

---

# Berliner Debatte Initial

---

# 1

---

31. Jg. 2020

## Digitale Dystopien

---

Freide, Jung

Eugen Ruges  
„Follower“

---

Dreyer

Ermüdende  
Erotik

---

Kropf

In der Bewertungs-  
gesellschaft

---

Marcks, Fielitz

Digitaler  
Faschismus

---

Fischbach

Big Data –  
Big Confusion

## Autorinnen und Autoren

**Ulrich Busch**, Dr. oec. habil.  
Finanzwissenschaftler, Leibniz-Sozietät der  
Wissenschaften zu Berlin

**Thomas Crew**, Doktorand  
Literaturwissenschaftler (Germanistik),  
Universität Cambridge

**Johannes Dreyer**, M. A.  
Literaturwissenschaftler, Berlin

**Robert Feustel**, Dr.  
Soziologe, Friedrich-Schiller-Universität  
Jena

**Maik Fielitz**, M. A.  
Politikwissenschaftler, Institut für  
Friedensforschung und Sicherheitspolitik  
an der Universität Hamburg

**Rainer Fischbach**  
Softwareexperte und Autor, Berlin

**Stephanie Freide**, M. A.  
Erziehungswissenschaftlerin,  
Deutsches Institut für Erwachsenenbildung  
– Leibniz-Zentrum für Lebenslanges Lernen  
Bonn

**Wladislaw Hedeler**, Dr.  
Historiker, Berlin

**Martin Hennig**, Dr.  
Literatur- und Medienwissenschaftler,  
Universität Passau

**Thomas Jung**, Dr.  
Literatur- und Medienwissenschaftler,  
Deutsches Institut für Erwachsenenbildung  
– Leibniz-Zentrum für Lebenslanges  
Lernen Bonn

**Jonathan Kropf**, Dr.  
Soziologe, Universität Kassel

**Magnus Kulke**, M. A.  
Software Engineer, moovel Group, Berlin

**Lorenz Narku Laing**, M. A.  
Politikwissenschaftler, Ludwig-  
Maximilians-Universität München

**Holger Marcks**, M. A.  
Islamwissenschaftler, Institut für  
Friedensforschung und Sicherheitspolitik an  
der Universität Hamburg

**Karoline Reinhardt**, Dr.  
Philosophin, Internationales Zentrum für  
Ethik in den Wissenschaften (IZEW),  
Eberhard Karls Universität Tübingen

**Jana Schäfer**, M. A.  
Soziologin, BTU Cottbus-Senftenberg

**Anna Schor-Tschudnowskaja**, Dr.  
Soziologin und Psychologin, Sigmund Freud  
Privatuniversität Wien

**Christian Wadehul**, M. A.  
Philosoph, Institut für Technikfolgen-  
abschätzung und Systemanalyse (ITAS),  
Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

**Hans Zillmann**, Dr.  
Philosoph, Martin-Luther-Universität  
Halle-Wittenberg

# Digitale Dystopien

Zusammengestellt von Thomas Möbius,  
Thomas Müller und Gregor Ritschel

DIGITALE DYSTOPIEN		<i>Magnus Kulke,</i> <i>Christian Wadephul</i>	
Editorial	2	Digitale Dystopien utopisch aufheben – durch gesellschaftliche Aneignung	97
<i>Stephanie Freide, Thomas Jung</i> Wenn Zukunft zu optimierter Gegenwart verkommt. Eugen Ruges Roman „Follower“ zwischen Dystopie und postdigitaler Utopie	6	<i>Karoline Reinhardt</i> Digitaler Humanismus. Jenseits von Utopie und Dystopie	111
<i>Jonathan Kropf</i> Stratifikation in der digitalen Bewertungsgesellschaft. Eine Fallanalyse der Folge „Nosedive“ aus der SF-Serie „Black Mirror“	18	<i>Holger Marcks, Maik Fielitz</i> Die offene Gesellschaft und ihre virtuellen Feinde. Über digitalen Faschismus	124
* * *			
<i>Johannes Dreyer</i> Algorithmen, die zur Lust zwingen. Ermüdende Erotik in „It Follows“ und „Cam“	32	<i>Rainer Fischbach</i> Big Data – Big Confusion. Weshalb es noch immer keine künstliche Intelligenz gibt	136
<i>Martin Hennig</i> Falsche Welten? Simulierte Realitäten im Film	47	<i>Hans Zillmann</i> Eine ethische Reflexion am Beispiel der chinesischen CRISPR-Zwillinge	148
<i>Anna Schor-Tschudnowskaja</i> Zukunft Mensch. Science-Fiction von Artjom Chlebnikov und Robert Ibatullin	59	BESPRECHUNGEN UND REZENSIONEN	
<i>Thomas Crew</i> Ernst Jüngers „Gläserne Bienen“ und der Übergang zur Perfektion	72	Karl-Heinz Brodbeck: Die Krise der monetären Vergesellschaftung. Beiträge zur Philosophie des Geldes. Rezensiert von <i>Ulrich Busch</i>	159
<i>Robert Feustel</i> „Homo digitalis“. Figurationen des Menschen zwischen Utopie und Dystopie	85	Gerd Laudert: Der rote Doktor. Arzt, Kommunist, Antistalinist, Autor. Joseph Schölmerich (1913–1995). Rezensiert von <i>Wladislaw Hedeler</i>	161

FIPU (Hg.): Rechtsextremismus.  
Band 3: Geschlechterreflektierte  
Perspektiven.  
Rezensiert von *Jana Schäfer*

163

Fatma Aydemir,  
Hengameh Yaghoobifarah (Hg.):  
Eure Heimat ist unser Albtraum.  
Rezensiert von *Lorenz Narku Laing*

166

## Editorial

Im Frühjahr 2020 steht das öffentliche Leben in Europa weitgehend still. Die Covid-19-Pandemie hat den Kontinent fest im Griff. Ausgangsbeschränkungen, Kontaktverbote, häusliche Quarantäne und andere Maßnahmen sollen helfen, die Verbreitung des Virus einzudämmen. Einen schnelleren Ausstieg aus dem „Shutdown“ verheißen (noch) freiwillig genutzte „Corona-Tracking-Apps“, die Kontaktpersonen von Infizierten ausfindig machen und die Nachverfolgung von Infektionswegen ermöglichen. Als Vorbild für den Einsatz digitaler Anwendungen in der Corona-Krise gilt Südkorea. Dort kann der Staat auf eine Fülle elektronischer Daten seiner Bürger zurückgreifen und sie vor Kontakten mit Infizierten oder Kranken warnen. Dass er damit zugleich deren Privatsphäre einschränkt, wird angesichts der Größe der Gefahr billigend in Kauf genommen.

In der aktuellen Lage schlägt die Stunde digitaler Technologien: Schulen und Hochschulen stellen in Windeseile Unterricht und Lehre auf digitale Formate um; Videokonferenzen und Bildtelefonie mit Instant-Messaging-Diensten werden zur Normalität im Beruflichen wie Privaten; für die verordnete Freizeit stehen Netflix, Spotify, Instagram & Co. bereit. Die aktuelle Krise rückt die Möglichkeiten und Chancen der Digitalisierung in

den Vordergrund. Kein Anlass mehr zur Kritik, kein Grund zur Sorge?

Klar ist, was auch vor Corona kein Geheimnis war: Es kommt immer darauf an, wofür und wie wir die digitalen Technologien, die uns zur Verfügung stehen, gebrauchen. Digitalen Technologien ist es gleichgültig, von wem und zu welchem Zweck sie verwendet werden – wie andere Technologien auch stehen sie uns und unseren Bedürfnissen indifferent gegenüber. Unser Verhältnis zu ihnen ist aber nicht indifferent, sondern ambivalent. Es schwankt zwischen Zustimmung und Ablehnung, Faszination, Angst und Empörung. Wir genießen den Komfort, den diese Technologien bieten, und fürchten die Kontrolle, die sie erlauben. Wir akzeptieren, dass sie unsere Daten sammeln, und beklagen zugleich das Ausmaß der Vermessung. Wir sind begeistert davon, wie sie den Zugang zu Wissen erleichtern, und beunruhigt, weil mit ihnen auch Fake News und Verschwörungstheorien verbreitet werden. Uns freut, wenn sie für uns das Wichtige vom Belanglosen trennen, doch uns verstört, wie intransparent mit Algorithmen selektiert wird.

In den letzten Jahren hat die Digitalisierung ihre dunkle Seite hervorgekehrt. Nachteile, Nebenfolgen, perverse Effekte einer digitalen Gesellschaft sind in den Fokus der öffentlichen Aufmerksamkeit gerückt und werden allgemein

diskutiert. Dies betrifft etwa die Automatisierung der Arbeitswelt, die zahlreiche Berufe überflüssig machen könnte und Menschen durch Computer und Künstliche Intelligenz zu ersetzen droht. Dies betrifft etwa die großen Internetkonzerne, deren Geschäftsmodell darin besteht, Kunden und Nutzer auszuforschen und ihr Verhalten zu manipulieren. Der Erfolg dieses Modells hat Shoshana Zuboff zufolge in das „Zeitalter des Überwachungskapitalismus“ geführt. Dies betrifft auch das zwischenmenschliche Miteinander, das mit sozialen Netzwerken oder Dating-Plattformen vorhersagbarer wird, sich oft auf Selbstdarstellung reduziert und in Vereinzelung endet. Die Rede ist von der „granularen Gesellschaft“ (Christoph Kucklick) oder von der „Gesellschaft der Singularitäten“ (Andreas Reckwitz). Die Reihe der Beispiele und Buchtitel ließe sich verlängern, um zu zeigen, wie verbreitet skeptische und pessimistische Deutungen der Digitalisierung mittlerweile sind. Diese Deutungen scheinen mit einer Weltsicht zu harmonieren, die die Gegenwart generell in dunklen Farben malt und für die Zukunft erst recht schwarz sieht. Als Fluchtpunkt bleibt dann oftmals nur die Vergangenheit, ein in mildes Licht getauchtes „Retrotopia“ (Zygmunt Bauman).

