.
- [11] Schmitt, J.-L. (2019): Energiewende auf dem Wasser. In: WirtschaftsWoche. Online verfügbar unter <https://www.wiwo.de/unternehmen/energie/schwimmende-photovoltaik-energiewende-auf-dem-wasser/25167372.html>, zuletzt geprüft am 31.03.2020.
- [12] Zhang, L.; Li, L.; Li, T. (2014): Patent Mining: A Survey. In: School of Computing and Information Sciences Florida. Online verfügbar unter <https://users.cs.fiu.edu/archive/taoli/pub/patent-mining-survey.pdf>, zuletzt geprüft am 31.03.2020.
- [13] Weis, D. (2018): Generative design: solving design challenges with artificial intelligence. In: Association of Equipment Manufacturers. Online verfügbar unter <https://www.aem.org/news/generative-design-solving-design-challenges-with-artificial-intelligence/>, zuletzt geprüft am 31.03.2020.
- [14] Lietzmann, P. (2020): „Die Hälfte aller LKW fährt in Deutschland leer“: Wie ein Investor das jetzt ändern will. In: Focus Online. Online verfügbar unter [https://www.focus.de/digital/dldaily/googlex-dld202-google-ingenieur-erklaert-warum-ihre-daten-selbst-verschluesselt-nicht-mehr-sicher-sind\\_id\\_11567806.html](https://www.focus.de/digital/dldaily/googlex-dld202-google-ingenieur-erklaert-warum-ihre-daten-selbst-verschluesselt-nicht-mehr-sicher-sind_id_11567806.html), zuletzt geprüft am 31.03.2020.

- [15] Plattform Lernende Systeme (2019): Anwendungsszenarien für KI. Informationen-Butler fürs Büro. Online verfügbar unter <https://www.plattform-lernende-systeme.de/anwendungsszenarien.html>, zuletzt geprüft am 31.03.2020.
- [16] Kaliudis, A. (2017): Wir machen Industrie 4.0 greifbar. Online verfügbar unter [https://www.trumpf.com/de\\_DE/magazin/wir-machen-industrie-40-greifbar/](https://www.trumpf.com/de_DE/magazin/wir-machen-industrie-40-greifbar/), zuletzt geprüft am 31.03.2020.
- [17] Hatiboglu, B.; Schuler, S.; Bildstein, A.; Hämmerle, M. (2019): Einsatzfelder von Künstlicher Intelligenz im Produktionsumfeld. In: Allianz Industrie 4.0 Baden-Württemberg. Studie durchgeführt von Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA/ Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO. Online verfügbar unter <https://www.i40-bw.de/wp-content/uploads/Studie-Einsatzfelder-KI-im-Produktionsumfeld.pdf>, zuletzt geprüft am 31.03.2020.
- [18] Poll, D. (2020): Wie Logistik von Künstlicher Intelligenz profitiert. In: Produktion. Online verfügbar unter <https://www.produktion.de/trends-innovationen/wie-logistik-von-kuenstlicher-intelligenz-profitiert-121.html>, zuletzt geprüft am 31.03.2020.
- [19] Kuprenko, V. (2019): How AI Changes the Logistic Industry. In: Towards Data Science. Online verfügbar unter <https://towardsdatascience.com/how-ai-changes-the-logistic-industry-3d55401778d>, zuletzt geprüft am 31.03.2020.
- [20] Ellen MacArthur Foundation (2019): Artificial Intelligence and the Circular Economy. AI as a tool to accelerate the transition. Online verfügbar unter <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/publications/artificial-intelligence-and-the-circular-economy>, zuletzt geprüft am 31.03.2020.
- [21] Circular Economy Initiative Deutschland: Selbstverständnis und Ziele. Online verfügbar unter <https://www.circular-economy-initiative.de/ueber-die-initiative>, zuletzt geprüft am 25.03.2020.
- [22] Berlin, C. (2017): Produktion und Logistik – Modulare Fertigung. Plug & Produce. In: Automotive IT. Online verfügbar unter <https://www.automotiveit.eu/im-mittelpunkt/plug-produce-154.html>, zuletzt geprüft am 31.03.2020.
- [23] Esser, C.; Meier, B.; Randerath, A. (2018): Amazon vernichtet massenhaft Neuware. In: ZDF Heute. Online verfügbar unter <https://www.zdf.de/politik/frontal-21/amazon-vernichtet-tonnenweise-ware-100.html>, zuletzt geprüft am 31.03.2020.
- [24] World Industrial Reporter (2016): Autonomous Robots could Disassemble and Remanufacture Products. Online verfügbar unter <https://worldindustrialreporter.com/autonomous-robots-could-disassemble-and-remanufacture-products/>, zuletzt geprüft am 31.03.2020.
- [25] Rickmann, H. (2019): KI-Netzwerke sind die Zukunft. In: Handelsblatt. Online verfügbar unter <https://www.handelsblatt.com/meinung/gastbeitraege/gastkommentar-ki-netzwerke-sind-die-zukunft/25107880.html>, zuletzt geprüft am 31.03.2020.
- [26] Auto-Medienportal.net (2019): BMW will fehlerfreie Produktion durch KI erreichen. Online verfügbar unter <https://www.auto-medienportal.net/artikel/detail/49315>, zuletzt geprüft am 31.03.2020.
- [27] Isheim, R. (2018): Predictive Maintenance. Die vorausschauende Wartung. In: Industrie-Wegweiser. Online verfügbar unter <https://industrie-wegweiser.de/predictive-maintenance/>, zuletzt geprüft am 31.03.2020.
- [28] Bosch Rexroth (2017): Intelligente Hydraulik steigert Verfügbarkeit. Vernetzbare Hydraulik von Rexroth treibt vorausschauende Wartung auf allen Ebenen voran. Online verfügbar unter <https://www.boschrexroth.com/de/de/unternehmen/presse/press-detail-1-120642>, zuletzt geprüft am 31.03.2020.
- [29] Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi)/ Plattform Industrie 4.0: Landkarte „Anwendungsbeispiele Industrie 4.0“. Online verfügbar unter <https://www.plattform-i40.de/PI40/Navigation/Karte/SiteGlobals/Forms/Formulare/karte-anwendungsbeispiele-formular.html>, zuletzt geprüft am 31.03.2020.

