

ABOUT

TRUST

DAS MAGAZIN DER TÜV SÜD GRUPPE 03 — 2020



Mehr Wert.
Mehr Vertrauen.



Schwerpunkt: **INTELLIGENZ**

Intelligenz kennt viele Spielarten: Kraken besitzen sie, Menschen und seit einiger Zeit auch Maschinen. Wir haben uns einigen Ausprägungen angenähert und dabei jede Menge über Aliens, Algorithmen und uns selber gelernt.

ABOUT TRUST

LIEBE LESERINNEN UND LESER,

der Begriff der künstlichen Intelligenz ist in aller Munde – und die Auswirkungen dieser KI auf unser Leben werden zum Teil euphorisch diskutiert. Meine Überzeugung ist: KI wird uns in den kommenden Jahren überraschende Chancen und Möglichkeiten bieten. Aber auch für KI-Anwendungen gilt eine Prämisse: Wir müssen das System, den Prozess und den Kontext der Anwendung so gestalten, dass sie zum Wohle von Menschen und Umwelt eingesetzt werden kann und ihnen das Ergebnis dient.

Unsere Erfahrung bei TÜV SÜD ist, dass die Algorithmen der KI den Menschen in zahlreichen Bereichen großartig unterstützen können. Wir setzen künstliche Intelligenz beispielsweise für Routineaufgaben bei der Erkennung von Schäden an Fahrzeugen oder Werkstücken ein und machen damit unsere Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter frei für qualitativ höherwertige Prüfaufgaben.

Dass die „biologische Intelligenz“ der KI noch lange überlegen sein wird, ist weitgehend Konsens. Das Cover dieser Ausgabe unserer Unternehmenszeitschrift zeigt ein besonders eindrucksvolles Beispiel: Oktopusse zählen zu den faszinierendsten Lebewesen überhaupt – und ihr hoher Entwicklungsstand ist erst ansatzweise erforscht. In Milliarden von Jahren hat die Evolution ganz unterschiedliche Arten von Intelligenz hervorgebracht – und die KI unserer Maschinen wird einen weiteren Aspekt dieser Vielfalt darstellen.

Ich lade Sie ein zu einer Reise durch die Welt des intelligenten Lebens und der künstlichen Intelligenz.

Ich wünsche Ihnen eine anregende und wahrlich intelligente Lektüre!



**PROF. DR.-ING.
AXEL STEPKEN**

Vorsitzender des Vorstands
der TÜV SÜD AG

03 2020

INHALT

06

KÜNSTLICH KREATIV

Künstliche Intelligenz begegnet uns oft im Alltag. Nun soll sie auch in Sphären wie Sprache, Musik oder Kunst vordringen. Aber wie kreativ kann ein Computer sein?

14

„KI OHNE VORURTEILE WIRD ES NICHT GEBEN“

Die Neurowissenschaftlerin Vivienne Ming ist sicher: KI greift in unsere Bürgerrechte ein. Ein Gespräch über Vorurteile.

20

IST DA WER?

Die Vorstellung von intelligentem Leben im All elektrisiert Menschen. Wir haben uns mit drei führenden Forschern auf die Suche gemacht.

28

TIERISCH SCHLAU

Immer wieder überraschen uns Tiere mit ihrer Intelligenz. Wir stellen einige von ihnen sowie ihre erstaunlichen Fähigkeiten vor.



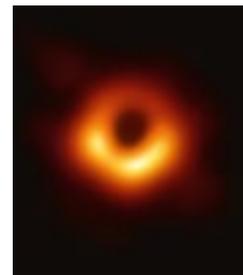
WARUM KI MENSCHEN

BRAUCHT Weitere Infos zu KI finden Sie auch in einem Beitrag von Axel Stepken auf LinkedIn.



— **Kunstwerk.** Kann ein Computer ein kreativer Künstler sein?

- 04 — *In Kürze*
- 18 — *Einblick*
- 27 — *Vision*
- 34 — *Auf ein Wort*
- 35 — *Foto trifft Wort*

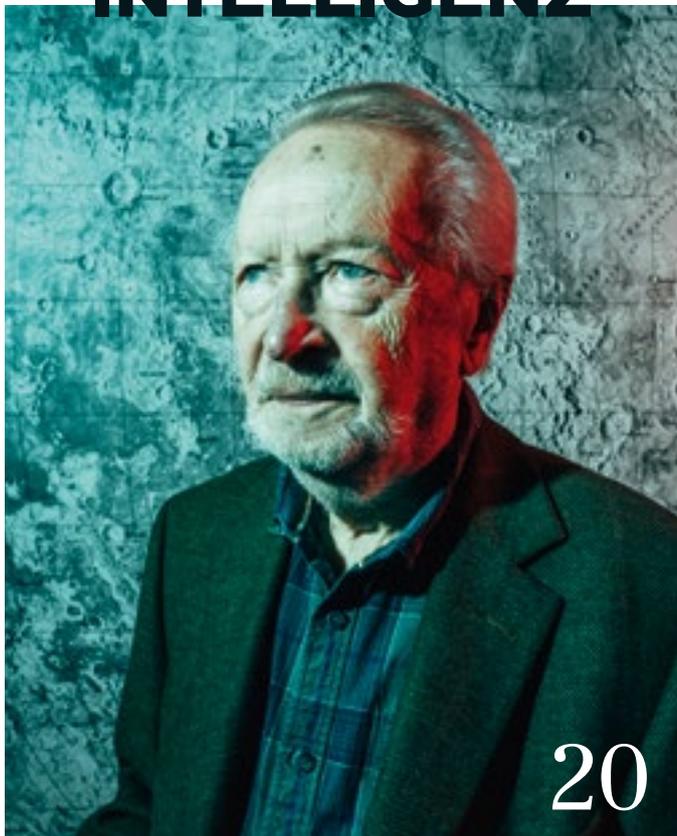


ABOUTTRUST.TUVSUD.COM

Noch mehr Geschichten, Interviews, Videos und Reportagen finden Sie auf dem Content Hub der ABOUT TRUST. Lesen Sie zum Beispiel, bei welchen Fragen menschliche Intelligenz an ihre Grenzen stößt.

Schwerpunkt INTELLIGENZ

— **Lebenswerk.** Was uns der Blick ins All verrät, sagt Dieter Herrmann.



IMPRESSUM

HERAUSGEBER TÜV SÜD AG, Westendstraße 199, 80686 München | Inhaber: TÜV SÜD e.V. (74,9 %), TÜV SÜD Stiftung (25,1%), Westendstraße 199, 80686 München | Projektleiter und Chefredakteur: Jörg Riedle (V.i.S.d.P.) | Kontakt: +49 89 57910, info@tuvsud.com | **REALISATION** muehlhausmoers corporate communications gmbh, Invalidenstraße 112, 10115 Berlin, info@muehlhausmoers.com | Projektleitung: Stefanie Lysk | Redaktion: Thomas Schmelzer | Art Director: Áine Gibbons | Bildredaktion: Jan Steinhauer, Charlotte Zellerhoff | Mitarbeiter dieser Ausgabe: Richard Diesing, Anna Gauto, Julius Schophoff, Till Schröder, Jan Schulte | Korrektur: Dr. Katja Furthmann | **DRUCK** G. Peschke Druckerei GmbH, Taxetstraße 4, 85599 Parsdorf

Die im Magazin enthaltenen Beiträge sind urheberrechtlich geschützt. Das Magazin wird klimaneutral auf einem Papier aus vorbildlicher Waldwirtschaft gedruckt.