Für die düstere Sicht auf Gegenwart und Zukunft bietet sich der Begriff der Dystopie an. Dystopia – das ist ein (meist in die nahe Zukunft) imaginiertes Ort, an dem es schlecht um die gesellschaftlichen Verhältnisse bestellt ist, an dem die Dinge in die falsche Richtung laufen. Ideengeschichtlich betrachtet, ist die Dystopie ein Kind der Utopie. Worüber reden wir, wenn wir von Utopie reden? Eine Utopie, so Norbert Elias in Band 2 der von Wilhelm Voßkamp herausgegebenen „Utopieforschung“, ist „ein Phantasiebild einer Gesellschaft, das Lösungsvorschläge für ganz bestimmte ungelöste Probleme [...] enthält“ (Frankfurt a. M. 1985: 103). Daran schließt Richard Saage an, wenn er „Politische Utopien der Neuzeit“ in seiner gleichnamigen Arbeit als „Fiktionen innerweltlicher Gesellschaften“ definiert. Weiter heißt es bei ihm: „Ihre Zielprojektion zeichnet sich durch eine präzise Kritik bestehender Institutionen und sozio-politischer

Verhältnisse aus, der sie eine durchdachte und rational nachvollziehbare Alternative gegenüberstellt“ (Darmstadt 1991: 2f.). Utopien sagen uns demnach nicht nur, *dass* etwas ganz anders sein kann, sondern sie zeigen uns auch, *wie* dieses Etwas aussehen könnte. Sie schärfen das, was Robert Musil „Möglichkeitssinn“ genannt hat, und tragen dazu bei, dass das Nachdenken über Kultur und Gesellschaft nicht stillgestellt wird, sondern in Bewegung bleibt. Sie sind „Furcht- oder Wunschgebilde“ (Elias), wobei sie tendenziell skeptisch auf die Gegenwart und zuversichtlich in die Zukunft schauen.

Schon Mitte des 19. Jahrhunderts stößt der Fortschrittsoptimismus, den man oft mit Utopien assoziiert, an seine Grenzen. Damit beginnt so etwas wie eine dystopische Wende in der Geistesgeschichte. In Philosophie, Wissenschaft und Kunst verdüstert sich der Blick auf die Entwicklung der modernen Gesellschaft zusehends, und dies bleibt nicht ohne Folgen für die Utopien. Fortan gelten sie als überholt – zumindest jene, die allzu positiv(istisch) daherkommen. Sie werden kritisiert und parodiert, aber auch: transformiert. Die in diesem Zusammenhang entstehenden Dystopien sind insofern mehr als nur Gegenentwürfe, die die Merkmale von Utopien einfach umkehren: statt Befreiung nun totale Unterdrückung, statt des strahlenden Helden der gebrochene Anti-Held, statt Sieg nun Niederlage und Zerstörung. Anti-utopische Reflexe gibt es zwar zur Genüge in der apokalyptischen Literatur und Filmkunst des 20. und 21. Jahrhunderts wie auch in der politischen Philosophie, aber interessanter ist die dystopische Aufhebung der Utopie: ihre Überwindung, Bewahrung, Steigerung. In diesem Sinne heißt es in Susanna Layhs Studie „Finstere neue Welten“: „Der utopische Impuls bleibt innerhalb des dystopischen Textes erhalten, da utopische und dystopische Elemente miteinander verwoben werden. Solche Dystopien erweisen sich durch die ihnen inhärente Dialektik von utopischer Hoffnung und dystopischem Pessimismus als die postutopische Fortsetzung der literarischen Tradition der Utopie unter anderen Vorzeichen.“ (Würzburg 2014: 25)

Dystopien sind also keineswegs utopiefrei. Vielmehr heben sie das utopische Denken auf, treten an seine Stelle, übernehmen seine gesellschaftliche Funktion. Schaut man so auf Dystopien, kann man zum einen den bis heute beliebten Gemeinplatz, Dystopien seien Anti-Utopien, vergessen. Wichtiger ist aber etwas anderes: Dystopien mit Resignation, Pessimismus und Fatalismus gleichzusetzen, greift zu kurz. Wer Schwarzmalerei für die einzige Bildgestaltungs-idee von Dystopien hält, unterschätzt die konstruktive Dimension dystopischen Denkens. Selbstverständlich soll damit nicht behauptet werden, Dystopien würden eigentlich gute Stimmung verbreiten und uns aufmunternde Antworten auf die Frage bieten, in was für einer Gesellschaft wir leben wollen – auch wenn sie durchaus unterhaltsam sein können. Die konstruktive Dimension von Dystopien scheint vielmehr darin zu liegen, dass sie – auch wenn sie auf drohendes Unheil hinweisen und fiktionalen Charakter haben – mit der sozialen Welt, in der sie entstehen, in Verbindung treten. Denn einerseits knüpfen dystopische Szenarien an Diskurse über reale gesellschaftliche Entwicklungen an, andererseits gehen sie selbst wieder ein in solche Diskurse. So wie sich Dystopien auf die soziale Welt beziehen, bezieht sich die soziale Welt auf Dystopien. In diesem Prozess der Interaktion verändern Dystopien nicht nur sich selbst, sondern auch die soziale Welt. Insofern ähneln sie allen Prognosen über den Bereich des Sozialen, vielleicht sogar: sozialwissenschaftlichem Wissen im Allgemeinen. Für dessen Verhältnis zu seinen Gegenständen prägte Anthony Giddens einst den Begriff der doppelten Hermeneutik.

Kommen wir zurück zur Digitalisierung: Das zeitgenössische Interesse an Dystopien, das durch die Digitalisierung befördert wird, speist sich zu einem nicht geringen Teil aus berechtigten Ängsten vor einer Zukunft im postdemokratischen Überwachungskapitalismus. Auffällig ist jedoch, dass in Reflexionen über die Auswirkungen der Digitalisierung diese selbst oft gar kein Thema ist, sondern als gegeben vorausgesetzt wird. In seinem Buch „Muster. Theorie der digitalen Gesellschaft“ kritisiert Armin Nassehi eine solche „Digita-

lisierungsvergessenheit des Redens über die Digitalisierung“ (München 2019: 15).

Im Themenschwerpunkt *Digitale Dystopien* versuchen wir, nicht nur (mögliche) Digitalisierungseffekte und deren Reflexion zu thematisieren, sondern auch die Digitalisierung selbst. Der Begriff des Digitalen entstammt der Informationstheorie und bezieht sich allgemein auf Zeichenkörper, die mit binären Entweder-Oder-Elementen aufgebaut werden. Ihr Bezug zu einem Inhalt ist willkürlich. Digitale Technologien speichern in binärer Form Daten, die Informationen repräsentieren (z. B. Texte, Fotos, Grafiken, Videos oder Töne). „Digitalisierung“ meint vor diesem Hintergrund die Umwandlung von analogen Daten in digitale Formate durch die Darstellung in endlich vielen Ziffern (engl. *digits*). Von „Digitalisierung“ ist aber auch die Rede im Hinblick auf gesellschaftliche Veränderungsprozesse und Umbrüche, die aus der Einführung und Nutzung digitaler Technologien hervorgehen. Dieser zweite Aspekt – dass die Digitalisierung neue ökonomische, politische, kulturelle, private etc. Wirklichkeiten schafft, die sozial- und geisteswissenschaftlich einzuordnen sind – steht in den hier versammelten Texten im Vordergrund.

Mit diesem Heft setzen wir Debatten fort, die das Verhältnis von Utopie und Dystopie betreffen oder sich der Digitalisierung widmen: Erinnert sei an den Themenschwerpunkt *Sozialismus auf dem Mars* (Berliner Debatte Initial 1/2005), in dem es um Science-Fiction-Expeditionen auf den roten Planeten und Reisen in andere utopische Gefilde ging. Der Schwerpunkt *Die Lücke der Utopie* (Berliner Debatte Initial 2/2016) rief das Unabgegoldene der Utopie in Erinnerung, das in der Dystopie schlummert, auch wenn diese in Krisenzeiten den größeren Zulauf hat. Was Digitalisierung bedeutet, was Massendaten leisten und wie sich dies auf die Sozial- und Geisteswissenschaften auswirkt, waren Fragen im Schwerpunkt *Big Data als Theorieersatz* (Berliner Debatte Initial 4/2016).

Im Folgenden setzen sich die Autorinnen und Autoren in dreierlei Hinsicht mit digitalen Dystopien auseinander. *Erstens* werden digitale Dystopien in Literatur und Film im Rück-

griff auf soziologische Zeitdiagnosen und philosophische Theorieangebote untersucht. Die im engeren Sinne literatur- oder filmwissenschaftliche Analyse, die bei diesem Material durchaus in Frage kommt, wird zum Teil eingeklammert, um kritische Bezugnahmen auf aktuelle gesellschaftliche Entwicklungen herauszuarbeiten. Zunächst rekonstruieren *Stephanie Freide* und *Thomas Jung* Erzählmuster in Eugen Ruges Roman „Follower“, indem sie u. a. das philosophische Konzept der Entfremdung nutzen. Am Beispiel einer Folge der Netflix-Serie „Black Mirror“ fragt *Jonathan Kropf*, welche fiktionalen Entsprechungen der akademische Diskurs um neue (digital verstärkte) soziale Ungleichheiten in der „Bewertungsgesellschaft“ findet. *Johannes Dreyer* nimmt die Figur des „unternehmerischen Selbst“ in zwei neueren Horrorfilmen in den Blick, die nicht nur deshalb interessant sind, weil sie sich einer eindeutig kulturpessimistischen Lesart entziehen. Um zu zeigen, wie unterschiedlich Science-Fiction-Filme von der Simulation der Realität erzählen, knüpft *Martin Hennig* an Foucaults Modell der Heterotopie an. *Anna Schor-Tschudnowskaja* setzt sich mit Werken von zwei hierzulande wenig bekannten russischen Science-Fiction-Autoren auseinander, die die Digitalität ins Zentrum ihrer Zukunftsvisionen rücken. Und *Thomas Crew* widmet sich Ernst Jüngers 1957 erschienener Dystopie „Gläserne Bienen“. Die dort formulierte Technikkritik, der Mensch solle das Maß der Dinge bleiben, setzt er in Beziehung zu philosophischen Technikkritiken.

