

Netzwerke
Internet
Websites
Bits & Bytes
Hardware
Software
Der digitale Arbeitsmodus: Design Thinking & MVPs
Programmieren
Digitale Disruption
Autonomes Fahren
Fake News und Trolle
Blockchain und Bitcoin
Ungewöhnliche Entwicklungsstränge
Venture Capital & Co.
Robotik
Nanotechnologie
Künstliche Intelligenz
Arbeitsmarkt
Exponentielles Wachstum
Persönlichkeit und Identität
Monetarisierungsmodelle im Internet
Search Engine Optimierung

DIE 50 WICHTIGSTEN THEMEN DER DIGITALISIERUNG

Digitale Ethik
Darknet
Cloud
Surf-Gewohnheiten und Online-Trends
Politik und Konflikte
Die Millennial-Problematik
Online-Sales
Menschheit in Gefahr?
Internet of Things
Big Data
Handlungsoptionen
Silicon Valley
Vom Homo Sapiens zum Homo Deus
Viren, Würmer und andere Schadsoftware
Technologische Singularität
Smart Health
Sexualität
Virtual Reality
3-D-Druck
Filterblasen
Silicon Germany
Datenüberwachung und NSA
Online-Trends
Industrie 4.0

Künstliche Intelligenz, Blockchain, Robotik, Virtual Reality und vieles mehr verständlich erklärt

Philip Specht

Die 50 wichtigsten Themen der Digitalisierung

Für meine Eltern

Philip Specht

Die 50 wichtigsten Themen der Digitalisierung

Künstliche Intelligenz, Blockchain, Robotik,
Virtual Reality und vieles mehr verständlich erklärt

REDLINE | VERLAG

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://d-nb.de> abrufbar.

Für Fragen und Anregungen:

info@redline-verlag.de

4. Auflage 2019

© 2018 by Redline Verlag, ein Imprint der Münchner Verlagsgruppe GmbH
Nymphenburger Straße 86
D-80636 München
Tel.: 089 651285-0
Fax: 089 652096

Alle Rechte, insbesondere das Recht der Vervielfältigung und Verbreitung sowie der Übersetzung, vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf in irgendeiner Form (durch Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) ohne schriftliche Genehmigung des Verlages reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme gespeichert, verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

Redaktion: Christiane Otto, München
Umschlaggestaltung: Pamela Machleidt, München
Satz: Carsten Klein, Torgau
Druck: GGP Media GmbH, Pößneck
Printed in Germany

ISBN Print 978-3-86881-705-8
ISBN E-Book (PDF) 978-3-96267-020-7
ISBN E-Book (EPUB, Mobi) 978-3-96267-021-4

Weitere Informationen zum Verlag finden Sie unter

www.redline-verlag.de

Beachten Sie auch unsere weiteren Verlage unter www.m-vg.de

Inhalt

Vorwort	9
Ein Blick in die Zukunft: Werden wir alle Maschinenmenschen?	15
1. Technologische Singularität	16
Das 1x1 der Digitalisierung	21
2. Bits & Bytes	22
3. Hardware	25
4. Software	34
5. Programmieren	37
6. Netzwerke	43
7. Internet	49
8. World Wide Web	56
9. Cloud	60
10. Exponentielles Wachstum	64
11. Digitale Disruption	67
12. Silicon Valley	70
13. Silicon Germany – die deutsche Digitalszene	76
14. Der digitale Arbeitsmodus: Design Thinking & MVPs	82
15. Venture Capital & Co.	89
Das Internet aus Sicht von Privatnutzern und Unternehmen	101
16. Online-Trends	101
17. Monetarisierungsmodelle im Internet	112
18. Search Engine Optimization (SEO)	119

19. Search Engine Advertising (SEA) & Google Adsense	124
20. Content-, Social-Media- & Influencer-Marketing, Bots	127
21. Online-Sales	131
Die Schattenseiten des Netzes	137
22. Die Millennial-Diskussion	137
23. Filterblasen	144
24. Fake News	146
25. Trolle	150
26. Viren, Würmer und andere Schadsoftware	153
27. NSA und Datenüberwachung	159
28. Darknet	166
Die zehn wichtigsten digitalen Technologietrends	175
29. Internet of Things	175
30. Big Data	180
31. Virtual Reality	187
32. Augmented Reality	198
33. 3-D-Druck	205
34. Blockchain und Bitcoin	211
35. Künstliche Intelligenz	221
36. Robotik	236
37. Nanotechnologie	244
38. Biotechnologie	248
39. Unausweichliche Entwicklungsstränge	256
Der Einfluss der Digitalisierung auf ausgewählte Lebensbereiche	265
40. Smart Home	265
41. Sexualität	273

42. Smart Health	279
43. Autonomes Fahren	287
44. Industrie 4.0	298
45. Arbeitsmarkt & Wohlstand.....	302
46. Identität	312
47. Vom Homo Sapiens zum Homo Deus.....	317
48. Menschheit in Gefahr.....	323
Der Weg in eine menschenfreundliche digitale Zukunft	329
49. Digitale Ethik	329
50. Handlungsoptionen	335
Danksagung	349
Anmerkungen	351
Stichwortverzeichnis.....	379

Vorwort

Plötzlich war sie da, die Digitalisierung. Sie trat in mein Leben in Form eines klobigen, grauen Computers, den meine Eltern 1998 für unsere Familie gekauft hatten. Bis zu diesem Zeitpunkt – ich war gerade zwölf Jahre alt geworden – hatte Technik in meiner Kindheit nur eine untergeordnete Rolle gespielt. Ab und zu hörte ich Kasette, sah fern oder spielte mit meinem ferngesteuerten Auto. Im Urlaub durfte ich manchmal mit der Videokamera meines Vaters ein paar verwackelte Aufnahmen machen. Das einzige technische Gadget, das ich mir immer gewünscht hatte, war ein Bildtelefon, um meine 600 Kilometer entfernt lebende Großmutter beim Telefonieren sehen zu können.