„WIE DIGITAL SIND WIR BEREITS, SIRI?“

Das Weltwirtschaftsforum (WEF) und das Economic Development Board von Singapur (EDB) sind gemeinsam mit McKinsey, Siemens und TÜV SÜD eine neue Kooperation eingegangen, die den Smart Industry Readiness Index (SIRI) weltweit bekannt machen und als international anerkannten Rahmen zur Bewertung und Verbesserung von Produktionsanlagen einführen soll. Das SIRI-Programm ist ein Industrie-4.0-Tool, das Fertigungsgemeinschaften bei der Beschleunigung der digitalen Transformation unterstützt, indem es ein umfassendes Verständnis sowie eine fabrikspezifische Interpretation der wichtigsten Prinzipien, Konzepte und Technologien der Industrie 4.0 ermöglicht. Um Wissen, Fähigkeiten und Akzeptanz von SIRI zu schaffen, haben sich McKinsey, Siemens und TÜV SÜD verpflichtet, mithilfe von zertifizierten SIRI-Prüfern 1.000 SIRI-Bewertungen bis Ende 2021 durchzuführen. Der zweitägige Workshop findet in den jeweiligen Unternehmen statt und nimmt individuelle Hürden, die der Industrie-4.0-Transformation im Weg stehen.

GESETZLICHER RAHMEN FÜR KI

Eine Studie des TÜV-Verbands hat 500 deutsche Unternehmen mit mindestens 50 Angestellten zu ihrer Haltung gegenüber künstlicher Intelligenz befragt. Eine große Mehrheit deutscher Unternehmen fordert demnach klarere gesetzliche Regeln für den Einsatz von KI. Insbesondere in Bereichen, in denen gesundheitliche und rechtliche Risiken bestehen, wie dem automatisierten Fahren, medizinischen Diagnosen oder der Personalauswahl, können nur klare gesetzliche Vorgaben Sicherheit und Vertrauen schaffen. 85 Prozent der Befragten fordern vor der Nutzung außerdem die Sicherheitsprüfung einer KI-Anwendung durch eine herstellerunabhängige Prüfstelle.

90% der Befragten
wünschen sich klare Regeln*

42% sehen rechtliche
Unsicherheit

41% befürchten
Datenschutzprobleme

41% sehen bisher noch
einen Mangel an Know-how

* Quelle: TÜV-Verband, 500 befragte Unternehmen, Mehrfachantworten möglich.



KI HILFT BEIM KAMPF GEGEN CORONA

Im Kampf gegen das Coronavirus wird vermehrt auf die Hilfe von künstlicher Intelligenz gesetzt. Sie hilft zum Beispiel, die Wirksamkeit der unterschiedlichen Maßnahmen zur Bekämpfung von Covid-19 zu bewerten. Um die Masse an Daten über bisherige Mittel zur Corona-Bekämpfung zu bündeln, hat Aisha Walcott-Bryant von IBM Research Africa in Kenia mit Kollegen dafür den Worldwide Non-pharmaceutical Interventions Tracker for Covid-19 entwickelt: eine Datenbank, in der alle weltweiten Erkenntnisse über nichtpharmazeutische Maßnahmen zusammengetragen werden sollen. Die von der KI gesammelten Daten umfassen bereits 6.000 solcher Maßnahmen und stammen aus 261 Ländern und Regionen. Politiker und Forscher können anhand der Daten Prognosen zur Ausbreitung der Pandemie erstellen und so abschätzen, zu welchen Ergebnissen spezifische Maßnahmen in einer bestimmten Region wahrscheinlich führen werden.

**8
4**

MILLIONEN

voll- und teilautonome Fahrzeuge sollen laut einer Statistik des Statista Research Department bis 2035 produziert werden. Die Fahrzeugflotte wird neben privaten Fahrzeugen auch autonome Fahrdienste wie Robotaxis und Shuttlebusse umfassen.



DIE MENSCHHEIT BLEIBT GLEICH SCHLAU

Lange Zeit galt es als sicher, dass die Menschheit immer intelligenter wird. Erforscht wurde dieses Phänomen mit dem Flynn-Effekt, demnach Menschen seit 1930 in Intelligenztests immer besser abgeschnitten haben. Nun aber ist dieser Wert rückläufig. Verantwortlich ist dafür laut dem Psychologen Jakob Pietschnig und dem Arzt und Neuropsychologen Thomas Grüter der IQ-Test selbst. Er bewertet kognitive Fähigkeiten in verschiedenen Kategorien. Wenn sie sich verbessern, steigt der Gesamt-IQ, allerdings nur bis zu dem Punkt, an dem man nicht mehr besser werden kann oder andere Fähigkeiten schlechter werden. Wir werden also weder dümmer noch intelligenter, sondern unsere kognitiven Fähigkeiten verändern sich. Die Veränderung des Flynn-Effekts hat demnach weniger mit unserer Intelligenz zu tun als vielmehr mit der Gesellschaft und Umwelt, in der wir leben.



Künstlich

Produkte empfehlen, Büroarbeiten erledigen, Profis in Strategiespielen bezwingen: alles schon lange kein Problem mehr für künstliche Intelligenz. Nun sollen die Algorithmen auch in Sphären der Sprache, Musik und bildenden Kunst vordringen. Aber wie kreativ kann ein Computer sein?

