



*Künstliche Intelligenz,
Quanten-Computer und
Internet of Things -
Die kommende Disruption der Digitalisierung
Ein offener Blick auf strategische Zukunftstrends*

„Unsere Generation dürfte das Glück haben, zwei der faszinierendsten Ereignisse der Geschichte mitzuerleben: die Entwicklung wirklich intelligenter Maschinen und die Vernetzung aller Menschen über ein gemeinsames digitales Netz, das die Weltwirtschaft verändert.“

Brynjolfsson/McAfee (2015), S. 301

„China is making headway in achieving global leadership in 5G, AI and quantum computing and in other digital and disruptive technologies.“

MERICS (2019), S. 8

Vorwort

Liebe Leserinnen und Leser,

Zukunftsforscher, Vordenker und Wissenschaftler sind sich einig: die kommenden 15 Jahre werden durch enorme Fortschritte und revolutionäre Entwicklungen im Bereich neuer Technologien geprägt sein. Dies gilt speziell auf dem Gebiet der Computer- und Kommunikations-Technik. Dort entwickeln sich äußerst innovative und zugleich disruptive Technologien, die in wenigen Jahren exponentielle „Megatrends“ von großer Tragweite auslösen werden.

Die Summe dieser Entwicklungen wird das bisherige Bild von „Digitalisierung“ massiv verändern und beschleunigen. Der „Megatrend Digitalisierung“ steht damit selbst vor einer einschneidenden Disruption mit völlig neuen Spielregeln.

Im Fokus der neuen Trends steht das Phänomen der „Künstlichen Intelligenz“ (KI), das sich aktuell stark beschleunigt und rasant wachsen wird. Speziell in China durchdringt KI bereits weite Bereiche von Wirtschaft und Gesellschaft. Daraus erwachsen klare strategische Vorteile, die das Land schnell zum Weltmarktführer bei KI machen werden.

Neben dem „Megatrend KI“ treten weitere innovative Themen hervor, die mit den Stichworten „5G“ und „Internet of Things“ umschrieben werden können. Hier geht es um eine breite Vernetzung verschiedenartigster Bereiche in Wirtschaft und Gesellschaft auf der Grundlage extrem schneller Mobilfunknetze und (teil)autonomer Geräte und Roboter. Diese Technologie ermöglicht ein breites Spektrum völlig neuer Anwendungen und Geschäftsmodelle, wie Telemedizin, Virtual Reality und autonomes Fahren.

Auch das Stichwort „Quantum Computing“ steht für massive Disruption heutiger Digitaltechnologie: Ein „Quantencomputer“ basiert auf Prinzipien der subatomaren Quantenmechanik und ermöglicht Anwendungen, die in Punkto Rechenleistung und –geschwindigkeit selbst heutige Supercomputer um ein Vielfachtausendfaches übertreffen werden.

Die Summe dieser neuen Trends wird erhebliche Disruptionen auslösen und weitreichende Veränderungen in Wirtschaft, Gesellschaft und Politik nach sich ziehen.

Die nachfolgenden Ausführungen sollen als „Cognitive Comment“ dazu beitragen, diese Entwicklungen besser zu verstehen, deren wichtigste Treiber frühzeitig zu erkennen und daraus erwachsende Chancen und Risiken klarer wahrzunehmen.

Aus Gründen der Übersichtlichkeit wird die Analyse in zwei Teilen vorgelegt:

Während Teil I primär den Bereich „KI“ erforscht, behandelt Teil II die Themen „Quantum Computing“, „superschnelle Datennetze“ und „Internet of Things“.

Wir wünschen disruptive Lektüre!



Dr. Heinz-Werner Rapp



Dr. Torsten von Bartenwerffer

INHALT

Teil I :

| | | |
|-----|---|----|
| 1. | EXECUTIVE SUMMARY..... | 1 |
| 2. | DIE DISRUPTION DER DIGITALISIERUNG | 3 |
| 2.1 | BISHERIGE PHASEN DER DIGITALISIERUNG | 3 |
| 2.2 | NEUE TREIBER EINER MASSIVEN DISRUPTION | 6 |
| 3. | KÜNSTLICHE INTELLIGENZ ALS „DISRUPTOR“ | 8 |
| 3.1 | GRUNDPRINZIP UND HISTORISCHE ENTWICKLUNG VON KI..... | 8 |
| 3.2 | AKTUELLE ENTWICKLUNGEN BEI KI – DURCHBRUCH UND „TAKEOFF“..... | 11 |
| 3.3 | IMPLIKATIONEN VON KI– DISRUPTION ALS „NEW NORMAL“ | 19 |
| 3.4 | STRATEGISCHES SPIELFELD FÜR KI – VORTEIL FÜR CHINA | 24 |
| 3.5 | GEOPOLITISCHE DIMENSION VON KI – EINE BIPOLARE WELT? | 28 |
| 4. | SCHLUSSBETRACHTUNG | 31 |

Teil II (folgt in separater Publikation):

| | | |
|----|---|--|
| 5. | QUANTEN-COMPUTER ALS „GAME CHANGER“ | |
| 6. | DYNAMISCHE VERNETZUNG UND „INTERNET OF THINGS“..... | |
| 7. | 5G..... | |
| | LITERATURVERZEICHNIS..... | |

1. EXECUTIVE SUMMARY

Der strategische **Megatrend „Digitalisierung“** läuft bereits seit einigen Jahren und hat in dieser Zeit große Teile von Wirtschaft und Gesellschaft stark beeinflusst.

Aktuell zeichnen sich diverse **neue Entwicklungen** ab, die diesen Megatrend nochmals massiv beschleunigen und dabei auch stark verändern werden.

Neue Technologien wie „**Künstliche Intelligenz**“, „**Quanten-Computer**“ und „**Internet of Things**“ treten deutlich hervor und werden schon in wenigen Jahren bisherige Strukturen revolutionieren.

Diese kommende „**Disruption der Digitalisierung**“ wird in nahezu jeden Lebensbereich eingreifen, traditionelle Gewissheiten massiv verändern und Politik, Gesellschaft und Unternehmen mit sehr weitreichenden Fragen konfrontieren.

Disruption: Als Disruption bezeichnet die Wirtschaftstheorie schockartige Innovations- oder Wandlungsprozesse von hoher Durchschlagskraft. Bestehende Prozesse, Technologien, Unternehmen oder Branchen werden dabei starken Verwerfungen ausgesetzt, bis hin zur vollständigen Umwandlung oder Auslöschung. Beispiele sind die Einführung digitaler Speichermedien in der Fotografie, das Aufkommen des Internets im Bereich Medien oder die Einführung des 3-D-Drucks in bestimmten Fertigungsprozessen.

Digitalisierung: Digitalisierung steht für eine zunehmende Durchdringung zahlreicher Bereiche von Wirtschaft und Gesellschaft durch digitale Technologien. Exemplarisch sind die neuen sozialen Netzwerke („Social Media“), Transaktionen im Internet („Online-Shopping“), digitale Finanzsysteme („FinTech“) sowie veränderte Produktionsprozesse („Industrie 4.0“).

Im Vordergrund dieser Entwicklung steht das zentrale Thema der „**Künstlichen Intelligenz**“ (KI). KI ist als sehr leistungsfähige Form maschinenbasierter Kompetenzverdichtung zu verstehen, die stark von der **Technik des maschinellen Lernens** („*machine learning*“ / „*deep learning*“) getrieben wird.

Der Entwicklungspfad bei KI lässt sich in **vier unterschiedliche Phasen** unterteilen („vier Wellen der KI“), wobei die Phasen 3 und 4 die stärksten Innovationsschübe auslösen werden. Nach Einschätzung führender Experten steht KI derzeit am Beginn der „vierten Welle“ und damit unmittelbar vor einer **Phase großer Dynamik** und enormer Tragweite.

Künstliche Intelligenz (KI): Als Künstliche Intelligenz (KI) wird die Fähigkeit maschineller Strukturen (Computer) verstanden, „zu denken wie ein Mensch“ und so auch extrem komplexe Kommunikations- und Entscheidungsprobleme lösen zu können. Neueste „Supercomputer“ (Deep Blue, Watson, D-Wave) scheinen in diesem Prozess bereits sehr weit fortgeschritten. KI wird in Expertenkreisen äußerst kontrovers diskutiert, da daraus zukünftig unübersehbare Komplikationen erwachsen könnten.

Die vierte Welle der KI lässt massive Durchbrüche und eine schnelle Verbreitung in vielen Feldern erwarten. Im Fokus stehen Anwendungen einer „**perzeptiven KI**“ („*perception AI*“); diese verfügen über enorm leistungsfähige Fähigkeiten zur Interaktion und Kommunikation mit menschlichen „Nutzern“, sind aber auch zu sehr **komplexen autonomen Handlungen** befähigt.

Aus einer breiten Durchdringung von Wirtschaft und Gesellschaft mit KI-Anwendungen werden **dramatische Umwälzungen** für die bestehende Arbeitswelt, aber auch schwierige Abwägungen für Politik, Ethik und viele andere Bereiche des täglichen Lebens resultieren.

Aus bestimmten Gründen wird **China ein zentraler Treiber**, und damit auch einer der Hauptprofiteure, bei der weiteren Entwicklung von KI sein. Sowohl der freiere Umgang mit Nutzerdaten, die massive Nutzung mobiler Endgeräte, eine hochentwickelte technologische Infrastruktur als auch die gezielte politische Förderung von KI als neuer „**Querschnitts-Technologie**“ spielen dabei eine wichtige Rolle.

Bereits heute wird deutlich, dass sich **geostrategische Strukturen** und damit auch **globale Machtverhältnisse** durch KI sehr einschneidend verändern werden. Auch hier liegt der Fokus auf China, das bis 2030 in vielen Bereichen der KI (und anderer Spitzentechnologie) eine weltweit führende Rolle anstrebt und damit Szenarien einer „bipolaren Welt“ in Gang setzt.

Die weitere Entwicklung von KI wirft zahlreiche Fragen auf, die mit den Stichworten „*Singularität*“ und „*Superintelligence*“ umschrieben werden können. Dies zielt auf eine künftige Entwicklungsstufe von KI, die durch autonomes „Weiterlernen“ schon nach kurzer Zeit über „übermenschliche“ (und für Menschen kaum noch verständliche) Intelligenz verfügen würde.

KI stellt einen der **dynamischsten Zukunftstrends** dar, der derzeit erkennbar ist. Dennoch werden viele der damit einhergehenden Fragen weithin noch unterschätzt. Sowohl Unternehmer als auch Investoren sollten diesen Trend deshalb schon heute sehr genau verstehen und mögliche Chancen und Risiken intensiv prüfen. Der vorliegende **Teil I** dieser Abhandlung konzentriert sich auf das Thema „Künstliche Intelligenz“, deren extrem dynamische Entwicklung sowie deren mögliche Auswirkungen für Politik, Gesellschaft und Geostrategie.

Die dazu korrespondierenden Themenbereiche „*Quantum Computing*“, „5G“ und „*Internet of Things*“ werden im (separat publizierten) **Teil II** der Analyse erörtert.

Die beiden Teile dieses „*Cognitive Comment*“ decken somit ein Spektrum extrem disruptiver Technologien und Digitalisierungstrends ab, die in den kommenden Jahren zu den wichtigsten Treibern für unternehmerische Dynamik und technologischen Wandel zählen werden.

2. DIE DISRUPTION DER DIGITALISIERUNG

2.1 BISHERIGE PHASEN DER DIGITALISIERUNG

Der Begriff „Digitalisierung“ ist heute allgegenwärtig und umschreibt eine anhaltende Durchdringung moderner Lebenswelten mit digitaler Technologie. Das damit verbundene Begriffsbild ist jedoch unscharf und rangiert zwischen „bedrohlicher Umwälzung“ und „strahlender Zukunftsvision“.

Fakt ist jedoch, dass „Digitalisierung“ und der damit verbundene Wandel zu digitaler Technologie bereits seit über 40 Jahren in vollem Gange ist: Die ersten Personal Computers wurden Ende der 1970er Jahre gebaut.¹ Auch die Art und Weise, wie Musik gespeichert und gehört werden kann, veränderte sich durch digitale Technologien ab 1980 radikal.²

- Die **erste** wichtige Phase der Digitalisierung lässt sich somit im Zeitraum **ab etwa 1980** verorten.

Eine **zweite**, sehr signifikante Phase der Digitalisierung wird markiert durch das **Aufkommen neuer Kommunikationsgewohnheiten**, speziell durch die Öffnung des Internets und die massive Verbreitung sogenannter Smartphones.³

- Diese Phase lässt sich auf die Zeit zwischen **1991 und 2007** datieren.

Als **dritte** Phase der Digitalisierung gilt allgemein die **fortschreitende Durchdringung** nahezu aller Lebensbereiche, ob öffentlich, kommerziell oder privat, durch vielfältige digitale Anwendungen und umfassende mobile Datenkommunikation. Dahinter steht insbesondere die enge Verschränkung zwischen massiver **digitaler Datenverarbeitung** einerseits und sehr breiter Datenverfügbarkeit und nahezu unbegrenztem **mobilen Datenabruf** (via Internet & Smartphone) andererseits.

¹ Allgemein gilt der „Apple I“ von Steve Jobs und Steven Wozniak, der im Jahr 1976 auf den Markt kam, als erster echter Personal Computer der Welt.

² Deutlich sichtbar wird dieser Umbruch im Aufkommen der „Compact Disc“ (CD) Ende der 1970er Jahre. Die CD als neuer „digitaler“ Tonträger verdrängte und ersetzte ab 1980 zunehmend „analoge“ Technologien wie Magnetband und Schallplatte.

³ Das World Wide Web (als öffentlich verfügbares Internet) wurde am 6. August 1991 freigeschaltet. Als erstes echtes Smartphone gilt der *Nokia 9000 Communicator*, der ab 1996 auf den Markt kam. Das *iPhone* von Apple machte die neue Technik zwar endgültig populär, folgte aber erst 11 Jahre später (2007).

- Die dritte Phase läuft seit **Anfang des 21. Jahrhunderts** und dauert derzeit noch an.

Eine **vierte** Phase der Digitalisierung steht derzeit noch am Beginn und wird die nächsten Jahre stark prägen: Diese Phase wird definiert durch eine **breite Vernetzung** automatisierter Prozesse mit Hilfe extrem leistungsfähiger Mobilfunk-Kommunikation einerseits sowie zunehmend autonom agierender („intelligenter“) Maschinen andererseits.