Mit dem neuen Computer wusste ich anfangs nicht viel anzufangen, doch Internet, E-Mails und der Flugsimulator erwiesen sich schnell als interessanter Zeitvertreib. Als ich 13 Jahre alt war, bekam ich mein erstes Handy geschenkt, ein Nokia 3210. Mehrmals täglich checkte ich meinen SMS-Eingang und auf einmal spielte digitale Technik eine zentrale Rolle in meinem Leben. Mit 22 kaufte ich mir mein erstes Smartphone. Seitdem beantwortet mir Google innerhalb von Sekunden jede wichtige Alltagsfrage. Auch der Wunsch nach einem »Bildtelefon« wurde Realität. Meine Großmutter traute ihren Augen kaum, als auf dem Laptop plötzlich per Skype das Gesicht ihres Enkels aus dem Auslandssemester in Singapur erschien. Spätestens seit meinem Berufsstart dominierte ein digitales Gerät den Großteil meines Alltags.

In den letzten Jahren habe ich viel darüber nachgedacht, wie die Digitalisierung, die nur 20 Jahre zuvor für mich völlig irrelevant war, mein Leben und unsere ganze Gesellschaft über die Zeit immer tiefgreifender geprägt hat. Dass dieser Trend sich noch weiter be-

schleunigt, faszinierte und beunruhigte mich zugleich. Je intensiver ich mich damit auseinandersetzte, desto geneigter war ich, mich der radikalen Meinung zahlreicher Digitalisierungsexperten und Zukunftsforscher anzuschließen: Der Fortschritt der Digitalisierung wird uns zeitnah mit der wohl größten zivilisatorischen Herausforderung konfrontieren, die es je zu bewältigen galt. Folgt man den progressiven Zukunftsprognosen, stehen wir menscheitsgeschichtlich nur einen Wimpernschlag vor dem Moment, in dem künstliche Intelligenz das bisherige Primat des Menschen als höchste Intelligenzform auf diesem Planeten ersetzt. Gleichzeitig führen Innovationen im Bereich der künstlichen Intelligenz, Genetik und Nanotechnologie unweigerlich dazu, dass Menschen sich künftig technisch »optimieren« können. In letzter Konsequenz könnten die Grenzen zwischen Mensch und Maschine tatsächlich verschwimmen – ein Szenario, das bis vor Kurzem im Reich der Science-Fiction angesiedelt war.

Falls Ihnen diese Gedanken zu weit hergeholt erscheinen, lassen wir an dieser Stelle die Aussagen von drei der weltweit einflussreichsten Köpfe für sich selbst sprechen. »Computer werden Menschen innerhalb der nächsten hundert Jahre mit künstlicher Intelligenz überholen«, sagt beispielsweise der berühmte Physiker Stephen Hawking, und nennt dabei noch einen relativ weit gefassten Zeitrahmen.¹ Sein Urteil zu dieser Entwicklung ist zwiespältig: Künstliche Intelligenz werde entweder »das Beste sein, das der Menschheit passieren kann. Oder das Schlechteste«.² Der Visionär und Gründer von Tesla und Space X, Elon Musk, ist der Meinung, dass künstliche Intelligenz »das größte Risiko für unsere Zivilisation« sei. Die Menschheit müsste zudem ihre Fähigkeiten durch eine »Verschmelzung von biologischer und maschineller Intelligenz« erweitern, falls sie mit den Fähigkeiten künstlicher Intelligenzen mithalten wollte.³ Vor diesem Hintergrund erklärt sich auch Elon Musks jüngst bekannt gegebenes Investment in die Firma Neuralink, die an der Technologie für Gehirn-Computer-Schnittstellen arbeitet. Der Chefindgenieur von Google, Ray Kurzweil, geht in seinen Gedanken

sogar noch einen Schritt weiter. Er behauptet, dass der technische Fortschritt sich in den nächsten drei Dekaden derart rasant entwickelt, dass nach dem Jahr 2045 »das menschliche Leben einen unwiderruflichen Wandel erfährt« und die Zukunft der Menschheit nicht mehr vorhersehbar ist.⁴

Natürlich gibt es auch moderatere Stimmen. Marc Zuckerberg glaubt zum Beispiel, dass künstliche Intelligenz menschliche Fähigkeiten nur in bestimmten Teilbereichen übertreffen wird. Darunter fallen Sinneswahrnehmungen wie Sehen und Hören oder die Spracherkennung. Er prognostiziert, dass es möglich sei, »in den nächsten fünf bis zehn Jahren an den Punkt zu kommen, an dem Computersysteme besser als Menschen in all diesen Fähigkeiten sind«. Die Furcht vor künstlicher Intelligenz hält er hingegen für »hysterisch«.⁵

Ich möchte Mark Zuckerberg mit allem Respekt entgegenhalten, dass die Furcht vor künstlicher Intelligenz keineswegs hysterisch ist. Zumindest eine ernsthafte Sorge ist angebracht, und zwar nicht nur vor künstlicher Intelligenz, sondern den Folgen der Digitalisierung im Allgemeinen. Wenn sich selbst die größten Experten nicht einig sind, wie viele Jahrzehnte der Mensch in seiner gegenwärtigen Daseinsform neben immer klügeren Maschinen eine vernünftige Lebensperspektive hat, sollte dann nicht jeder stutzig werden?