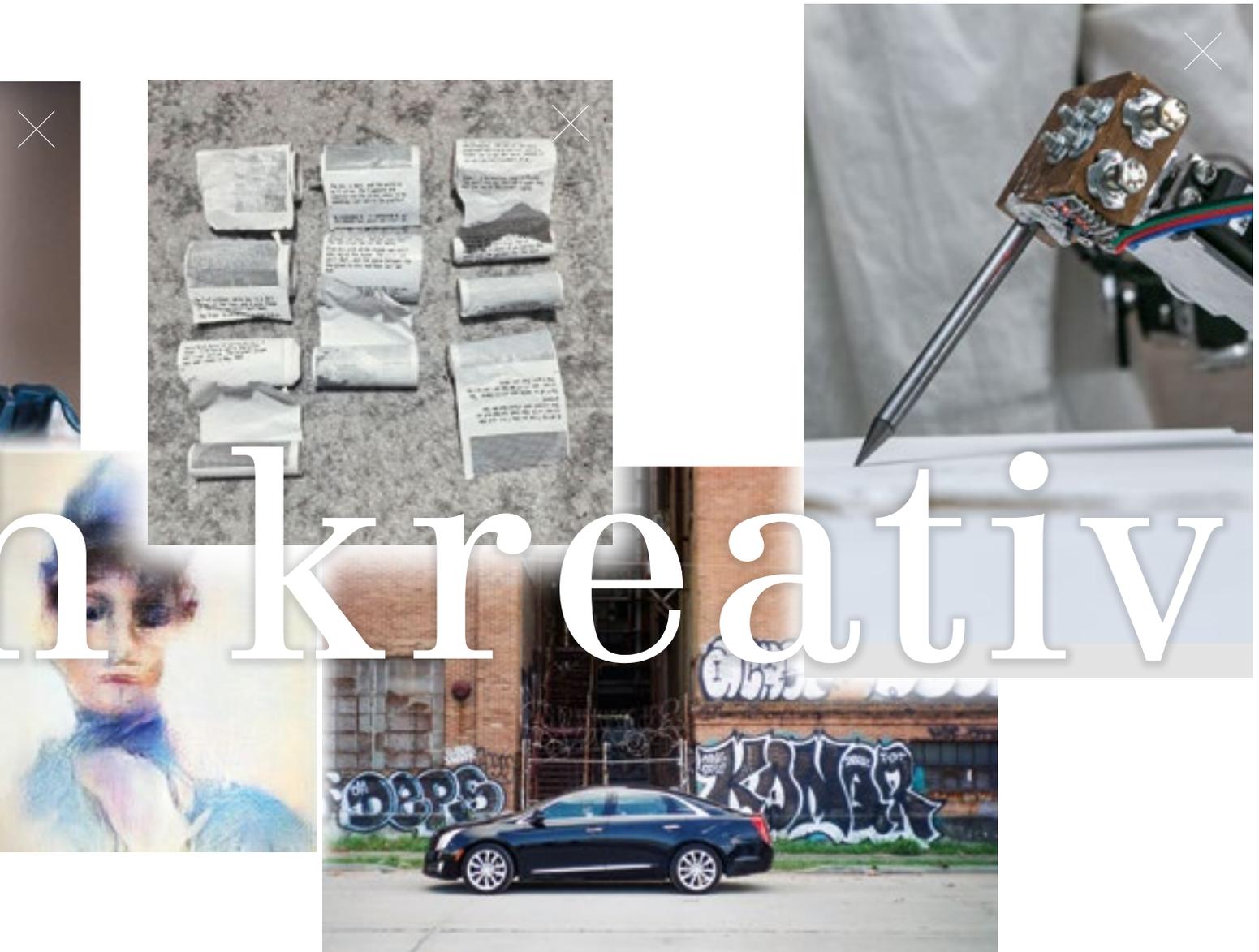
// **TEXT** JAN SCHULTE, LARS-THORBEN NIGGEHOFF, NILS WISCHMEYER



Im Jahr 1950 veröffentlichte der Chef der Computerabteilung an der Universität Manchester einen Artikel, der sich wie Science-Fiction las. Könnte es möglich sein, so fragte ein gewisser Alan Turing damals, dass Maschinen jemals im menschlichen Sinn denken? Turing schlug ein Testverfahren vor: Ein Mensch unterhält sich mit einer Maschine und einem

anderen Menschen. Erst wenn er nicht mehr sagen kann, wer die Maschine ist, hat diese den Test bestanden – und besitzt so etwas wie künstliche Intelligenz.

Noch immer streiten Wissenschaftler, ob je eine Maschine diesen sogenannten Turing-Test bestanden hat. Und doch umgibt uns die künstliche Intelligenz (KI) heute an vielen Stellen. Software-Übersetzung, Aktienkursprognosen, Produktempfehlungen, Sprach- und Gesichtserkennung: All das funktioniert mit künstlicher Intelligenz. Algorithmen analysieren riesige Datenmengen, erkennen Muster und nutzen sie, um Probleme zu



lösen. Mit der Zeit verstehen sie, wann sie Fehler machen und wo sie richtig liegen. Sie lernen dazu.

Nachdem Maschinen im 19. Jahrhundert in den Produktionshallen etabliert wurden, sind Computer inzwischen auch im Büro angelangt. Nur in einer Sphäre sind sie bislang kaum präsent: Kreativität stellte selbst die smartesten Algorithmen vor ein Problem. Während kluge Computer seit Jahren besser rechnen, Muster erkennen oder Aufgaben abarbeiten können als der Mensch, schwächeln sie, wenn es darum geht, komplett neue Dinge zu erschaffen oder eigenständig zu denken.

Inzwischen ist selbst die Vorstellung der Maschine als Künstler nicht mehr gänzlich absurd. „Wir müssen uns dem Thema KI und Kunst pragmatisch nähern“, sagt etwa Reinhard Karger. Karger hat theoretische Linguistik und Philosophie studiert, seit 27 Jahren arbeitet er am Deutschen Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz. KI gebe Künstlern derzeit vor allem großartige Werkzeuge an die Hand und sei insofern erst einmal nichts anderes als ein Stift, argumentiert er. Kombinatorisch könne KI schon heute künstlerisch arbeiten. Sie könne Bekanntes neu kombinieren und so etwa den Stil eines bekannten Autors

oder Komponisten imitieren. Bei der tatsächlichen Kreation aber stoße sie noch immer an Grenzen. „Dafür fehlt ihr der Zugang zum Menschsein“, sagt Karger.

Aber ist ein Algorithmus deswegen nicht kreativ? Das Auktionshaus Christie's verkaufte Ende 2018 erstmals ein mithilfe von KI „gemaltes“ Gemälde – für 432.500 US-Dollar. Computer verfassen mittlerweile eigenständig Sportnachrichten und Pressemitteilungen. Sänger komponieren mithilfe von KI neue Klänge und vollständige Songs. Und so stellt sich eine Frage: Wie kreativ kann ein Computer überhaupt sein? 

// VON TÄUSCHER- ALGORITHMEN UND KAMERA AUGEN

Ai-Da steht vor einer mintgrünen Wand, bereit für eine knifflige Aufgabe. Die Künstlerin mit schwarzen Haaren, dunklen Augen und dem weißen Kittel voller Farbspritzer soll Bewusstsein malen: Aber wie sieht Bewusstsein aus? Blau? Rot? Abstrakt? Detailliert? Für Ai-Da ist die Sache noch komplexer. Denn das Bewusstsein, das sie ausdrücken soll, hat sie nicht.

Ai-Da ist ein Roboter, erschaffen vom Galeristen Aidan Meller, ausgestattet mit einem Algorithmus von Forschern der Universitäten Oxford und Leeds. Ihre Haut besteht aus Silikon, ihre Augen aus Kameras. Mit ihnen zeichnet sie auf, was vor ihr passiert, und bringt genau das auf die Leinwand. Der Algorithmus hilft ihr, die Eindrücke zu abstrahieren. Wie das genau funktioniert,

ERTRAGREICHE KUNST

Das von einem Algorithmus kreierte „Portrait of Edmond de Belamy“ brachte fast 500.000 US-Dollar.



mag Meller nicht verraten, nur so viel: Das Bild der Kameraaugen durchläuft mehrere Ebenen, die Filtern ähneln. Der Algorithmus sorgt dafür, dass jeder Entscheidungsprozess einzigartig bleibt. Ai-Da nimmt niemals den gleichen „gedanklichen“ Weg. Jedes ihrer Kunstwerke ist individuell.

Eine Million Euro haben die Bilder der Maschine bislang eingebracht. Aber ist das Kunst und wirklich kreativ? Oder nur die Replikation von Bekanntem auf Befehl des Algorithmus? „Menschen schaffen aus dem, was sie sehen, etwas Neues und nennen es Kunst. Genau das macht Ai-Da auch“, findet Meller. Klar, Ai-Da habe kein Bewusstsein, keine Gefühle, aber kreativ sei sie trotzdem, „weil sie aus Bekanntem etwas Neues schafft“.

Rund 400 Kilometer entfernt verraten die drei Gründer von Obvious ein wenig mehr über die Technologie ihres Kunstprojekts, das ihnen ebenfalls schon eine Menge Geld eingebracht hat. Das „Portrait of Edmond de Belamy“ zeigt einen Mann, gekleidet in Schwarz, leicht verschwommen – und hat bei einer Auktion fast eine halbe Million Euro erzielt. Der Algorithmus, der das Bild kreiert hat, wurde nur für dieses einzige Bild geschrieben, wie Gauthier Vernier, einer der drei Gründer, erklärt.

