



Algorithmen, maschinelle Intelligenz, Big Data

Einige Grundsatzüberlegungen

Wir erleben in den letzten Jahren wieder verstärkt eine Diskussion über die Möglichkeit der Künstlichen Intelligenz (KI), die Macht der Algorithmen und zur Frage nach der Zukunft dieser Technologie. Der im Juni 2014 verstorbene frühere Chefredakteur der Frankfurter Allgemeine Zeitung, Frank Schirrmacher, hat in seinem Buch „EGO – Das Spiel des Lebens“ die Macht der Algorithmen beklagt [1]. Er sieht darin eine große Gefahr für die Zivilisation, wie wir sie kennen. Der vorliegende Text adressiert eine Reihe dieser Fragen vor dem Hintergrund mehrerer Jahrzehnte Arbeit in diesen Themenfeldern. Er beginnt mit einigen Hinweisen zu Algorithmen und zum Thema der Intelligenz von Mensch und Maschine, geht auf die IT-Revolution und die aktuelle Debatte um Big Data ein und gibt einige Hinweise zur möglichen Zukunft aus Sicht des Autors.

Die Welt der Algorithmen

Wir erleben heute, dass die algorithmische Verarbeitung von Information zunehmend an Bedeutung gewinnt. Dabei wird das Thema als solches immer mehr Menschen bekannt. Satellitenkommunikation, Navigationssysteme im Automobil, Micro-Trading an Börsen: Dies alles sind Themen der Algorithmik. Algorithmik spielt auch eine Rolle, wenn wir technische Bauteile oder Häuser mit CAD-Modellen beschreiben, aus diesen Beschreibungen Bearbeitungsmodelle algorithmisch ableiten, die wir dann an Fräsmaschinen oder „Printer“ schicken, die dort Teile herstellen oder heute teilweise auch schon „ausdrucken“.

Algorithmus bedeutet dabei im Wesentlichen eine Abfolge von Operationen, die von einem Ausgangszustand zu anderen Zuständen führen, und zwar in einer Sequenz von Bearbeitungsschritten, bis (hoffentlich) ein angestrebter Endzustand erreicht wird. Abhängig von Zwischenständen oder anderen Parametern erfolgt auf dem Wege der Abarbeitung der Schritte der Übergang zu weiteren Zuständen. Wir haben es also auch mit einem Algorithmus zu tun, wenn ein Steinzeitmensch aus einem Feuerstein eine Klinge schlug oder aus dem Stoßzahn eines Mammuts ein so beeindruckendes frühzeitliches Kunstwerk wie den Löwenmenschen herstellte.

Man kann sagen, dass das technische Potenzial einer Zivilisation insbesondere durch die Leistungsfähigkeit der ihr verfügbaren Algorithmen festgelegt ist. Vielfältige (mathematische) Algorithmen stecken in praktisch allen Maschinen. Die Mathematiker sprechen deshalb gerne von „Mathematics Inside“, so wie Intel von 1991 bis 2006 mit Bezug auf PCs der Firma IBM Werbung machte mit dem Slogan „Intel Inside“.

In der Mathematik und theoretischen Informatik gibt es ein gutes Verständnis für die Menge dessen, was man algorithmisch behandeln kann. Im weitesten Sinne ist das die Welt des Berechenbaren [2]. Die Inkarnation der Berechnungsmaschine ist ein Computer, versehen mit entsprechenden peripheren Systemteilen (z. B. Eingabetastatur, Scanner, Drucker etc.). Das den Computer abstrahierende mathematische Konstrukt ist die sogenannte Turingmaschine [2]. Das Leben von Alan Turing (Logiker, Mathematiker, Krypto-

analytiker, Informatiker: 1912–1954), dem begnadeten Pionier des Computerzeitalters, wurde unter anderem 2014 verfilmt („The Imitation Game – ein streng geheimes Leben“), wobei der Titel des Films auf den sogenannten Turing-Test anspielt, mit dem potenziell festgestellt werden soll (kann), ob eine Maschine die Intelligenz des Menschen erreicht hat.

Insofern als das, was wir üblicherweise als Intelligenz wahrnehmen, viel damit zu tun hat, dass man über entsprechende Algorithmen verfügt und diese ausführen kann, ist die zunehmende Durchdringung der Welt mit abstrakt kodierten Algorithmen einerseits und mit Maschinen, die Algorithmen abarbeiten können, andererseits ein dominanter zivilisatorischer Prozess. Dieser hat mittlerweile zu einer Welt mit 7 Mrd. und bald 10 Mrd. Menschen geführt. Das wäre ohne eine entsprechende Technikentwicklung und ohne entsprechende Algorithmik nicht möglich gewesen.

Das Thema der Intelligenz von Mensch und Maschinen

Fragen der Intelligenz, Kreativität, Kognition, des Bewusstseins und des Wissens beschäftigen die Wissenschaft seit langem [3–10]. In diesem Kontext untersucht man heute in den verschiedenen Wissenschaften das Verhalten ganz unterschiedlicher Systeme. Steht hier zunächst auch

Gekürzte und überarbeitete Variante eines umfangreicheren FAW/n Reports „Algorithmen, maschinelle Intelligenz, Big Data: Einige Grundsatzüberlegungen“ (Langvariante), FAW/n Report, Ulm, 2015

der Mensch als Träger von Intelligenz im Vordergrund, so betrachtet man ebenso höhere Primaten, Insektenstaaten, Roboter, aber auch Mensch-Maschine-Systeme, intelligente Informationssysteme, Unternehmen und Organisationen und manchmal auch Gaia, d. h. das gesamte „lebende System“ der Biomasse auf dieser Erde. Eine Frage ist, in welchem konzeptionellen Rahmen man derart unterschiedliche Systeme simultan analysieren kann. Ein solches Konzept sind Superorganismen. Dies sind „lebende“ Strukturen, deren Überlebensfähigkeit von einer geeigneten Koordinierung des Miteinanders von Einzelsystemen abhängt, die ihrerseits lebensfähig sind, so wie ein Mensch aus Milliarden lebender Zellen besteht.