*Zweitens* werden die kultur- und gesellschaftskritischen Impulse aus Literatur und Film aufgegriffen und umgearbeitet, um einzelne Aspekte der Digitalisierung und ihrer gesellschaftlichen und politischen Folgen zu diskutieren. *Robert Feustel* schaut auf den „homo digitalis“, das Menschenbild der digitalen Gesellschaft, indem er neuere Debatten über Künstliche Intelligenz sowie Utopien und Dystopien des Digitalen Revue passieren lässt. Gegen das Dogma der Alternativlosigkeit des kybernetischen Kapitalismus wenden sich

*Magnus Kulke* und *Christian Wadephul*. Sie plädieren dafür, weder der „Apokalypseblindheit“ noch der „Utopieblindheit“ zu verfallen, und skizzieren als Alternative konkrete Utopien. Die Prophezeiungen zeitgenössischer Technikutopisten unterzieht *Karoline Reinhardt* einer Kritik. Sie stellt ihnen den Entwurf eines digitalen Humanismus gegenüber, der sich auf das menschliche Maß besinnt und vor dem „Götzendienst“ (Erich Fromm) an den eigenen Werken warnt. *Holger Marcks* und *Maik Fielitz* wenden sich anschließend dem digitalen Faschismus zu. Sie zeigen, wie es gelingen konnte, über das Internet und soziale Medien immer mehr Menschen für illiberale Politiken zu mobilisieren, und welche Möglichkeiten es gibt, faschistische Dynamiken und rechtsextreme Handlungsmacht zu brechen.

*Drittens* – und außerhalb des Themenschwerpunkts – werden Voraussetzungen und Begleiterscheinungen der Digitalisierung untersucht. *Rainer Fischbach* zeichnet nach, wie sich die Künstliche Intelligenz als Forschungsdisziplin entwickelte und wie wenig diese bislang zu leisten vermochte, um künstliche Intelligenz, also intelligente Maschinen, hervorzubringen – großen Erwartungen und Big Data zum Trotz. Im Vergleich dazu sind die Fortschritte in der Genforschung dramatisch: *Hans Zillmann* reflektiert ethische Probleme, die sich aus genetischen Menschenversuchen ergeben. Er diskutiert diese Probleme am Beispiel des chinesischen Forschers He Jiankui, der Ende 2018 behauptete, genetisch veränderte, gegen HIV immune Babys geschaffen zu haben.

Abschließend ein Satz in eigener Sache: Da Schwarzmalerei nicht unsere einzige Bildgestaltungsidee ist, bleiben wir in diesem Jahr beim hellen Umschlag, der schon das letzte Heft zierte.

*Thomas Müller,  
Thomas Möbius,  
Gregor Ritschel*

Rainer Fischbach

## Big Data – Big Confusion

Weshalb es noch immer keine künstliche Intelligenz gibt

Was lange Zeit eine Nische innerhalb der Informatik war, in der eine Vielzahl höchst ambitionierter, doch meist nur mäßig erfolgreicher Forschungsansätze um Ressourcen konkurrierten, erlangte in den letzten Jahren, zumindest in der Wahrnehmung durch die Öffentlichkeit, den Status einer etablierten und weit fortgeschrittenen Disziplin: die Künstliche Intelligenz (KI). Was genau verbirgt sich hinter diesem Begriff und was sind die Gründe, die ihm in so kurzer Zeit zu solcher Aufmerksamkeit und, wenn auch nicht allen, so doch manchen der darunter firmierenden Anstrengungen, zu einem so starken Finanzierungsstrom aus öffentlichen wie privaten Quellen verhalfen?

Ein Schlüssel zu dieser Entwicklung liegt in einem komplex datentechnischer Verfahrensweisen, die heute unter dem Etikett *Big Data* firmieren. Während die klassische KI der Welt bzw. dem menschlichen Walten innerhalb derselben vorwiegend mittels symbolischer Modelle zu Leibe zu rücken versuchte – ein Ansatz, für den die englischsprachige Welt das Akronym GOF AI (*Good Old-Fashioned Artificial Intelligence*) bereithält –, geht es bei Big Data darum, die sich immer weiter auftuenden Lücken des letzteren durch anschwellende Datenfluten zu füllen – Datenfluten, die ihre Quellen in einer wachsenden Anzahl von vernetzten Geräten wie Smartphones, mit Sensoren und Prozessoren bestückten Produkten und Produktionsanlagen, Wohnungen, Autos etc. haben. An die Stelle des Weltverständnisses durch Modelle soll die Identifikation von Mustern in Daten treten.

Das Versprechen der KI, vordergründig und in welchem Sinne auch immer „intelligen-

tes“ Verhalten von Maschinen hervorzubringen, besteht in allen Varianten derselben letztlich darin, Maschinen dazu zu befähigen, die Welt mindestens so gut oder gar besser zu bewältigen als Menschen dies vermögen. Es ist die Projektion eines Herrschaftsanspruchs, der sich im *Transhumanismus* radikalisiert, indem er den Menschen als Relikt einer unvollkommenen Natur zu eliminieren versucht.

### Eine lange Tradition

Die KI ist ungefähr so alt wie die Informatik; wobei beide als wissenschaftliche Programme älter sind als die Begriffe, die heute für sie stehen, und auch als die Fachbereiche, die sich nach der letzteren nennen, bzw. die Lehrstühle darin, die der ersteren gewidmet sind. In den USA und, da diese diesbezüglich weithin die Normen setzen, in vielen anderen Ländern heißt die Informatik *Computer Science*, in Großbritannien dagegen, distinguiert und treffender, *Computing Science*, denn der Aufbau von Computern gehört zu den Aufgaben der Elektrotechnik, während er in der Informatik als Randbedingung Thema ist. Gegenstand der Informatik ist in der Tat *Computing*, Rechnen also, doch dies in einem einerseits sehr spezifischen, andererseits sehr weiten Sinne: Rechnen einerseits als *formale Operation* und andererseits angewandt auf alle Aufgaben, die einer formalen Repräsentation zugänglich sind, also nicht nur die, die man im Alltag als Rechenaufgaben wahrnimmt, und auch nicht nur die physikalisch-technischen, von denen sich quantitative Modelle erstellen lassen.

Während Menschen sich auch der Anschauung bedienen, um Größen zu handhaben, operieren Digitalrechner blind mechanisch bzw. elektronisch auf den physischen Repräsentationen von Ziffernfolgen, die für Zahlen oder auch beliebige formale Objekte stehen. Deshalb nannte man sie früher im Deutschen auch *Ziffern-Rechenautomaten*. Dass die heutigen elektronischen Digitalrechner ein *duales*, oft auch als *binär* bezeichnetes, Ziffernsystem benutzen, hat keinen tieferen, in der Natur digitaler Systeme liegenden Grund, sondern einen simplen technischen: Die Elektrotechnik versteht es heute, Schaltkreise zu bauen, die zwei unterscheidbare Zustände annehmen, hat jedoch große Schwierigkeiten mit einer größeren Anzahl. Wenn in einem Teil der Äußerungen zu den als „Digitalisierung“ bezeichneten Vorgängen digital gleichgesetzt wird mit dual bzw. binär, liegt ein Missverständnis vor.

Einem Missverständnis unterliegt auch die Annahme, wir lebten in einer digitalen Welt. Digitale Technik steckt zwar in und hinter einer Vielzahl der Artefakte, die unsere Lebenswelt bevölkern, doch selbst wo dies der Fall ist, präsentiert sie sich meist durch eine analoge Oberfläche: Auf dem Display des mit digitalen Gadgets vollgestopften Autos wollen die meisten Fahrer doch lieber die Emulation der alten analogen Instrumente sehen und die Medien, digitale wie analoge, überschütten uns täglich mit einer anschwellenden Menge an analogen Bildern und Schaubildern, deren Erzeugung bzw. Bearbeitung durch digitale Technik immer einfacher und schneller vonstattengeht. Die menschliche Kognition ist tief in der sinnlich fassbaren, analogen Welt verwurzelt und bedarf derselben auch zu ihrer Bildung. Sowohl im Entzug des sinnlichen Weltzugangs als auch in der Flut von analogen Bildern aus der digitalen Retorte liegen Gefahren: besonders bei Kindern in den kritischen Entwicklungsphasen die einer defizitären kognitiven Entwicklung (Teuchert-Noodt 2016) und generell die einer zunehmenden Manipulation durch Darstellungen, deren Parameter, Genesis und Realitätsbezug nicht mehr nachvollziehbar sind.<sup>1</sup> Big Data bzw. das, was sich mit entsprechenden Verfahren aus den von digitalen Geräten produzierten, anschwellen-

den Datenmengen destillieren und synthetisieren lässt, bilden eine Rohstoffquelle der Bilderflut. Hierin liegt ein wesentlicher Aspekt des vorliegenden Themas. Die zentrale Absicht ist im Folgenden, die bildhafte Oberfläche, die der medial vermittelte Blick auf die digitale Technik und ihre (eine Überfülle der Aufmerksamkeit genießenden) Teilgebiete KI und Big Data heute bietet, zu durchstoßen, um zu verdeutlichen, dass dahinter zwar eine Menge anspruchsvoller Mathematik und noch mehr *brute force*, d. h. nackte Rechnerleistung, doch kein tieferes Verständnis des Weltzusammenhangs oder gar der menschlichen Intelligenz waltet. Auch mit hochverfeinerten Methoden und hochleistungsfähigen Rechnern lassen sich aus anschwellenden Datenmengen nur begrenzte Erkenntnisse gewinnen – und dies auch nur, wenn man mit der gebotenen Sorgfalt vorgeht.