Die Künstler ließen dabei zwei Algorithmen eine Art Spiel gegeneinander austragen. Sie fütterten Algorithmus 1 mit vielen älteren Porträts. Er wusste danach, wie ein klassisches Porträt auszusehen hat. Algorithmus 2 ließen sie darüber im Dunkeln. Er bekam stattdessen die Aufgabe, ein Bild zu malen, das Algorithmus 1 für „echt“ hält. Dann begann das Spiel. Das erste Bild von Algorithmus 2 hatte nichts mit einem klassischen Porträt zu tun und wurde abgewiesen. Das zweite ebenso. Aber der Täuschungsalgorithmus wurde mit

jedem Versuch besser. „Man muss sich einen Lehrer vorstellen, der alle Picassos der Welt kennt, und einen Schüler, der keinen Picasso kennt und doch einen täuschend echten malen soll. Das übt er nun so lange, bis der Lehrer überzeugt ist“, erklärt Vernier. Sobald Algorithmus 2 den Prüfalgorithmus in 51 Prozent aller Versuche täuschen konnte, ließen sie ihn aus dem „Erlernen“ ein Bild kreieren, das auf den alten Mustern beruht, aber doch völlig neu ist.

Die Maschine als Künstler, als kreativer noch dazu? Vernier winkt ab. Er betrachtet den Algorithmus wie KI-Experte Karger als Instrument. Immerhin hätten ihn Menschen beeinflusst, geschrieben und mit ausgewählten Datensets gefüttert. „Wir glauben zwar, dass der Algorithmus etwas erfinden kann, weil er aus Bekanntem Neues macht und es einen zufälligen Faktor gibt, den wir auch nicht beeinflussen können“, sagt er. Auch habe die KI einen eigenen Stil, den man erkennen könne, beispielsweise weil sie Pixel setze, wo sie die meisten Menschen bei Porträts nicht vermuten würden. „Aber die Maschine wird nicht komplett ‚out of the box‘ denken wie ein Van Gogh oder andere Künstler und so etwas schaffen, was viele erst kreativ nennen“, sagt Vernier.

Als Kunst betrachtet er die Werke des Algorithmus trotzdem, das habe die Auktion des Bildes ja bereits gezeigt. Und sowieso: Am Ende liegt Kunst doch im Auge des Betrachters – ob nun eines echten oder einer Kamera.



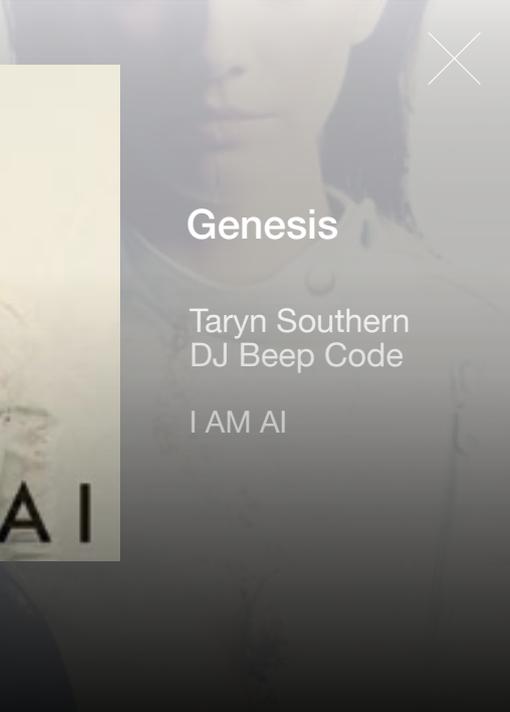


TARYN SOUTHERN

Genesis

Taryn Southern
DJ Beep Code

I AM AI





// VON BEATS UND KÜNSTLICHEN KLANGTEPPICHEN

Gleich zu Beginn ihres Videos zum Song „Break Free“ blickt Taryn Southern dem Zuschauer direkt in einer Nahaufnahme entgegen und singt: „I wish I could see beyond what I can see.“ Die Kamera fährt ruckartig immer näher ihr Gesicht heran. Southern verzieht keine Miene. Alles sieht so aus wie in Dutzenden anderer Popsongs zuvor. Und alles hört sich auch genauso an. Nur dass Southern den Song nicht selbst arrangiert, sondern mithilfe einer KI komponiert hat. So wie das gesamte Album, auf dem er erschienen ist.

Seit Taryn Southern 2017 ihr KI-Album veröffentlicht hat, ist sie zu einer Art Botschafterin für künstliche Intelligenz im Musikgeschäft geworden. Bei der Produktion des Albums testete sie gleich mehrere Musik-KIs aus. „Im Grunde funktionieren alle nach einem ähnlichen Prinzip“, erklärt sie. „Man füttert die KI mit Daten, wie zum Beispiel einer Reihe von Musikstücken aus den 1970er-Jahren, und die KI verwendet sie, um neue Musik zu erzeugen, die innerhalb dieses Genres ähnlichen Mustern und Regeln folgt.“ Southern bekommt dann im ersten Schritt einen Vorschlag vorgespielt. Indem sie weitere Daten hinzugibt, kann sie die KI in die gewünschte Richtung lenken. Danach kann Southern

weiter justieren und etwa die Beats per Minute hochschrauben. Im Grunde macht Southern nichts anderes, als wenn sie in ein Produktionsstudio gehen würde. Nur dass sie mithilfe der KI alles in Eigenregie steuern kann. Sie braucht weder andere Musiker noch einen Producer, der neben ihr sitzt.

Besonders am Anfang einer Musikerkarriere könne das enorm helfen, da es vielen Künstlern an Ressourcen für teure Producer fehle, sagt Southern. Je nach Programm produziert die KI am Ende des Prozesses eine Audiodatei des fertigen Songs oder mehrere kleinere Schnipsel der einzelnen Instrumente. Manche Programme werfen auch – ganz klassisch – Noten aus. „KI wird die Musikbranche wohl nicht völlig auf den Kopf stellen, aber sie wird für viele Musiker ein absolut neues praktisches Tool für ihren Kompositionsprozess sein“, schätzt Southern.

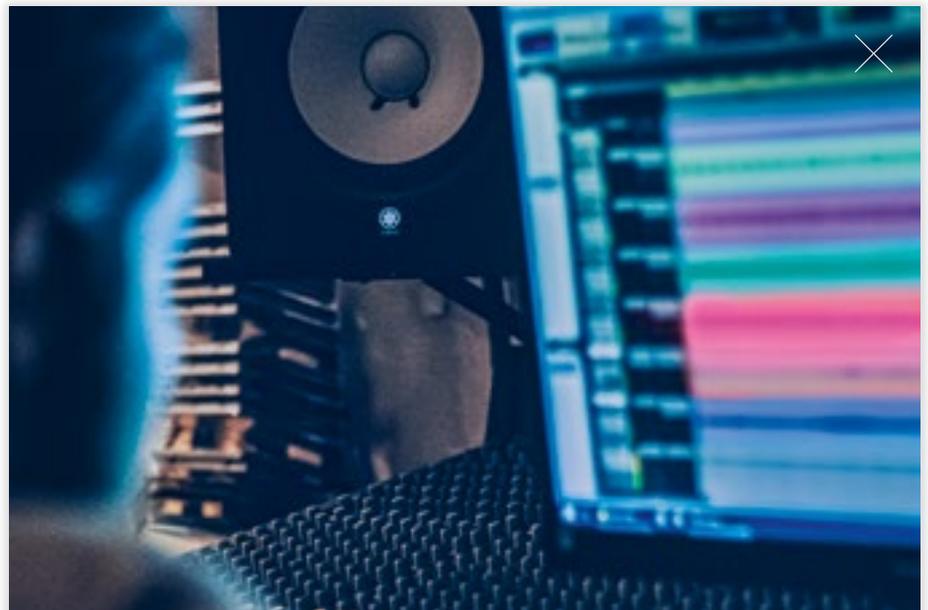
Dabei lässt sich KI nicht nur für die Produktion eines neuen Musikalbums einsetzen. In Berlin hat Gründer Oleg Stavitsky gemeinsam mit einem kleinen Team die App Endel entwickelt.