Praktische Fragen betreffen dann Punkte folgender Art, die allesamt Bezüge zur Überlebensfähigkeit und Performance derartiger Systeme besitzen: Kann ein Superorganismus Informationen speichern und verarbeiten? Verfügt ein Superorganismus über Intelligenz? Ist er kreativ? Kann er kommunizieren? Besitzt er Bewusstsein? Wie ist die Frage der internen Hierarchie von konkurrierenden Ansprüchen und des Umgangs mit knappen Ressourcen geregelt? Im Folgenden wird eine Reihe dieser Punkte angesprochen.

Konkret unterscheiden wir dazu zunächst in Bezug auf einschlägige Literatur [11]–[14] vier Repräsentationsformen von Wissen. Wissen wird dabei in unterschiedlichen Formen der Musterbildung und -transformation abgelegt und umgesetzt. Diese sind im Rahmen der biologischen Evolution nacheinander entstanden und bauen aufeinander auf. Es geht dabei nicht um die manchmal in der Literatur betrachtete (in der begrifflichen Abgrenzung problematische) Pyramide aus „Daten, Information, Wissen und Weisheit“. Wenn überhaupt, besteht mit den Ebenen (2) und (3) ein Zusammenhang zu der bekannten Unterscheidung zwischen „knowledge level“ und „symbol level“, wobei aber auch die Bedeutung dieser Begriffe in der Literatur variiert. In einer mehr klassischen Begriffswelt geht es vielmehr um folgende Mechanismen und Ebenen:

1. Wissen in Form dreidimensionaler Passung,

2. sensomotorisches Wissen bzw. Wissen in Form von Können, repräsentiert in dynamischen Gleichgewichten, z. B. in neuronalen Netzen,
3. Wissen auf der Ebene von Sprache, Logik, symbolischen Kalkülen, z. B. das klassische Wissen in der Philosophie,
4. Wissen in Form mathematischer oder anderer komplexer Modelle der Realität.

Als Beispiele für Wissen auf der Ebene (1) sei die Anpassung zwischen Körper und Biotop genannt, aber z. B. auch die „Spiegelbildlichkeit“ zwischen Virus und Antikörper. Hierzu gehören auch das Wirken der Antikörperidentifikation im Immunsystem und ganz allgemein das „Schlüssel-Schloss-Prinzip“ als eine spezielle Form der Passung. Noch genauer lässt sich das wie folgt formulieren: In einem lebenspraktischen (Hardware-nahen) Sinne weiß der Schlüssel, wie ein Schloss zu öffnen ist, auch wenn er natürlich im umgangssprachlichen Sinne nichts weiß.

Auf der Ebene (2) der sensomotorischen Funktionen sind alle Fähigkeiten etwa von Menschen oder höheren Säugern platziert, die zur holistischen Bewertung und Einschätzung von Situationen (Intuition) oder zur Ausführung von komplexen Körperbewegungen aller Art befähigen. Aufgrund mathematischer Ergebnisse der letzten 20 Jahre wissen wir heute, dass die hier wirksamen Mechanismen im Prinzip die Mächtigkeit haben, alle stetigen Funktionen (darüber hinaus sogar alle stetigen Funktionen mit einer begrenzten Zahl von Sprungstellen) zu erlernen [15]. Ferner sind sie insbesondere dazu in der Lage, im Prinzip alle Informationsverarbeitungsprozesse auszuführen, die ein Rechner bzw. eine Turingmaschine prinzipiell auszuführen in der Lage sind („Berechenbarkeitsvollständigkeit“).

Ebene (3) bezeichnet die Ebene der sprachlichen bzw. symbolischen Kalküle. Das ist die Ebene, die besonders charakteristisch für den Menschen ist.

Ebene (4) ist schließlich die Ebene der abstrakt-mathematischen bzw. naturwissenschaftlichen Modelle. Hier geht es um Modelle der Welt und damit um ein Wissen, das eigentlich zu komplex ist, um von

einem Gehirn noch direkt auf einer biologischen Ebene beherrscht zu werden.

An dieser Stelle ist zu beachten, dass die beschriebene Hierarchie nicht bedeutet, dass höhere Ebenen der Wissenskodierung eine höhere Qualität des Wissens darstellen. Vielmehr sind viele Superorganismen, insbesondere auch Menschen und Firmen, häufig deshalb erfolgreich überleben, weil sie Wissen auf den genannten, nicht-begrifflichen Ebenen besitzen, von dem sie in der Regel nicht einmal wissen, dass es vorhanden ist. Dabei ist es in unserer Gesellschaft allerdings oft so, dass der gesellschaftliche Kontext erzwingt, den Erfolg bestimmten Hierarchien bzw. Regelebenen zuzuweisen, auch wenn tatsächlich ganz andere Ebenen den Ausschlag gegeben haben.

Entscheidungsfindung

Entscheidungsfindung ist eine Kernfähigkeit des Menschen. Im Wesentlichen ist unser Leben und das, was wir daraus machen, die Folge einer nicht endenden Reihe von Entscheidungen, die wir treffen. Aus wissenschaftlichen Analysen wissen wir, dass die Entscheidungsfindung des Menschen oft fehlerhaft ist [16]. Die Qualität ist häufig nicht besonders gut, was übrigens oft auch das Urteil der Entscheider ist.

Der wissenschaftliche Einblick in die Natur von Entscheidungsfindungen im Rahmen der sogenannten Entscheidungstheorie ist vielfältiger Natur. Es gibt tiefe methodische Einsichten, zugleich oft große Diskrepanzen über die Art, wie Menschen tatsächlich entscheiden. In vielen wirtschaftlichen Anwendungen lassen wir heute Maschinen nach einer bestimmten Abwägungslogik entscheiden. Die wirtschaftlichen Ergebnisse sind oft sehr zufriedenstellend. Dazu sind Trade-offs zu modellieren, wobei zu beachten ist, dass Trade-offs und Kompromisse den Kern der Entscheidungsfindung bilden.

Eine gute Methodologie steht für den Fall von multiattributiver Entscheidungsfindung unter Unsicherheit mit bekannten Wahrscheinlichkeiten zur Verfügung [17]. Das Hauptergebnis ist der Satz von Neumann-Morgenstern (John von Neumann, Mathematiker: 1903–1957; Oskar Morgenstern, Wirtschaftswissen-

schaffler: 1902–1977). Er liefert eine vollständige Charakterisierung und Operationalisierung der besten Entscheidungen unter sinnvollen Axiomen der Rationalität, die von vielen Menschen für ihre persönlichen Entscheidungsfragen akzeptiert werden, auch wenn andere Menschen diese Form der Operationalisierung ablehnen. Die gemäß dem Satz von von Neumann-Morgenstern besten Entscheidungen maximieren den zu erwarteten Nutzen für die angenommene Wahrscheinlichkeitskonstellation und einen multiattributiven subjektiven Nutzen. Bezüglich der verschiedenen zur Bewertung von Alternativen herangezogenen Attribute spielen dabei die Auswahl der Bewertungskriterien und die dazugehörigen Skalen eine zentrale Rolle.

Das von Neumann-Morgenstern-Theorem ermöglicht in vielen komplexen Anwendungen eine gute algorithmische Operationalisierung der menschlichen Entscheidungsfindung, auch wenn der Weg, um zu der Entscheidung zu gelangen, in der Regel völlig anders ist als die Art und Weise, wie Menschen diese Aufgabe erledigen. Damit ist Folgendes gemeint: Wenn Menschen konsistent entscheiden, lässt sich das Ergebnis in der Regel über das von Neumann-Morgenstern-Kalkül nachbilden, auch wenn die Menschen so nicht vorgehen und u. U. auch nicht vorgehen wollen und es zudem lebenspraktisch schwierig sein kann, die Entscheidung so herbeizuführen, dass erst die für die Theorie relevanten Größen erarbeitet werden und dann auf dieser Basis gemäß Kalkül entschieden wird. Entscheidung durch Systeme ist insofern ein wichtiges, aber auch komplexes Thema mit vielen Facetten.

Leistungsunterschiede zwischen Mensch und Maschine

Wenn Mensch und Maschine ähnliche Leistungen erbringen, bedeutet dies nicht, dass sie dabei ähnlich vorgehen. Dies wurde gerade für das Thema „Entscheiden“ beschrieben. Sich schnell bewegen ist ein weiteres gutes Beispiel. Geparden sind ein natürlicher Referenzpunkt für schnelles Rennen. Die Vielfalt ihres Könnens ist beeindruckend. Sie sind uns Menschen überlegen, aber in vielen Situationen ei-

Bundesgesundheitsbl DOI 10.1007/s00103-015-2189-3
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2015

F.J. Radermacher

Algorithmen, maschinelle Intelligenz, Big Data. Einige Grundsatzüberlegungen

Zusammenfassung

Wir erleben erstaunliche Entwicklungen im Bereich Big Data und Künstliche Intelligenz. Sie folgen einem Schema, das wir jetzt seit Jahrzehnten beobachten: dem Moore's Law, also der Vertausendfachung der Leistungsfähigkeit und Effizienz im Bereich elementarer Rechenoperationen alle 20 Jahre. Auch wenn wir noch nicht dort angekommen sind, wo Maschinen im Sinne einer Singularität so „intelligent“ werden wie Menschen, so werden sie doch zunehmend besser. Das Internet der Dinge hilft, die Leistungsfähigkeit der Maschinen noch einmal massiv zu steigern. Big Data und eine entsprechende Analytik tun dasselbe. Lassen wir diese Prozesse einfach weiterlaufen, können sie die Zivilisation an vielen Stellen gefährden. Gelingt die „Ein-

hegung“ dieser Prozesse im Sinne einer vernünftigen politischen Global Governance, im Sinne einer weltweiten ökologisch-sozial vernünftig regulierten Marktwirtschaft und im Sinne einer Ökonomie der grünen und inklusiven Märkte, könnte daraus viel Wünschenswertes und für die Zukunft Gutes resultieren. Irgendwann könnte dann auch der dauernde Zwang zur Innovation aufhören. Dass es aber so kommen wird, ist alles andere als sicher. Wir stehen vor großen Herausforderungen.

Schlüsselwörter

Algorithmen · Big Data · Entscheidungsfindung · Ökologisch-soziale Marktwirtschaft · Maschinelle Intelligenz

Algorithms, machine intelligence, big data. General considerations

Abstract

We are experiencing astonishing developments in the areas of big data and artificial intelligence. They follow a pattern that we have now been observing for decades: according to Moore's Law, the performance and efficiency in the area of elementary arithmetic operations increases a thousand-fold every 20 years. Although we have not achieved the status where in the singular sense machines have become as "intelligent" as people, machines are becoming increasingly better. The Internet of Things has again helped to massively increase the efficiency of machines. Big data and suitable analytics do the same. If we let these processes simply continue, our civilization may be endangered in many instances.

If the "containment" of these processes succeeds in the context of a reasonable political global governance, a worldwide eco-social market economy, and an economy of green and inclusive markets, many desirable developments that are advantageous for our future may result. Then, at some point in time, the constant need for more and faster innovation may even stop. However, this is anything but certain. We are facing huge challenges.

Keywords

Algorithms · Big data · Decision making · Green and inclusive markets · Machine intelligence

nem Automobil nicht. Natürlich „rennen“ Geparden und Automobile ganz anders. Man kann also vergleichbare Leistung auf sehr unterschiedliche Art realisieren. Dies gilt für sensomotorische Funktionen (wie Laufen) ebenso wie für Intelligenzprozesse. Dies zeigt z. B. das Schachspielen.

Wenn Menschen Schach spielen, spielen sie es ganz anders als Maschinen. Maschinen können mehr Situationen analysieren. Der Mensch hat eine spezifische Mustererkennung und Intuition. Für die hohe Leistungsfähigkeit von Maschi-

nen im Schachspiel reicht es aber nicht aus, dass sie viele Stellungen betrachten, denn es gibt einfach zu viele Stellungen, um sie alle betrachten zu können, nämlich mehr als die Anzahl aller Atome im Universum. Ein Ansatz, der nur auf die Zahl der analysierten Stellungen abzielt, würde also nie funktionieren, um den Menschen zu besiegen, auch nicht in der Zukunft (ein Thema der Komplexitätstheorie). Die Maschine braucht zusätzlich eine sehr gute Bewertungsfunktion für Stellungen und ist darin in der Regel dem Men-

schen überlegen. In der Kombination der Betrachtung vieler Stellungen und einer guten Stellungsbewertungsfunktion gewinnt heute die Maschine in der Regel gegen den Menschen. Es sind verschiedene Inkarnationen von Intelligenz, die hier gegeneinander spielen, und es wird deutlich, dass der Mensch häufig nicht der Sieger ist.

In der Konkurrenz zur Maschine ist die Situation für den Menschen deshalb nicht einfach. Auf Seite der Nutzung ist es natürlich so, dass der Mensch die Maschine auf dem jeweiligen höchsten neuen Niveau für sich nutzen kann und dabei „besser“ wird. Die Frage ist dann, wie gut die Mensch-Technik-Kombination im Verhältnis zu der Maschine allein ist. Das hier stattfindende „Rennen“ um einen Platz für den Menschen nennt man im angelsächsischen Raum auch „The race between education and technology“ [18].

Die IT-Revolution

Woher kommen die großen Veränderungen, deren Zeugen wir sind? Sie sind im Wesentlichen eine Folge der Tatsache, dass wir im Bereich IT die höchste Innovationsgeschwindigkeit erleben, die es je gegeben hat. Im Kern steckt dahinter das so genannte „Moore'sche Gesetz“ (1965 formuliert von Gordon Moore, geb. 1929, Mitbegründer von Intel), das aussagt, dass wir bei elementaren Rechenoperationen alle 20 Jahre eine Effizienzsteigerung um etwa einen Faktor von 1000 erreichen können (d. h. mindestens eine Verdoppelung alle 2 Jahre). So entwickeln sich jetzt die Daten seit Jahrzehnten. Und es wird noch einige Zeit (wenn auch nicht auf Dauer) so weitergehen. Hinter diesem Gesetz steht die Beobachtung, dass wir Informationseinheiten (Bits) auf immer kleinerem physikalischem Raum kodieren können, was die unglaubliche Miniaturisierung und damit auch die Beschleunigungen und Kostensenkung bei diesen Berechnungsprozessen nach sich zieht. Dabei wird deutlich, dass Information nur sehr schwach mit einer konkreten physikalischen Repräsentation gekoppelt ist. Das ist der tiefere Grund dafür, warum Moore's Law möglich ist. Anders ausgedrückt besagt dies: Für eine Addition ist es egal, wie groß man die Nullen und die

Einsen schreibt. Das Additionsergebnis ist davon unabhängig. Die Situation ist an dieser Stelle ganz anders als bei einem Auto, das immer mindestens so groß sein muss, dass ein Mensch hineinpasst.

Die Folge sind heute Systeme zum Beispiel im Bereich Micro-Trading von Finanztiteln, die im Millisekunden-Bereich Verträge über Millionen Euro abschließen. Wesentliches passiert dabei, ehe ein Mensch überhaupt bemerkt, dass es geschieht. In Zukunft wird sich das weiter potenzieren, und zwar durch das Internet der Dinge. Dieses ist wiederum eine Folge davon, dass extrem preiswerte, leistungsfähige Chips verfügbar sein werden. Chips der heutigen Leistungsfähigkeit in Mobiltelefonen oder PCs werden in 20 Jahren für Cent-Beträge zur Verfügung stehen. Dies wird dazu führen, dass in Milliarden von technischen Geräten intelligente Komponenten zu Verfügung stehen, die ihrerseits kommunizieren.

In diesem Prozess transformiert sich die Menschheit in einen hybriden Mensch-Technik-Superorganismus, der in 20 Jahren wahrscheinlich schon 30 Mrd. „intelligente“ Komponenten umfassen wird. Davon wird der weitaus größte Teil aus kommunikationsfähigen Maschinen mit „Intelligenzpotenzialen“ bestehen. Dabei führen Maschinen untereinander auch schon heute den größten Teil der Kommunikation im Internet aus. Die Frage ist, was es für die Menschheit heißt, wenn sie Teil eines derartigen Informationsnetzwerks sein wird.

Die aktuellen Debatten zu Big Data

Als Ergebnis der beschriebenen Prozesse im IT-Bereich liegen heute unglaublich große Datenmengen zu ganz unterschiedlichen Themenbereichen vor (Big Data). Zum Beispiel produziert die Europäische Union einen nie endenden Datensatz an Übersetzungen von einer europäischen Sprache in eine andere. Das Verhalten von Menschen wird in sozialen Netzwerken wie Facebook dokumentiert. Die Menschen stellen die entsprechenden Informationen selbst zur Verfügung. In Supermärkten kann man heute Enormes über das Kaufverhalten und damit auch den Lebensstil von Menschen eruieren,

weil die entsprechenden Daten anfallen, zum Teil persönlich zugeordnet und festgehalten werden. Dabei ist zwischen dem Sammeln und Speichern der Daten und dem Verarbeiten zu unterscheiden. Ferner geht es darum, ob die Betroffenen wissen und akzeptieren, was mit ihren Daten geschieht, oder nicht.

Es entstehen immer neue Anwendungen und Möglichkeiten. Literatur zum Thema findet sich z. B. in [19–22]. Es lohnt sich, die großen Datenmengen auszuwerten und für das eigene Geschäft nutzbar zu machen, wenn man über diese Daten verfügt. Was da passiert, ist nichts wirklich Besonderes. Wenn man früher einen Menschen beschatten lassen konnte, hat man oft Informationen gewonnen, die viel Geld wert waren. Heute wissen Unternehmen wie Google oder Facebook mehr über Menschen, als man früher durch den Einsatz von Privatdetektiven herausfinden konnte, z. B. über ihr Kaufverhalten oder ihre Partnerschaften, und das ohne entsprechend hohe Kosten. Natürlich kann man das nutzen, um gezielt Produkte anzubieten. Die werden dann gekauft, andere Anbieter haben das Nachsehen. Also wird man Google und andere dafür bezahlen, dass man in den Vorschlagprozess integriert wird.

In medizinischen Studien wollte man schon immer viel über die Lebensgewohnheiten von Menschen wissen. Die Beschaffung solcher Daten ist aber teuer und aufwendig; teilweise war und ist diese auch aus datenschutzrechtlichen Gründen verboten. Heute gibt es viele mit Menschen verbundene Prozesse, in denen für die Medizin relevante Daten in gigantischem Umfang anfallen. Sie fallen en passant an und können von einem Systemanbieter genutzt werden, z. B. Daten zu Vitalfunktionen, die 24 h pro Tag überwacht werden, um den Nutzer über seinen Lebensstil und seine Disziplin zu informieren. Bei Anbietern von Nahrungsergänzungsmitteln bis hin zu Medikamenten, von Fitnessangeboten, bei Lifestyleberatern, bei Kliniken bis hin zu Krankenversicherungen gibt es große Interessen an diesen Daten, da sie enorme wirtschaftliche Potenziale bieten. Allerdings stehen diese Daten damit noch nicht der Wissenschaft zur Verfügung, sondern unter

liegen weiterhin Datenschutzbestimmungen, die deren Nutzung regulieren.

Die algorithmische Auswertung von Daten ist ein eigenes Thema. Oft geht es dabei nicht um tiefe Erkenntnisse, sondern um simple Korrelationen: von „Causation“ (also einem inhaltlichen Verständnis) zur „Correlation“ (also zu statischen Zusammenhängen): Letzteres ist für viele praktische Zusammenhänge ausreichend, auch wenn es den Kern der Sache oft nicht trifft; allerdings wird natürlich manchmal auch ein kausaler Zusammenhang aufgezeigt, der später auf anderem Wege verifiziert werden kann.

Interessant ist in diesem Kontext als Beispiel die Situation mit Blick auf automatische Übersetzungsprogramme wie Google-Translator oder Pons-Translator. Diese arbeiten mit statistischen Methoden und können die heute existierenden großen Bestände an übersetztem Material, etwa bei der EU, nutzen. Bei nicht zu komplizierten Texten sind die Erfolge zunehmend bemerkenswert. Für komplizierte wissenschaftliche Texte ist dieser Weg aber wohl nicht geeignet. Hier muss man im klassischen KI-Sinne weiter an wissensbasierten Systemen auf Basis von Ontologien sowie Grammatiken und Lexika arbeiten.

In der Folge immer leistungsfähigerer Maschinen besteht potenziell auch die Perspektive, viele Aufgaben, die Menschen heute noch ein gutes Einkommen sichern, von ihnen übernehmen zu lassen. Dies ist im Prinzip nichts Neues, sondern ein Prozess, den wir seit Hunderten von Jahren beobachten. Er begann mit dem Ersatz von Menschen in der Landwirtschaft beim Übergang in die Industriegesellschaft und später dann von Arbeitern in Fabriken durch „Wissensarbeiter“ beim Übergang in die Wissensgesellschaft. Es ist das oben schon erwähnte „race between education and technology“.

Das alles kann und wird sich weiter entwickeln, und das geschieht heute schon bei analytischen Berufen, also bei Berufen, die substanziellen intellektuellen Input brauchen. Beispiele betreffen die Analyse von Gerichtsurteilen, die Analyse von Patientenbildern und Patientendaten in der Medizin (insbesondere auch bei bildgebenden Verfahren), die Vorbereitung von Entscheidungen über Versiche-

rungsverträge, die Übersetzung von Dokumenten, die statistische Analyse von Datensätzen. Alle diese anspruchsvollen intellektuellen Aufgaben kommen zunehmend in den Blickwinkel einer teilweisen Substitution durch Maschinen. Das kann hochwertige Arbeitsplätze kosten, die teilweise erst in den letzten Jahren entstanden sind. Dabei wissen wir nicht, ob es für die betroffenen Menschen dann zukünftig noch irgendeine attraktive Alternative auf dem Arbeitsmarkt geben wird.

Es werden natürlich absehbar viele andere Arbeitsplätze nicht von den jetzt anstehenden Veränderungen betroffen sein. Alles, was zum Beispiel mit der Wahrnehmung staatlicher Autorität oder der Rechtsprechung zusammenhängt, ist momentan nur durch Menschen zu handhaben. Das gilt z. B. auch für komplizierte handwerkliche Tätigkeiten oder Service-tätigkeiten in schwierigen dreidimensionalen Umgebungen.

Natürlich gilt es auch, die positiven Effekte von Big Data zu würdigen. Big Data und „Analytics“ eröffnen viele attraktive Möglichkeiten, um die grüne Seite des Wirtschaftens vernünftiger als bisher auszugestalten. Im Prinzip können wir viel Wertschöpfung auf Maschinen verlagern und mit viel weniger Ressourcenverschwendung als bisher umsetzen, z. B. weil wir immer besser wissen, was Konsumenten wirklich wollen. Wenn wir ein neues Energiesystem finden, das preiswert, überall verfügbar und umwelt- und klimafreundlich ist, hätten wir wohl die Chance, die Voraussetzungen für eine Menschheit mit 10 Mrd. Menschen in Wohlstand zu schaffen.

In diesem Kontext stellen sich allerdings bestimmte Macht- und Verteilungsfragen, etwa auch im Sinne der neueren Arbeiten von Piketty [23]. Wenige Prozent der Bevölkerung halten die gesamten Assets und sind damit auch Eigentümer fast aller leistungsfähigen, maschinellen Systeme in der Wirtschaft. Sie teilen heute mit den Arbeitnehmern das Ergebnis der Nutzung dieser Systeme, und das Ganze funktioniert, weil die technischen Systeme ohne Arbeitnehmer nicht zum Einsatz gebracht werden können. Sollte das zukünftig anders aussehen, könnte sich die Situation der Zusammenballung von Geld und Macht mit starkem Zugriff an der Spitze

weiter verstärken. Möglicherweise könnte diese Situation mit technischen Kontrollmitteln im IT-Sektor stabil gehalten werden. Hier spielen natürlich insbesondere auch die Möglichkeiten der totalen Informationskontrolle eine Rolle, die uns zunehmend Kopfzerbrechen bereiten. Es könnte sich möglicherweise so etwas wie eine Welt-Zweiklassengesellschaft herausbilden, in der sich ein Großteil der Menschen, auch in OECD-Staaten, eher in Richtung „Proletariat“ entwickelt.

Fragen zur Zukunft¹

Wie oben dargestellt, wirkt die schnelle Innovation im Bereich IT und Robotik massiv auf unser Leben zurück: „Immer intelligenter Maschinen – und zukünftig immer ‚menschlichere‘ Roboter – ermöglichen zwar immer nützlichere Dienstleistungen, zu Ende gedacht können sie aber auch unsere Arbeitsplätze gefährden, unser Privatleben ausspionieren, uns mit zugeschnittenen Konsumangeboten verfolgen und in der Wechselwirkung mit sozialen Netzen die Kapazität unseres Bewusstseins fast vollständig okkupieren.“

Schon heute gibt es ein riesiges Interesse daran, Menschen immer transparenter werden zu lassen. In dem Roman „*The Circle*“ [24] ist schließlich die ultimative Transparenz das Thema. Diese Transparenz, letztlich auch über den Zugriff auf biologische Parameter, wird dann aber irgendwann zu unakzeptablen und völlig asymmetrischen Konstellationen zwischen Mensch und Maschine führen, die für das betroffene Individuum letztlich „Gewaltcharakter“ haben.

Noch ist all dies Zukunftsmusik. Wenn wir heute an solchen Systemen arbeiten – und dies technisch intelligent tun – gibt es noch die Möglichkeit für einen Abstellknopf. Dafür sollten wir Sorge tragen und verhindern, dass z. B. Machtinteressen Einzelner Entwicklungen hervorbringen, die uns zum Schluss alle negativ treffen können. Dabei sollte man sich vor Illusionen hüten.

¹ Dieser Abschnitt ist teilweise eine Überarbeitung von Teilen eines Interviews „Chancen und Risiken durch Robotik“ in der Computerwoche [25].

Woher rühren die Träume und Illusionen? Manche Menschen verzweifeln schon lange an unserer Politikunfähigkeit und hoffen auf die „gütige“ kluge Maschine. In diesem Bereich ist vieles denkbar. Interessant sind in diesem Kontext das System WATSON und seine enormen Leistungen im Bereich „Cognitive Computing“. Dieses System wurde von IBM entwickelt und sollte zur Demonstration seiner Leistungsfähigkeit die Champions im US-Fernsehquiz „Jeopardy“ schlagen, bei dem es in abgegrenzten thematischen Kontexten darum geht, auf Antworten die zugehörigen Fragen zu finden. Methodisch ist dazu die Generierung von Hypothesen oder Vermutungen erforderlich. Diese Fähigkeit ist beim Menschen Basis für alle höheren kognitiven Prozesse, wie das Interpretieren von Bildern oder das Verstehen von Sprache. WATSON hat mittlerweile die menschlichen Champions besiegt, was beachtlich ist. An neuen Anwendungen, z. B. zur Diagnosebildung in der Medizin, wird gearbeitet. Vielleicht wollen die Menschen, dass derartige Systeme irgendwann Führungsaufgaben übernehmen, auch weil sie uns beim Sachwissen immer öfter überlegen sind: z. B. mit ihrer Möglichkeit, im Onlinezugriff auf hunderttausende wissenschaftliche Artikel zu einzelnen Themenfeldern zuzugreifen, während wir bestenfalls einzelne davon lesen können.

Eine solche Perspektive ist allerdings problematisch. Wir würden dann als Menschen nicht mehr das Geschehen bestimmen. Etwas anderes kommt hinzu. Menschen haben ein Bewertungssystem, das auch das beinhaltet, was manche Philosophen als *Qualia* bezeichnen. Damit verbunden sind Vorstellungen von einer gerechten, gelingenden Welt, emotionale Reaktionen hinsichtlich der Frage, was richtig oder falsch, ist und oft auch die Intentionalität, sich für eine „gute“ Welt einzusetzen. Die Maschinen, von denen wir hier reden, haben das alles nicht; sie existieren nur in einer Welt der Worte, Bilder und Modelle. Die wesentliche Rückbindung der Worte sind wiederum Worte. Das ist bei uns anders. Bei uns ist die Symbolverankerung (symbol grounding) über den Körper (inklusive Qualia) die entscheidende zusätzliche Größe.

Mit Blick auf die Zukunft sollte die Politik, wenn Vernunft der Maßstab ist, sehr enge Grenzen für solche Systeme und ihre Weiterentwicklung setzen. Irgendwann werden wir vielleicht einmal ein weltweites Moratorium brauchen. Aber wird das so kommen? Machtinteressen (z. B. im militärischen Bereich), ökonomische Interessen und Sicherheitsinteressen können letztlich zur Folge haben, dass die Möglichkeiten solcher neuen Maschinen – über alle Vorsichtsgrenzen hinaus – immer weiter getrieben werden, um sie für spezielle Interessen nutzbar zu machen. Genau das müsste eine kluge Politik verhindern.

Fazit

Versucht man die weltweiten Herausforderungen in den Bereichen Globalisierung, Nachhaltigkeit und Zukunft mit Blick auf das Jahr 2050 einzuordnen, geht es insbesondere um die internationale Entwicklung in zwei großen Problembereichen. Dies sind: 1) die rasch wachsende Weltbevölkerung, der zunehmende Konflikt um Ressourcen und die Problematik immer größerer Umweltbelastungen sowie 2) die weltweite kritische Situation, die u. a. aus einer Weltfinanzkrise resultiert, die wiederum eine Folge der Architektur des globalen ökonomischen Systems und vor allem des Weltfinanzsektors ist [23, 26–29]. Hier treffen sehr spezifische Interessen verschiedener Staaten sowie starke wirtschaftliche Kräfte und andere politische sowie gesellschaftliche Wertvorstellungen hart aufeinander. Eine nachhaltige Entwicklung wird durch die beschriebene Konfliktlage massiv erschwert. Das betrifft sowohl die ökologische Problematik als auch Fragen des sozialen Ausgleichs und der Gerechtigkeit und damit der weltethischen Orientierung, und zwar in einer intragenerationellen sowie einer intergenerationellen Betrachtung. Als wesentlicher zusätzlicher Faktor ist auch die weltkulturelle Thematik mit zu berücksichtigen, dies wird in der aktuellen Auseinandersetzung der heutigen Status-Quo-Kräfte mit radikalen Teilen der islamisch geprägten Welt besonders deutlich.

Aus einer bestimmten systemtheoretischen Perspektive resultieren aus den aktuellen Trends gemäß der Debatte im Club of Rome [26, 30] für die Zukunft drei Attraktoren der Entwicklung, nämlich Kollaps, Welt-Zweiklassengesellschaft und Balance. Letzteres in Verbindung mit der Durchsetzung einer weltweit ökologisch und sozial geeignet regulierten Ökonomie (in angelsächsischer Terminologie: „Green and Inclusive Markets“) als einem mit Nachhaltigkeit kompatiblen Ordnungsrahmen.

Die enormen Fortschritte im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnik sowie auch der Aufbau entsprechender digitaler Wissensbestände mit uniformen Zugriffsstrukturen sind wesentliche Antriebskräfte im Umfeld der beschriebenen Entwicklungen. Sie verändern, wie oben dargestellt, schon heute den Charakter der Arbeit, z. B. über die zunehmende Digitalisierung und die Nutzung von Big Data. Die zunehmende Bedeutung technischer Intelligenz, die Rolle von Algorithmen und der Siegeszug der digitalen Maschine, insbesondere das Internet der Dinge, sind hier prägend. Es ist abzusehen, dass sich diese Entwicklung zukünftig noch verstärken wird.

All dies eröffnet neue Chancen für eine nachhaltige Entwicklung, bedroht aber zugleich nicht nur attraktive Arbeitsplätze, sondern auch die Sozialsysteme in den OECD-Staaten und die Möglichkeit einer aufgehenden Industrialisierung und eines „Leap-frogging“ sich entwickelnder Länder. Die Frage, wie man international mit all diesen Herausforderungen umgehen soll, ist eine Schlüsselfrage zur Gestaltung der Zukunft. Gefordert ist insbesondere eine bessere Global Governance.

Korrespondenzadresse

Prof. Dr. Dr. F.J. Radermacher
Universität Ulm / Forschungsinstitut für
anwendungsorientierte Wissensverarbeitung/n
(FAW/n)
Lise-Meitner-Str. 9, 89081 Ulm
radermacher@faw-neu-ulm.de

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. F.J. Radermacher gibt an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Dieser Beitrag beinhaltet keine Studien an Menschen oder Tieren.

Literatur

- Schirmmayer F (2013) EGO – Das Spiel des Lebens, 3. Aufl. Karl Blessing, München
- Hermes H (1961) Aufzählbarkeit, Entscheidbarkeit, Berechenbarkeit. Springer, Berlin-Göttingen-Heidelberg
- Calvin WH (1993) Die Symphonie des Denkens. Wie aus Neuronen Bewusstsein entsteht. Carl Hanser, München
- Churchland P (1997) Die Seelenmaschine, Eine philosophische Reise ins Gehirn. Spektrum Akademischer Verlag GmbH, Heidelberg
- Damasio A (2005) Descartes' Irrtum – Fühlen, Denken und das menschliche Gehirn. List Taschenbuch, Berlin. ISBN: 3-548-60443-9
- Dennett D (1995) Darwin's Dangerous idea – evolution and the meanings of life. Simon & Schuster, New York
- Hofstadter D, Dennett D (1982) The mind's I. Bantam Books, New York
- Levelt W (1993) Speaking: from intention to articulation. ACL MIT Press Series in Natural-Language Processing, first MIT Press paperback edition
- Pöppel E (1995) Lust und Schmerz. Über den Ursprung der Welt im Gehirn. Goldmann, München
- Searle J (2005) Der Geist der Tiere. In: Perler D, Wild M (Hrsg) Der Geist der Tiere. Philosophische Texte zu einer aktuellen Diskussion. Suhrkamp, Frankfurt a. M., S. 132–154
- Braitenberg V (1986) Künstliche Wesen – Verhalten Kybernetischer Vehikel. Vieweg & Sohn, Braunschweig
- Braitenberg V, FJ Radermacher (2006) Interdisciplinary approaches for a new understanding of cognition and consciousness. Ergebnisband Villa Vigoni Konferenz, Italy 1997
- Radermacher FJ (1996) Cognition in systems. Cybernet Syst 27(1):1–41
- Radermacher FJ (2000) Wissensmanagement in Superorganismen. In: Hubig C (Hrsg) Unterwegs zur Wissensgesellschaft. Edition Sigma, Berlin, S. 63–81
- Siegelmann H, Sontag E (1991) On the computational power of neural nets. Report SYCON-91–11, Rutgers Center for Systems and Control
- Kahneman D, Tversky A (Hrsg) (2000) Choices, values, and frames. Cambridge University Press, Cambridge, GB
- Keeney RL, Raiffa H (1976) Decisions with multiple objectives. John Wiley, New York
- Goldin C, Katz LF (2010) The race between education and technology. Belknap Press, Cambridge, Mass.
- Brynjolfsson E, McAfee A (2014) The second machine age – work, progress and prosperity in a time of brilliant technologies, Norton & Company, New York
- Mayer-Schönberger V, Cukier K (2013): Big Data. A revolution that will transform how we live, work and think. John Murray, London
- OECD (2013) Exploring data-driven innovation as a new source of growth: mapping the policy issues raised by 'Big Data', OECD Digital Economy Papers, No. 222. OECD Publishing, Paris. doi 10.1787/5k47zw3fcp43-en
- OECD (2014) Synthesis report on data-driven innovation for growth and well-being. <http://www.oecd.org/sti/inno/data-driven-innovation-interim-synthesis.pdf>
- Piketty T (2014) Das Kapital im 21. Jahrhundert. C. H. Beck, München
- Eggers D (2013) The circle. Hamish Hamilton. Imprint of Penguin Books
- Radermacher FJ (2014) Chancen und Risiken durch Robotik. In: Computerwoche, Ausgabe 38–29
- Radermacher FJ, Beyers B (2011) Welt mit Zukunft – Die ökosoziale Perspektive. Murmann, Hamburg
- Radermacher FJ, Riegler J, Weiger H (2011) Ökosoziale Marktwirtschaft – Historie, Programm und Perspektive eines zukunftsfähigen globalen Wirtschaftssystems. oekom, München
- Solte D (2015) Wann haben wir genug? Europas Ideale im Fadenkreuz elitärer Macht. Goldegg, Wien
- Zucman G (2014) Steueroasen – Wo der Wohlstand der Nationen versteckt wird. Suhrkamp, Berlin
- Randers J, Bus A, Held U, Leipprand A (2012) 2052 – Der neue Bericht an den Club of Rome: Eine globale Prognose für die nächsten 40 Jahre. oekom, München