- [30] Gausemeier, J.; Klocke, F. (2016): Industrie 4.0. Internationaler Benchmark, Zukunftsoptionen und Handlungsempfehlungen für die Produktionsforschung. In: Heinz Nixdorf Institut, Universität Paderborn; Werkzeugmaschinenlabor WZL der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen. Online verfügbar unter [https://www.acatech.de/wp-content/uploads/2018/03/INBENZHAP\\_dt\\_web\\_verlinkt.pdf](https://www.acatech.de/wp-content/uploads/2018/03/INBENZHAP_dt_web_verlinkt.pdf), zuletzt geprüft am 31.03.2020.
- [31] Gipson, T. (2019): Bloomberg: Verdigris Is The Sensor Cracking Down on Wasteful Power Usage. In: Efficient Power Tech. Online verfügbar unter <https://www.efficientpowertech.com/bloomberg-verdigris-is-the-sensor-cracking-down-on-wasteful-power-usage/>, zuletzt geprüft am 31.03.2020.
- [32] Wittenstein (2015): Vorbildlich im Einklang von Ökologie, Ökonomie und soziokulturellem Umfeld. Online verfügbar unter <https://www.wittenstein.de/de-de/unternehmen/presse/pressemitteilung/wittenstein-bastian-gmbh-in-fellbach-vorbildlich-im-einklang-von-oekologie-oekonomie-und-soziokultur/>, zuletzt geprüft am 31.03.2020.
- [33] Martin-Jung, H. (2019): Warum Deutschland bei künstlicher Intelligenz abgehängt werden könnte. In: Süddeutsche Zeitung. Online verfügbar unter <https://www.sueddeutsche.de/digital/kuenstliche-intelligenz-china-deutschland-microsoft-1.4426166>, zuletzt geprüft am 31.03.2020.
- [34] China Daily (2018): Shanghai to set up multi-billion-dollar fund to develop AI. Online verfügbar unter <http://www.chinadaily.com.cn/a/201809/18/W55ba0ade9a31033b4f4656be2.html>, zuletzt geprüft am 31.03.2020.
- [35] Crunchbase: Artificial Intelligence Startups. Online verfügbar unter <https://www.crunchbase.com/hub/artificial-intelligence-startups>, zuletzt geprüft am 31.03.2020.
- [36] Initiative for applied artificial intelligence (2020): AI Startup Landscape 2020. Online verfügbar unter <https://appliedai.de/startup-landscape-2020/>, zuletzt geprüft am 31.03.2020.
- [37] Küpper, D.; Lorenz, M.; Kuhlmann, K.; Bouffault, O.; Lim, Y.; van Wyck, J.; Köcher, S.; Schlageter, J. (2018): AI in the Factory of the Future. Exhibit 3: Around the world, a large gap exists between AI ambition and reality. Online verfügbar unter <https://www.bcg.com/de-de/publications/2018/artificial-intelligence-factory-future.aspx>, zuletzt geprüft am 31.03.2020.
- [38] Plattform Lernende Systeme (2020): 3 Fragen an Katharina Morik. Online verfügbar unter <https://www.plattform-lernende-systeme.de/id-3-fragen-an-newsreader/id-3-fragen-an-katharina-morik.html>, zuletzt geprüft am 31.03.2020.
- [39] Canadian Citizenship & Immigration Resource Center (CCIRC) Inc. (2018): Canada to welcome 350.000 immigrants annually by 2021. Online verfügbar unter <https://www.immigration.ca/canada-to-welcome-350000-immigrants-annually-by-2021>, zuletzt geprüft am 31.03.2020.
- [40] Kerkmann, C. (2019): Was Deutschland beim Thema Künstlicher Intelligenz von Kanada lernen kann. In: Handelsblatt. Online verfügbar unter <https://www.handelsblatt.com/unternehmen/it-medien/ki-foerderung-was-deutschland-beim-thema-kuenstlicher-intelligenz-von-kanada-lernen-kann/24012194.html>, zuletzt geprüft am 31.03.2020.
- [41] Scopus (2020): artificial intelligence publications by country/territory (2015-2019). Online verfügbar unter <https://www.scopus.com/>, zuletzt geprüft am 05.03.2020.
- [42] Specht, F.; Greive, M. (2019): Innovationskraft sinkt: Der deutsche Mittelstand verschläft die Zukunft. In: Handelsblatt. Online verfügbar unter <https://www.handelsblatt.com/politik/deutschland/bertelsmann-studie-innovationskraft-sinkt-der-deutsche-mittelstand-verschlaeft-die-zukunft/25145334.html>, zuletzt geprüft am 31.03.2020.
- [43] PwC (2018): Auswirkungen der Nutzung von künstlicher Intelligenz in Deutschland. Online verfügbar unter <https://www.pwc.de/de/business-analytics/sizing-the-price-final-juni-2018.pdf>, zuletzt geprüft am 31.03.2020.