Sie liefert in Echtzeit entwickelte Klänge, die sich an die Tageszeit, das Wetter oder auch die eigene Herzfrequenz anpassen. Diese Klänge, die gern mal an Filmmusik eines Science-Fiction-Streifens erinnern, sollen helfen, sich zu konzentrieren, einzuschlafen oder einfach nur zu entspannen. Die Daten für die KI stammen vom Komponisten und Mitgründer Dmitry Evgrafov. Sobald ein Nutzer die App aktiviert, greift sie auf das Werk des Komponisten zurück, bezieht Parameter wie die Tageszeit mit ein und entwickelt daraufhin passende neue Klänge.

Im Frühjahr 2019 schloss das Plattenlabel Warner einen Vertrag mit Endel ab und veröffentlichte 20 von der KI erstellte Alben auf Musikstreamingdiensten wie Apple Music oder Spotify. Für dieses Jahr haben sich die Entwickler noch ambitioniertere Ziele gesteckt: Bald soll Endel auch für die passende Atmosphäre bei Autofahrten sorgen.

KI MIT MASSENGESCHMACK

Dass Musik (auch) am Computer erzeugt wird, ist nicht erstaunlich; dass dieser selber sampelt, schon.



// VON GHOSTWRITERN UND TEXTMASCHINEN

Generative Pre-trained Transformer 3: Dieser sperrige Name versetzte die Welt der professionellen Texter im Juni 2020 in Aufruhr. Dahinter steckt eine Textmaschine, angetrieben von künstlicher Intelligenz und entwickelt von der US-amerikanischen Softwarefirma OpenAI. „Mehr als nur ein bisschen furchterregend“ sei das, schrieb die New York Times. Der britische Guardian ließ direkt einen ganzen Artikel zu KI und ihren möglichen Gefahren verfassen – und zwar von der KI selbst. Selbst die Entwickler warnten parallel zur Veröffentlichung ihrer Idee vor Risiken und Nebenwirkungen der Technologie.

Um zu zeigen, was GPT-3, so der Kurzname der Technologie, kann, luden ihre Entwickler die Pressemitteilung zur Veröffentlichung nur halb auf die eigene Website. Wer den Rest lesen wollte, konnte ihn sich von GPT-3 generieren lassen. Unterschiede zum ersten, vom Menschen verfassten Teil gab es kaum.

KI MIT RUNDUMBLICK

Damit das Auto für „seinen“ Roman auch visuellen Input bekommt, wurde es mit einer Kamera am Heck ausgestattet.



Dabei ist die Technologie der Textmaschine im Grunde nicht neu. Das Programm lernt anhand bestehender Texte, mit welchen Wahrscheinlichkeiten Wörter oder Sätze aufeinander folgen. Die reine Datenmasse, mit der der Algorithmus gefüttert wurde, sowie seine Finesse und Feinabstimmung waren allerdings so gut wie nie. Selbst ein von KI verfasster Roman könnte so in Zukunft denkbar sein.

Ross Goodwin hat diese Idee bereits ausprobiert. Früher arbeitete der US-Amerikaner als politischer Ghostwriter, heute bezeichnet er sich als Forscher im Grenzbereich zwischen KI, Literatur und Film. Goodwin hat mithilfe von KI Drehbücher verfasst und sie mit Schauspielern wie Thomas Middleditch und David Hasselhoff verfilmt. Als ihm das nicht mehr reichte, startete er das Projekt „1 the Road“. Ein maschinell kreierte Stück Literatur.

„Ich wollte schon länger ein Auto einen Roman schreiben lassen“, erzählt Goodwin. Als Basis für seine Idee nahm er sich schließlich den Roman „On the Road“ vom US-amerikanischen Beat-Autor Jack Kerouac vor. Wie die Vorlage sollte auch sein Werk auf einem Roadtrip von New York nach New Orleans entstehen. Nur dass nicht Goodwin zur Feder greifen und von seinen Erlebnissen berichten würde, sondern eine Software bestehend aus Code. 2017 rüstete er ein Auto nach seinen Vorstellungen um: eine Kamera am Heck, um Landschaften zu filmen, ein Mikrofon im Innenraum, um Gespräche aufzuzeichnen, ein GPS, das den aktuellen Standort trackt. Unmengen an Daten also für den Algorithmus, um daraus einen Roman zu formen.

Und das Ergebnis? War „abgehackt“ und mit Rechtschreibfehlern übersät, wie Goodwin selbst zugibt. „Das Ganze war ein Experiment und entsprechend

habe ich das Ergebnis dann auch genauso veröffentlicht“, erzählt er. Während das Werk des Vorbilds mit dem nüchternen Satz „Ich traf Dean zum ersten Mal, kurz nachdem meine Frau und ich uns getrennt hatten“ beginnt, steigt Goodwins Auto mit „Es war neun Uhr siebzehn am Morgen, und das Haus war schwer“ deutlich mysteriöser ein.

Der Grund für die unterschiedliche Performance von GPT-3 und Goodwins Auto: Texte wie Pressemitteilungen, Sportmeldungen oder Börsenberichte folgen klaren Formeln. Mustern, die eine KI erlernen kann. Literatur dagegen lebt gerade vom Chaos der Kreativität. Muster, die sich sinnvoll reproduzieren lassen, sucht künstliche Intelligenz hier bislang vergebens.

///

Ohne solche Muster aber können Maschinen bislang kaum selbstständig „kreativ“ werden. Ihnen fehlt das, was Menschen Bewusstsein nennen. Ob sie jemals eines entwickeln werden, ist für Reinhard Karger vom KI-Forschungszentrum eine der größten Fragen der Gegenwart. „Niemand hat darauf eine befriedigende Antwort“, sagt er. Naturwissenschaftlich lasse sich nicht ausschließen, dass ein Maschinenbewusstsein irgendwann existieren könne. „Aber aus allem, was wir heute wissen, ist das sehr, sehr unwahrscheinlich.“



WIE KLINGT KI? Wer sich ein Bild von den kreativen Fähigkeiten der KI machen möchte, wird hier fündig: abouttrust.tuvsud.com/kreativeki



„KI ohne



— Vivienne Ming gehört weltweit zu den profiliertesten Expertinnen zu künstlicher Intelligenz (KI). Im Gespräch erklärt die US-amerikanische Techgründerin und Neurowissenschaftlerin, warum Algorithmen nicht objektiv sind und weshalb der Einsatz von KI schon heute in die Bürgerrechte eingreift.

VORURTEILE wird es

Frau Ming, Algorithmen geben Handlungsempfehlungen auf Basis kühler mathematischer Berechnungen. Sind sie deswegen auch neutral?

MING Tatsächlich glauben das selbst viele Experten und Professoren. Als ob künstliche Intelligenz nur aus einfachen Gleichungen bestünde, die man mit einer Zahl füttert, um dann eine andere herauszubekommen. Ich frage mich manchmal, ob manche Leute wirklich so naiv sind oder nur so tun.

Warum sollten sie?