Als ich vermehrt begann, mit Bekannten über diese Fragen zu sprechen, erlangte ich zwei Erkenntnisse. Erstens: In Bezug auf digitale Zukunftstrends sind oft wenig mehr als Schlagworte und einige oberflächliche Fakten bekannt. Zweitens: Selbst wenn weitreichendere Kenntnisse vorhanden sind, erschwert ein mangelndes Verständnis technischer und konzeptioneller Grundlagen die Diskussion. Von diesem mangelnden Verständnis möchte ich mich selbst nicht ausschließen, im Gegenteil. Je mehr ich versuchte, eine ganzheitliche Perspektive auf das Thema Digitalisierung zu gewinnen, desto mehr Lücken entdeckte ich in meinem Grundwissen. Um diese persönlichen Beobachtungen einmal zu verallgemeinern,

möchte ich die Behauptung aufstellen, dass sich das gesellschaftliche Verständnis von Digitalisierung grob in vier Personengruppen widerspiegelt:

1. Die erste Gruppe sind die »Verweigerer«. Ich denke hier zum Beispiel an meine Großmutter, Jahrgang 1920. Sie hat niemals Ambitionen gehegt, die Welt des Internet und der Smartphones für sich zu erschließen.
2. Die zweite Gruppe sind die »Neuland-Entdecker«, um Angela Merkels berühmte Aussage aus dem Jahr 2013 aufzugreifen, dass das Internet »für uns alle Neuland« sei.⁶ Zu dieser Gruppe würde ich beispielsweise meine Eltern zählen. Sie haben den Schritt in die digitale Welt gewagt und nutzen digitale Hilfsmittel im Alltag. Wenn Geräte aber nicht wie erwartet funktionieren, benötigen sie schnell Hilfe.
3. Die dritte Personengruppe sind die »Digital-Affinen«. Sie setzen sich privat oder beruflich mit manchen Digitalthemen intensiv auseinander und würden das Internet daher sicher nicht als »Neuland« bezeichnen. Doch auch sie sind über einige Digitalthemen nur oberflächlich informiert. Die meisten der sogenannten *Digital Natives* zählen zur digital-affinen Personengruppe, also Menschen, die seit 1980 geboren wurden und bereits früh in ihrer Jugendzeit mit der Digitalisierung in Kontakt gekommen sind. Natürlich gibt es auch aus den vorherigen Generationen viele Menschen, die digital versiert sind.
4. Schließlich gibt es noch die relativ kleine Gruppe der »Digital-Experten« und »Nerds«, die sich extrem gut im »Neuland« auskennen. Die Digitalisierung ist ihr Leben oder zumindest ihr Beruf. Sie arbeiten in der Start-up-Welt und den Innovationsabteilungen großer Unternehmen. Ihre Vorbilder sind die Vordenker, Erfinder und Konzernlenker aus dem Silicon Valley.

Es dürfte niemanden überraschen, dass der Kreis von Experten aus der vierten Gruppe mit seinen Unternehmungen und Entscheidun-

gen unsere Gesellschaft immer stärker prägt. Ihr Handeln hat bereits heute fundamentale Implikationen für unseren Alltag – und mehr noch in unserer Zukunft. Daraus sollten wir folgende Schlussfolgerung ziehen: Niemand darf sich beim Thema Digitalisierung abhängen lassen, der mit offenen Augen in die eigene Zukunft blicken und das Zepter der Zukunftsgestaltung nicht an einen kleinen Kreis von Digitalisierungsexperten abgeben möchte. Niemand darf sich beim Thema Digitalisierung abhängen lassen, der unsere Gesellschaft als Bürger und Wähler, als Angestellter oder Unternehmer dauerhaft mitgestalten möchte. Dabei ist es nicht notwendig, dass jeder selbst Experte wird. Ein guter Anfang ist es, sich ein umfassendes Grundlagenverständnis von Digitalisierung als Teil einer zeitgemäßen Allgemeinbildung anzueignen. Ein solches Vorhaben kostet Zeit – zu viel Zeit meiner Meinung nach.

Es gibt viele großartige Bücher über Digitalisierung, aber tatsächlich haben weder die Buchhandlung um die Ecke noch Amazon mir mit einem einzelnen Buch weiterhelfen können, das den gesamten Themenkomplex umreißt. Daher habe ich selbst den Versuch gewagt, dieses Buch zu schreiben und die 50 wichtigsten Aspekte der Digitalisierung jeweils auf wenigen Seiten zu erläutern. Als potenziellen Leser hatte ich dabei vor allem Menschen aus dem oben beschriebenen zweiten und dritten Personenkreis vor Augen – also Personen, die weder digitaler Laie noch Digitalexperte sind.

Vielleicht fragen Sie sich, warum gerade ich ein solches Buch schreibe. Ich bin weder Journalist noch selbsterklärter Digitalisierungsguru; doch durch meine frühere Tätigkeit als Unternehmensberater und durch den Aufbau eines digitalen Start-ups habe ich mit verschiedenen Digitalthemen einschlägige Erfahrungen gemacht, auf denen ich bei der Recherche für dieses Buch aufbauen konnte. Ich möchte vor diesem Hintergrund die Digitalisierung aus der Perspektive eines unbefangenen, neugierigen, digital-affinen Menschen beleuchten und sowohl die großen Zusammenhänge als auch wichtige Details in verständlicher Weise erläutern. Meine Hoffnung ist es, all denjenigen ein hilfreiches

Kompendium an die Hand zu geben, die ihr Grundlagenverständnis von Digitalisierung möglichst schnell und dennoch umfassend erweitern wollen.

Ein Blick in die Zukunft: Werden wir alle Maschinenmenschen?

»Die Zukunft gehört denen, die die Möglichkeiten erkennen, bevor sie offensichtlich werden.«

Oscar Wilde

Versuchen Sie sich einen Moment vorzustellen, wie die Welt im Jahr 2045 aussehen wird. Was sehen Sie? Humanoide Roboter, die uns unsere Wohnung putzen? Fliegende autonome Autos? Menschen mit Gehirn-Computer-Schnittstellen, wie Elon Musk sie erschaffen will? Vielleicht ist das auch etwas zu weit gegriffen und Sie haben eine gemäßigtere Vorstellung vom technischen Fortschritt.

Welche Bilder auch immer gerade vor Ihrem inneren Auge erscheinen, sie sind wahrscheinlich stark durch Science-Fiction geprägt. Science-Fiction kann uns tatsächlich helfen, Möglichkeiten zu erkennen, bevor sie offensichtlich werden (um die oben zitierten Worte Oscar Wildes aufzugreifen). Denn wie die Vergangenheit uns gelehrt hat, werden einige Szenarien aus der Science-Fiction tatsächlich irgendwann Realität. Ein gutes Beispiel sind die selbstfahrenden Autos, die in zahlreichen Science-Fiction-Filmen die Straßen der Zukunft befahren. Lange Zeit wurde autonomes Fahren als Hollywood-Schwärmerei abgetan. Mittlerweile sind autonome Fahrzeuge aber so real, dass sie erfolgreich Millionen von Testkilometern auf den Straßen der USA und anderer Länder absolviert haben.