Das Rechnen mit Ziffern im Stellenwertsystem – dessen Anfangsgründe lernen wir mit Hilfe von zehn Ziffern in der Grundschule – ist im Orient seit gut 1.500 Jahren bekannt, wenn es auch rund 600 Jahre dauerte, bis es im Abendland ankam, und noch länger, bis es dort durchgängige Anwendung fand. Auf dem Weg von Indien ins Abendland wurden aus den „indischen“ Ziffern „arabische“. Dabei trifft die Charakterisierung als „arabisch“ für die Ziffern wie für eine große Anzahl von aus dem Orient stammenden, wissenschaftlichen Leistungen und ihre Schöpfer nicht zu: Die Eroberung eines, vom Atlantik bis nach Zentral- und Südasien reichenden Raumes durch den Islam schuf einen vielfältigen kulturellen Zusammenhang, in dem der Islam die dominierende, doch nicht die einzige Religion, das Arabische weithin die Sprache der Wissenschaft, doch nicht die einzige Sprache war, und der sich durch eine große ethnische Vielfalt auszeichnete. Der größte Teil der aus diesem Kulturraum bekannten Gelehrten waren keine Araber, viele davon, wie al Biruni, al Farabi, Ibn Sina (lateinisch Avicenna), al Razi und al Chwarizmi, waren Iraner. Iraner waren auch die bedeutenden Poeten Ferdowsi, Rumi und Hafiz, die ihre Werke in Persisch verfassten. Die Leistung jener Gelehrten bestand nicht nur darin, Wissen, und zwar auch längst nicht nur

das der griechischen Antike, die der Westen oft für das Maß aller Dinge hält, zu überliefern, sondern auch entscheidend zu erweitern und zu bereichern.

Der um das Jahr 800 in Bagdad wirkende al Chwarizmi, aus dessen Namen sich der Algorithmus als Bezeichnung für ein Rechenverfahren herleitet, spielte eine entscheidende Rolle in der Weiterentwicklung und dem Transfer des dezimalen Systems und anderer mathematischer und astronomischer Kenntnisse. Auch die Algebra steht mit ihm im Zusammenhang – die Bezeichnung leitet sich aus dem Titel eines seiner Werke ab, in dem er die Lösung von Gleichungen behandelt (Starr 2013: 166-177; Wußing 2013: 219-262).

Die Ersetzung der Zahlen durch Folgen von Ziffern stellt die Voraussetzung für die Mechanisierung des Rechnens dar. Der Algorithmus beschreibt das Operieren mit Ziffern, nicht mit Zahlen. Indem man Konfigurationen von aufgereihten Perlen als Ziffern benutzt, kann man die Mechanisierung noch weiter treiben. Dies geschieht mit dem Abakus, der im Orient bis in die jüngere Vergangenheit, als er vom Taschenrechner abgelöst wurde, weit verbreitet war.

Der entscheidende Schritt, der zur heutigen Informatik führte, bestand darin, den Algorithmus selbst formal zu notieren und schließlich auch durch physische Mechanismen zu repräsentieren. Waren die, im 17. Jahrhundert aufeinanderfolgend von Wilhelm Schickard, Blaise Pascal und Gottfried Wilhelm Leibniz erfundenen, mechanischen Rechenmaschinen durch ihre Konstruktion noch auf eine kleine Anzahl von grundlegenden Algorithmen festgelegt, unternahmen in den 1920er und 1930er Jahren verschiedene Mathematiker wie Moses Schönfinkel, Kurt Gödel, Jacques Herbrand, Alonzo Church, Haskell Curry, Stephen Cole Kleene und Alan Turing den Versuch, den Begriff des Rechnens bzw. der Berechenbarkeit von Funktionen durch formale Kalküle umfassend zu klären. Diese Kalküle manipulieren nicht Zahlen, sondern formal konstruierte Zahlzeichen, also Ziffern. Den Hintergrund dafür bildeten weniger praktische Aufgaben des Rechnens als vielmehr theoretische Fragestellungen der mathematischen Grundlagen-

theorie, insbesondere solche der Vollständigkeit und Entscheidbarkeit von axiomatisierten, d. h. auf eine Menge von Grundsätzen reduzierten, Theorien. Diese mussten zum Zweck der Untersuchung selbst in einer formalen Notation niedergelegt werden.<sup>2</sup>

Einige der seit den 1940er Jahren entstandenen Architekturen für elektronische Digitalrechner konnten die Instruktionen für die Berechnungen neben den Daten, auf denen diese erfolgen sollten, bzw. den Ergebnissen, die sich dadurch ergaben, in einem veränderlichen Speicher halten. Die Programme, d. h. Folgen von Instruktionen für Berechnungen, waren nicht mehr fest im Aufbau des Rechners verankert, sondern Daten neben anderen Daten. Dazu trat die Möglichkeit, den Verlauf der Berechnung bzw. die auszuführenden Instruktionen abhängig von Berechnungsergebnissen zu verändern bzw. auszuwählen.

In dieser Form trat der programmgesteuerte Universalrechner hervor, der innerhalb gewisser Grenzen beliebige Berechnungen auszuführen vermag. Die Grenzen liegen einmal darin, dass konkrete Rechner immer nur über einen endlichen Speicher verfügen, zum anderen darin, dass es mathematische Probleme gibt, für deren Lösung kein Algorithmus existiert. Eines der berühmtesten davon ist das sogenannte Halteproblem: die Aufgabe, festzustellen, ob ein gegebenes Programm, gestartet mit einer bestimmten Eingabe, jemals abbrechen und ein Ergebnis liefern wird. Das Halteproblem ist ein Spezialfall einer allgemeinen Fragestellung: Ist eine in der Sprache der Prädikatenlogik der ersten Stufe (d. h. einer Sprache, in der Prädikate, also Eigenschaften von Objekten, nur als Konstanten vorkommen können) formulierte Aussage aus einer gegebenen Menge von (ebenfalls in dieser Sprache notierten) Axiomen ableitbar? Diese Frage ist nicht entscheidbar, ja es ist sogar so, dass es für viele mathematische Theorien, z. B. für die Arithmetik, nicht möglich ist, sie auf eine endliche Menge von Axiomen zu gründen.<sup>3</sup> Mit dem programmgesteuerten Universalrechner waren jedoch die Voraussetzungen gegeben, die Kalküle aus der mathematischen Grundlagenforschung auch außerhalb derselben anzuwenden.

Aus den formalen Kalkülen wurden höhere Programmiersprachen, die sich in ihrer Gestalt von den Ansätzen entfernten, die sich, wie z. B. das lange Zeit im Bereich der Numerik vorherrschende FORTRAN, noch eng an die Struktur der Maschinenprogramme anlehnten. Dazu musste sich die Technik der Übersetzung bzw. Interpretation von Programmiersprachen entscheidend verbessern. Paradigmatisch dafür war das aus dem durch Church, Curry und Kleene entwickelten Lambda-Kalkül hervorgegangene LISP, das nicht nur numerische Berechnungen erlaubte, sondern unmittelbar auch den Aufbau und die Manipulation symbolischer Strukturen sowie durch solche auch von Instruktionen für weitere Berechnungen. Dadurch war es auf elegante Weise möglich, Programme zu schreiben, die zur Laufzeit Programme generieren und zur Ausführung bringen konnten, also den Charakter des Universalrechners unmittelbar zur Anwendung zu bringen (Winston, Horn 1989). John McCarthy, der Schöpfer von LISP, sollte zugleich zu einer der Gründerfiguren der sich in den frühen 1950er Jahren formierenden KI werden. Die Idee einer Maschine, die sich selbst reflektiert und verändert, indem sie ihr Programm analysiert und manipuliert, faszinierte bereits Alan Turing, der dies in einem Aufsatz diskutierte, der gemeinhin als Gründungsdokument der Disziplin gilt (Turing 1950), und behält diesen faszinierenden Charakter bis heute. Die Frage, worauf das Wort „selbst“ sich im Falle einer Maschine bezieht – eine solche ist kein selbstorganisierendes, sondern ein organisiertes System – und ob eine mechanische Widerspiegelung und Veränderung eines Maschinenzustands Subjektivität und Bewusstsein zu konstituieren vermöge, bleibt jedoch bis heute offen.

## GOFAI

Die Bezeichnung *Künstliche Intelligenz* bzw. *Artificial Intelligence* entstand erst 1956, also Jahre nach Turlings Aufsatz, der die Ambitionen der Disziplin definiert hatte. Durch den bereits erwähnten John McCarthy fand sie Eingang in den Titel eines Workshops, der, finanziert

von der Rockefeller Foundation, 1956 am Dartmouth College stattfand und seither als Gründungsereignis der KI als akademische Disziplin gilt (Frankish, Ramsey 2014: 18; McCarthy u. a. 1955). An ihr nahmen neben McCarthy selbst und dem als Begründer der Informationstheorie bekannten Claude Shannon mit Marvin Minsky, Herbert Simon und Alan Newell eine Reihe von Wissenschaftlern teil, die in den nachfolgenden Jahrzehnten einen dominierenden Einfluss auf das Feld ausüben sollten. Den ambitionierten und im damaligen Umfeld spektakulär klingenden Namen im Titel wählte McCarthy sicher nicht, ohne Erwartungen wecken zu wollen, von denen er sich einen anschwellenden Finanzierungsstrom, nicht nur vom Sponsor Rockefeller Foundation, erhoffte. Das sollte sich mit Unterbrechungen auch bestätigen, wobei das Pentagon, insbesondere dessen Advanced Research Projects Agency (ARPA) bald die führende Rolle übernahm. Unter den Fragestellungen des Workshops fanden sich, neben solchen wie „Wie kann ein Computer dazu programmiert werden, eine Sprache zu verwenden?“, „Wie kann eine Menge von (hypothetischen) Neuronen angeordnet werden, um Begriffe zu bilden?“ auch die, wie ein Computer zur Entwicklung von „Abstraktionen“, „Wahlfreiheit und Kreativität“ sowie zur (bereits von Turing thematisierten) „Selbstverbesserung“ befähigt werden könnte (McCarthy u. a. 1955; Übersetzung R. F.).

