



Leseprobe

Professor Dr. Klaus Schwab

Die Zukunft der Vierten Industriellen Revolution

Wie wir den digitalen Wandel gemeinsam gestalten

Bestellen Sie mit einem Klick für 26,00 €



Seiten: 400

Erscheinungstermin: 21. Januar 2019

Mehr Informationen zum Buch gibt es auf

www.penguinrandomhouse.de

Inhalte

- Buch lesen
- Mehr zum Autor

Zum Buch

Das neue Buch des Gründers und Vorsitzenden des Weltwirtschaftsforums

Wir stecken mitten in der Vierten Industriellen Revolution, und sie wird alles verändern: wie unsere Wirtschaft funktioniert, wie wir miteinander umgehen, was es bedeutet, Mensch zu sein. In seinem neuen Buch skizziert der Vorsitzende des Weltwirtschaftsforums Klaus Schwab die wichtigsten Trends der neuen Technologien, die die Vierte Industrielle Revolution ausmachen und entscheidend für die Zukunft der Menschheit sein werden. Er legt dar, wie die daraus entstehenden Chancen bestmöglich für uns genutzt werden können und eine positive und nachhaltige Zukunft gelingen kann.



Autor

Professor Dr. Klaus Schwab

Klaus Schwab, geboren 1938 in Ravensburg, ist Gründer und Vorsitzender des Weltwirtschaftsforums. Die in Genf ansässige internationale Organisation ist eine Plattform für Führungskräfte aus Wirtschaft, Politik und Zivilgesellschaften zur Bewältigung globaler Herausforderungen, unter anderem organisiert sie das Jahrestreffen ihrer Mitglieder in Davos. Sein 2016 erschienenes Buch »Die Vierte Industrielle

Klaus Schwab
**Die Zukunft der Vierten
Industriellen Revolution**

Klaus Schwab
mit Nicholas Davis

Die Zukunft der Vierten Industriellen Revolution

Wie wir den digitalen
Wandel gestalten

Aus dem Englischen
von Petra Pyka

Deutsche Verlags-Anstalt

Die englische Originalausgabe erschien 2018 unter dem Titel *Shaping the Fourth Industrial Revolution*. Diese Übersetzung erscheint in Abstimmung mit dem World Economic Forum, Cologny, Schweiz.

Sollte diese Publikation Links auf Webseiten Dritter enthalten, so übernehmen wir für deren Inhalte keine Haftung, da wir uns diese nicht zu eigen machen, sondern lediglich auf deren Stand zum Zeitpunkt der Erstveröffentlichung verweisen.



Penguin Random House Verlagsgruppe FSC® Noo1967

3. Auflage 2021

Copyright © 2018 by World Economic Forum – All rights reserved.

Copyright © der deutschsprachigen Ausgabe 2019 by

Deutsche Verlags-Anstalt, München,

in der Penguin Random House Verlagsgruppe GmbH,

Neumarkter Straße 28, 81673 München

Alle Rechte vorbehalten

Redaktion: Christina Kruschwitz, Berlin

Umschlaggestaltung: Büro Jorge Schmidt, München

Umschlagabbildung: © Getty Images

Satz: Buch-Werkstatt GmbH, Bad Aibling

Grafiken: Kamal Kimaoui

Druck und Bindung: CPI books GmbH, Leck

Printed in Germany

ISBN 978-3-421-04840-0

www.dva.de

Inhalt

Zum Geleit 7

Vorwort 10

Einleitung 14

Erster Teil – Die Vierte Industrielle Revolution 19

Kapitel 1 | Ein Deutungsraaster für die

Vierte Industrielle Revolution 21

Kapitel 2 | Wie alles zusammenhängt 38

Kapitel 3 | Die Verankerung von Werten in Technologien 54

Sonderbeitrag | Ein Regelwerk auf der Grundlage

der Menschenrechte 80

Kapitel 4 | Mehr Mitspracherecht für alle Beteiligten 83

Zweiter Teil – Technologien, Chancen und Disruption 107

Zweiter Teil – Überblick 109

2.1 – Ausweitung der digitalen Technologien 115

Kapitel 5 | Neue Datenverarbeitungstechnologien 116

Kapitel 6 | Blockchain und Distributed-Ledger-Technologien 130

Kapitel 7 | Das Internet der Dinge 146

Sonderbeitrag | Datenethik im Blickpunkt 164

Sonderbeitrag | Risiken für die Computer-
und Netzsicherheit 169

2.2 – Umgestaltung der physischen Welt 177

Kapitel 8 | Künstliche Intelligenz und Robotik 178

Kapitel 9 | Fortschrittliche Materialien 195

Kapitel 10|Additive Fertigung und
mehrdimensionaler Druck **207**
Sonderbeitrag|Drohnen – Pro und Kontra **219**

2.3 – Veränderungen am Menschen **225**

Kapitel 11|Biotechnologien **226**
Kapitel 12|Neurotechnologien **241**
Kapitel 13|Virtuelle und erweiterte Realität **255**
Sonderbeitrag|Ansichten zu Kunst, Kultur und der
Vierten Industriellen Revolution **271**

2.4 – Integration der Umwelt **275**

Kapitel 14|Energiegewinnung, -speicherung
und -übertragung **276**
Kapitel 15|Geoengineering **289**
Kapitel 16|Raumfahrttechnologien **301**

Fazit

Was Sie tun können, um die Zukunft der Vierten Industriellen
Revolution aktiv mitzugestalten **315**

Dank **344**

Anmerkungen **359**

Literatur **368**

Register **388**

Zum Geleit von Satya Nadella *CEO von Microsoft*

Durch hochinteressante Veranstaltungen und Veröffentlichungen werfen das Weltwirtschaftsforum und sein Gründer Klaus Schwab immer wieder Schlaglichter auf die Chancen, aber auch die Herausforderungen der Vierten Industriellen Revolution. Allen, die die anstehende Welle neuer Technologien für ein Nullsummenspiel halten, treten sie zu Recht entgegen, indem sie deutlich machen, dass wir ihre Entwicklung selbst in der Hand haben.

Im Zusammenspiel werden Datenflut, gewaltige Speicherkapazität und kognitive Kräfte Industrie und Gesellschaft auf allen Ebenen verändern und bislang unvorstellbare Möglichkeiten eröffnen, vom Gesundheitswesen und der Bildung über Landwirtschaft und Fertigung bis hin zum Dienstleistungsgewerbe. Mein Unternehmen setzt wie andere auch auf das Zusammenlaufen mehrerer maßgeblicher technischer Veränderungen: Mithilfe gemischter Realität erzeugen wir das ultimative Computererlebnis, in dem Ihr Sichtfeld zur Computeroberfläche wird und Ihre digitale mit Ihrer physischen Welt verschmilzt. Daten, Apps und auch Kollegen und Freunde stehen über Handy oder Tablet überall zur Verfügung, wo Sie sie brauchen. Hinter jeder Erfahrung steht Künstliche Intelligenz, die unsere menschlichen Fähigkeiten um Erkenntnisse und Prognosekräfte erweitert, wie wir sie allein nie erlangen könnten. Und der Quantencomputer wird uns schließlich ermöglichen, die Grenzen des Moore'schen Gesetzes zu sprengen – der Feststellung, dass sich die Zahl der Transistoren auf einem Computerchip ungefähr alle zwei Jahre verdoppelt –, indem

er die physikalischen Grundlagen der Computertechnik revolutioniert und die nötige Rechenleistung liefert, um die größten und komplexesten Aufgaben der Welt zu lösen. Gemischte Realität (Mixed Reality oder MR), Künstliche Intelligenz (KI) und Quantentechnik mögen heute noch voneinander unabhängige Strömungen darstellen, werden aber sicher früher oder später zusammenfließen.

Ebenso müssen sich Industrie und Gesellschaft aufeinander zubewegen, um sich auf die Befähigung von Menschen und Organisationen zu fokussieren, indem sie den Zugang zu Informationen demokratisieren und so dazu beitragen, die drängendsten Probleme zu lösen. Wenn etwa KI zu den obersten technischen Prioritäten zählt, ist das Gesundheitswesen auf jeden Fall einer der vordringlichsten Bereiche, in denen KI Anwendung finden sollte. In Verbindung mit gemischter Realität, der Cloud und Instrumenten zur Unternehmensoptimierung wird KI bei den Umwälzungen in der Wissenschaft, in Kliniken und im Betrieb medizinischer Zentren eine entscheidende Rolle spielen. Globaler medizinischer Fortschritt durch Präzisionsmedizin – in Form von Erkenntnissen über die individuelle Variabilität der Gene, das Immunsystem, die Umwelt und den Lebensstil Einzelner – ist nur durch internetgestütztes maschinelles Lernen, kognitive Dienste und tiefe neuronale Netze zu erreichen. Inklusion und Transparenz sind bei der Konzeptionierung dieser Technologien ebenso ethischer Imperativ wie technische Notwendigkeit – führen sie doch dazu, dass Produkte und Dienstleistungen schlicht noch besser werden. Zu diesem Zweck haben Microsoft, Amazon, Google, Facebook und IBM 2016 eine KI-Partnerschaft ins Leben gerufen. Ziel ist es, das öffentliche Bewusstsein für KI zu fördern und bewährte Praktiken zu den Herausforderungen und Chancen auf diesem Gebiet zu formulieren. Die Partnerschaft fördert die Forschung zu Entwicklung und Tests sicherer KI-Systeme in Sparten wie Automobilindustrie und Gesundheitswesen, zur Zusammenarbeit zwischen Menschen und KI, zu wirtschaftlich bedingter Verdrängung und der Frage, wie KI zum Wohl der Gesellschaft eingesetzt werden kann.

Die Wiederherstellung von Wirtschaftswachstum und Produktivität für alle ist unser gemeinsames Ziel, und die Technik wird dabei eine führende Rolle spielen. Eine Formel, die in diesem Zusammenhang zu berücksichtigen ist, ist der Schwerpunkt auf Bildung und neuen Kompetenzen in Kombination mit der intensiveren Nutzung dieser technischen Innovationen auf breit angelegter lokalwirtschaftsübergreifender Basis (vor allem in Sektoren, in denen das betreffende Land oder die Region besser dasteht als andere). In einem digitalen Zeitalter fungiert Software als universeller Inputfaktor, der im Überfluss produziert werden und in jedem Sektor – ob öffentlich oder privat – und allen Branchen verwendet werden kann. Standortunabhängig, in Detroit oder Ägypten ebenso wie in Indonesien, muss dieser universelle Produktionsfaktor vor Ort in wirtschaftlichen Mehrwert umgesetzt werden. Bahnbrechende Technologien in Verbindung mit einer Erwerbsbevölkerung, die dafür ausgebildet ist, sie produktiv einzusetzen, und ihrer Nutzungsintensität als Multiplikator sorgen für mehr Wirtschaftswachstum und Chancen für alle.

Letztlich steht und fällt die digitale Welt von heute mit dem Vertrauen. Wir müssen in jedem Winkel der Welt ein regulatorisches Umfeld revitalisieren, das einen innovativen und vertrauensvollen Umgang mit der Technik fördert. Das größte Problem sind antiquierte Gesetze, die aktuellen Problemstellungen nicht gerecht werden.

Die zukunftsweisenden Themen, die in diesem Buch angesprochen werden, leisten in Verbindung mit dem Dialog, der auf den Konferenzen des Weltwirtschaftsforums angestoßen wird, wesentliche Beiträge zu Verständnis und Lösungen. Der potenzielle Nutzen ist beispiellos, und – wie in diesem Buch abschließend festgestellt – öffentlich-private Führer- und Partnerschaft sind unabdingbar.

Satya Nadella ist CEO von Microsoft und Autor von *Hit Refresh. Wie Microsoft sich neu erfunden hat und die Zukunft verändert.*

Vorwort

von Klaus Schwab

Gründer und Vorsitzender des Weltwirtschaftsforums

Die Welt steht am Scheideweg. Die gesellschaftlichen und politischen Systeme, die Millionen aus der Armut gehoben haben und seit einem halben Jahrhundert Landes- und Weltpolitik prägen, lassen uns im Stich. Der wirtschaftliche Nutzen des menschlichen Erfindergeistes und Fleißes konzentriert sich zunehmend, die Ungleichheit wächst, und die negativen Externalitäten unserer integrierten Weltwirtschaft belasten die Umwelt und benachteiligen ganze Bevölkerungsgruppen: also diejenigen, die am wenigsten in der Lage sind, die Kosten des Fortschritts zu tragen.

Das öffentliche Vertrauen in Wirtschaft, Staat, Medien und auch in die Zivilgesellschaft hat so gelitten, dass über die Hälfte aller Menschen weltweit ein Versagen des bestehenden Systems wahrzunehmen meint. Die aufbrechende Vertrauenslücke zwischen dem obersten Einkommensquartil eines Landes und der übrigen Bevölkerung ist ein Beleg dafür, dass der soziale Zusammenhalt im besten Fall brüchig ist und im schlimmsten kurz vor dem Zusammenbruch steht.