MING Um ihre KI leichter zu verkaufen. Gerade für Personalabteilungen wird KI gern als objektive Unterstützung bei der Auswahl neuer Mitarbeiter angepriesen. Aber es ist geradezu lächerlich anzunehmen, dass Algorithmen neutral sind.

Weshalb?

MING Es gibt eine Reihe von Beispielen, die das Gegenteil belegen. Nehmen wir die Gesichtserkennung. Vor 22 Jahren, als man anfing, die Technologie zu entwickeln, erkannte sie Gesichter von farbigen Personen nicht. Damals lautete die Erklärung, dass die Gesichter aus dem Internet, mit denen die Algorithmen trainiert wurden, zumeist weißen Menschen gehörten. Man werde den Fehler beheben. Das war zu jener Zeit nachvollziehbar, hat sich aber bis heute nicht geändert.

Warum nicht?

MING Weil diejenigen, die Algorithmen programmieren, sie – wenn auch unbewusst – mit rassistischen Informationen füttern.

Wie baut man versehentlich Algorithmen, die Minderheiten schlechter behandeln?

MING Indem man jene Menschen vergisst oder ignoriert, die nicht wie die meisten Programmierer weiß und männlich sind. Und indem man annimmt, dass Mathematik und Wahrheit dasselbe sind. Natürlich

bestehen Algorithmen, rein technisch gesehen, aus Gleichungen. Aber sie werden gefüttert mit Annahmen über die Welt – und die basieren nun einmal auf Vorurteilen von Menschen.

Zum Beispiel?

MING Für ein Bildungs-Start-up habe ich einmal ein kleines KI-System gebaut, das Flüchtlingskinder und ihre verschollenen Familien zusammenführen sollte. Um das System zu trainieren, habe ich wissenschaftliche Daten für die Gesichtserkennung verwendet und diese mit Gesichtern aus dem Internet angereichert, etwa von Facebook oder Twitter. Ich wollte erst einmal nur erreichen, dass mein neuronales Netzwerk versteht, was Gesichter sind. Dann hat es ein paar wirklich interessante Dinge gelernt.

Nämlich?

MING Die meisten lächelnden Gesichter gehörten Frauen. Also nahm das System an, dass Frauen immer lächeln. Taten Frauen das nicht, glaubte es, das Gesicht müsse männlich sein. Wir haben dem Netzwerk nichts über Geschlechterrollen beigebracht. Das hat es selbst gelernt.

Sie spielen auf ein Phänomen an, das die Wissenschaft „soziales Lächeln“ nennt: Viele Frauen lächeln, selbst wenn ihnen nicht danach ist, weil sie glauben, es sei erwünscht, freundlich zu sein.

MING Genau. Und der KI ist das nicht entgangen.

Auch bei Amazon war man ziemlich überrascht, als man bemerkte, zu welchen Schlüssen ein scheinbar neutraler Algorithmus



nicht
geben“

gelangt war, der Personal auswählen sollte. Sie sollen Amazon vor dem Algorithmus gewarnt haben.

MING Ja. Amazon wollte mich als Chefwissenschaftlerin einstellen. Man sagte mir: „In sieben Jahren werden bei uns eine Million Leute arbeiten. Deine Aufgabe wird sein, ihr Leben besser zu machen.“ Eigentlich ein spannendes Jobangebot. Alles, was ich mit meinem Thinktank Socos Labs heute mache – verrückte, datengetriebene Wissenschaft –, hätte ich dort haben können.

Sie haben abgelehnt. Warum?

MING Eines meiner Projekte wäre gewesen, eine KI zu bauen, die die Personalauswahl diverser macht. Sie sollte die besten Softwareentwickler auf Basis historischer Amazon-Daten finden. Das heißt: Der Algorithmus sollte aus den Informationen, wer in seinen ersten Jahren bei Amazon eine Beförderung bekommen hatte, ableiten, welche Job-Kandidaten sich eignen würden.

Klingt erst einmal plausibel.

MING Nur auf den ersten Blick. Ich hatte bei einer anderen Firma schon einmal als Chefwissenschaftlerin eine KI fürs Recruiting gebaut und wusste, dass es mit dieser Methode nicht klappen würde. Ich habe das den Amazon-Leuten auch gesagt, doch sie wollten es trotzdem so machen.

Warum ging das schief?

MING Wie bei anderen Techkonzernen glaubte man auch bei Amazon, es brauche nur die klügsten Programmierer und genügend Daten, um einfach alles programmieren zu können. Diesen erstklassigen Computeringenieuren war aber nicht bewusst, dass ihr Datensatz keine objektiven Indikatoren für Leistung barg, sondern 20 Jahre subjektive Personalauswahl und Beförderungspraxis. Das System hat aus den Daten sehr akkurat herausgelesen, wen der Konzern überwiegend einstellte und förderte: Männer. Also hat es Frauen konsequent aussortiert.

Der Algorithmus wurde anschließend nicht mehr eingesetzt.

MING Ja, denn er siebte Frauen sogar noch dann aus, nachdem das Unternehmen alle offensichtlichen Hinweise auf das Geschlecht aus den Daten getilgt hatte. Das System hatte bereits zu sehr verinnerlicht, was lange Zeit entscheidend für eine Karriere war – ein Mann zu sein. Es hat dann einen Weg gefunden, auch ohne Geschlechtmarker herauszufinden, wann eine Bewerbung wahrscheinlich von einer Frau stammt, und diese aus-

sortiert. Dasselbe hätte übrigens auch bei vielen anderen Techkonzernen passieren können.

Warum?

MING Wenn Studierende heute in maschinellem Lernen einen Abschluss machen, verbessern sie dabei in den meisten Fällen bestehende Systeme. Sie versuchen dann zum Beispiel, eine bestimmte Fotoerkennung ein kleines bisschen besser zu machen. Dafür bekommen sie das Programm, die Daten, die Problemstellung und selbst die Antworten. Auf Basis dieser Arbeit sollen sie dann später auf einmal vorurteilsfreie KI programmieren. Kein Wunder, dass das nicht klappt.

Die Computeringenieure kochen nach Rezept und scheitern genau deswegen?

MING Natürlich. Sie mussten ja nie selbst einen Datensatz zusammenstellen oder eine eigene Fragestellung entwickeln. Sie haben nur gelernt, Systeme noch akkurater und leistungsfähiger zu machen. In den 20 Jahren, in denen ich an wirklich verzwickten Problemen gearbeitet habe, bekam ich nicht ein einziges Mal den Datensatz und noch weniger die passende Frage dazu. Beides musste ich selbst herausfinden. Viele Softwareentwickler, die zu den großen Techfirmen gehen, folgen aber brav der Aufgabenstellung: Was ist der bestmögliche Algorithmus auf Basis meiner Daten? Sie hinterfragen nicht, ob der Datensatz geeignet ist, ob die Annahmen darin Vorurteile reproduzieren oder wo sich diese verbergen könnten. Sie bauen herausragende Werkzeuge. Und zwar auch dann, wenn es gar keine Werkzeuge, sondern Häuser bräuchte. Sie haben nicht gelernt, echte Lösungen zu entwickeln.

Und wie baut man einen Algorithmus, der nicht diskriminiert?

MING Mein Rat ist, keine historischen Daten zu verwenden und stattdessen wissenschaftliche Erkenntnisse einzubeziehen. In der Psychologie, der Soziologie oder der Ökonomie ist seit 100 Jahren bekannt, was entscheidend ist, damit jemand gut in seinem Job sein wird. Dieses Wissen einfach zu ignorieren, ist verrückt.