- [44] Plattform Lernende Systeme (2019): Neue Geschäftsmodelle mit Künstlicher Intelligenz – Zielbilder, Fallbeispiele, Gestaltungsoptionen. Online verfügbar unter <https://www.acatech.de/publikation/neue-geschaeftsmodelle-mit-kuenstlicher-intelligenz-zielbilder-fallbeispiele-gestaltungsoptionen/>, zuletzt geprüft am 31.03.2020.
- [45] Hofer, J. (2019): KI sorgt für Boom in Chipindustrie – Europa muss aber mehr tun. In: Handelsblatt. Online verfügbar unter <https://www.handelsblatt.com/technik/it-internet/pwc-studie-ki-sorgt-fuer-boom-in-chipindustrie-europa-muss-aber-mehr-tun/24702946.html>, zuletzt geprüft am 31.03.2020.
- [46] Kersting, K.; Tresp, V. (2019): Maschinelles Lernen und Tiefes Lernen. Der Motor für „KI made in Germany“. In: Plattform Lernende Systeme. Online verfügbar unter [https://www.plattform-lernende-systeme.de/files/Downloads/Publikationen/AG1\\_Whitepaper\\_280619.pdf](https://www.plattform-lernende-systeme.de/files/Downloads/Publikationen/AG1_Whitepaper_280619.pdf), zuletzt geprüft am 31.03.2020.
- [47] PwC (2019): Global Top 100 companies by market capitalisation. Online verfügbar unter <https://www.pwc.com/gx/en/audit-services/publications/assets/global-top-100-companies-2019.pdf>, zuletzt geprüft am 31.03.2020.
- [48] High-Level Expert Group on AI presented Ethics Guidelines for Trustworthy Artificial Intelligence (2019): Ethic guidelines for trustworthy AI. Online verfügbar unter <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/ethics-guidelines-trustworthy-ai>, zuletzt geprüft am 31.03.2020.
- [49] Zeit Online (2019): Digitalisierung verändert nahezu jeden Job. Online verfügbar unter <https://www.zeit.de/news/2019-09/23/digitalisierung-veraendert-nahezu-jeden-job>, zuletzt geprüft am 31.03.2020.
- [50] Mocker, V. (2019): Digitale Mündigkeit – Warum Finnland für Deutschland ein Vorbild ist. In: Handelsblatt. Online verfügbar unter <https://www.handelsblatt.com/meinung/kolumnen/expertenrat/mocker/expertenrat-valerie-mocker-digitale-muendigkeit-warum-finnland-fuer-deutschland-ein-vorbild-ist/24479592.html>, zuletzt geprüft am 31.03.2020.
- [51] University of Helsinki et al.: The Elements of AI. Online verfügbar unter <https://www.elementsofai.de/>, zuletzt geprüft am 31.03.2020.
- [52] Beck, S.; Grunwald, A.; Jacob, K.; Matzner, T. (2019): Künstliche Intelligenz und Diskriminierung: Herausforderungen und Lösungsansätze. In: Plattform Lernende Systeme. Online verfügbar unter <https://www.plattform-lernende-systeme.de/publikationen-details/kuenstliche-intelligenz-und-diskriminierung-herausforderungen-und-loesungsansaetze.html>, zuletzt geprüft am 31.03.2020.
- [53] Dastin, J. (2018): Amazon scraps secret AI recruiting tool that showed bias against women. In: Reuters. Online verfügbar unter <https://www.reuters.com/article/us-amazon-com-jobs-automation-insight/amazon-scraps-secret-ai-recruiting-tool-that-showed-bias-against-women-idUSKCN1MK08G>, zuletzt geprüft am 31.03.2020.