In diesem prekären politischen und gesellschaftlichen Kontext sehen wir uns mit den Chancen und Herausforderungen eines Spektrums wirkmächtiger neuer Technologien konfrontiert – von Künstlicher Intelligenz über Biotechnologien und fortschrittliche Materialien bis hin zu Quantencomputern –, die unser Leben radikal verändern werden und die ich als die Vierte Industrielle Revolution bezeichne.

Diese Zukunftstechnologien sind nicht einfach kontinuierliche Weiterentwicklungen heutiger Digitaltechnik. Die Technologien

der Vierten Industriellen Revolution sind durch und durch disruptiv – sie stellen auf den Kopf, wie wir fühlen, rechnen, organisieren, handeln und liefern. Sie stehen für eine vollkommen neuartige Wertschöpfung für Organisationen und Bürger. Sie werden mit der Zeit sämtliche Systeme transformieren, die für uns heute so selbstverständlich sind – wie wir Waren und Dienstleistungen herstellen und transportieren, wie wir kommunizieren, wie wir zusammenarbeiten und wie wir unsere Umwelt erleben. Schon heute drängt uns der Fortschritt der Neuro- und Biotechnologien die Frage auf, was es bedeutet, ein Mensch zu sein. Die gute Nachricht: Wir haben es vollständig selbst in der Hand, wohin sich die Vierte Industrielle Revolution entwickelt – und sie steht noch ganz am Anfang. Die gesellschaftlichen Normen und Vorschriften, die aufkommende Technologien regeln, werden derzeit gerade entwickelt und festgeschrieben. Und jeder kann und sollte ein Mitspracherecht bezüglich ihrer Auswirkungen auf das eigene Leben haben und wahrnehmen.

Dass wir an diesem Scheideweg stehen, bürdet uns allerdings eine große Verantwortung auf. Verpassen wir die Gelegenheit, neue Technologien so zu entwickeln, dass sie dem Gemeinwohl dienen, die Menschenwürde fördern und die Umwelt schützen, ist es durchaus möglich, dass sich die Probleme, vor denen wir heute stehen, noch verschärfen – dann nämlich, wenn subjektive Interessen und benachteiligende Systeme Ungleichheit zementieren und die Menschenrechte in allen Ländern infrage stellen.

Um die Bedeutung der Vierten Industriellen Revolution einschätzen zu können und sie zum Nutzen aller zu gestalten, nicht nur zum Vorteil der durch Reichtum oder Kompetenzen Privilegierten, sind neues Denken und breite Kenntnisse über die verschiedenen Technologien gefragt, die sich auf Einzelne, Gemeinschaften, Organisationen und Staaten auswirken.

Die Zukunft der Vierten Industriellen Revolution soll Sie in die Lage versetzen, sich innerhalb und zwischen den Gemeinschaften,

Organisationen und Institutionen, denen Sie angehören, am strategischen Dialog über entstehende Technologien zu beteiligen, und Ihnen helfen, die Welt aktiv nach gemeinsamen menschlichen Werten zu verändern.

Dieses Buch ist das Produkt vieler weltweit führender Fachleute aus der vielfältigen Gemeinschaft des Weltwirtschaftsforums. Insbesondere im zweiten Teil werden die Ansichten von Vordenkern aus den Global Future Councils und dem Expertennetzwerk des Forums zusammengefasst. Hätten sie nicht so großzügig ihre Zeit und ihr Wissen zur Verfügung gestellt, hätte die breite Thematik nie mit dem nötigen Tiefgang behandelt werden können, um die Technologiebereiche mit den nachhaltigsten Effekten wirklich zu durchschauen. Sehr dankbar bin ich auch für die tief sinnigen und äußerst zweckdienlichen Betrachtungen von Satya Nadella im Geleitwort.

Mein besonderer Dank gilt meinem Koautor Nicholas Davis, Head of Society and Innovation, aber auch Thomas Philbeck, Head of Science and Technology Studies, deren intellektuelle Beiträge, harte Arbeit und Engagement absolut unverzichtbar waren. Herzlichen Dank auch Anne Marie Engtoft Larsen, Knowledge Lead, Vierte Industrielle Revolution, für das kritische Nuancieren von Fragen rund um Technologie und globale Entwicklung.

Besonders würdigen möchte ich ferner Katrin Eggenberger, die wieder einmal unschätzbare Unterstützung beim Management der internen und externen Veröffentlichung dieses Buches geleistet hat, Kamal Kimaoui für das professionelle Layout der Grafiken, Fabienne Stassen, deren kompetente Redaktion die Textqualität enorm verbessert hat, und Mel Rogers, dessen strategische Mentalität und wertorientierte Führung sich durch alle Kapitel zieht.

Meine Erfahrung als Gründer und Vorsitzender des Weltwirtschaftsforums – der Internationalen Organisation für öffentlich-private Zusammenarbeit – zeigt, dass nachhaltiger, inklusiver Fortschritt bedeutet, über alle Disziplinen und Beteiligten hinweg

zusammenzuarbeiten, um gemeinsame Visionen zu befördern und dem Nullsummendenden entgegenzutreten. Gelingt uns das, bietet sich uns die Chance, die Fehler früherer industrieller Revolutionen zu korrigieren und eine Welt zu schaffen, die um vieles inklusiver, nachhaltiger, reicher und friedlicher wird. Ich hoffe, dieses Buch lenkt uns, ebenso wie sein 2016 erschienener Vorgänger *Die Vierte Industrielle Revolution*, in die richtige Richtung.

Einleitung

Im Januar 2016 waren wir mit der Veröffentlichung von *Die Vierte Industrielle Revolution* alle aufgefordert, gemeinsam die Verantwortung zu übernehmen »für eine Zukunft, in der die Menschheit als Ganzes im Mittelpunkt von Innovation und Technologie steht – und die Notwendigkeit, dem Gemeinwohl zu dienen«:

»Ich bin der festen Überzeugung, dass das neue Technologiezeitalter, wenn es denn reaktionsschnell und verantwortungsvoll gestaltet wird, eine neue kulturelle Renaissance auslösen kann, durch die wir uns als Teil von etwas weit- aus Größerem fühlen können – einer echten globalen Zivilisation. Die Vierte Industrielle Revolution kann sich für die Menschheit als Fluch oder Segen erweisen: Sie hat das Potential, uns zu roboterisieren und so unsere traditionellen Sinnquellen – Arbeit, Gemeinschaft, Familie, Identität – infrage zu stellen. Sie hat aber auch das Potential, die Menschheit auf eine neue kollektive moralische Bewusstseinsstufe zu heben, die auf der Erkenntnis unseres gemeinsamen Schicksals beruht. Es liegt an uns allen sicherzustellen, dass Letzteres geschieht.«

Dieser Auftrag ist in den vergangenen 24 Monaten noch wichtiger geworden, da Forschung und Entwicklung den rasanten technischen Fortschritt vorangetrieben, Unternehmen neue Ansätze gefunden haben und neue empirische Belege für den Disruptionseffekt aufkommender Technologien und neuer Geschäftsmodelle auf die Arbeitsmärkte, das Sozialgefüge und die politischen Systeme vorliegen.

Dieses Buch versteht sich in zweierlei Hinsicht als Ergänzung zu *Die Vierte Industrielle Revolution*. Erstens soll es allen Lesern – von

der globalen Leitfigur bis zum engagierten Bürger – helfen, die einzelnen »Puzzleteile« zusammenzusetzen, Themen systembezogen anzugehen und die Zusammenhänge zwischen neuen Technologien, globalen Herausforderungen und den Maßnahmen zu erkennen, die wir heute ergreifen. Zweitens gibt es Lesern tieferen Einblick in die wesentlichen Fragen zu bestimmten Technologien und Aspekten der politischen Gestaltung, die an aktuellen Beispielen veranschaulicht und durch die Ansichten global führender Experten unterfüttert werden.

Dieses Buch setzt folgende Schlaglichter:

- Die Vierte Industrielle Revolution stellt eine maßgebliche Quelle der Hoffnung auf eine Fortsetzung des Aufwärtstrends der menschlichen Entwicklung dar, die seit 1800 zu einer drastischen Steigerung der Lebensqualität von Milliarden Menschen geführt hat.
- Damit es dazu kommt, müssen viele verschiedene Beteiligte zusammenarbeiten, um drei zentrale Herausforderungen zu bewältigen: die gerechte Verteilung des Nutzens technologischer Disruptionen, die Eindämmung unvermeidlicher Externalitäten und die Sicherstellung, dass neue Technologien allen Menschen mehr Selbstbestimmung statt Fremdbestimmung ermöglichen.
- Die Technologien, die im Mittelpunkt der Vierten Industriellen Revolution stehen, sind in vielerlei Hinsicht verknüpft – etwa mit Blick darauf, wie sie digitale Kapazitäten erweitern und sich selbst in unserem Leben skalieren, manifestieren und verankern, oder auch hinsichtlich ihrer Kombinationskraft und ihres Potenzials, Privilegien zu konzentrieren und bestehende Systeme der politischen Gestaltung infrage zu stellen.
- Um die positiven Effekte der Vierten Industriellen Revolution gezielt zu nutzen, sollten wir neue Technologien weder als »bloße Werkzeuge« begreifen, die wir in jeder Hinsicht bewusst steuern können, noch als externe Kräfte, die gar nicht lenkbar sind.

Stattdessen sollten wir versuchen zu verstehen, wie und wo in diese neuen Technologien menschliche Werte einfließen und wie sie so gestaltet werden können, dass sie das Gemeinwohl, die ökologische Verantwortung und die Menschenwürde fördern.

- Alle Beteiligten müssen in einen globalen Diskurs darüber eingebunden werden, wie Technologien die Systeme verändern, die uns umgeben, und das Leben jedes Einzelnen auf diesem Planeten beeinflussen. Insbesondere müssen drei oftmals ausgeschlossene Gruppen in den Gesprächen über die politische Gestaltung und die Wirkung neuer Technologien stärker vertreten sein: Entwicklungsländer, Umweltinstitute und -organisationen und Bürger aller Einkommensgruppen, Generationen und Bildungsschichten.

Im ersten Teil präsentieren vier Kapitel die entscheidenden Herausforderungen und Grundsätze zur Realisierung einer Zukunft, in der der Mensch im Mittelpunkt steht. Sie erörtern, wie die Technologien der Vierten Industriellen Revolution vernetzt sind, liefern einen Rahmen zum Verständnis und zur Vertiefung der Bedeutung von Werten und Prinzipien in entstehenden Technologiesystemen und gehen darauf ein, welche Interessengruppen in Gespräche über die Vierte Industrielle Revolution und in ihre Anwendungen stärker einbezogen werden müssen.

Der zweite Teil, der in Zusammenarbeit mit Mitgliedern des Expertennetzes des Weltwirtschaftsforums und der Global Future Councils entstanden ist, besteht aus zwölf Kapiteln, die sich jeweils auf eine bestimmte Technologiegruppe fokussieren, ihre potenziellen Auswirkungen erklären und darlegen, warum sie für Führungspersönlichkeiten heute so große Bedeutung haben. Darin wird deutlich, wie neue Technologien miteinander interagieren und sich zusammen entwickeln, während sich unsere Beziehung zu Daten grundlegend verändert, die physische Welt umgestaltet wird, die Möglichkeiten der Menschen erweitert werden und wir von neuen Systemen mit gewaltigem Einflussvermögen umgeben werden.

Das Buch schließt mit einer Vision für Systemführerschaft, die die entscheidenden Fragen der politischen Gestaltung zusammenfasst, die Führungskräfte aus allen Sektoren, aber auch die breite Öffentlichkeit gemeinsam in Angriff nehmen müssen, damit eine inklusive, nachhaltige und erfolgreiche Zukunft möglich wird.

Erster Teil

Die Vierte Industrielle Revolution

Kapitel 1

Ein Deutungsraaster für die Vierte Industrielle Revolution

Die Vorstellung, dass die Welt in eine neue Phase des disruptiven Wandels eintritt, gehört zu den meistdiskutierten Themen in Vorstandsetagen und Parlamenten weltweit. Das vorliegende Kapitel stellt die zentralen Konzepte der Vierten Industriellen Revolution vor, ermittelt drei wesentliche Herausforderungen, die gemeinsam bewältigt werden müssen, und macht vier Grundsätze deutlich, auf die sich Bürger und Führungskräfte bei der Lenkung und Gestaltung neuer Technologien und Systeme in ihrer Entstehungsphase stützen können.

Ein Denkmodell für die Gestaltung der Zukunft

Der Begriff Vierte Industrielle Revolution beschreibt die laufenden und anstehenden Transformationen in den uns umgebenden Systemen, die die meisten von uns im Alltag für selbstverständlich nehmen. Was sich für all jene, die tagtäglich eine Abfolge kleiner, aber dennoch maßgeblicher Modifikationen erleben, nicht besonders bedeutsam anfühlen mag, ist alles andere als eine geringfügige Veränderung: Die Vierte Industrielle Revolution ist ein neues Kapitel der menschlichen Entwicklung und steht auf einer Stufe mit der Ersten, Zweiten und Dritten Industriellen Revolution. Auch sie wird von der zunehmenden Verfügbarkeit und Interaktion bestimmter außergewöhnlicher Technologien getrieben.

Die aufkommenden Technologien, die der Vierten Industriellen Revolution zugrunde liegen, bauen auf dem Wissen und den Systemen vorausgegangener industrieller Revolutionen auf,

insbesondere auf den digitalen Möglichkeiten der Dritten Industriellen Revolution. Dazu gehören die zwölf Technologie-Cluster, die im zweiten Teil dieses Buches erörtert werden, wie zum Beispiel Künstliche Intelligenz (KI) und Robotik, additive Fertigung, Neurotechnologien, Biotechnologien, virtuelle und erweiterte Realität, neue Werkstoffe, Energietechnologien sowie Ideen und Möglichkeiten, von deren Existenz wir heute noch nichts ahnen.

Die Vierte Industrielle Revolution ist aber weit mehr als nur eine Beschreibung des technologiegetriebenen Wandels. In erster Linie ist sie eine Chance zur Gestaltung einer Reihe öffentlicher Diskurse, die uns allen – von führenden Technologen und Politikern bis hin zu Bürgern aller Einkommensgruppen, Nationalitäten und Provenienzen – verständlicher machen können, wie die machtvollen aufkommenden und konvergierenden Technologien unsere Umwelt beeinflussen und wie wir diese Entwicklung steuern können.

Dazu muss sich aber verändern, wie wir die einflussreichen neuen Technologien, die unsere Welt prägen, betrachten und diskutieren. Wir dürfen uns Technologie nicht als durch und durch exogene Kraft vorstellen, die unweigerlich unsere Zukunft bestimmt. Wir können Technologie aber auch nicht gegenbildlich schlicht als Werkzeug begreifen, das wir Menschen nach Gutdünken verwenden können.

Stattdessen müssen wir besser verstehen, wie sich die neuen Technologien miteinander vernetzen und uns auf subtile oder offensichtliche Weise beeinflussen, indem sie menschliche Werte widerspiegeln und verstärken, wenn wir Entscheidungen über Investitionen, Design, Einführung und Neuerfindung treffen. Ohne klare Vorstellungen von den Interaktionen zwischen Menschen und Technologien ist es schwierig, wenn nicht gar unmöglich, gemeinsam an Investitionen, Methoden und kollektiven Maßnahmen zu arbeiten, die sich positiv auf die Zukunft auswirken.

Die große Chance der Vierten Industriellen Revolution liegt daher darin, in Technologien mehr zu sehen als bloße Werkzeuge oder unvermeidliche Einflussfaktoren und Wege zu finden, so viele

Menschen wie möglich in die Lage zu versetzen, in ihren Familien, Organisationen und Gemeinschaften Positives zu bewirken, indem sie die Systeme beeinflussen und steuern, die uns umgeben und unser Leben prägen.

Mit Systemen meinen wir die Normen, Regelungen, Erwartungen, Ziele, Institutionen und Anreize, an denen sich im Alltag unser Verhalten orientiert, aber auch die Infrastruktur und die Material- und Menschenströme, die unserem wirtschaftlichen, politischen und sozialen Leben zugrunde liegen. Kollektiv beeinflussen sie, wie wir uns um unsere Gesundheit kümmern, Entscheidungen treffen, Waren und Dienstleistungen produzieren und konsumieren, arbeiten, kommunizieren, miteinander umgehen und uns fortbewegen – bis dahin, was es in unseren Augen bedeutet, ein Mensch zu sein. Wie bereits in der Geschichte vergangener industrieller Revolutionen werden sich im Zuge der Vierten Industriellen Revolution all diese Dinge grundlegend verändern – und viele andere mehr.

Industrielle Revolutionen, Wachstum und Chancen

In den vergangenen 250 Jahren und über drei industrielle Revolutionen hinweg haben sich die Wertschöpfung durch den Menschen und die ganze Welt gewandelt. In jedem Fall haben sich Technologien, politische Systeme und gesellschaftliche Institutionen parallel weiterentwickelt und nicht nur Industrien verändert, sondern auch das Selbstbild der Menschen, ihre Beziehungen zueinander und ihre Interaktionen mit der Natur.

Die Erste Industrielle Revolution setzte Mitte des 18. Jahrhunderts in der britischen Textilindustrie ein. Ausgelöst wurde sie von der Mechanisierung des Spinnens und Webens. In den folgenden hundert Jahren veränderte sie alle bestehenden Industriezweige und ließ viele neue entstehen, von Werkzeugmaschinen bis zur

Stahlproduktion, der Dampfmaschine und der Eisenbahn. Neue Technologien führten zu Veränderungen in der Zusammenarbeit und im Wettbewerb, und diese wiederum schufen ganz neue Systeme für die Erzeugung, den Austausch und die Verteilung von Wert. Sektoren von der Landwirtschaft bis hin zum produzierenden Gewerbe, von der Kommunikation bis zum Transport wurden auf den Kopf gestellt. Tatsächlich ist der Sinn, in dem wir das Wort »industriell« heute verwenden, zu eng definiert, um die gesamte Tragweite der Revolution zu erfassen. Besser formuliert haben das womöglich mit Thomas Carlyle und John Stuart Mill zwei Denker des 19. Jahrhunderts, die mit »Industrie« alles bezeichneten, was aus menschlicher Anstrengung hervorging.

Die Erste Industrielle Revolution förderte zwar den Kolonialismus und trug zur Schädigung der Umwelt bei, machte die Welt aber fraglos reicher. Vor 1750 verzeichneten sogar die wohlhabendsten Länder – Großbritannien, Frankreich, Preußen, die Niederlande, die nordamerikanischen Kolonien – im Schnitt nur 0,2 Prozent Wachstum pro Jahr, und selbst dieser niedrige Wert war starken Schwankungen unterworfen. Die Ungleichheit war damals stärker ausgeprägt, und die Pro-Kopf-Einkommen lagen auf einem Niveau, das heute als extreme Armut gewertet würde. 1850 waren die Wachstumsraten in diesen Ländern dank der Auswirkungen von Technologien auf 2 bis 3 Prozent pro Jahr angestiegen, und die Pro-Kopf-Einkommen nahmen stetig zu.¹

Von 1870 bis 1930 beflügelte eine neue Welle miteinander verzahnter Technologien das Wachstum und die Chancen der Ersten Industriellen Revolution. Radio, Telefon, Fernsehen, Haushaltsgeräte und elektrisches Licht waren Indizien für die transformative Kraft der Elektrizität. Der Explosionsmotor machte das Automobil, das Flugzeug und damit letztlich die zugehörigen Ökosysteme möglich – inklusive Arbeitsplätze in der Fertigung und Autobahnnetze. Es gab auch Durchbrüche in der Chemie: Sie brachten der Welt neue Werkstoffe wie duroplastische Kunststoffe und neue Verfah-

ren – etwa das Haber-Bosch-Verfahren zur Synthese von Ammoniak, das den Weg für billige Stickstoffdüngemittel ebnete sowie für die »grüne Revolution« der 1950er-Jahre und die anschließende Spitze der Bevölkerungszahlen.² Von sanitären Einrichtungen bis zum internationalen Flugverkehr – die Zweite Industrielle Revolution läutete die Moderne ein.