Was aber, wenn Science-Fiction zu kurz greift, um das wahre Potenzial des technologischen Wandels zu erkennen? Einige sehr kluge Menschen sind der Meinung, dass genau dies der Fall sei und

die Realität schon innerhalb der nächsten 30 Jahre (nicht 100 oder 200!) die meisten Science-Fiction-Szenarien überholen werde. Sie sind Anhänger einer Denkschule, die das baldige Eintreten der sogenannten technologischen Singularität postuliert: das Stadium einer Entwicklungsspirale, in dem sich technologischer Wandel so schnell und tief greifend vollzieht, dass er jeden Aspekt des menschlichen Lebens irreversibel verändert. Diesem Zukunftsszenario ist das erste Kapitel des Buches gewidmet – ein ähnlich radikaler Einstieg, als hätte man vor 100 Jahren ein Physikbuch mit Überlegungen zum Bau einer Atombombe eingeleitet. Die Singularität soll dabei nicht als unvermeidliches Schicksal der Menschheit positioniert werden. Vielmehr geht es darum, einen Denkanstoß zu geben, welche technischen, ethischen und vielleicht sogar existenziellen Fragestellungen die Digitalisierung aufwirft.

1. Technologische Singularität

Im Jahr 2045 erreicht die Menschheit die technologische Singularität. Der technische Fortschritt hat sich bis zu diesem Ereignis derart beschleunigt, dass die Zukunft der Menschheit danach nicht mehr vorhersehbar ist. Schon viele Jahre vor der Singularität wird es gelungen sein, mithilfe modernster bildgebender Verfahren ein genaues Verständnis von Aufbau und Funktion unseres Gehirns zu gewinnen. Bis zum Jahr 2030 kommen bei Gehirnschans sogenannte Nanobots in unseren Hirnkapillaren zum Einsatz, kleine Nanoroboter aus Kohlenstoffatomen. Dadurch kann das Gehirn nicht mehr nur von außen, sondern auch von innen »durchleuchtet« werden. Gehirnschans erkennen somit bis ins kleinste Detail, welche Neuronen bei bestimmten Handlungen und Emotionen Impulse senden. Auf Basis dieser Erkenntnisse kann in einem Reverse-Engineering-Verfahren Software erstellt werden, die alle Fähigkeiten unseres Gehirns simuliert, inklusive unserer emotionalen Intelligenz. Solche Computer und Maschinen entwickeln unweigerlich auch die Fähig-

keit, sich ohne menschliches Zutun weiterzuentwickeln. Und je höher die Maschinen entwickelt sind, desto schneller können sie sich selbst weiter verbessern. So entsteht über die Jahre ein sich selbst verstärkender Prozess, eine Spirale des Fortschritts, die sich stetig beschleunigt. Im Jahr 2045 entfacht das Eintreten der Singularität eine Dynamik der Ereignisse, die sich unserer heutigen Vorstellungskraft entzieht.

Der entscheidende Treiber der Entwicklung bis zur Singularität ist exponentieller Fortschritt in verschiedenen technologischen Bereichen, insbesondere in der Computertechnologie, der Nanotechnologie, der Robotik und der künstlichen Intelligenz. Exponentielles Wachstum ist trügerisch: Im Gegensatz zu linearem Wachstum beginnt es zunächst langsam, nimmt aber dann zu einem bestimmten Zeitpunkt geradezu explosionsartig Fahrt auf. Dieses Phänomen erklärt den Entwicklungssprung der Technik in den Jahren 2015 bis 2045: Zwischen 2015 und 2020 ist ein Punkt in der Kurve erreicht, ab dem sich technischer Fortschritt – gerade im Bereich künstlicher Intelligenz – dramatisch beschleunigt.

Die Singularität wird die Menschheit jedoch nicht unvorbereitet treffen. Bis zu ihrem Eintreten werden wir die weitere Entwicklung absehen und proaktiv gestalten können. Die rasante technologische Entwicklung wird nämlich auch vor dem menschlichen Körper nicht haltmachen. Revolutionäre Fortschritte in der Genetik und Nanotechnologie werden dem Menschen erheblich bessere körperliche und geistige Fähigkeiten verschaffen. Unsere Körper werden jung und gesund bleiben und überwiegend aus anorganischen Teilen bestehen. In unseren Blutbahnen werden Milliarden von Nanobots fließen. Sie bekämpfen nicht nur Krankheiten und reparieren alternde Zellen; sie versorgen uns auch mit Sauerstoff – viel effizienter als die obsolet gewordenen roten Blutkörperchen. Auch in unseren Gehirnen werden Nanobots aktiv sein. Sie werden unsere geistigen Fähigkeiten um ein Vielfaches erweitern und uns mit dem Internet verbinden. Zudem können die Nanobots im Gehirn neuronale Reize aus der Außenwelt ausschalten und mit künstlichen überdecken,

sodass wir uns je nach Belieben in der Realität oder einer virtuellen Realität aufhalten können. Bis zum Jahr 2045 wird ein neuer Typus Mensch entstanden sein: Cyborgs, bei denen es keine klare Unterscheidung mehr zwischen biologischer und nicht-biologischer Intelligenz gibt. Doch damit nicht genug: Sobald es uns gelingt, mittels Gehirnschans sämtliche relevanten Details der Gehirnstruktur zu erfassen, werden wir auch lernen, diesen Zustand in einem anderen, leistungstärkeren Substrat zu reproduzieren. Ein solcher Gehirnapload wird uns ein ewiges Leben außerhalb unseres physischen Körpers ermöglichen.⁷

Vielleicht erschreckt Sie dieser Ausblick ins Jahr 2045 ein wenig. Oder Sie fragen sich, welche absurde Fantasien den Urheber dieser Gedanken überkommen haben. In beiden Fällen mag es Sie vermutlich erstaunen, dass der wohl renommierteste Zukunftsforscher unserer Zeit dieses Zukunftsbild skizziert. Ray Kurzweil lautet der Name des bereits in der Einleitung erwähnten und nicht unumstrittenen, US-amerikanischen Futuristen, der in Deutschland über Fachkreise hinaus noch relativ unbekannt ist. Dabei dürfen seine kühnen und folgenreichen Thesen in keiner ernsthaften Diskussion über die langfristigen Folgen der Digitalisierung fehlen. Doch wer genau ist die Person Ray Kurzweil? Und was entgegnet seine Kritiker?

Ray Kurzweil wurde 1948 in New York geboren und studierte nach der Highschool am Massachusetts Institute of Technology (MIT) Computerwissenschaften und Literatur. Schon vor seinem 30. Lebensjahr erlangte er Bekanntheit, indem er eine Maschine für blinde Menschen entwickelte, die in der Lage war, gedruckte Texte vorzulesen. Von 1990 bis heute veröffentlichte Kurzweil sieben Bücher (davon fünf Bestseller), die sich mit Zukunftstechnologien, Gesundheit, Transhumanismus und technologischer Singularität befassen. Darin sagte er gleich mehrere technologische Entwicklungen korrekt voraus, unter anderem den ersten Sieg eines Schachcomputers über den Schachweltmeister bis zum Jahr 1998. Seit 2012 ist Kurzweil Head of Engineering bei Google und hält damit eine der wichtigsten Positionen im Konzern inne. Im Jahr 2015 nannte ihn

Microsoft-Gründer und Multimilliardär Bill Gates »die beste Person, die ich kenne, um die Zukunft künstlicher Intelligenz vorherzusagen«.⁸

Sie sehen also, dieser Mann sollte nicht allzu leicht als verrückter Zukunftsprophet abgetan werden. Immerhin hält die Unternehmensspitze von zwei der größten Technologiekonzerne der Welt, Google und Microsoft, große Stücke auf seine Fähigkeiten. Der Öffentlichkeit bekannt ist Ray Kurzweil heute vor allem durch seine Thesen zur Singularität. Erfunden hat er diesen Begriff allerdings nicht. »Singularity« ist ein fester Begriff der englischen Sprache und steht ursprünglich für ein einzigartiges Ereignis, mit einzigartigen Auswirkungen. Die Mathematik hat den Begriff schon früh übernommen, um einen Wert zu beschreiben, der alle endlichen Schranken übersteigt. 1958 wurde »Singularity« vom IT-Forscher John von Neumann, dem vielleicht wichtigsten Wegbereiter der modernen IT, erstmals in einem technologischen Kontext verwendet. Er beschrieb damals eine »stete Beschleunigung des technischen Fortschritts und der Veränderung im Lebenswandel, die den Anschein macht, auf eine entscheidende Singularität in der Geschichte der Menschheit hinauszulaufen, nach der die Lebensverhältnisse, so wie wir sie kennen, sich nicht fortsetzen könnten«.⁹ Kurzweil hat den Singularitätsbegriff jedoch entscheidend weiterentwickelt, insbesondere durch sein Werk *The Singularity is near* aus dem Jahr 2005.

Bei allem Renommee von Kurzweil gibt es auch zahlreiche Kritiker seiner Theorien. Ein häufig angeführter Kritikpunkt ist, dass Kurzweil zu sehr dem Prinzip exponentiellen Wachstums in verschiedensten Technologiebereichen verhaftet sei und reale Wachstumspotenziale überschätzt.¹⁰ Ein weiterer Einwand ist, dass Kurzweils theoretisches Verständnis des Gehirns sowie der Möglichkeiten zur Replikation des menschlichen Geistes nicht ausreicht.¹¹ Besonders pointiert hat Pulitzer-Preisträger Douglas Hofstadter die Stimmen der Kritiker zusammengefasst: Kurzweils Buch über die nahe Singularität beschreibt er als eine »sehr bizarre Mischung von Ideen, die solide sind, mit Ideen, die verrückt sind«.¹²

Eines sollte bei der Auseinandersetzung mit Kurzweils Ideen aber deutlich werden: Auch wenn nur ein Teil seiner Prophezeiungen eintritt, wird die Digitalisierung die Menschheit stärker verändern, als die meisten unter uns bisher für möglich halten. Sie wird ungeahnte Chancen und Risiken mit sich bringen und mit jedem Tag an Einfluss auf unser Leben gewinnen. Nehmen wir diese Erkenntnis als Motivation, die Grundlagen der Digitalisierung besser zu verstehen und unsere digitale Zukunft kritisch zu hinterfragen.

Das 1x1 der Digitalisierung

Wie kann man die technischen Grundlagen der Digitalisierung am besten erklären? Nähern wir uns dem Thema anhand eines einfachen Beispiels: Sie schießen mit Ihrer Handykamera ein Foto und versenden es per WhatsApp an einen Bekannten. Was passiert aus technischer Sicht bei diesem Vorgang?

Beim Fotografieren projiziert die Linse der Kamera das Bild auf winzige lichtempfindliche Sensoren, die jeweils ein Bildelement, einen sogenannten Pixel, auffangen. Die Sensoren erzeugen eine elektrische Spannung, die abhängig ist von der Intensität des Lichteinfalls. Der ermittelten Spannung wird jeweils ein exakter numerischer Wert zugeordnet, den man als eine Kombination der Ziffern Null und Eins ausdrücken kann. Ihr Bild ist somit in digitale Form umgewandelt und kann von der Software Ihres Handys in der Hardware beziehungsweise dem Speicher des Handys abgelegt werden. Zudem veranlasst die Software, dass das Foto auf Ihrem Bildschirm angezeigt wird. Bei diesem Vorgang wird die für jeden Pixel gespeicherte Zahlenreihe aus Nullen und Einsen als Instruktion für die Einfärbung der Bildpunkte auf dem Handy-Display genutzt. Wenn Sie nun Ihr WhatsApp-Programm öffnen und Ihr Foto versenden, wandelt das Handy den digitalen Code des Fotos in Funkwellen um, die über die Antenne versendet werden. Der nächste Funkmast (falls Sie nicht über WLAN eingeloggt sind) wird das Signal empfangen, in elektrische Form umwandeln und über Telefon- oder Internetkabel zu dem Funkmasten senden, mit dem das Handy Ihres Bekannten verbunden ist.