- Exemplarisch dafür steht das Bild von der „Industrie 4.0“, aber auch die Entwicklung und Verbreitung (teil-)autonomer Mobilitätssysteme.⁴

Generell gilt das Thema Digitalisierung heute als globaler „**Megatrend**“, der massiv in alle Lebensbereiche einwirkt und dabei **starke Umbrüche** und Disruptionen auslösen kann. Das Bild der Disruption folgt aus der **digitalen Transformation** etablierter Geschäftsmodelle und Industrien, wobei oftmals ganze Geschäftsmodelle radikal verändert werden.⁵

Eine entscheidende Rolle bei dieser massiven Beschleunigung spielt, wie schon seit Beginn der Digitalisierung, das „*Moore'sche Gesetz*“, das für moderne Computertechnik etwa alle 2 Jahre eine **Verdopplung der verfügbaren Rechenleistung** postuliert (vgl. dazu Abb. 1).⁶

⁴ Das Schlagwort von der „Industrie 4.0“ bezieht sich auf die damit assoziierte „4. Industrielle Revolution“; das Prinzip teilautonomer Mobilitätssysteme wird derzeit durch Firmen wie *Tesla*, *Google* oder *Uber* repräsentiert.

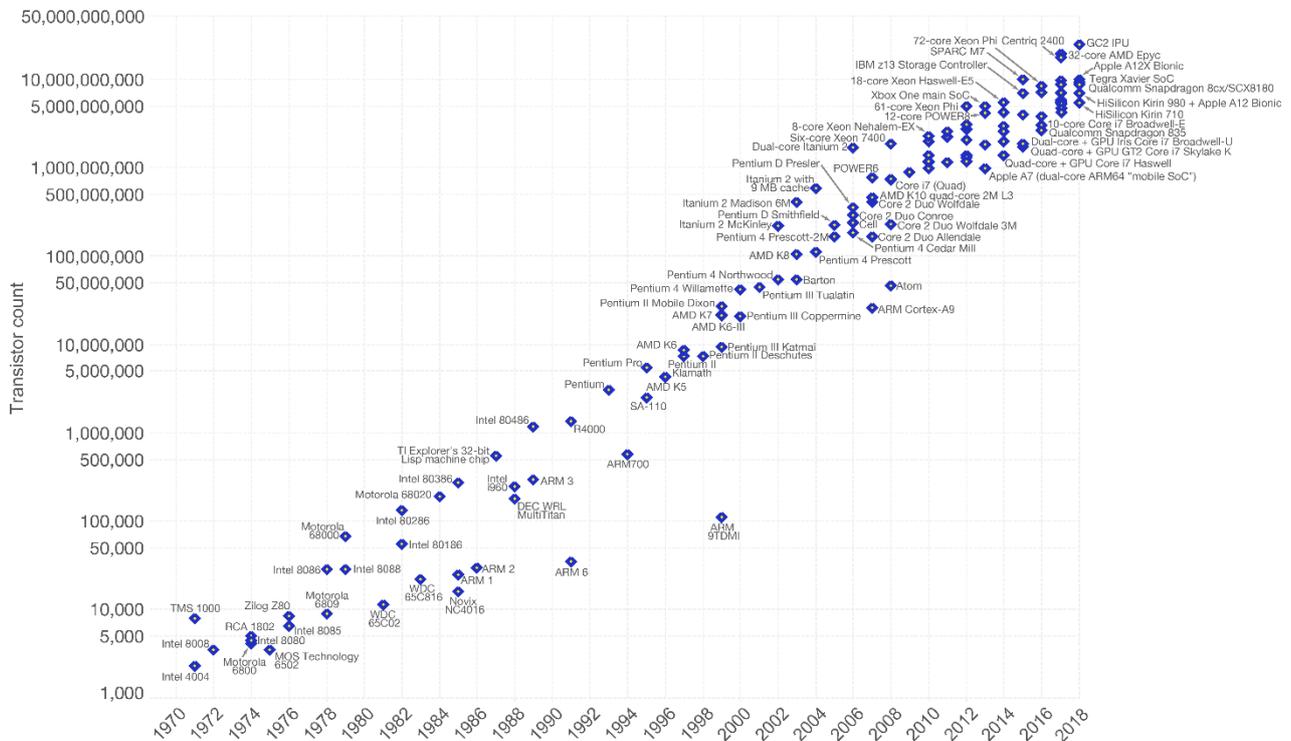
⁵ Zugleich entfallen dabei häufig auch traditionelle Beschäftigungsprofile, was zur Freisetzung zahlreicher Arbeitskräfte führt. Der Effekt „digitaler Transformation“ bestehender Geschäftsmodelle wird exemplarisch (im Bereich Einzelhandel) durch den Erfolg der digitalen Handelsplattform *Amazon* verdeutlicht. Derzeit stehen speziell Banken und Versicherungen unter Disruptions-Druck durch sogenannte „*FinTechs*“ oder „*InsurTechs*“.

⁶ Vgl. dazu ausführlich: Brynjolfsson/McAfee (2015, *Machine Age*), S. 54-72.

Abb. 1: Moore'sches Gesetz („Moore's Law“)

Moore's Law – The number of transistors on integrated circuit chips (1971-2018)

Moore's law describes the empirical regularity that the number of transistors on integrated circuits doubles approximately every two years. This advancement is important as other aspects of technological progress – such as processing speed or the price of electronic products – are linked to Moore's law.



Data source: Wikipedia (https://en.wikipedia.org/wiki/Transistor_count)
The data visualization is available at [OurWorldinData.org](https://www.ourworldindata.org). There you find more visualizations and research on this topic.

Licensed under CC-BY-SA by the author Max Roser.

Quelle: Our World in Data, 2018

Moore'sches Gesetz: Das Moore'sche Gesetz geht zurück auf den Computer-Ingenieur (und Mitgründer der Firma Intel) Gordon Moore, der in den 1960er Jahren folgende Gesetzmäßigkeit postulierte: Aufgrund technologischer Fortschritte lässt sich die Komplexität integrierter Schaltkreise, und damit auch die Rechenleistung von Computern, etwa alle 2 Jahre verdoppeln. Auch wenn diese Aussage wohl nur zeitlich begrenzt Bestand haben dürfte, hat sich ihre Gültigkeit bislang weitgehend bestätigt.

2.2 NEUE TREIBER EINER MASSIVEN DISRUPTION

Obwohl sich die vierte Phase der Digitalisierung gerade erst entfaltet, zeichnen sich auf dem Gebiet digitaler Technologie bereits **äußerst weitreichende Entwicklungen** ab. Diese verändern bisherige Gesetze der Digitalisierung in fundamentaler Weise und haben das Potential, den „Megatrend Digitalisierung“ schon bald selbst **massiven Verwerfungen** auszusetzen.

Die wichtigsten dieser neuen Trends sind:

- *Künstliche Intelligenz („Artificial Intelligence“)*
- *Quantencomputer („Quantum Computing“)*
- *Internet of Things*
- *5G-Mobilfunk⁷*

Diese neuen Entwicklungslinien werden das bisherige Verständnis von Digitalisierung dramatisch verändern. Aus ihnen könnten sich im Laufe weniger Jahre neue, dominante Megatrends entfalten, deren Verlaufspfade und Wirkungsketten heute nicht annähernd abschätzbar sind.

Auch Brynjolfsson/McAfee (2015) sprechen in diesem Kontext von einer explosionsartigen **Beschleunigung und Selbstverstärkung** zahlreicher technologischer Trends:

- *„Das verstärkt den Eindruck, dass wir vor einem Wendepunkt stehen – einem Knick in der Kurve, an dem viele Technologien, die es früher nur in Science Fiction-Stories gab, alltägliche Realität werden.“⁸*

Auf vielen Feldern der Digitalisierung (Robotik, Computing, KI etc.) hat der technologische Fortschritt aktuell oftmals **kritische Niveaus** erreicht, von denen jederzeit **abrupte Durchbrüche** und **massive Innovations-sprünge** erfolgen können (oftmals nur durch sinnvolle „Rekombination“ neuer Technologien).⁹ (vgl. Abb. 2)

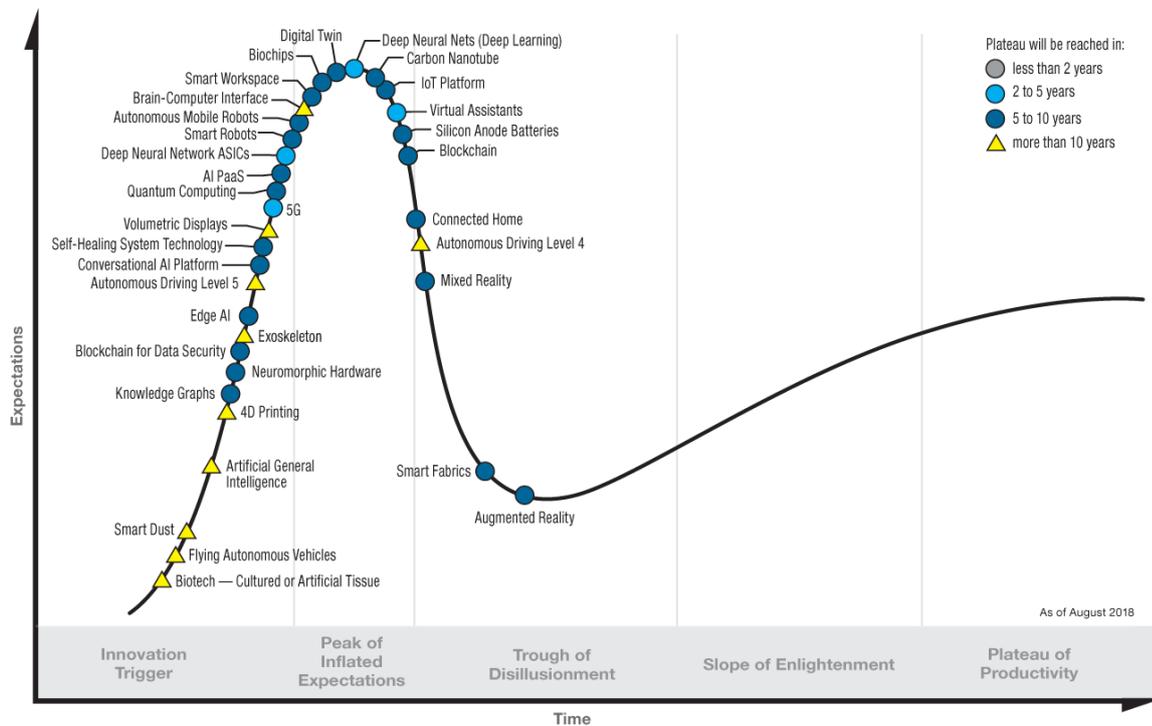
⁷ Der Begriff 5G steht für „schnelle Mobilfunknetze der 5. Generation“; das „*internet of things*“ bezeichnet eine zunehmende Vernetzung datengetriebener Anwendungen mit mobilen Endgeräten und anderen intelligenten Maschinen (darunter etwa Autos, Verkehrsleitsysteme, Roboter und Haushaltsgeräte); vgl. dazu ausführlich: Teil II dieses „Cognitive Comment“.

⁸ Brynjolfsson/McAfee (2015, Machine Age), S. 47.

⁹ Vgl. dazu generell: Brynjolfsson/McAfee (2015, Machine Age), die von der Kraft der Neuordnung sprechen („**Rekombination**“). Analog mit Blick auf KI-Anwendungen auch: Lee (2018, AI).

Abb. 2: Emerging Technologies „Hype Cycle“

Hype Cycle for Emerging Technologies, 2018



Quelle: Gartner Group, 2018

Derartige Innovationen und nachfolgende Wachstumspfade nehmen aufgrund spezieller Faktoren oftmals einen **exponentiellen Verlauf**; dieser kann zahlreiche „überraschende“ Entwicklungen nach sich ziehen und wird oftmals stark unterschätzt.¹⁰

- Wichtiger Aspekt dabei: **China** nimmt auf vielen dieser neuartigen Felder, einschließlich der Entwicklung von breiten KI-Anwendungen, bereits eine führende Rolle ein.¹¹

Ausgehend von diesen neuen „Megatrends“, und getrieben von extremer Innovationsbereitschaft, wird sich also mit hoher Wahrscheinlichkeit schon bald etwas vollziehen, das nicht frei ist von Ironie:

- Der disruptive Faktor „Digitalisierung“ wird selbst Opfer massiver Disruption!

¹⁰ Nach Ansicht von Brynjolfsson/McAfee (2015, Machine Age), S. 51, stehen hinter der Dramatik dieses Umbruchs dessen „drei maßgebliche Merkmale“: „...er ist **exponentiell, digital und kombinatorisch**.“ (Hervorhebung im Original). Zum grundsätzlichen Aspekt „**exponentieller Technologien**“ sowie deren Bedeutung für die unmittelbare Zukunft vgl. ausführlich: Teil II dieses „Cognitive Comment“.

¹¹ Dies ist sowohl ökonomisch als auch geopolitisch äußerst relevant; vgl. dazu ausführlich: unten, Kap. 3.4-3.5.

3. KÜNSTLICHE INTELLIGENZ ALS „DISRUPTOR“

3.1 GRUNDPRINZIP UND HISTORISCHE ENTWICKLUNG VON KI

Künstliche Intelligenz (KI) bzw. *Artificial Intelligence* (AI) wirkt oft noch wie ein Zukunftstraum, der menschliche Vorstellungen bei weitem übersteigt (und der deshalb in vielen Science Fiction-Filmen futuristisch ausgeschmückt wurde).¹²

Die Realität ist jedoch weniger prosaisch:

- Künstliche Intelligenz kann verstanden werden als eine hochentwickelte Form **maschineller Mustererkennung**, deren Grundlagen bereits vor über 60 Jahren gelegt wurden.¹³
- Das Erkennen von Mustern, das Aufspüren versteckter Korrelationen und die Destillation sinnvoller Zusammenhänge, jeweils aus einer großen Menge komplexer Daten, ist auch heute noch der wichtigste Leistungskern von KI-Anwendungen.¹⁴

Obwohl der Begriff „Intelligenz“ nicht eindeutig definiert werden kann, gilt KI gemeinhin als das Bestreben, bestimmte **menschliche Problemlösungskompetenzen** maschinell nachzubilden. Auf Grundlage komplexer Algorithmen soll Maschinen die Fähigkeit zur Analyse komplexer Sachverhalte, zur rationalen Bewertung von Möglichkeiten und zur zielgerichteten Entscheidungsfindung vermittelt werden, letztlich also eine **Simulation intelligenten Verhaltens**.¹⁵

Turing-Test: Als Methode zur Beurteilung, wann eine Maschine wirklich „intelligent“ agiert, gilt allgemein der nach dem britischen Mathematiker Alan Turing benannte „Turing-Test“. Dieser Test gilt dann als bestanden, wenn ein Mensch im Rahmen komplexer Interaktion nicht erkennen kann, dass er mit einer Maschine kommuniziert.

¹² Bekannte frühe Beispiele sind der Supercomputer HAL 9000 im Film „2001: Odysee im Weltraum“ von 1968 sowie der Supercomputer *Colossus* im gleichnamigen Film von 1970. Eine spätere filmische Umsetzung von *Steven Spielberg* aus dem Jahr 2001 mit dem Titel „AI – Artificial Intelligence“ bemühte sich um eine differenzierte Darstellung, thematisierte aber auch zahlreiche ethische Fragen im Kontext von AI.

¹³ Als „Erfinder“ des Begriffs KI gilt der US-Forscher *John McCarthy*, der das Thema mit *Marvin Minsky* und anderen Kollegen bei der „Dartmouth Conference“ 1956 erstmals vorgestellt hat; vgl. dazu ausführlich: Kaplan (2017, Intelligenz), S. 27-32. Insbesondere *Minsky* hat zahlreiche Grundlagen der KI erforscht und diese entscheidend vorangebracht, parallel dazu auch *Herbert Simon* (einschlägige Arbeiten ab 1956).

¹⁴ Vgl. Lee (2018, AI), S. 11, zur Grundfunktionalität von KI: „...its core power – its ability to recognize a pattern, optimize for a specific outcome, make a decision – can be applied to so many different kind of everyday problems.“

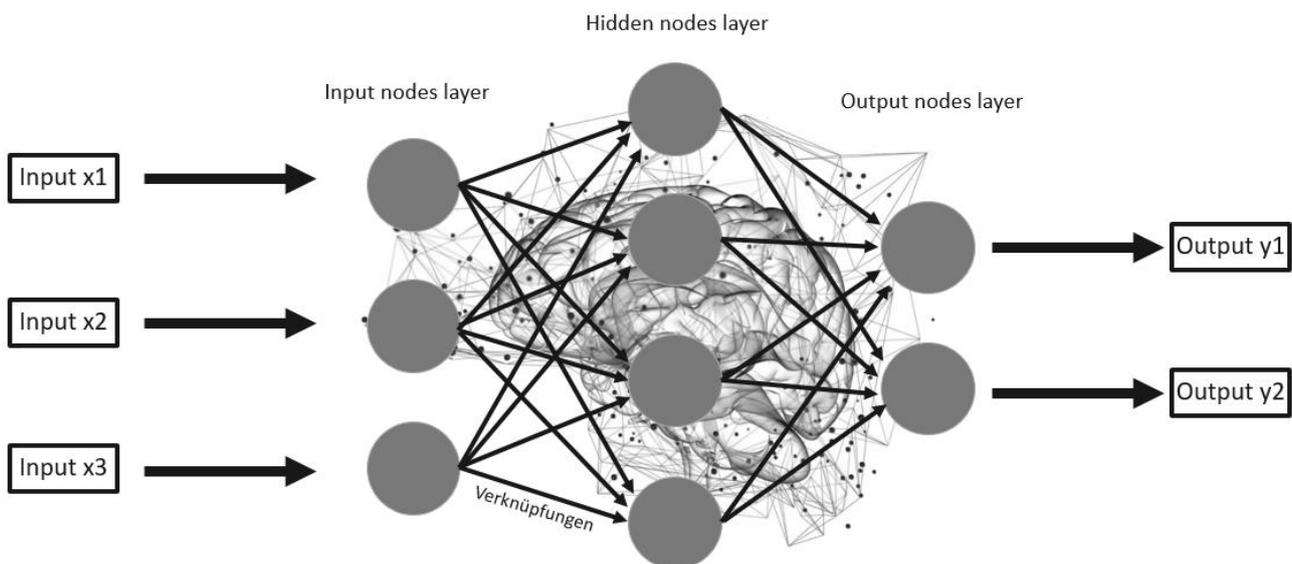
¹⁵ Als Prüfkriterium für maschinelle Intelligenz gilt meist der (inzwischen legendäre) „Turing-Test“.

- Im Zentrum von KI steht der Ansatz des „**maschinellen Lernens**“. Dieser Begriff bezeichnet die Fähigkeit eines Computers, aus wiederholten Auswertungen strukturierter Daten Gemeinsamkeiten zu ermitteln und so – bezogen auf definierte Problemstellungen – selbständig „zu lernen“. ¹⁶

Die KI-Forschung unterscheidet grundsätzlich zwischen den beiden Ansätzen „*machine learning*“ sowie „*deep learning*“:

- Während „*machine learning*“ sich in der Regel nur für eng spezifizierte Fragestellungen eignet, ermöglicht „*deep learning*“ weitaus komplexere Anwendungen.
- „*Deep learning*“ basiert auf der Technik **künstlicher neuronaler Netze**, die wiederum stark an das Prinzip biologischer neuronaler Netze (wie etwa Gehirnstrukturen) angelehnt sind. ¹⁷ (Vgl. dazu Abb. 3).

Abb. 3: Grundprinzip von „deep learning“-Strukturen



Quelle: Analytics Vidhya, 2016

¹⁶ Beim „*machine learning*“ werden Datenbestände typischerweise in hierarchische Strukturen („Entscheidungsbäume“) zerlegt oder über Vektoranalysen nach Grundähnlichkeiten durchsucht. Beispielhafte Anwendungen für diesen Ansatz waren die wissensbasierten „**Expertensysteme**“, die in den 1980er Jahren verstärkt zum Einsatz kamen und bei denen menschliches Expertenwissen als Wissensbasis für automatisierte Analyse- und Entscheidungsprozesse hinterlegt wurde.

¹⁷ Vgl. dazu grundlegend: Kaplan (2017, Intelligenz); dort spezifisch (S. 45): „Ein künstliches neuronales Netz ist ein Computerprogramm, bei dem bestimmte vermutete organisatorische Prinzipien eines echten neuronalen Netzes (wie dem menschlichen Gehirn) als Inspiration dienen.“ Lee (2018, AI), S. 8, definiert analog: „This approach mimics the brain’s underlying architecture...“.

Machine Learning: Als „machine learning“ werden Verfahren bezeichnet, die eine Maschine (Computer) dazu befähigen, aus einer großen Datenmenge Strukturen, inhärente Muster und Zusammenhänge zu erkennen. Aus einer wiederholten maschinellen Auswertung von Rohdaten werden Gemeinsamkeiten und Ähnlichkeiten ermittelt, die dann einen selbständigen Lernprozess ermöglichen. Ergebnisse dieser Prozesse können analytisch ausgewertet und (bezogen auf definierte Problemstellungen) in automatisierte Empfehlungen, Bewertungen oder Prognosen transformiert werden.

Deep Learning: Als „deep learning“ werden spezielle Verfahren des „machine learning“ bezeichnet, deren Lernprozesse auf Basis (oftmals sehr tief gestaffelter) künstlicher neuronaler Netze erfolgen. Diese replizieren Grundelemente des menschlichen Gehirns und anderer (biologischer) neuronaler Netzwerke. „Deep learning“ repräsentiert die derzeit mit Abstand leistungsfähigste Form der Erzeugung von KI-Systemen und befindet sich derzeit in einer sehr dynamischen Entwicklung.

Die Anfänge der KI-Forschung vor 60 Jahren folgten zunächst unterschiedlichen Ansätzen und Zielsetzungen. Großzügige Zuwendungen aus dem Bereich des US-Militärs sorgten zunächst für Spitzenforschung in wenigen Eliteuniversitäten und Forschungszentren.¹⁸

Seitdem gab es mehrfach Phasen übergroßer Euphorie, gefolgt von Enttäuschung und Stillstand. Speziell in den späten 1970er und 1980er Jahren konnte die KI-Forschung hochgesteckte Erwartungen an die neue Technologie nicht erfüllen, was zu einem deutlichen Einbruch der Forschungsaktivitäten („**KI-Winter**“) führte. Der bekannte KI-Forscher Kai-Fu Lee (2018) erläutert rückblickend: „...*AI plunged into one of its first ‘winters’ during the 1970s.*“¹⁹

Auch in den 1990er Jahren kam es zu Rückschlägen, als praktische Anwendungen neuronaler Netzwerke mehrfach hinter den Erwartungen zurückblieben:

- Lee (2018) konzediert: „...*AI reentered a prolonged ice age for most of the 1990s.*“

Hintergrund dieser „Fehlstarts“ war ein simples, aber sehr **grundlegendes Problem**:

- „*Neural networks require large amounts of two things: computing power and data.*“²⁰

¹⁸ In den 1960er Jahren trat der Forschungsbereich des US-Pentagon, heute bekannt als DARPA, als wichtiger Sponsor für KI-Forschung auf und förderte speziell das MIT, Stanford University und Carnegie Mellon.

¹⁹ Lee (2018, AI), S. 8.

²⁰ Lee (2018, AI), S. 9.

Diese Aussage lässt erkennen, dass die KI-Forschung noch bis vor wenigen Jahren mit **zwei gravierenden Einschränkungen** konfrontiert war:

- Mangel an genügend starker Rechenleistung
- Unzureichende Menge gut strukturierter Daten

Beide Probleme sind jedoch seit rund 10 Jahren nicht mehr existent. Spätestens mit der globalen Verbreitung des Internet, der Nutzung von Milliarden „smarter“ mobiler Endgeräte sowie einem massiven Anstieg verfügbarer Rechenleistung hat sich das Umfeld für KI **grundlegend geändert**: Plötzlich konnten neue Verfahren des „*deep learning*“ sehr effizient „trainiert“ und mit beeindruckendem Erfolg implementiert werden. Lee (2018) resümiert:

- „After decades spent on the margins of AI research, neural networks hit the mainstream overnight, in the form of deep learning.“²¹

Als entscheidender „**moment of truth**“ für das enorme Potential von „*deep learning*“-Systemen gilt der 27. Mai 2017: An diesem Tag schlug mit „*Alpha Go*“ erstmals ein *deep learning*-basiertes KI-System im (extrem komplexen) asiatischen Strategiespiel „Go“ dessen amtierenden Meister Ke Jie und konnte diesen dabei faktisch deklassieren.²²

3.2 AKTUELLE ENTWICKLUNGEN BEI KI – DURCHBRUCH UND „TAKEOFF“

Wie bereits deutlich wurde, vollzieht sich die Entwicklung von KI in mehreren Wellen. Diese führen oftmals zu Phasen stark beschleunigter Aktivitäten und bahnbrechender Erfolge. Lee (2018) identifiziert für die weitere Zukunft der KI **vier entscheidende Entwicklungsstufen** und spricht dabei von den „*four waves of AI*.“²³

²¹ Lee (2018, AI), S. 10.

²² Vgl. t3n (2017, Google-KI); Heise (2017, Alpha Go). Dieser entscheidende Moment („*China’s Sputnik moment*“) wird ausführlich kommentiert auch bei: Lee (2018, AI), S. 1-2. Bereits 2016 hatte das System Alpha Go (das dem US-Konzern Google gehört) den koreanischen Go-Meister Lee Sedol geschlagen; vgl.: Süddeutsche (2017, Unschlagbar). Ein technisch leicht verändertes System („Alpha Go Zero“) übertrifft inzwischen die Spielleistung von Alpha Go klar.

²³ Lee (2018, AI), S. 104-139.

Diese vier Phasen sind nach Lee (2018):

- „Internet AI“ (optimierte Algorithmen für das Navigieren im Internet)
- „Business AI“ (automatisierte Geschäftsanwendungen auf Grundlage von KI)
- „Perception AI“ („Sehen“, „Hören“ und „Sprechen“ für KI-Systeme)
- „Autonomous AI“ (Mobile KI-Systeme mit umfassenden kognitiven Fähigkeiten)

Die **erste Welle** („Internet AI“) läuft bereits seit einigen Jahren und wird (für viele Nutzer oftmals unmerklich) von den großen Konzernen des Internet-Zeitalters vorangetrieben. Gezielte Erstellung von Werbebotschaften, treffsichere Prognosen für zukünftige Produktnachfrage oder Abschätzung politischer und gesellschaftlicher Trends – jeweils auf Grundlage komplexer Algorithmen – verleihen Unternehmen wie Amazon, Google oder Facebook im Internet enorme **Informationsmacht** (auch über ihre Nutzer) und ermöglichen ihnen so monopolartige Netzwerkgewinne.²⁴

- Der mutmaßliche Skandal um eine gezielte Beeinflussung von Wählerverhalten über soziale Medien (2016 beim BREXIT sowie 2017 bei der US-Präsidentschaftswahl) geht ebenfalls auf neuartige Prinzipien und Möglichkeiten der „Internet AI“ zurück. Dieser Punkt macht deutlich, dass neue Technologien stets auch eine „dunkle Seite“ haben können.²⁵

Auch die **zweite Welle** („Business AI“) ist bereits in vielen Einzelfällen erkennbar, hat jedoch noch ein enormes Potential zukünftiger Einsatzmöglichkeiten. Hier geht es um verschiedenste Bereiche und Geschäftsfelder, die derzeit von automatisierter Finanzanalyse (Controlling) über datenbasierte Marktforschung und Absatzprognosen (Marketing) bis hin zur KI-gesteuerten Kreditvergabe oder einem Beschwerdemanagement mit Hilfe KI-gestützter „ChatBots“ reichen.²⁶

²⁴ Vgl. Lee (2018, AI), S. 107: „That optimization has translated into massive increases in profits for established internet companies that make money off our clicks: the Googles, Baidus, Alibabas, and YouTubes of the world.“ Zum Begriff der Netzwerkeffekte und Netzwerkgewinne vgl. Brynjolfsson/McAfee (2015, Machine Age), S. 77.

²⁵ Dieser Aspekt bezieht sich auf gezielte Wähler-Analysen, Profil-Erstellungen und individuelles „Micro Targeting“ durch die Firma Cambridge Analytica; diese hatte dazu missbräuchlichen Zugriff auf eine Vielzahl von Nutzerdaten im Internet (meist über Facebook); vgl. dazu: NZZ (2018, BREXIT); Spiegel (2018, Analytica).

²⁶ Als „ChatBots“ werden automatisierte Systeme bezeichnet, die per Text- oder Sprachausgabe strukturierte Dialoge führen und dabei Probleme analysieren, bearbeiten und Lösungswege mitteilen können.

Schon jetzt lässt sich absehen, dass im Verlauf der zweiten Welle auch Bereiche mit sehr hoher Kompetenzanforderung und entsprechend spezialisiertem Berufsprofil, etwa **medizinische Diagnostik** oder **juristische Beratung**, stark von KI-Anwendungen betroffen sein werden.²⁷

Die zukünftigen Nutzungsmöglichkeiten dieser Art von KI sind bislang nur ansatzweise erkennbar. Aufgrund ihrer hohen **Präzision** und ihrer starken **Rationalisierungspotentiale** werden sich *Business AI*-Systeme jedoch in den kommenden 5-10 Jahren massiv durchsetzen. Sie werden in nahezu allen kommerziellen Bereichen Verbreitung finden und dabei einen **erheblichen disruptiven Effekt** auf bestehende Tätigkeitsprofile, Arbeitsplätze und Geschäftsmodelle (sowie ganze Volkswirtschaften) ausüben.²⁸

Breit verfügbare *business AI*-Anwendungen auf Basis von *deep learning* werden dann zu einer Art „**Basistechnologie**“: deren Nutzenanwendungen und Derivate strahlen in kurzer Zeit in nahezu alle Bereiche von Wirtschaft und Gesellschaft aus und können dort durch Adaption und Modifikation eine Vielzahl weiterer Innovationen und Beschleunigungen auslösen.²⁹

- In vielen Fällen könnten daraus **revolutionäre Umwälzungen** hervorgehen, die aufgrund technischer Limitation bisher schlicht nicht möglich waren. Lee (2018) bemerkt dazu: „*But with the development of deep learning over the past few years, that revolution has finally arrived.*“³⁰
- Die zweite Welle der KI – mit einer **rapiden Verbreitung „intelligenter“ KI-Anwendungen** in allen Bereichen des Geschäftslebens – wird somit ein entscheidender Faktor für die wirtschaftliche, soziale und politische Entwicklung der kommenden 10 Jahre sein.

Die **dritte Welle** („*Perception AI*“) hat ebenfalls bereits begonnen, befindet sich jedoch noch in einer relativ frühen Phase ihrer Entwicklung. Hier geht es darum, „Maschinen“ (oder existierenden KI-Anwendungen) mit Hilfe leistungsfähiger Sensoren das „Sehen“, „Hören“ und „Verstehen“ beizubringen und diese gleichzeitig auch zum „Erkennen“, „Fühlen“ und „Wahrnehmen“ komplexer Umweltzustände zu befähigen.³¹

²⁷ Vgl. dazu etwa: Brynjolfsson/McAfee (2015, *Machine Age*), S. 115-116; Handelsblatt (2019, *Intelligenz*). Entscheidend dafür ist die spezielle Fähigkeit von *deep learning* KI-Systemen, in sehr großen Datenmengen Ähnlichkeiten, Verknüpfungen oder Korrelationen zu erkennen und daraus – präziser als jeder Mensch – Analysen, Prognosen oder Empfehlungen abzuleiten.

²⁸ Vgl. dazu ausführlich und weiterführend: unten, Kap. 3.3. Grundsätzlich dazu auch: Lee (2018, *AI*) sowie Brynjolfsson/McAfee (2015, *Machine Age*).

²⁹ Zum Begriff der „Basistechnologien“ und deren Bedeutung vgl.: Brynjolfsson/McAfee (2015, *Machine Age*), S. 93ff („*Basistechnologien unterbrechen und beschleunigen den normalen Verlauf der wirtschaftlichen Entwicklung.*“)

³⁰ Lee (2018, *AI*), S. 5.

³¹ Vgl. dazu auch: Brynjolfsson/McAfee (2015, *Machine Age*), S. 68-72.

- Konkrete Nutzenanwendungen der „*perception AI*“ liegen heute vorwiegend im Bereich der **Spracherkennung** (Mobiltelefone), der **Gesichtserkennung** (Identifikation, Sicherheit), der **Gestensteuerung** (Automobile, Fernseher) und der **Emotionsanalyse** (ChatBots).
- An der Spitze dieser Entwicklung stehen derzeit die digitalen Assistenten vom Typus SIRI (Apple Smartphones) oder ALEXA (für das Amazon Ökosystem), die vielfach bereits sehr weitreichende („intelligente“) Dialoge mit ihren Nutzern ermöglichen.

Es ist offensichtlich, dass **kognitive und perzeptive Fähigkeiten** Maschinen, Robotern oder KI-Anwendungen eine Vielzahl heute noch kaum vorstellbarer „intelligenter“ Handlungen ermöglichen würden:

- Das gesamte Feld der **Robotik** könnte sich mit Hilfe leistungsfähiger Sensoren und komplexer KI-Steuerung zu einem Gebiet mit **völlig neuen Anwendungsmöglichkeiten** entwickeln.
- Ein bislang als kaum überwindbar geltendes Dilemma der Robotik, auch bekannt als „**Moravec’s Paradox**“, könnte dadurch schneller als bislang gedacht obsolet werden.³²

Moravec’s Paradox: „Moravec’s Paradox“ bezeichnet einen von Hans Moravec, einem führenden KI- und Robotik-Forscher an der Carnegie Mellon University, formulierten Grundsatz: Gemäß diesem Paradox sei es sehr viel einfacher, ein KI-System zu menschenähnlichem Denken zu befähigen, als umgekehrt einem Roboter auch nur annähernd menschliche Leistungsfähigkeit in Punkto Wahrnehmung, Sensorik und Mobilität zu verleihen.

Japan experimentiert (bei der Betreuung alter und kranker Menschen) schon heute erfolgreich mit Pflegerobotern, die ihre Umwelt sehr gut wahrnehmen und sogar die emotionale Verfassung ihrer Patienten registrieren können.³³

- Auch im Produktionsbereich könnten „sehende“ und „denkende“ Maschinen Aufgaben übernehmen, die bisher noch ausschließlich Menschen vorbehalten sind, woraus sich (unter dem Stichwort „*Computer Vision*“) eine potentiell **sehr disruptive Zukunftstechnologie** entwickeln würde.³⁴

³² Lee (2018, AI), S. 166, umschreibt Moravec’s Paradox wie folgt: „...it is relatively easy for AI to mimic the high-level intellectual or computational abilities of an adult, but it’s far harder to give a robot the perception and sensorimotor skills of a toddler.“ Vgl. dazu analog auch: Brynjolfsson/McAfee (2015, Machine Age), S. 40-41.

³³ Ford (2015, Robots), S.161, hält diesen Bereich für zukünftig extrem attraktiv: „The surging global demographic imbalance is creating one of the greatest opportunities for robotics: the development of affordable machines that can assist in caring for the elderly.“

³⁴ Der KI-Experte Kaplan (2017, Intelligenz), S. 59ff; S. 69-73, verwendet hier den Begriff „*Computer Vision*“.

Perception AI: Perception AI umschreibt das Konzept, wonach Computer, Roboter und andere Maschinen mit Hilfe leistungsfähiger Sensorik zu einer umfassenden optischen, akustischen, haptischen, olfaktorischen und sogar emotionalen Wahrnehmung befähigt werden sollen. Maschinen würden so zu einer sehr dynamischen sensomotorischen Interaktion mit ihrer Umwelt befähigt. Ausschlaggebend dafür sind einerseits extrem leistungsfähige Sensoren, andererseits aber auch deren intelligente Vernetzung im Rahmen einer komplexen „Wahrnehmungs-Intelligenz“.

Computer Vision: Computer Vision beschreibt die Möglichkeit, Maschinen mit einer umfassenden Sensorik auszustatten und ihnen so „das Sehen“ und allgemein „die Wahrnehmung“ ihrer Umwelt zu ermöglichen. Das Konzept ist inhaltlich weitgehend identisch mit dem Begriff der „Perception AI“.

Elemente einer fortschrittlichen „*perception AI*“ könnten mit einem Schlag in sehr vielen Bereichen des täglichen Lebens Einzug halten.

- Aufgrund der Fähigkeit, ihre Umwelt zunehmend differenziert **wahrzunehmen**, die daraus gewonnenen Eindrücke laufend mit anderen Daten und Algorithmen dynamisch zu **verknüpfen** und Ergebnisse dieser Prozesse laufend **zu kommunizieren**, könnte „*perception AI*“ erstmals eine **sehr enge Symbiose** mit menschlichen Nutzern ermöglichen.
- Ob beim Einkaufen, im Strassenverkehr oder in der U-Bahn, im Museum, bei Behörden oder im Bildungsbereich: stets könnte „*perception AI*“ eine Vielzahl spezifischer Daten auswerten und diese dann – zielgerichtet und in einem hochgradig individuellen Dialog – menschlichen Nutzern zur Verfügung stellen.³⁵

Mit Blick auf die Frage, ob und welcher Form Menschen und intelligente Maschinen zukünftig koexistieren werden, bietet „*perception AI*“ vermutlich die aussichtsreichste Perspektive:

- „*Perception AI*“ könnte rund um die Uhr eine Vielzahl sinnvoller Informationen und Interaktionsprofile bereitstellen; sie könnte damit Menschen in allen Lebensbereichen interaktiv unterstützen und zielgerichtet entlasten (als vollwertiger „digitaler Assistent“).

³⁵ Lee (2018, AI), S. 119-121, beschreibt dazu das fiktive Szenario eines Supermarktes: dort erkennt der „intelligente“ Einkaufswagen sofort jeden Kunden, kennt sowohl dessen persönliche Vorlieben als auch den aktuellen Stand seiner Einkaufsbedürfnisse und kann auf dieser Basis individuelle Empfehlungen und neue (aber „profilgerechte“) Vorschläge übermitteln. (Ob ein solches Einkaufserlebnis wünschenswert wäre oder als Verletzung der Privatsphäre empfunden würde, ist jedem Betrachter selbst überlassen.)

- „Perception AI“ könnte so ein **enges Miteinander von Mensch und Maschine** ermöglichen und wäre ein großer Schritt hin zum „täglichen Leben mit künstlicher Intelligenz“.³⁶

Auch in diesem Bereich hat **China** aufgrund seiner spezifischen Rahmenbedingungen einen großen Startvorteil:

- „...in terms of immediate impact, China's relative openness with data collection in public places is giving it a **massive head start** on implementation of perception AI.“³⁷

Die **vierte Welle** („Autonomous AI“) repräsentiert derzeit die „Königdisziplin“ auf dem Gebiet künstlicher Intelligenz. Auf dieser Entwicklungsstufe vereinen sich unterschiedliche Felder derzeit vorhandener und aktuell in Entwicklung befindlicher Spitzentechnologie zu einer **extrem leistungsfähigen Kombination** aus Maschinen, Mobilität und KI-Multipotenz.

Im Verständnis von Lee (2018) repräsentiert diese Stufe die Integration und Kulmination der vorherigen drei Wellen zu **etwas gänzlich Neuem**; dies eröffnet bislang unvorstellbare Möglichkeiten einer **KI-basierten Mensch-Maschine-Interaktion** und wird extrem leistungsfähige Technologien hervorbringen:

- „Combining these superhuman powers yields machines that don't just understand the world around them – they shape it.“³⁸

Durch intelligente „**Rekombination**“ bestehender Basistechnologien (Computer) mit neuer Spitzentechnologie (Sensorik, Robotik, KI etc.) – oder durch Verknüpfung diverser Spitzentechnologien – entstehen völlig neue Nutzenwendungen, die bislang kaum denkbar noch realisierbar waren:

- Hier geht es um **autonome Roboter** mit der Fähigkeit zu komplexer Interaktion sowie zur eigenständigen Organisation und Optimierung ihrer Tätigkeit, die in Fabriken, Haushalten oder Kliniken eingesetzt werden könnten.³⁹
- Schon heute erkennbar sind auch der potentiell riesige Bereich des „**autonomous driving**“ („Autonome Mobilität“) oder das Konzept KI-gesteuerter „**smart cities**“ (in denen der gesamte

³⁶ Die Tatsache, dass viele Menschen schon heute digitale Assistenten wie SIRI oder ALEXA intensiv nutzen, gibt dieser Perspektive eine hohe Kreditibilität.

³⁷ Lee (2018, AI), S. 125, (Hervorhebung durch Verfasser).

³⁸ Lee (2018, AI), S. 128.

³⁹ Vgl. dazu etwa überblickartig die Darstellungen bei: Brynjolfsson/McAfee (2015, Machine Age), S. 42-47; dort speziell die Ausführungen zu den innovativen Konzepten der Firma „Rethink Robotics“ sowie den beeindruckenden Fortschritten des Roboter-Herstellers „Boston Dynamics“.