Um 1950 gelangen revolutionäre Durchbrüche in der Informationstheorie und der digitalen Datenverarbeitung – den Technologien, die das Herzstück der Dritten Industriellen Revolution bildeten. Wie die vorausgegangenen Perioden war auch die Dritte Industrielle Revolution nicht der Existenz digitaler Technologien als solcher zuzuschreiben, sondern der Art und Weise, wie diese die Struktur unserer Wirtschafts- und Gesellschaftssysteme veränderten. Die Möglichkeit, Informationen in digitaler Form zu speichern, zu verarbeiten und zu übertragen, sorgte für Umwälzungen in fast allen Branchen und für drastische Veränderungen des Arbeits- und Soziallebens von Milliarden Menschen. Die kumulativen Auswirkungen dieser drei industriellen Revolutionen haben Wohlstand und Chancen enorm gesteigert – zumindest für die Menschen in Industrieländern.

In den OECD-Ländern, in denen rund ein Sechstel der Weltbevölkerung lebt, ist das Pro-Kopf-Einkommen heute 30- bis 100-mal höher als 1800.³ Abbildung 1 beruht auf Daten des UN-Index der menschlichen Entwicklung für OECD-Länder und Einschätzungen zum Beitrag verschiedener Technologien zu Wachstum, Gesundheit und Bildung und soll illustrieren, inwieweit die verschiedenen auf die Erste Industrielle Revolution folgenden industriellen Revolutionen eine laufende Steigerung der Lebensqualität befördert haben.

Abbildung 1 dient ausschließlich der Veranschaulichung und basiert auf einer groben Schätzung des Beitrags vorherrschender Technologien, Industrien und institutioneller Entwicklungen zu Messgrößen für die menschliche Entwicklung seit 1750.⁴ Die Abbil-

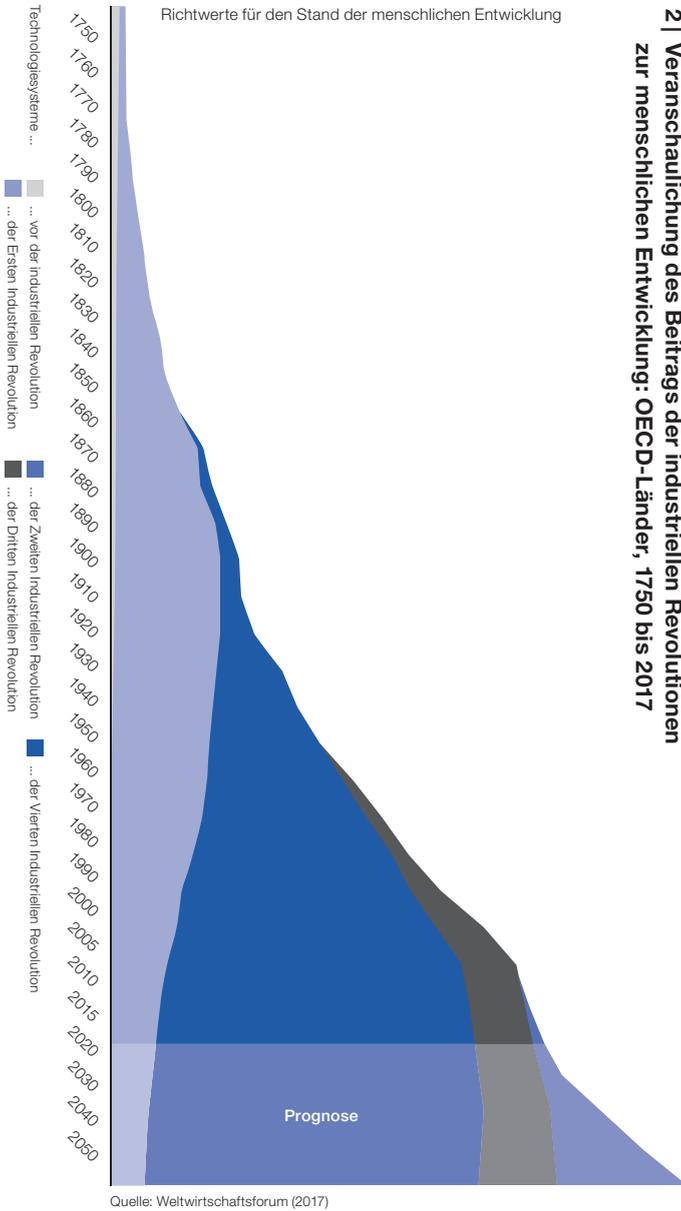
dung belegt, dass selbst in Ländern nahe der Technologiesgrenze der Löwenanteil der menschlichen Entwicklung aus Technologien und Systemen stammt, die während der Zweiten Industriellen Revolution entwickelt wurden – wie Elektrizität, Wasser und sanitäre Einrichtungen, moderne Gesundheitsversorgung und die enorme Steigerung der landwirtschaftlichen Produktivität durch die Erfindung des Kunstdüngers. Dieses Argument wurde von Robert Gordon und anderen überzeugend dargelegt.⁵

Der Prozess der technologischen Innovation – Erfindung, Kommerzialisierung, flächendeckende Verbreitung und Einsatz – war der stärkste Wohlstandstreiber und hat das Gemeinwohl seit Anbeginn der Geschichte gesteigert. Heute lebt der Durchschnittsmensch länger, gesünder und wirtschaftlich sicherer als in jeder vorausgegangenen Epoche, und sein Risiko, eines gewaltsamen Todes zu sterben, ist weit geringer. Seit der Ersten Industriellen Revolution ist das durchschnittliche Realeinkommen pro Person in OECD-Ländern um rund 2900 Prozent gestiegen.⁶ Die Lebenserwartung bei der Geburt hat sich im selben Zeitraum in fast allen Ländern mehr als verdoppelt – im Vereinigten Königreich von 40 auf über 80 Jahre und in Indien von 23,5 auf heute 65 Jahre.

Pro und Kontra für die Zukunft

Im Idealfall bietet die Vierte Industrielle Revolution all jenen, die bereits in den Genuss der Vorteile der drei vorausgegangenen industriellen Revolutionen kamen, die Chance, den in Abbildung 2 dargestellten Aufwärtstrend der menschlichen Entwicklung fortzusetzen. Gleichzeitig verbessert sie auch die Lebensbedingungen derjenigen, die derzeit noch nicht von den Vorzügen profitieren, welche die Kombination aus Technologiesystemen und soliden öffentlichen und privaten Einrichtungen bieten kann. Gelingt es, den Technologien der Vierten Industriellen Revolution ent-

2 | Veranschaulichung des Beitrags der industriellen Revolutionen zur menschlichen Entwicklung: OECD-Länder, 1750 bis 2017



sprechende Institutionen, Standards und Normen gegenüberzustellen, haben Menschen auf der ganzen Welt die Chance auf mehr Freiheit, bessere Gesundheit, höheres Bildungsniveau und größere Aussichten darauf, in Würde zu leben und weniger unter Ungewissheit und wirtschaftlicher Unsicherheit zu leiden.

Der zweite Teil des Buches ist den potenziellen positiven Effekten von zwölf Clustern neuer Technologien gewidmet. Um nur ein paar Beispiele zu geben: Auf Quantencomputern beruhende Technologien könnten unglaubliche Durchbrüche bei der Modellierung und Optimierung komplexer Systeme ermöglichen – was gewaltige Effizienzsteigerungen auf so unterschiedlichen Gebieten wie Logistik und Arzneimittelforschung verspricht. Der Einsatz der Distributed-Ledger-Technologie (dt. »Technologie des verteilten Hauptbuchs«) stellt nicht nur eine drastische Verringerung der Transaktionskosten für die Koordinierung zwischen verschiedenen Parteien in Aussicht – etwa für die Überprüfung der Herkunft von Diamanten –, sondern könnte auch treibende Kraft für gewaltige Wertströme in digitale Produkte und Dienstleistungen sein, indem sie sichere digitale Identitäten liefert, die jedem, der über einen Internetzugang verfügt, neue Märkte erschließen. Virtuelle und erweiterte Realität bieten einen ganz neuen Kanal für das Erfahren unserer Umwelt – und könnten enorm beschleunigen, wie wir uns zeit- und raumübergreifend Wissen aneignen oder anwenden. Sollten neue Werkstoffe einen Sprung bei der Energiedichte von Batterien bewirken, würde das den Einsatz ziviler und militärischer Drohnen revolutionieren, die Stromversorgung benachteiligter Bevölkerungsgruppen ermöglichen und unsere Verkehrssysteme von Grund auf transformieren.

Augenscheinlich hängen solche positiven Entwicklungen fast ausschließlich von technischen Durchbrüchen ab. Doch wann und wie diese eintreten und wer davon profitiert, ist ungewiss. Die Vierte Industrielle Revolution ist bereits im Gange und entwickelt sich so, dass die Welt in einer Zeit mit neuen Herausforderungen

und Sorgen konfrontiert wird, in der Ungleichheit, gesellschaftliche Spannungen und politische Fragmentierung zunehmend Besorgnis erregen und gefährdete Bevölkerungsgruppen verstärkt wirtschaftlicher Unsicherheit und Gefahren durch Naturkatastrophen ausgesetzt sind. Welche Mentalität und was für Institutionen müssen wir für eine Welt schaffen, in der alle die Chance haben, den höchstmöglichen Stand der menschlichen Entwicklung zu erreichen? Um eine solche gerechte und inklusive Zukunft zu ermöglichen, müssen wir unsere Denkweise und unsere Institutionen entsprechend anpassen. Schließlich deutet die Erfahrung mit den vorangegangenen industriellen Revolutionen darauf hin, dass die Welt drei drängende Probleme bewältigen muss, damit die positiven Effekte dieser neuen Technologien im anstehenden Systemumbruch vollständig realisiert werden können.

Das erste Problem besteht darin, für eine gerechte Verteilung des Nutzens der Vierten Industriellen Revolution zu sorgen. Was frühere industrielle Revolutionen an Wohlstand und Wohlergehen hervorbrachten, war und ist ungleich verteilt. Die Ungleichheit zwischen Ländern hat zwar seit den 1970er-Jahren deutlich abgenommen, was der raschen Entwicklung der Schwellenländer zuzuschreiben ist, doch innerhalb der einzelnen Länder wird die Ungleichheit größer. In den Industrieländern ging das jährliche Medianeinkommen von 2011 bis 2016 um 2,4 Prozent zurück, und in den Vereinigten Staaten war 2015 der erste Rückgang der Lebenserwartung seit über 25 Jahren zu verzeichnen, was in erster Linie der Verschlechterung des Gesundheitszustands von Angehörigen der weißen Arbeiterschicht zuzurechnen war.⁷ Es gibt verschiedene Gründe, warum Menschen nicht in den Genuss der positiven Effekte von Systemen kommen: weil sie nicht verfügbar, unbezahlbar oder nicht zielführend sind, weil solche Systeme offen oder unterschwellig voringenommen sind oder weil Institutionen so funktionieren, dass Gewinn privatisiert und Wohlstand und Chancen konzentriert werden. Kapitel 4 beleuchtet die einzelnen Beteiligten der Vierten

Industriellen Revolution genauer – ebenso wie die Voraussetzungen, die erfüllt sein müssen, damit alle die Chance haben, davon zu profitieren.

Das zweite Problem besteht im Umgang mit den Externalitäten der Vierten Industriellen Revolution hinsichtlich der Risiken und Schäden, die sie hervorruft. In vorausgegangenen industriellen Revolutionen wurde zu wenig getan, um gefährdete Bevölkerungsgruppen, Natur und künftige Generationen davor zu schützen, unter unbeabsichtigten Folgen, den Kosten des Wandels, weiterreichenden Auswirkungen oder dem vorsätzlichen Missbrauch neuer Möglichkeiten zu leiden.

Das Problem externer Effekte und ungewollter Folgen ist angesichts der Wirkmacht der Technologien der Vierten Industriellen Revolution und der Ungewissheit hinsichtlich ihrer langfristigen Auswirkungen auf komplexe Sozial- und Ökosysteme besonders akut. Am alarmierendsten Ende des Spektrums reichen die Risiken von Geoengineering-Experimenten, die die Biosphäre plötzlich irreversibel verändern könnten, bis zur Entwicklung einer allgemeinen Künstlichen Intelligenz, deren Zielorientierung mit der mannigfaltigen Unordnung menschlichen Lebens kollidiert. In anderen Szenarien könnten Quantencomputer für jeden, der in der Lage ist, sich Zugang zu neuen Ansätzen in der Computertechnik zu verschaffen, erhebliche Risiken für Datenschutz und Sicherheit schaffen, indem sie vorhandene Verschlüsselungsmethoden reihenweise obsolet machen. Der flächendeckende Einsatz privater autonomer Fahrzeuge könnte noch mehr Staus in ohnehin überlasteten Städten verursachen. Und das Aufkommen virtueller Realität könnte das Problem des Online-Mobbings und der dadurch verursachten psychischen Belastungen noch verschärfen.