# Mitwirkende

## **Gesamtleitung acatech HORIZONTE:**

Prof. Dr.-Ing. Jürgen Gausemeier, Vizepräsident acatech,  
Seniorprofessor Heinz Nixdorf Institut der Universität Paderborn

## **Leitung Innovationsforum:**

Prof. Dr. Martina Schraudner, Vorstandsmitglied acatech, Leiterin  
Fraunhofer Center for Responsible Research and Innovation

## **Projektgruppe Künstliche Intelligenz in der Industrie:**

Dr. Fabian Bause, Produktmanager, Beckhoff Automation  
GmbH + Co. KG

Dr. Sebastian Busse, Mitglied des Vorstands und Co-Founder,  
NEXT Data Service AG

Prof. Dr. Roman Dumitrescu, Leiter Fachgebiet Advanced Systems  
Engineering der Universität Paderborn, Direktor Forschungs-  
bereich Produktentstehung am Fraunhofer-Institut für Entwurfs-  
technik Mechatronik

Dr. Jan-Henning Fabian, Leiter Forschungszentrum, ABB AG

Prof. Dr. Jörg Franke, Leiter Lehrstuhl für Fertigungsautomatisie-  
rung und Produktionssystematik, Friedrich-Alexander-Universität  
Erlangen-Nürnberg

Prof. Dr. Otthein Herzog, China Intelligent Urbanization  
Co-Creation Center for High Density Region der Tongji Universität  
in Shanghai und Universität Bremen

Prof. Dr. Thomas Kropf, Vorsitzender der Geschäftsleitung, Zentral-  
bereich Forschung und Voraentwicklung, Robert Bosch GmbH

Prof. Dr.-Ing. Philipp Slusallek, Wissenschaftlicher Direktor,  
Leiter des Forschungsbereichs Agenten und Simulierte Realität,  
Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz

## **Konzeption, Text und Experteninterviews:**

Christina Müller-Markus, acatech Geschäftsstelle,  
Innovationsforum (federführende Autorin)

Alexandra Heimisch-Röcker, acatech Geschäftsstelle,  
Innovationsforum

Sebastian Grünwald, acatech Geschäftsstelle, Innovationsforum

Vivian Würf, acatech Geschäftsstelle, Innovationsforum

## **Mit Unterstützung durch:**

Iris Michalik, acatech Geschäftsstelle, Innovationsforum

In der Reihe HORIZONTE sind bisher erschienen:

„Blockchain“ (2018)



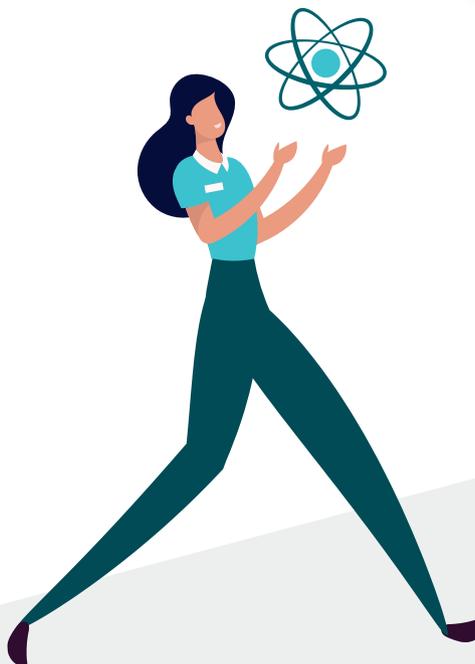
„Cyber Security“ (2019)