Verkehrsfluss, unterschiedliche Transportsysteme, Kommunikationsnetze, Energie- und Wasserversorgung, Überwachung und Sicherheit und vieles mehr auf Grundlage hochkomplexer KI-Systeme gesteuert, koordiniert und optimiert werden könnten).⁴⁰

- In die „*fourth wave*“-Kategorie fällt auch das Bild selbständig agierender und hochpräziser **Medizin-Roboter** (mit der Fähigkeit, klinische Diagnosen und komplizierte Operationen auszuführen), autonomer und KI-gesteuerter **Erntemaschinen** (mit laufender Verbindung zu Satellitendaten und komplexen Wetterprognosen) oder „intelligenter“ Schwärme von **Flugdrohnen** (für Logistik, Sicherheitsbehörden oder Militär).⁴¹

Mit Blick auf das Potential all dieser Entwicklungen postulieren Brynjolfsson/McAfee (2015):

- *„Wir treten ein in ein neues Maschinenalter.“*⁴²

Als Treiber hinter diesem Prozess verweisen diese Autoren auf die

- *„...anhaltende exponentielle Weiterentwicklung der Computertechnik in vielen Aspekten, unerhört große Mengen an digitalen Daten und die Innovation durch Neukombination.“*
- *Diese drei Kräfte sorgen für Durchbrüche, die Science Fiction zum Alltag machen und damit selbst unsere jüngsten Erwartungen und Theorien in den Schatten stellen.“*⁴³

Mit Blick auf den globalen Wettlauf im Rahmen dieser vier Wellen der KI ist das nachfolgende (subjektive) **Einschätzungs- und Prognosebild** von Lee (2018) äußerst interessant, das speziell für China in wichtigen Bereichen der KI einen sehr schnellen Aufholprozess unterstellt (vgl. Abb. 4):

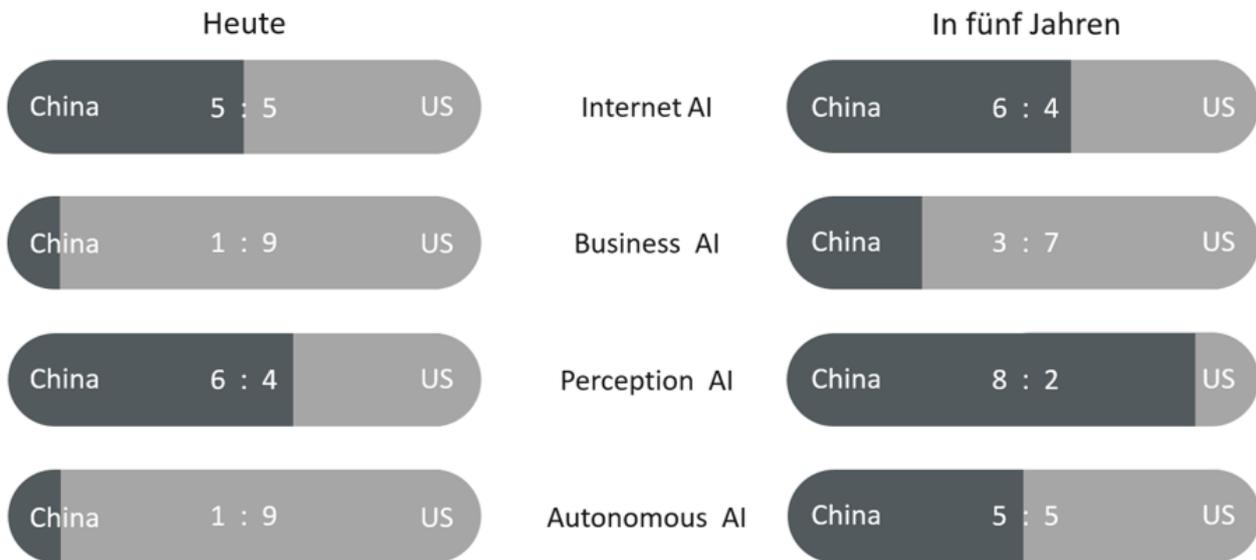
⁴⁰ Auf beiden Feldern werden derzeit weltweit enorme Anstrengungen unternommen und vielfach auch große Fortschritte erzielt. Während Konzerne wie Google, Tesla oder Uber (sowie nahezu jeder große Automobilkonzern der Welt) Technologien zum autonomen Fahren vorantreiben, ist China führend bei der Konzeption (und dem grundlegenden „Neubau“) von KI-getriebenen „*smart cities*“; vgl. dazu: Lee (2018, AI), S. 131-139.

⁴¹ Vgl. dazu überblickartig: Brynjolfsson/McAfee (2015, Machine Age), S. 10-91; 112-120. Zum Thema autonomer Flugdrohnen vgl. speziell: Lee (2018, AI), S. 130-131; mit der Einschätzung: *„...China will almost certainly take the lead in autonomous drone technology.“* (S. 130).

⁴² Brynjolfsson/McAfee (2015, Machine Age), S. 19.

⁴³ Brynjolfsson/McAfee (2015, Machine Age), S. 112.

Abb. 4: Die vier Wellen der KI im Vergleich (China vs. US)



Quelle: Eigene Darstellung nach Lee (2018, AI)

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass der weitere Innovationspfad von KI und assoziierten Technologien schon in den kommenden 5-10 Jahren zu **dramatischen Entwicklungen** und völlig neuartigen Nutzenwendungen führen wird.

Dieser neue „Megatrend“ wird (auch für Investoren) zahlreiche **hochinteressante Chancen** bieten, gleichzeitig aber eine Vielzahl **problematischer Konsequenzen** und oftmals sehr schwieriger politischer, sozialer und ethischer Abwägungen nach sich ziehen.

- Zu den wichtigsten Aspekten zählt hier sicherlich die Frage, inwiefern eine schnelle Durchdringung der Arbeitswelt mit neuen „intelligenten“ Technologien (wie KI und Robotik) mögliche **Massenarbeitslosigkeit**, gesellschaftliche **Asymmetrien** und andere schwerwiegende **sozio-demographische Probleme** auslösen wird.⁴⁴

⁴⁴ Auf Fragen dieser Art kann an dieser Stelle nicht weiter eingegangen werden; dazu wird jedoch verwiesen auf die ausführlichen Diskussionen bei: Brynjolfsson/McAfee (2015, Machine Age), S. 154-309; Lee (2018, AI), S. 140-232; sowie die dort genannten wissenschaftlichen Studien und Prognosen. Eine sehr grundsätzliche Behandlung dieser Problematik (unter dem Blickwinkel: „Technology and the threat of mass unemployment“) findet sich auch bei: Ford (2015, Robots).

Lee (2018) diskutiert diese Fragestellungen ausführlich und weist insbesondere auf die absehbaren Tendenzen zunehmender **sozialer Disparität** und **gesellschaftlicher Spaltung** hin; diese sind künftig mit hoher Wahrscheinlichkeit sowohl **zwischen** Ländern als auch **innerhalb** von Ländern zu erwarten:

- *„If left unchecked, AI will dramatically exacerbate inequality on both international and domestic levels.“⁴⁵*

Derartige Effekte werden zwar (zumindest in westlichen Ländern) den künftigen Entwicklungspfad von KI unberechenbar und volatil gestalten, den eigentlichen „Megatrend KI“ dabei jedoch weder verlangsamen noch ernsthaft in Frage stellen:

- In vielen KI-relevanten Bereichen werden deshalb **China** und die **USA** dominante Positionen einnehmen, wobei sich speziell in der dritten und vierten Welle die Gewichte deutlich zugunsten von China verschieben dürften.
- **Europa** wird hingegen – trotz sehr guter Grundlagenforschung – aus verschiedenen Gründen in diesem Wettlauf kaum eine führende Rolle spielen können.⁴⁶

3.3 IMPLIKATIONEN VON KI – DISRUPTION ALS „NEW NORMAL“

Die weitere Entwicklung im Bereich KI wird vorerst durch zwei sehr wichtige Faktoren geprägt:

- Eine dramatische **Beschleunigung** der Entwicklung „technisch machbarer“ K.I-Konzepte
- Eine massive **Verbreiterung** der Anwendungsgebiete „sinnvoll umsetzbarer“ KI-Lösungen

Während der erste Aspekt sehr stark vom **technischen Fortschritt** und einer „endogenen Eigendynamik“ vieler KI-Prozesse getrieben wird, hängt der zweite Aspekt eher von **ökonomischen und politischen Überlegungen** ab:

- Der **technische Fortschritt** auf dem Gebiet der KI dürfte weiterhin direkt korrelieren mit der Leistungsfähigkeit moderner „*deep learning*“-Prozesse, der Verfügbarkeit hinreichender Rechenleistung sowie der kostengünstigen Bereitstellung von Basisfaktoren wie Datenvolumen und Speicherkapazität. All diese Rahmenbedingungen entwickeln sich derzeit **annähernd exponentiell**

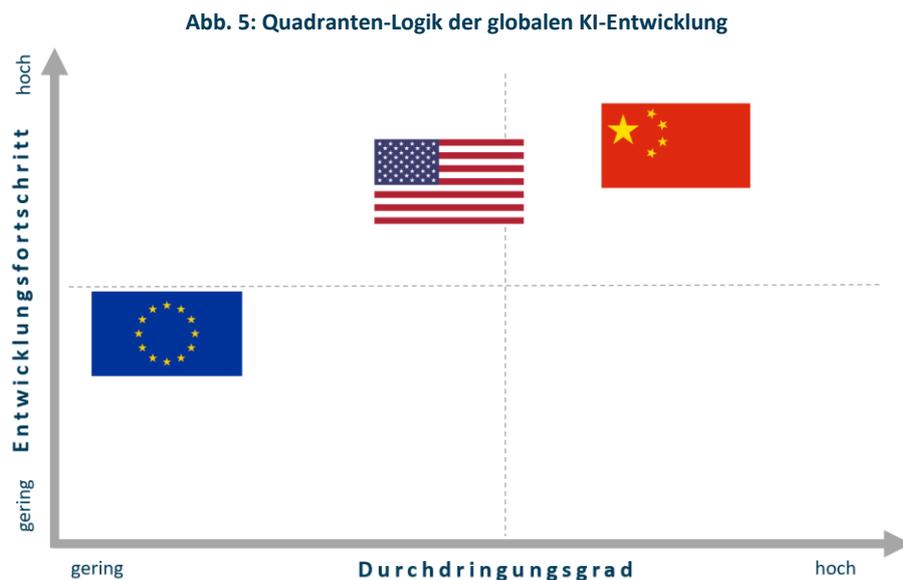
⁴⁵ Lee (2018, AI), S. 169, der diese absehbare Problematik auch bezeichnet als: „*The real AI crisis*“ (S. 140 ff).

⁴⁶ Hierüber besteht überwiegend Konsens: in Europa fehlen (u.a. aufgrund strengerer Datenschutz-Regulierung) sowohl massives und frei zugängliches Datenvolumen als auch hinreichende unternehmerische Risikofreude; zudem gibt es keine mit China oder den USA vergleichbare staatliche KI-Strategie.

und bilden somit keine ernsthaften Limitfaktoren, sondern bewirken im Gegenteil **anhaltende Beschleunigung**.⁴⁷

- Die **ökonomischen und politischen Überlegungen** sind hingegen wesentlich komplexer und konfrontieren viele Länder mit harten Entscheidungsproblemen. Speziell die Frage, ob (und wenn ja, wie) eine moderne (marktwirtschaftlich und freiheitlich organisierte) Industriegesellschaft den „großflächigen“ Einsatz von KI in unterschiedlichsten Lebensbereichen verkraften könnte, rückt zunehmend in den Fokus.⁴⁸

Letztlich geht es also um die jeweilige Kombination aus „technischem Entwicklungsfortschritt“ und „gesellschaftlicher Durchdringung“. Diese beiden Parameter determinieren in weiten Teilen den zukünftigen Trend der globalen KI-Entwicklung; ihre spezifischen Ausprägungen bestimmen die Positionierung einzelner Länder im globalen KI-Wettbewerb (vgl. dazu schematisch Abb. 5).



Quelle: FERI Cognitive Finance Institute, 2019

⁴⁷ Vgl. dazu die plakative Aussage von Brynjolfsson/McAfee (2015, Machine Age), S. 64: „...dass viele der entscheidenden Bausteine der Computertechnik – Chip-Dichte, Prozessorgeschwindigkeit, Speicherkapazität, Energieeffizienz, Download-Geschwindigkeit und so weiter – seit Langem exponentiell anwachsen.“ Und weiter, S. 72: „Die gesamten bisherigen Verdoppelungen nach dem Moore’schen Gesetz und die vielen noch ausstehenden Verdopplungen schaffen eine Welt, in der in nur wenigen Jahren Spielzeugen die Leistung eines Supercomputers zur Verfügung steht, in der immer billigere Sensortechnik bezahlbare Lösungen für vordem unüberwindliche Probleme ermöglicht und in der Science Fiction zur Realität wird.“

⁴⁸ Vgl. zu diesen sehr wichtigen Fragestellungen: Brynjolfsson/McAfee (2015, Machine Age), S. 154-309; Lee (2018, AI), S. 140-232; sowie die dort genannten wissenschaftlichen Studien und Prognosen.

Die enge Kombination von beiden KI-Entwicklungslinien – einerseits Beschleunigung, andererseits Verbreiterung und Durchdringung – deutet in jedem Fall auf Prozesse von **enormer Dynamik und Tragweite** hin:

- Die schon heute absehbaren massiven Innovations- und Transformationsprozesse könnten **schwerwiegende Disruptionen** hervorrufen, die für alle wichtigen Bereiche einer Gesellschaft – speziell Unternehmen, Arbeitsmarkt und öffentliches Leben – gravierende Veränderungen und enormen Anpassungsdruck bedeuten würden.

Lee (2018) bemerkt dazu - halb mahnend, halb bewundernd:

- *„These forces are combining to create a unique historical phenomenon, one that will shake the foundations of our labor markets, economics, and societies.”⁴⁹*

Ramge (2018) entwirft ein vergleichbares Zukunftsbild:

- *„Intelligente Maschinen werden in den kommenden zwei Jahrzehnten unser Leben, die Wirtschaft und die Arbeitswelt und unsere Gesellschaften gehörig durcheinanderwirbeln.”⁵⁰*

Der Prozess **ständiger Disruption** wird so zu einem bestimmenden Merkmal des heraufziehenden KI-Zeitalters, also zu einem **„neuen Normalzustand“** („*New Normal*“).

- Dies gilt sowohl mit Blick auf zahlreiche Industrien und Geschäftsmodelle, aber auch für die gesamte Arbeitswelt und (davon ausgelöst) grundlegende gesellschaftliche Veränderungen.
- Einzelne Unternehmen, Industrien und Geschäftsmodelle werden sich unter dem Einfluss von KI möglicherweise so dramatisch verändern, dass völlig neue **Märkte**, bislang utopische **Leistungsangebote** und extrem disruptive **Wettbewerbsstrukturen** resultieren können.⁵¹

Die weitere Durchdringung von Wirtschaft und Gesellschaft mit KI dürfte somit ein bislang nicht bekanntes **Innovationstempo** und massiven **Anpassungsdruck** hervorrufen – zumindest in denjenigen Ländern und Regionen, wo der „Megatrend KI“ unterstützt, gefördert oder aktiv vorangetrieben wird. Für viele Menschen

⁴⁹ Lee (2018, AI), S. 172, (Hervorhebung durch Verfasser).

⁵⁰ Ramge (2018, Maschine), S. 21.

⁵¹ Beispiele dafür sind neuartige Mobilitätskonzepte, revolutionäre Software zur Unternehmensführung, innovative Verknüpfungen von Online-Leistungsangeboten mit Offline-Services (genannt „OMO“ = „online-merges-offline“) oder völlig neue Verfahren der medizinischen Diagnostik und Therapie. Lee (2018, AI), S. 50, bemerkt dazu mit Blick auf China: „The dawn of AI in China will be (...) a game changer that supercharges industries across the board.”

sehr überraschend (bis hin zum Punkt einer „mentalen Überforderung“ oder „Verweigerung“) dürfte dabei die **Geschwindigkeit** sein, mit der sich diese Prozesse schon in wenigen Jahren vollziehen werden.⁵²

Lee (2018) dazu warnend:

- „...we stand at the precipice of a **new era**, one in which machines will radically empower and/or violently displace human beings.“⁵³
- „Whereas the Industrial Revolution took place across several generations, the AI revolution will have a major impact **within one generation.**“ (...) „...time is one thing that the AI revolution is not inclined to grant us.“⁵⁴

Schon dieses Szenario massiver, sehr breiter und zeitlich enorm beschleunigter Disruption wirkt futuristisch (oder sogar beängstigend), dürfte aber nur die Spitze des sprichwörtlichen Eisbergs sein:

- Noch **weitergehende Disruptions-Szenarien** setzen dort an, wo die heute realisierbaren Formen einer „begrenzten“ KI übergehen in die Vision einer „generellen Intelligenz“.⁵⁵
- Schon heute sind viele Forscher überzeugt, dass die Erschaffung einer „**generellen künstlichen Intelligenz**“, also tatsächlich „denkender“ Maschinen, ohne weiteres möglich und letztlich nur noch eine Frage der Zeit sein wird.⁵⁶
- Als „generelle künstliche Intelligenz“ werden heute maschinelle Konzepte bezeichnet, die (oftmals über eine digitale Nachbildung neuronaler Gehirnstrukturen) eine weitgehende Approximation oder sogar eine deutliche Steigerung typisch **menschlicher Wahrnehmungs-, Interpretations- und Kommunikations-Funktionen** ermöglichen sollen.⁵⁷
- In einer sehr grundlegenden Betrachtung wäre „generelle künstliche Intelligenz“ ein enormer Schritt in eine Zukunft der KI, deren Folgen bislang nicht vollständig überblickt werden können und die eine Vielzahl an ethischen, philosophischen und juristischen Fragen aufwirft.⁵⁸

Die Erschaffung einer echten „generellen künstlichen Intelligenz“ wäre prinzipiell der Moment einer „**Singularität**“, also einer **erstmaligen Entstehung umfassender maschineller Intelligenz** und (letztlich) auch

⁵² Brynjolfsson/McAfee (2015, Machine Age), S. 54-88, beschreiben ausführlich, warum das Durchdringungstempo heutiger KI- und Robotik-Technologien wesentlich höher sein wird als das früherer technologischer Zyklen. Analog auch Lee (2018, AI), S. 19: „...none of these changes arrived as quickly as AI.“

⁵³ Lee (2018, AI), S. 11, (Hervorhebung durch Verfasser).

⁵⁴ Lee (2018, AI), S. 152, (Hervorhebung durch Verfasser).

⁵⁵ In der Welt der KI wird grundsätzlich unterschieden zwischen „**narrow AI**“ und „**general AI**“ (bzw. „**schwacher**“ und „**starker**“ KI); letztere soll in jeder Hinsicht menschliche (bzw. übermenschliche) Fähigkeiten entwickeln; vgl. dazu Ramge (2018, Maschine), S. 18-19; Kaplan (2017, Intelligenz), S. 82-83; auch: Lee (2018, AI), S. 10-11.

⁵⁶ Vgl. dazu etwa: Bostrom (2017, Superintelligenz); sowie Kurzweil (2013, Mind).

⁵⁷ Zu den unterschiedlichen Umsetzungswegen vgl. etwa Kaplan (2017, Intelligenz), S. 45: „Einige Forscher auf dem Gebiet der Computational Neuroscience versuchen ausdrücklich, den tatsächlichen Aufbau des Gehirns zu begreifen und dann mithilfe eines Computers zu simulieren.“ Dort auch (S. 20): „Wer weiß schon, ob ein vergleichsweise einfaches Computerprogramm nicht dasselbe tun könnte, wenn es freien Zugriff auf ausreichende Rechenpower und Eingabedaten hätte?“ Vgl. zu diesem Ansatz auch: Kurzweil (2013, Mind). Lenzen (2018, Intelligenz), S. 124-138, spricht in Bezug auf „general AI“ vom Konzept der „Autonomie“.

⁵⁸ Die Erschaffung von „general AI“ kann deshalb auch als der „**heilige Gral**“ der Computerforschung verstanden werden; vgl. dazu grundsätzlich: Kurzweil (2013, Mind); Bostrom (2017, Superintelligenz). Zu den damit verbundenen ethischen und juristischen Fragen vgl.: Kaplan (2017, Intelligenz), S. 81-128; Lenzen (2018, Intelligenz), S. 124-146.

„maschinellen Bewusstseins“, die beide das derzeitige menschliche Vorstellungs- und Leistungsvermögen sehr deutlich übersteigen würden.

- Dieser (bislang noch theoretische, aber zunehmend realistische) Aspekt wird derzeit selbst von Experten äußerst kontrovers diskutiert und führt zu **sehr weitreichenden Fragestellungen**.⁵⁹
- Im Fokus steht dabei die These, dass eine KI auf dem hier unterstellten Entwicklungsstand in der Lage wäre, sich selbständig weiterzuentwickeln und so rasend schnell „immer intelligenter“ würde.⁶⁰
- Bostrom (2017) spricht in diesem Kontext von der Entstehung einer „**Superintelligenz**“, die heutige menschliche Vorstellungen um ein Vielfaches übersteigen würde.⁶¹

Singularität: Als „Singularität“ wird allgemein eine mathematische oder physikalische Anomalie bezeichnet, die mit „normalen“ wissenschaftlichen Methoden nicht mehr erklärbar ist. Im Hinblick auf KI bezeichnet der Begriff „Singularität“ das erstmalige Auftreten einer umfassenden maschinellen Intelligenz, die in jeder Hinsicht menschliche intellektuelle Fähigkeiten erreicht oder übertrifft, speziell für logische, deduktive und kognitive Kapazität. Maschinen hätten damit die Fähigkeit zu völlig abstraktem, dennoch aber logischem und rationalem „Denken“, selbst bei extrem komplexen Fragestellungen und sehr dynamischen Variablen. Aus Sicht führender KI-Forscher ist das Eintreten dieses Moments nur noch eine Frage der Zeit und könnte schon in wenigen Jahren erreicht sein.

Superintelligenz: Als „Superintelligenz“ bezeichnen KI-Forscher eine nahezu zwangsläufige Progression im Bereich Künstlicher Intelligenz: Demnach würden Maschinen, die durch KI-Technologien einen Stand hoher maschineller Intelligenz erreicht haben, sich ab einem gewissen Punkt autonom weiterentwickeln und so mit hoher Dynamik „immer intelligenter“ werden („*Intelligenz-Explosion*“). Die möglichen Folgen eines derart dynamischen Prozesses sind aus heutiger (menschlicher) Sicht noch weitgehend unbekannt oder zumindest spekulativ. Prinzipiell umreißt „Superintelligenz“ das mögliche Szenario nach dem erstmaligen Auftreten einer KI-Singularität.

⁵⁹ Diese Diskussion wird sehr deutlich anhand eines offenen Briefs, den zahlreiche Experten (darunter das Jahrhundert-Genie Stephen Hawking und der High Tech-Unternehmer Elon Musk) 2015 zum Thema KI veröffentlicht haben. Der Tenor dieses Briefs ist eine eindringliche Warnung vor den unübersehbaren Konsequenzen, die eine (zu) hoch entwickelte KI für die Zukunft der Menschheit haben könnte; vgl. dazu: Spiegel (2015, Wissenschaftler).

⁶⁰ Vgl. in diesem Sinne etwa: Kurzweil (2005, Singularity); sowie überblickartig auch: Futurist (2006, Singularity).

⁶¹ Vgl. Bostrom (2017, Superintelligenz), S. 76-77: „*Eventually, if the system’s abilities continue to grow, it attains ‘strong superintelligence’ – a level of intelligence vastly greater than contemporary humanity’s combined intellectual wherewithal.*“ (Hervorhebung durch Verfasser).

Auch ohne diese Thesen weiter zu vertiefen wird unmittelbar deutlich, dass die absehbaren Perspektiven und Konsequenzen der KI-Forschung von **enormer Tragweite** sein werden.

- Dies gilt sowohl für unser heutiges Verständnis von „Intelligenz“ als auch für fundamentale Aspekte unseres gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Zusammenlebens.
- Daraus ergeben sich unmittelbar auch zahlreiche Fragestellungen, die eher politischer und geostrategischer Natur sind und die den aktuellen **Wettlauf um KI** betreffen.

3.4 STRATEGISCHES SPIELFELD FÜR KI – VORTEIL FÜR CHINA

Der **globale Wettlauf** um schnellstmögliche Entwicklung leistungsfähiger KI-Anwendungen ist bereits in vollem Gange. Er vollzieht sich heute primär zwischen den zwei „KI-Großmächten“ USA und China, die Lee (2018) bewusst als „*AI superpowers*“ bezeichnet:

- *„China and the United States have already jumped out to an enormous lead over all other countries in artificial intelligence, setting the stage for a **new kind of bipolar world order**.“⁶²*

Eine führende Rolle in diesem Rennen verspricht dem Gewinner eine **Vielzahl strategischer Vorteile**. Diese reichen von „intelligenten“ Robotern über unzählige kommerzielle Anwendungen bis hin zu neuartigen („autonomen“) militärischen Konzepten. Insbesondere der letztgenannte Aspekt hat das Potential, die **globale Machtarchitektur** – speziell zwischen den USA und China – nachhaltig zu verändern.⁶³

Ein zeitlicher Vorsprung bei der Entwicklung und Implementierung komplexer KI könnte somit für ein Land von **entscheidender strategischer Bedeutung** sein, um seiner globalen Ambition und seinem Führungsanspruch Geltung zu verschaffen. Nach Einschätzung führender Experten verfügt **China** in dieser Hinsicht bereits über zahlreiche **klare Vorteile**:

- *„The way things stand today, China already has the edge in entrepreneurship, data, and government support, and it’s rapidly catching up to the United States in expertise.“⁶⁴*

Wie Lee (2018) ausführlich darlegt, ist KI-Entwicklung ein Prozess, der einerseits zwar von bestimmten Voraussetzungen abhängt, andererseits jedoch – bei Vorliegen dieser Voraussetzungen – sehr schnell und

⁶² Lee (2018, AI), S. 20, (Hervorhebung durch Verfasser). Zum **Aspekt der bipolaren Weltordnung** vgl. weiterführend: unten, Kap. 3.5.

⁶³ Vgl. dazu ausführlich: unten, Kap. 3.5.

⁶⁴ Lee (2018, AI), S. 91.

extrem dynamisch verlaufen kann, und dann auch mit einer nahezu zwangsläufigen Tendenz zu „**progressiver Selbstbeschleunigung**“.

Die wichtigsten **Voraussetzungen** dieser Eigendynamik sind:

- Große Menge an (strukturierten) Ausgangsdaten („Datenstrom“ / „Datenvolumen“)
- Themenübergreifende Verknüpfungen der Daten („Vernetzungsfähigkeit“)
- Weitgehend restriktionsfreier Fluss von Daten (geringes Niveau an „Datenschutz“)
- Staatliche Unterstützung und Förderung („Datennetze“ / „Mobile Interaktionen“)

Ausschlaggebend für den Effekt der „progressiven Selbstbeschleunigung“ ist die Tatsache, dass KI noch immer dem wichtigsten Grundprinzip des „*machine learning*“ unterliegt:

- Je größer das **Volumen an strukturierten Daten**, das dem System zum „Lernen“ zur Verfügung gestellt wird, desto schneller und präziser wird die KI „intelligent“ und kann für spezifische, oftmals hochkomplexe Aufgaben eingesetzt werden.

Lee (2018) erklärt dazu schlicht:

- „**...data is the core (...)** ...once computing power and engineering talent reach a certain threshold, the **quantity of data becomes decisive** in determining the overall power and accuracy of an algorithm.“⁶⁵

Genau diese Anforderung ist in China in hohem Maße erfüllt: China, dessen Wirtschaft und seine Bevölkerung haben die typischen Phasen des „*desktop computing*“ und des „*mobile computing*“ in kurzer Zeit durchlaufen oder komplett übersprungen: Das Land weist heute eine extrem hohe Durchdringung mit **mobilen Endgeräten** auf, die wiederum in nahezu allen Lebensbereichen immer intensiver eingesetzt werden.⁶⁶ Lee (2018) spricht deshalb mit Blick auf China vom „*age of data*“.⁶⁷

Wie Lee (2018) dazu weiter ausführt, erfüllen mobile Endgeräte („Smartphones“) in China inzwischen generell die Funktion einer **zentralen Kommunikations- und Interaktions-Schnittstelle**. Diese ermöglicht - neben einer Vielzahl von Kommunikations- und Chat-Diensten - das formlose Buchen von Reisen, den bargeldlosen Einkauf (nicht nur im Internet sondern auch „auf der Straße“), den einfachen Transfer von Geld und vieles mehr.

⁶⁵ Lee (2018, AI), S. 14, (Hervorhebung durch Verfasser).

⁶⁶ Vgl. dazu ausführlich: Lee (2018, AI), S. 17ff; S. 66-80. Interessant ist die dort (S. 75) angesprochene Tatsache, dass (Ende 2017) 2/3 der über 750 Mio. chinesischen Smartphone-Nutzer mobile Zahlungsfunktionen verwenden (deutlich mehr als in Europa und den USA).

⁶⁷ Lee (2018, AI), S. 14.

Grundlage dafür ist eine in China extrem schnell entstandene Infrastruktur von „Apps“, die speziell für mobile Endgeräte konzipiert wurden und eine Vielzahl unterschiedlichster Dienste „smart“ konfigurieren und integrieren. Lee (2018) spricht in diesem Kontext von „**super apps**“:⁶⁸

- Dazu zählt insbesondere die in China weit verbreitete „WeChat“-App, die wie eine **extrem leistungsstarke Kombination** aus sozialem Netzwerk, Online Shopping-Anwendung, Fahrdienst, Reisebuchungsportal, Electronic Banking-System und vielem mehr funktioniert.⁶⁹

Das enge Zusammenspiel dieser unterschiedlichen Nutzungsarten ebenso wie deren Integration in mächtigen „*super apps*“ führt in China zu einem massiven und **ständig anwachsenden Prozess der Daten-Generierung**. Die massive Kultur des „*mobile computing*“ sowie ein unbefangener Umgang mit Daten unterstützen und beschleunigen diesen Prozess erheblich. Zusätzlich agiert auch der Staat als **wichtiger Treiber** dieser Trends.⁷⁰

- Der Gesamteffekt dieser Faktoren führt in China - unweigerlich und mit hoher Dynamik - zu **exponentiell steigenden Datenmengen**. Dies macht China künftig zum „**Saudi Arabia of Data**“.⁷¹
- Genau diese ständig steigende Verfügbarkeit neuer - meist gut strukturierter - Daten ermöglicht China eine **noch effizientere Weiterentwicklung** von *machine learning*-Projekten und noch schnelleren Einsatz zugehöriger KI-Technologie.
- Lee (2018) erklärt dazu: „...*the rich real-world interactions in China’s alternate internet universe are creating the massive data that will power its AI revolution.*“⁷²

Bereits diese spezielle Mischung aus staatlicher Technologieförderung, massiver mobiler Datengenerierung und schneller Transformation in neue *machine learning*-Konzepte verschafft China einen klaren **strategischen Vorteil** bei der Weiterentwicklung und schnellen Implementierung komplexer KI-Anwendungen. Lee (2018) geht deshalb davon aus, dass China in diesem Bereich schon heute einen **uneinholbaren Vorsprung** vor anderen Ländern (auch den USA) hat.⁷³

⁶⁸ Vgl. dazu ausführlich: Lee (2018, AI), S. 17ff, der solche „*super apps*“ aufgrund ihrer Vielseitigkeit und ihrem hohen Praxisnutzen beschreibt als „...*a kind of digital Swiss Army knife for modern life.*“

⁶⁹ Vgl. Lee (2018, AI), S. 61: „...*WeChat demonstrated the power of the super-app installed on virtually everyone’s smartphone, an all-in-one portal to the Chinese mobile ecosystem.*“ Und weiter (S. 70): „...*WeChat users could hail a taxi, order a meal, book a hotel, manage a phone bill, and buy a flight to the United States, all without ever leaving the app.*“

⁷⁰ Wie Lee (2018, AI), S. 81-103, anschaulich beschreibt, ist in China die Rolle von Partei und Regierung in mehrfacher Hinsicht sehr relevant: Einerseits wird die Entwicklung neuer Technologien (speziell im Bereich KI) von staatlicher Seite massiv gefördert, andererseits sorgt der Staat für freien Zugriff auf alle Arten privater oder kommerzieller Daten (was entscheidend ist für die Weiterentwicklung von „*machine learning*“-Kapazitäten) und sorgt selbst für eine schnelle Verbreitung und großflächige Umsetzung neuer „intelligenter“ Anwendungen (dazu zählen KI-Regierungsprojekte etwa im Bereich der Städteplanung, beim Verkehrsmanagement oder im Sicherheitsapparat). Vgl. dazu grundsätzlich auch: MERICS (2019, Rise).

⁷¹ Diese Bezeichnung geht zurück auf Lee (2018, AI), S. 55ff.

⁷² Lee (2018, AI), S. 79.

⁷³ Vgl. Lee (2018, AI), S. 103: „...*China’s techno-utilitarian approach gives it a certain advantage.*“

- Nach Einschätzung von Lee (2018) dürfte dieser Vorsprung sich künftig weiter vergrößern: „...China seems poised to seize global leadership.“⁷⁴

Verantwortlich dafür ist ein **einmaliges Geflecht spezifischer Faktoren**, die in dieser Form nur in China vorliegen und die – speziell im Hinblick auf eine stärkere Durchdringung mit KI-Anwendungen – dem Land unschätzbare Vorteile verschaffen. Neben den bereits genannten Faktoren (Datenmenge, Datendurchsatz, Vernetzung, Politik) zählt dazu ein eher „**technisches**“ **Charakteristikum** von KI:

Wie Lee (2018) anschaulich beschreibt, verläuft die Entwicklung bei KI in unterschiedlichen Etappen.⁷⁵ Während zu Beginn vor allem noch Eliteinstitute und Spitzenforscher erforderlich sind, um wichtige Grundlagen der KI-Technologie zu schaffen oder neue Durchbrüche zu erzielen, verliert dieser Aspekt im späteren Verlauf an Bedeutung:

- Sind die wichtigen Grundlagen der KI erst einmal vorhanden, entscheidet eher die Anzahl experimentierfreudiger Ingenieure und Unternehmer („*tinkerer*“) darüber, wie schnell sich der weitere Fortschritt und die praktische Anwendung der Technologie vollzieht.⁷⁶
- In diesem Punkt sieht Lee (2018) einen klaren Vorteil für China, wo zwischenzeitlich eine enorme Anzahl motivierter und risikobereiter „*tinkerer*“ bereitsteht:
„They will leverage deep learning and other machine-learning technologies to disrupt dozens of sectors and reap the rewards of transforming the economy.“⁷⁷

Vor diesem Hintergrund lässt sich absehen, dass China im globalen Wettlauf um KI unweigerlich einen **globalen Spitzenplatz** einnehmen wird.⁷⁸ Ausschlaggebend dafür ist das chinesische „KI-Ökosystem“, das zahlreiche spezifische Vorteile vereint. Die **datengetriebene Eigendynamik** von KI-Technologien wird diese Tendenz beschleunigen und progressiv verstärken.⁷⁹

⁷⁴ Lee (2018, AI), S. 139.

⁷⁵ Lee (2018, AI), S. 81-139.

⁷⁶ Darin liegt ein **Prinzip hoher Eigendynamik**: Je mehr praktische KI-Anwendungen existieren, desto schneller steigt das dadurch generierte Datenvolumen, was wiederum eine Optimierung bestehender oder schnelle Entwicklung neuer Anwendungen ermöglicht.

⁷⁷ Lee (2018, AI), S. 91.

⁷⁸ Analog folgert auch MERICS (2019, Rise), S. 8: „China is making headway in achieving global leadership in 5G, AI and quantum computing and in other digital and disruptive technologies.“

⁷⁹ In diesem Sinne – und mit skeptischem Blick nach Europa - beschreibt auch eine ausführliche Studie des China- Think Tanks MERICS (2019) die Dynamik hinter „China’s digital rise“. Vgl. dazu ausführlich: MERICS (2019, Rise).

3.5 GEOPOLITISCHE DIMENSION VON KI – EINE BIPOLARE WELT?

Zunehmend erkennen Politiker und Militärstrategen, dass KI als zukünftige Schlüsseltechnologie für zahllose Anwendungsbereiche massive geopolitische Implikationen haben kann. Drei Aspekte stehen dabei im Fokus:

- Das Risiko marktbeherrschender Stellung und globaler Dominanz in kommerziellen Anwendungen und Bereichen der Zukunftstechnologie.⁸⁰
- Die beunruhigenden Möglichkeiten „asymmetrischer Kriegsführung“ durch hochentwickelte KI-Netzwerke.⁸¹
- Die latente Bedrohung durch autonome Kampfmaschinen und „intelligente“ Waffensysteme sowie - daraus resultierend - völlig neue strategische Konzepte.⁸²

Erneut ist der Aspekt der „**Eigendynamik**“ dabei von entscheidender Bedeutung: Wer immer als Erstes über eine **breite Basis** unterschiedlicher KI-Anwendungen verfügt, kann daraus ständig neue Daten generieren und diese zur beschleunigten Weiterentwicklung und Optimierung anderer KI-Systeme nutzen. Lee (2018) spricht hier vom Prinzip eines „*self-perpetuating cycle*“.⁸³

Aus heutiger Sicht ist China für diesen Weg bereits sehr stark positioniert. Das Land wird in den nächsten 5-10 Jahren in vielen Bereichen der KI eine **absolute Spitzenposition** einnehmen, die sich - aufgrund der progressiven Eigendynamik von KI - kontinuierlich verstärken dürfte.⁸⁴

Lee (2018) bestätigt diese grundsätzliche Einschätzung und ergänzt:

- *„Scanning the AI horizon, we see waves of technology that will soon wash over the global economy and tilt the geopolitical landscape towards China.“*⁸⁵

⁸⁰ Dieses Risiko zeigt sich schon heute (primär auf amerikanischer Seite) im Prinzip globaler Netzwerke („Facebook“) oder umfassender Handelsplattformen („Amazon“).

⁸¹ Denkbar wäre hier etwa die Störung oder Vernichtung gegnerischer Kommunikation mit Hilfe spezifischer KI-Anwendungen. Selbst „kleine“ Länder (wie etwa Nordkorea) könnten so „große“ Gegner möglicherweise entscheidend schwächen.

⁸² Hierzu zählen etwa autonome Kampfroboter oder das Konzept „intelligenter“ Drohnen-Schwärme.

⁸³ Vgl. Lee (2018, AI), S. 168, zu KI: *„Its reliance on data for improvement creates a self-perpetuating cycle: better products lead to more users, those users lead to more data, and that data leads to even better products, and thus more users and data.“*

⁸⁴ Dies gilt speziell im Bereich der perzeptiven KI, die stark auf Umwelt- und Spracherkennung ausgerichtet ist. Dazu Lee (2018, AI), S. 128: *„I predict that in five years' time, the above factors will give China a more than 80-20 chance of leading the United States and the rest of the world in the implementation of perception AI.“*

⁸⁵ Lee (2018, AI), S. 138.

Diese Ambition findet sich explizit in Chinas „*Development Plan for a New Generation of Artificial Intelligence*“, den der chinesische Staatsrat 2017 verabschiedet hat und in dem der Anspruch formuliert wird, bis zum Jahr 2030 bei KI eine **global führende Rolle** einzunehmen:

- „It called for China to reach the top tier of AI economies by 2012, achieve major new breakthroughs by 2025, and become the global leader in AI by 2030.“⁸⁶

Obwohl diese mögliche Zukunft noch unscharf ist und keinesfalls unabänderlich feststeht, führt sie bereits heute zu erheblichen **geopolitischen Verspannungen**. Speziell die USA haben sowohl das Prinzip der **Eigendynamik von KI** als auch die **strategischen Vorteile für China** und das darin liegende **Bedrohungspotential** längst erkannt (vgl. dazu Abb. 6):

Abb. 6: Studie des US-Pentagon zur geostrategischen Bedeutung von KI



AI, China, Russia, and the Global Order: Technological, Political, Global, and Creative Perspectives

A Strategic Multilayer Assessment (SMA) Periodic Publication

December 2018

Quelle: *Department of Defense, 2018*

- Diese Perspektive beunruhigt zunehmend die Strategen und Militärplaner im US-Verteidigungsministerium, ablesbar an diversen Studien und Denkschriften zum KI-Komplex sowie an der Gründung eines **speziellen KI-Zentrums** („*Joint Artificial Intelligence Center*“).⁸⁷
- Folgende Einschätzung des US-Pentagon liegt dabei zugrunde: „...ongoing advances in artificial intelligence (AI) 'will change society and, ultimately, the character of war.'“⁸⁸

⁸⁶ Lee (2018, AI), S. 98.

⁸⁷ Vgl. dazu etwa: NSI (2018, Order), ein interdisziplinäres Arbeitspapier der *National Security Intelligence Group* des US-Pentagon, das sich mit unterschiedlichen Aspekten KI-getriebener (Militär-)Technologien befasst. Zum *Joint Artificial Intelligence Center* vgl.: DoD (2018, Intelligence). Zur militärstrategischen Dimension von KI vgl. ausführlich auch: SIPRI (2019, Stability).

⁸⁸ DoD (2018, Intelligence).

Schon jetzt zeichnet sich ab, dass die USA eine dominante Rolle Chinas in den wichtigsten Bereichen von Weltwirtschaft und Militärtechnologie nicht widerspruchslos hinnehmen werden:

- Mit einiger Sicherheit ist davon auszugehen, dass der aktuelle **Handelskrieg** zwischen den USA und China (ausgelöst und laufend verschärft von der Trump-Regierung) vor allem auch einer strategischen „Eindämmung“ chinesischer KI-Ambitionen dienen soll.⁸⁹

Insgesamt resultiert daraus schon heute das Bild einer „gespaltenen“ KI-Welt, die einerseits sehr stark von den USA und China getrieben wird, andererseits jedoch durch **zunehmende Friktionen** zwischen diesen beiden „AI superpowers“ geprägt wird.

- Weitsichtige Experten befürchten deshalb bereits eine zunehmend „**bipolare**“ KI-Welt, die in eine östliche (primär chinesisch geprägte) Hemisphäre und einen westlichen (US-dominierten) Einflussbereich zerfällt.⁹⁰

Mit Blick auf **Europa** steht zu befürchten, dass die Region – einmal mehr – ins Hintertreffen geraten und zwischen den beiden großen Blöcken USA und China regelrecht „zerrieben“ werden könnte. Trotz hervorragender Grundlagenforschung in einigen deutschen, französischen und skandinavischen KI-Zentren dürften schnelle Erfolge und breite Anwendungen weiter auf sich warten lassen.

- Ein zentrales Problem ist hier das grundlegend andere Verständnis von digitalen Geschäftsmodellen und Datenschutz, was in Europa nur eine relativ **langsame KI-Entwicklung** zulässt.

Mit Blick auf die inhärent hohe Eigendynamik von KI resultieren für Europa somit ein begrenzter Stellenwert und eine gedämpfte Perspektive bei diesem wichtigen Zukunftsthema. Stellvertretend für viele Experten kommt eine Studie des McKinsey Global Institute zu der Einschätzung: „*In der KI hat Europa riesigen Nachholbedarf.*“⁹¹

⁸⁹ In diesem Sinne etwa: Heilmann (2018, Seidenstraßen-Initiative). Die gezielten US-Attacken gegen den staatsnahen chinesischen High Tech-Konzern *Huawei* deuten ebenfalls klar in diese Richtung; vgl. dazu etwa: WiWo (2018, Huawei).

⁹⁰ In diesem Sinne etwa: Lee (2018, AI). Analog auch: Heilmann (2018, Seidenstraßen-Initiative). Dahinter stehen sowohl politische und geostrategische Überlegungen als auch (inzwischen) deutlich unterschiedliche technische Herangehensweisen beim Umgang mit KI und anderen Zukunftstechnologien. Dies sind möglicherweise bereits klare Anzeichen einer „**Bifurkation**“ des globalen Wirtschaftssystems, die ähnlich restriktiv auf die Weltwirtschaft wirken könnte wie die Zeit des „eisernen Vorhangs“ zwischen Ost und West in der Zeit zwischen 1950 und 1990.

⁹¹ McKinsey (2019, AI) unter Bezugnahme auf McKinsey (2019, Gap).

4. SCHLUSSBETRACHTUNG

Investoren und Vermögensinhaber sollten sich bereits heute die **enorme Dynamik** und das **künftige Disruptionspotential** der hier aufgezeigten Entwicklungen bewusst machen: Schon im Verlauf weniger Jahre könnten sich traditionelle Geschäftsmodelle etablierter Unternehmen massiv verändern, sowohl zum Besseren wie zum Schlechteren. Starke Effekte auf die Arbeitswelt werden zu Verwerfungen und Umbrüchen bisheriger Lebensgewohnheiten und Gewissheiten führen. Politische und unternehmerische Entscheidungsträger werden sich mit einer Vielzahl komplexer Fragestellungen und sehr schwieriger Abwägungen konfrontiert sehen. Gleichzeitig bieten sich risikobereiten Investoren enorme Chancen, um aktiv an der „Disruption der Digitalisierung“ und deren enormer Dynamik zu partizipieren.

Während sich Teil I dieser Abhandlung auf das strategische Thema „Künstliche Intelligenz“ und deren mögliche Auswirkungen konzentriert hat, werden im separat publizierten Teil II die nicht minder zukunftsweisenden Themenbereiche „*Quantum Computing*“, „5G“ und „*Internet of Things*“ analysiert. Die beiden Teile als Gesamtheit decken damit ein Spektrum extrem disruptiver Technologien und Digitalisierungstrends ab, die in den kommenden Jahren zu den wichtigsten Treibern für unternehmerische Dynamik und technologischen Wandel zählen werden.

Literaturverzeichnis

Bücher und Publikationen

- Bostrom**, N. (2017, Superintelligence): Superintelligence – Paths, dangers, strategies, veröffentlicht bei: Oxford University Press, new edition 2017.
- Brynjolfsson**, E. und **McAfee**, A. (2015, Machine): The second machine age, veröffentlicht bei: Plassen Verlag, Kulmbach, 5. Auflage, 2015.
- Ford**, M. (2015, Robots): The rise of the robots – Technology and the threat of mass unemployment, veröffentlicht bei: Basic Books, London, 2015.
- Heilmann**, S. (2018, Seidenstraßen-Initiative): Chinas Seidenstraßen-Initiative – Neue Wirtschaftsräume und Investitionsziele, Vortrag auf der 31. FERI-Tagung, Frankfurt, 06.11.2018.
- Kaplan**, J. (2017, Intelligenz): Künstliche Intelligenz – Eine Einführung, veröffentlicht bei: mitp Verlag, Frechen, 2017.
- Kurzweil**, R. (2005, Singularity): The singularity is near – When humans transcend biology, veröffentlicht bei: Viking Penguin, London, 2005.
- Kurzweil**, R. (2013, Mind): How to create a mind – The secret of human thought revealed, veröffentlicht bei: Viking Penguin, London, 2013.
- Lee**, K.-F. (2018, AI): AI-Superpowers – China, Silicon Valley, and the new world order, veröffentlicht bei: hmhco, Boston 2018.
- Lenzen**, M. (2018, Intelligenz): Künstliche Intelligenz – Was sie kann & was uns erwartet, veröffentlicht bei: C.H. Beck, München, 2018.
- McKinsey** (2019, Gap): Notes From the AI Frontier – Tackling Europe’s Gap in Digital and AI, veröffentlicht bei: McKinsey & Company, Februar 2019, https://www.mckinsey.de/~media/mckinsey/locations/europe%20and%20middle%20east/deutschland/news/presse/2019-02-11%20ai%20in%20europe%20mgi/mgi_tackling%20europes%20gap%20in%20digital%20and%20ai_feb%202019.ashx, zuletzt abgerufen am 09.07.2019.
- MERICs** (2019, Rise): China’s Digital Rise, veröffentlicht bei: Mercator Institute for China Studies (MERICs), April 2019, https://www.merics.org/sites/default/files/2019-04/MPOC_No.7_ChinasDigitalRise_web_final.pdf, zuletzt abgerufen am 09.07.2019.
- NSI** (2018, Order): AI, China, Russia, and the Global Order: Technological, Political, Global, and Creative Perspectives, veröffentlicht bei: U.S. Department of Defense, Dezember 2018, https://nsiteam.com/social/wp-content/uploads/2018/12/AI-China-Russia-Global-WP_FINAL.pdf, zuletzt abgerufen am 09.07.2019.
- Ramge**, T. (2018, Maschine): Mensch und Maschine – Wie künstliche Intelligenz und Roboter unser Leben verändern, veröffentlicht bei: Reclam 2. Auflage, Stuttgart, 2018.
- SIPRI** (2019, Stability): The Impact of Artificial Intelligence on Strategic Stability and Nuclear Risk, veröffentlicht bei: Stockholm International Peace Research Institute, Mai 2019, <https://www.sipri.org/sites/default/files/2019-05/sipri1905-ai-strategic-stability-nuclear-risk.pdf>, zuletzt abgerufen am 09.07.2019.
- Zeitungsartikel und Onlinemedien**
- Analytics Vidhya** (2016, Deep Learning): The Evolution and Core Concepts of Deep Learning & Neural Networks, 03.08.2016, <https://www.analyticsvidhya.com/blog/2016/08/evolution-core-concepts-deep-learning-neural-networks/>, zuletzt abgerufen am 09.07.2019.
- DoD** (2018, Intelligence): Establishment of the Joint Artificial Intelligence Center, veröffentlicht bei: U.S. Department of Defense, 27.07.2018, Washington D.C., https://admin.govexec.com/media/establishment_of_the_joint_artificial_intelligence_center_osd008418_r....pdf, zuletzt abgerufen am 09.07.2019.
- Gartner** (2018, Hype Cycle): Widespread artificial intelligence, biohacking, new platforms and immersive experiences dominate this year’s Gartner Hype Cycle, veröffentlicht bei: Gartner Group, 16.08.2019, <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/5-trends-emerge-in-gartner-hype-cycle-for-emerging-technologies-2018/>, zuletzt abgerufen am 09.07.2019.
- Handelsblatt** (2019, Intelligenz): Sieben Beispiele für Künstliche Intelligenz im Alltag, in: Handelsblatt Online, 22.03.2019, <https://www.handelsblatt.com/technik/digitale-revolution/handelsblatt-tagung-sieben-beispiele-fuer-kuenstliche-intelligenz-im-alltag/24134058.html?ticket=ST-2246993-K2YamTxkFZiileQiWWYe-ap6>, zuletzt abgerufen am 08.07.2019.
- Heilmann** (2019, China): Gewinnt China den globalen Wettlauf um Spitzentechnologie? Video-Interview, veröffentlicht bei: FERI Cognitive Finance Institute, Bad Homburg, 28.05.2019, <https://www.feri-institut.de/media-center/videos/gewinnt-china-den-globalen-wettlauf-um-spitzentechnologie/>, zuletzt abgerufen am 09.07.2019.
- Heise** (2017, Alpha Go): Künstliche Intelligenz: AlphaGo besiegt Ke Jie zum dritten Mal, in: heise online, <https://www.heise.de/newsticker/meldung/Kuenstliche-Intelligenz-AlphaGo-besiegt-Ke-Jie-zum-dritten-Mal-3726711.html>, zuletzt abgerufen am 08.07.2019.
- McKinsey** (2019, AI): Studie belegt: In der KI hat Europa riesigen Nachholbedarf, veröffentlicht bei: McKinsey & Company, Presseerklärung vom 11.02.2019, <https://www.mckinsey.de/news/presse/2019-02-11-ai-in-europe-l-mgi>, zuletzt abgerufen am 08.07.2019.
- NZZ** (2018, BREXIT): Cambridge Analytica soll die Brexit-Kampagne unterstützt haben, in: Neue Zürcher Zeitung Online, 25.03.2018, <https://www.nzz.ch/schweiz/cambridge-analytica-hatte-verbinding-zur-brexit-kampagne-ld.1369309>, zuletzt abgerufen am 08.07.2019.
- Our World in Data** (2018, Moore’s Law): Moore’s Law - exponential increase of the number of transistors on integrated circuits, <https://ourworldindata.org/uploads/2019/05/Transistor-Count-over-time-to-2018.png>, zuletzt abgerufen am 09.07.2019.
- Spiegel** (2018, Analytica): Cambridge Analytica muss schließen, in: Spiegel Online, 02.05.2018, <https://www.spiegel.de/wirtschaft/unternehmen/facebook-skandal-cambridge-analytica-muss-schliessen-a-1205898.html>, zuletzt abgerufen am 08.07.2019.
- Spiegel** (2015, Wissenschaftler): Wissenschaftler fordern Leitlinien für Künstliche Intelligenz, in: Spiegel Online, 12.01.2015, <https://www.spiegel.de/netzwelt/web/offener-brief-was-kuenstliche-intelligenz-koennen-und-duerfen-soll-a-1012520.html>, zuletzt abgerufen am 08.07.2019.
- Süddeutsche** (2017, Unschlagbar): Computer spielt Go gegen sich selbst - und wird unschlagbar, in: Süddeutsche Zeitung Online, 19.10.2017, <https://www.sueddeutsche.de/digital/kuenstliche-intelligenz-champion-aus-dem-nichts-1.3713570>, zuletzt abgerufen am 08.07.2019.
- The Futurist** (2006, Singularity): The Singularity and Human Destiny, in: The Futurist, März 2006, <http://www.singularity.com/KurzweilFuturist.pdf>, zuletzt abgerufen am 08.07.2019
- t3n** (2017, Google-KI): Google-KI schlägt weltbesten Go-Spieler, veröffentlicht bei: t3n online, 23.05.2017, <https://t3n.de/news/google-ki-schlaegt-go-spieler-825403/>, zuletzt abgerufen am 09.07.2019.
- WiWo** (2018, Huawei): Warum Huawei den USA ein Dorn im Auge ist, in: WirtschaftsWoche, 06.12.2018, <https://www.wiwo.de/unternehmen/it/verhaftung-von-meng-wanzhou-warum-huawei-den-usa-ein-dorn-im-auge-ist/23729564.html>, zuletzt abgerufen am 08.07.2019.

Erklärung und Danksagung

Die Inhalte und Aussagen dieses „Cognitive Comment“ wurden vom FERI Cognitive Finance Institute eigenständig erarbeitet, auf Grundlage allgemein zugänglicher Informationen und unter vollständiger Angabe dabei verwendeter Quellen. Im Vorfeld geführte Expertengespräche haben zur Entstehung dieser Analyse wesentlich beigetragen. Das FERI Cognitive Finance Institute dankt in

diesem Zusammenhang insbesondere Herrn Lars Thomsen (future matters AG), Herrn Prof. Dr. Sebastian Heilmann (MERICS / Sinolytics GmbH), Herrn Dr. Jochen Papenbrock (FIRAMIS GmbH), Herrn Prof. Dr. Wolfgang Wahlster (DFKI Saarbrücken), Herrn Prof. Dr. Philipp Sandner (FSFM), Herrn Dr. Ferenc Acs sowie Herrn Prof. Dr. Oliver Hein (THM) für inhaltliche Inspiration und wertvolle Einsichten.

Über das FERI Cognitive Finance Institute

Die Herausforderungen für Investoren und Vermögensinhaber werden in den kommenden Jahren immer komplexer. Das FERI Cognitive Finance Institute folgt der 30-jährigen FERI-Tradition von Pioniergeist und Research-Kompetenz, um strategische Trends früher zu erkennen und schneller auf grundlegende Veränderungen zu reagieren. Es wurde von der FERI AG 2016 als nicht-kommerzielle Forschungsinitiative gegründet, um Erklärungsdefizite tradierter Wirtschafts- und

Finanzmarkt-Modelle zu überwinden und Investoren und Vermögensinhabern eine klare Orientierung zu ermöglichen. Dazu werden speziell Fragen der langfristigen Kapitalanlage und des individuellen Vermögensschutzes adressiert. Dabei arbeitet das Institut mit namhaften Hochschulen und anderen Forschungseinrichtungen zusammen. Zum Netzwerk des Instituts gehören profilierte Experten. Mehr Informationen unter www.feri-institut.de

HAFTUNGSAUSSCHLUSS

Dieser Text dient nur zu Informationszwecken. Er stellt keine Anlageberatung und auch keine Aufforderung zum Kauf oder Verkauf von Wertpapieren, Terminkontrakten oder sonstigen Finanzinstrumenten dar. Eine Investitionsentscheidung hat auf Grundlage eines Beratungsgesprächs mit einem qualifizierten Anlageberater zu erfolgen und auf keinen Fall auf der Grundlage dieser Information.

Potentielle Investoren sollten sich informieren und adäquaten Rat einholen bezüglich rechtlicher und steuerlicher Vorschriften sowie Devisenbestimmungen in den Ländern ihrer Staatsbürgerschaft, ihres Wohnorts oder ihres Aufenthaltsorts, die möglicherweise für die Zeichnung, den Kauf, das Halten, das Tauschen, die Rückgabe oder die Veräußerung jeglicher Investments relevant sein könnten.

Alle Angaben und Quellen werden sorgfältig recherchiert. Für Vollständigkeit und Richtigkeit der dargestellten Information wird keine Gewähr übernommen.

Diese Publikation ist urheberrechtlich geschützt. Jede weitere Verwendung, insbesondere der gesamte oder auszugsweise Nachdruck oder die nicht nur private Weitergabe an Dritte ist nur mit vorheriger schriftlicher Zustimmung von FERI gestattet. Die nicht autorisierte Einstellung auf öffentlichen Internetseiten, Portalen oder anderen sozialen Medien ist ebenfalls untersagt und kann rechtliche Konsequenzen nach sich ziehen.

Die angeführten Meinungen sind aktuelle Meinungen, mit Stand des in diesen Unterlagen aufgeführten Datums.

© FERI AG



Erkennen ist mehr als Sehen

Erkenntnisgewinn beruht auf Vernetzung. Wir bringen hochkarätige Experten zusammen und analysieren systemrelevante Themenstellungen.

Das FERI Cognitive Finance Institute versteht sich als kreativer Think Tank und beantwortet wirtschaftliche und strategische Fragestellungen.

Vorausschauend. Innovativ. Strategisch.

Lesen Sie mehr auf unserer Webseite www.feri-institut.de



FERI Cognitive Finance Institute
Eine Forschungsinitiative der FERI AG
Haus am Park
Rathausplatz 8 – 10
61348 Bad Homburg v.d.H.
T +49 (0)6172 916-3631
technik@feri-institut.de
www.feri-institut.de