Das Beispiel veranschaulicht die Bestandteile eines digitalen Vorgangs: Informationen werden in einer binären, also durch die Zahlen Null und Eins ausdrückbaren Form gespeichert, verarbeitet und

weiterkommuniziert. Lassen Sie uns Digitalisierung als das Zusammenspiel der folgenden vier Elemente betrachten:

1. Informationen, die in binärer Form darstellbar sind.
2. Hardware (tangibel) speichert und verarbeitet Informationen, zum Beispiel Computer und Handys.
3. Software (nicht tangibel) instruiert die Hardware, wie Informationen zu speichern und zu verarbeiten sind.
4. Kommunikationsnetzwerke ermöglichen den Informationsaustausch zwischen digitalen Geräten.

Über diese vier Elemente der Digitalisierung sprechen wir in den nächsten Kapiteln, mit weiteren Vertiefungen zu den Themen Programmieren, Internet, Websites und Cloud.

2. Bits & Bytes

Wer verstehen will, was unsere komplexe digitale Welt im Innersten zusammenhält, der stößt schnell auf eine erstaunlich simple Antwort: »Bits«. Ein »Bit« ist die kleinste Informationseinheit in der digitalen Welt. Es kann immer nur einen von zwei möglichen Werten annehmen und wird üblicherweise durch die beiden Ziffern des binären Zahlensystems, Null oder Eins, ausgedrückt. Dieser Tatsache verdankt das Wort »Bit« auch seinen Namen, eine Abkürzung für den englischen Begriff »Binary Digit« – Binärzahl.

Es erscheint zunächst paradox, komplexe Informationen durch ein so simples Zahlensystem wie das binäre System abzubilden. Warum bilden wir Daten nicht wenigstens mit Zahlen aus unserem Dezimalsystem ab, das aus zehn Ziffern besteht und uns viel besser vertraut ist? Ein technischer Grund liefert die Antwort auf diese Frage:

Es ist viel einfacher, ein technisches System zu bauen, das nur zwei logische Zustände kennt, als ein System, das zwischen mehreren Zuständen unterscheiden muss. Zwei verschiedene Spannungen

in einem elektrischen Schaltkreis oder die Polarisierungen eines Magnets reichen bereits aus, um binäre Informationen wie »0/1«, »Ja/Nein«, »an/aus«, »richtig/falsch« oder »hoch/runter« zu speichern. Kombiniert man mehrere Schaltkreise hintereinander, so entsteht aus unterschiedlichen Spannungszuständen der Schaltkreise eine Kombination aus Nullen und Einsen. Diese Ziffernkombination kann zum Beispiel für einen Buchstaben stehen. Alles, was man jetzt noch benötigt, ist ein Schlüssel, der jedem Buchstaben genau eine Kombination der Werte Null und Eins zuordnet. Solch einen Schlüssel gibt es tatsächlich. Er heißt ASCII – abgekürzt für American Standard Code for Information Interchange – und ist weltweit anerkannter Standard. Der Binärcode für den Buchstaben A lautet 0100001.¹³ Ein weiterer Vorteil binär dargestellter Informationen ist, dass die zur Verarbeitung benötigten technischen Systeme immer kleiner werden und immer günstiger herzustellen sind. Somit können mehr Schaltkreise nach ausgeklügelten logischen Prinzipien miteinander verknüpft werden und dadurch größere Datenmengen gespeichert und verarbeitet werden.

Wie wir oben gesehen haben, sind mehrere Bits nötig, um aus binären Zahlenreihen komplexere Informationen wie Buchstaben, Zahlen oder Worte zu erstellen. Daher ist es bei modernen Computern mittlerweile Standard, acht Bits als eine Einheit zu behandeln, die man *Bytes* nennt. Der Binärcode für den Buchstaben A wird durch acht Bits beziehungsweise ein Byte repräsentiert. Insgesamt können durch die Kombination von acht Bits 256 verschiedene Varianten eines Bytes erstellt werden, die jeweils für ein anderes Schriftzeichen stehen. Da 256 Optionen nicht ausreichen, um alle gebräuchlichen Zeichen abzudecken, werden komplexere Zeichen durch eine festgelegte Kombination mehrerer Bytes ausgedrückt. Die japanischen Schriftzeichen für das Wort Tokyo 東京 setzen sich beispielsweise aus vier Bytes, zwei pro Schriftzeichen, zusammen. Wichtig ist, dass jedes einzelne der 256 möglichen Bytes nicht nur als Schriftzeichen interpretiert werden kann. Schließlich wollen wir auf einem Computer ja auch Musik hören und Filme ansehen. Ein Byte kann auch als

Bildelement eines Filmes oder als Ton zu verstehen sein. Die Bedeutung ist davon abhängig, welches Programm und welche Softwarebefehle gerade ausgeführt werden.¹⁴

Verdeutlichen wir uns bei der Besprechung von Bits und Bytes nochmal den Gegensatz zwischen analoger Technik und digitaler Technik. Bei analoger Informationsübertragung wird ein Signal ohne Unterbrechung und exakt proportional in eine andere, besser übertragbare Signalform umgewandelt. Die Schallplatte ist ein gutes Beispiel: Beim Aufnehmen einer Platte werden Schallwellen in Druck umgewandelt, der wiederum genutzt wird, um die Rillen in der Schallplatte proportional zum Druck zu formen. Das so gespeicherte Schallsignal wird beim Abspielen der Schallplatte von der Abtastspitze des Tonabnehmers erkannt. Die Schwingungen der Abtastspitze werden dann in elektrische Signale proportionaler Stärke umgewandelt. Diese werden schließlich an einen Lautsprecher gesandt, in dem die Lautsprechermembran entsprechend der Signalstärke in Schwingung gerät und Schallwellen erzeugt.

Ganz anders erfolgt die digitale Informationsübertragung. Hier werden Signale in diskrete Werte umgewandelt – einzelne Zahlen, die in binärer Form dargestellt werden. Etwas zu digitalisieren bedeutet also, eine Sache in Ziffern auszudrücken, wie bereits der englische Wortstamm digit (=Ziffer) andeutet. Kommen wir zur Veranschaulichung erneut auf das Beispiel einer Musikaufnahme zurück: Die Schallwellen der Musik werden in einem Mikrofon in elektrische Signale umgewandelt, die wiederum in diskrete Daten – Bits und Bytes – überführt und gespeichert werden. Wenn die Musik abgespielt werden soll, veranlasst eine Software die Rückumwandlung der diskreten Daten in elektrische Signale. Diese werden an Lautsprecher gesendet und dort wie beim analogen Vorgang in Töne umgewandelt.

Wie wir gesehen haben, funktionieren analoge und digitale Technik mit ganz unterschiedlichen Mitteln der Informationsübertragung. Bei der Digitalisierung geht es letztendlich darum, immer mehr Aspekte dieser Welt in Form von Bits und Bytes ausdrücken zu können. Musik ist dabei noch einer der am leichtesten digitalisier-

baren Aspekte. Mittlerweile lässt sich sogar der Sitzabdruck unseres Allerwertesten in einen digitalen Code übersetzen: Wissenschaftlern der Universität Tokyo ist es gelungen, anhand der Messdaten von 360 Sensorpunkten auf Autositzen, Versuchspersonen mit 98-prozentiger Trefferquote an ihrem Hinterteil zu identifizieren – ein interessanter Ansatz zum Beispiel zur Verhinderung von Autodiebstahl.¹⁵ Wie das erste Kapitel gezeigt hat, führen uns die heutigen Ambitionen der Digitalisierung möglicherweise so weit, dass wir Gehirne perfekt scannen können. Jeder menschliche Gedanke wäre dann ausschließlich in Bits und Bytes, also in Kombination der Werte Null und Eins, darstellbar.

3. Hardware

Dieses Kapitel über Hardware und Computer ist wahrscheinlich das technischste des ganzen Buches. Das Thema ist zugegebenermaßen etwas trocken, aber ein gewisses Hardwareverständnis kann in vielerlei Hinsicht augenöffnend sein, zum Beispiel um zu verstehen, warum schon wieder der Computer »abstürzt«. Begeben wir uns also in die Welt der Computerhardware:

Die Geschichte des Computers reicht, je nach Definition, bis in die Antike zurück. Der ursprünglichen Bedeutung nach ist ein Computer nichts anderes als ein »Rechner« (englisch to compute = rechnen). Bereits vor über 3000 Jahren kamen erste mechanische Rechner zum Einsatz. Sie kennen vermutlich alle den Abakus, ein Rahmen mit Stäben, auf denen Kugeln für Rechenoperationen aufgereiht sind. Auch einfache mechanische Geräte für astronomische Berechnungen wurden bereits früh genutzt. Ein Beispiel aus der jüngeren Vergangenheit ist der sogenannte Jacquard-Webstuhl, den der Franzose Joseph-Marie Jacquard im Jahr 1805 vorstellte. Der Webstuhl wird über eine Karte mit unterschiedlich gestanzten Reihen von Löchern gesteuert und kann dadurch selbstständig verschiedene Webmuster produzieren. Solche Lochkarten dienten in

weiterentwickelter Form teilweise noch bis in die 1950er-Jahre als »Code« zur Programmierung von Maschinen aus unterschiedlichsten Anwendungsgebieten.



Abakus

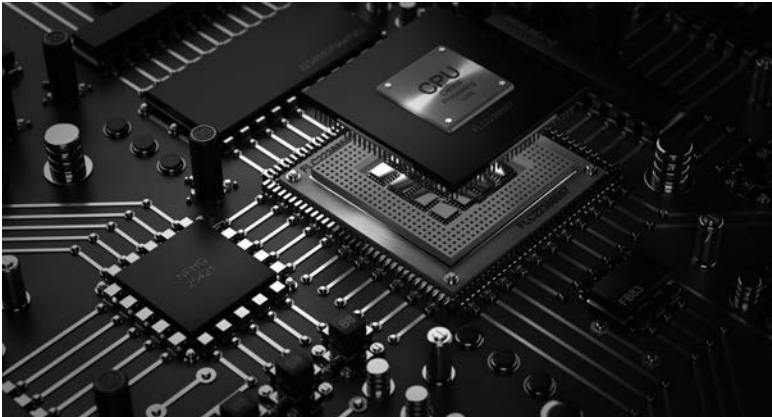
Heute verstehen wir unter Computern meist Geräte, die nicht mechanisch, sondern voll elektronisch arbeiten. Die Entwicklung solcher Rechner begann während des Zweiten Weltkriegs und wurde begünstigt durch rasche Fortschritte im Bereich der Elektronik. Die ersten Prototypen waren noch raumgroße, energiehungrige Technikmonster. Sie basierten auf fragilen Vakuumröhren, die als Regелеlemente beziehungsweise »Ein-/Ausschalter« die Ladungszustände in elektrischen Schaltkreisen festlegten (also den Binärcode Null oder Eins definierten). Zwei wesentliche Innovationen verhalfen bis Ende der 50er-Jahre zum Durchbruch in die moderne Ära des Computers: zum einen die Erfindung des Transistors, ein deutlich kleinerer Ein-/Ausschalter für elektrische Schaltkreise als Vakuumröhren. Zum anderen die Erfindung integrierter Schaltkreise, ein komplexes System, das die Weiterleitung elektrischer Signale (beziehungsweise

von Binärcode) zwischen einzelnen Schaltkreisen nach verschiedenen logischen Prinzipien erlaubte.

Seit den 50er-Jahren ist der funktionelle Aufbau von Computern weitgehend identisch geblieben. Die in derselben Zeitspanne erzielte Verbesserung der Leistungsfähigkeit der einzelnen Komponenten gleicht jedoch einem Quantensprung. Der amerikanische IT-Forscher und Autor Brian W. Kernighan beschreibt in diesem Zusammenhang eine eingängige Analogie zu Autos: Schon vor 100 Jahren bestand ein Auto aus denselben Komponenten wie heute: ein Motor, der den Wagen mithilfe eines Brennstoffs antreibt, ein Tank, ein Lenkrad zur Steuerung, eine Personenkabine, Kofferraum etc. Physisch jedoch haben sich die Komponenten enorm verändert, bieten mehr Leistung, Komfort und Sicherheit.

In praktisch jedem Computer finden sich heutzutage folgende fünf funktionellen Einheiten: der Prozessor (CPU), der Arbeitsspeicher (RAM), die Festplatte (Hard Drive oder Flash Memory), Ein- und Ausgabewerk (Tastatur, Maus, Kamera, Bildschirm) sowie Motherboard mit BUS-System.

Der Prozessor (CPU)



Prozessor

Der Prozessor, auf Englisch *Central Processing Unit (CPU)* genannt, ist das Herzstück jedes Computers. Der Prozessor führt Rechenoperationen durch, veranlasst Datenbewegungen und Speichervorgänge und kontrolliert auch alle weiteren Komponenten des Computers wie zum Beispiel den Bildschirm. Die Funktionsweise des Prozessors folgt einem rigiden Befehlszyklus, der zwar nur eine begrenzte Anzahl von Operationen kennt, dafür aber in einer unglaublichen Geschwindigkeit arbeitet. Die Befehlsverarbeitung folgt einem festen Zyklus und lautet immer *FETCH, DECODE, FETCH OPERANDS, EXECUTE, WRITE BACK*. Veranschaulichen wir uns dieses Schema anhand eines vereinfachten Beispiels, der Addition von $2 + 3$ mit einer Rechensoftware:

1. **FETCH – Befehlsabruf:** Der Prozessor lädt den nächsten Befehl der Rechensoftware aus dem Arbeitsspeicher (RAM) in den Prozessor – in diesem Fall »addiere 2 und 3«.
2. **DECODE – Dekodierung:** Der Prozessor liest den Befehl »Addiere« aus sowie codierte Informationen zum Speicherort der Summanden im Arbeitsspeicher.
3. **FETCH OPERANDS – Abruf der Operanden:** Der Prozessor lädt die Summanden 2 und 3 aus dem Arbeitsspeicher.
4. **EXECUTE – Befehlsausführung:** Das Rechenwerk im Prozessor addiert die Summanden 2 und 3 zur Zahl 5.
5. **WRITE BACK – Rückschreiben des Resultats:** Falls notwendig, schreibt der Prozessor das Ergebnis in den Arbeitsspeicher zurück. Nach Beendigung des Befehlszyklus können neue Befehlszyklen starten, beispielsweise zur Anzeige des Ergebnisses auf dem Bildschirm.

Der beschriebene Mechanismus wird angetrieben durch einen regelmäßigen Impuls des Prozessors, der wie ein Herzschlag eine Aktion nach der anderen auslöst. Vielleicht haben Sie sich schon mal gefragt, wofür die Bezeichnung GHz oder Gigahertz bei Computern steht: Sie quantifiziert die Leistungsfähigkeit des Prozessors anhand der

Anzahl der Aktionen, die pro Sekunde durchgeführt werden können. Die Maßeinheit Hertz drückt hierbei die Taktzahl pro Sekunde aus und ist zurückzuführen auf den deutschen Physiker Heinrich Hertz. 1888 war es Hertz erstmals gelungen, elektromagnetische Strahlung zu erzeugen, die Basis für Funk- und Radiotechnik (zum Beispiel 96,3 MHz für Radio Gong in München). Die Abkürzung »MHz« steht für Megahertz beziehungsweise 1 Million Hertz, die Abkürzung »GHz« für Gigahertz beziehungsweise 1 Milliarde Hertz. Heutige Prozessoren sind fast unbegreiflich schnell: Während unser menschlicher Herzschlag ca. 1 Hz beträgt, verfügt ein handelsüblicher Laptop über einen 2,2-GHz-Prozessor. Der Prozessor schafft also in einer Sekunde 2,2 Milliarden »Schläge«. Unser Herz benötigt dafür 70 Jahre.

Physisch besteht der Prozessor aus einem integrierten Schaltkreis, der vereinfacht meist als Computerchip bezeichnet wird. Der Chip ist mit nur ein bis zwei Zentimetern Seitenlänge erstaunlich klein. Zum Schutz ist das fragile Gebilde in ein mehrfach größeres Chipgehäuse eingekapselt. Im Inneren des Computerchips sind unzählige kleinste Schaltkreise und weitere elektronische Bauelemente miteinander verbunden. Die Leiterbahnen haben heute nur noch die Breite einiger Atome – ein menschliches Haar wirkt dagegen so groß wie ein Baumstamm.¹⁶ Eine zentrale Rolle im Computerchip spielen Transistoren, die man am einfachsten als Ein-/Ausschalter für elektronische Schaltkreise bezeichnen kann. Mit der Hilfe der Transistoren lassen sich mehrere Schaltkreise so verknüpfen, dass elektrische Signale nur entsprechend einfacher logischer Prinzipien weitergeleitet werden. Man spricht auch von sogenannten Logikgattern. Die Kombination unzähliger Logikgatter ermöglicht die Durchführung vieler komplexer logischer Operationen in kürzester Zeit.

Prozessoren werden seit Jahrzehnten aus halbleitendem Silizium hergestellt (daher auch der Begriff Silicon Valley). Ein komplexes Verfahren aus chemischen und optischen Prozessen ermöglicht es, die Schaltkreise mit Transistoren flach und drahtlos auf mikroskopisch kleine Siliziumscheibchen aufzutragen. Deshalb haben die Schaltkreise in einem Computerchip nur wenig mit den verdrahteten Kons-