„Nachhaltige Landwirtschaft“ (2019)



Verpassen Sie nicht  
unsere nächste  
Ausgabe zum Thema  
„Quantentechnologien“,  
die im Herbst 2020  
erscheint!



# Über acatech

acatech vertritt die deutschen Technikwissenschaften im In- und Ausland in selbstbestimmter, unabhängiger und gemeinwohlorientierter Weise. Als Arbeitsakademie berät acatech Politik und Gesellschaft in technikwissenschaftlichen und technologiepolitischen Zukunftsfragen. Darüber hinaus hat es sich acatech zum Ziel gesetzt, den Wissenstransfer zwischen Wissenschaft und Wirtschaft zu unterstützen und den technikwissenschaftlichen Nachwuchs zu fördern. Zu den Mitgliedern der Akademie zählen herausragende Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus Hochschulen, Forschungseinrichtungen und Unternehmen. acatech finanziert sich durch eine institutionelle Förderung von Bund und Ländern sowie durch Spenden und projektbezogene Drittmittel. Um den Diskurs über technischen Fortschritt in Deutschland zu fördern und das Potenzial zukunftsweisender Technologien für Wirtschaft und Gesellschaft darzustellen, veranstaltet acatech Symposien, Foren, Podiumsdiskussionen und Workshops. Mit Studien, Empfehlungen und Stellungnahmen wendet sich acatech an die Öffentlichkeit. acatech besteht aus drei Organen: Die Mitglieder der Akademie sind in der Mitgliederversammlung organisiert; das Präsidium, das von den Mitgliedern und Senatoren der Akademie bestimmt wird, lenkt die Arbeit; ein Senat mit namhaften Persönlichkeiten vor allem aus der Industrie, aus der Wissenschaft und aus der Politik berät acatech in Fragen der strategischen Ausrichtung und sorgt für den Austausch mit der Wirtschaft und anderen Wissenschaftsorganisationen in Deutschland. Die Geschäftsstelle von acatech befindet sich in München; zudem ist acatech mit einem Hauptstadtbüro in Berlin und einem Büro in Brüssel vertreten.

## HERAUSGEBER:

acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften

## ADRESSEN STANDORTE

### Geschäftsstelle

Karolinenplatz 4  
80333 München

T +49(0)89/520309-0  
F +49(0)89/520309-900

### Hauptstadtbüro

Pariser Platz 4a  
10117 Berlin

T +49(0)30/2063096-0  
F +49(0)30/2063096-11

### Brüssel-Büro

Rue d'Egmont/Egmontstraat 13  
B-1000 Brüssel

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

horizonte@acatech.de

<https://www.acatech.de/horizonte>

Vorstand i. S. v. § 26 BGB: Prof. Dr.-Ing. Dieter Spath, Karl-Heinz Streibich, Prof. Dr.-Ing. Jürgen Gausemeier, Prof. Dr. Reinhard F. Hüttl, Prof. Dr. Hermann Requardt, Prof. Dr.-Ing. Thomas Weber, Manfred Rauhmeier, Prof. Dr. Martina Schraudner

### Empfohlene Zitierweise:

acatech (Hrsg.): Künstliche Intelligenz in der Industrie (acatech HORIZONTE), München 2020

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, der Wiedergabe auf fotomechanischem oder ähnlichem Wege und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen bleiben – auch bei nur auszugsweiser Verwendung – vorbehalten.

Copyright © acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften • 2020

### Layout und Satz:

Atelier Hauer+Dörfler GmbH, Berlin

### Druck:

Stulz Druck und Medien GmbH

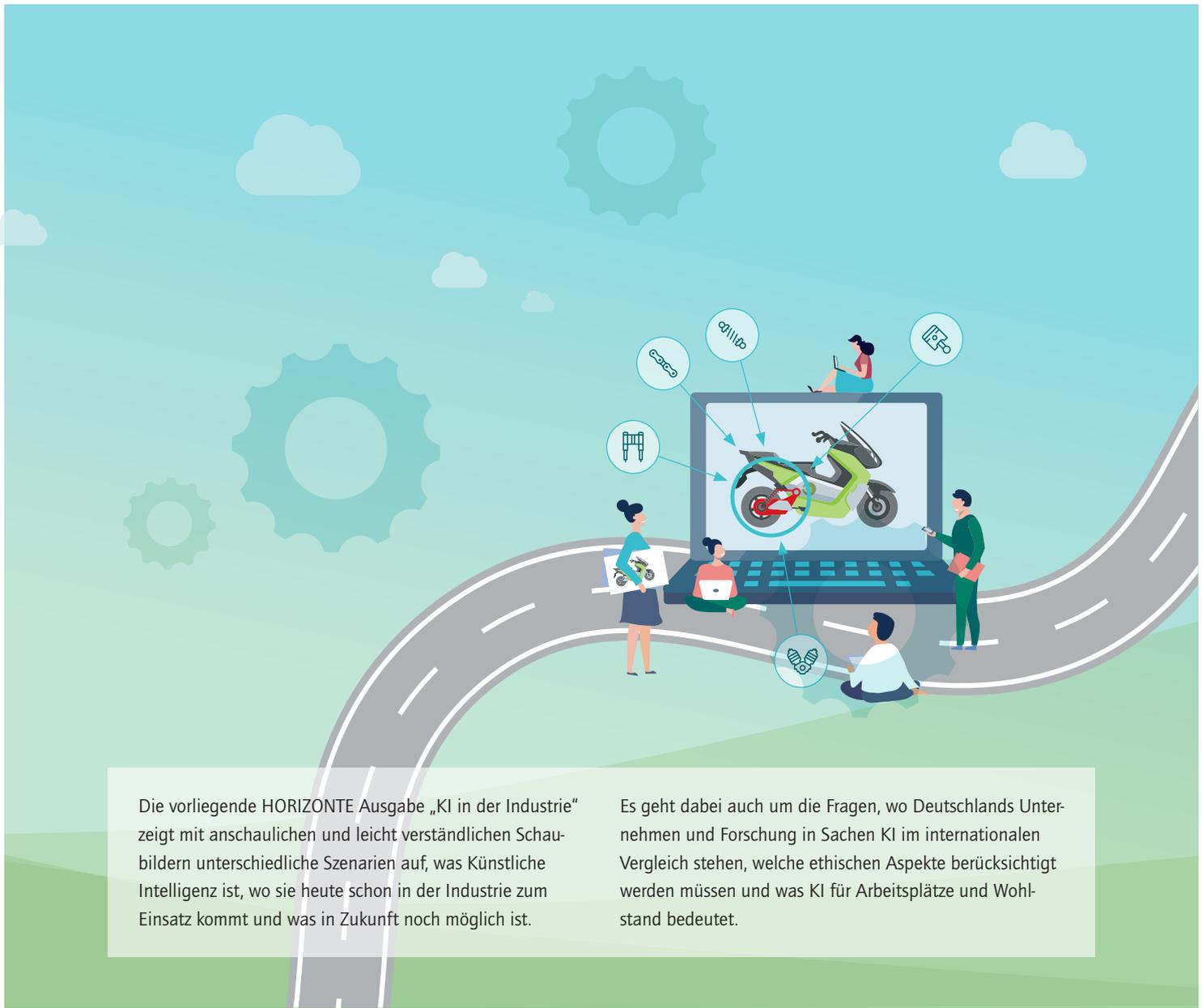
### Redaktionelle Bearbeitung:

Karola Klatt

München 2020  
acatech HORIZONTE ISSN 2625-9605



Mehr zu acatech HORIZONTE Künstliche Intelligenz in der Industrie, inklusive der Grafiken, finden Sie auch unter <https://www.acatech.de/projekt/acatech-horizonte-kuenstliche-intelligenz-in-der-industrie/>



Die vorliegende HORIZONTE Ausgabe „KI in der Industrie“ zeigt mit anschaulichen und leicht verständlichen Schaubildern unterschiedliche Szenarien auf, was Künstliche Intelligenz ist, wo sie heute schon in der Industrie zum Einsatz kommt und was in Zukunft noch möglich ist.

Es geht dabei auch um die Fragen, wo Deutschlands Unternehmen und Forschung in Sachen KI im internationalen Vergleich stehen, welche ethischen Aspekte berücksichtigt werden müssen und was KI für Arbeitsplätze und Wohlstand bedeutet.