Das dritte Problem: Es muss sichergestellt werden, dass die Vierte Industrielle Revolution vom Menschen gelenkt und auf den Menschen ausgerichtet wird. Menschlichen Werten muss Geltung verschafft werden, und zwar nicht nur dann, wenn finanzielle Gründe

dafür sprechen. Orientierung auf den Menschen bedeutet ferner nicht Fremdbestimmung, sondern mehr Mitbestimmung für Menschen als maßgebliche Handlungsmacht auf dieser Erde. Dieses Problem wird dadurch besonders heikel, dass sich die Technologien der Vierten Industriellen Revolution von denen ihrer Vorläufer unterscheiden. Wie Kapitel 12 klarstellt, können sie in den bislang privaten Bereich unseres Geistes vordringen, unsere Gedanken lesen und unser Verhalten beeinflussen. Auf der Grundlage von Daten, die kein Mensch verarbeiten kann, und mit Vorgehensweisen, die kein Mensch verstehen kann, können sie Bewertungen vornehmen und Entscheidungen treffen. Sie können sogar die Bausteine des Lebens als solche verändern, was auch ungeborene Menschen betrifft. Und sie werden sich über digitale Netze viel schneller verbreiten als in jeder vorausgegangenen Phase der technischen Entwicklung.

Eine neue Führungsmentalität

Diese drei Herausforderungen – die Verteilung des Nutzens, der Umgang mit Externalitäten und die Gewährleistung einer menschenorientierten Zukunft – lassen sich nicht einfach »von oben verordnet« durch Regulierung oder wohlmeinende staatliche Initiativen bewältigen. Ebenso unwahrscheinlich ist, dass die aktuelle Konstellation aus internationalen und nationalen Institutionen, Marktstrukturen, organisierten und spontanen gesellschaftlichen Bewegungen sowie Anreizen für Einzelne dazu führt, dass einflussreiche neue Technologien für alle verfügbar sind, keinerlei Schaden anrichten und sich ganz auf mehr Mitbestimmung für die Menschen fokussieren, die sie anwenden. Die Welt hat nach wie vor mit etlichen Problemen zu kämpfen, die auf die letzten drei industriellen Revolutionen zurückgehen: Der Median der Löhne und Gehälter in Industrieländern stagniert oder geht zurück, die Entwicklungsländer tun sich schwer damit, Wirtschaftswachstum

in eine breite, nachhaltige Verbesserung des Lebensstandards zu übersetzen, und fast jeder Zehnte lebt in extremer Armut.⁸ Um mit Madeleine Albright zu sprechen: Wir stehen vor der Aufgabe, Technologien des 21. Jahrhunderts mit einer Mentalität des 20. Jahrhunderts und Institutionen des 19. Jahrhunderts zu begreifen und zu beherrschen. Daher setzt die Bewältigung dieser Herausforderungen unbedingt einen institutionellen Wandel voraus und ebenso eine Anpassung der Mentalität an die anstehenden Probleme des 21. Jahrhunderts.

Sowohl die Geschichte früherer industrieller Revolutionen als auch die Dynamik der Technologien, auf denen die Vierte Industrielle Revolution beruht, deuten darauf hin, dass vier Kernprinzipien bei der Definition einer solchen Mentalität besonders hilfreich sind. Unser Denken muss ...

- **sich auf Systeme richten, nicht auf Technologien:** Die Versuchung ist groß, das Augenmerk auf die Technologien selbst zu lenken. Dabei kommt es eigentlich auf die Systeme an, die Gemeinwohl bringen. Mit politischem Willen, Investitionen und Kooperation zwischen allen Interessengruppen können neue Technologien die Entwicklung leistungsfähigerer Systeme ermöglichen. Ohne dies könnten sie vorhandene Systeme womöglich verschlechtern.
- **sich auf mehr Mitbestimmung richten, nicht auf Fremdbestimmung:** Der Gedanke liegt nahe, dass sich technischer Wandel nicht steuern oder lenken lässt und dass wir nichts dagegen tun können, dass Technologien in der Lage sind, unser Verhalten zu beeinflussen. Stattdessen sollten wir von Menschen getroffene Entscheidungen und menschliches Handeln würdigen, indem wir Systeme konzipieren, die die neuen Technologien so nutzen, dass die Menschen mehr Wahlmöglichkeiten, Chancen, Freiheiten und Einfluss auf ihr Leben haben. Das gilt umso mehr, als aufkommende Technologien Maschinen in Aussicht

stellen, die ohne menschliches Zutun entscheiden und handeln und offen und subtil Einfluss auf unser Verhalten nehmen können.

- **eigenständig sein, nicht fatalistisch:** Allzu leicht tun wir Versuche, die gesellschaftlichen und politischen Systeme aktiv zu gestalten, aufgrund ihrer Komplexität als anmaßend und zum Scheitern verurteilt ab. Wir sollten uns aber nicht resigniert in die Unvermeidlichkeit vorgegebener Optionen ergeben. »Design Thinking« – insbesondere unter Verwendung der Methoden und der Philosophie des am Menschen orientierten Designs – sowie alle systemorientierten Denkansätze können uns helfen, die Strukturen besser zu verstehen, die die Welt lenken, und zu würdigen, wie neue Technologien neue Systemkonfigurationen herbeiführen können.
- **Werte als Merkmal betrachten, nicht als Systemfehler:** Schnell lässt man sich verleiten, Technologien als bloße Werkzeuge zu begreifen, für sich genommen wertneutral und je nach Verwendungszweck gut oder schlecht. Dabei wohnen im Grunde allen Technologien Werte inne, angefangen bei der Ausgangsidee bis hin zur Entwicklung und Verwendung. Das sollten wir erkennen und in allen Innovationsphasen die Wertdebatte führen – nicht erst, wenn jemand zu Schaden kommt, dessen Stimme gehört wird. Kapitel 3 befasst sich näher mit der Rolle von Werten und mit der Frage, welche Werte in der Vierten Industriellen Revolution möglichst nutzbringend flächendeckend zum Tragen kommen könnten.

Diese vier Grundsätze haben sich aus Hunderten von Gesprächen und Interviews mit Wissenschaftlern, Unternehmern, zivilgesellschaftlichen Leitfiguren, Politikern, Managern und Medien herauskristallisiert. Zusammen bilden sie einen Rahmen zur Bewertung, Erörterung und Gestaltung der Einflussmöglichkeiten, die Technologien heute auf uns haben, und werden die Welt der Zukunft gestalten.