„Es ist lächerlich anzunehmen, dass Algorithmen neutral sind.“



Sie haben selbst KI fürs Recruiting gebaut, wie sind Sie vorgegangen?

MING Wir haben kleine KI-Systeme programmiert, die wissenschaftliche Experimente simuliert haben. Wir wissen aus der Psychologie, dass etwa Resilienz eine Kerneigenschaft für Qualität im Job ist, also ob man sich von Misserfolgen entmutigen lässt oder nicht. Unsere KI hat dann nach solchen Resilienzindikatoren gesucht oder sie in Form eines psychologischen Fragebogens auf einer Website abgefragt. Wir wissen vieles über die Welt. Wenn wir maschinelles Lernen damit anreichern, können wir einiges erreichen.



KI scheint uns Menschen den Spiegel vorzuhalten. Darin sehen wir unsere eigenen Vorurteile. Ließe sich künstliche Intelligenz nicht auch ganz gezielt einsetzen, um gerade unbewusste Vorbehalte sichtbar zu machen?

MING Absolut. Die Systeme, die wir bauen, spiegeln am Ende immer nur uns selbst wider. Eine Sprach-KI, die mit amerikanischer Literatur trainiert wurde, hat nach dem Training etwa Positives mit Männern verknüpft und alles Negative mit Frauen und farbigen Personen. Die Medien machten daraus: „KI ist rassistisch“. Aber KI ist nicht rassistisch, wir sind es. KI ist nur eine Reflexion von uns.



Gibt es überhaupt neutrale Algorithmen?

MING Ich glaube nicht. Aber es gibt bedeutende Unterschiede. Wichtig ist zum Beispiel, wie komplex die Gleichungen sind. In modernen Fahrzeugmotoren kann maschinelles Lernen helfen, Energie effizienter zu nutzen. In solchen einfachen geschlossenen Systemen spielen Vorurteile kaum eine Rolle. Aber wenn kognitive Systeme Entscheidungen mit vielen unsicheren Variablen treffen müssen, wird es schwierig: Wie schnell fahre ich vor der Kurve? Was ist mein nächster Schachzug? Wen halte ich für kriminell – und wie verhindere ich Diskriminierung bei der Stellenbesetzung? Da gibt es so viele Möglichkeiten, dass dort immer Vorbehalte wirken werden. Es gibt keine vorurteilsfreien Menschen, daher wird es auch keine vorurteilsfreie KI geben.



Sollte man KI also aus besonders sensiblen Bereichen verbannen?

MING Es ist zumindest etwas, worüber man nachdenken muss. San Francisco hat die Fehler der Gesichtserkennung zum Anlass genommen, die Technologie in öffentlichen Einrichtungen zu verbieten. Andererseits habe auch ich solche KI schon eingesetzt, um autistischen Kindern zu helfen, Gesichtsausdrücke zu verstehen. Oder um Flüchtlingskinder zu ihren Familien zu bringen. Verbote betreffen immer auch KI, die Menschen hilft oder sogar Leben rettet. Dennoch halte ich Gesichtserkennung etwa in der Polizeiarbeit für hochproblematisch.

Der Einsatz von KI scheint ständiges Abwägen zu erfordern.

MING Und das ist wichtig, weil KI immer tiefer in unsere Leben hineinwirkt. KI beeinflusst nicht nur, wer welche Jobs bekommt. Sie entscheidet über Darlehen, die Art von Nachrichten, die wir sehen, soziale Verbindungen, wen die Polizei überprüft und viele weitere Facetten unseres Lebens. Wir fragen uns, ob KI diskriminiert, und das tut sie. Doch das Problem liegt viel tiefer.

Nämlich wo?

MING KI untergräbt Bürgerrechte. Nicht indem sie unverbesserlich diskriminiert, sondern weil sie gewaltige Macht hin zu einer kleinen Gruppe von Menschen verschiebt, der die KI letztlich dient.

Es gibt Richtlinien für den Einsatz von KI. Was schlagen Sie noch vor, um eine Übermacht der großen Datensammler zu verhindern?

MING KI muss als Bürgerrecht verankert werden, um eine Wiederherstellung der Machtbalance zwischen Bürgern und Techunternehmen zu erreichen. Jedes Individuum muss Zugang zu KI haben, die dessen Wohl zum Ziel hat, wie bei einem Anwalt oder Arzt. Es braucht auch Zugang zur KI-Infrastruktur und den Algorithmen. Denn woher wollen Sie sonst wissen, ob nicht ein verstecktes System für eine unterbliebene Beförderung verantwortlich ist? In den USA hat sich das Modell der „öffentlichen Option“ für KI herausgebildet, eine Art freiwillige Allianz zwischen Staat und Bürger. Dazu gibt es einige Ideen, etwa öffentliche Mittel für maschinelles Lernen oder eine Art Treuhandfunktion für private Daten. All das heißt nicht, dass ich schlecht über Jeff Bezos oder Larry Page denke. Aber weil sich die Interessen einiger Milliardäre kaum mit denen der Nutzer decken, sollten wir ein Recht auf eine KI haben, die unserem Wohl verpflichtet ist.







BEZWINGER DES WINDES

Offshorewindparks generieren in Deutschland fast ein Fünftel des Windstroms. Um die grüne Energie vom Meer an die Küste zu bringen, muss der erzeugte Wechselstrom aber in Gleichstrom umgewandelt werden. Nur der lässt sich ohne größere Verluste über armdicke Unterseekabel an Land transportieren. Würde der Strom als Wechselstrom durch Leitungen geschickt, käme nach 80 Kilometern kaum noch Energie an Land an.

Die Umwandlung auf See übernehmen gigantische Konverterplattformen wie BorWin 3 (großes Foto) oder HelWin 1. Sie sind mit Umspannwerken an Land verbunden und sorgen so für die Übertragung des Stroms. TÜV SÜD prüft seit Anfang 2020 sowohl die Anlagen auf See als auch an Land. Unsere Sachverständigen schauen sich Kräne und Aufzüge, Brandmelde-, Lösch- und Tankanlagen sowie verschiedene Druckbehälter an. „Wir können alle Sachverständigen-

900

MEGAWATT

Leistung erzeugt BorWin 3

132

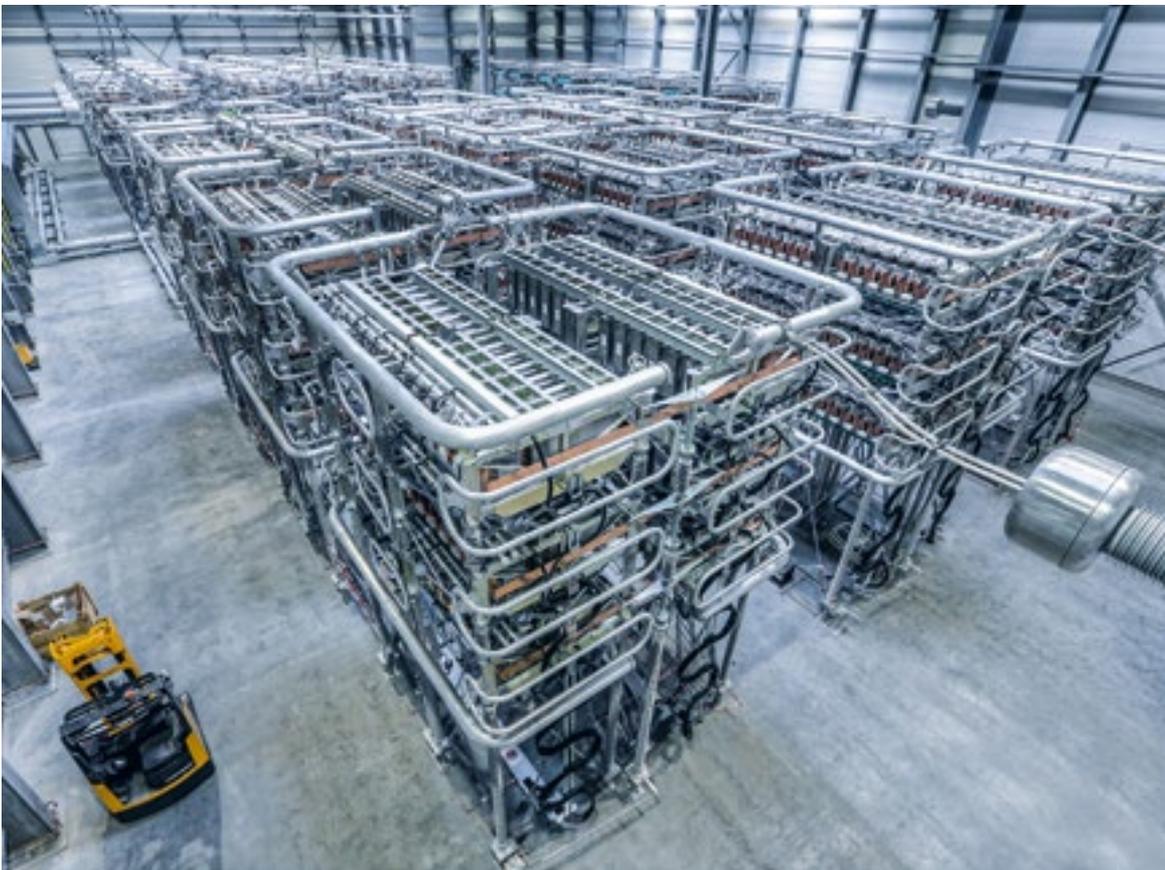
KILOMETER

Unterseekabel und 28 Kilometer Erdkabel verbinden die Offshoreplattform mit der landseitigen Konverterstation Emden-Ost

prüfungen nach Betriebssicherheitsverordnung aus einer Hand anbieten“, sagt Timo Brenneisen, Gruppenleiter Inspektionen in der Abteilung Offshore Windenergie am Standort Hamburg. Dieser Blick für das große Ganze komme bei den Kunden gut an – und hebe TÜV SÜD vom Wettbewerb ab.

Wer als Sachverständiger auf See arbeiten will, muss fit sein und Schulungen zum Überleben auf See absolvieren. „Da wird zum Beispiel sehr praxisnah trainiert, wie man sich im Extremfall bei einem Hubschrauberabsturz über dem Meer oder einem Feuer auf der Station verhält“, schildert Timo Brenneisen. Auch der Einsatz selbst beginnt mit einer Sicherheitseinweisung am Flughafen. Danach geht es mit dem Hubschrauber hinaus zur Station. Meist bleiben die Prüfer drei bis fünf Tage an Bord und arbeiten in dieser Zeit eng mit den dortigen Wartungscrews zusammen.

„Zugegeben, auf See kann es schon mal ungemütlich werden“, sagt Timo Brenneisen. Dafür sei die Arbeit aber extrem spannend und befriedigend, denn offshore kämen Technologien zum Einsatz, die man an Land nie sehe. „Das ist fachlich unglaublich interessant und das Arbeitsklima stimmt“, sagt Brenneisen. Auf den Stationen ticken alle ähnlich und engagieren sich für dasselbe Ziel: die nachhaltige Energieversorgung der Zukunft.



INNENLEBEN EINER STATION Innenansicht der Umrichterstation HelWin 1 in Büttel, Schleswig-Holstein. Die 2015 in Betrieb genommene Station formt eine Leistung von 576 Megawatt um – das reicht aus, um mehr als 700.000 Haushalte zu versorgen.

I s t d a

W E R ?

TEXT JULIUS SCHOPHOFF **FOTOS** NIKITA TERYOSHIN ——— Grüne Männchen, wabernde Gestalten, ovale Gesichtszüge: Seit Jahrzehnten elektrisiert Menschen die Vorstellung von intelligentem Leben im All. Wir haben uns mit drei führenden Forschern auf die Suche gemacht – und ein paar unbequeme Antworten gefunden.

Wenn Dieter B. Herrmann nachts von seinem Schreibtisch aufsteht, vor die Tür seiner Wohnung in der Archenhold-Sternwarte in Berlin tritt und zum Himmel blickt, wird ihm jedes Mal klar, wie wenig wir Menschen über das Universum wissen. 100 Trilliarden Sterne soll es im All geben, und wahrscheinlich genauso viele Planeten. 100 Trilliarden, das ist eine Zahl mit 23 Nullen. „Entdeckt haben wir von diesen Planeten bislang aber nur 4.281“, sagt Herrmann. Und das fast ausschließlich mit indirekten Messungen. „Wirklich gesehen haben wir außerhalb unseres Sonnensystems nur drei oder vier.“

Herrmann war zwölf, als er in der Schulbibliothek sein erstes Buch über das Weltall aufschlug. Es war das Jahr 1951. Niemand wusste, ob es je ein Mensch auf den Mond schaffen würde, nicht wenige glaubten an Marsmenschen. Herrmann hielt das für Science-Fiction, und Science-Fiction war nie seine Welt. „Ich hatte immer das Gefühl, das ist Spinnererei.“ Heute ist er sich da nicht mehr so sicher.

An einem Spätsommertag sitzt der 81-Jährige in der Bibliothek der Sternwarte im Treptower Park und spricht darüber, ob es dort draußen irgendwo intelligentes Leben geben könnte. Fast 30 Jahre leitete er die Forschungsstation, aus deren Zentrum das längste bewegliche Linsenfernrohr der Welt Richtung Universum ragt. Heute lebt der pensionierte Direktor in einer Wohnung im hinteren Teil des Gebäudes. „Sternenprofessor“ hat ihn die Presse genannt, weil er lange die Wissenschaftssendung „AHA“ im DDR-Fernsehen moderierte. Die Inter-



STERNENSCHAUER

Dieter B. Herrmann hat sein Leben lang ins All geblickt. Intelligentes Leben nur auf der Erde? Eine paradoxe Vorstellung, sagt er.



nationale Astronomische Union taufte ihm zu Ehren den Kleinplaneten 2000 AC204 auf seinen Namen. Er schreibt gerade an seinem 47. Buch und hält noch immer 40 bis 50 Vorträge im Jahr: über Sternbilder und Astrophysik, über den Urknall und Dunkle Materie, über Weiße Zwerge und Rote Riesen. Und über die Frage, ob wir allein sind im All.

UND? WAS GLAUBEN SIE, HERR HERRMANN: IST DA WER?

„Glauben gehört in die Kirche“, sagt er. „Aber wenn Sie mich so fragen: Wir haben Hunderte Milliarden Sonnen in der Milchstraße, und es gibt Hunderte Milliarden solcher Galaxien – da wäre es paradox zu denken, dass wir die große Ausnahme sind und es nur hier intelligentes Leben gibt.“

Als Wissenschaftler weiß Herrmann, dass nur das als wahr gilt, was bewiesen worden ist. Und einen Beweis für außerirdisches Leben gibt es bis heute nicht. Nach der Rare-Earth-Hypothese ist es sogar ziemlich unwahrscheinlich, dass außerhalb der Erde komplexes Leben entstanden ist. