

KI

dena-ANALYSE

Globale Trends der künstlichen Intelligenz und deren Implikationen für die Energiewirtschaft

Impressum

Herausgeber

Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena)
Chausseestraße 128 a
10115 Berlin
Tel.: +49 (0)30 66 777-0
Fax: +49 (0)30 66 777-699
E-Mail: info@dena.de
Internet: www.dena.de

Autoren

Lisa Kratochwill, dena
Philipp Richard, dena (Projektleitung)
Sara Mamel, dena
Michael Brey, dena
Konstantin Schätz, dena

Umschlaggestaltung:

Heimrich & Hannot GmbH

Bildnachweis Umschlag:

Hintergrund Vektor erstellt von starline – de.freepik.com

Stand:

03/2020

Bitte zitieren als:

Deutsche Energie-Agentur (dena, 2020): Globale Trends der künstlichen Intelligenz und deren Implikationen für die Energiewirtschaft

Alle Rechte sind vorbehalten. Die Nutzung steht unter dem Zustimmungsvorbehalt der dena.

Die vorliegende Analyse wurde im Rahmen des dena-Projekts „EnerKI – Einsatz künstlicher Intelligenz zur Optimierung des Energiesystems“ erstellt. Das Projekt wird gefördert durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Inhalt

Executive Summary	6
1 Globale Entwicklungen der KI	11
1.1 Der Anstieg künstlicher Intelligenz in der Forschung	13
1.2 Wie beeinflusst künstliche Intelligenz die Wirtschaft?	17
1.3 Wie wird künstliche Intelligenz gesellschaftlich wahrgenommen?	20
2 Regionen im Detail – Rahmenbedingungen für KI	23
2.1 Europa: der ethische KI-Ansatz	23
2.1.1 Politik und Gesellschaft	23
2.1.2 Forschung und Technologie	27
2.1.3 Wirtschaft	32
2.2 USA: der Kampf um die KI-Vorherrschaft.....	35
2.2.1 Politik und Gesellschaft	35
2.2.2 Forschung und Technologie	37
2.2.3 Wirtschaft	39
2.3 China: die Datenflut	41
2.3.1 Politik und Gesellschaft	41
2.3.2 Forschung und Technologie	43
2.3.3 Wirtschaft	44
2.4 Israel: die Start-up-Nation	47
2.4.1 Politik und Gesellschaft	47
2.4.2 Forschung und Technologie	48
2.4.3 Wirtschaft	49

3	Implikationen für die integrierte Energiewende	52
3.1	Die Energiewende in nationalen KI-Strategien.....	52
3.2	Künstliche Intelligenz im Energiesektor	54
3.3	KI-Akteure der Energiewirtschaft	57
4	Handlungsempfehlungen für die integrierte Energiewende	61
	Abbildungsverzeichnis	65
	Tabellenverzeichnis	66
	Literaturverzeichnis	67
	Abkürzungen	75

Executive Summary

Künstliche Intelligenz (KI) ist aus der sich immer weiter digitalisierenden Welt nicht mehr wegzudenken. Ob in der Forschung, der Wirtschaft oder der Gesellschaft, das Thema KI durchdringt Schritt für Schritt fast alle unsere Lebensbereiche. So auch die Energiewirtschaft, die sich wie kaum eine andere Branche im Umbruch befindet und nach neuen, integrierten Lösungsansätzen sucht. Dabei ist der massive Umbau der nationalen und internationalen Energiesysteme auch geprägt von umfangreichen Prozessoptimierungen, um Ressourcen für neuen Finanzierungsspielraum freizusetzen und mit Hilfe von KI Geschäfte völlig neu zu erfinden. KI gilt als Hoffnungsträger, wenn nicht sogar als elementarer Baustein für die Erreichung der Ziele eines CO₂-freien Energiesystems, bei gleichzeitig ökonomisch, ökologisch und sozial zunehmenden oder zumindest gleichbleibenden Anforderungen.

Dieser Bericht zielt darauf ab, aktuelle KI-Trends zu erfassen und abzubilden und anhand dessen erste Implikationen für die Energiewirtschaft abzuleiten. Dazu wurden in einem ersten Schritt über 100 branchenunabhängige nationale und internationale Studien und Berichte analysiert, um unter anderem Antworten auf die folgenden Fragen zu liefern: Wie schnell werden die Entwicklungen im Bereich KI voranschreiten und welche Rolle spielt die Qualität von Datensätzen? Ist KI perspektivisch dazu in der Lage, alle Aspekte menschlicher Intelligenz zu umfassen oder diese sogar zu übertreffen? In welchen Bereichen werden diese Entwicklungen am schnellsten die zunehmend global agierenden Märkte durchdringen? Wie positionieren sich unterschiedliche Länder und Regionen in der Thematik und wie ist deren Investitionsverhalten? Welche Rolle spielen Forschung und Politik? Wie können wir von internationalen Best Practices lernen und daraus Handlungsempfehlungen für die integrierte Energiewende ableiten?

Dominanz der Datensätze

Die hochdynamische Entwicklung im Bereich KI ist getrieben vom globalen Trend der Digitalisierung, der auf einem enormen Informationsaustausch basiert. Die Fülle an Datensätzen, die durch unterschiedliche digitale Technik und Sensorik teilweise im Millisekundenbereich erhoben werden, wächst ohne Limit und der globale Datenaustausch wird bis zum Jahr 2025 auf 175 Zetabytes (eine Zahl mit 21 Nullen) geschätzt. Dabei wird auch angenommen, dass der Anteil an Echtzeitdaten bis zu diesem Zeitpunkt auf 30 % ansteigen wird. Demzufolge würde ein Nutzer dann im Durchschnitt alle 18 Sekunden mit einem Datensatz in Interaktion treten (Kroker, 2018).

Die Auswirkungen, die auf KI basierende Systeme auf die Gesellschaft haben bzw. haben werden, sind folglich heute kaum abzuschätzen. Entsprechend stehen nicht alle der Technologie uneingeschränkt positiv gegenüber, in vielen Bereichen herrscht Unsicherheit. Das zeigt auch das Whitepaper zu künstlicher Intelligenz der Europäischen Kommission. Dort ist die Rede von sich schnell entwickelnder KI, die Verbesserungen in allen Industriesektoren (z.B. optimierte Gesundheitsversorgung, Effizienzsteigerung in der Landwirtschaft und Beitrag zur Eindämmung des Klimawandels) mit sich bringt, gleichzeitig aber auch mit potentiellen Risiken verbunden ist (EU-Kommission, 2020). Der Tatsache folgend, dass jede KI nur so stark sein kann, wie der Datensatz, mit dem sie trainiert wurde, rückt die Klärung von Vertrauensfragen zu Datensicherheit und ausreichendem Datenschutz in den Mittelpunkt der Diskussion. Zukünftig wird es verstärkt darum gehen, aufzuzeigen, welche digitalen Informationen von welchem Adressaten stammen. Das Projekt GAIA-X der deutschen Bundesregierung zum Aufbau einer vernetzten, offenen Dateninfrastruktur für Europa soll beispielsweise die Datensouveränität beim Austausch und der Nutzung von Daten stärken und diese damit für die Anwendungen von KI verfügbar machen (BMW, 2019).

Auch in der Energiewirtschaft wird seit Jahren eine leidenschaftliche Diskussion um die notwendige Granularität von Datensätzen bzw. Messintervallen geführt. Einige Akteure beharren auf einem 15 Minuten Intervall und referenzieren dabei auf eine Vielzahl von Prozessen, die in der Energiewirtschaft darauf fußen, wohingegen andere Akteure deutlich kleinere Messintervalle fordern, insbesondere um die Potenziale der Digitalisierung nutzbar zu machen.

Auch mit Bezug zum Einsatz von KI steht fest, dass der jeweilige Anwendungsfall darüber entscheiden wird, welche Granularität an Daten notwendig ist. Es kann nicht pauschal gesagt werden, dass Informationsströme im Sekundenbereich für jede Form von KI notwendig bzw. gar hilfreich sind. Vielmehr ist auch mit Blick auf die zu analysierenden Datenmengen und den damit unweigerlich verbundenen Energiebedarf zu beurteilen, welchen Nutzen der Einsatz von KI im speziellen Anwendungsfall liefert und welcher Aufwand dafür betrieben wird.

Unternehmen, Geschäftsmodelle und Arbeitsplätze im Wandel

Unternehmen sind bedingt durch KI mit starken Veränderungen konfrontiert sowie mit der Notwendigkeit, zügig einen Fokus auf digital und künstlich gestützte Prozesssteuerung zu legen, um wettbewerbsfähig zu bleiben. Zugleich befeuern IT-gestützte und sich selbst optimierende Verfahren eine Vielzahl an neuen Geschäftsideen, die in alle Lebensbereiche hineinragen. Sei es die automatische Überwachung von Stränden mithilfe von Drohnen, die eigenständig Gefahrensituationen erkennen, eine App, die Sehbehinderten durch die Nutzung von Kamera und Lautsprecher die Umgebung beschreibt, oder ein KI-Algorithmus, der für eine intelligente Verkehrsführung optimierte Planungen zur Auslastung von Transportrouten erstellt – die Möglichkeiten sind schier unbegrenzt.

Global wird KI zweifellos die Arbeitswelt verändern, neue Jobs werden entstehen, während es für heute bestehende Arbeitstätigkeiten weniger Bedarf geben wird. Welche Bereiche dabei inwieweit betroffen sein werden, ist schwer vorherzusehen, da grundsätzlich fast jede Tätigkeit der Zukunft digitale Komponenten enthalten wird. Verlässlich bzw. geschützt erscheinen mittelfristig nur die Berufe, die ein hohes soziales und/oder kognitives Anforderungsprofil aufweisen, da der Entwicklung der KI zunächst nicht zugetraut wird, diese äußerst komplexen menschlichen Wesenszüge zeitnah nachahmen zu können.

Diese Veränderung wird auch nicht vor der Energiewirtschaft haltmachen. Es liegt in der Natur der Sache, dass Prozesse, die zukünftig durch digitale Technologien effektiver und effizienter umgesetzt werden können, auch die Energiebranche durchdringen. Dieser Aspekt ist grundsätzlich auch positiv zu bewerten, da durch den globalen Umbau zentral orientierter Energiesysteme in viel kleinteiligere und dezentral geprägte Teilsysteme das Gesamtsystem ohne den Einsatz von digitaler Technik und künstlicher Intelligenz zukünftig kaum zu steuern sein wird. Maschinen werden bestimmte Arbeitsplätze nach und nach verändern und perspektivisch ersetzen. Für diesen Wandel übernehmen weitsichtige Unternehmer Verantwortung, indem sie bereits heute berufliche Perspektiven für die betroffenen Berufsgruppen schaffen.

Globaler Kampf um Vorherrschaft

International betrachtet, ist ein Kampf um die KI-Vorherrschaft entbrannt, in dem sich neben den bislang führenden KI-Nationen USA und China auch andere Länder behaupten wollen. Kein Wunder also, dass bereits jetzt ein starker Anstieg der Investitionen in diesem Bereich zu beobachten ist. Insgesamt wurden seit 2011 mehr als 30 Milliarden US-Dollar in KI-Start-ups investiert.

In den USA haben allein die vier großen Tech-Konzerne Google, Apple, Facebook und Amazon (GAFA) zwischen 2010 und 2018 23 Milliarden US-Dollar im Bereich künstliche Intelligenz eingebracht.

Mit einem Anstieg von 72 % im Vergleich zum Vorjahr konnten US-amerikanische KI-Unternehmen 2018 9,3 Milliarden US-Dollar an Umsatz erzielen (CBInsights, 2018). Von den weltweiten Investitionen in KI-Start-ups der letzten acht Jahre in Höhe von 15,2 Milliarden US-Dollar fließt bereits die Hälfte in chinesische KI-Start-ups, 2016 waren dies erst 11 % (Bughin u. a., 2018). In Israel stieg die Finanzierungssumme in KI-Start-ups 2017 auf 1,9 Milliarden US-Dollar, ein Anstieg von 70 % gegenüber dem Vorjahr (Singer, 2018). Im Vergleich dazu liegt das wesentlich bevölkerungsreichere Europa mit lediglich 3,6 Milliarden Euro für KI-Start-ups stark zurück (Daws, 2019).

Auf ein defensiveres europäisches Investitionsverhalten deutet auch eine Umfrage unter 250 Führungskräften der Energiewirtschaft in Deutschland hin. Demnach haben bis zum Sommer 2019 lediglich sieben Prozent der befragten Unternehmen in KI investiert, sechs Prozent planen den Einsatz von KI und haben dies auch budgetiert. 16 Prozent haben innerhalb der nächsten fünf Jahre vor, in KI zu investieren und 32 Prozent können sich langfristig ein Investment vorstellen, haben aber noch keine konkreten Pläne. 34 Prozent der befragten Unternehmen, und damit die größte Gruppe, sieht keinen Bedarf für Investitionen in KI.¹

Unterschiedliche Herangehensweisen an die Forschung

Auch im Bereich der Forschung und Entwicklung (F&E) deuten die globalen Trends auf eine deutliche Zunahme an Aktivitäten rund um die verschiedenen Disziplinen der künstlichen Intelligenz hin. Dies lässt sich vor allem an der steigenden Anzahl an KI-Publikationen ausmachen, ganz besonders im Bereich des maschinellen Lernens. Gleichzeitig werden jedes Jahr mehr Patente im Bereich KI angemeldet – die meisten in China, gefolgt von den USA und Japan.

Wirft man einen Blick auf die Forschungsaktivitäten in den unterschiedlichen Weltregionen, so erkennt man in Europa einen starken Fokus auf Grundlagenforschung mit einer Vielzahl an Initiativen für KI-Forschungseinrichtungen. In den USA wird vor allem im Privatsektor zu KI geforscht, zudem ist die Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA) in der KI-Forschung aktiv. In China arbeiten Unternehmen, akademische Institutionen und die Regierung im Bereich der Forschung sehr stark zusammen, während man in Israel vermehrt versucht, KI-Experten bereits an den Universitäten auszubilden, um die Zukunft der KI-Forschung abzusichern.

Dabei hat auch die technologische Infrastruktur einen großen Einfluss auf die Forschung und Entwicklung im Bereich künstliche Intelligenz. Je stärker die IT-Infrastruktur ist, desto besser sind auch die Voraussetzungen für die Entwicklung einer leistungsstarken KI. Die USA dominieren vor allem bei der Herstellung von Computer-Chips sowie durch eine extrem hohe Rechenleistung mit 116 Supercomputern.² Hier liegt nur China mit 220 Supercomputern noch höher, im Vergleich zu Europa mit 96 und Israel mit keinem einzigen. China steht durch seine hohe Anzahl an Internetnutzern und die vergleichsweise „unkomplizierte“ Sammlung von Daten zudem ein enormer Datenpool zum Training der KI-Algorithmen zur Verfügung. In Europa ist die Nutzung von Daten durch die strengeren Regulierungen stärker eingeschränkt.

In der Energiewirtschaft treten dynamische und innovative Anwendungen insbesondere bei Start-ups auf, die digitale Lösungen für die Energiewende entwickeln. Oftmals fehlt es ihnen jedoch noch an der Ausstattung mit den nötigen Ressourcen, um ihre Innovationen in die breitere Anwendung zu bringen.

¹ dena-Analyse „Künstliche Intelligenz für die integrierte Energiewende“ (2019): Der vollständige Bericht ist abrufbar unter: <https://www.dena.de/newsroom/publikationsdetailansicht/pub/dena-analyse-kuenstliche-intelligenz-fuer-die-integrierte-energie-wende/> (auch in Englisch verfügbar).

² Supercomputer sind die leistungsstärksten Computer ihrer Zeit, welche halbjährlich in der Top-500-Liste aufgeführt werden.

Über Kooperationen mit Großunternehmen und Forschungseinrichtungen entstehen mögliche Räume für die Entwicklung einer gemeinsamen KI-Vision im Energiesektor, anhand derer sich vielfältige Lösungen zur digitalen Transformation des Energiesystems noch effektiver fördern ließen. Gezielte Ausbildungsprogramme, die Expertisen aus den Bereichen IT und Energie kombinieren, stellen darüber hinaus eine wichtige Basis für die Zukunft dar.

Es zeigt sich, dass vor allem auch die unterschiedlichen politischen und ökonomischen Systeme einen Einfluss auf die Entwicklungsgeschwindigkeit im Bereich der KI besitzen. Mit Blick auf China ist festzustellen, dass das Aufnehmen und Auswerten von Daten u. a. auch für die Umsetzung des dortigen Regierungsprogramms genutzt wird. Ein Beispiel dafür ist das chinesische Sozialpunktesystem, bei dem Bürger mittels der über sie gesammelten Daten Punkte zugeteilt werden und sie je nach Punktestand Privilegien erhalten oder mit erheblichen Nachteilen rechnen müssen. In Europa wird dieses Vorgehen sehr kritisch beurteilt, da es mit einer erheblichen Missachtung von Privatsphäre und Persönlichkeitsrechten einhergeht. Der Schutz von Privatsphäre und Nutzerdaten spielt in Europa eine besonders wichtige Rolle, worin es sich stark von den USA und vor allem von China unterscheidet. Diese Haltung geht jedoch auch unweigerlich mit der teilweisen Einschränkung von Experimentierräumen im Umgang mit Daten einher.

In den letzten Jahren haben sowohl die Europäische Kommission als auch vereinzelte europäische Staaten eine KI-Strategie vorgelegt. Ein Fokus liegt hier eindeutig auf Fragestellungen zum ethischen Umgang mit digitalen Informationen und den sich verändernden Bedingungen in der Arbeitswelt. Jüngste Entwicklungen unter der neuen EU-Kommissionspräsidentin Ursula von der Leyen verweisen auf das Bestreben der EU, zukünftig die Rolle einer „globalen digitalen Schlüsselfigur“ einzunehmen, mit besonderem Augenmerk auf die Vervielfachung von KI-Unternehmen und KI-Fachpersonal (Hoppe, 2020). Hinsichtlich der Datenverfügbarkeit versucht Europa mit der kürzlich initiierten Breton-Datenstrategie aufzuholen. Demnach soll Entwicklern der Zugang zu personengeschützten und hochwertigen Daten erleichtert und Datenräume zum verbesserten Wissenstransfer unter den Akteuren geschaffen werden. Die exponentiell steigende Datenverfügbarkeit in den verschiedenen Industrien sowie Bestrebungen nach einer europäischen Daten-Cloud lassen auf eine höhere KI-Dynamik in Europa hoffen (ebd.). Im Fall der Datenräume richtet sich der Fokus allerdings weiterhin auf den Verkehrs-, Finanz- und Gesundheitssektor und sollte auf den nicht minderbedeutenden Energiesektor ausgeweitet werden. Beispielhaft ist hier die Umweltdatencloud in der KI-Strategie der Bundesregierung zu nennen. Demgegenüber setzt die US-amerikanische Regierung bei der KI-Forschung großes Vertrauen in die Universitäten und in das US-Militär. Unter der Trump-Regierung ist bis dato jedoch noch keine klare Strategie für KI zu erkennen. In Israel fordert die Israel Innovation Authority (IIA) die Regierung auf, eine KI-Strategie auszuarbeiten. Neue Regulierungen, wie die Senkung der Körperschaftssteuer für High-Tech-Unternehmen, sollen weitere Anreize für die Entwicklung von KI schaffen.

Potenziale und Herausforderungen von KI im Energie-Kontext gewinnen international an Aufmerksamkeit

Durch das erhöhte globale Verständnis für die Klimaproblematik steigt auch das Interesse daran, digitale Technologien in einem zukünftig deutlich komplexeren und zunehmend dezentral organisierten Energiesystem einzusetzen. Einige Nationen haben entsprechend das Lösungspotenzial eines automatischen Informationsaustausches und einer automatischen Informationsverarbeitung für die Energiewende bereits klar in ihren KI- und Digitalstrategien positioniert.

Gleichzeitig darf auch der bislang hohe Energieverbrauch der KI-Technologien nicht vernachlässigt werden, die Entwicklung energieeffizienter KI wird daher in Zukunft eine wichtige Rolle spielen.

Zur Etablierung von KI in der Energiewirtschaft über die Umsetzung von Pilotprojekten und Anwendungsfällen ist sowohl die Politik als auch die Wirtschaft angehalten, ihren Beitrag zu leisten.

Zeit zu Handeln – wie können wir KI für die Energiewende nutzbar machen?

Mit Blick auf die Nutzbarmachung von KI für die integrierte Energiewende kommt die vorliegende Analyse zu einigen Handlungsempfehlungen. Dazu zählt in erster Linie die Erforschung und Entwicklung von **energieeffizienter IT-Technik in Europa** und eine umfängliche **Analyse des Energiebedarfs** im Zuge des sich rasant entwickelnden Einsatzes verschiedener Verfahren der KI im Abgleich mit ihrem Nutzen. Dabei ist zu klären, wo sich das Rechenzentrum befindet, für welche Rechenprozesse die KI eingesetzt wird und Energie verbraucht und ob die KI mit CO₂-freien Energieträgern betrieben wird. Eine Untersuchung, die sich diesen durchaus komplexen Fragestellungen widmet, ist unerlässlich, um die Entwicklungen frühzeitig in die richtige Richtung zu lenken. **Europa und die Energiebranche können hier vorgehen und eine globale Vorbildfunktion einnehmen, indem ökologisch und ökonomisch ausgewogene Entwicklungspfade erarbeitet und aufgezeigt werden.**

Gleichermaßen kritisch, wie schon die Frage des Energieverbrauchs, ist die Frage des Umgangs mit Daten, die für das Trainieren von verschiedenen Formen der KI genutzt werden. Die Sicherheit von Datensätzen und der ausreichende Schutz von digitalen Informationen jeglicher Art, muss insbesondere dann gewährleistet werden, wenn der KI-Prozess bzw. das Zustandekommen der auf KI basierenden Ergebnisse nicht mehr vollständig nachvollzogen werden kann. Wird davon ausgegangen, dass der Einsatz von KI zukünftig auch ökonomisch von großer globaler Bedeutung sein wird, und stellen wir fest, dass der Erfolg der KI stark mit dem Einsatz und der Qualität von Daten korreliert, so muss es ein Ziel sein, die Datenherkunft genau nachzuvollziehen, zurechnen und bewerten zu können. Entsprechend ist auch für die Energiewirtschaft von übergeordneter Bedeutung, **erste Expertenrunden aufzusetzen und Modelle zu entwickeln**, die sich mit der Frage befassen, wie **Datenherkunft und Datenverwendung technologisch nachvollzogen und ökonomisch verwertet werden können.**

Ein **technologieübergreifendes Pilotierungslabor**, u. a. zur Erprobung des Potenzials von KI für die Energiewende und zum Ausbau von Synergien mit der Blockchain-Technologie, die **Einbindung in bestehende Programme zur Förderung und Beratung von KI-Start-ups in der Energiewirtschaft** sowie ein **offenes und interdisziplinäres Dialog-Forum** zu verschiedenen Fragestellungen im Kontext der Entwicklung von künstlicher Intelligenz für die Energiewirtschaft, sollte im Rahmen des von der dena aufgesetzten Future Energy Labs eine tragende Säule einnehmen.

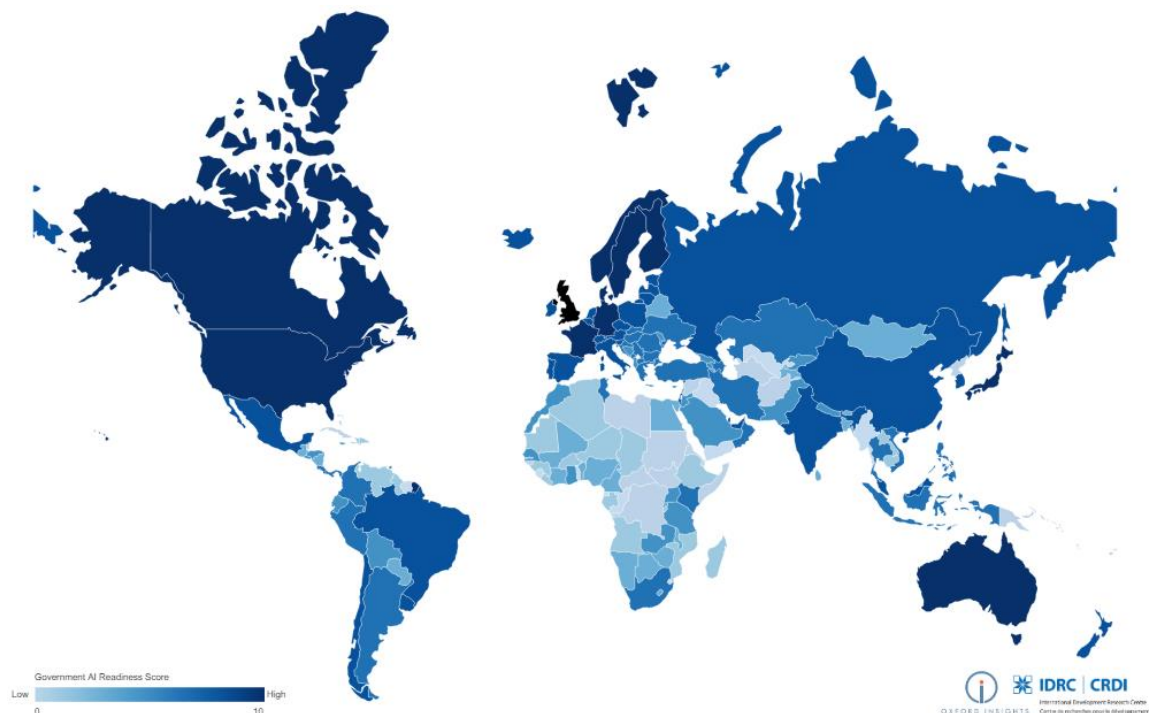
1 Globale Entwicklungen der KI

Die Begriffe künstliche Intelligenz und Energiewende sind fast täglich in den Medien präsent. Dass die Menschheit vor der Pflicht steht, Maßnahmen gegen den Klimawandel einzuleiten, ist nicht erst seit der Verabschiedung des Pariser Abkommens klar. Auch lässt sich absehen, dass Digitalisierung und die damit verbundenen Technologien eine bedeutende Rolle für das Gelingen der Energiewende spielen werden. Ohne eine digital gestützte Prozesslandschaft wird ein zukünftig stark dezentral geprägtes Energiesystem nicht effizient zu kontrollieren sein. KI hat das Potenzial, in einer Vielzahl von Anwendungsfeldern zum Einsatz zu kommen, wie die dena in ihrer im September 2019 veröffentlichten Analyse „Künstliche Intelligenz für die integrierte Energiewende“ dargelegt hat.³ Gleichzeitig zeigt eine repräsentative Umfrage⁴ im Auftrag der dena unter insgesamt 250 Führungskräften der deutschen Energiewirtschaft, dass aktuell noch eine ausgeprägte Zurückhaltung in deutschen Unternehmen herrscht, was Investitionen in KI betrifft. Lediglich 7 % haben in diesem Feld bereits investiert.

Um den Stand der künstlichen Intelligenz auch für den Einsatz in der Energiewirtschaft besser bewerten zu können, ist ein analytischer Blick auf die globalen Entwicklungen in diesem Bereich hilfreich. Ziel ist es, eine Übertragbarkeit der KI-Aktivitäten in anderen Regionen und Branchen auf die Energiewirtschaft zu prüfen. Dazu wurden die Ergebnisse einer Vielzahl an Studien und Berichten gesichtet und Implikationen für das Themenfeld Energie abgeleitet. Entsprechend betrachtet die vorliegende Analyse nicht nur den Energiesektor, sondern beleuchtet zunächst ganz allgemein aktuelle Trends der künstlichen Intelligenz in vier ausgewählten Ländern bzw. Regionen, die als KI-Vorreiter identifiziert wurden. Dies sind die USA, China, Israel und Europa. Der globale Ansatz verfolgt das Ziel, globale Trends zu identifizieren und für den heimischen Kontext nutzbar zu machen. Im zweiten Schritt werden die Übertragbarkeit dieser Trends auf die Energiewirtschaft geprüft und konkrete Handlungsempfehlungen für den Einsatz von KI für die integrierte Energiewende abgeleitet.

³ Mehr dazu in der dena-Analyse „Künstliche Intelligenz für die integrierte Energiewende“, s. o.

⁴ Von 24. April bis 8. Mai 2019 hat Mindline Energy im Auftrag der dena 250 Führungskräfte in Unternehmen der Energiewirtschaft in Deutschland zum Thema „Künstliche Intelligenz im Energiebereich“ befragt. Die Mehrheit der befragten Unternehmen ist in originären Feldern der Energiewirtschaft, wie Verbrauch, Handel, Erzeugung und Transport von Energie, tätig. Zwei Drittel der Unternehmen haben zwischen 10 und 49 Beschäftigte, 11 % 50 bis 99 Beschäftigte und 22 % mindestens 100 Beschäftigte.



Der 2019 von Oxford Insights und Kanadas International Development Research Centre (IDRC) erhobene Government AI Readiness Score zeigt, wie gut die Regierungen der UN-Mitgliedsstaaten auf den Einsatz von KI vorbereitet sind. Dabei wurden 11 Merkmale in die vier Cluster Kontrolle, Infrastruktur und Daten, Fähigkeiten und Bildung sowie Regierung und öffentlicher Dienst eingeordnet und analysiert. Die Top-10-Länder sind jene mit einer starken Wirtschaft und einem innovationsstarken Privatsektor. Die vorderen 20 Plätze im Ranking werden von westeuropäischen Ländern dominiert, wohingegen afrikanische und lateinamerikanische Länder nicht vorkommen. Überraschend ist die relativ niedrige Platzierung von China an 20. Stelle, die jedoch vor allem auf die nicht vorhandene Datenbasis zurückzuführen ist (Miller u. a., 2019).

Rang (von 194)	Land	Punkte (von 0 bis 10)
1	Singapur	9,186
2	Vereinigtes Königreich	9,069
3	Deutschland	8,810
4	USA	8,804
5	Finnland	8,772
6	Schweden	8,674
7	Kanada	8,674
8	Frankreich	8,608
9	Dänemark	8,601
10	Japan	8,582

Tabelle 1: Top-10-Ranking der Bereitschaft der Regierungen für KI 2018/19 (Miller u. a., 2019).

1.1 Der Anstieg künstlicher Intelligenz in der Forschung

„Künstliche Intelligenz wird bis circa 2029 das Niveau von menschlicher Intelligenz erreicht haben. Dazu kommt, dass wir bis – sagen wir – 2045 die menschlich biologische Maschinenintelligenz unserer Zivilisation um ein Tausendfaches multipliziert haben werden.“ – Raymond Kurzweil, Leiter der technischen Entwicklung bei Google

Die Anzahl an KI-Publikationen steigt stetig

Ein Indikator für die wachsende Bedeutung von KI ist u. a. die signifikante Zunahme von Forschungsprojekten in diesem Themenfeld.

Abbildung 1 zeigt den Anstieg von KI-Publikationen seit dem Jahr 1997. Die Grafik beinhaltet auch Konferenz- und Ausschreibungsbeiträge. Allein im Jahr 2017 wurden ca. 60.000 Publikationen im Bereich KI veröffentlicht. Das ist ein durchschnittlicher jährlicher Anstieg von 12,9 % in den letzten 5 Jahren (de Kleijn u. a., 2018).

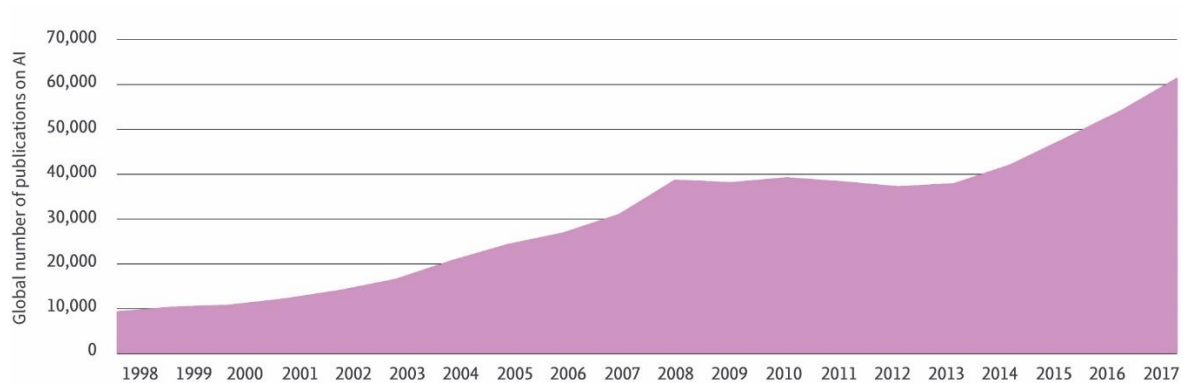


Abbildung 1: Jährliche Anzahl an KI-Publikationen (alle Arten von Dokumenten) von 1997 bis 2017 (de Kleijn u. a., 2018).

Vor allem die Anzahl an Publikationen in den Bereichen maschinelles Lernen und probabilistisches Schließen, neuronale Netzwerke und maschinelles Sehen ist in den letzten Jahren rapide angestiegen (ebd.).

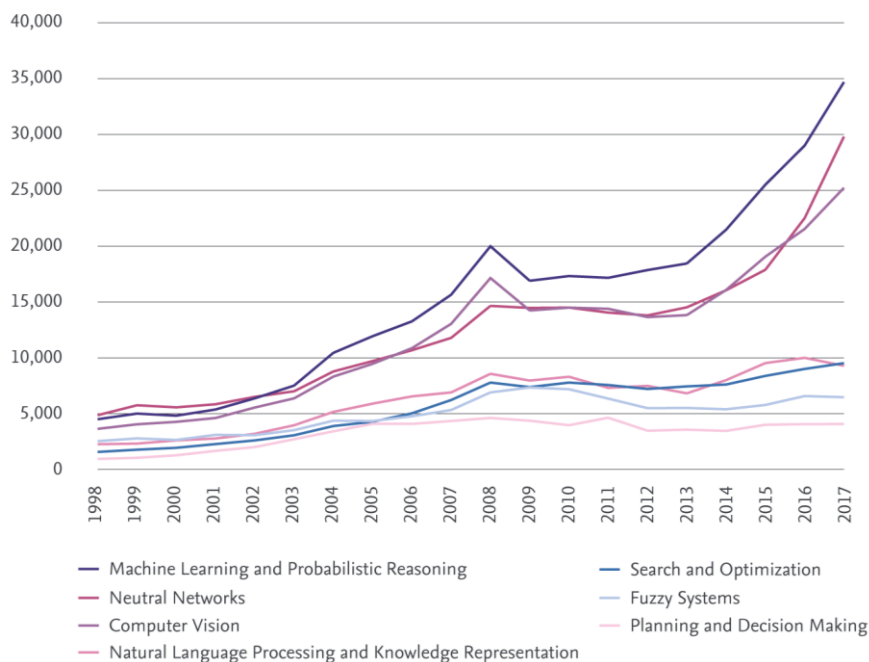


Abbildung 2: Jährliche Anzahl an KI-Publikationen nach einzeln oder gemeinsam auftretenden Stichwörtern (de Kleijn u. a., 2018).

Enorme Wachstumsraten für Patente in Deep Learning

Auch die Zahl der weltweiten Patentanmeldungen im Bereich KI hat in den letzten Jahren stetig zugenommen. Betrachtet man die Anzahl an KI-Patenten, so steht China an der Spitze, dicht gefolgt von den USA und Japan. Zusammen beanspruchen diese drei Länder 74 % aller globalen KI-Patente für sich (Tsinghua University, 2018). Laut der Weltorganisation für geistiges Eigentum (WIPO) wurden 50 % aller KI-Patente, insgesamt 170.000, seit 2013 angemeldet. Von diesen adressiert der Großteil das Thema maschinelles Lernen (Machine Learning). Der am schnellsten wachsende KI-Bereich ist das tiefe Lernen (Deep Learning), welches unter anderem in der Spracherkennung genutzt wird. Deep Learning liegt mit einer Wachstumsrate von 175 % zwischen 2013 und 2016 weit vor den anderen KI-Bereichen, deren durchschnittliche Wachstumsrate 33 % beträgt (UN News, 2019).

Allgemeine Forschungsaktivitäten

Der Fokus der verschiedenen von der OECD festgelegten Forschungs- und Entwicklungsbereiche ist – wie der Relative Aktivitäts-Index (RAI) zeigt – in den untersuchten Regionen sehr unterschiedlich ausgeprägt. Die Kennziffer gibt den relativen Anteil an Forschungsaktivitäten bezogen auf die globalen Forschungsaktivitäten in der jeweiligen Kategorie an. Zu erkennen ist, dass in den USA und Europa ein starker Fokus auf den Geisteswissenschaften liegt, in den USA zusätzlich noch auf dem Gesundheitswesen. In China hingegen konzentriert man sich stark auf die KI-Entwicklung in der Agrarwissenschaft und im Ingenieurwesen und auffallend wenig auf Geisteswissenschaften (de Kleijn u. a., 2018).

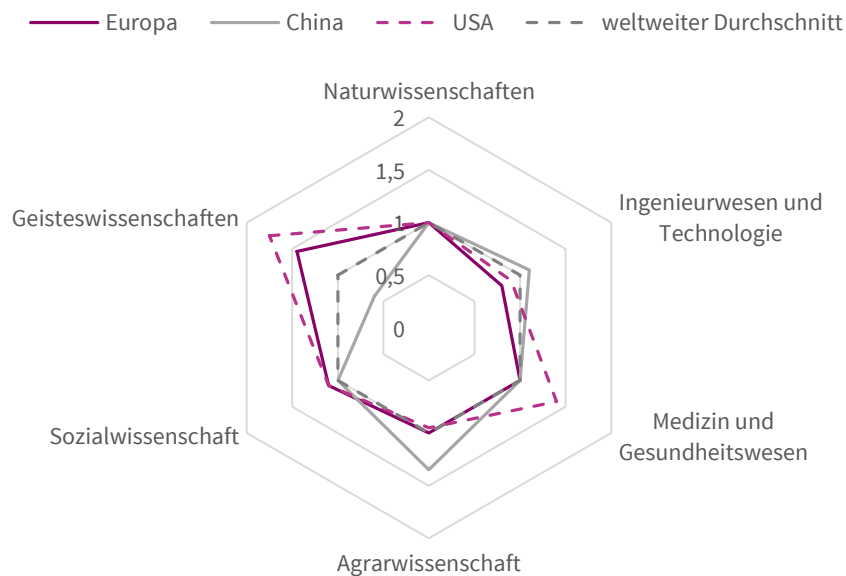


Abbildung 3: Relativer Aktivitäts-Index von Publikationen je Kategorie und Region, 2017 (eigene Darstellung nach de Kleijn u. a., 2018).

Wann kommt die starke KI?

Im Vergleich zur schwachen KI, die heutzutage zum Einsatz kommt und nur spezifische Probleme lösen kann, da sie nur in bestimmten Bereichen intelligent ist, umfasst die starke KI oder Artificial General Intelligence (AGI) alle Aspekte menschlicher Intelligenz (dena, 2019). Bei der Frage, wann die AGI technologisch zur Verfügung stehen wird, sind oftmals zwei Extrempositionen zu beobachten: jene, die die Meinung vertritt, starke KI werde bereits in den nächsten Jahren Realität werden, und diese, die sie generell für nicht realisierbar hält.

In einer Vielzahl von Umfragen wurden KI-Experten nach ihrer Meinung dazu befragt, in wie vielen Jahren KI das Niveau menschlicher Intelligenz erreicht haben wird. All diese Umfragen kommen zu keinem klaren Ergebnis. 2016 wurden z. B. 352 Machine-Learning-Forscher zu ihrer Einschätzung bezüglich des Fortschritts von KI und der zeitlichen Verfügbarkeit spezifischer KI-Funktionen befragt. „High-level machine intelligence“ (HLMI) wurde dabei definiert als eine Maschine, die ohne fremde Hilfe sämtliche Aufgaben besser und günstiger erledigen kann als ein Mensch. Die Befragung ergab eine 50-prozentige Chance, dass eine HLMI in den nächsten 45 Jahren erreicht werden kann und eine 10-prozentige Chance, diese bereits in 9 Jahren zu erreichen. Interessant ist auch die sehr unterschiedliche Einschätzung von asiatischen Experten (30 Jahre) und US-amerikanischen (74 Jahre) (Grace u. a., 2017).



Dr. Aljoscha Burchardt

Stellvertretender Standortsprecher des Deutschen Forschungszentrums für künstliche Intelligenz (DFKI) in Berlin

Welche globalen Entwicklungen lassen sich in der KI-Forschung beobachten?

Der Machine-Learning-Trend, insbesondere mit neuronalen Netzen, hält ungebrochen an. Langsam tastet man sich in der Forschung auch an die Fragen von Transparenz und Erklärbarkeit heran. Diese werfen einen dann aber wieder zurück, z. B. die Fragen, wie man allgemeines Weltwissen auf die Maschinen bringt und wie man sich in einem Mensch-Maschine-Dialog auf Augenhöhe austauschen kann.

Wie schätzt die Forschung die aktuellen Entwicklungen für eine schwache und eine starke KI ein? Wann kommt Ihrer Meinung nach die starke KI?

Mit den jetzigen Mitteln kommt sie meines Erachtens gar nicht. Entweder verstehen wir irgendwann, wie unser Gehirn funktioniert, und übertragen seine Funktionsweise dann auf die Maschinen (eher unwahrscheinlich) oder künstliche Einsicht, künstliches Bewusstsein etc. stellen sich zufällig ein, z. B. auf einem Supercomputer. Theoretisch könnten wir ja auch noch eine andere Methode finden, die nicht unser Gehirn zum Vorbild hat, so wie wir Menschen Fluggeräte erst mit Lederflügeln bauen wollten, dann aber Propeller und Turbinen erfunden haben. Das halte ich hier aber auch für eher unwahrscheinlich.

In welchen Bereichen wird KI bereits intensiv angewendet, in welchen Bereichen besteht das größte Potenzial?

KI wird z. B. in der Websuche oder der Medizinforschung eingesetzt. Das Potenzial ist vergleichbar groß wie das der Elektrifizierung, des Internets oder der Digitalisierung. KI hilft generell dort, wo die Aufgaben eher repetitiv sind, man also aus vergangenen Reaktionen gut auf künftige schließen kann. Ein Beispiel aus meinem Bereich ist die Übersetzung von Texten. Dabei kann man ganz gut aus vorhandenen Übersetzungen lernen.

Welche Rolle spielt KI in der Energiebranche?

Die Einsatzmöglichkeiten reichen von der Unterstützung mehrsprachiger Kommunikation, z. B. bei der Planung von transnationalen Trassen, bis hin zur Steuerung von Smart Grids. Da gibt es eigentlich nichts, was man nicht durch KI unterstützen könnte.

Europa liegt in der öffentlichen Wahrnehmung (mitunter aufgrund seiner Ausrichtung auf die Grundlagenforschung) als KI-Nation weit hinter den USA und China, die schneller in der Entwicklung und Anwendung sind.

Worin sehen Sie Chancen für europäische Akteure, im Rennen um KI aufzuholen?

Im Big-Data-Endkundengeschäft haben wir momentan tatsächlich keine allzu guten Chancen mehr. Ein Ansatz wird sicherlich sein, industrielle Lösungen für den Mittelstand zu entwickeln, die z. B. weniger Daten benötigen und in der Regel einen hohen individuellen Anpassungsbedarf haben. Hier spielen auch klassische KI-Themen wie Wissensmodellierung oder Planung eine Rolle, die von vielen internationalen Akteuren, die alleine auf maschinelles Lernen setzen, gar nicht beherrscht werden.

1.2 Wie beeinflusst künstliche Intelligenz die Wirtschaft?

„Die Geschwindigkeit des KI-Fortschritts ist unglaublich schnell. Wenn man nicht direkten Kontakt mit Gruppen wie Deepmind hat, hat man keine Ahnung, wie schnell, nahezu exponentiell. Das Risiko, dass etwas extrem Gefährliches passiert, liegt im Zeitrahmen von 5, maximal 10 Jahren.“ – Elon Musk, Unternehmer und Investor (u. a. Tesla und SpaceX)

KI wird die Arbeitswelt verändern

Es ist davon auszugehen, dass künstliche Intelligenz und automatisierte Prozesse global großen Einfluss auf sämtliche Wirtschaftssubjekte und Branchen haben werden. Der Arbeitsmarkt und dessen Anforderungen an die Arbeitskräfte werden sich wandeln – neue Tätigkeitsfelder werden entstehen, altbewährte Industrien verloren gehen und sich das Konsumverhalten ändern. Zudem werden sich neue Geschäftsmodelle entwickeln und höhere Produktionsmengen von Unternehmen aufgrund der hohen Automatisierungsraten erzielt werden. Letztlich werden die technologischen Fortschritte sowohl Divergenzen als auch Konvergenzen unter Nationen hervorrufen. In Zahlen veranschaulicht, wird es bis 2030 – allein durch die Integration von KI in bestehende Geschäftsprozesse – global betrachtet, bei einer jährlichen Wachstumsrate von 1,2 % zu einem zusätzlichen Wirtschaftswachstum zwischen 13 und 15,7 Billionen US-Dollar kommen (Bughin u. a., 2018; Berri-man u. a., 2018).

Angetrieben wird dieses Wachstum einerseits durch eine Steigerung der Produktivität, die von 2017 bis 2030 zu 55 % der Steigerung des Bruttoinlandsprodukts (BIP) durch KI beitragen wird sowie andererseits über eine verstärkte Nachfrage. Zusammengefasst werden beide Effekte mit einem höheren Einkommen, verbesserter Wohlfahrt durch größere Steuereinkünfte sowie einer erhöhten Nachfrage nach Arbeitskräften einhergehen (Barnard Roberts u. a., 2018).

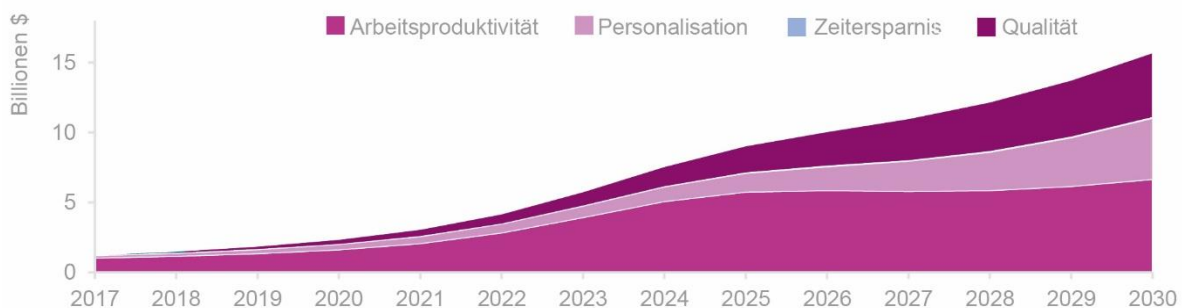


Abbildung 4: Globaler Einfluss von KI auf das BIP (Barnard Roberts u. a., 2018).

Zunächst wird sich die Entwicklung aufgrund von Lerneffekten mit der Technologie langsamer vollziehen, anschließend jedoch wettbewerbsgetrieben schneller ausbreiten. Nach Schätzungen von McKinsey werden bis 2030 etwa 72 % aller Unternehmen KI eingeführt haben und der ökonomische Nutzen wird bis 2030 dreimal höher sein als in den ersten fünf Jahren ihrer Entwicklung. Dieser wird sich voraussichtlich überwiegend bei entwickelten Staaten zeigen, während der Vorteil bei Schwellenländern geringer sein wird. Fortgeschrittene Volkswirtschaften sind aufgrund derzeitiger geringerer Wachstumsraten auf neue Wachstumstreiber angewiesen, daher werden sie vermutlich mehr in disruptive Technologien investieren als Entwicklungsländer (Bughin u. a., 2018).

Auch hinsichtlich der Arbeitseigenschaften werden sich signifikante Änderungen ergeben. Demnach werden sich die Tätigkeitsfelder weg von repetitiven Aufgaben und hin zu Tätigkeiten mit sozialen und kognitiven Anforderungsprofilen entwickeln (ebd.).

In der Gesamtsumme könnten demzufolge 326 Millionen Jobs mit künstlicher Intelligenz in Berührung kommen, wobei das Risiko der Beschäftigten, von Automatisierungsprozessen betroffen zu sein, abhängig von der jeweiligen Industrie sein wird. Am stärksten von der Automatisierung bedroht sind mehr als die Hälfte der Jobs im Transportwesen und der Lagerung (52 %), sowie Tätigkeiten in der Manufaktur (45 %). Auf Letztere werden sich die Auswirkungen aufgrund ihrer höheren Dichte von Arbeitenden jedoch stärker auswirken. Demgegenüber werden Jobs in den Bereichen Gesundheitswesen und Bildung aufgrund ihres starken sozialen Fokus weniger stark betroffen sein. Auf makroökonomischer Ebene werden sich beide Effekte, Verlust und Neugewinnung von Jobs, bis 2030 neutralisieren (Barnard Roberts u. a., 2018).

Steigende Investitionen im Bereich der KI

Das international gestiegene Interesse an KI-Technologien lässt sich auch am stetig wachsenden Eigenkapitalinvestment von Investmentfonds, Wagniskapital-Unternehmen und Corporate-Investoren an KI-Start-ups ablesen. Dies betrifft insbesondere die Sparte des autonomen Fahrens, die 2018 30 % aller Privatinvestitionen in KI-Start-ups auf sich vereinigt hat. Der stetige Anstieg der Gesamtinvestitionen veranschaulicht damit, dass Investoren zunehmend auf das Potenzial der künstlichen Intelligenz setzen. Insgesamt wurden seit 2011 mehr als 50 Milliarden US-Dollar in KI-Start-ups investiert, wobei der globale Trend von den USA und der Volksrepublik China angeführt wird. Zwei Drittel des globalen Investitionsvolumens fließen in US-amerikanische Unternehmen, was jedoch aufgrund des hohen Investitionsvolumens der USA, das technologieübergreifend 70 bis 80 % aller Wagniskapitalfinanzierungen weltweit auf sich vereinigt, nicht überraschend ist. Den schnellsten Anstieg verzeichnen chinesische Unternehmen, die im Jahr 2017 bereits 36 % der globalen Investments anziehen konnten, im Vergleich zu 3 % im Jahr 2015 (OECD, 2018).

Global gesehen spiegelt sich der KI-Trend ebenfalls in der Anzahl von Investment-Deals wider – von weniger als 200 Transaktionen im Jahr 2011 sind diese innerhalb der folgenden sechs Jahre weltweit auf 1.400 Deals pro Jahr gestiegen – was einem kumulierten jährlichen Wachstum von 35 % entspricht. Zudem zeichnet sich global ein höherer Durchschnittswert pro Finanzierung ab. Dies zeugt von größerer Reife, sowohl in den KI-Technologien als auch in den Strategien der Investoren, da sich höhere Finanzierungssummen auf weniger KI-Firmen konzentrieren. Beispielsweise lag 2012 lediglich ein einziger Deal zwischen 10 und 100 Millionen US-Dollar, während 2018 bereits 40 % aller Finanzierungen einen Wert in dieser Größenordnung besaßen. 4,4 % aller Deals verzeichneten einen Wert von mehr als 100 Millionen US-Dollar – im Jahr 2012 kein einziger (ebd.).



Dr. Rainer Hoffmann

Senior Manager Data & Analytics EnBW Energie Baden-Württemberg AG

Welchen Einfluss hat der verstärkte Einsatz von KI-Algorithmen auf die Wirtschaft?

Künstliche Intelligenz wirkt sich sehr positiv auf die Wirtschaft aus. Zum einen lassen sich mithilfe von KI Prozesse automatisieren, zum anderen entstehen gänzlich neue Produkte und Geschäftsmodelle. Routinetätigkeiten, die eigentlich menschliche Wahrnehmung erfordern, z. B. eine visuelle Inspektion von Erzeugnissen, können heute sehr gut von einer KI übernommen werden.

Dadurch werden viele Arbeitsplätze potenziell attraktiver, denn es fallen Arbeitsschritte weg, die monoton sind und sich ständig wiederholen. Der Fokus kann stattdessen auf die Aufgaben gelegt werden, die individuelles menschliches Handeln erfordern. KI kann allerdings auch Leistungen erbringen, zu denen ein Mensch niemals imstande wäre, wie etwa die kontinuierliche Auswertung von Millionen Datenpunkten zur Zustandsüberwachung von Anlagen. So werden Produkte und Services möglich, die es ohne KI nicht geben würde.

Wird Ihrer Meinung nach auf Seite der Wirtschaft genug in KI investiert?

In meiner Wahrnehmung investieren vor allem Firmen in diese Technologie, die den Mehrwert von KI verstanden haben. Insbesondere aus der nationalen Diskussion höre ich aber heraus, dass viele Unternehmen nicht wissen, wie sie sich konkret an KI heranwagen sollen. Daher vermute ich hinter zögerlichen Investitionen eine Unsicherheit der Unternehmen. Ich bin davon überzeugt, dass in jedem Unternehmen potenzielle Anwendungsfelder für KI existieren. Die Möglichkeiten z. B. im Bereich „Computer Vision“ oder im „Natural Language Processing“ sind sehr vielfältig. Daher würde ich mir wünschen, dass immer mehr Firmen das Potenzial von KI für sich entdecken. Das hat viel mit Kultur und Verständnis zu tun und gar nicht allzu sehr mit komplizierten Algorithmen.

Angesichts des boomenden Marktes für KI-Fachkräfte in Asien und den USA – wie kann man als europäisches Unternehmen KI-Spezialisten gewinnen und langfristig binden?

Aktuell ist das Recruiting von Spezialisten nicht ganz einfach. Es fängt damit an, dass nicht jeder ein KI-Experte ist, der dies in seinem Lebenslauf angibt. Gute Mitarbeiter mit einschlägiger Erfahrung zu bekommen, ist sehr schwierig – von Standortnachteilen ganz zu schweigen. Das Präsentieren von spannenden Use Cases auf Konferenzen und Meetups ist da für die Personalwerbung sicherlich hilfreich. Ich bin aber auch ein großer Verfechter der internen Qualifizierung von Mitarbeitern. Bevor man extern nach Experten sucht, sollte man intern schauen, wer sich für das Thema begeistert. Die Weiterbildungsangebote sind heute sehr vielfältig und erschwinglich.

Werden Unternehmen Ihrer Einschätzung nach wirtschaftlich von KI profitieren? Wenn ja, wie genau?

Viele Unternehmen sammeln bereits Erfahrung im Umgang mit KI. Dabei wird es in den nächsten Jahren entscheidend sein, eine KI effizient zu betreiben. Wer hier erfolgreich ist und KI kommerziell betreiben kann, wird sicherlich wirtschaftlich profitieren.

Sehen Sie durch den Einsatz von KI eher Chancen oder eher Risiken für die Wirtschaft?

Die Chancen überwiegen für mich eindeutig. Wenn ich KI verantwortungsbewusst einsetze und die Auswirkungen verstehe, d. h. auch die Risiken manage, werde ich von KI profitieren. Risiken kommen auf, wenn ich KI einsetze, ohne ein klares Verständnis davon zu haben. Durch Self-Service Analytics Tools werden zunehmend immer mehr Personen KI-Anwendungen entwickeln können, ohne eine Zeile Code selber schreiben zu müssen. Wenn das jedoch ungeschulte Personen machen, können die Ergebnisse der KI unerwünschte Folgen haben. Wir sollten KI immer als das begreifen, was sie ist: eine Sammlung statistischer Verfahren, deren Aussage immer nur mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit gilt. Und mit dieser Unsicherheit muss letzten Endes immer noch der Mensch umgehen und sie interpretieren können.

1.3 Wie wird künstliche Intelligenz gesellschaftlich wahrgenommen?

„Vielleicht sollten wir alle für einen Moment innehalten und uns darauf fokussieren, KI nicht nur besser und erfolgreicher zu machen, sondern auch zum Wohle der Menschheit.“ – Stephen Hawking, theoretischer Physiker und Astrophysiker

Künstliche Intelligenz ist nicht nur für die Industrie von Bedeutung, auch Konsumenten in aller Welt sind davon betroffen. Dementsprechend wurde eine Vielzahl an Umfragen durchgeführt, um die öffentliche Wahrnehmung von KI besser zu verstehen. Dabei wurden sowohl demografische als auch geografische Unterschiede berücksichtigt.

In dem Report „AI-Ready or Not: Artificial Intelligence Here We Come!“ hat die Kommunikationsberatung Weber Shandwick die Einstellung von Konsumenten zu KI in den USA, China, Kanada, dem Vereinigten Königreich und Brasilien analysiert und daraus Implikationen für die Marketingwelt abgeleitet. Demzufolge scheinen Konsumenten in China relativ viel über KI zu wissen, während in den USA und dem Vereinigten Königreich geringeres Wissen vorhanden ist. Gleichzeitig wird in Kanada und dem Vereinigten Königreich vergleichsweise geringes Potenzial in KI gesehen. China und Brasilien sind am optimistischsten sowohl in Bezug auf den Einfluss auf die Gesellschaft durch KI als auch auf den Einfluss auf den Einzelnen (Weber Shandwick, KRC Research, 2016).

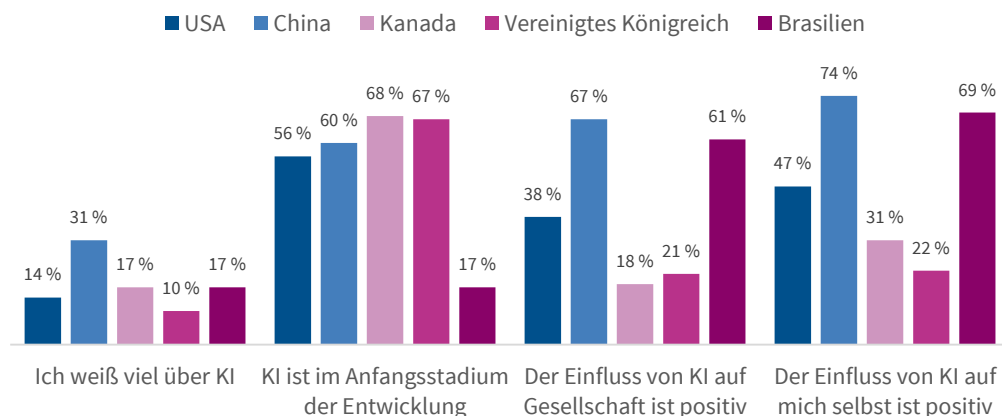


Abbildung 5: Länderbezogener wahrgenommener Einfluss von KI (eigene Darstellung nach Weber Shandwick, KRC Research, 2016).

Auch beim erwarteten Nutzen durch KI zeigen sich geografische Unterschiede: In China denken 89 % der Befragten, dass der größte Nutzen von KI in der Zeitersparnis liegt, in den USA (71 %) und dem Vereinigten Königreich (56 %) ist es für die meisten die Fertigstellung von Aufgaben, die zu schwierig oder zu gefährlich für Menschen sind, und sowohl in Kanada (73 %) als auch in Brasilien (82 %) erhofft man sich, dass durch KI der Zugang zu relevanten Informationen und Nachrichten erleichtert wird. Gleichzeitig besteht aufseiten der Konsumenten auch große Unsicherheit. Dabei ist in allen fünf Ländern die größte Sorge, dass KI für kriminelle Zwecke genutzt werden könnte (USA: 92 %, China: 86 %, Kanada: 98 %, Vereinigtes Königreich: 89 %, Brasilien: 96 %), dicht gefolgt von dem möglichen Verlust von Arbeitsplätzen und der Befürchtung eines wenig sicheren Umgangs mit persönlichen Daten und der Privatsphäre (ebd.).

In der Dynamic-Digital-Consumers-Umfrage hat Accenture 26.000 Konsumenten in 26 Ländern befragt und aus den Ergebnissen vier wichtige Erkenntnisse abgeleitet: KI nimmt eine zentrale Rolle im Leben der Konsumenten ein, neue interaktive Funktionalitäten erhöhen die Nachfrage nach Smartphones,

neue Anwendungsmodelle entstehen und Konsumenten möchten mehr Kontrolle über die Verwendung ihrer Daten haben. Beispielsweise sehen Konsumenten den größten Nutzen bei der Verwendung von computerbasierten Anwendungen im Vergleich zu menschlichen Beratern in den folgenden Bereichen. Vor allem die ständige Verfügbarkeit der Beratungsleistungen scheint für die Konsumenten ein entscheidender Vorteil zu sein (Björnsjö u. a., 2017).

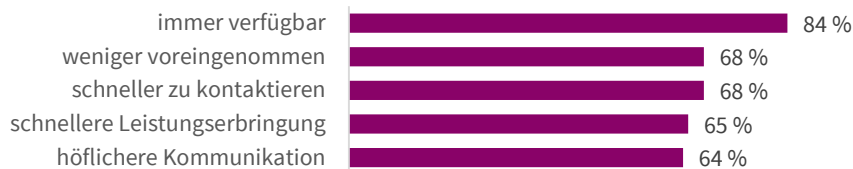


Abbildung 6: Prozent der Befragten, die den benannten Vorteilen von computerbasierten Anwendungen zustimmen (eigene Darstellung nach Björnsjö u. a., 2017).

Eine Analyse aller Artikel und Statements der Tageszeitung New York Times über eine Periode von 30 Jahren veranschaulicht die Entwicklung der öffentlichen Wahrnehmung zu diesem Thema. Dabei wurden verschiedene Merkmale zur Quantifizierung von Hoffnung und Sorgen, Optimismus und Pessimismus sowie weiteren Themen im Bereich KI definiert. Es konnte festgestellt werden, dass seit 2009 die Anzahl an Berichten zu KI stark ansteigt. Diese sind eher optimistisch als pessimistisch, trotzdem steigen die Bedenken hinsichtlich des Kontrollverlusts aufgrund von KI, ethischer Fragestellungen und des möglichen negativen Einflusses von KI in der Arbeitswelt. Die größten Hoffnungen bestehen in den Bereichen Gesundheitswesen und Bildung (Fast, Horvitz, 2016).



Univ. Prof. Dr. Sabine Theresia Köszegi

Professorin für Arbeitswissenschaft und Organisation an der TU Wien

Vorsitzende des österr. Rates für Robotik und Künstliche Intelligenz

Mitglied der High-level Expert Group on Artificial Intelligence der Europäischen Kommission

Welche gesellschaftlichen Auswirkungen sind durch den zunehmenden Einsatz von KI in allen Lebensbereichen zu erwarten?

Als Universaltechnologie, wie z. B. der elektrische Strom oder das Internet, wird auch KI zunehmend alle Lebens- und Arbeitsbereiche radikal verändern und dabei ganze Wertschöpfungsketten sowie gesellschaftliche Strukturen transformieren. Trotz der enormen Potenziale – v. a. zur Lösung großer Herausforderungen wie dem Klimawandel – birgt KI auch substantielle Risiken für die Gesellschaft, die wir noch nicht in vollem Ausmaß abschätzen können. Hier stehen wir allerdings vor dem Dilemma, dass gesellschaftliche und soziale Auswirkungen von Technologien schwierig vorherzusagen sind, solange sie noch nicht ausreichend entwickelt und verbreitet sind.

Wo liegen ethische Risiken des KI-Einsatzes?

Die ethischen Fragen sind zahlreich und betreffen unter anderem die Verwendung des den KI-Technologien zugrundeliegenden Datenmaterials. So werden mittlerweile unter dem Begriff „Datafizierung“ kritische Entwicklungen diskutiert, wie KI-Technologien in unsere Privatsphäre eingreifen und dabei unsere tiefsten und intimsten Bereiche offenlegen.

Damit machen sich Menschen verletzlich, weil ihre Wünsche, Bedürfnisse und Sehnsüchte vorhersehbar und z. B. mittels gezieltem Verhaltens-Engineering manipulierbar werden. Darüber hinaus besteht das Risiko, dass im für die KI-Technologie verwendeten Datenmaterial bestehende Stereotype oder Vorurteile gegenüber bestimmten Bevölkerungsgruppen reproduziert werden, die letztlich zu ungerechtfertigten, gegebenenfalls auch politisch motivierten Entscheidungen führen könnten. Diese Entwicklungen führen folglich auch zu einer schrittweisen Einschränkung menschlicher Freiheit und Selbstbestimmung und werfen daher zwangsläufig Fragen zu unserem Demokratieverständnis auf.

Während China und die USA mit harten Mitteln um die KI-Vormachtstellung kämpfen, verfolgt Europa einen ethisch basierten Ansatz. Kann das Ihrer Meinung nach funktionieren?

Ganz eindeutig: Ja! Denn im Kontext des schnellen technologischen Wandels sind ethische Überlegungen unabdingbar, damit Vertrauen auch in Zukunft ein zentrales Element gesellschaftlichen, wirtschaftlichen und politischen Handelns ist. Das Konzept einer „vertrauenswürdigen KI“, das auch die Europäische Kommission vertritt, ist der Schlüssel zu einer „verantwortlichen Wettbewerbsfähigkeit“. So soll die Grundlage dafür geschaffen werden, dass alle von KI-Technologien betroffenen Personen darauf vertrauen können, dass Konstruktion, Entwicklung und Nutzung dieser Systeme rechtmäßig, ethisch und robust sind.

China nutzt KI für sein Sozialkreditsystem. Wie groß ist das Potenzial von KI in totalitären Staaten? Welche gesellschaftlichen Risiken sind damit verbunden und kann diese ethische Position Chinas zu einer Bedrohung in Europa führen?

Im Gegensatz zu liberalen Staaten gibt es in China bewusste Anstrengungen vonseiten des Regimes, den politischen Diskurs auf persönlicher Ebene mithilfe des Internets und fortschrittlicher Überwachungstechnologien zu beeinflussen. Dabei setzt die chinesische Regierung mittlerweile auch KI-Technologie ein, die sowohl online als auch offline Daten für ihr umstrittenes Sozialkreditsystem zusammenführen und nutzen soll, mit dem Ziel, regimekritisches Verhalten durch Zensur zu unterdrücken. Die damit einhergehenden Risiken für die Gesellschaft sind beträchtlich, allen voran die Bedrohung für die geistige Selbstbestimmung und Gesundheit sowie die Einschränkung der Freiheit des Einzelnen im Allgemeinen durch Zwang und ungerechtfertigte Massenüberwachung. China ist ein Beispiel dafür, wie neue Technologien für politische Zwecke eines autoritären Staates explizit missbraucht werden können. In Bezug auf liberale Staatensysteme wie in Europa sehe ich die Gefahr eher darin, dass durch die Marktdominanz einiger weniger Unternehmen (Stichwort: „Überwachungskapitalismus“) unsere gesellschaftlichen Strukturen und somit auch unsere politischen Systeme auf subtile Weise verändert werden. Bereits heute bestimmen Algorithmen auch in Europa in einem großen Ausmaß, welche Informationen wir bekommen und welche Produkte bzw. Dienstleistungen wir kaufen wollen.

Sehen Sie durch den Einsatz von KI eher Chancen oder eher Risiken für die Gesellschaft?

Aus gesellschaftlicher Perspektive ist der zunehmende Einsatz von KI insgesamt sowohl mit Chancen als auch mit Risiken verbunden. Für mich persönlich überwiegen die Chancen, vorausgesetzt, wir schaffen es, die Idee einer vertrauenswürdigen KI erfolgreich zu etablieren und gleichzeitig den mit KI verbundenen Risiken – d. h. digitale, physische und politische Sicherheitsrisiken – angemessen und verhältnismäßig zu begegnen. Insbesondere können KI-Systeme dabei helfen, die Ziele für nachhaltige Entwicklung der Vereinten Nationen zu erreichen. Des Weiteren können uns solche Systeme auch bei der Überwachung von Indikatoren helfen, die Fortschritte in den Bereichen Nachhaltigkeit und sozialer Zusammenhalt messen. Um dies zu erreichen, müssen KI-Systeme auf den Menschen ausgerichtet sein und auf der verpflichtenden Grundlage stehen, dass ihre Nutzung in den Diensten der Menschheit und des Gemeinwohls steht, mit dem Ziel, menschliches Wohl und menschliche Freiheit zu mehren.

2 Regionen im Detail – Rahmenbedingungen für KI

2.1 Europa: der ethische KI-Ansatz

Im Vergleich zu den anderen Ländern und Regionen der Welt zeichnet sich Europa vor allem durch einen starken Fokus auf den ethischen und vertrauensvollen Umgang mit künstlicher Intelligenz aus. So hat eine von der EU-Kommission berufene Expertenkommission aufbauend auf der europäischen Strategie zur künstlichen Intelligenz 2019 ethische Leitlinien für die Entwicklung und Nutzung vertrauenswürdiger KI in der EU vorgelegt. Diese sehen u. a. vor, dass KI zum Wohle der Gesellschaft eingesetzt werden soll, indem sie das menschliche Handeln und die Wahrung der Grundrechte unterstützt. Auch wird darin die Bedeutung von Privatsphäre und der Hoheit der Bürgerinnen und Bürger über ihre eigenen Daten hervorgehoben.

Allerdings sind die Strategien und Geschwindigkeiten, mit denen die einzelnen europäischen Länder das Thema KI politisch vorantreiben unterschiedlich. Die führenden KI-Nationen sind das Vereinigte Königreich, Deutschland, Frankreich sowie die skandinavischen Länder, die allesamt über eigene Strategien für den Einsatz und die Förderung von KI verfügen.

2.1.1 Politik und Gesellschaft

Im April 2018 hat die Europäische Kommission ihre KI-Strategie veröffentlicht, die vor allem den Menschen in den Mittelpunkt stellt, auf europäischen Werten basiert und damit einen ethischen Ansatz verfolgt. Um die Wettbewerbsfähigkeit Europas im globalen KI-Markt zu stärken, haben sich die 28 Mitgliedsstaaten der Europäischen Union und Norwegen zur Zusammenarbeit verpflichtet und folgende Ziele definiert:

- Der Einsatz von KI soll in der gesamten privaten und öffentlichen Wirtschaft durch die Vergrößerung der technologischen und industriellen Leistungskapazität verstärkt werden. Hierbei spielen der Zugang zu Daten sowie Investitionen in die Forschung und Entwicklung eine wichtige Rolle.
- Um auf die sozioökonomischen Änderungen, wie die Modifikation von Tätigkeitsprofilen in der Arbeitswelt, vorbereitet zu sein, sollen Bildungs- und Ausbildungssysteme modernisiert und angepasst werden. Dies beinhaltet Umschulungsprogramme für Berufstätige, die Förderung digitaler Fähigkeiten in MINT-Fächern und die Unterstützung von Partnerschaften in der Wirtschaft, um mehr KI-Talente anzuwerben und zu halten.
- Zur Wahrung der Werte der Europäischen Union und zur Festlegung der ethischen Rahmenbedingungen wurden Leitlinien der KI formuliert. Diese sind das Ergebnis einer detaillierten Analyse der veränderten Herausforderungen und der Kollaboration verschiedener Interessensvertreter.

Im Rahmen des Forschungs- und Innovationsprogramms „Horizont 2020“ sollen hierfür zwischen 2018 und 2020 rund 1,5 Milliarden Euro investiert werden. Mithilfe der Mitgliedsstaaten und des privaten Sektors sollen die Gesamtinvestitionen der EU auf jährlich 7 Milliarden Euro bzw. einen Gesamtbetrag von 20 Milliarden Euro bis 2020 steigen. Ein starker Fokus liegt hierbei auf der Förderung von Grundlagenforschung sowie marktschaffenden Innovationen. Neben dem Aufbau von KI-Exzellenzzentren sollen auch kleine und mittlere Unternehmen ermutigt werden, KI-Technologien anzuwenden, indem ihnen diese einfacher zugänglich gemacht werden (EU-Kommission, 2018b).

Aufbauend auf diesem ersten Strategieplan wurde im Dezember 2018 ein koordinierter Handlungsplan als strategischer Rahmen für das weitere Vorgehen veröffentlicht. Dieser sieht vor allem die Ausarbeitung nationaler KI-Strategien auf Basis der europäischen Maßnahmen durch alle Mitgliedsstaaten bis Mitte 2019 vor (EU-Kommission, 2018a). Einige Staaten haben inzwischen bereits nationale KI-Strategien veröffentlicht.

■ Deutschland

Für 2019 und die Folgejahre werden jeweils 500 Millionen Euro zur Verstärkung der KI-Strategie zur Verfügung gestellt. Bis zum Jahr 2025 sollen somit insgesamt etwa 3 Milliarden Euro für die Umsetzung der Strategie zur Verfügung gestellt werden, wobei diese Summe sich in weiterer Folge aufgrund der Hebelwirkung auf Wirtschaft, Wissenschaft und Länder verdoppeln soll. Im November 2018 hat die Bundesregierung dazu 12 Handlungsfelder für die Zukunft der KI definiert, aus welchen wiederum 14 Ziele abgeleitet wurden. Ferner wurden zahlreiche Maßnahmen vorgeschlagen, um diese Ziele zu erreichen.

Vorrangig sollen drei Ziele verfolgt werden:

(I) Europa, und hier vor allem Deutschland, soll sich zu einem führenden KI-Standort entwickeln, um künftig wettbewerbsfähig zu bleiben. Um dies umzusetzen, soll ein weltweit anerkanntes Deutsches Gütesiegel „Artificial Intelligence (AI) made in Germany“ geschaffen werden. Deutschland soll ein attraktiver Forschungs-, Innovations- und Wirtschaftsstandort für Experten der künstlichen Intelligenz in Europa werden. Unter Beachtung der Datensouveränität der Bürger sollen spezifische Datenbestände zur Schaffung von KI-basierten Geschäftsmodellen verfügbar gemacht werden.

(II) Gleichzeitig soll die Entwicklung und Nutzung von KI verantwortungsvoll und zum Nutzen des Gemeinwohls erfolgen. Dazu muss überprüft werden, ob bestehende Leitlinien abgeändert werden müssen, um die geltenden ethischen und rechtlichen Grundsätze weiterhin einhalten zu können.

(III) Letztlich soll die KI sowohl ethisch als auch rechtlich, kulturell und institutionell in die Gesellschaft eingebettet werden. Dabei soll die Entwicklung vor allem auf den Menschen zentriert sein und das Potenzial von KI auch für nachhaltige Anwendungen genutzt werden (BMBF, 2018b).

■ Finnland

Im Dezember 2017 hat Finnland den ersten Bericht des Artificial intelligence programmes, in Auftrag gegeben vom dortigen Ministerium für Wirtschaft und Arbeit, veröffentlicht. Dieser beinhaltet acht Leitaktionen für eine erfolgreiche Nutzung von KI in Finnland. Dies sind beispielsweise die Erhöhung der Investitionen, die effizientere Nutzung von Daten, die Förderung von KI-Experten und die Schaffung neuer Kooperationsmodelle (TEM, 2017). Im Juni 2019 wurde der finale Bericht dieses KI-Programms präsentiert, ergänzt um drei weitere Leitaktionen, die wiederum unterteilt sind in bereits ergriffene Maßnahmen, die dabei gemachten Erfahrungen sowie Empfehlungen für die Zukunft. Er beinhaltet außerdem eine Vision, wo Finnland im Jahr 2025 bezüglich KI stehen soll (TEM, 2019).

■ Frankreich

Am 29. März 2018 hat der französische Präsident Emmanuel Macron die nationale KI-Strategie auf Basis des Berichts des französischen Abgeordneten und Mathematikers Cédric Villani veröffentlicht. Darin werden die folgenden Schwerpunkte gesetzt:

Mittels der Förderung von Experten und des Ausbaus des KI-Ökosystems soll der Standort Frankreich attraktiver für internationale Pioniere gemacht werden.

Hierfür soll, koordiniert durch das Nationale Forschungsinstitut für Informatik und Automatik (Institut national de recherche en informatique et en automatique, INRIA), ein nationales KI-Programm aufgesetzt sowie die Zahl der Studenten mit KI-Wissen bis zum Ende des 5-Jahres-Planes verdoppelt werden. Auch die Synergien zwischen öffentlicher Forschung und Industrie sollen verstärkt werden, indem Forscher die Hälfte ihrer Zeit statt aktuell nur 20 % für private Unternehmen aufwenden. Des Weiteren soll eine offene Datenpolitik für die Anwendung von KI in vielversprechenden Bereichen eingeführt werden. Gleichzeitig soll jedoch auch ein europäisches Rahmenwerk zur Datennutzung entwickelt werden, um die Privatsphäre der Nutzer zu schützen. In weiterer Folge soll eine internationale KI-Expertengruppe gebildet werden, mit der Aufgabe, ethische Rahmenbedingungen zu definieren, welche die Bevölkerung für die digitale Transformation als Folge der Anwendung von KI vorbereiten sollen.

Für die Erreichung dieser Ziele will die Regierung bis Ende 2022 1,5 Milliarden Euro in die Entwicklung von KI stecken, 700 Millionen davon in die Forschung. Hierbei soll der Fokus auf den Bereichen Gesundheitswesen und Mobilität sowie auf Umwelt und Verteidigung liegen. So soll z. B. das vollautomatisierte Fahren bis 2022 in Frankreich zugelassen sein (Villani u. a., 2018).

■ Schweden

Im Dezember 2017 wurde der Bericht „Artificial intelligence in Swedish business and society: Analysis of development and potential“ in Auftrag gegeben und nachfolgend von der schwedischen Regierung veröffentlicht. Dieser zeigt die Möglichkeiten der KI auf und priorisiert wichtige KI-Projekte für Schweden. Als KI-Bereiche, die im Speziellen wichtig für die Entwicklung der schwedischen Industrie wie auch für die Bevölkerung sind, wurden in dem Bericht unter anderem genannt: Reisen und Transport, Nachhaltigkeit und Smart Cities Gesundheit sowie Sicherheit und Finanzdienstleistungen (Vinnova, 2018).

Im Februar 2019 wurde der „National Approach to Artificial Intelligence“ veröffentlicht, welcher die nach Einschätzung der Regierung notwendigen Maßnahmen aufzeigt, um Schweden bei der Entwicklung und Nutzung von KI an vorderster Front zu positionieren. Die wichtigsten Voraussetzungen dafür sind dem Bericht nach die Stärkung des Bildungs- und Weiterbildungssektors, der Forschung und Innovations- und Anwendungsinitiativen. Für die einzelnen Bereiche würden jeweils passende Richtlinien und eine geeignete Infrastruktur benötigt, die jene der Europäischen Union ergänzen sollten (Näringsdepartementet, 2018).

Dazu hat die Regierung bereits 2018 und 2019 eine Investition von 40 Millionen Schwedischen Kronen (~3,73 Millionen Euro) in verschiedene Universitäten getätigt, damit diese ihre KI-Experten trainieren können. Schwedens Innovationsagentur Vinnova, Verfasser des Berichts von 2017, hat angekündigt, signifikante Investitionen über die nächsten 10 Jahre zu tätigen. Außerdem hat der schwedische Digitalisierungsminister Peter Eriksson eine KI-Arena in Gothenburg gestartet, die die Kollaboration von Akteuren fördern und schwedische Unternehmen stärken soll (FLI, 2018).

■ Vereinigtes Königreich

Im Rahmen der Industriestrategie wurde gemeinsam mit dem Ministerium für Wirtschaft, Energie und Industriestrategie (Department for Business, Energy and Industrial Strategy, BEIS) und dem Ministerium für Digitales, Kultur, Medien und Sport (Department for Digital, Culture, Media & Sport, DCMS) sowie den KI-Experten Professor Dame Wendy Hall und Jérôme Pesenti im März 2018 der „AI Sector Deal“ gestartet. Die wichtigsten politischen Maßnahmen sind hier in die fünf Kategorien Ideen, Menschen, Infrastruktur, wirtschaftliches Umfeld und Orte aufgeteilt. Die gesamten F&E-Investitionen bis 2027 sollen 2,4 % des BIP betragen.

Zusätzlich zum bestehenden, weltweit anerkannten Hochschulbildungssystem soll ein ebenso renommiertes technologisches Bildungssystem entstehen. Dafür sollen unter anderem 406 Millionen Britische Pfund (~445 Millionen Euro) in die Ausbildung technischer Spezialisten investiert werden, um dem Mangel an MINT-Fachkräften entgegenzuwirken.

Die Infrastruktur soll durch Investments in das Ladenetz für Elektrofahrzeuge sowie den Ausbau des 5G-Netzes gefördert werden. Zudem sollen in Zukunft vermehrt Partnerschaften zwischen Industrie und Regierung eingegangen und Maßnahmen für das effiziente Wachstum kleiner und mittlerer Unternehmen (KMU) ausgearbeitet werden. Schließlich soll der Transport zwischen den Städten verbessert werden, um die Vernetzung dieser zu stärken (Clark u. a., 2018).

Das im Juni 2017 gegründete Select Committee on Artificial Intelligence hat im April 2018 einen Report mit dem Titel „AI in the UK: ready, willing and able?“ präsentiert. Dieser gesteht ein, dass das Vereinigte Königreich bezüglich Investitionsvolumen und Personalressourcen nicht mit China oder der USA mithalten kann, empfiehlt aber, sich dafür einen Wettbewerbsvorteil durch die Konzentration auf die ethischen Aspekte von KI zu verschaffen. Außerdem wurden der britischen Regierung in Form eines sogenannten „AI Code“ fünf Prinzipien vorgeschlagen:

(1) KI soll für den Gemeinnutzen und zum Wohle der Menschheit entwickelt werden. (2) KI soll auf der Basis von Verständlichkeit und Fairness operieren. (3) KI soll nicht zur Minderung von Datenschutz und Privatsphäre von Individuen, Familien oder Gemeinschaften genutzt werden. (4) Alle Bürger haben das Recht, sich so weiterzubilden, dass sie sich mental, emotional und wirtschaftlich Seite an Seite mit der KI entwickeln können. (5) Die autonome Macht, Menschen zu verletzen, zu zerstören oder zu betrügen, soll niemals in die Hände von KI gelangen (Select Committee on Artificial Intelligence, 2018).

Im Juni 2018 hat die Regierung dazu Stellung bezogen und viele der Intentionen und Empfehlungen aus dem Bericht übernommen (DEBEIS, 2018).

Weiterhin hat Litauen im April 2019 seine KI-Strategie „A Vision of the Future“ veröffentlicht. Russland arbeitet momentan an einer nationalen F&E-KI-Strategie. Die irische Regierung hat bereits zahlreiche KI-Workshops veranstaltet und ein nationales KI-Masterprogramm gestartet. Spanien hat im März 2019 eine KI-Forschungs-, -Entwicklungs- und -Innovationsstrategie präsentiert. Die Agentur für ein digitales Italien hat eine interdisziplinäre KI-Task-Force ins Leben gerufen. In Österreich arbeitet der Rat für Robotik und künstliche Intelligenz an einer nationalen KI-Strategie. Dänemark besitzt bereits eine Digitalstrategie, die neben anderen Technologien auch einen Fokus auf KI legt (FLI, 2019).

Gesellschaftliche Akzeptanz für KI in Europa

Im März 2017 wurde im Auftrag der Europäischen Kommission eine Umfrage unter 28.000 EU-Staatsbürgern durchgeführt, die deren Einstellung zum Einfluss von Digitalisierung und Automatisierung auf das tägliche Leben zum Inhalt hatte. Dabei wurde auch auf das Thema Robotik und KI eingegangen, welchem 81 % der Befragten positiv gegenüberstehen. 68 % glauben, dass Roboter und KI gut für die Gesellschaft sind. Grundsätzlich betrachten Personen, die in den letzten 12 Monaten von KI gehört, gelesen oder diese erlebt haben, die technischen Entwicklungen positiver. Die größten Bedenken gibt es im Bereich der Arbeitswelt. Viele Befragte fürchten, dass durch KI mehr Arbeitsplätze verschwinden werden als neue entstehen.

Mehr als ein Drittel würde einen Roboter bei der Arbeit oder zur Zustellung von Waren nutzen, deutlich weniger wären einverstanden mit dem Einsatz in medizinischen Eingriffen oder der Altenpflege. Insgesamt sind aber 88 % der Umfrageteilnehmer der Meinung, dass man mit der Forschung und Entwicklung dieser Technologien sehr vorsichtig umgehen muss (EU-Kommission, 2017).

2.1.2 Forschung und Technologie

In Europa gibt es unterschiedliche länderübergreifende Organisationen, die sich mit der Forschung zu KI und deren Entwicklung auseinandersetzen. Eine davon ist die Confederation of Laboratories for Artificial Intelligence Research in Europe (CLAIRE), eine Initiative mit dem Ziel eines Bündnisses von KI-Forschungslaboren, welches eine „Markenbekanntheit“ ähnlich der Europäischen Organisation für Kernforschung CERN erreichen soll. Dieser Initiative haben sich bereits zahlreiche Forschungsinstitute und Wissenschaftler angeschlossen. Dafür wollen die Initiatoren ein CLAIRE-Hub bilden, um den Wissensfluss zu den Heimatinstitutionen der beteiligten Wissenschaftler zu vereinfachen. Dabei ist es ihnen wichtig, vertrauenswürdige KI zu fördern sowie die gesamte europäische Bevölkerung miteinzubeziehen (CLAIRE, 2019).

Die Initiative European Laboratory for Learning and Intelligent Systems (ELLIS) fokussiert in der Hauptsache auf die technologische Zusammenarbeit, um Europa zu einem führenden KI-Standort zu machen. Um dies zu erreichen, verfolgen die Akteure zwei Wege: zum einen die Verfolgung des Ziels der besten KI-Grundlagenforschung in Europa und zum anderen, durch die Forschung Arbeitsplätze zu schaffen und wirtschaftlichen Einfluss zu gewinnen, unabhängig von den Interessen der Industrie. Dazu arbeiten sie eng mit CLAIRE zusammen und unterstützen gegenseitig die jeweiligen Projekte des Partners. Ziel ist es, die Kooperation zwischen den Ländern durch Maßnahmen, wie die Schaffung von internationalen Ausbildungsprogrammen oder Forschungslaboren, zu stärken (ELLIS, 2019).

Die European Association for Artificial Intelligence (EurAI) fungiert als Dachverband für zahlreiche nationale KI-Gesellschaften und Fachbereiche im Bereich KI (Winter, 2019).

Betrachtet man die Verteilung von KI-Laboren quer durch Europa, so dominieren mit zusammengenommen 50 % ganz klar Frankreich, das Vereinigte Königreich, Deutschland und Spanien. Dabei liegt Frankreich hier mit 21 % aller europäischen KI-Labore, bzw. einer Gesamtzahl von 82, an der Spitze. Hervorzuheben ist auch, dass sich 70 % aller Labore der genannten Top-4-Länder an öffentlich finanzierten Schulen und Universitäten befinden. Hier sind vier Themengruppen besonders präsent: Technologie, Finanzdienstleistungen, Unterhaltung/Medien/Kultur sowie Gesundheitswesen/Biotechnologie. Zusätzlich werden aber auch zwölf weitere Länder, vor allem in Nordeuropa und im Baltikum, immer einflussreicher und schließen allmählich zu den Top 4 auf (Bouée, Bioulac, 2018).

■ Deutschland

Die KI-Landkarte auf der Plattform „Lernende Systeme“⁵ zeigt die 110 momentan in Deutschland vorhandenen wissenschaftlichen Institute und Institutionen. Davon beschäftigen sich 44 mit der Grundlagenforschung, 47 mit Bilderkennung und Interpretation, 48 mit Datenmanagement und -analyse, 46 mit Mensch-Maschine-Interaktion und Assistenzsystemen, 30 mit Robotik und autonomen Systemen, 33 mit Sensorik und Kommunikation, 18 mit Sprach- und Textverstehen, 35 mit Veränderungen von Prozessen und Produktion, 14 mit virtueller und erweiterter Realität, 20 mit gesellschaftlichen Auswirkungen und 12 mit rechtlichen und ethischen Fragestellungen.

⁵ Plattform der acatech - Deutsche Akademie der Technikwissenschaften e.V. siehe www.plattform-lernende-systeme.de.

Die Landkarte zeigt z. B. die auf Basis der Strategie zur künstlichen Intelligenz vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten neuen KI-Kompetenzzentren in Berlin, München, Dresden/Leipzig, Dortmund/Bonn und Tübingen sowie das bereits 1988 gegründete DFKI (Winter, 2019).

Das DFKI ist die wichtigste Forschungseinrichtung für softwarebasierte KI in Deutschland. Es ist in 19 Forschungsbereiche und -gruppen unterteilt und hat jeweils 8 Kompetenzzentren und sogenannte Living Labs. Ausgehend von anwendungsorientierter Grundlagenforschung werden dort Produktfunktionen, Prototypen und patentfähige Lösungen entwickelt. Insgesamt arbeiten am DFKI über 1.000 Wissenschaftler, Verwaltungsangestellte und studentische Mitarbeiter aus über 65 Nationen an über 250 Projekten (Karger, 2019).

Von hoher Bedeutung für die Erforschung der KI in Deutschland sind auch die Forschungsinstitute der Fraunhofer-Gesellschaft, der Max-Planck-Gesellschaft und der Helmholtzgemeinschaft.

Um künstliche Intelligenz auch an den Hochschulen zu verankern, sollen 100 zusätzliche neue Professuren ausgeschrieben werden (FAZ, 2018). Auch neu eingerichtete Studiengänge an Universitäten signalisieren, dass die Ausbildung neuer Fachkräfte für die deutsche KI-Forschung intensiv vorangetrieben wird. An der Berliner Beuth Hochschule für Technik kann man seit Neuestem das Fach „Humanoide Robotik“ studieren, an der Technischen Universität München wurde parallel zum interdisziplinären Masterstudiengang „Robotics, Cognition, Intelligence“ die Munich School of Robotics and Machine Intelligence (MSRM) gegründet, welche interdisziplinär in den Bereichen Gesundheitswesen und Mobilität forscht (Schareika, 2019). Zudem versuchen einzelne Länder Europas auch auf der Forschungsebene stärker miteinander zu kooperieren. So planen etwa Frankreich und Deutschland ein deutsch-französisches Forschungsnetzwerk für KI. Auch die Mobilität und der Austausch von Lehrenden und Forschenden soll erleichtert werden (BMBF, 2018a).

■ Frankreich

In einer Pressemitteilung im November 2018 präsentierte das Ministerium für Hochschulbildung, Forschung und Innovation (MESRI) aktuelle Zahlen zur KI in Frankreich: Momentan gebe es 5.000 Wissenschaftler, 250 Forschungsgruppen und 35 Masterprogramme mit dem Schwerpunkt KI (Schlütter, 2018). Im selben Monat wurde die nationale KI-Forschungsstrategie, welche auf der KI-Strategie der französischen Regierung aufbaut, inklusive der Verteilung des von der Regierung festgesetzten Budgets von 665 Millionen Euro präsentiert. Gemeinsam mit den 358 Millionen Euro an Eigenmitteln aus Forschungseinrichtungen, Unternehmen sowie der Europäischen Union ergibt dies ein Gesamtbudget von über einer Milliarde Euro (ebd.).

Im Rahmen der nationalen KI-Forschungsstrategie wurde 2019 ein Forschungsprogramm gegründet, welches vom Nationalen Forschungsinstitut INRIA koordiniert wird. Dafür entstehen vier neue KI-Forschungsinstitute, kurz als 3IA bezeichnet, von denen INRIA an den ersten drei genannten beteiligt ist: in Grenoble das MIAI@Grenoble-Alpes mit den Schwerpunkten Gesundheit, Umwelt und Energie, in Nice-Sophia Antipolis das 3IA Côte d’Azur mit den Schwerpunkten Gesundheit und Raumentwicklung, in Paris das PaRis Artificial Intelligence Research InstitutE (PRAIRIE) mit den Schwerpunkten Gesundheit, Transport und Umwelt und in Toulouse das Artificial and Natural Intelligence Toulouse Institute (ANITI) mit den Schwerpunkten Transport, Umwelt und Gesundheit.

Der Nationale Investitionsrat hat als Weiterentwicklungsziele des ersten veröffentlichten KI-Forschungsstrategieplans drei Forschungsschwerpunkte festgelegt: KI und Medizin, KI und Sicherheit sowie Cybersicherheit (Schlütter, 2019).

Im Rahmen des Programms „Investments for the Future“ der französischen Agence nationale de la recherche (ANR) wurde außerdem das Institut DataIA gegründet, das mehr als 130 Forschende in den Anwendungsfeldern Mobilität, optimierte Energiepolitik und Urbanisierung mit einem Budget von 400 Millionen Euro beherbergt.

Forschungspersonal und -förderung

Ab 2019 sollen zusätzlich zu den 3IA-Forschungsinstituten national und international 40 neue KI-Lehrstühle ausgeschrieben und die Anzahl von aktuell 250 Doktoranden im Bereich KI verdoppelt werden. 2018 wurden bereits 61 Projekte in Höhe von 27 Millionen Euro durch die Nationale Forschungsagentur ANR gefördert, in den nächsten Jahren sollen weitere 100 Millionen Euro zur Förderung von KI-Forschungsprojekten zur Verfügung gestellt werden. Zudem sollen Wissenschaftler in Zukunft 50 % anstatt bisher 20 % ihrer Arbeitszeit in Unternehmen praktisch tätig sein (Schlütter, 2018).

Mehr Kooperation

Insgesamt **65 Millionen Euro** sollen von der französischen Regierung sowie von Unternehmen in unterschiedliche Forschungseinrichtungen investiert werden, die in ihrer Arbeit eine Brücke zwischen Forschung und Industrie bilden wollen. Dies betrifft beispielsweise das ANR-Programm LabCom, welches KMU und Forschungseinrichtungen beim Start eines gemeinsamen Forschungslabors finanziell unterstützt, oder die anwendungsorientierten Carnot-Institute, die gemeinsam mit der Industrie forschen. Auch bilaterale europäische Kooperationen sollen gestärkt werden, allen voran die Zusammenarbeit mit der deutschen Regierung. Hierzu sollen jährlich ein mit 3 Millionen Euro dotiertes Forschungsprojekt ausgeschrieben sowie Synergien durch gemeinsame Plattform- und Datennutzung gehoben werden. Bis 2022 sollen insgesamt 115 Millionen Euro für die deutsch-französische KI-Kooperation aufgewendet werden (ebd.).

■ Vereinigtes Königreich

Für das Vereinigte Königreich ist künstliche Intelligenz ein wichtiger Fokus seiner Industriestrategie. Daher wurde 2015 mit staatlichen Mitteln und unter Beteiligung verschiedener Universitäten, darunter Oxford und Cambridge, das Alan-Turing-Institut gegründet, welches sich hauptsächlich mit der Erforschung von KI beschäftigt. Während die Initiatoren sich in den ersten zwei Jahren vor allem auf nationale Projekte konzentriert haben, möchten sie in Zukunft auch international tätig sein. Dabei sehen sie acht Einsatzfelder bei der F&E von KI. So sollen etwa das Gesundheitswesen revolutioniert und Systeme von Algorithmen fair, transparent und ethisch gestaltet werden (The Alan Turing Institute, 2019).

Eine weitere Institution, die einen Zusammenschluss aus mehreren Universitäten darstellt, ist das Leverhulme Centre for the Future of Intelligence (CFI). Hier arbeiten die Universitäten von Cambridge und Oxford sowie das Imperial College in Großbritannien mit der Berkeley Universität in Kalifornien zusammen. Ihr Ziel definieren sie folgendermaßen: das Beste an menschlicher Intelligenz zusammenbringen, um das Meiste aus maschineller Intelligenz zu machen (CFI, 2019).

Das Centre for the Governance of AI an der Oxford University möchte helfen, den Nutzen von KI für die Menschheit zu befördern und ihre Risiken zu minimieren. Der Fokus liegt hierbei auf den politischen Herausforderungen, die sich durch die Transformation im Industriesektor aufgrund der Anwendung von KI ergeben. Diese könnten, so das Centre for the Governance of AI, ebenso tief greifend wie die industrielle Revolution sein (FHI, 2019).

Neben den KI-Forschungs- und -Entwicklungsprogrammen der Big Player Deutschland, Frankreich und Vereinigtes Königreich werden auch in anderen Ländern Bemühungen betrieben, Europa in eine führende Position bezüglich KI zu bringen. In der Tschechischen Republik fokussiert man im Rahmen des privat finanzierten Forschungsprojekts Good AI, welches 2014 gegründet wurde, auf humanitäre und ethische Aspekte von KI. Über 30 Wissenschaftler, Ingenieure und Berater sind in den drei Teams Good AI Research, Good AI Applied, und Good AI Digital tätig. Ersteres beschäftigt sich mit Forschungsfragen wie etwa der Erstellung einer geordneten Liste von Anforderungen an eine KI, um das Niveau von menschlicher Intelligenz zu erreichen, Zweiteres mit konkreten Anwendungen in der Industrie und Letzteres widmet sich der Entwicklung eines Chatbots⁶ für die tschechische und die slowakische Sprache (GoodAI, 2019).

Das Nordic Artificial Intelligence Institute (NAII) in Stockholm ist ein Non-Profit-Zusammenschluss aus internationalen Experten der KI und mit ihr verwandten Themen. Es bietet Strategieberatung für Unternehmen und Regierungsinstitutionen an, organisiert Workshops, Trainings und Konferenzen, unterstützt die F&E von KI und fördert Start-ups im KI-Bereich (NAII, 2019).

Technologischer Status quo

Betrachtet man den von Huawei entwickelten Global Connectivity Index (GCI), der die IT-Infrastruktur der einzelnen Nationen analysiert, so positionieren sich europäische Staaten unter 79 analysierten Nationen 2018 sieben Mal in den Top 10. Schweden schafft es als bestes europäisches Land auf Rang 3, während Deutschland mit Rang 14 nur unter den besten 20 platziert ist. Dabei stellen besonders die Datenerzeugung und der Datentransfer über Breitband wichtige Grundlagen für die KI-Entwicklung dar. Bezüglich der Verfügbarkeit von mobilem Internet der 4. Generation (4G) schaffen es in Europa im Vergleich von insgesamt 87 Nationen nur vier Länder unter die besten 10. Mit einer vorbildlichen 4G-Versorgung der Endnutzer zählen hier insbesondere Norwegen mit 95,5 % sowie die Niederlande (92,8 %), Ungarn (91,4 %) und Schweden (91,1 %) zu den internationalen Top-Performern (Boyland, 2019).

Dass sich Initiativen lohnen, zeigt das Beispiel des Vereinigten Königreichs. Stetige Politikmaßnahmen zur Vernetzung und dem Ausbau Digitaler Dienste verhalfen dem Vereinigten Königreich in die Top 5 des GCI. Die intensive Implementierung von 4G, dessen Abdeckungsgrad sich innerhalb von vier Jahren bis 2018 von 27 auf 77 % erhöhte, führte zu einer deutlich verbesserten IT-Infrastruktur. Außerdem wurden die Investitionen in das Internet of Things (IoT) im selben Zeitraum mit einer Erhöhung von 200 auf 441 US-Dollar pro Person mehr als verdoppelt, was eine verstärkte Datenerzeugung nach sich zog. Zugleich wuchs die Zahl installierter IoT-Geräte von vier auf zehn Anschlüsse pro Person, was zeigt, dass die IoT-Strategie der Regierung, die IoT-Technologien und -Dienste verstärkt in den öffentlichen und den industriellen Sektor tragen soll, erste Früchte trägt. Weiterhin ist die Weiterentwicklung des 5G-Netzes angedacht (HUAWEI, 2018).

Im globalen Wettbewerb um die für die Entwicklung von KI notwendige Hardware-Technologie hat Europa allerdings sehr starken Nachholbedarf und ist bezüglich des Zugangs zu rechenstarken KI-Chips abhängig von den USA und China, die derzeit den globalen Wettstreit um die Herstellung sogenannter Graphic Processing Units (GPUs) unter sich ausmachen. Diese kommen zum Handling der zum Training der KI erforderlichen riesigen Datenmengen zum Einsatz.

⁶ Digitales Dialogsystem mit natürlichsprachlichen Fähigkeiten.

Zwar gibt es bereits europäische, insbesondere niederländische (NXP Semiconductors N.V., STMicroelectronics N.V.) und britische (ARM Ltd., Imagination Ltd.) Chip-Hersteller, doch können diese nicht mit US-amerikanischen Hardware-Dienstleistern wie beispielsweise Nvidia oder Google Schritt halten, die die Bereitstellung der notwendigen Hardware bereits über Cloudmodelle anbieten (Harhoff u. a., 2018).

Ein ähnliches Bild bietet sich bezüglich der Verfügbarkeit von Supercomputern. Supercomputer, oder High Powered Computer Systems (HPC), benötigen KI, um Algorithmen zu trainieren, immense Datenmengen zu verarbeiten sowie aus vergangenen Ereignissen zu lernen und Entscheidungen zu treffen. Im internationalen Vergleich liegt Europa mit 96 solchen Computern hinter den USA (116) und China (220). Innerhalb Europas ist Frankreich mit 20 Supercomputern führend, vor England (18), Deutschland und Irland (beide 13) (Dongarra u. a., 2019).

Insbesondere Irland zeigt jedoch hinsichtlich der IT-Infrastruktur große Fortschritte, vor allem im Ausbau von Datenzentren und Clouddiensten. Diesbezüglich kann Europa insgesamt sehr gut mithalten – mit 1.186 Datenzentren bei etwa 700 Millionen Europäern verfügt es über eine weit bessere Versorgung als China (97 Zentren), wobei das Vereinigte Königreich (247), Deutschland (194) und Frankreich (147) die Basis bilden. Die USA verfügen mit 2.432 Providern weltweit über die meisten Anbieter (Data Center Map ApS, 2019).

Rückschlüsse über die Qualität der öffentlich zugänglichen Daten der Regierungen, gemessen mit dem Open Data Barometer, zeigen das hohe Potenzial für Europa. Gemessen an der Verfügbarkeit von Daten etwa aus Gesundheitssektor oder Umweltstatistiken erreichen die europäischen Vertreter unter den G20-Nationen den gleichen Wert wie die USA mit durchschnittlich 66,5 von 100 Punkten. Dabei erzielt das Vereinigte Königreich mit 76 Punkten den Höchstwert des gesamten Samples, weit vor dem Schlusslicht China mit einem Score von nur 31. Kritisch bleibt jedoch der bislang mangelnde Zugang zu einem flächendeckenden europäischen Datenpool (World Wide Web Foundation, 2017).

Open Data Barometer	USA	China	VK	Frankreich	Deutschland	Italien
	64,00	31,00	76,00	72,00	68,00	50,00

Tabelle 2: Bereitschaft und Implementierungsfortschritt für Open-Data-Initiativen und –Programme (World Wide Web Foundation, 2017).

Supercomputer	USA	China	Europa	VK	Frankreich	Deutschland	Italien	Finnland	Irland
	116	220	96	18	20	13	5	2	13

Tabelle 3: Top 500 der Supercomputer (Dongarra u. a., 2019).

Datenzentren	USA	China	Europa	VK	Frankreich	Deutschland	Irland	Niederlande
	2.432	79	1.186	247	147	194	22	100

Tabelle 4: Datenzentren (Data Center Map ApS, 2019).

2.1.3 Wirtschaft

Volkswirtschaftliche Implikationen

Die Fähigkeit innerhalb Europas, das volle Potenzial künstlicher Intelligenz auszuschöpfen, ist in den einzelnen Mitgliedsstaaten sehr unterschiedlich ausgeprägt. Die Differenzen in den wirtschaftlichen und technologischen Voraussetzungen als Basis für eine rasche Entwicklung einschneidender Technologien machen sich hier besonders zwischen den weniger entwickelten ost- und südeuropäischen Mitgliedsstaaten und den stärkeren nord- und westeuropäischen Ländern bemerkbar. Dennoch könnte das gesamteuropäische BIP bis 2030 durch KI um kumulativ 19 % wachsen, was bei einem Wert des europäischen BIP von 13,5 Billionen Euro zusätzlichen 2,7 Billionen Euro allein durch KI entspräche (Bughin u. a., 2019). So wird vor allem die zu erwartende größere Produktvielfalt den Konsum im europäischen Markt anregen und beispielsweise in Deutschland voraussichtlich ein Plus von etwa 430 Milliarden Euro - und damit ein um etwa 11 % höheres BIP bis 2030 generieren (Kirschniak, 2017).

Während innerhalb der letzten 15 Jahre Arbeitsplätze infolge neuer Technologien eher abgebaut wurden, verspricht die KI-Technologie auch diesbezüglich eine positive Entwicklung. Experten sehen einen möglichen Zuwachs von 11 Millionen Jobs bis 2030 voraus, wobei sich jedoch die Arbeitsprofile deutlich verändern werden. Durch die zu erwartenden Automatisierungsprozesse werden künftig immer mehr Routinearbeiten, meist in Mittelschicht-Sektoren, durch KI erledigt werden, während die Nachfrage nach höherqualifizierten Arbeitskräften mit hohen kognitiven und sozialen Kompetenzen ansteigen wird. Speziell Arbeitskräfte mit niedrigerem und mittlerem Bildungsniveau werden durch den technologischen Fortschritt vom Arbeitsplatzverlust bedroht sein. So werden beispielweise in Irland nach Schätzungen 38 % der Aufgaben von Arbeitskräften mit niedrigerem Bildungsniveau automatisiert werden (Barnard Roberts u. a., 2018).

Beim Vergleich des Automatisierungspotenzials europäischer Industrien liegt Europa gleichauf mit den USA bei 37 %, mit deutlich höheren Raten in den osteuropäischen Ländern (Slowakei 44 %) und niedrigeren Raten etwa in Finnland (22 %). Gleichzeitig wird die Automatisierung vor allem Berufe in den Bereichen Produktion und Bau stärker erfassen und eher weniger im Bildungssektor (ebd.).

Grundsätzlich steht Europa das nötige Potenzial für eine rasche technologische Entwicklung zur Verfügung, es scheint jedoch, generell betrachtet, hinter seinen Möglichkeiten zu bleiben. Im Vergleich mit 45 ausgewählten Ländern weltweit zeichnet sich Europa einerseits bei der Anwendung von Informations- und Kommunikationstechnologien durch eine hohe Innovationsfähigkeit, hohe Pisa-Werte und eine gute Automatisierungsrate aus. Andererseits hat Europa dringenden Verbesserungsbedarf in den Bereichen KI-Ökosystem bzw. KI-Start-ups pro Kopf, F&E-Ausgaben sowie der Entwicklung von Geschäftsmodellen im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnik (IKT) (Bughin u. a., 2019).

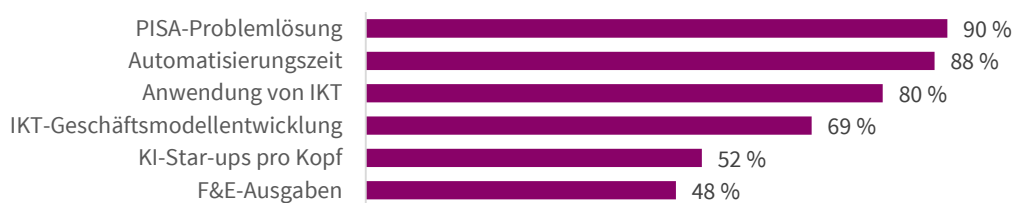


Abbildung 7: Eigenschaften, welche die Anwendung von KI begünstigen⁷ 100% ist der Maximalwert von 45 analysierten Ländern weltweit (eigene Darstellung nach Bughin u. a., 2019).

Dies wird besonders deutlich im Hinblick auf den IKT-Sektor – obwohl die europäische Wirtschaftskraft vergleichbar mit derjenigen der USA ist und etwas über der von China liegt, beläuft sich der digital- und KI-basierte Anteil des europäischen IKT-Sektors lediglich auf rund 1,7 % des Bruttoinlandprodukts, wobei die skandinavischen Länder Finnland (3,0 %) und Schweden (2,8 %) Europa anführen. Der europäische Durchschnitt entspricht damit nur etwa der Hälfte des US-Anteils (3,3 %) und fällt geringer aus als der Chinas (2,2 %). Um die führenden Nationen China und USA noch einzuholen, müsste Europa seine regionalen Unterschiede minimieren. Gelingt dies, so ließe sich die Wertschöpfung bis 2030 um weitere 900 Milliarden Euro steigern (ebd.).

Ökosystem der KI-Unternehmen

Wie bereits erwähnt ist im Bereich des KI-Ökosystems ein mögliches Hindernis in der europäischen KI-Entwicklung zu sehen. Dabei liegt Europa zwar mit insgesamt 769 KI-Start-ups, deren Anzahl sich zwischen 2011 und 2016 verdreifacht hat, in absoluten Werten an zweiter Stelle hinter den USA. Jedoch konzentrieren sich hier die meisten Vertreter in den großen Tech-Zentren des Vereinigten Königreichs (245), Frankreichs (109) und Deutschlands (106), deren Schwerpunkte in den Technologiefeldern Robotik, Internet of Things und selbstfahrende Fahrzeuge liegen. Die Anzahl von Firmen, die KI bereits in ihre Geschäftsmodelle integriert haben, liegt im europäischen Durchschnitt mit 4,6 % hinter den USA (8,2 %). Schwedische Firmen, die in einem der am stärksten digitalisierten Länder agieren, erreichen 7,2 % (Bughin u. a., 2019).

Vergleicht man die europäische KI-Szene beispielsweise mit dem Silicon Valley, in dem sich auf rund 200 km² Talente, Kapital und Forschung verdichten, wird die starke Fragmentierung in Europa deutlich. Die größten europäischen Tech-Hubs Paris, London, Berlin und Helsinki, die die meisten KI-Start-ups aufweisen, liegen im Schnitt etwa 1.000 km Luftlinie voneinander entfernt. Nichtsdestotrotz ist die europäische Forschungsleistung bezüglich künstlicher Intelligenz gut ausgeprägt, wobei London das größte Tech-Innovationszentrum in Europa mit einem Wachstumskapital in Höhe von 3,4 Milliarden US-Dollar ist. Damit entsprechen die Investments in Londons Tech-Hub dem Dreifachen derer in Paris, Berlin und Tel Aviv zusammen (QUID, 2018).

In Zusammenarbeit mit 13 britischen Universitäten fungiert das nationale Alan Turing Institute in London schnittstellenübergreifend in Datenwissenschaften und künstlicher Intelligenz als Bindeglied zwischen Forschung, Industrie und Politik, mit Schwerpunkten unter anderem in den Feldern Spieltheorie, neuronale Netzwerke, Mustererkennung und Robotik (The Alan Turing Institute, 2019).

Mit 73 KI-Start-ups stellt Paris den zweitgrößten europäischen Hub dar und arbeitet mit der Veröffentlichung seiner KI-Strategie intensiv an einem engeren Austausch zwischen Industrie und Forschung.

⁷ 100% ist der Maximalwert von 45 analysierten Ländern weltweit.

Demgegenüber steht beispielsweise das deutsche Cyber Valley in Baden-Württembergs Region Stuttgart-Tübingen, das in den kommenden Jahren die Position einer weltweit führenden Graduiertenschule mit mehr als 100 Doktoranden in den Feldern maschinelles Lernen, Robotik und maschinelles Sehen anstrebt. Über die Vernetzung von vier Forschungseinrichtungen und elf Partnern aus der Industrie (z. B. Amazon, Daimler AG etc.) soll ein eigener Hub mit internationalen Schlüsselakteuren aus Wissenschaft und Industrie begründet werden (Williams, 2019).

In Deutschland begründen mit dem DFKI und dem Fraunhofer Institut für Intelligente Analyse- und Informationssysteme (IAIS) außerdem zwei international anerkannte Institute das Ökosystem für Akteure, die am Einsatz künstlicher Intelligenz forschen und arbeiten. Als eines der ersten Länder Europas, welches eine ausgearbeitete KI-Strategie besitzt, präsentiert sich Helsinki als das viertgrößte KI-Ökosystem. Durch den Zusammenschluss der Universitäten Aalto und Helsinki sowie dem Technischen Forschungszentrum VTT soll die langfristige Grundlagenforschung sowie kurzfristige, anwendungsorientierte KI-Forschung bei ständigem Austausch und Wissenstransfer mit Unternehmen, Politik und Studierenden vorangetrieben werden (Aalto University u. a., 2019).

Da digitale Großkonzerne wie die GAFKA-Unternehmen in den USA oder BAT (Baidu, Alibaba und Tencent) in China in Europa fehlen, scheint ein Zusammenschluss einer gemeinsamen, europäischen Forschungsinitiative entscheidend für das Bestehen im Wettbewerb um künstliche Intelligenz zu sein und wird über die KI-Strategie der Europäischen Kommission auch bereits angestrebt.

Investments und M&A

Das Fehlen starker europäischer Tech-Konzerne wirkt sich im Bereich Investments und Mergers & Acquisitions insbesondere auf europäische KI-Start-ups nachteilig aus und spiegelt sich in der bisherigen geringen Investitionssumme von 3,6 Milliarden Euro in KI wider, mit einer maximal erfolgten Einzelsumme von 90,5 Millionen Euro. Wegen der eher kurzfristig orientierten (weniger als 5 Jahre) Investitionen der meist risikoaversen Privatinvestoren beläuft sich außerdem die durchschnittliche Erstfinanzierung für KI-Start-ups auf nur 3 Millionen Euro in Frankreich bzw. 2 Millionen Euro in Deutschland. Bis auf öffentliche Subventionen und europäisches Wagniskapital – welches seit 2016 auf einem Anteil von 11 % stagniert – fehlen Europa, sehr zum Vorteil der internationalen Konkurrenz, stärkere Hebel und die Bereitschaft, umfangreiche Finanzierungen in chinesischen Größenordnungen von durchschnittlich 32,6 Milliarden Euro zu bewältigen.

Dass diese Investitionslücke nicht noch größer ausfällt, ist überwiegend auf starke Bewegungen im Vereinigten Königreich zurückzuführen. Mitunter unterstützt durch große Wagniskapitalgeber wie dem Hard- und Softwareentwickler Graphcore, können englische KI-Start-ups ein vierfaches Wachstum bei Finanzierungen in einem Zeitraum von fünf Jahren und im Jahr 2018 Rekordinvestitionen in Höhe von 1,2 Milliarden Euro verzeichnen – verglichen mit 398 Millionen Euro in Frankreich und 272 Millionen Euro in Deutschland (Daws, 2019).

Mit dem Start eines EU-Programms zur Wagnisfinanzierung versucht die Europäische Kommission in Zusammenarbeit mit der Europäischen Investmentbank Gegenmaßnahmen zu der generell zögerlichen Entwicklung einzuleiten. Der auf derzeit 400 Millionen Euro dotierte Venture-EU-Fonds, der zukünftig mit bis zu 2,1 Milliarden Euro ausgestattet werden soll, kann das europäische Investment in KI-Start-ups forcieren (Bughin u. a., 2019).

Fachkräftesituation

Aktuell steht Europa im internationalen Vergleich bezüglich KI-Talenten noch gut da. Mit Top-Universitäten in Deutschland, Frankreich und der Schweiz liegt in den Bereichen Computerwissenschaften und KI eine gute Ausgangsbasis vor. Dies wird aktuell auch bestätigt, wenn man sich die Situation der Firmen vergegenwärtigt, in denen derzeit KI-Talente beschäftigt sind. Hier schaffen es mit Siemens (176 Talente, Platz 4), SAP (58 Talente, Platz 13) und Bosch (56 Talente, Platz 14) drei europäische Konzerne in die Top 20 der meisten beschäftigenden KI-Talente gegenüber den USA mit vier Unternehmen und China mit nur einem Konzern. Besonders in der Sparte der Software-Entwickler liegt Europa mit 5,7 Millionen Experten vor den USA (4,4 Millionen) bei einem jährlichen Wachstum von 10 %. Zwischen 2016 und 2017 betrug etwa der Anstieg deutscher Entwickler 18 % auf 850.000 Fachkräfte, gefolgt vom Vereinigten Königreich mit 830.000 Fachkräften in diesem Bereich. Allerdings muss konstatiert werden, dass die europaweiten Wachstumsraten unter den Entwicklern rückläufig und in den letzten beiden Jahren auf etwa 5 % gesunken sind.

Damit Europa mit den technologischen Entwicklungen Schritt halten kann, muss es weiterhin eine hohe Attraktivität für Talente bieten. Im Zuge der bereits erwähnten Veränderungen der Job-Profile wird ein starker Nachfrageanstieg nach Talenten aus dem Tech-Feld entstehen und somit einen großen Zuwachs an Fachkräften erfordern. So wird die Erhöhung der Nachfrage in Deutschland voraussichtlich 41 % und in Spanien 66 % betragen. Europaweit schätzt die Europäische Kommission einen Bedarf an 500.000 neuen IKT-Experten innerhalb der nächsten 5 Jahre. Zwar liegt Europa bei den Absolventen der MINT-Fächer international noch stark zurück, jedoch sind hier in Zukunft höhere Wachstumsraten zu erwarten – mit einem Anstieg der MINT-Doktoranden um 50 % innerhalb eines Jahrzehnts (Bughin u. a., 2019).

2.2 USA: der Kampf um die KI-Vorherrschaft

Mit global führenden Digitalkonzernen wie Google, Apple, Facebook und Amazon scheinen die USA in Sachen KI gut aufgestellt. Diesen Eindruck bestätigt auch eine im Herbst 2019 veröffentlichte Studie des Center for Data Innovation, welche die USA, China und die EU hinsichtlich ihrer KI-Aktivitäten untersuchte (Castro, 2019). Betrachtet wurden die Kategorien Talente, Forschung, Entwicklung, Anwendung, Daten und Hardware. Den Ergebnissen zufolge, sind die USA insgesamt führend und belegen in vier der sechs Kategorien den ersten u Platz. Allerdings holt China unter anderem dank einer KI-Initiative der Regierung schnell auf.

2.2.1 Politik und Gesellschaft

Strategieplan der Obama-Administration

Im Jahr 2015 hat die US-Regierung bereits etwa 1,1 Milliarden US-Dollar in die Forschung und Entwicklung von KI-relevanten Technologien investiert. Um das volle Potenzial dieser Summe zu nutzen, wurde daraufhin 2016 unter der Obama-Administration eine erste KI-Strategie in Auftrag gegeben. Dieser „Nationale Strategieplan für Forschung und Entwicklung von KI“, durchgeführt von dem Nationalen Wissenschafts- und Technologierat (NSTC), zielte vor allem auf die Erforschung der langfristigen Auswirkungen von KI und der Priorisierung von Bereichen, die von der Industrie wahrscheinlich weniger adressiert werden würden, ab (NSTC, 2016).

White House Summit on Artificial Intelligence for American Industry

Der US-amerikanische Präsident Donald Trump hat lange mit einer konkreten KI-Strategie auf sich warten lassen. Im Rahmen des White House Summit on Artificial Intelligence for American Industry im Mai 2018 wurden bereits grobe Züge einer staatlichen Vorgehensweise zur Förderung von KI erkennbar, jedoch gab es noch keine dokumentierte nationale Strategie. Die wichtigsten Absichtserklärungen dieses Treffens waren die Stärkung des nationalen Ökosystems für KI, um öffentlich-private Partnerschaften zu fördern und die Forschung und Entwicklung in diesem Zusammenhang zu beschleunigen. Weiterhin sollen US-amerikanische Arbeitskräfte auf die Jobs der Zukunft vorbereitet werden, um das volle Potenzial von KI für die Industrie zu nutzen. Dies inkludiert einen erhöhten Fokus auf MINT-Fächer von Beginn der Schullaufbahn an sowie technische Ausbildungsprogramme, Umschulungen und lebenslange Lernprogramme, welche den Bedürfnissen der Industrie angepasst sein sollen. Auch der Abbau von Innovationshindernissen wurde als wichtig erachtet, um die Vorreiterstellung der USA weiterhin sicherzustellen. Zudem wurde die wichtige Rolle der Sensibilisierung und Aufklärung der Bevölkerung hinsichtlich KI für ein besseres Verständnis dieser neuartigen Technologien und ihrer Vorteile für das tägliche Leben hervorgehoben. Schließlich wurde die Erleichterung der Implementierung branchenspezifischer KI-Anwendungen von den Teilnehmern des Treffens als essenziell erachtet (White House, 2018).

American AI Initiative

Am 11. Februar 2019 hat die Trump-Regierung per Executive Order die sogenannte American AI Initiative gestartet. Diese umfasst fünf Kernbereiche:

■ Investition in Forschung und Entwicklung von KI

Dieser Kernbereich stellt die Priorisierung von KI-Investitionen innerhalb der F&E-Aktivitäten von Bundesbehörden in den Mittelpunkt. Das soll der Stärkung des US-amerikanischen F&E-Ökosystems aus Industrie, Regierung und Forschung dienen und KI-Innovationen fördern, welche direkt der amerikanischen Bevölkerung zugutekommen.

■ Bessere Zugänglichkeit von KI-Ressourcen

Diese Initiative fordert staatliche Einrichtungen und Agenturen auf, behördliche Daten, Modelle und Rechenressourcen für KI-Experten, -Wissenschaftler und -Industrien leichter zugänglich zu machen, während gleichzeitig die Datensicherheit, der Datenschutz, die Bürgerrechte und die Privatsphäre aufrechterhalten werden sollen.

■ Erstellung von KI-Leitlinien

Durch die Ausarbeitung industrieübergreifend anzuwendender Leitlinien zur KI-Forschung sollen Bundesbehörden das Vertrauen der Öffentlichkeit in KI-Anwendungen stärken. Gemeinsam mit dem National Institute of Standards and Technology (NIST) sollen passende technologische Standards für die Entwicklung verlässlicher, robuster und vertrauenswürdiger KI-Systeme geschaffen werden.

■ Vorbereitung des Arbeitsmarktes auf die KI-Revolution

Um die US-amerikanische Bevölkerung mit den erforderlichen Fähigkeiten für eine durch KI veränderte Arbeitswelt auszustatten, sollen vermehrt Forschungsstipendien und Ausbildungsprogramme im Bereich Computerwissenschaften und anderen MINT-Fächern angeboten werden. Dieser Schritt soll helfen, mehr Arbeitskräfte für die Forschung und Entwicklung im KI-Bereich auszubilden, um für die Einführung neuer KI-Technologien gewappnet zu sein.

■ Internationale KI-Zusammenarbeit unter Sicherstellung des nationalen KI-Vorteils

Diese Initiative soll ein internationales Umfeld für die F&E von KI schaffen und offene Märkte für die KI-Industrie der Vereinigten Staaten erschließen. Gleichzeitig soll die Technologie unter Wahrung der US-amerikanischen Werte und Interessen weiterentwickelt werden. Zudem sollen die Bundesbehörden einen Aktionsplan ausarbeiten, um den strategischen Vorteil der USA im KI-Sektor sowie die damit verbundenen Geheimhaltungsinteressen gegenüber Wettbewerbern zu schützen (White House, 2019).

Während die KI-Akteure zwar angewiesen sind KI-relevante Forschungsprojekte zu priorisieren, werden staatlicherseits keine weiteren finanziellen Fördermittel zur Verfügung gestellt. Die genannten Ziele mögen hoch angesetzt sein, sind aber dennoch relativ vage formuliert. Gleichzeitig bleibt es unklar, inwieweit sie auf den unter der Obama-Administration erstellten KI-Strategieplan aufbauen (Andriole, 2019).

Im Juni 2019 erfolgte ein offizielles Update vonseiten des Nationalen Wissenschafts- und Technologierats, der seit Veröffentlichung des Strategieplans von 2016 gemeinsam mit zahlreichen KI-Experten, Forschungsinstituten, Unternehmen sowie der Zivilgesellschaft verschiedene Änderungen und Aktualisierungen vorgenommen hatte. Bei den Ergänzungen liegt der Fokus insbesondere auf anwendungsnahen Gebieten wie Fertigung, Gesundheitswesen, Cyber-Sicherheit, Bildung, Naturwissenschaften oder Klimaforschung. Auch ethische Aspekte und die Fragen nach Verantwortung und Transparenz von KI-Systemen werden in größerem Umfang berücksichtigt (NSTC, 2019).

Gesellschaftliche Akzeptanz für KI

US-Amerikaner haben eine gemischte Meinung zu KI, ihrer Entwicklung und den gesellschaftlichen Auswirkungen, die diese haben kann, wobei die Mehrheit die Technologie jedoch grundsätzlich befürwortet. In einer Studie der Oxford University, für die im Juni 2018 ca. 2.000 Amerikaner befragt wurden, gaben 41 % der Befragten an, dass sie die Entwicklung von KI teilweise oder stark unterstützen, während 22 % grundsätzlich dagegen waren. Auch demografische Aspekte scheinen hierauf einen Einfluss zu haben: Grundsätzlich waren Teilnehmer mit Universitätsabschluss, solche, deren Haushalte ein höheres Einkommen haben bzw. jene mit Erfahrung in Informatik oder Programmieren eher positiv eingestellt. Als besonders einflussreich auf die Bevölkerung und daher am Wichtigsten zu behandeln wurden Themen wie die Datensicherheit und die Wahrung der Privatsphäre empfunden. Außerdem wurde es als wichtig erachtet, Cyberattacken oder das Verbreiten von gefälschten oder schädlichen Inhalten mithilfe von KI zu verhindern. Grundsätzlich scheinen US-Amerikaner bezüglich der Entwicklung von KI das größte Vertrauen in Forscher an Universitäten und beim Militär zu haben (Zhang, Dafoe, 2019).

2.2.2 Forschung und Technologie

Während in den USA im Bereich Forschung und Entwicklung viele Aktivitäten innerhalb des Privatsektors stattfinden, liegt der Fokus der Politik bei den Bundesbehörden (etwa dem Handels-, dem Energie- und dem Verteidigungsministerium) sowie der Nationalen Stiftung für Wissenschaft (NSF) und der Forschungseinrichtung Intelligence Advanced Research Project Activity (IARPA) (Groth, 2018a).

Eines der erfolgreichsten Forschungsmaßnahmen der Regierungsbehörden ist die Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA). Im September 2018 wurden mehrjährige Investitionen von mehr als 2 Milliarden US-Dollar für bereits bestehende und neue KI-Projekte im Rahmen der sogenannten AI Next Campaign zugesichert. Der Fokus dieser Kampagne liegt auf KI, die neue Entwicklungsmöglichkeiten bietet sowie robust und leistungsfähig ist.

Die DARPA verfolgt dabei die Vision, KI in Zukunft nicht nur als Werkzeug zu nutzen, sondern eine Symbiose aus Mensch und Maschine herzustellen. Damit arbeitet sie, eigenen Verlautbarungen nach, an der „dritten Welle“ der KI. Als „erste Welle“ wird hier die regelbasierte KI und als „zweite Welle“ die statistisch lernbasierte KI betrachtet. Ein weiteres bestehendes Förderprogramm der DARPA ist die Artificial Intelligence Exploration (AIE), in deren Rahmen hoch risikobehaftete, bei Erfolg jedoch mit hohem Profit verbundene Projekte über einen Zeitraum von 18 Monaten gefördert werden (DARPA, 2018).

Andere wichtige Forschungsinstitute sind das Machine Intelligence Research Institute (MIRI), welches im Jahr 2000 als Singularity Institute for Artificial Intelligence gegründet wurde, das an der Stanford Universität beheimatete Stanford AI Lab (SAIL), das Future Of Life Institut an der Universität Cambridge, das AI Now Institute der New York University und das Allen Institute for AI (AI2).

Das MIRI fokussiert sich unter anderem auf die möglichen Risiken von superintelligenten Maschinen, die in Zukunft nicht zum Nutzen, sondern zum Schaden der Menschheit eingesetzt werden könnten. Dazu haben die Wissenschaftler sechs Forschungsbereiche definiert, in denen es in Zukunft leichter sein könnte, künstliche Superintelligenz zu entwickeln und zu implementieren (MIRI, 2019).

Das bereits seit 1962 existierende SAIL ist ein Zentrum für Forschung und Lehre im Bereich der künstlichen Intelligenz. Es ist unterteilt in die Forschungsschwerpunkte maschinelles Lernen, natürliche Sprachverarbeitung, maschinelles Sehen, Robotik, Gesundheit und autonomes Fahren. Das Sommerprogramm Stanford AI4ALL soll Jugendlichen aus benachteiligten Bevölkerungsschichten die Chance geben, sich mit dem Thema KI zu beschäftigen (SAIL, 2019).

Das Future of Life Institute ist ein Zusammenschluss aus Wissenschaftlern und Persönlichkeiten des öffentlichen Lebens wie etwa Elon Musk oder Morgan Freeman, die es sich vor allem zum Ziel gesetzt haben, die Entwicklungen der KI nützlich für die Menschheit zu halten (FLI, 2019).

Das AI Now Institute beschäftigt sich mit den sozialen Auswirkungen von KI und fokussiert dabei auf die Bereiche Rechte und persönliche Freiheit, Arbeit und Automatisierung, Diskriminierung und Inklusion, Sicherheit sowie kritische Infrastruktur (AI Now, 2019).

Das AI2 beschäftigt sich als Forschungsinstitut mit der Entwicklung von lernenden, lesenden und denkenden KI-Systemen mit dem Ziel einen Beitrag zur gemeinwohlorientierten Entwicklung von KI beizutragen (Schoenick, 2019).

Technologischer Status quo

Die USA sind eine der am weitesten entwickelten Staaten, bezogen auf die Konnektivität, Rechenleistung und Verfügbarkeit von Clouddiensten, die neben der Datengenerierung essenziellen Parameter für die Entwicklung der KI. Besonders bei der IT-Infrastruktur genießen die USA einen weiten Vorsprung zu anderen Nationen – im GCI stehen sie an der Spitze von insgesamt 79 untersuchten Ländern (HUAWEI, 2018). Dies äußert sich nicht zuletzt im breitflächigen Ausbau des fixen Breitbandnetzes, das sich mit einer durchschnittlichen Download-Geschwindigkeit von 25,86 Mbit/s auf 94 % aller Haushalte erstreckt (Kruger, Gilroy, 2019).

Auch bezüglich der Datenspeicherung übertreffen die USA mit ihren insgesamt 2.432 Datenzentren (7,43 pro 100.000 Einwohner) beispielweise das Vereinigte Königreich fast um das Zehnfache (247 Datenzentren – 3,72 pro 100.000 Einwohner) (Data Center Map ApS, 2019).

Der Markt für intelligente Sensoren, die für das Sammeln von Daten genutzt werden können, ist in Nordamerika innerhalb von vier Jahren von 140 Milliarden auf etwa 330 Milliarden US-Dollar gewachsen, während der ebenfalls schnell wachsende europäische Markt bislang bei derzeit nur 171 Milliarden US-Dollar liegt und für das Jahr 2022 auf einen Wert von 241 Milliarden US-Dollar prognostiziert wird (Kalal, 2019).

Außerdem gelten die etwa 240 Millionen Internetnutzer als wertvolle Datenlieferanten, wobei sich die Vereinigten Staaten bezüglich deren Anzahl lediglich hinter den weitaus bevölkerungsreicheren Ländern China und Indien einreihen müssen – gemessen an der absoluten Bevölkerungszahl liegen sie mit einer Abdeckung von 88,5 % sogar vor diesen Staaten (Jones, 2018). Zum nationalen Bestand hinzu kommt außerdem der potenzielle Fundus der riesigen US-amerikanischen Tech-Konzerne, von denen allein Facebook über seine monatlich mehr als 2 Milliarden Zugriffe mit einem enormen Datenpool aufwarten kann (Groth, 2018a). Zusammengekommen ergibt dies einen immensen Datenschatz zum Training von KI-Algorithmen.

Unabdingbar für ein starkes KI-Ökosystem ist auch der Zugang zur erforderlichen Hardware, um den sich bereits ein globaler Wettbewerb mitsamt Handelsembargos entfacht hat. Für das sich in jüngerer Zeit vermehrt durchsetzende Deep-Learning-Verfahren und das Training seiner neuronalen Netze werden riesige Datensätze benötigt, die nur mit leistungsstarken Chips – sogenannte GPUs – zu verarbeiten sind. Im Gegensatz zu herkömmlichen Prozessoren können diese parallel milliardenfache Matrizenberechnungen verarbeiten. Auch wenn die Konkurrenz chinesischer Tech-Unternehmen zunimmt, dominieren mit Nvidia, Google, AMD oder fast.ai derzeit US-amerikanische Chip-Hersteller den globalen Markt (Harhoff u. a., 2018).

Darüber hinaus bietet beispielsweise Google via Cloud seine Machine-Learning-Software TensorFlow für KI-Entwickler kostenfrei an, um die hierdurch geschaffenen Netzwerkeffekte für sich zu nutzen und Kunden auch in Zukunft dauerhaft zu binden (Greenman, 2018). Stärkere Chips benötigen konsequenterweise auch bessere Rechner – mit 116 Supercomputern verfügen die USA aktuell über die zweithöchste Rechenleistung weltweit (Dongarra u. a., 2019). Obwohl in den Vereinigten Staaten immense Datenmengen zur Verfügung stehen, haben auch sie Verbesserungsbedarf in puncto Qualität und Verfügbarkeit der Daten des öffentlichen Sektors – hier stehen die USA im Ranking des Open Data Barometer mit 64,00 Punkten auf Rang 3 hinter dem Vereinigten Königreich und Frankreich (Web Foundation, 2018).

2.2.3 Wirtschaft

Volkswirtschaftliche Implikationen

Im Hinblick auf die Bruttowertschöpfung, die approximativ für das BIP verwendet werden kann, werden die USA aus der Anwendung von KI als Produktionsfaktor laut einer Accenture-Studie unter 12 entwickelten Ländern, die zusammen 50 % der weltweiten Wirtschaftsleistung generieren, den höchsten ökonomischen Nutzen ziehen können. Demnach kann das jährliche Wirtschaftswachstum unter Einbeziehung von KI-Anwendungen bis 2035 um 4,6 % wachsen und liegt damit deutlich über den 2,6 %, die auf Grundlage aktueller Bezugsgrößen ohne KI berechnet wurden (Accenture, 2017).

Die zunehmende Automatisierung der Produktionsprozesse wird jedoch gleichzeitig eine starke Transformation einer Vielzahl von industriellen Berufsfeldern hervorrufen. Nach Schätzung der Wirtschaftsprüfungsgesellschaft PWC werden 38 % aller Jobs in den USA von Automatisierungsprozessen betroffen sein. Insbesondere bezieht sich dies auf Berufszweige mit manuellen und repetitiven Aufgaben aus den Bereichen Produktion (53 %), Groß- und Einzelhandel (51 %) sowie in der Baubranche (34 %). Branchenübergreifend wird es bezüglich der Geschlechter hier keine großen Differenzen geben: 37 % der von Frauen ausgeführten Jobs und 39 % der von Männern besetzten Stellungen sind von der wachsenden Automatisierung tangiert.

Deutliche Unterschiede werden jedoch hinsichtlich der Ausbildungsstufe erwartet; gerade bei den mittel- und geringqualifizierten Bildungsgruppen wird es bei 46 bzw. 47 % zu veränderten Aufgaben kommen, wohingegen sich nur etwa 21 % der höher ausgebildeten Beschäftigten auf Veränderungen einstellen müssen (Barnard Roberts u. a., 2018).

Ökosystem der KI-Unternehmen

Die Reife des Ökosystems ist bis dato in den USA unangefochten, so können sich KI-Unternehmen dort in dem am weitesten ausgereiften Netz aus Forschungseinrichtungen, Kapitalgebern und Talenten entwickeln. Nicht zuletzt mit dem Silicon Valley, das sprichwörtliche Ideal aller Innovationszentren weltweit, existiert in der Gegend um die San Francisco Bay bereits seit den 1950er Jahren ein perfektes Biotop für den Austausch zwischen Forschung, Anwendung und Investition. Die Stanford University gilt dabei mit ihrem Labor SAIL als Vorreiter im Bereich künstliche Intelligenz und stellt zusammen mit der Berkeley University eine wichtige KI-Talent-Pipeline für die dort ebenfalls angesiedelten Hi-Tech Big Players GAFA dar. Darüber hinaus haben weitere Großkonzerne wie Nvidia, führend in der Herstellung von KI-Chips, oder Tesla, mitführend im Bereich des autonomen Fahrens, ihren Sitz im Hi-Tech-Hub in San Francisco. Ferner dominiert das Silicon Valley mit mehr als 110 Milliarden US-Dollar Wagniskapital und Privatfinanzierungen den weltweiten Start-up-Markt, wobei 41 % aller globalen KI-Investments in Unternehmen aus dem Silicon Valley fließen (Synced, 2017).

Die Funktion des Silicon Valleys als perfekter Nährboden zeigt sich insbesondere im Vergleich internationaler KI-Hubs, wo San Francisco mit 596 KI-Start-ups an der Spitze der weltweit 20 größten Tech-Hubs (vor London mit 211 KI-Start-ups) steht. Die Stärke der USA wird allerdings nicht nur durch den enormen Tech-Hub San Francisco repräsentiert, insgesamt schaffen es die USA mit fünf weiteren Regionen in die Top 20. Eine davon ist die Zone um New York/Boston an der Ostküste, die beispielweise mit dem Massachusetts Institute of Technology (MIT) eine weitere exzellente Universität im KI-Sektor mit sehr hohem Anwendungsfokus durch deren Watson AI Lab in Kooperation mit IBM besitzt. Die enge Verbindung der US-amerikanischen Universitäten zur Industrie befördert dabei die zahlreichen universitären Projekte, die zum Teil als Spin-offs in eigenständige Unternehmen umgewandelt werden.

Auch bei KI-Unternehmen dominieren die USA. Von international insgesamt 4.998 gemeldeten Unternehmen, die KI in ihr Geschäftsmodell integriert haben, entfallen 40 % auf US-amerikanische Firmen (CAICT, 2018), die Tendenz ist steigend. Dabei sollen 52 % aller US-amerikanischer Firmen KI als technologische Weiterentwicklung bis 2030 in ihre Firmenpraxis integriert haben. Auch bei KI-Start-ups ist die USA mit 1.393 führend (40 % aller weltweiten KI-Start-ups), weit vor dem Zweitplatzierten China mit 383 KI-Start-ups (Asgard Capital u. a., 2018). Zudem sind mit Facebook, Amazon, Microsoft, Google und Apple fünf der größten Tech-Giganten in den USA angesiedelt – eine perfekte Grundlage für die Entwicklung und Umsetzung von KI-Anwendungen. So investierte etwa Google 2016 20 Milliarden US-Dollar in KI, und Microsoft allein erwarb bis 2018 fünf KI-Tech-Firmen (Kukushkina, 2019).

Investments und M&A

In den Bereichen Investments und Merger & Acquisitions liegen die USA weltweit an der Spitze, was vor allem auf die äußerst hohen Aktivitäten der dort angesiedelten Tech-Giganten zurückzuführen ist. Zusammengekommen haben die GAFA-Unternehmen zwischen 2010 und 2018 beinahe 40 KI-Start-ups übernommen. Während 2016 in Europa nur 4 Milliarden US-Dollar in KI investiert wurden waren das in den USA 23 Milliarden US-Dollar (Asgard Capital u. a., 2018). So erwarb beispielsweise Google 2016 das KI-Start-up DeepMind für 400 Millionen US-Dollar.

Zwar ist die Gesamtzahl der Deals in den USA 2018 erstmals seit 4 Jahren gesunken (von 553 auf 466), gleichzeitig können die dortigen KI-Unternehmen jedoch für dasselbe Jahr einen Rekord von 9,3 Milliarden US-Dollar an Einnahmen vorweisen (CBInsights, 2018). Dies entspricht einem Anstieg von 72 % im Vergleich zu 2017 mit rund 5,4 Milliarden US-Dollar. Darüber hinaus rangieren die USA 2018 mit 38 % der weltweiten Privatinvestitionen bzw. einem Volumen von 570 Millionen US-Dollar auf Platz 2 hinter China.

Fachkräftesituation

Die Fachkräftesituation in den USA ist derzeit als kritisch einzustufen, betrachtet man die momentan 235.000 Datenspezialisten im Verhältnis zu den insgesamt verfügbaren 150 Millionen Arbeitskräften insgesamt. Darüber liegen die USA zwar bei den MINT-Abschlüssen auf Platz 3, mit rund 580.000 Absolventen bleiben sie jedoch weit hinter Indien (2,6 Millionen) und China (4,7 Millionen) zurück. Mit einer gezielten Fachkräfte-Initiative versucht die derzeitige US-Regierung dem aktuellen Trend entgegenzusteuern, wodurch wohl zukünftig mit jährlich 10.000 Masterabsolventen und Doktoranden im Forschungsbereich KI zu rechnen ist. Allerdings entfalten auch hier die großen Firmen eine starke Anzugskraft, da sich die meisten KI-Talente in Unternehmen wie IBM (538 Talente), Microsoft (341) oder Google (256) ansiedeln. Somit führen die USA die Top-20-Liste der meisten angeworbenen KI-Talente an (Tsinghua University, 2018).

2.3 China: die Datenflut

Während in Europa der Datenschutz und die Privatsphäre der Nutzer an vorderster Stelle stehen, sind Daten in China im Überfluss verfügbar. Dadurch ergeben sich aus technischer Sicht optimale Bedingungen für die Entwicklung von KI-Anwendungen. Mit Blick auf das chinesische Sozialpunktesystem, bei dem Bürgerinnen und Bürger durch digitale Technologien staatlich überwacht werden, zeigen sich jedoch auch gesellschaftliche Risiken von KI.

Die chinesische Regierung hat die Bedeutung von KI für die Entwicklung des Landes erkannt und verfolgt das strategische Ziel, bis 2030 die führende KI-Nation zu werden.

2.3.1 Politik und Gesellschaft

Im Juli 2017 hat China einen sehr ambitionierten und detaillierten KI-Strategieplan veröffentlicht, dessen Erfüllung die Vormachtstellung Chinas im Bereich der KI nicht nur stärken, sondern alle anderen Nationen, insbesondere die USA, überholen und um ein Vielfaches übertreffen soll. Die strategische Zielsetzung des sogenannten New Generation Artificial Intelligence Development Plan ist in drei Schritte aufgeteilt.

■ Bis 2020 den Westen einholen

China soll bis 2020 wichtige Fortschritte in Richtung einer neuen Generation von KI-Theorien und -Technologien gemacht haben. Dabei soll eine Industrie im Wert von über 150 Milliarden RMB (~19 Milliarden Euro) für KI bzw. über 1 Billion RMB (~126,5 Milliarden Euro) für verwandte Geschäftszweige geschaffen werden.

■ Bis 2025 technologische Durchbrüche in KI

Die bis 2025 angestrebten technologischen Errungenschaften sollen teilweise bereits den Status eines Weltführers sicherstellen. Gleichzeitig soll der monetäre Wert der Industrie 400 Milliarden RMB (~50,5 Milliarden Euro) für KI und 5 Billionen RMB (~632 Milliarden Euro) für verwandte Geschäftszweige übersteigen.

■ Bis 2030 Weltführerschaft im KI-Bereich sicherstellen

Als primäres KI-Innovationszentrum soll China zahlreiche weltweit führende Innovationen voranbringen. Zudem sollen die KI-Industrie einen Wert von 1 Billion RMB (~126,5 Milliarden Euro) und verwandte Industrien einen Wert von 10 Billionen RMB (~1,27 Billionen Euro) erreicht haben (Staatsrat der Volksrepublik China, 2017).

Was relativ ambitioniert klingt, wurde bereits ein halbes Jahr nach der Veröffentlichung des Strategieplans im Dezember 2017 mit einem detaillierten 3-Jahres-Aktionsplan vom chinesischen Ministerium für Industrie und Informationstechnologie (MIIT) gestartet. Dieser Plan, der zwischen 2018 und 2020 verwirklicht werden soll, setzt den Fokus auf vier Aufgabenbereiche:

- Um erste Durchbrüche zu schaffen, formuliert der Plan klare Ziele für acht Anwendungsfelder, darunter Gesichtserkennung, KI-unterstützte medizinische Diagnostik und Autonomes Fahren.
- Im New Generation Artificial Intelligence Development Plan bereits unabdingbar gesehen, ist ein weiteres Ziel die Entwicklung von leistungsfähigen KI-Chips als tragfähige Basis für die weitere Entwicklung.
- Auch in Industrie- und Fertigungsprozessen soll KI in Zukunft eine wichtigere Rolle spielen.
- Schließlich sollen auch große Datensätze und andere notwendige Ressourcen zum Training für KI-Anwendungen bereitgestellt werden.

Parallel zu diesem Aktionsplan wurden weitere Maßnahmen beschlossen. Im Oktober 2017 hat das MIIT 13 KI-Technologieprojekte ausgeschrieben, die vorwiegend mithilfe staatlicher Förderung bis 2021 realisiert werden sollen. Damit soll unter anderem das Ziel eines leistungsfähigeren KI-Chips verfolgt werden. Im November 2017 wurden die großen Unternehmen Baidu, Alibaba, Tencent und iFlytek Teil des Nationalen KI-Teams, welches KI in den von Industrie und Regierung priorisierten Bereichen vorantreiben soll. Ein Beispiel für eine in diesem Rahmen bevorzugte Industrie ist das autonome Fahren. Im Januar 2018 wurden Pläne über den Aufbau eines 400 Unternehmen umfassenden KI-Campus in Peking publik gemacht. Außerdem wurde verlautbart, dass momentan an den KI-Richtlinien der umfassenden Strategie „China Standard 2035“ gearbeitet wird (Bieri u. a., 2018).

Gesellschaftliche Akzeptanz für KI

Allgemein besteht in China ein hohes Maß an Akzeptanz für neuartige Technologien wie KI. Chinesen probieren diese gerne aus, wenn dadurch ihr Alltag bequemer und sicherer zu werden verspricht, der Schutz der eigenen Daten und der Privatsphäre rückt dabei in den Hintergrund. Diese generelle Akzeptanz erlaubt weitläufige Anwendungsgebiete. So wird z. B. in einer Schule im Süden von China das Gesicht der Schüler in der Mensa gescannt, um das individuell bestellte Essen korrekt ausliefern zu können, oder sogar während des Unterrichts, um zu analysieren, wer konzentriert mitarbeitet (Dorloff, 2019).

Das allgemeine hohe Interesse an KI zeigte sich beispielsweise 2016, als es nach dem Sieg des antiken chinesischen Strategiespiels Go von Google DeepMinds AlphaGo gegen den zu diesem Zeitpunkt besten Spieler Lee Sedol die bislang größte Steigerung an Baidu-Suchanfragen zum Thema künstliche Intelligenz gab (Ding, 2018).

2.3.2 Forschung und Technologie

Haben die Forschungen des Allen Institute for AI in den letzten Jahren noch gezeigt, dass China zwar quantitativ besonders viel zum Thema KI publiziert, die Qualität aber beispielsweise im Vergleich zu den USA noch um einiges geringer ist, so hat sich dies 2019 geändert. Zu diesem Ergebnis kommt das Semantic-Scholar-Projekt, in dessen Rahmen mehr als 2 Millionen wissenschaftliche Artikel analysiert wurden. Zur Einstufung der Qualität eines Artikels wurde dabei die Zitierate als Kriterium genutzt. Die Ergebnisse zeigen einen Aufwärtstrend des Anteils chinesischer Publikationen unter den am häufigsten zitierten, während die Zitierung jener aus den USA stetig abnimmt (Schoenick, 2019).

Neben der Bewertung der Publikationsqualität sind auch die Datenmenge und deren Qualität entscheidende Kriterien beim Wettrennen um die KI-Vorherrschaft. Die Menge an Daten, die in China bereitsteht, macht für dortige Unternehmen und Forschungseinrichtungen die Testung und Anwendung neuer Technologien einfacher. So ist etwa die Kameradichte um ein Vielfaches höher als in den USA und erst recht im Vergleich zu Europa (Dorloff, 2019).

In China fokussiert man stark auf die Zusammenarbeit zwischen Regierung, Unternehmen und akademischen Institutionen. Vor allem bei der Entwicklung von KI konzentriert man sich sehr auf die 2013 veröffentlichte nationale Strategie Military-Civil Fusion, welche die Grenzen zwischen zivilen und militärischen Ressourcen verschwinden lassen soll. Diese Einstellung kann China einen entscheidenden Vorteil bringen, indem Regierung und Industrie nicht in unterschiedliche Richtungen forschen sondern Synergien nutzen (Bieri u. a., 2018).

Um dem Forschermangel in China entgegenzuwirken, wurden zwischen 2009 und 2011 im Rahmen des Thousand Talents Program zahlreiche Wissenschaftler gefördert, wobei einige empirische Studien aus unterschiedlichen Ländern der Welt konstatieren, dass deren Expertise nur bedingt herausragend war. Viele chinesische Unternehmen versuchen nun Wissenschaftler über die Errichtung von KI-Forschungszentren im Ausland in weiterer Folge nach China zurückzuholen. Für die langfristige Sicherstellung von genügend KI-Experten im Land plant China zudem die Einrichtung von KI-Instituten sowie einer Vielzahl von KI-Studiengängen (Ding, 2018). Die meisten KI-Forscher kommen derzeit direkt von Universitäten und Forschungseinrichtungen (Tsinghua University, 2018).

China hat sich in den letzten Jahren zur Nation mit den weltweit meisten angemeldeten KI-Patenten entwickelt. Die Mehrzahl dieser Patente konzentriert sich auf Datenverarbeitungssysteme sowie die Transformation digitaler Informationen, wobei jene mit Bezug auf Bildverarbeitung und -analyse 16 % der Gesamtmenge ausmachen. Im gesamten chinesischen KI-Markt lag 2017 der Fokus auf maschinellem Sehen, Spracherkennung und natürlicher Sprachverarbeitung. Vor allem in den Bereichen Gesundheitswesen, Finanzen, Bildung und Sicherheit wurde KI bereits angewendet (ebd.).

Insgesamt scheint Chinas Forschungslandschaft stark von Unternehmen und von diesen eingerichteten Institutionen geprägt zu sein. Gleichzeitig bestehen viele Kooperationen mit ausländischen Universitäten sowie Standorte chinesischer Firmen im Ausland. So hat Alibaba 2017 die Alibaba DAMO Academy (Academy for Discovery, Adventure, Momentum and Outlook) gegründet, mit drei Standorten in den USA, einem in Israel, einem in Singapur und zweien in China, wo zu den Teilbereichen Maschinenintelligenz, Datenverarbeitung, Robotik und Finanztechnologien geforscht wird. (Alibaba Group Holding Limited, 2019). Der chinesische Internetkonzern Baidu betreibt zwei Forschungs- und Entwicklungslabore im Silicon Valley in den USA. Eines davon beschäftigt sich vor allem mit Themen wie selbstfahrende Autos und Cybersecurity, das andere arbeitet in den Bereichen künstliche Intelligenz und Datenzentren (Bloomberg, 2017).

Das von dem Internet-Unternehmen Tencent im April 2016 gegründete Tencent AI Lab betreibt mit seinem ersten Forschungslabor in Seattle KI-Forschung in den Bereichen maschinelles Sehen, Spracherkennung, natürliche Sprachverarbeitung und maschinelles Lernen für die vier Kerngeschäftsgebiete des Unternehmens Social, Game, Content und Platform (Liao, 2019).

Technologischer Status quo

Im GCI, zuständig für die Messung der IT-Infrastruktur, verzeichnet die Volksrepublik in einigen Bereichen die größten Zuwächse, was durchaus auf Chinas langfristige Strategieentwicklung für die digitale Transformation zurückzuführen ist.

Riesige Investitionen in die Internet-Hochgeschwindigkeitstechnologie 4G haben zu einem enormen Anstieg der Versorgung der Bevölkerung von 7 % im Jahr 2014 auf 69 % im Jahr 2017 geführt. Im gleichen Zeitraum erreichte die Heimabdeckung mit Glasfaserkabel einen Zuwachs um 46 % auf 64 % im Jahr 2017. Die zunehmende Ausbreitung sowohl des fixen als auch des mobilen Breitbandnetzes in China treibt dabei das E-Commerce kontinuierlich an und erleichtert dadurch die Gründung von mittelständischen Internet-Firmen. Im Hinblick auf die KI hat China als Grundlage für seine Smart-City-Initiative große Investments in Datenzentren, Clouddienste, Big Data und IoT getätigt und repräsentiert mittlerweile nahezu 50 % der weltweit vorhandenen Smart Cities (HUAWAI, 2018).

Hinsichtlich der Verfügbarkeit und Qualität öffentlicher Daten liegt China unter den hier verglichenen Nationen auf dem letzten Platz. Allerdings kann die Volksrepublik auf einen enormen Datenpool im privaten Bereich zurückgreifen, einerseits auf Basis ihrer 730 Millionen Internetnutzer, andererseits infolge ihrer technologischen Großkonzerne: So weist das chinesische Komplementär zu Facebook – WeChat – eine Anzahl von monatlich einer Milliarde Zugriffen auf. Darüber hinaus gestaltet sich die für die Einspeisung zum Training der KI-Algorithmen unabdingbare Datensammlung leichter als beispielsweise im stärker regulierten und sicherheitsbedürftigeren Europa (Groth, 2018a).

Eine weitere wichtige Voraussetzung für den kontinuierlichen Aufstieg Chinas im KI-Bereich stellt die Verfügbarkeit von Supercomputern dar, wobei die Volksrepublik mit 220 von weltweit 500 Rechnern auf Platz 1 liegt (Dongarra u. a., 2019). Ein großes Defizit weist China hingegen im Bereich der Produktion von KI-Chips auf, die notwendig sind, da normale Standardprozessoren für die benötigten Rechengeschwindigkeiten nicht mehr ausreichen. Hinzu kommt ein von der US-Regierung verhängter Exportstopp für amerikanische Chiphersteller nach China, dem die chinesische Regierung derzeit durch den Aufbau einer eigenen Chipindustrie mithilfe eines hierfür aufgelegten Fonds in Höhe von 47 Milliarden US-Dollar entgegenzusteuern versucht (Arnold, 2018).

2.3.3 Wirtschaft

Volkswirtschaftliche Implikationen

Der Einsatz künstlicher Intelligenz hat in China eine immense ökonomische Bedeutung. Studien geben sogar anhand konservativer Schätzungen ein durch den Einsatz von KI beschleunigtes Wachstum des BIP aufgrund von KI um 20 % bis 2030 an, welches damit um 6 % über dem globalen Durchschnitt liegt. Unter Berücksichtigung der Bruttowertschöpfung sind über den Zeitraum zwischen 2017 und 2030 sogar kumuliert 38 % Wachstum zu erwarten (Hawksworth u. a., 2017). China hat jedoch nicht nur ein äußerst starkes Wachstum zu erwarten. Laut einer Studie der Oxford University sind 77 % der aktuell bestehenden Jobs durch die voranschreitende Automatisierung in Gefahr, was den Höchstwert unter allen untersuchten Vergleichsländern mit Ausnahme von Äthiopien darstellt (Frey, Osborne, 2017).

Das Risiko sinkt jedoch auf 39 %, wenn man nur die Aufgabentypen anstelle der fest definierten Berufsfelder an sich betrachtet (Hawksworth u. a., 2017). Die in den nächsten 20 Jahren am stärksten betroffenen Arbeitsfelder liegen in den Bereichen Industrie, in der 35 % aller Jobs substituierbar sein werden, sowie in der Landwirtschaft und im Baubereich, wo 27 % bzw. 25 % der Arbeitsstellen wegfallen werden. Durch das gestiegene Wirtschaftswachstum sollen jedoch 300 Millionen neu geschaffene Jobs die somit etwa 200 Millionen verlorengelassenen Arbeitsplätze ausbalancieren. Über die nächsten 20 Jahre werden diesen Berechnungen nach in China über KI also netto 12 % neue Arbeitsplätze geschaffen werden und lediglich der Agrarsektor könnte einen Verlust in Höhe von 22 Millionen Jobs aufweisen (ebd.).

Ökosystem der KI-Unternehmen

Im Hinblick auf seine Unternehmenslandschaft kann China definitiv zu den am schnellsten aufstrebenden Nationen der Welt gezählt werden. Bei insgesamt 4.925 Firmen, die weltweit unter Einsatz von KI-Komponenten agieren, rangiert China mit über 1.000 Unternehmen auf Platz 2, wobei diese den KI-Markt auf den Feldern maschinelles Sehen (34,9 %), Spracherkennung (24,8 %), Computerlinguistik (21 %), Hardware (11,3 %) und Algorithmen (8 %) dominieren (Tsinghua University, 2018). Chinas Weg an die Spitze spiegelt sich ebenfalls in der Anzahl der jungen Unternehmen wider, die mit 383 Firmen 11 % aller Start-ups weltweit repräsentieren und auf 48 % sämtlicher privater Beteiligungsfinanzierungen zurückgreifen können (Hawksworth u. a., 2017).

Zudem stellt das Zusammenwirken der Digital Players Baidu, Ali Baba und Tencent (BAT) mit dem chinesischen Staat sowie mit Chinas Metropolen und deren starker Verbreitung an KI-Firmen beste Voraussetzungen für florierende KI-Entwicklungen dar. Erstens ermöglichen die Großkonzerne BAT Zugriff auf umfangreiche Datensätze, die zum Training der Algorithmen benötigt werden. Außerdem können sie kontinuierlich große Investitionen in neueste Datentechnologien anschieben und besitzen gleichzeitig hohe Attraktivität im internationalen Wettbewerb um junge Talente. Zweitens ist die Dichte der KI-Firmen in China bereits heute sehr hoch. Mit seinen Metropolen Peking, Shanghai, Shenzhen und Hangzhou ist China viermal in den Top 20 der Metropolen mit den meisten KI-Firmen vertreten, wobei Peking mit 395 KI-Firmen noch vor San Francisco die größte Firmen-Infrastruktur weltweit aufweist. Diese hohe Verbreitung von KI-Firmen stärkt die Vernetzung und vergrößert den Markt (Tsinghua University, 2018). Und schließlich profitieren junge Unternehmen vom staatlichen Protektionismus, der es heimischen Firmen erlaubt, geschützt vor ausländischem Wettbewerb zu innovieren.

Als bedeutendstes Innovationszentrum ist dabei die Region Zhongguancun im Nordwesten Beijings anzusehen, die mit ihren rund 9.000 Hi-Tech-Unternehmen, darunter Baidu und Sina Corp, seit 30 Jahren den technologischen Dreh- und Angelpunkt für Forschung, Investment und Kommerzialisierung in China bildet. Der KI-Sektor allein konnte dabei Investitionssummen in Höhe von 7,6 Milliarden US-Dollar einholen (China.org.cn, 2019). Darüber hinaus befördern die zwei führenden Universitäten Beida und Tsinghua in Peking, die sich in enger Zusammenarbeit mit der Industrie auf Grundlagenforschung in Core-AI und KI-Hardware spezialisiert haben, die Verfügbarkeit von KI-Talenten. Dies wiederum gilt als Lockmittel für internationale Großkonzerne wie beispielsweise Microsoft oder Intel, die durch die Gründung unternehmenseigener Forschungseinrichtungen den Innovationsprozess weiter vorantreiben. Beschleunigt werden soll dieser Prozess gemäß dem KI-Strategieplan Chinas durch die Entwicklung eines Technologieparks im Wert von 2,1 Milliarden US-Dollar, der in Zusammenarbeit mit Google innerhalb der nächsten 5 Jahre in Beijing errichtet werden soll (Kharpal, 2018).

Die Stadt Shenzhen, Hauptsitz des Tech-Giganten Tencent sowie zahlreicher renommierter Universitäten, ist ebenfalls von hoher Bedeutung, wobei ihr Schwerpunkt eher in der Anwendung von KI-Technologien liegt. Über sein dichtes Netz produzierenden Gewerbes, das eine komplette Versorgungskette für die KI-Industrie bereitzustellen vermag, ist Shenzhen bekannt als „Hardware Capital of the World“ und wird zudem von der Regierung über seinen Status einer „Special Economic Zone“ gesondert gefördert. Mit seiner lebhaften Start-up-Szene, basierend auf einem starken Finanzzentrum für übergreifende Privatinvestitionen, gilt es besonders im Bereich der Robotik als aufstrebendes Innovationszentrum – allein der dortige Produktionswert von humanoiden und industriellen Robotern lag 2016 bereits bei 11,4 Milliarden US-Dollar (He, 2017).

Neben seinen aufstrebenden Innovations-Hubs erlauben auch die breiten Marktstrukturen im Bereich der intelligenten Systeme Rückschlüsse auf Chinas Position als Herausforderer.

Nicht umsonst ist seit 2013 zum einen der chinesische Markt mit 138.000 verkauften Industrierobotern der weltweit größte und liegt damit weit vor den viertplatzierten USA mit 33.000 verkauften Maschinen. Zum anderen können sich im globalen und äußerst schnell wachsenden Markt der intelligenten Lautsprecher chinesische Unternehmen mit einem Marktanteil von insgesamt 27 % behaupten. Lediglich Google mit 3,2 Millionen verkauften Speakern (36,2 %) sowie Amazon mit 2,5 Millionen (27,7 %) liegen noch weiter vorne. Grundsätzlich ist jedoch in China vermehrt der Trend zu beobachten, Produkte nicht mehr zu kopieren, sondern selbst herzustellen und eigene Standards Made in China zu setzen (Tsinghua University, 2018).

Investments und M&A

Die Investmentaktivitäten verzeichnen in China seit 2016 einen enormen Anstieg und haben die Volksrepublik bezüglich der globalen Investitionen in KI-Start-ups noch vor den USA platziert. Von 15,2 Milliarden US-Dollar fließen mittlerweile 48 % (gegenüber 11 % im Jahr 2016) in chinesische KI-Start-ups mit einer durchschnittlichen Höhe von 36 Millionen US-Dollar pro Fundraising-Deal (während dies in den USA lediglich 10 Millionen US-Dollar sind) (Bughin u. a., 2018). Darüber hinaus profitieren junge Unternehmen von der engen Verknüpfung mit der chinesischen Regierung, die innerhalb der nächsten sechs Jahre 59,1 Milliarden US-Dollar in die heimische Industrie investieren will (Asgard Capital u. a., 2018).

Öffentliche Finanzierungen für Unternehmen wie CloudWalk oder Megvii, die KI zur digitalen Gesichtserkennung nutzen, belaufen sich auf 301 Millionen US-Dollar (CloudWalk) bzw. 460 Millionen US-Dollar (Megvii), und stehen gemeinsam mit dem Start-up SenseTime exemplarisch für zunehmend groß angelegte Finanzierungen mit einem Wert von über 100 Millionen US-Dollar. Generell lässt sich bei der KI-Technologie zu Zwecken der Gesichtserkennung eine enorme Dynamik feststellen. Die Anzahl der Finanzierungsdeals ist in diesem Bereich innerhalb eines Jahres von 11 auf 41 gestiegen, wobei davon auszugehen ist, dass dem die Strategie „Xue Lang“ (zu Deutsch: „scharfe Augen“) der Zentralregierung zugrunde liegt, die die landesweite Installation von Überwachungskameras im öffentlichen und privaten Raum zum Ziel hat. Grundsätzlich sind in der Volksrepublik hohe Investitionsvolumen zu beobachten, lediglich Early Stage Investments gehen seit 2014 zurück, was bei einer weiterhin stabilen Series-A-Finanzierung jedoch auf rationalere Investmentaktivitäten schließen lässt (CBInsights, 2018).

Fachkräftesituation

Was die allgemeine Situation hinsichtlich der Fachkräfte für künstliche Intelligenz betrifft, befindet sich China bereichsübergreifend definitiv auf dem Vormarsch – auch verspricht die weltweit größte Basis von 4,7 Millionen Absolventen in den relevanten MINT-Fächern und 300.000 qualifizierten KI-Wissenschaftlern (inkl. Studierenden) gute Voraussetzungen. Zieht man den Kreis jedoch enger und betrachtet die Zahl aktuell verfügbarer KI-Talente, so wird deutlich, dass die Volksrepublik hier noch starken Nachholbedarf hat, was weitere Investments in (ausländisches) Fachpersonal nach sich ziehen wird. Laut einem Bericht der Tsinghua University zum aktuellen Status quo der KI weisen die USA mit über 28.000 KI-Talenten (13,9 % des globalen Talentpools) rund 65 % mehr Experten auf als China mit rund 18.000 Talenten (8,9 % des globalen Talentpools). Dies verdeutlicht auch die Betrachtung der Allokation von KI-Talenten in Unternehmen, bei der Huawei als einziges chinesisches Unternehmen in den weltweiten Top 20 aller Firmen mit KI-Talenten vertreten ist (Tsinghua University, 2018).

2.4 Israel: die Start-up-Nation

Mit durchschnittlich 140 neu gegründeten Startups pro Jahr über die letzten fünf Jahre hinweg ist Israel bezogen auf seine Einwohnerzahl weltweit führend und wird zurecht als „Start-up-Nation“ bezeichnet. Die israelische Regierung hat den Gründerboom bereits früh erkannt und politische Maßnahmen ergriffen, um ein geeignetes Ökosystem für Startups und Investoren zu schaffen. Im Bereich KI kann Israel die zweithöchste Anzahl an Start-ups vorweisen. Auch hier ist ein starkes Wachstum zu verzeichnen.

2.4.1 Politik und Gesellschaft

Während sich die USA und China im KI-Wettstreit befinden und Europa daran anzuschließen versucht, entwickelt sich auch Israel immer mehr zu einer KI-Nation. 2017 haben israelische AI-Start-ups nahezu 2 Milliarden US-Dollar aufbringen können, das sind 70 % mehr als noch 2016 (Press, 2018). Eine ausgereifte nationale Strategie fehlt momentan jedoch noch. Es steht zu vermuten, dass aufgrund der erfolgreichen Geschäftsideen in Israel vor allem im Start-up-Sektor in den vergangenen zwei Jahrzehnten bereits die Basis eines Ökosystems geschaffen wurde, welches es auch für KI-Innovationen leichter machen wird, Fuß zu fassen. Die IIA hingegen befürchtet, dass Israel durch die fehlende Strategie den Anschluss verlieren könnte. Sie fordert daher in ihrem Innovationsreport 2018 Regierung, Industrie und Forschung auf, gemeinsam an einer KI-Strategie für die israelische Wirtschaft zu arbeiten. Während marktnahe Innovationen aufgrund ihrer ökonomischen Wettbewerbsfähigkeit in vielen Fällen gefördert werden, handelt es sich bei KI-Entwicklungen oft um marktferne Technologien. Daher ist hier eine Intervention vonseiten der Regierung notwendig. Die IIA empfiehlt deshalb eine Strategie, die auf folgende Schlüsselherausforderungen eingeht:

- die Verstärkung von Forschungsinfrastruktur im Bereich KI und der Ausbau israelischer Forschungsuniversitäten zu KI-Exzellenzzentren,
- die Förderung von Fachpersonal von Data-Science-Experten bis hin zu erfahrenen KI-Wissenschaftlern mit geeigneten Anreizen und angemessener Vergütung,
- die Entwicklung von F&E-Infrastruktur zur Nutzung durch Industrie und Forschung unter Wahrung der Privatsphäre und Transparenz sowie
- die Durchdringung aller relevanten Bereiche durch die KI-Technologie (Gabay u. a., 2018).

Auch neue Regulierungen aufseiten der Regierung sind unter anderem auf die Förderung der KI-Forschung ausgerichtet. So müssen etwa ausgewählte High-Tech-Unternehmen seit 2016 statt 25 % nur 6 bzw. 12 % Körperschaftsteuer zahlen (Chikorel, Blau, 2019).

Gesellschaftliche Akzeptanz für KI

Umfragen zur Wahrnehmung von KI in der Bevölkerung Israels gibt es kaum, die hohe Dichte an KI-Start-ups zeigt aber das Interesse und den grundsätzlichen Innovationsgeist innerhalb der israelischen Bevölkerung. Die Internetnutzungsrate von 74,7 % im Dezember 2014 ist eine der Grundvoraussetzungen für die Nutzung von KI-Anwendungen aufseiten der Konsumenten. Bei der Anwendung von KI wird ein besonderer Fokus auf die Implementierung im Bildungs- und Gesundheitssektor gesetzt (Getz, Goldberg, 2019).

2.4.2 Forschung und Technologie

Die technologische Infrastruktur-Abteilung der IIA ist unter anderem für die Bereitstellung von F&E-Infrastruktur und den Wissenstransfer von der akademischen Welt in die Industrie zuständig. Dafür wurde beispielsweise das MAGNET Konsortium eingerichtet, welches Projekte aus Industrie und Forschung über einen Zeitraum von drei Jahren unterstützt (Gabay u. a., 2018).

Zwischen 2006 und 2012 hat das israelische Bildungsministerium eine stetig abnehmende Anzahl an Mathematikstudenten und eine Stagnation der Studenten der MINT-Fächer festgestellt. Außerdem gab es eine hohe Diskrepanz zwischen ländlichen Gebieten und Städten sowie zwischen der Anzahl von Männern und Frauen. Um dieses Problem zu bekämpfen und die benötigten Experten für die KI-Forschung auszubilden, wurde das National Program for the Promotion of Math and Science ins Leben gerufen, welches vermehrt Studenten im Bereich der MINT-Fächer, insbesondere im Bereich der Mathematik ausbilden soll (ebd.).

Um die Zukunft der israelischen Bildung hinsichtlich Technologie und KI im Speziellen zu sichern, sollen die Universitäten zukünftig auch Onlinekurse auf der internationalen Plattform edX anbieten, welche von der Harvard Universität und dem MIT kreiert wurde. Zudem sollen an den Universitäten Gründungs- und Innovationszentren entstehen, die den Studenten relevantes Wissen für die F&E von neuartigen Technologien wie beispielsweise KI vermitteln und sie in Projekten mit sozialen und/oder ökonomischen Konsequenzen unterstützen. Diese Innovationszentren sollen die Universitäten in Ökosysteme verwandeln, die die Kreativität fördern, Hürden minimieren und zwischen Forschung und Industrie vermitteln (ebd.).

Technologischer Status quo

In dem für die KI-Entwicklung nötigen technischen Zusammenspiel aus der Verfügbarkeit von Daten und Datengenerierung scheint Israel noch Nachholbedarf zu haben. Bei einer Bevölkerungszahl von 8,38 Millionen Einwohnern besitzt das Land neun Datenzentren für die Sammlung von Daten sowie zehn Anbieter von Clouddiensten. Bezüglich der Dichte von Datenzentren belegt es damit Rang 54 der Welt (Cloudscene, 2019). Raum nach oben zeigt sich auch bei Betrachtung des Open Data Barometer, in dem Israel lediglich auf Platz 28 steht und damit einen eher mäßigen Zugang zu öffentlichen Daten ermöglicht (Groth, 2018b).

Demgegenüber steht jedoch ein fortschrittlicher Ausbau der IT-Infrastruktur mit einem Internetzugang für etwa 75 % der Bevölkerung. Mit seiner durchschnittlichen Internetgeschwindigkeit von 13,1 Mbit/s liegt Israel zwar beispielsweise hinter den USA (18,7 Mbit/s) oder Deutschland (15,3 Mbit/s), bei der Spitzengeschwindigkeit hält das Land jedoch mit 99,1 Mbit/s einen technologischen Vorsprung gegenüber beiden Nationen (USA: 86,5 Mbit/s, Deutschland: 65,6 Mbit/s). Damit liegt Israel hier im internationalen Vergleich auf Rang 9 (Belson, 2017).

Dass Israel derzeit über keinen der TOP-500-Supercomputer verfügt, könnte einen strategischen Nachteil beim Ringen um die Vormachtstellung in KI gegenüber seinen Konkurrenten bedeuten. Allerdings hält das Land mit Mellanox einen Chiphersteller in den eigenen Reihen, der nach seinem Kauf durch den US-amerikanischen Hersteller Nvidia mehr als die Hälfte aller Supercomputer mit Energie versorgt (Halon, 2019). Ein ähnliches Bild ergibt sich für das IoT, dessen Anwendung zwar noch nicht sehr ausgeprägt ist, wohingegen jedoch im dynamischen Start-up-Ökosystem durchaus international begehrte Expertise zu IoT, Cloud-Computing und zur Chipherstellung besteht (Bloching u. a., 2016).

2.4.3 Wirtschaft

Ökosystem der KI-Unternehmen

Israel besitzt eines der am stärksten florierenden und aufstrebenden Ökosysteme für junge, interdisziplinäre Unternehmen, die oftmals an der Schnittstelle diverser Technologiefelder arbeiten. Mit seinen durchschnittlich 140 Neugründungen pro Jahr in den letzten fünf Jahren und einer Verdreifachung des jährlichen Wachstums von KI-Firmen innerhalb der letzten vier Jahre wird Israel nicht ohne Grund „Start-up-Nation“ genannt. Nach Angaben des Israel Venture Capital Research Center führte dies zu derzeit 954 existierenden Start-ups, die aktiv KI-Technologien entwickeln und/oder anwenden. Demnach weist Israel die zweithöchste Anzahl an KI-Start-ups weltweit auf (Scheer, 2019).

Elementar wichtig für den unternehmerischen Erfolg israelischer Unternehmen ist die dort vorherrschende enge Vernetzung zwischen Inkubatoren, Working-Spaces zu Wissensaustausch und Investorengewinnung sowie Politik und Forschung. Äquivalent zum Silicon Valley in den USA bildet das Silicon Wadi (von arab. Wadin = Tal), der Speckgürtel zwischen Tel Aviv, Haifa und Jerusalem, eines der erfolgreichsten Technologiezentren weltweit – mit mehr als 6.500 Start-ups, 300 High-Tech-Unternehmen und einem High-Tech-Anteil von 45 % der exportierten Industriegüter. Einer der Gründe für diese hohe Start-up-Dichte ist die immens günstige Subventionsbasis für Tech-Firmen, die sich bei einem Anteil von 15 % Eigenfinanzierung staatlicher Hilfe in Höhe der restlichen 85 % gewiss sein dürfen. Da außerdem die KI seitens der Politik als technologische Grundlage der 4. Industriellen Revolution angesehen wird, erhalten Unternehmen mit KI-Komponenten eine bevorzugte Finanzierung (IHK Nord, 2018).

Darüber hinaus liefern israelische Universitäten einen hohen Beitrag zur KI bei enger Anbindung an die Industrie. Mit der Ausgründung des Start-ups Mobileye aus der Hebrew University und dessen Verkauf an Intel zum Preis von 15,3 Milliarden US-Dollar gelang der Rekordverkauf eines israelischen Start-ups, welches der Universität bereits vorher eine Vorreiterposition bei intelligenten Fahrsystemen eingebracht hatte. Hinzu kommen Forschungsaufträge des Militärs an die Universität Tel Aviv und an das technologische Institut Technion in Haifa, welche die angewandte Forschung kontinuierlich vorantreiben (Scheer, 2019).

Nach Schätzung von Asgard Capital und der Unternehmensberatung Roland Berger liegt Israel mit 362 KI-Start-ups weltweit auf Platz 3, was in Anbetracht der Größe des Landes beachtlich ist. In der Hauptsache (71 %) bieten israelische Start-ups Lösungen softwarebasierter KI an, die sich auf das Business-to-Business-Geschäft und auf Marketing konzentrieren (Singer, 2018). Dem globalen Trend entsprechend stützen sich 51 % der Geschäftsmodelle auf das Machine-Learning-Verfahren, davon wenden 21 % die Deep-Learning-Methode an und 13 % arbeiten mit Computer Vision, weniger befassen sich mit Robotik (4 %) und Spracherkennung (3 %) (ebd.). 44 % der KI-Start-ups erwirtschaften bereits Jahresumsätze von bis zu 10 Millionen US-Dollar und 6 % sogar Umsätze darüber hinaus (Scheer, 2019).

Außerdem geht der Trend weg von fremden Übernahmen bereits in jungen Phasen und hin zu dem Ziel, sich als eigenes Unternehmen zu etablieren. Bemerkenswert dabei ist, dass sich bereits sieben Unicorns in Israel entwickeln konnten, von denen vier Start-ups mit Deals über 100 Millionen US-Dollar finanziert wurden (ebd.). Wichtig für die jungen Unternehmen bleibt in jedem Fall eine starke Finanzierungsgrundlage, da sie sich von Beginn an im internationalen Wettbewerb mit den USA auf der einen und China auf der anderen Seite messen müssen. Unterstützt werden die diese Start-ups dabei durch die anreizschaffende Politik sowie starke Inkubatoren.

Nicht zuletzt das Militär und der israelische Geheimdienst Mossad gelten hier als wichtige Pull-Faktoren: Über den Fonds Libertad Ventures werden durch den Mossad Partnerschaften im Wert von 2 Millionen Israelischen Schekel (~500.000 Euro) mit Start-ups in den Bereichen Cyber, Computerlinguistik und Robotik angestrebt (ebd.).

Investments und M&A

Trotz der zunehmenden Entwicklung hin zur Emanzipation von Unternehmen spielten Firmenübernahmen zumindest in der Vergangenheit eine sehr große Rolle in Israel. So investierte beispielsweise im Jahr 2014 Apple 350 Millionen US-Dollar in PrimeSense, einen Hersteller von Hardware und Chips für eine dreidimensionale Computer-Vision-Technologie. Vier Jahre später kam es zur Übernahme des Unternehmens Datorama durch den Konzern Salesforce, der 800 Millionen US-Dollar bot (Scheer, 2019). Nicht zuletzt durch den Verkauf an Intel im Jahr 2017 gelang jedoch Mobileye, ein weltweit führender Anbieter von fortgeschrittenen Fahrassistenz-Systemen, der größte Deal der israelischen Tech-Industrie mit einem Erlös von 15,3 Milliarden US-Dollar, der Israels Status als globale KI-Kernregion für die Automobil-Branche begründete (Lunden, 2017).

Gleichzeitig führt das hohe Wachstumspotenzial israelischer Tech-Firmen nicht nur zu umfangreichen Firmenübernahmen, sondern wachsende Investoren-Deals zeugen auch von steigendem Interesse an der israelischen KI-Start-up-Riege und Vertrauen in diese. 2017 verzeichneten Investment-Deals mit 207 abgeschlossenen Verträgen in Israel einen Höhepunkt. Das spiegelt sich auch in der Finanzierungssumme wider, welche im Vergleich zu 2016 um 70 % auf 1,94 Milliarden US-Dollar kletterte (Singer, 2018). Insbesondere Firmen mit KI-Technologie scheinen das meiste Interesse von Investoren auf sich zu ziehen – so flossen bisher 80 % der Fonds von Wagniskapitalgebern in Unternehmen, deren Geschäftsmodell eine KI-Komponente aufweist, davon mehrheitlich in die ersten zwei Finanzierungsrunden. Dies zeigt sich auch bei Privatinvestitionen, die mit 4 % der weltweiten privaten Beteiligungen in KI-Komponenten aus Israel strömen. Israel liegt mit diesem Wert auf Rang 3 hinter den USA und dem Vereinigten Königreich (ebd.).

Fachkräftesituation

Wie die übrigen hier betrachteten Nationen scheint auch Israel nicht vollständig mit der raschen KI-Entwicklung Schritt halten zu können. Dies manifestiert sich im Mangel an gut ausgebildetem Fachpersonal, wie Programmierer und Ingenieure, der hier schätzungsweise 10.000 fehlende Fachkräfte beträgt. Nichtsdestotrotz gilt Israel aufgrund seines dynamischen Ökosystems als Brutstätte für KI-Talente. Dies zeigt sich zum einen in der Industrie, 64 % der israelischen KI-Talente arbeiten für Start-ups, 31 % bei multinationalen Großkonzernen mit KI-Zentren und -Labs in Israel (Singer, 2018). Intel (280 KI-Fachkräfte) und IBM (130) vereinen hierbei die meisten KI-Experten auf sich, hinzu kommen unter anderem die Labs von Amazon (70), Apple Israel (65), Google AI Research Center und Microsoft (beide 50) (Scheer, 2019).

Zum anderen graduieren in Israel jährlich etwa 650 Masterstudierende mit breiten Kenntnissen in KI-Technologien, wobei in Zukunft mit einer deutlich höheren Menge an Fachpersonal gerechnet werden kann, da bereits jetzt ein Anstieg in den Bewerberzahlen für Computerwissenschaften mit Schwerpunkt künstliche Intelligenz festzustellen ist. In den für KI relevanten MINT-Fächern wird innerhalb der nächsten sechs Jahre aufgrund verstärkter Subventionen ein Anstieg um 4.000 auf 11.000 Bachelor-Interessierte erwartet und auch bei den Master- und PhD-Abschlüssen wuchs die Zahl von 2017 bis 2018 um 50 % von 60 auf 90 Absolvierende (ebd.). Der Frauenanteil unter den aktuell eingeschriebenen PhD-Studierenden beläuft sich auf 30 % (Singer, 2018).

3 Implikationen für die integrierte Energiewende

3.1 Die Energiewende in nationalen KI-Strategien

Betrachtet man die unterschiedlichen Herangehensweisen der KI-Strategien in den in diesem Bericht näher betrachteten Ländern bzw. Regionen, lassen sich vier Schwerpunkte erkennen, die in den Strategien durchgehend eine wichtige Rolle spielen und deren Implikationen auch für die Energiewirtschaft entscheidend sind:

- Um die nationalen Ziele zur F&E von KI zu erreichen, ist ein Fokus auf die Förderung von Bildungs- und Ausbildungsprogrammen notwendig. Gerade bei der digitalen Transformation des Energiesystems lassen sich die Akteure in zwei Lager teilen, jene mit Expertise im Bereich Digitalisierung und andere mit vertieftem Wissen zur Energiewirtschaft. Die Verbindung dieser Kompetenzen, beispielweise in neuen Studiengängen, wird in Zukunft eine wichtige Rolle spielen.
- Eine verstärkte Kooperation von Unternehmen, Start-ups und Universitäten soll sicherstellen, dass zur Förderung von KI Stärken der jeweiligen Akteure herausgearbeitet und Synergien genutzt werden. Gerade im Themenfeld Energie gibt es eine Vielzahl an Start-ups, die innovative Lösungen für die Energiewende entwickeln. Nichtsdestotrotz fehlen ihnen häufig Ressourcen, die große Unternehmen wiederum in eine mögliche Kooperation einbringen können. Hinzu kommen Forschungseinrichtungen an Universitäten, die oft einen anderen Zugang zur F&E von KI als der Privatsektor haben und dadurch noch einmal einen deutlichen Mehrwert für Kooperationsprojekte mitbringen.
- Fortschritte im Bereich KI werden ohne die Verbesserung der technischen und industriellen Leistungskapazität von für KI notwendigen Komponenten nicht so schnell voranschreiten können, wie es beispielweise für eine vollständige Energiewende notwendig ist. Daher ist die Entwicklung von leistungsfähigen KI-Chips oder auch der Ausbau der Rechenleistung für die Energiewirtschaft ebenso wichtig wie für andere Branchen.
- Obwohl die Definition von ethischer KI mitnichten einheitlich oder eindeutig ist, wird sie doch in den meisten KI-Strategien erwähnt. Dabei ist dies in der Energiewirtschaft sicherlich weniger relevant als beispielweise in der Medizin oder in der Mobilität. Nichtsdestotrotz ist der Umgang mit Daten und die Veröffentlichung dieser gerade in der Energiebranche in Europa ein oft diskutierter Schlüsselfaktor, der am Ende dazu führen kann, dass eine KI-Entwicklung trotz vorhandenen Potenzials keine Anwendung findet.

Demgegenüber steht die Nutzung der Technologie für die Energiewende, die in vielen nationalen KI-Strategien zwar erwähnt wird, aber meist hinter Anwendungsgebieten wie Verteidigung oder Gesundheitswesen zurücksteht. In der KI-Strategie der **deutschen Bundesregierung** wird explizit auf die Potenziale von KI zur Erreichung der erklärten 17 Ziele für nachhaltige Entwicklung (SDGs) der Vereinten Nationen hingewiesen. Zur Ermittlung von Kriterien für die Bewertung von KI-Umweltwirkungen als Basis für die Etablierung umweltfreundlicher KI-Anwendungen soll zum einen eine Umweltdatencloud aufgebaut werden, die Transparenz für Wirtschaft, Wissenschaft und Gesellschaft schaffen soll. Zum anderen werden zur Nutzbarmachung von KI für den Klima-, Umwelt- und Ressourcenschutz 50 Leuchtturmprojekte unterstützt (BMBF, 2018b). Die im März 2020 veröffentlichte Umweltpolitische Digitalagenda erkennt auch ganz klar die große Bedeutung von Klimaschutz und Digitalisierung und das Potenzial diese zwei Themengebiete gemeinsam zu betrachten (BMU, 2020).

Die **finnische Regierung** hat verschiedene sektorenspezifische Strategien veröffentlicht, unter anderem für die Erzeugung klimafreundlicher Energie unter Nutzung von KI (Groth, 2018b). Aufgrund seines technisch sehr fortschrittlichen Energiesystems betrachtet sich Finnland als Vorreiter in der Anwendung von KI im Energiesektor und als attraktiven Standort zur Etablierung von Pilotprojekten in diesem Bereich (TEM, 2017).

Zwar wird in der KI-Strategie des **Vereinigten Königreichs** nicht explizit auf Einsatzmöglichkeiten im Energiesektor hingewiesen, doch werden die beiden Entwicklungsfelder selbst als größte Herausforderungen der Zukunft für die englische Regierung benannt. Bei genauerer Betrachtung der Strategie für Sauberes Wachstum (Clean Growth Strategy) wird die enge Verbindung der beiden Themen deutlich (Demetry, 2017). Im Gebäudesektor, der 40 % des Energiebedarfs im Vereinigten Königreich auf sich vereinigt, wird angestrebt, unter Zuhilfenahme intelligenter Technologien die gesamte Energienachfrage bis 2030 zu reduzieren und damit zur Erreichung der Klimaziele beizutragen. Dazu wurde bereits ein mit 72 Millionen Pfund geförderter Construction Innovation Hub ins Leben gerufen, um die Forschung bei der Entwicklung und Kommerzialisierung digitaler Technologien zu unterstützen (BEIS, 2019).

Frankreichs KI-Strategie, basierend auf dem sogenannten Villani-Bericht von 2018, benennt den Umweltsektor als einen von vier Hauptanwendungsfeldern für KI, wobei der Einsatz von KI in der Energiewende nicht näher thematisiert wird. Jedoch macht der Report auf die Gefahr des hohen Energieverbrauch durch digitale Technologien aufmerksam und fordert eine energetisch optimierte KI, z. B. durch energieeffiziente Nutzung der von Datenzentren generierten Wärme (Villani u. a., 2018).

Im Haushalt 2019 wurden in den **USA** die Themenbereiche Energie und Gesundheitswesen neu hinzugefügt, wobei der klare Fokus weiterhin auf Verteidigung und Sicherheit sowie Wirtschaftsentwicklung liegt (White House, 2019).

In den **Vereinigten Arabischen Emiraten (VAE)** bilden KI-Technologien einen Hauptpfeiler der strategischen Ausrichtung des Landes sowie in der Erschließung neuer Geschäftsfelder. Künstliche Intelligenz soll dabei in neun verschiedenen Sektoren zum Einsatz kommen, mit besonderem Fokus auf erneuerbare Energien (Asset-Management und smartem Energieverbrauch) sowie auf dem Umweltsektor (Aufforstung) (Dubai FDI, 2018).

Forschung: Energie als wesentlicher Bestandteil der KI-Strategie

Hinsichtlich der nationalen KI-Strategien treten die Vereinigten Arabischen Emirate als Musterbeispiel auf. In enger Zusammenarbeit mit der Internationalen Energieagentur (IRENA) und der Khalifa Universität für Wissenschaft und Technologie (KUST) wurde 2018 über einen Anstoß des Ministeriums für Klimawandel und Umwelt das **AI Lab für Erneuerbare Energien** errichtet, um KI-Technologien für Solarstrom und Luftverschmutzung zu testen. Mit seinem besonderen Augenmerk auf den Energiesektor als elementarer Bestandteil der nationalen KI-Strategie will es einen weiteren wichtigen Grundstein für die Erreichung einer Führungsposition bei der Umsetzung einer zielgerichteten KI-Entwicklung im Vergleich mit anderen staatlichen Einrichtungen legen. So sollen beispielsweise Solarlandkarten und Simulationen dabei helfen, die geeignetsten Standorte für den Bau von PV-Anlagen innerhalb des Landes zu bestimmen. Darüber hinaus soll mithilfe von Vorhersagen über die Luftqualität ein Umweltüberwachungssystem zu Lande und zu Wasser etabliert werden. Zudem könnten über die Auswertung von Satellitenbildern der NASA Öl-Lecks und Wasserverschmutzungen frühzeitig erkannt werden (Enviromena, 2018).

Südkorea sieht erneuerbare Energien neben anderen Domänen wie autonomes Fahren als eine der zentralen Anwendungsfelder für KI und sieht entsprechende Förderungen vor.

In der KI-Strategie **Japans** aus dem Jahr 2017 liegen die Schwerpunkte klar auf den Themen Produktivität, Gesundheitssystem und Mobilität. Neben dem Einsatz von Robotik in der Produktion stellt dabei auch das KI-basierte Ausräumen von Angebot und Nachfrage im Energiesystem einen wichtigen Aspekt der Produktivitätssteigerung dar. Dazu sollen in der ersten von drei Phasen die Anwendung und Nutzung von datengesteuerter KI gefördert werden. In Phase 2 sollen KI-Anwendungen und Daten öffentlich zugänglich gemacht werden. In Phase 3 soll ein Ökosystem durch die Vernetzung verschiedener Bereiche entstehen (MIC, 2017).

3.2 Künstliche Intelligenz im Energiesektor

Chancen für die Energiewirtschaft

Zahlreiche Anwendungsbeispiele zeigen, dass die Energiewirtschaft am stärksten durch eine erhöhte Systemeffizienz, reduzierte Kosten und optimierte Entscheidungsfindung von künstlicher Intelligenz profitiert. Somit bietet die Technologie die Chance, den Übergang hin zu einer sicheren und klimafreundlichen Stromerzeugung aus erneuerbaren Energiequellen zu koordinieren. Hinsichtlich der zunehmenden Komplexität des Energiesystems, die z. B. durch die stärkere Dezentralisierung von Stakeholdern und Assets begründet ist, werden digitale Technologien der 4. Industriellen Revolution, darunter insbesondere KI und IoT, unerlässlich für eine resiliente, nachhaltige und erschwingliche globale Energieversorgung sein.

Die in der o. g. dena-Analyse „Künstliche Intelligenz für die integrierte Energiewende“⁸ identifizierten neun Anwendungsfelder, welche in drei Cluster („Allgemeine Entscheidungsgrundlagen“, „Instandhaltung & Sicherheit“, „Vertriebs- & Verbraucherservices“)⁹ unterteilt sind, machen deutlich, dass KI-Technologie bereits heute und auch in Zukunft hohes Potenzial für Anwendungen entlang der gesamten Wertschöpfungskette der Energiewirtschaft aufweist: von der Erzeugung über Transport und Handel bis hin zum Verbrauch. Nach einer von der dena durchgeführten Recherche unter 150 Organisationen weltweit¹⁰ (darunter Forschungsinstitute, Start-ups/KMU und Großunternehmen), die KI im Energiesektor anwenden oder deren Einsatz erforschen, lassen sich eindeutige Schwerpunktbereiche nach spezifischen Anwendungsfeldern identifizieren. Demnach wird KI derzeit bei weitem am häufigsten für die Betriebsoptimierung sowie Prognosen (beide Cluster 1) und für Predictive Maintenance (Cluster 2) genutzt. Insgesamt operieren 95 % der untersuchten Akteure in diesen Bereichen. Andere Anwendungsfelder finden nach derzeitigem Recherchezustand in vergleichbarer Tiefe eher selten Anwendung.

⁸ Mehr dazu in der dena-Analyse „Künstliche Intelligenz für die integrierte Energiewende“, s. o.

⁹ Detaillierte Aufschlüsselung der Clusterinhalte: **Cluster 1:** Bestandsoptimierung & andere strategische Geschäftsentscheidungen, Vereinfachte Teilhabe aktiver Verbraucher; **Cluster 2:** Wartung, Reparatur & Rückbau, Sicherheitsmaßnahmen; **Cluster 3:** Individualisierung von Produkten & Marketingmaßnahmen, Prozessautomatisierung für Messungen, Abrechnungen & allgemeines Vertriebsgeschäft.

¹⁰ Die genannten Daten stellen den aktuellen Stand einer fortwährenden Recherche zu aktuellen KI-Aktivitäten im Energiebereich dar. Schwerpunkt der Recherche sind vornehmlich englischsprachige Online-Veröffentlichungen. Es wird somit kein Anspruch auf Vollständigkeit oder Repräsentativität erhoben. Details sind unter www.dena.de/ki einzusehen.

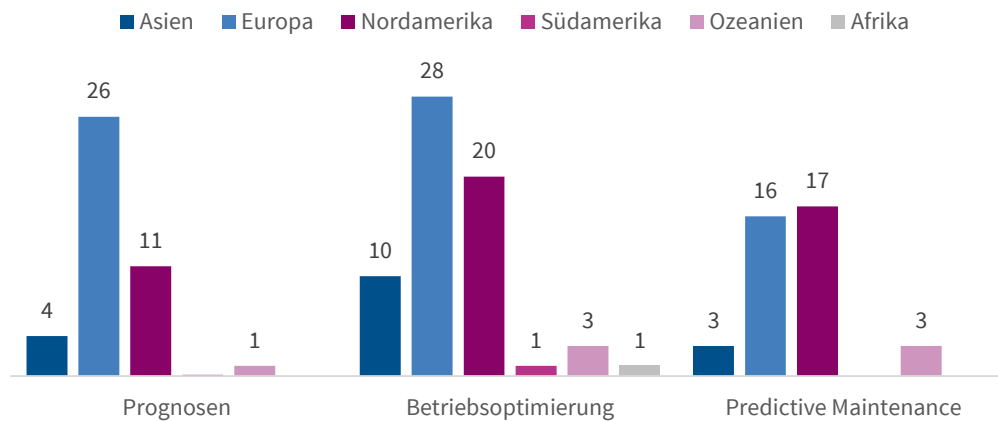


Abbildung 8: Die Anwendungsfelder von KI im internationalen Kontext (eigene Darstellung).

Gut ein Viertel (27 %) der 150 betrachteten Akteure setzt KI-Anwendungen für Prognosen ein. Damit stellt das **Anwendungsfeld 1 – Prognosen** das zweithäufigste Einsatzgebiet für KI dar. Besonders in Europa sind Prognosen offenbar ein beliebtes Anwendungsfeld – 26 von insgesamt 42 der in diesem Bereich tätigen Organisationen stammen aus Europa. Dies könnte auf die relativ hohe Anzahl wetterabhängiger Energieerzeugungsanlagen in Europa zurückzuführen sein. Durch den wachsenden Anteil erneuerbarer Energien im Energiemix wird der Bedarf an Flexibilitätsmechanismen steigen, um Schwankungen auszugleichen und eine optimale Auslastung und Versorgungssicherheit des Stromnetzes zu gewährleisten. Mithilfe des Machine-Learning-Verfahrens können Anomalien durch die Auswertung größerer Datenmengen aus Satellitenbildern oder Messstationen prognostiziert und sich dadurch perfekt auf das Konsumverhalten der Kunden eingestellt werden, was letztendlich operative Kosten einspart.

Beispiel: Impala-Imbalance-Software von Optimeering

Ziel des norwegischen Unternehmens Optimeering ist die Förderung eines nachhaltigen und interaktiven Energiesystems durch KI, die über eine intelligente Software den voraussichtlichen Stromverbrauch vorhersagt und die zukünftige Stromproduktion überwacht und steuert. Da die Stromproduktion über dezentrale Kraftwerke wie Wind- und Solaranlagen stark von Wetterschwankungen abhängt, kann Ineffizienzen bei der Energieerzeugung von Erneuerbaren Energien durch die KI-basierte Prognose vorgebeugt werden. Der hier zum Einsatz kommende Machine-Learning-Algorithmus wurde speziell für Netzbetreiber und Stromproduzenten entworfen, um die Kosten aus Disbalancen in Echtzeit zu reduzieren und Erträge zu steigern. Ferner überwacht die Engine Energiemärkte (Optimeering AS, 2018).

Das **Anwendungsfeld 2 – Betriebsoptimierung** auf Basis von KI ist in der internationalen Akteursanalyse der dena das häufigste. 42 % aller recherchierten Organisationen – davon etwa die Hälfte in Europa – entwickeln unter Einsatz von KI mit Bezugnahme auf in Echtzeit verfügbare Daten (z. B. über den Netzzustand, Strompreisentwicklungen oder Kraftwerkskennzahlen) prognostische Strategien für den Betrieb energiewirtschaftlicher Assets. Diese Vorgehensweise stellt eine höhere Transparenz auf den Markthandelsplätzen sicher und kann zur Identifizierung kritischer Netzzustände beitragen. Besonders hinsichtlich stetig aufkommender neuer Anwendungen, wie z. B. Elektromobilität, können die jeweiligen speicherspezifischen Anforderungen, wie etwa die Festlegung der Lade- und Entladezeitpunkte, unter Berücksichtigung einer Vielzahl von Nebenbedingungen durch den Einsatz von KI effizienter eingeplant werden.

Beispiel: AI Diagnostics System DeepSolar von Raycatch

Die DeepSolar-Software des israelischen Tech-Start-ups Raycatch nutzt eine KI-basierte Technologie, um den Ertrag aus Solaranlagen zu maximieren. Mithilfe der KI können hochvoluminöse Datensätze automatisiert identifiziert und analysiert werden, was zur Fehlerdiagnose der gesamten Panels einer Solarfarm ohne den Einsatz zusätzlicher Hardware oder menschlicher Arbeitskraft genutzt werden kann. Dabei misst die Software die Performance der Sensoren des Kunden und bereinigt die Daten u. a. im Hinblick auf den Einfluss von Temperatur, Staub, Pollen und Schatten. Die optimierten Daten werden dann mit physikalischen und elektrischen Modellen korreliert und die Ergebnisse mithilfe des KI-Algorithmus zur Erstellung eines vollständigen Analyseberichts über die Solaranlage prozessiert. Durch die exakte Fehlerdiagnose (z. B. Ausrichtung zur Sonne, Temperaturen, schlechte Ummantelung oder Mikrorisse) hilft die Software bei der zeitsparenden und ökonomischen Priorisierung von Problemen. Auf diese Weise lassen sich die Profitabilität für Solaranlagenbetreiber quantifizieren und steigern, Kosten reduzieren und die Energieleistung verbessern. Zudem können mithilfe der KI automatisiert und in Echtzeit Aufgabenlisten erstellt und als Instruktionen an Techniker weitergeleitet werden (Raycatch, 2019).

Die vorausschauende, intelligente Planung von Instandhaltungsarbeiten an Erzeugungsanlagen, zusammengefasst im **Anwendungsfeld 4** der dena-Analyse – **Predictive Maintenance** – stellt einen weiteren wichtigen Einsatzbereich für KI in der Energiewirtschaft dar. Unter den 150 betrachteten Akteuren werden KI-Methoden zur Predictive Maintenance am dritthäufigsten (von 26 % der Organisationen) eingesetzt oder entwickelt. Durch die Sicherstellung eines störungsfreien Betriebs von Energieanlagen leisten KI-Methoden – in Predictive-Maintenance-Anwendungen zumeist basierend auf Machine Learning – einen entscheidenden Beitrag zur Integration erneuerbarer Energien und Erhöhung betriebswirtschaftlicher Erträge. Laut Anbieterangaben lassen sich damit etwa in einem Anwendungsbeispiel Ausfälle innerhalb von Produktionsanlagen bereits 60 Tage im Voraus ermitteln und hierdurch Einsparungen in Höhe von 12.500 Euro je Windturbine erzielen (Boldare, 2019).

Beispiel: Vorausschauende Wartung von E.ON

E.ON setzt bei der Wartung sowie zur Verbesserung der Energieeffizienz auf künstliche Intelligenz. Dazu hat der Energieanbieter einen selbstlernenden Algorithmus entwickelt, der vorhersagen kann, wann die Mittelspannungskabel in seinem Stromnetz ausgewechselt werden müssen. Der Algorithmus analysiert hierfür externe und interne Daten wie z. B. Alter und Bauart der Leitungen, Instandhaltungs- und Wetterdaten (Blitze, Witterung) sowie Echtzeitinformationen und kann somit Störungen durch frühzeitig eingeleitete Gegenmaßnahmen vorbeugen. Mittels der Analyse der Turbinendaten von Windkraftanlagen wird KI zudem für eine optimale Auslastung von Windparks eingesetzt, was die Nutzungsdauer der einzelnen Objekte verlängert. Nach unternehmenseigenen Studien konnten über den intelligenten Ansatz im Vergleich zu konventionellen Herangehensweisen Netzausfälle um 30 % gesenkt werden (E.ON SE, 2019).

Herausforderungen für die Energiewirtschaft

Neben den zahlreichen Chancen, die sich durch den Einsatz von KI im Energiesektor ergeben, müssen auch die Risiken betrachtet werden. Die durch KI-Anwendungen angetriebene Automatisierung und der damit potenziell verbundene Wegfall von Arbeitsplätzen wird auch vor der Energiewirtschaft keinen Halt machen.

Sowohl in Europa, als auch in China, den USA und Israel wird vor allem in der Produktion und im Baubereich mit einer stärkeren Auswirkung von KI in der Arbeitswelt gerechnet. In der Energiewirtschaft wären somit beispielsweise produzierende Betriebe und Hersteller von Kraftwerksanlagen betroffen. Doch auch bei Servicedienstleistern werden Prozesse automatisiert werden.

Eine weitere Herausforderung, die mit der Verbreitung von KI-Anwendungen und der damit verbundenen Rechenleistung einhergeht, ist der stark anwachsende Stromverbrauch. Nach Schätzungen, die im Rahmen der französischen KI-Strategie erstellt wurden, könnte sich der Energiekonsum im Digitalsektor bis 2030 verzehnfachen und 20 bis 50 % des globalen Stromverbrauchs ausmachen.

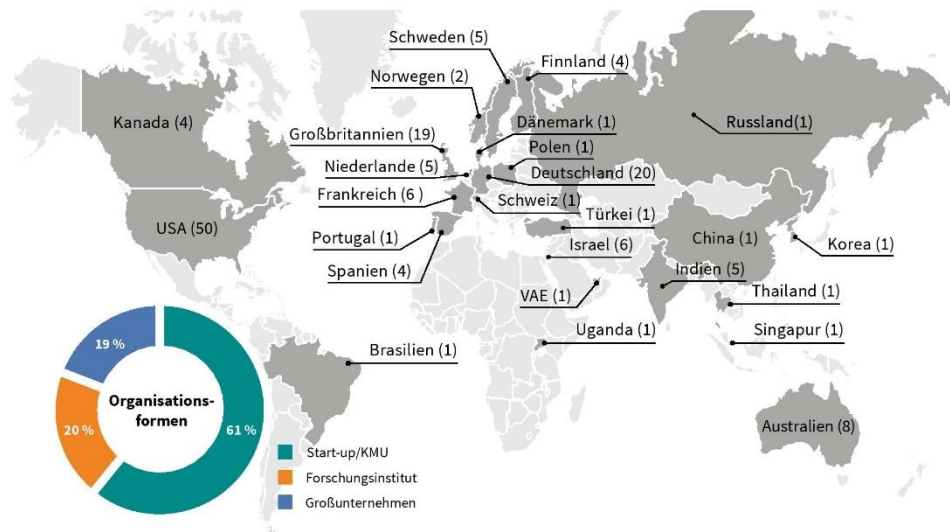
3.3 KI-Akteure der Energiewirtschaft

Nach Angaben von McKinsey werden bis 2030 perspektivisch mehr als die Hälfte aller US-Unternehmen KI in ihre Firmenpraxis integriert haben (Bughin u. a., 2018). Eine ähnlich hohe Absorptionsrate im Energiesektor kann auch Akteuren der Energiewirtschaft helfen, die Chancen dieser Technologie für sich zu nutzen. In Israel werden außerdem KI-Start-ups von Investoren und Förderprogrammen der Regierung bei der Finanzierung bevorzugt. Ein ähnlicher Ansatz zur Förderung von Unternehmensgründungen im Bereich der Energiewirtschaft und KI könnte hier auf Seiten der Politik ein klares Zeichen zur Bekämpfung des Klimawandels sein.

Einige KI-Akteure gibt es bereits, die sich der Energiebranche verschrieben haben. Hierzu hat die dena im Jahresverlauf 2019 in einer Recherche weltweit insgesamt 150 Akteure identifiziert und analysiert. Auf Basis dieser nicht repräsentativen Daten sind mit 61 % am häufigsten Start-ups und KMU im Bereich KI in der Energiewirtschaft tätig. Dies ist nicht überraschend, da disruptive Technologien wie KI, für deren Entwicklung oftmals noch die nötigen Kompetenzen fehlen, Unternehmen vor komplett neue Herausforderungen hinsichtlich ihrer Geschäftsstrategie stellen.

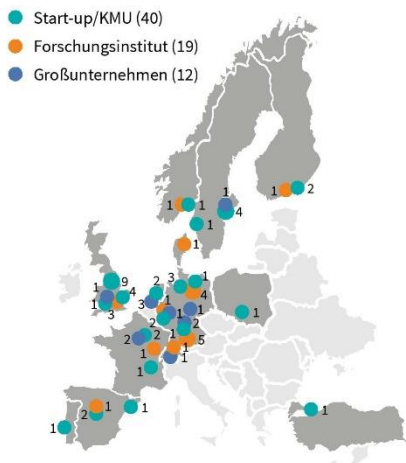
Insbesondere Start-ups können hier im Vergleich zu Großunternehmen schneller Innovationen hervorbringen, da sie gezielter und über kürzere Wege Wissen aufbauen, anstatt wie Großunternehmen zuerst etablierte Ansätze wieder „verlernen“ zu müssen, um das bestehende Geschäftsmodell neu strukturieren zu können. Großunternehmen, die 19 % der betrachteten Organisationen ausmachen, verfügen allerdings im Normalfall über ein deutlich höheres Budget, um das Wissen anderer innovativerer Unternehmen anzukaufen. Forschungsinstitute, die KI-Ansätze im Energiesektor ergründen, bilden 20 % der untersuchten Akteure, wobei der Bedarf an Grundlagenforschung in Europa stärker ausgeprägt zu sein scheint als beispielsweise in den USA oder Asien. Im Bereich KI und Energie beschäftigen sich hier fast doppelt so viele Forschungseinrichtungen wie in den USA mit dem Thema. Dies spiegelt (nicht zuletzt) die europäische Ausrichtung auf die Grundlagenforschung im Gegensatz zur eher markt- und anwendungsnahen Forschung in den USA wider.

KI-Akteure global

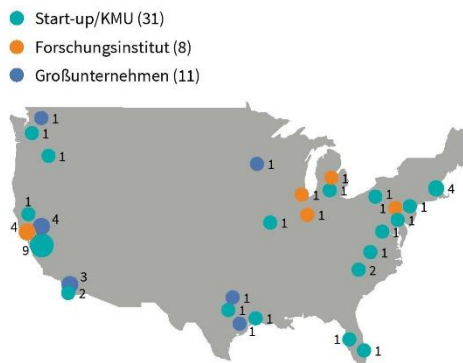


KI-Zentren für Energie im Detail

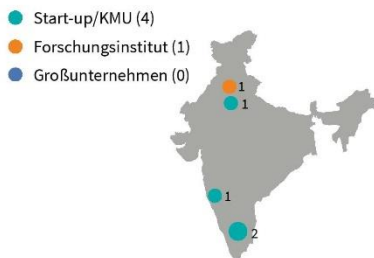
Europa



USA



Indien



Israel

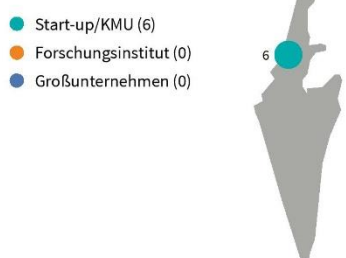


Abbildung 9: Globale Übersicht über eine Auswahl von KI-Akteuren der Energiewirtschaft (eigene Darstellung).

Global betrachtet lassen sich aktuell die meisten Organisationen in Europa (70 Akteure) und den USA (50) identifizieren. In Europa, wo im internationalen Vergleich vor allem die Prognose überwiegt (26 gegenüber 11 in den USA), sind auf Basis der Recherchearbeit das Vereinigte Königreich und Deutschland (beide 19 Akteure) als die stärksten Treiber von KI im Energiesektor zu betrachten, gefolgt von Frankreich (6), Schweden und den Niederlanden (beide 5).

In Asien scheinen in der Energiewirtschaft Israel und Indien führend zu sein, die sich in der Anzahl existierender Organisationen laut der Analyse in etwa die Waage halten (5 bzw. 6). In Afrika und Südamerika gestaltet sich die Identifikation von Organisationen mit KI-Hintergrund bislang schwierig. Dieser Befund steht in Einklang mit anderen Analysen (Miller u. a., 2019).

Wie bereits erwähnt stellen die größten Anwendungsfelder Betriebsoptimierung, Prognosen und Predictive Maintenance dar. Die gleiche Rangliste ergibt sich bei einer tieferen Analyse nach Organisationsformen. Lediglich Großunternehmen scheinen einen stärkeren Schwerpunkt auf Predictive Maintenance als auf Prognosen zu legen – ersteres Anwendungsfeld verfolgt gleichauf mit der Betriebsoptimierung etwa ein Drittel aller Großunternehmen, in nur 6 von 28 Fällen liegt der Schwerpunkt dieser Gruppe hingegen auf der Prognose.

Grundsätzlich kommen zwar größtenteils mehrere KI-Typen zum Einsatz, in den meisten Fällen steht jedoch die reine Datenanalyse im Vordergrund (80 %) – gefolgt von der Bild-/Mustererkennung (14 %), die besonders bei der Auswertung von Satellitenbildern oder Drohnenaufnahmen angewendet wird. Drohnen werden beispielsweise häufig bei Windturbinen oder Offshore-Anlagen zur Fehlerdiagnose und für Wartungsarbeiten eingesetzt. Robotik, Sprach-/Audioerkennung sowie Mensch-Maschine-Interaktionen werden in der Energieindustrie noch eher selten verwendet.

Forschung an der Schnittstelle von KI und Energie

Die erhöhte Anfälligkeit des Stromnetzes durch die vermehrte Einspeisung Erneuerbarer Energien ruft zunehmend den Wunsch nach Versorgungssicherheit und Stabilität hervor. Weltweit beschäftigen sich Universitäten, Hochschulen und Forschungslabore immer häufiger mit der Frage, an welchen Stellen des Energiekreislaufs interveniert werden kann, um eine maximale Energieeffizienz sicherzustellen.

Das Energiedepartment SLAC National Accelerator Laboratory der Universität Stanford in Kalifornien setzt sich beispielsweise im Rahmen des mit 32 Millionen US-Dollar dotierten Pilotprojekts Grid Resilience & Intelligence Platform (GRIP) mit der Umsetzung eines autonomen, intelligenten Stromnetzes auseinander. Machine-Learning-Verfahren und KI sollen ohne Einbezug des Menschen für eine reibungslose Integration sauberer Energiequellen aus Solarzellen und Windkraft sorgen und das Auftreten von Störfaktoren wie Stürme, Sonnenverdunklungen oder Cyberattacken umgehend kompensieren. Nach eigenen Angaben zählt das SLAC zu den ersten Labs, die am Einsatz von KI zur autonomen Stabilisierung des Netzes forschen (SLAC National Accelerator Lab, 2017). Auf ähnliche Schwerpunkte setzt auch das Norwegian Open AI Lab, das in drei Projekten den Einsatz von KI bei der Prognose von Netzdisbalancen (IMPALA), zur Überwachung physischer Strommärkte (HAWK) sowie als Frühwarnmechanismus bei der proaktiven Ermittlung von Fehlern im Energiesystem (EarlyWarn) erforscht (Open AI Lab, 2018). Kürzlich wurde zudem der Zusammenschluss von vier Technischen Universitäten in Dänemark, darunter die Aarhus Universität, verkündet. Der Verbund will gemeinsam erforschen, wie mithilfe von KI ein besseres Zusammenspiel von Energieproduktion und -Konsum erzielt werden kann (Aarhus University, 2019). Die Wissenschaftler des Solarenergie-Instituts der Polytechnischen Universität Madrid gehen noch einen Schritt weiter ins Detail: Sie erforschen die optimale Rezeption von Lichtspektralen in Solaranlagen.

Mithilfe eines KI-Clusterverfahrens werden Prognosen über die verschiedenen möglichen Lichtverhältnisse für die Verbesserung der Energieeffizienz von Photovoltaik-Anlagen erstellt (Universidad Politécnica de Madrid, 2018). In Asien untersucht das indische Thapar Institute of Engineering and Technology die automatisierte Inspektion von Solarzellen auf mögliche Beschädigungen durch Temperaturveränderungen, Verschmutzung und UV-Strahlung. Vom Einsatz clusterbasierter Berechnungen, wie Machine Learning und Generalized Fuzzy Models, versprechen sich die Forscher eine präventive und stark beschleunigte Inspektion und Wartung der Panels, auch off-site. Außerdem soll hierdurch der Output der Panels genauer vorhergesagt werden können (India Today, 2019).

Zukünftig wird es aufschlussreich sein zu beobachten, wie sich Start-ups gegenüber Großunternehmen im Bereich des Technologiemanagements behaupten können, welche Steuerungsmaßnahmen die Politik im Austausch mit der Wissenschaft ergreifen wird und welche Allianzen im sich gerade neu definierenden Innovationssystem KI entstehen werden. Die sich anbietenden Maßnahmen für eine zielgerichtete Anwendung der KI im Energiesektor werden im folgenden Abschnitt dargelegt.

4 Handlungsempfehlungen für die integrierte Energiewende

Die Analyse hat gezeigt, dass sich das Themenfeld künstliche Intelligenz weltweit rasant entwickelt und nach und nach in nahezu allen Lebensbereichen Einzug hält. Regierungen und Wirtschaftsakteure bereiten sich strategisch auf den Einsatz von KI vor und auch in der Energiewirtschaft zeichnet sich ein zunehmendes Potenzial für KI-Anwendungen ab.

Im Folgenden werden auf Basis der Erkenntnisse der weltweiten Analyse mögliche Handlungsempfehlungen für Politik, Energiewirtschaft und KI-Szene in Deutschland gegeben.

Technische Infrastruktur für KI-Anwendungen ausbauen – und dabei Energieeffizienz fördern

Sachverhalt:

Ein entscheidender Erfolgsfaktor für den flächendeckenden Einsatz von künstlicher Intelligenz in der Energiewirtschaft sowie in allen anderen Branchen ist die Verfügbarkeit von Rechenleistung. Hierfür sind in den nächsten Jahren massive Investitionen für den Ausbau der technischen Infrastrukturen von staatlichen und privatwirtschaftlichen Akteuren erforderlich. Diese sind Grundvoraussetzung, um im weltweiten KI-Wettbewerb bestehen zu können. Mit dem prognostizierten Anstieg an globaler Rechenkapazität für KI-Anwendungen geht jedoch auch ein deutlich wachsender Energieverbrauch einher. Dieser steht dem Ziel, digitale Technologien für den Klimaschutz und zur Emissionsvermeidung einzusetzen, fundamental entgegen.

Sollten sich die Prognosen zu der anfallenden Datenmenge und zum Einsatz von KI auch nur annähernd bestätigen, werden digital gestützte Prozesse im Jahr 2025 allein in Deutschland einen Energieverbrauch von 25 TWh verursachen (Burkert, 2017). Auch wenn einzelne internationale Konzerne bereits heute ankündigen, die benötigte Energie für ihre Rechenzentren ausschließlich aus erneuerbaren Quellen zu beziehen, wird die Energieeffizienz von IT-Technik eine wichtige Rolle spielen.

Laut einer im Januar 2020 veröffentlichten Preisanalyse des Digitalverbands BITKOM war der Betrieb von Rechenzentren im Jahr 2019 in Deutschland im Vergleich zu anderen europäischen Ländern wie z. B. den Niederlanden aufgrund der hohen Stromnebenkosten bis zu sechs Mal teurer. Hierdurch bestehe die Gefahr, dass Kapazitäten ins Ausland abwandern. Um die Attraktivität des Wirtschaftsstandorts Deutschland für Internetkonzerne zu erhalten, ruft BITKOM deshalb unter anderem zu politischen Anreizen für Energieeffizienz und eine am CO₂-Ausstoß orientierte Strombepreisung auf (Mewes, 2020).

Maßnahme:

Um die erwarteten Herausforderungen im Zusammenhang mit dem zunehmenden Energieverbrauch durch Digitalisierung und insbesondere KI auf einer soliden Datenbasis analysieren zu können, sollte ein Studienvorhaben, welches den zukünftigen Energiebedarf untersucht, aufgesetzt werden. Dabei wird es auch wichtig sein, den zeitlichen und örtlichen Zusammenhang von Energieeinsatz auf der einen Seite (wo steht das Rechenzentrum und wann verbraucht es Energie?), die Beurteilung des Nutzens (für welche Rechenprozesse wird die KI und damit auch die Energie eingesetzt?) und die Art des Energieeinsatzes (wird die KI mit CO₂-freien Energieträgern betrieben?) auf der anderen Seite einzubeziehen. Bei der Konzeption und Umsetzung des Projekts sollten Politik und Wirtschaftsakteure der Energie- und Digitalbranche gleichermaßen einbezogen werden.

Neben bereits bestehenden Forschungsvorhaben sollte die Politik die Entwicklung energieeffizienter IT-Technik mit weiteren entsprechenden Förderprogrammen für Wissenschaft und Wirtschaft anreizen. Diese Maßnahme könnte durch das Entwickeln von Standards für das Labeling eines „grünen Energieeinsatzes für digitale Prozesse“ im Rahmen des Studienvorhabens zu einem echten europäischen Aushängeschild werden. Über eine Informationskampagne können die Ergebnisse laufend in die Unternehmenswelt hinein kommuniziert werden.

Datenmodelle für die Energiewirtschaft - Herkunft und Verwendung von Daten für ökonomische und gleichermaßen ökologische Modellentwicklungen fokussieren

Sachverhalt:

Daten sind für das Trainieren von verschiedenen Formen der KI unerlässlich. Dabei ist es entscheidend den Schutz von digitalen Informationen und Datensätzen sicherzustellen, insbesondere dann, wenn die vollständige Nachvollziehbarkeit des KI-Algorithmus und der damit verbundenen Prozesse und Ergebnisse nicht mehr gegeben ist. Zumal davon auszugehen ist, dass die Wirksamkeit von KI eng mit der Qualität von Daten zusammenhängt und der Einsatz dieser digitalen Technologie in Zukunft ökonomisch eine wichtige Rolle spielen wird muss die Plausibilität der Datenherkunft ein klares Ziel von Politik und Industrie sein.

Maßnahme:

Mit dem Ziel, erste Modelle zu entwickeln, die sich damit befassen, wie Datenherkunft und Datenverwendung technologisch nachvollzogen und ökonomisch verwertet werden können, sollten Experten verschiedener Disziplinen an einen Tisch gebracht werden. Verlagert sich das Geschäft auch in der Energiebranche zukünftig stärker in Richtung einer datengetriebenen Geschäftswelt, so muss auch die Energiebranche frühzeitig die Entwicklungen in diesem Bereich ins Auge fassen.

Pilotierungsprojekte zur Erprobung von Synergien mit Blockchain-Technologie vorantreiben

Sachverhalt:

Wie aus der Analyse klar hervorgeht, sind einige Länder bereits sehr aktiv in der Bildung von Forschungsclustern und Labs, die konkret auf künstliche Intelligenz für Energie- und Umweltschutzanwendungen fokussieren. Dies bedeutet bereits einen wichtigen Fortschritt, da hier schon heute erste Verknüpfungen zwischen den Themen KI, Energiewende und Umweltschutz entstehen und das große Potenzial der KI für entsprechende Maßnahmen erkannt wird. Neben dem essenziellen Beitrag, den die Forschung in diesem Bereich leistet, ist es gleichermaßen wichtig, nun einen Schritt weiter zu gehen und konkrete Anwendungen unter realen Bedingungen zu erproben. Die Herausforderung besteht darin, KI nicht separat zu betrachten, sondern möglichst im Zusammenspiel mit weiteren innovativen Technologien wie z. B. Blockchain zu untersuchen und zu erproben, welche potenzielle Synergien zwischen der Blockchain-Technologie als Infrastrukturgrundlage und der künstlichen Intelligenz als Enabler vielfältiger Anwendungen und Geschäftsmodelle das digitale Energiesystem der Zukunft vorantreiben könnten.

Maßnahme:

Um dieser Herausforderung zu begegnen, sollte die Politik technologieübergreifende Pilotierungslabore weiter unterstützen. Hierfür ließe sich gut an bestehende bzw. geplante Maßnahmen anknüpfen. Ähnlich wie die Vereinigten Arabischen Emirate, die ihr AI Lab für Erneuerbare Energien in der nationalen KI-Strategie verankert haben, kündigte die deutsche Bundesregierung in ihrer Blockchain-Strategie ein Pilotierungslabor zur

Durchführung von Pilotprojekten an, die mögliche Use Cases der Blockchain-Technologie für die Energiewirtschaft erproben.

Aus dieser Vorgabe entstand die Initiative des im Frühjahr/Sommer 2020 zu gründenden Future Energy Lab. Das Pilotierungslabor, dessen Fokus zunächst auf der Erprobung der Blockchain-Technologie liegt, soll kurz- bis mittelfristig ausdrücklich technologieübergreifend gestaltet werden.

In diesem Rahmen sollte die Politik verstärkt auch KI-Pilotprojekte im Future Energy Lab unterstützen bzw. die Verzahnung mit den bestehenden Blockchain-Pilotprojekten fördern. Ein erstes Pilotprojekt könnte sich beispielsweise mit dem Energieverbrauch von KI beschäftigen. Weitere zukünftig zu verfolgende Pilotierungsideen könnten in den Bereichen Betriebsoptimierung, Prognose und Predictive Maintenance ansetzen, in denen KI in der Energiewirtschaft bereits heute am häufigsten angewandt wird.

KI-Start-ups über Potenziale und Herausforderungen der Energiebranche aufklären

Sachverhalt:

Wie die internationale Akteursanalyse zeigt, besteht ein Großteil der Akteure im KI-Bereich aus Start-ups, die sich diese hochdynamische Technologie zunutze machen und mit ihren innovativen Geschäftsmodellen konkrete Anwendungen der künstlichen Intelligenz für die Energiewende vorantreiben. Ein großer Vorteil besteht dabei auch darin, dass es sich bei KI-Algorithmen oft um generische Werkzeuge handelt, die in verschiedenen Sektoren Anwendung finden können. Somit ist es für viele KI-Start-ups sinnvoll, die Möglichkeit der Übertragbarkeit ihres Geschäftsmodells auf den Energiesektor zu prüfen. Allerdings gehört der Energiesektor aufgrund seiner kritischen Infrastrukturen zu den stärker regulierten Sektoren, was viele Start-ups und ihre Geschäftsmodelle vor Herausforderungen stellt. Wie das von der dena durchgeführte Start Up Energy Transition Laboratory (kurz: SET Lab – Durchführungszeitraum 01–12/2018), in dessen Rahmen zahlreiche Austauschformate (Round Tables und Innovationsworkshops mit rund 50 deutschen Start-ups aus dem Energiebereich) zur Förderung innovativer Geschäftsmodelle angeboten wurden, zeigte, besteht aufseiten der Start-ups hoher Beratungsbedarf, um Herausforderungen frühzeitig zu identifizieren und in energiewirtschaftsfo-kussierte KI-Geschäftsmodelle einzukalkulieren.

Maßnahme:

Um den hohen energiewirtschaftlichen Beratungsbedarf von KI-Start-ups zu decken und einen möglichst positiven Effekt auf die integrierte Energiewende zu erzielen, ist die Förderung von Beratungsprogrammen für KI-Start-ups notwendig. In diesem Rahmen sollten zum einen die Grundlagen der Energiewirtschaft sowie deren spezifische regulatorische Begebenheiten erläutert werden und zum anderen eine direkte und intensive Beratung zu den konkreten Geschäftsmodellen stattfinden. Dafür sollten zunächst bereits bestehende Förder- und Beratungsprogramme für KI-Start-ups auch außerhalb der Energiebranche recherchiert werden. Mit dem Ziel, die hierüber erreichten Start-ups über die verschiedenen Anwendungsmöglichkeiten innerhalb der Energiebranche zu informieren, sollte sodann ein eigenes Modul aufgesetzt werden, das in die bestehenden Formate eingebunden werden kann. Hier ist beispielsweise die Entwicklung energieorientierter Module für digitale Cluster wie Blockchain, Open Data oder KI vorstellbar. Für KI-Start-ups mit „Branchen-agnostischen“ Geschäftsmodellen könnte über diese Kanäle ein Beratungsprogramm zur Verfügung gestellt werden, welches sie auf die Energiebranche als zukünftigen Zielmarkt vorbereitet und darüber aufklärt, welche regulatorischen Herausforderungen sie beachten müssen, um ihr Geschäftsmodell im Energiemarkt zum Erfolg zu führen. Auf diese Art werden junge und innovative Unternehmen dazu motiviert, einen Beitrag für die integrierte Energiewende zu leisten.

Dialog-Forum „KI und Daten für die Energiewende“ einrichten

Sachverhalt:

Aus der Analyse geht deutlich hervor, dass das Thema KI keineswegs als abgegrenztes Gebiet für die Energiewirtschaft zu behandeln, sondern vielmehr stark mit anderen Technologien und Anwendungsbereichen verknüpft ist. Während das Potenzial der KI sowie das Interesse daran groß ist, herrscht gleichzeitig große Unsicherheit bezüglich der technologischen und regulatorischen Fragestellungen – vor allem im Bereich des Datenmanagements und der Datenökonomie, welche entscheidend für die weitere Entwicklung von KI im Allgemeinen sind. Viele Aspekte, wie z. B. die Bereitstellung von Daten, bedürfen dabei noch der Klärung bzw. des intensiven Austauschs zwischen den beteiligten Stakeholdern. Hier sind die unterschiedlichen Perspektiven und teilweise auch konträren Bedürfnisse von Akteuren wie Start-ups, die für ihre Geschäftsmodelle auf die Bereitstellung von Daten angewiesen sind, Bürgern, deren Interesse vor allem im Konfliktfeld zwischen Kundennutzen, Datenschutz und Datensicherheit liegt, sowie öffentlichen Institutionen und Firmen, die Bedenken haben, ihre geschäftsmodellrelevanten Daten preiszugeben, näher zu beleuchten.

Maßnahme:

Um einen branchenübergreifenden ungezwungenen Dialog zu fördern und die Reichweite der Diskussion zu erhöhen, sollte halbjährlich ein Dialog-Forum in Berlin und anderen deutschen Städten stattfinden, welches die Bevölkerung dazu einlädt, mit Experten der betroffenen Domänen zu diskutieren und mehr über das Thema „KI-gestützte Energiewende“ zu erfahren. Durch eine öffentliche Diskussion zu aktuellen Entwicklungen von KI im Zusammenhang mit der Energiewende und die damit verbundene Akzeptanzförderung kann das Thema KI ausreichend Strahlkraft erhalten, um das Interesse an einem fachlich-politischen Diskurs bis in die Bevölkerung hineinzutragen. Hierfür sollten bekannte Formate wie Panel-Diskussionen auch mit innovativen Kanälen wie beispielsweise einem Podcast verknüpft werden, um die nachhaltige Zugänglichkeit der Ergebnisse für die Bürger sicherzustellen. Im Zusammenhang mit diesem Dialog-Forum könnten in regelmäßigen Abständen Umfragen und Markttests zu Fragestellungen der KI im Rahmen der Energiewende, insbesondere im Hinblick auf Datennutzung und Datenmanagement durchgeführt werden, deren Ergebnisse als Basis für weitere Entwicklungen dieser Technologie für die Energiewirtschaft dienen können. Die teilnehmenden Bürger können hier als Peergruppe fungieren.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Jährliche Anzahl an KI-Publikationen (alle Arten von Dokumenten) von 1997 bis 2017 (de Kleijn u. a., 2018).....	13
Abbildung 2: Jährliche Anzahl an KI-Publikationen nach einzeln oder gemeinsam auftretenden Stichwörtern (de Kleijn u. a., 2018).	14
Abbildung 3: Relativer Aktivitäts-Index von Publikationen je Kategorie und Region, 2017 (eigene Darstellung nach de Kleijn u. a., 2018).....	15
Abbildung 4: Globaler Einfluss von KI auf das BIP (Barnard Roberts u. a., 2018).....	17
Abbildung 5: Länderbezogener wahrgenommener Einfluss von KI (eigene Darstellung nach Weber Shandwick, KRC Research, 2016).	20
Abbildung 6: Prozent der Befragten, die den benannten Vorteilen von computerbasierten Anwendungen zustimmen (eigene Darstellung nach Björnsjö u. a., 2017).	21
Abbildung 7: Eigenschaften, welche die Anwendung von KI begünstigen 100% ist der Maximalwert von 45 analysierten Ländern weltweit (eigene Darstellung nach Bughin u. a., 2019).	33
Abbildung 8: Die Anwendungsfelder von KI im internationalen Kontext (eigene Darstellung).	55
Abbildung 9: Globale Übersicht über eine Auswahl von KI-Akteuren der Energiewirtschaft (eigene Darstellung).	58

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Top-10-Ranking der Bereitschaft der Regierungen für KI 2018/19 (Miller u. a., 2019).....	12
Tabelle 2: Bereitschaft und Implementierungsfortschritt für Open-Data-Initiativen und – Programme (World Wide Web Foundation, 2017).	31
Tabelle 3: Top 500 der Supercomputer (Dongarra u. a., 2019).....	31
Tabelle 4: Datenzentren (Data Center Map ApS, 2019).....	31

Literaturverzeichnis

Aalto University; University of Helsinki; VTT Technical Research Centre of Finland (2019): Finnish AI Ecosystem. FCAI. [Online] URL: <https://fcai.fi/finnish-ai-ecosystem> [zuletzt abgerufen am 11.09.2019].

Aarhus University (2019): Unique research partnership for cheaper sustainable energy. [Online] URL: <http://ingenioer.au.dk/en/current/news/view/artikel/unique-research-partnership-for-cheaper-sustainable-energy/> [zuletzt abgerufen am 22.11.2019].

Daugherty, Paul; Purdy, Mark (2017): How AI Boosts Industry Profits and Innovation. In: Accenture.

AI Now (2019): AI Now Institute. [Online] URL: <https://ainowinstitute.org/> [zuletzt abgerufen am 20.08.2019].

Alibaba Group Holding Limited (2019): Alibaba DAMO Academy. [Online] URL: <https://damo.alibaba.com/> [zuletzt abgerufen am 04.09.2019].

Andriole, Steve (2019): Trump's AI Initiative - Everything But Money. Forbes. [Online] URL: <https://www.forbes.com/sites/steveandriole/2019/02/12/trumps-ai-initiative-everything-but-money/> [zuletzt abgerufen am 08.08.2019].

Arnold, Heinz (2018): China investiert massiv in KI-Chips“. [Online] URL: <https://www.elektro-niknet.de/markt-technik/halbleiter/china-investiert-massiv-in-ki-chips-153507.html> [zuletzt abgerufen am 12.09.2019].

Asgard Capital; Roland Berger (2018): Artificial Intelligence for Europe.

Barnard Roberts, Kate; Dance, Hugh; Gillham, Jonathan; u. a. (2018): The macroeconomic impact of artificial intelligence. PwC.

Belson, David (2017): Akamai's state of the internet: Q1 2017 Report. Akamai.

Berriman, Richard; Goel, Saloni; Hawksworth, John (2018): Will robots really steal our jobs?: An international analysis of the potential long term impact of automation. PwC.

Bieri, Matthias; Fischer, Sophie-Charlotte (2018): Künstliche Intelligenz: Chinas Hightech-Ambitionen. Center for Security Studies (CSS), ETH Zürich.

Björnsjö, Agneta; Curran, John; Schoelwer, Margaret; u. a. (2017): Dynamic Digital Consumers: ever-changing expectations and technology intrigue. In: Accenture.

Bloching, Björn; Leutiger, Philipp; Nölling, Katherine (2016): Lessons from the startup nation: How global companies are tapping into Israel's innovation pipeline and what other countries can learn. Roland Berger.

Bloomberg (2017): Baidu Announces the Opening of a Second Research and Development Center in Silicon Valley. Bloomberg. [Online] URL: <https://www.bloomberg.com/press-releases/2017-10-03/baidu-announces-the-opening-of-a-second-research-and-development-center-in-silicon-valley> [zuletzt abgerufen am 04.09.2019].

BMBF (2018a): Deutsch-französischer Innovationsimpuls für Europa - BMBF“. Bundesministerium für Bildung und Forschung - BMBF. [Online] URL: <https://www.bmbf.de/de/deutsch-franzoesischer-innovationsimpuls-fuer-europa-6403.html> [zuletzt abgerufen am 30.08.2019].

- BMBF (2018b)**: Strategie Künstliche Intelligenz der Bundesregierung. Bundesministerium für Bildung und Forschung – BMBF.
- BMU (2020)**: Umweltpolitische Digitalagenda. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit – BMU.
- BMWi (2019)**: Das Projekt GAIA-X: Eine vernetzte Dateninfrastruktur als Wiege eines vitalen, europäischen Ökosystems. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie – BMWi
- Bouée, Charles Edouard; Bioulac, Anne (2018)**: Joining the dots – A map of Europe’s AI ecosystem. Roland Berger, France Digital.
- Boyland, Peter (2019)**: The state of mobile network experience: Benchmarking mobile on the eve of the 5G revolution. Opensignal.
- Bughin, Jacques; Hämäläinen, Lari; Hazan, Eric u. a. (2019)**: Tackling Europeans Gap in Digital and AI. McKinsey & Company.
- Bughin, Jacques; Seong, Jeongmin; Manyika, James; u. a. (2018)**: Notes from the AI Frontier-Modelling the impact of AI on the world economy. McKinsey & Company.
- Burkert, Andreas (2017)**: Wie die Digitalisierung den Stromverbrauch nach oben treibt. Springer Professional. [Online] URL: <https://www.springerprofessional.de/energiebereitstellung/industrie-4-0/wie-die-digitalisierung-den-stromverbrauch-nach-oben-treibt/15255816> [zuletzt abgerufen am 13.11.2019].
- CAICT (2018)**: 2018 World AI Industry Development Blue Book.
- Castro, Daniel; McLaughlin, Michael; Chivot, Eline (2019)**: Who Is Winning the AI Race: China, the EU or the United States?. [Online] URL: <https://www.datainnovation.org/2019/08/who-is-winning-the-ai-race-china-the-eu-or-the-united-states/> [zuletzt abgerufen am 05.02.2020].
- CBIInsights (2018)**: Top AI Trends To Watch In 2018.
- CFI (2019)**: Preparing for age of intelligent machines. Leverhulme Centre for the Future of Intelligence. [Online] URL: <http://lcfi.ac.uk/about/> [zuletzt abgerufen am 28.08.2019].
- Chikorel, Yitzchak; Blau, Guy (2019)**: International Tax Israel Highlights 2019. Deloitte.
- China.org.cn (2019)**: Beijing surpasses Hangzhou to become China’s top AI hub. [Online] URL: http://www.china.org.cn/china/2019-08/30/content_75154071.htm [zuletzt abgerufen am 13.11.2019].
- CLAIRE (2019)**: Confederation of Laboratories for Artificial Intelligence Research in Europe (CLAIRE). [Online] URL: <https://claire-ai.org> [zuletzt abgerufen am 21.08.2019].
- Clark, Greg; Hancock, Matt; Hall, Dame Wendy; u. a. (2018)**: Industrial Strategy: Artificial Intelligence Sector Deal. Her Majesty's Government.
- Cloudscene (2019)**: Israel. [online] URL: <https://cloudscene.com/market/data-centers-in-israel/all>
<https://www.springerprofessional.de/energiebereitstellung/industrie-4-0/wie-die-digitalisierung-den-stromverbrauch-nach-oben-treibt/15255816> [zuletzt abgerufen am 13.11.2019].
- DARPA (2018)**: AI Next Campaign. [Online] URL: <https://www.darpa.mil/work-with-us/ai-next-campaign> [zuletzt abgerufen am 15.08.2019].

Data Center Map ApS (2019): Datacentermap. [Online] URL: <https://www.datacentermap.com/> [zuletzt abgerufen am 18.09.2019].

Daws, Ryan (2019): UK investment in AI startups nears the rest of Europe combined. *AI News*. [Online] URL: <https://www.artificialintelligence-news.com/2019/02/21/uk-investment-ai-startups-europe/> [zuletzt abgerufen am 11.09.2019].

DEBEIS (2018): Government response to House of Lords Artificial Intelligence Select Committee's report on AI in the UK: ready willing and able?. Presented to Parliament by the Secretary of State for Business, Energy and Industrial Strategy by Command of Her Majesty.

Demetry, Nils (2017): Großbritannien: Strategie für Sauberes Wachstum ("Clean Growth Strategy"). [Online] URL: <https://www.kooperation-international.de/dokumente-abkommen/dokumente/detail/info/grossbritannien-strategie-fuer-sauberes-wachstum-clean-growth-strategy/> [zuletzt abgerufen am 21.01.2020]. Kooperation International.

dena (2019): Künstliche Intelligenz für die integrierte Energiewende.

BEIS (2019): The Grand Challenge missions (Policy Paper).

Ding, Jeffrey (2018): Deciphering China's AI Dream. Future of Humanity Institute, University of Oxford.

Dongarra, Jack; Meuer, Martin; Simon, Horst u. a. (2019): Top500 - The List. [Online] URL: <https://www.top500.org/> [zuletzt abgerufen am 18.09.2019].

Dorloff, Axel (2019): China - Künstliche Intelligenz als Staatsziel. Deutschlandfunk. [Online] URL: https://www.deutschlandfunk.de/china-kuenstliche-intelligenz-als-staatsziel.724.de.html?dram:article_id=440743 [zuletzt abgerufen am 02.09.2019].

ELLIS (2019): ELLIS Letter | European Lab for Learning & Intelligent Systems. [Online] URL: <https://ellis.eu/letter> [zuletzt abgerufen am 21.08.2019].

Enviromena (2018): The UAE launches a renewable Energy AI Lab. [Online] URL: <http://enviromena.com/uae-launches-renewable-energy-artificial-intelligence-lab/> [zuletzt abgerufen am 14.11.2019].

E.ON SE (2019): Neue Energie erfordert einen neuen Ansatz. [Online] URL: <https://www.eon.com/de/neue-energie/digitalisierung.html> [zuletzt abgerufen am 14.11.2019].

EU-Kommission (2018a): Koordinierter Plan für künstliche Intelligenz.

EU-Kommission (2018b): Künstliche Intelligenz für Europa.

EU-Kommission (2020): White Paper: On Artificial Intelligence – A European approach to excellence and trust.

EU-Kommission (2017): Special Eurobarometer 460 – March 2017 “Attitudes towards the impact of digitisation and automation on daily life” Report.

Fast, Ethan; Horvitz, Eric (2016): Long-Term Trends in the Public Perception of Artificial Intelligence. In: *arXiv:1609.04904 [cs]*.

FAZ (2018): Zukunft des Landes: So soll Deutschland in Künstlicher Intelligenz Weltklasse werden. [Online] URL: <https://www.faz.net/aktuell/wirtschaft/diginomics/so-will-merkel-deutschland-in-ki-fit-machen-15892445.html> [zuletzt abgerufen am 13.11.2019].

- FHI (2019):** Centre for the Governance of AI. The Future of Humanity Institute. [Online] URL: <http://www.fhi.ox.ac.uk/> [zuletzt abgerufen am 30.08.2019].
- FLI (2019):** AI Policy - Future of Life Institute. Future of Life Institute. [Online] URL: <https://futureoflife.org/ai-policy/> [zuletzt abgerufen am 20.08.2019].
- FLI (2018):** AI Policy - Sweden. Future of Life Institute. [Online] URL: <https://futureoflife.org/ai-policy-sweden/> [zuletzt abgerufen am 19.08.2019].
- Frey, Carl Benedikt; Osborne, Michael A. (2017):** The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation?. Oxford Martin Programme on Technology and Employment. In: Technological Forecasting and Social Change.
- Gabay, Uri; Linzen, Netta; Aharon, Aharon (2018):** State of Innovation in Israel 2018. [Online] URL: https://innovationisrael.org.il/en/sites/default/files/2018-19_Innovation_Report.pdf. [zuletzt abgerufen am 12.09.2019].
- Getz, Daphne; Goldberg, Itzhak (2019):** Best Practices and Lessons Learned in ICT Sector Innovation: A Case Study of Israel. [Online] URL: <http://pubdocs.worldbank.org/en/868791452529898941/WDR16-BP-ICT-Sector-Innovation-Israel-Getz.pdf>. [zuletzt abgerufen am 26.09.2019].
- GoodAI (2019):** GoodAI: towards general-purpose AI. goodai. [Online] URL: <https://www.goodai.com> [zuletzt abgerufen am 28.08.2019].
- Grace, Katja; Salvatier, John; Dafoe, Allan; u. a. (2017):** When Will AI Exceed Human Performance? Evidence from AI Experts. In: *arXiv:1705.08807 [cs]*.
- Greenman, Simon (2018):** Who Is Going To Make Money In AI? Part I. Medium. [Online] URL: <https://towardsdatascience.com/who-is-going-to-make-money-in-ai-part-i-77a2f30b8cef> [zuletzt abgerufen am 25.09.2019].
- Groth, Olaf; Nitzberg, Mark; Zehr, Dan u. a. (2018a):** Vergleich nationaler Strategien zur Förderung von künstlicher Intelligenz: Teil 1. Konrad-Adenauer-Stiftung e. V., Sankt Augustin Berlin.
- Groth, Olaf; Nitzberg, Mark; Zehr, Dan u. a. (2018b):** Vergleich nationaler Strategien zur Förderung von künstlicher Intelligenz: Teil 2. Konrad-Adenauer-Stiftung e. V., Sankt Augustin Berlin.
- Halon, Eytan (2019):** Nvidia acquires Israeli chipmaker Mellanox in 69 billion deal. [Online] URL: <https://www.jpost.com/Jpost-Tech/Nvidia-acquires-Israeli-chipmaker-Mellanox-in-69-billion-deal-583089> [zuletzt abgerufen am 13.11.2019].
- Harhoff, Dietmar; Heumann, Stefan; Jentzsch, Nicola; u. a. (2018):** Eckpunkte einer nationalen Strategie für Künstliche Intelligenz. Stiftung Neue Verantwortung e. V.
- Hawksworth, John; Fertig, Yuval (2017):** Impact of AI on Jobs in China. PwC.
- He, Yujia (2017):** How China is preparing for an AI-powered Future. Woodrow Wilson International Center for Scholars.
- Hoppe, Till (2020):** EU-Digitalstrategie: So soll Europa zur „globalen digitalen Schlüsselfigur“ werden. [Online] URL: <https://www.handelsblatt.com/politik/deutschland/aktionsplan-eu-digitalstrategie-so-soll-europa-zur-globalen-digitalen-schluesselfigur-werden/25557168.html> [zuletzt abgerufen am 20.02.2020]. In Handelsblatt.
- HUAWEI (2018):** Tap into new growth with intelligent connectivity.

- IHK Nord (2018):** Delegationsreise ins Silicon Wadi. [Online] URL: <https://www.ihk-nord.de/produktmarken/aussenwirtschaft/delegationsreise-israel-silicon-wadi/4049700> [zuletzt abgerufen am 13.11.2019].
- India Today (2019):** 2 Indian researchers create cost-effective, time-efficient AI to inspect solar panels, [Online] URL: <https://www.indiatoday.in/education-today/gk-current-affairs/story/2-indian-researchers-cost-effective-time-efficient-ai-inspect-solar-panels-1430359-2019-01-14> [zuletzt abgerufen am 14.11.2019].
- Jones, Rupert (2018):** UK slips to 35th in global table of broadband speeds. The Guardian. [Online] URL: <https://www.theguardian.com/technology/2018/jul/10/uk-slips-to-35th-in-global-table-of-broadband-speeds> [zuletzt abgerufen am 9.7.2018].
- Kalal, Milan (2019):** European Spending on the Internet of Things to Grow by 20% in 2019, According to IDC. IDC: The premier global market intelligence company. [Online] URL: <https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prCEMA44834119> [zuletzt abgerufen am 25.09.2019].
- Karger, Reinhard (2019):** Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz: Unternehmensprofil. Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz.
- Kharpal, Arjun (2018):** China is building a giant \$2.1 billion research park dedicated to developing A.I. [Online] URL: <https://www.scmp.com/tech/article/2126755/china-building-giant-21-billion-research-park-dedicated-developing-artificial> [zuletzt abgerufen am 11.09.2019].
- Kirschniak, Christian (2017):** Auswirkungen von KI für Deutschland. PwC.
- de Kleijn, Maria; Fowler, Nick; Bastin, Clive (2018):** Artificial Intelligence: How knowledge is created, transferred, and used: Trends in China, Europe, and the United States.
- Kościelak, Mateusz (2019):** Predictive maintenance for wind turbines - an interview with Boldare's machine learning engineers. Boldare. [Online] URL: <https://www.boldare.com/blog/predictive-maintenance-wind-turbine/> [zuletzt abgerufen am von 31.10.2019].
- Kroker, Michael (2018):** Weltweite Datenmengen sollen bis 2025 auf 175 Zetabytes wachsen – 8 mal so viel wie 2017. In: WirtschaftsWoche. [Online] URL: <https://blog.wiwo.de/look-at-it/2018/11/27/weltweite-datenmengen-sollen-bis-2025-auf-175-zetabyte-wachsen-8-mal-so-viel-wie-2017/> [zuletzt abgerufen am 08.11.2019].
- Kruger, Lennard G; Gilroy, Angele A (2019):** Broadband Internet Access and the Digital Divide: Federal Assistance Programs. Congressional Research Service (CRS).
- Kukushkina, Natalia (2019):** How Facebook, Apple, Microsoft, Google, and Amazon are investing in AI. Hackernoon. [Online] URL: <https://hackernoon.com/how-facebook-apple-microsoft-google-and-amazon-are-investing-in-ai-f58b5706e34a> [zuletzt abgerufen am 11.09.2019].
- Liao, Rita (2019):** Tencent AI Lab loses key executive. TechCrunch. [Online] URL: <http://social.techcrunch.com/2019/01/03/tencent-ai-lab-loses-key-executive/> [zuletzt abgerufen am 05.09.2019].
- Mewes, Bernd (2020):** Bitkom: Deutsche Rechenzentren aufgrund hoher Stromnebenkosten im Nachteil. [Online] URL: <https://www.heise.de/newsticker/meldung/Bitkom-Deutsche-Rechenzentren-aufgrund-hoher-Stromnebenkosten-im-Nachteil-4645439.htm> [zuletzt abgerufen am 27.01.2020]
- Miller, Hannah; Stirling, Richard (2019):** Government Artificial Intelligence Readiness Index 2019. [Online] URL: https://ai4d.ai/wp-content/uploads/2019/05/ai-gov-readiness-report_v08.pdf [zuletzt abgerufen am 17.09.2019].

MIRI (2019): Agent Foundations for Aligning Machine Intelligence with Human Interests: Technical Agenda. Machine Intelligence Research Institute. [Online] URL: <https://intelligence.org/technical-agenda/> [zuletzt abgerufen am 20.08.2019].

NAII (2019): Nordic AI Artificial Intelligence Institute. Nordic AI Artificial Intelligence Institute. [Online] URL: <https://www.nordicaiinstitute.com> [zuletzt abgerufen am 28.08.2019].

Näringsdepartementet (2018): National approach to Artificial Intelligence. Ministry of Enterprise and Innovation, Government Offices, Sweden.

NSTC (2016): The National Artificial Intelligence Research and Development Strategic Plan. National Science and Technology Council: Networking and Information Technology Research and Development Subcommittee.

NSTC (2019): The National Artificial Intelligence Research and Development Strategic Plan: 2019 Update. National Science and Technology Council: Select Committee on Artificial Intelligence.

OECD (2017): OECD Science, Technology and Industry Scoreboard: The digital transformation. OECD Publishing, Paris.

OECD (2018): Private Equity Investment in Artificial Intelligence. OECD Going Digital Policy Note. OECD Publishing, Paris.

Open AI Lab (2018): Application Areas. [Online] URL: https://www.ntnu.edu/web/ailab/research_areas?#energy [zuletzt abgerufen am 13.11.2019].

Optimeering AS (2018): Impala Imbalance. [Online] URL: <https://www.optimeering.com/single-post/2018/02/18/Impala-Imbalance> [zuletzt abgerufen am 14.11.2019].

Press, Gil (2018): The Thriving AI Landscape In Israel And What It Means For Global AI Competition. Forbes [Online] URL: <https://www.forbes.com/sites/gilpress/2018/09/24/the-thriving-ai-landscape-in-israel-and-what-it-means-for-global-ai-competition/#5334e89d30c5> [zuletzt abgerufen am 12.08.2019].

QUID (2018): Innovation Mapping Report: London & Silicon Valley.

Raycatch (2019): Deep Solar User Benefits [Online] URL: <https://raycatch.com/keep-shining> [zuletzt abgerufen am 14.11.2019].

SAIL (2019): Stanford Artificial Intelligence Lab. Stanford Artificial Intelligence Lab.

Schareika, Nora (2019): Unglaublich einfach, gut bezahlte Jobs zu finden: Wo man heute schon KI studieren kann. [Online] URL: <https://www.wiwo.de/erfolg/hochschule/unglaublich-einfach-gut-bezahlte-jobs-zu-finden-wo-man-heute-schon-ki-studieren-kann/24349854.html> [zuletzt abgerufen am 12.08.2019].

Scheer, Samuel (2019): State of AI in Israel - Outlook 2019.

Schlütter, Kathleen (2019): Gründung von vier neuen Forschungsinstituten für Künstliche Intelligenz in Frankreich. [Online] URL: <https://www.kooperation-international.de/aktuelles/nachrichten/detail/info/gruendung-von-vier-neuen-forschungsinstituten-fuer-kuenstliche-intelligenz-in-frankreich/> [zuletzt abgerufen am 14.08.2019]. Kooperation International.

Schlütter, Kathleen (2018): Künstliche Intelligenz: Französische Forschungsstrategie“. [Online] URL: <https://www.kooperation-international.de/aktuelles/nachrichten/detail/info/kuenstliche-intelligenz-franzoesische-forschungsstrategie/> [zuletzt abgerufen am 14.08.2019]. Kooperation International.

Schoenick, Carissa (2019): China May Overtake US in AI Research. Medium. [Online] URL: <https://medium.com/ai2-blog/china-to-overtake-us-in-ai-research-8b6b1fe30595> [zuletzt abgerufen am 02.09.2019].

Select Committee on Artificial Intelligence (2018): AI in the UK: ready, willing and able.

Singer, Daniel (2018): Israel's Artificial Intelligence Landscape 2018. [Online] URL: <https://www.startuphub.ai/israels-artificial-intelligence-startups-2018/> [zuletzt abgerufen am 14.11.2019].

SLAC National Accelerator Lab (2017): SLAC-Led Project Will Use Artificial Intelligence to Prevent or Minimize Electric Grid Failures.

Staatsrat der Volksrepublik China (2017): State Council Notice on the Issuance of the Next Generation Artificial Intelligence Development Plan.

Synced (2017): 2017 in Review: 10 Leading AI Hubs. Medium. [Online] URL: <https://medium.com/syncedreview/2017-in-review-10-leading-ai-hubs-e6f4d8a247ee> [zuletzt abgerufen am 11.09.2019].

TEM (2017): Finland's age of artificial intelligence: Turning Finland into a leading country in the application of artificial intelligence - Objective and recommendations for measures. Ministry of Economic Affairs and Employment.

TEM (2019): Leading the way into the age of artificial intelligence: Final report of Finland's Artificial Intelligence Programme 2019. Ministry of Economic Affairs and Employment.

The Alan Turing Institute (2019): Growing the national institute for data science and artificial intelligence.

Tsinghua University (2018): China AI Development Report. China Institute for Science and Technology Policy at Tsinghua University.

UN News (2019): Boom in Artificial Intelligence patents, points to 'quantum leap' in tech: UN report. *UN News*. [Online] URL: <https://news.un.org/en/story/2019/01/1031702> [zuletzt abgerufen am 12.09.2019].

Universidad Politécnica de Madrid (2018): Optimizing the energy production of photovoltaic panels using artificial intelligence. [Online] URL: http://www.upm.es/internacional?id=3e9c411f7c4b9610VgnVCM10000009c7648a___&prefmt=articulo&fmt=detail. [zuletzt abgerufen am 11.11.2019].

Villani, Cédric; Schoenauer, Marc; Bonnet, Yann; u. a. (2018): AI for humanity: French Strategy for Artificial Intelligence. [Online] URL: <https://www.aiforhumanity.fr>. [zuletzt abgerufen am 14.08.2019].

Vinnova (2018): Artificial intelligence in Swedish business and society: Analysis of development and potential. Summary. Vinnova - Sweden's innovation agency.

Weber Shandwick; KRC Research (2016): AI-Ready or not: Artificial Intelligence here we come!.

White House (2019): Executive Order on Maintaining American Leadership in Artificial Intelligence“. The White House. [Online] URL: <https://www.whitehouse.gov/presidential-actions/executive-order-maintaining-american-leadership-artificial-intelligence/> [zuletzt abgerufen am 08.08.2019].

White House (2018): Summary of the 2018 White House Summit on Artificial Intelligence for American Industry. The White House Office of Science and Technology Policy.

Williams, Jonathan (2019): Cyber Valley. [Online] URL: <https://www.cyber-valley.de> [zuletzt abgerufen am 11.09.2019].

Winter, Johannes (2019): Plattform Lernende Systeme - PLS. [Online] URL: <https://www.plattform-lernende-systeme.de/> [zuletzt abgerufen am 20.08.2019].

World Wide Web Foundation (2018): Open Data Barometer - Leaders Edition. Washington DC: World Wide Web Foundation. [Online] URL: https://opendatabarometer.org/?_year=2017&indicator=ODB [zuletzt abgerufen am 14.11.2019].

Zhang, Baobao; Dafoe, Allan (2019): Artificial Intelligence: American Attitudes and Trends. In: SSRN Electronic Journal.

Abkürzungen

AGI	Artificial General Intelligence
AIE	Artificial Intelligence Exploration
AI2	Allen Institute for AI
ANITI	Artificial and Natural Intelligence Toulouse Institute
ANR	Agence nationale de la recherche
BAT	Baidu, Alibaba und Tencent
BEIS	Department for Business, Energy and Industrial Strategy
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
CFI	Leverhulme Centre for the Future of Intelligence
CLAIRE	Confederation of Laboratories for Artificial Intelligence Research in Europe
DARPA	Defense Advanced Research Projects Agency
DCMS	Department for Digital, Culture, Media & Sport
DEBEIS	Her Majesty's Principal Secretary of State for Business, Energy and Industrial Strategy
DFKI	Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz
EE	Erneuerbare Energien
ELLIS	European Laboratory for Learning and Intelligent Systems
ETI	Energy Transition Index
EurAI	European Association for Artificial Intelligence
FLI	Future of Life Institute
F&E	Forschung und Entwicklung
GAFA	Google, Apple, Facebook und Amazon
GCI	Global Connectivity Index
GPUs	Graphic Processing Units
GRIP	Grid Resilience & Intelligence Platform
HPC	High Powered Computer Systems
IAIS	Fraunhofer Institut für Intelligente Analyse- und Informationssysteme
IDRC	International Development Research Centre
IIA	Israel Innovation Authority
IKT	Informations- und Kommunikationstechnik

INRIA	Institut national de recherche en informatique et en automatique
IoT	Internet of Things
IRENA	Internationalen Energieagentur
KI	künstliche Intelligenz
KUST	Khalifa Universität für Wissenschaft und Technologie
MESRI	Ministerium für Hochschulbildung, Forschung und Innovation
MIIT	Ministerium für Industrie und Informationstechnologie
MIRI	Machine Intelligence Research Institute
MSRM	Munich School of Robotics and Machine Intelligence
NAII	Nordic Artificial Intelligence Institute
NIST	National Institute of Standards and Technology
NSF	Nationalen Stiftung für Wissenschaft
NSTC	National Science and Technology Council
PRAIRIE	PaRis Artificial Intelligence Research InstitutE
SAIL	Stanford Artificial Intelligence Laboratory
SDGs	Sustainable Development Goals
WIPO	World Intellectual Property Organization



www.dena.de/ki

dena
Deutsche Energie-Agentur