Eine Konstante der Disziplin sollte dann darin bestehen, beständig solche ambitionierten Ziele zu formulieren – bis hin zu Systemen, die über *General Intelligence* verfügen sollten –, um für sie nicht nur üppige Mittel zu akquirieren, sondern sie ebenso beständig zu verfehlen. Hilary Putnam sah darin ihren „Madison Avenue aspect“, der sich als „horrendous oversell“ äußere (Baumgartner, Payr 1995: 184), also einen Charakter, der sie eher der Werbeindustrie gleichstelle und darin bestehe, dass sie beständig und in erschreckendem Maße mehr verkaufe als sie zu liefern vermöge. Die KI erzielte durchaus auch Erfolge, doch waren die, gemessen an den großen Ankündigungen, eher bescheiden. Als fruchtbar erwies sie sich für die Informatik insgesamt, weil sie als Abfall

eine Reihe von Konzepten, Methoden und Werkzeugen hervorbrachte, die sich auch außerhalb ihrer als äußerst nützlich erwiesen.

Aufgaben, bei denen die Lösungskandidaten systematisch erschöpfend zu generieren und zu bewerten sind, gehören zu den Domänen der GOFAL. Ein Beispiel dafür stellt das berühmte, zum klassischen Informatikcurriculum gehörende *Acht-Damen-Problem* dar, das darin besteht, acht Damen so auf dem Schachbrett zu positionieren, dass sie sich gegenseitig nicht schlagen können (Paulson 1996: 208-210). Die größte Schwierigkeit besteht bei den meisten praktischen Problemen jedoch in der kombinatorischen Explosion der Kandidatenmenge. Paradigmatisch dafür ist das *Problem des chinesischen Postboten*, in dem es um die Minimierung von dessen Wegen geht. Entsprechende Programme vermochten recht schnell einfache Spiele immer zu gewinnen, doch z. B. im Schach und, noch mehr, im Go blieben sie den guten menschlichen Spielern lange unterlegen. Das änderte sich erst, als eine exponentiell angewachsene Rechnerleistung und ein entsprechend hoher Speicherumfang völlig neue Ansätze ermöglichten, die weniger auf ein tieferes Verständnis des Spiels als vielmehr die Masse der gespeicherten und bewerteten Spielverläufe setzten. Ähnlich war das auch bei der automatischen Übersetzung, in die insbesondere die US-Regierung große Erwartungen gesetzt und entsprechende Forschungsmittel investiert hatte. Die Unregelmäßigkeit und Mehrdeutigkeit natürlicher Sprachen standen hier schnellen Erfolgen im Wege, die dann ebenfalls nicht durch ein tieferes Verständnis der Semantik von Sprachen, sondern durch die Masse der bereitgehaltenen Beispiele, mit denen die Aufgaben abgeglichen werden können, erreicht wurden.

Ein weiteres Gebiet, auf dem gewisse Erfolge zu verzeichnen waren, ist das der deduktiven Systeme. Solche Systeme vermögen innerhalb gewisser Grenzen zu prüfen, ob eine Aussage aus gegebenen Prämissen ableitbar ist, oder zu ermitteln, ob es Belegungen der Variablen einer Formel gibt, die diese unter den gegebenen Prämissen in eine wahre Aussage verwandeln. Auf der Basis einer spezifischen Fassung der Prädikatenlogik erster

Stufe lässt sich dafür ein in vielen Fällen erfolgreiches Verfahren formulieren. In Gestalt der Programmiersprache Prolog und ihres Interpreters liegt beides in einer Form vor, die im Prinzip zur Lösung aller berechenbaren Probleme einsetzbar ist (Sterling, Shapiro 1994). Logikprogramme in dieser Form spezifizieren nicht, *wie* die Lösung zu berechnen ist, sondern *welche Eigenschaften* sie besitzen muss. Während das rückwärtsverkettende Verfahren von Prolog und ähnlichen Systemen zwar nicht immer, aber doch in sehr vielen Fällen zu einem definitiven Ergebnis – falsch, wahr oder wahr unter bestimmten Variablenbelegungen – kommt, lassen sich umgekehrt aus einer Menge von Prämissen beliebig viele Ableitungen bilden, von denen die meisten eher uninteressant sind. Hier kommt es also darauf an, den Ableitungsprozess in eine vielversprechende Richtung zu dirigieren.

In der Mathematik gelang es, mit Computerunterstützung eine Reihe von Beweisen zu führen, an denen Menschen bisher gescheitert waren (Dowek 2015), doch kann keine Rede davon sein, dass die Mathematiker demnächst durch Computer zu ersetzen wären. Gewisse Erfolge gab es auch mit Expertensystemen, die auf beschränkten Gebieten Leistungen des menschlichen Intellekts emulieren. Hier treten allerdings einige Schwierigkeiten auf, die dem Modell des deduktiven Systems Grenzen setzen: zunächst besteht die Aufgabe von menschlichen Experten meist nicht in purer Deduktion aus einer begrenzten Anzahl von Prämissen, sondern umgekehrt darin, die Ursache eines mehrdeutigen Phänomens zu finden, für das unterschiedliche oder auch Komplexe aus einer Vielzahl von Ursachen verantwortlich sein können, indem sie deren Menge durch gezielte zusätzliche Fragen einengen. Die Menge des schon für eine spezielle Expertise relevanten Wissens ist oft nicht nur so groß, dass der Aufwand für seine Formalisierung und Speicherung abschreckend hoch ist, sondern dessen Besitzern zu einem großen Teil auch nicht in expliziter Form präsent. Der Prozess der Hebung und Explikation dieses *impliziten* Wissens verursacht besonderen Aufwand. Da der Dialog mit entsprechenden Systemen in einer formalen Sprache erfolgen muss, „schürft“

und übersetzt meist ein Wissensingenieur mit interdisziplinärer Kompetenz das implizite Wissen der Experten. Doch auch dieser Ansatz stößt an Grenzen, da menschliche Expertise auch perzeptive Fähigkeiten einschließt, wie etwa die, bestimmte Symptomkomplexe ganzheitlich wahrzunehmen. Solche perzeptiven Leistungen stellten die symbolische KI vor unüberwindliche Herausforderungen.

Neben den perzeptiven Schwächen der klassischen symbolischen KI, die sich durch alternative Ansätze zumindest partiell als überwindbar erweisen sollten, gibt es jedoch auch grundsätzliche, die sich in immer neuen Gestalten zeigen. Eine davon betrifft die Grenzen deduktiver Systeme. Diese scheitern immer wieder an der Schwierigkeit, dass die Monotonie, durch die sich Schlussketten innerhalb theoretischer Modelle auszeichnen, in der Realität oft gebrochen ist. Zwar kann man aus den Aussagen „Vögel können fliegen“, „Raben sind Vögel“ und „Max ist ein Rabe“ durch eine Kette von Schlüssen zu der Aussage „Max kann fliegen“ kommen, doch trifft dies nicht zu, wenn Max sich z. B. in einem engen Käfig befindet, angekettet ist oder einen gebrochenen Flügel hat. Die Relevanz solcher Tatsachen für die Flugfähigkeit von Max erkennt jedoch nur, wer über ein durch Erfahrung fundiertes Wissen über vielfältige Sachverhalte verfügt. Um einzuschätzen, ob die monotone Schlusskette anwendbar ist, braucht man also Weltverständnis – Wissen, das man im Laufe eines Lebens auf nicht immer transparente Weise erwirbt und das einem Computer beizubringen bisher scheiterte: „Die Frage, die nicht vergehen wird, besteht darin, *wieviel von dem, was wir ‚Intelligenz‘ nennen, auch alles andere voraussetzt, was zur menschlichen Natur gehört.*“ (Putnam 1992: 13; Emphase im Original, Übersetzung R. F.)

Ende der 1980er Jahre wurden die Grenzen der damaligen Ansätze immer offenkundiger (Puppe 1991: 176-192). Die Aufmerksamkeit richtete sich zunehmend darauf, die formal-symbolische Hürde zu umgehen. Versuche galten einerseits dem Unternehmen, objektivierte Wissen in Form von Regeln und Klassifikationen ohne menschliche Übersetzung in symbolische Repräsentationen unmittelbar

aus Daten zu generieren, und richteten sich andererseits darauf, auch perzeptive Leistungen unmittelbar auf Basis von Sensordaten zu erbringen. Das Werkzeug dazu war im Prinzip schon vorhanden, doch aufgrund zu geringer Rechnerleistung und des Mangels an geeigneten Daten bis in die 1990er Jahre nur begrenzt anwendbar. Das sollte sich im Verlaufe der letzten beiden Jahrzehnte jedoch grundsätzlich ändern.

## Big Data

Schon die Architektur der Expertensysteme der 1970er und 1980er Jahre kannte eine Trennung zwischen den fest codierten Komponenten, die die Ableitungsregeln sowie die Schnittstellen zur Eingabe des formalisierten Wissens und zur Benutzung der Systeme umfassten, und der variablen Wissensbasis, die sich im Laufe des Betriebs ändern konnte. Eine vergleichbare Trennung gibt es auch bei den Systemen, die auf Big Data basieren, doch besteht die variable Komponente hier nicht aus symbolisch repräsentiertem Wissen, sondern aus Parametern, die mittels bestimmter Verfahren aus Trainingsdaten gewonnen wurden und im Folgenden die Arbeitsweise der Systeme festlegen. Grob gesagt geht es darum, diese Systeme zu befähigen, Ähnlichkeiten zwischen den Trainingsdaten und den Anwendungsdaten zu erkennen. Die Systeme werden dazu *nicht spezifisch programmiert*, sondern mit Hilfe von dazu ausgewählten und klassifizierten Beispieldaten *trainiert*. Dafür steht heute der Begriff *Machine Learning* (Watt u. a. 2020; Goodfellow u. a. 2018; Chollet 2018), obwohl *Konditionierung* treffender wäre.

Algorithmen spielen sowohl beim Training als auch bei der Anwendung eine Rolle, doch besitzen sie keine Merkmale, die für die jeweilige Anwendung spezifisch wären. Es sind nicht, wie oft zu hören ist, irgendwelche Algorithmen, die hierbei etwas lernen würden, sondern Systeme, die mit Hilfe von Algorithmen und Daten zu einem Verhalten konditioniert werden. Das, was deren besonderes Verhalten jeweils ausmacht, liegt in jenen Daten, nicht in den Algorithmen, die zwischen unterschied-

lichen Systemen sogar identisch sein können. Die nahezu ubiquitäre Rede von den Algorithmen, die dabei seien, überall die Herrschaft zu übernehmen, ist deshalb irreführend: Algorithmen sind immutable formale Objekte, die nichts lernen können. Die durch den Begriff Algorithmus konnotierte Vorstellung rationaler Konstruktion trifft genau auf die Systeme, von denen hier die Rede ist, *nicht* zu. Wenn Systeme zudem im Rahmen dessen, was als *Reinforcement Learning* bezeichnet wird (Goodfellow u. a. 2018: 25, 103; Chollet 2018: 95), im Laufe ihres Betriebs anhand von Erfolgsmaßen ihr Verhalten verändern, kann es keinen Algorithmus geben, der dieses determiniert.

Prinzipiell ist kein physisches System, auch kein computergesteuertes, allein durch einen Algorithmus bestimmt. Ein Algorithmus kann nur eine Berechnung, doch keinen physischen Sachverhalt oder Prozess spezifizieren. Seine Implementationen sind immer durch physische Merkmale charakterisiert, die ihm völlig äußerlich sind. Das Verhalten auch von computergesteuerten Systemen wird immer auch durch ihren physischen Aufbau und ihre physische und soziale Umgebung, mit der sie in Wechselwirkung stehen, ihre Konfigurationsparameter und Eingaben bestimmt. Sie sind so wenig durch Code allein definiert wie Organismen dies sind, deren genetischer Code allein kein Leben hervorbringen könnte ohne die Zelle, deren Bestandteil er ist (Noble 2017: 174), und ohne Organismen und Biotope, mit denen letztere wechselwirkt. Auch die Vorstellung, dass es einmal ein universelles automatisches Produktionssystem geben könnte, das dazu in der Lage wäre, alle durch die Konsumenten irgendwie „digital“ spezifizierten physischen Produkte auf Befehl hervorzubringen, liegt eher im Reich der Science-Fiction als in einer denkbaren Realität.<sup>4</sup> Dahinter verbirgt sich auch ein Missverständnis des Begriffs der universellen algorithmischen Maschine bzw. eine Ignoranz der Äquivokation, die sich hier in dem Wort „Maschine“ verbirgt: Die universelle algorithmische Maschine kann theoretisch zwar jeden, in geeigneter Form codierten, Algorithmus ausführen, aber keine physischen Prozesse. Sie ist keine

Maschine im Sinne des Maschinenbaus, vielmehr ist ein Computer eine spezifische physische Maschine, die eine Teilmenge der Operationen einer universellen Maschine zu repräsentieren vermag – eine Teilmenge deshalb, weil eine universelle Maschine eines unendlichen Speichers bedarf.

Das vielleicht größte Problem mit den durch Daten konditionierten Systemen besteht jedoch darin, *dass sie* überwiegend *nicht zu verstehen sind*. Während das Verhalten herkömmlicher Computersysteme zwar nicht allein, aber entscheidend und vor allem in explikationsfähiger und, wenigstens im Prinzip, nachvollziehbarer Weise bestimmt wird durch die Algorithmen bzw. den diese repräsentierenden Code und das Verhalten der Expertensysteme zusätzlich durch ihre Wissensbasis, bleibt das Verhalten jener Systeme opak. Wenn man davon ausgeht, dass ein Lernprozess seine Subjekte dazu befähigt, auch zu sagen, *was* sie gelernt haben, dann muss man die Rede von lernenden Systemen hier in Frage stellen. Denn genau das können die durch Daten konditionierten Systeme nicht und auch ihre Schöpfer können dies höchstens in den trivialen Fällen aus dem Lehrbuch. Das liegt an den Techniken, die zu ihrer Konditionierung dienen.

Wie bereits ausgeführt, besteht die Leistung solcher Systeme darin, Ähnlichkeit zu erkennen: Sie ordnen Muster von Merkmalen bestimmten Klassen zu. Man spricht in diesem Zusammenhang zwar von *Representation Learning*, doch gehören die so gebildeten Repräsentationen, anders als die Regeln in den alten Expertensystemen, keiner Welt an, deren Sinn sich dem menschlichen Verständnis erschließen würde. Es sind einfach nur Anordnungen von Parametern. Die Verknüpfung wird durch den Trainings- bzw. Konditionierungsprozess hergestellt. Man unterscheidet Methoden, die dazu der Intervention durch menschliche Instruktoren bedürfen, von solchen, die einer solchen nicht bedürfen. Man spricht in diesem Zusammenhang von *Supervised vs. Unsupervised Learning* (Watt u. a. 2020; Goodfellow u. a. 2018; Chollet 2018).

Die Klassifikation kann auf der Grundlage des Theorems von Bayes über bedingte Wahrscheinlichkeiten erfolgen, durch Clusterbildung

oder durch *künstliche neuronale Netze* (KNN), deren Parameter durch gezieltes Probieren ermittelt wurden. Lässt sich das Ziel, was bei der binären Klassifikation immer der Fall ist, durch eine linear geordnete Größe charakterisieren, sind auch Regressionsverfahren einsetzbar. Die Parameter der KNN sind die Gewichte, mit denen einzelne Komponenten der Eingabe in das Resultat eingehen. KNN können auch in Schichten aufgebaut werden, wobei die Schichten unterschiedliche Aufgaben der Extraktion und Aggregation von Merkmalen übernehmen und die Ausgabe einer Schicht zur Eingabe der darüber liegenden wird. Man spricht in diesem Zusammenhang von tiefen KNN bzw. *Deep Learning* (Watt u. a. 2020; Goodfellow u. a. 2018; Chollet 2018): Mittels der genannten Verfahren können entsprechende Systeme z. B. einen bestimmten Symptomkomplex mit einer Krankheit oder einer bestimmten Störquelle verknüpfen, eine Aussage darüber treffen, ob auf einem Bild ein Pferd, ein Hund oder ein Mensch zu sehen ist, oder ob das Profil eines Kunden Anlass zu der Vermutung gibt, dass er geneigt wäre, ein bestimmtes Produkt kaufen, und ob er auch über eine hinreichende Zahlungsfähigkeit und -moral verfügte.<sup>5</sup> Und nicht zuletzt verdanken auch Siri, Alexa & Co. ihre Sprachfertigkeit solchen Künsten.

Eine Bemerkung zu den KNN erscheint angebracht: Die Bezeichnung „neural“ war zwar durch eine topologische Ähnlichkeit motiviert, doch verfolgen KNN in keiner Weise das Ziel, ein Gehirn zu imitieren. Es geht dabei um ein mathematisches Verfahren zur Transformation von Daten. Alle genannten Techniken sind seit Jahrzehnten bekannt. Der letzte theoretische Baustein, der entscheidend zum Erfolg der tiefen, d. h. aus mehreren Schichten aufgebauten KNN beitrug, war der in den 1970er und 1980ern entwickelte *Back-propagation*-Algorithmus, der es erlaubt, im Trainingsprozess aus den Abweichungen der tatsächlichen von der intendierten Ausgabe Korrekturen für die Parameter abzuleiten. D. h. hier handelt es sich um *Supervised Learning*. Nachdem sie jahrzehntelang eher ein Schattendasein gefristet hatten, gelangten jene Techniken und insbesondere die der tiefen

KNN erst dadurch zum Durchbruch, dass seit den 1990er Jahren leistungsfähige Prozessoren und Speicher massenhaft zu immer günstigeren Preisen verfügbar waren. Ohne die im Hintergrund bereitstehenden riesigen Rechenzentren sind die KI-Anwendungen, die heute selbst auf dem Smartphone verfügbar sind, nicht denkbar. Bei der Realisierung der KNN kommen nicht mehr nur herkömmliche Universalprozessoren zum Einsatz, sondern zunehmend Spezialprozessoren aus der Computergraphik. Diese Prozessoren sind darauf ausgelegt, massenhaft mit hoher, auch durch Parallelisierung erreichter Geschwindigkeit Tensor-Operationen auszuführen.<sup>6</sup>

Die auf Big Data bauende KI ist auf den massiven Einsatz von Rechnerleistung angewiesen. Der illusionäre Charakter der lange Zeit populären Vorstellung, die Informationstechnik und die Netze wären irgendwie „virtuell“ und damit auch immateriell, ist offenkundig. Beispielsweise verursacht das Training einer anspruchsvollen KI-Anwendung für die Verarbeitung natürlicher Sprache so viel CO<sub>2</sub>-Emissionen wie sechs PKW über ihren gesamten Lebenszyklus inklusive Herstellung im US-Durchschnitt (Cohen 2019; Strubell u. a. 2019). Der gesamte Bereich der Informations- und Telekommunikationstechnik (IKT) wird global in diesem Jahr (2020) mehr als 2.500 TWh an Elektrizität verbrauchen, mit stark steigender Tendenz (Jones 2018). Das entspricht ungefähr dem gesamten deutschen Endenergieverbrauch von 2018. Für das Jahr 2030 wird schon ein Verbrauch von 8.000 TWh erwartet, die dann ungefähr 20% des Weltstrombedarfs ausmachen werden. Den größten Teil davon werden die Rechenzentren und die Übertragungsnetze verursachen. Big Data ist dabei ein entscheidender Treiber und entwickelt sich dadurch, doch auch durch den wachsenden Bedarf an mineralischen Rohstoffen wie Kupfer, Kobalt, Nickel, Lithium u. a. für die Hardware, zu einem signifikanten Teil des globalen Umweltproblems.

Allein schon unter den Gesichtspunkten der natürlichen Ressourcen erscheint die heute als unvermeidlich angesehene Entwicklung, in deren Verlauf der menschliche Körper mitsamt seiner Umgebung von einem Heer

von zig Milliarden vernetzter Sensoren und Prozessoren übersät und durchdrungen, der daraus resultierende anschwellende Datenstrom schließlich der permanenten Überwachung und Auswertung durch (von einer intransparenten Vielzahl von Akteuren betriebene) KI-Systeme unterworfen werden soll, eines nochmaligen Überdenkens wert. Es wird nicht ausreichen, nur nach sparsamerer Hardware und effizienteren Verfahren zu rufen.

Weniger das Energieproblem als der Mangel an für besondere Aufgaben geeigneten Daten und der Zeitaufwand für das Training der Systeme führte in den letzten Jahren dazu, dass im Bereich der besonders energiehungrigen tiefen KNN zunehmend vom sogenannten *Transfer Learning* Gebrauch gemacht wurde (Wolfangel 2019), das die Wiederverwendung der unteren, auf allgemeine und innerhalb einer Vielzahl von Aufgabenstellungen vorkommende Merkmale konditionierten Schichten erlaubt. Doch das bremste die Entwicklung des Ressourcenverbrauchs nicht merklich und wird es auch in Zukunft nicht tun.

Ohne Zweifel gibt es sinnvolle KI-Anwendungen, die auch ein Potential zur besseren Ressourcennutzung enthalten. Dazu gehört z. B. die Analyse von Sensordaten aus Anlagen, um Hinweise auf sich ankündigende, durch rechtzeitige Wartung zu behebbende Störungen zu erhalten. Hier spielt z. B. die akustische Sensorik eine Rolle: „Bevor etwas kaputtgeht, fängt es an zu klappern“, so die Erläuterung eines Ingenieurs. Ein Abgleich des (Fourier-) transformierten Signals mit einer Menge von bekannten Mustern gibt einen Hinweis auf das eventuelle Vorliegen und die Art einer Störung. Die Bahn z. B. könnte auf diese Weise die Zeit, die Züge in der Werkstatt verbringen, deutlich reduzieren. Doch gerade um der sinnvollen Anwendungen willen ist heute die Frage zu stellen, ob es, nicht allein angesichts begrenzter Ressourcen, sondern auch weiterer Risiken wegen, angezeigt wäre, Dämme gegen die Datenflut aus vernetzten Sensoren und Prozessoren sowie die Proliferation der sich diese einverleibenden KI-Anwendungen zu errichten.

## Defizite

Auch jenseits des Energie-, Rohstoff- und Umweltproblems leidet die auf Big Data basierende KI unter fundamentalen Defiziten. Die in ihr zur Anwendung kommenden Verfahren konditionieren das Verhalten der Systeme auf Muster, d. h. Regelmäßigkeiten, die sie in großen Mengen von Daten finden sollen, die oft genug, z. B. in der Molekulargenetik, jedoch nicht groß genug sind. Nicht nur, dass nicht klar ist, *welche* Muster sie dabei erkennen, sondern sie wenden, wenn sie im produktiven Einsatz anhand dieser Muster Klassifikationen vornehmen, damit eine Hypothese an, deren explizite Formulierung nicht bekannt ist. Eingeschlossen ist darin das offene epistemologische Problem der induktiven Erkenntnis. Hilary Putnam weist in diesem Zusammenhang auf das Problem der widersprüchlichen Induktionen hin, dessen Auflösung der Art von Intelligenz bedarf, die eben „*the rest of human nature*“ und das heißt: die Selbst- und Weltenerfahrung voraussetze, die man als menschliches Wesen erwerbe. Er nennt ein auf Nelson Goodmans Konzept der „entrenched hypothesis“ (Goodman 1983: 92-124), also der tiefverwurzelten Hypothesen, anspielendes Beispiel, um das zu illustrieren: „[...] soviel ich weiß, war noch niemand, der die Emerson Hall an der Harvard-Universität betreten hat, dazu in der Lage, Inuit zu sprechen. Angenommen, Ukuk sei ein Eskimo in Alaska, der Inuit spricht. Soll ich vorhersagen, dass Ukuk, wenn er die Emerson Hall, betritt, nicht mehr dazu in der Lage sein wird, Inuit zu sprechen?“ (Putnam 1992: 12; Übersetzung R. F.)

Wie einem KI-System, abgesehen davon, dass ihren kommerziellen Betreibern der dazu erforderliche Aufwand als wirtschaftlich nicht zu verantworten erschiene, all das für die Auflösung kontradiktorischer Induktionen relevante Wissen und dessen Prioritätsordnung beizubringen wäre, ist völlig unklar. Scheitern dürfte schon der Versuch, dieses Wissen erschöpfend zu beschreiben. Doch epistemologisch fragwürdig ist manchmal schon die Datenbasis, auf deren Grundlage die Konditionierung der Systeme erfolgt. Oft führen darin versteckte Verzerrungen – *encoded hidden*

*bias* – zu überraschenden Ergebnissen: etwa wenn dunkelhäutige Menschen als Gorillas klassifiziert werden oder wenn Sachverhalte, von denen man glaubte, dass sie gewisserkannt würden, nicht mehr erkannt werden, weil ein in den Trainingsdaten eher zufällig vorhandenes Merkmal mit ihnen assoziiert wurde, das in den produktiven Daten fehlt. Auch wer schon erfolglos versuchte, beim Online-Einkauf „Bezahlung per Rechnung“ zu wählen, mag hier des Rätsels Lösung finden: Man wohnt in der falschen Straße. Wenn dies der Fall ist oder wenn die betreffenden Systeme andere, eher als ungünstig eingestufte biographische Details kennen, hat man auch gute Chancen, schlechtere Versicherungs- und Kreditkonditionen zu erhalten oder bei einer Bewerbung abgelehnt zu werden.<sup>7</sup> „What can we know about what a machine knows?“ (Bridle 2019: 136) – das ist hier tatsächlich die Frage, zumal das oft genug auch ihre Betreiber nicht wissen, doch nicht allein dies, sondern auch, ob hier die neueste Technik zur Reproduktion der ältesten Vorurteile und zum Zement der durch diese bestätigten gesellschaftlichen Verhältnisse gerät.

Solche Fragen scheinen die kalifornischen Ideologen nicht zu quälen: Schon vor einem Jahrzehnt deklarierte Chris Anderson, der damalige Chefredakteur von *Wired*, das Ende der Theorie (Anderson 2008). Dies, weil KI-Systeme alle Zusammenhänge nun unmittelbar aus dem Datenstrom des Internet erschließen könnten und das mühevoll Geschäft der Formulierung von Hypothesen sich damit erübrige. Durch solche Gedankenspiele inspiriert, glaubte Paul Mason sogar, dass dadurch auch das Problem der volkswirtschaftlichen Steuerung gelöst sei, weil man jetzt über ein unmittelbares Bild der Realität verfüge (Mason 2015: 271-272; zur Kritik Fischbach 2017: 21, 51, 105, 114).

Derartiges stieß auf den ebenso erwartbaren wie begründeten Widerspruch aus der wissenschaftstheoretischen Gemeinde (Pigliucci 2009). Tatsächlich findet man, zieht man nur genügend Variablen heran, für nahezu alles eine Pseudoerklärung, lässt sich oft genug auch zwischen unzusammenhängenden Variablen eine unwahrscheinliche Korrelation entdecken oder eine, die Ausdruck eines ver-

deckten Zusammenhangs ist (wie die zwischen Bildung und Lebenserwartung, die beide Funktionen besserer Lebensumstände sind), und als Kausalität ausgeben (Smith 2018) – wobei gerade die Unwahrscheinlichkeit, weil sie ja dafür steht, dass es kein Zufall sein könne, auch noch als Ausweis wissenschaftlicher Qualität dient. Der Überfluss an Daten und an massiver Rechnerleistung laden in einer Umgebung, in der als Ergebnis eines sich verschärfenden Kampfes um Reputation, Positionen und Forschungsgelder jährlich eine steigende Anzahl wissenschaftlicher Publikationen erscheint, dazu ein, Ergebnisse zu fabrizieren, d. h. insbesondere nach solchen hinreichend unwahrscheinlich erscheinenden Korrelationen zu suchen und sich eine extravagante Theorie dazu auszudenken (Bridle 2019: 89-93).

Wenn im Vorhergehenden auch nur eine knappe Skizze der heute dominierenden Form von KI und der zu ihr führenden Entwicklung möglich war,<sup>8</sup> so sollte doch deutlich geworden sein, dass diese trotz einiger verblüffender Erfolge von wirklicher Intelligenz weit entfernt ist; noch mehr jedoch, dass diese Technik nicht nur einige sinnvolle Anwendungen hat, sondern dass ihre, durch keine Deliberation gebremste, Proliferation Risiken birgt. Diese liegen nicht nur in zunehmenden Ressourcenproblemen und der Verfestigung gesellschaftlicher Verhältnisse, in denen die Individuen immer mehr Gefangene ihrer Datenspur werden, sondern auch in einer *Eclipse of Reason* durch einen mit Hilfe von maschinell erzeugten und bearbeiteten Datenfluten ins Extrem gesteigerten naiven Positivismus.

## Anmerkungen

- 1 Eine kritische Auseinandersetzung mit der heutigen Diagrammflut bietet das Kapitel 8 von De Vries (2019), das den Titel „Bad Graphics“ trägt.
- 2 Eine knappe, ohne tiefe mathematische Kenntnisse lesbare Einführung in die mathematischen Grundlagen der Informatik sowie die die wachsende Bedeutung des programmgestützten Beweizens liefert Dowek (2015).
- 3 Eine knappe Darstellung der wichtigsten Resultate bietet Stegmüller (1973).
- 4 Diese irrige Vorstellung erfreut sich in den letzten Jahren in weiten Kreisen, insbesondere der

- Linken, zunehmender Beliebtheit. Beispiele dafür sind Rifkin (2015), Mason (2015), Srnicek und Williams (2016) sowie Eversmann (2019).
- 5 Die theoretischen Grundlagen der hier diskutierten, auf Big Data beruhenden KI-Techniken vermitteln Goodfellow u. a. (2016) und Watt u. a. (2020); eine Einführung in ihre praktische Anwendung bieten Samir Abd El-Fattah (2019) und Chollet (2018); Broussard (2018) bringt ein ohne profunde Programmierkenntnisse verständliches Anwendungsbeispiel im Kontext einer kritischen Auseinandersetzung mit den Defiziten der Technik.
- 6 Tensoren sind mehrdimensionale Zahlengebilde, deren Dimension als Rang bezeichnet wird. Ein Skalar, d. h. eine einfache Zahl ist ein Tensor mit Rang 0, ein Vektor, d. h. eine Zahlenfolge, ein Tensor mit Rang 1, eine (zweidimensionale) Matrix ein Tensor mit Rang 2, usw.
- 7 Eine umfassende Auseinandersetzung mit dem Problem der versteckten Verzerrungen in Big Data-Verfahren liefert O'Neil (2017).
- 8 Eine Würdigung der aktuellen KI und ihrer Genese, die vieles ausführlicher diskutiert, was hier nur angedeutet werden konnte, bietet Smith (2019).

## Literatur

- Anderson, Chris (2008): *The End of Theory: The Data Deluge Makes the Scientific Method Obsolete*. In: *Wired Magazine*, 23. Juni. URL: <https://www.wired.com/2008/06/pb-theory/> (Abruf: 18.03.2020).
- Baumgartner, Peter; Payr, Sabine (Hg.) (1995): *Speaking Minds: Interviews with Twenty Eminent Cognitive Scientists*. Princeton NJ: Princeton University Press.
- Bridle, James (2019): *New Dark Age: Technology and the End of the Future*. London: Verso.
- Broussard, Meredith (2018): *Artificial Unintelligence: How Computers Misunderstand the World*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Chollet, François (2018): *Deep Learning with Python*. Shelter Island, NY: Manning.
- Cohen, Nancy (2019): *Researchers show glare of energy consumption in the name of deep learning*. URL: <https://techxplore.com/news/2019-06-glare-energy-consumption-deep.html> (Abruf: 18.03.2020).
- De Vries, Robert (2019): *Critical Statistics: Seeing Beyond the Headlines*. London: Red Globe Press.
- Dowek, Gilles (2015): *Computation, Proof, Machine. Mathematics Enters a New Age*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Eversmann, Ludger (2019): *Marx' Reise ins digitale Athen. Eine kleine Geschichte von Kapital, Arbeit, Waren und ihrer Zukunft*. Zürich: Rotpunktverlag.
- Fischbach, Rainer (2017): *Die schöne Utopie. Paul Mason, der Postkapitalismus und der Traum vom unbegrenzten Überfluss*. Köln: PapyRossa.
- Frankish, Keith; Ramsey, William M. (Hg.) (2014): *The Cambridge Handbook of Artificial Intelligence*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Goodfellow, Ian; Bengio, Yoshua; Courville, Aaron (2016): *Deep Learning*. Cambridge MA: MIT Press.
- Goodman, Nelson (1983): *Fact, Fiction, and Forecast*. 4. Aufl. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Jones, Nicola (2018): *How to stop data centres from gobbling up the world's electricity: The energy-efficiency drive at the information factories that serve us Facebook, Google and Bitcoin*. In: *Nature*, 12. September. URL: <https://www.nature.com/articles/d41586-018-06610-y> (Abruf: 18.03.2020).
- Mason, Paul (2015): *Postcapitalism. A Guide to Our Future*. London: Penguin.
- McCarthy, John; Minsky, Marvin L.; Rochester, Nathaniel; Shannon, Claude E. (1955): *A Proposal for the Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence*. URL: <http://www-formal.stanford.edu/jmc/history/dartmouth/dartmouth.html> (Abruf: 18.03.2020).
- Noble, Denis (2017): *Dance to the Tune of Life: Biological Relativity*. Cambridge: Cambridge University Press.
- O'Neil, Cathy (2017): *Weapons of Math Destruction. How Big Data Increases Inequality and Threatens Democracy*. London: Penguin.
- Paulson, Lawrence (1996): *ML for the Working Programmer*. 2. Aufl. Cambridge: Cambridge University Press.
- Pigliucci, Massimo (2009): *The end of theory in science?* In: *EMBO reports*, 10, 1. Juni, S. 534. URL: <https://doi.org/10.1038/embor.2009.111> (Abruf: 18.03.2020).
- Puppe, Frank (1991): *Einführung in Expertensysteme*. 2. Aufl. Berlin: Springer.
- Putnam, Hilary (1992): *Renewing Philosophy*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Rifkin, Jeremy (2015): *The Zero Marginal Cost Society: The Internet of Things, the Collaborative Commons, and the Eclipse of Capitalism*. New York: Palgrave Macmillan.
- Samir Abd El-Fattah, Mostafa (2019): *How Machine Learning Works*. Shelter Island, NY: Manning.
- Smith, Brian Cantwell (2019): *The Promise of Artificial Intelligence. Reckoning and Judgement*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Smith, Gary (2018): *The AI Delusion*. Oxford: Oxford University Press.
- Srnicek, Nick; Williams, Alex (2016): *Inventing the*

- Future. Postcapitalism and a World without Work. Überarb. u. aktual. Aufl. London: Verso.
- Starr, S. Frederick (2013): Lost Enlightenment. Central Asia's Golden Age from the Arab Conquest to Tamerlane. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Stegmüller, Wolfgang (1973): Unvollständigkeit und Unentscheidbarkeit. Die metamathematischen Resultate von Gödel, Church, Kleene, Rosser und ihre erkenntnistheoretische Bedeutung. 3., verbesserte Aufl. Wien: Springer.
- Sterling, Leon; Shapiro, Ehud (1994): The Art of Prolog. 2. Aufl. Cambridge, MA: MIT Press.
- Strubell, Emma; Ganesh, Ananya; McCallum, Andrew (2019): Energy and Policy Considerations for Deep Learning in NLP. Amherst, MA: College of Information and Computer Sciences University of Massachusetts Amherst. URL: [https://drive.google.com/file/d/1v3TxxqPuzvRfiV\\_RVyRTTfBHI1pZq7Ab/view](https://drive.google.com/file/d/1v3TxxqPuzvRfiV_RVyRTTfBHI1pZq7Ab/view) (Abruf: 18.03.2020).
- Teuchert-Noodt, Gertraud (2016): Ein Bauherr beginnt auch nicht mit dem Dach. Die digitale Revolution verbaut unseren Kindern die Zukunft. In: umwelt · medizin · gesellschaft 29, H. 4, S. 36-38. URL: [http://www.aufwach-s-en.de/wp-content/uploads/2017/07/Teuchert-Noodt\\_2016\\_umg\\_4\\_16\\_Kinder.pdf](http://www.aufwach-s-en.de/wp-content/uploads/2017/07/Teuchert-Noodt_2016_umg_4_16_Kinder.pdf) (Abruf: 18.03.2020).
- Turing, Alan (1950): Computing Machinery and Intelligence. Mind (LIX, 236).
- Watt, Jeremy; Borhani, Reza; Katsaggelos, Aggelos K. (2020): Machine Learning Refined. Foundations, Algorithms, and Applications. Cambridge: Cambridge University Press.
- Winston, Patrick Henry; Horn, Berthold Klaus (1989): LISP. 3. Aufl. Reading, MA: Addison-Wesley.
- Wolfangel, Eva (2019): Transfer Learning. KI mit Zauberei. In: Spektrum, 27. Mai. URL: <https://www.spektrum.de/news/ki-mit-zauberei/1646056> (Abruf: 18.03.2020).
- Wußing, Hans (2013): 6000 Jahre Mathematik. Eine kulturgeschichtliche Zeitreise. Band I: Von den Anfängen bis Leibniz und Newton. Berlin: Springer.

# Berliner Debatte Initial 31 (2020) 1

Sozial- und geisteswissenschaftliches Journal

© **Berliner Debatte Initial e.V.**,  
Ehrenpräsident Peter Ruben.  
Berliner Debatte Initial erscheint viermal  
jährlich.

**Redaktionsrat:** Harald Bluhm,  
Wladislaw Hedeler, Cathleen Kantner,  
Raj Kollmorgen, Rainer Land, Udo Tietz,  
Andreas Willisich.

**Redaktion:** Ulrich Busch, Erhard Crome,  
Wolf-Dietrich Junghanns, Thomas Möbius,  
Gregor Ritschel, Robert Stock,  
Matthias Weinhold, Johanna Wischner.

**Verantwortl. Redakteur:** Thomas Müller.

**V.i.S.d.P. für dieses Heft:** Thomas Müller.

**Satz:** Rainer Land.

**Copyright** für einzelne Beiträge ist bei der  
Redaktion zu erfragen.

**E-Mail:** [redaktion@berlinerdebatte.de](mailto:redaktion@berlinerdebatte.de)

<http://www.berlinerdebatte.de/>

**Berliner Debatte Initial** erscheint bei  
WeltTrends, Medienhaus Babelsberg  
August-Bebel-Straße 26-53  
D-14482 Potsdam  
[www.welttrends.de](http://www.welttrends.de)

**Preise:** Einzelheft 15 €,  
Jahresabonnement 40 €, Institutionen 45 €,  
Studenten, Rentner und Arbeitslose 25 €.  
Für ermäßigte Abos bitte einen Nachweis  
(Kopie) beilegen. Das Abonnement gilt  
jeweils für ein Jahr und verlängert sich um  
jeweils ein Jahr, wenn nicht sechs Wochen  
vor Ablauf gekündigt wird.

**Bestellungen:** Einzelhefte im Buchhandel;  
Einzelhefte (gedruckt oder als PDF) und ein-  
zelne Artikel (als PDF) im Webshop:  
<http://shop.welttrends.de/>  
E-Mail: [bestellung@welttrends.de](mailto:bestellung@welttrends.de)  
Telefon: +49/331/721 20 35  
Fax: +49/331/721 20 36  
(Büro WeltTrends)

## Abonnement per Mail, telefonisch oder per Post

[bestellung@welttrends.de](mailto:bestellung@welttrends.de)  
+49/331/721 20 35

WeltTrends, Medienhaus Babelsberg  
August-Bebel-Straße 26-53  
D-14482 Potsdam

Ich bestelle ein Abonnement der Berliner Debatte Initial ab Heft .....

- Jahresabonnement 40 € (Institutionen 45 €).
- Abonnement ermäßigt 25 Euro (Studenten, Rentner, Arbeitslose etc.),  
Nachweis bitte beilegen.

Name: .....

Straße, Nr.: .....

Postleitzahl: ..... Ort: ..... Telefon: .....

Ich weiß, dass ich diese Bestellung innerhalb von 10 Tagen bei der Bestelladresse schriftlich  
widerrufen kann.

Datum, Unterschrift: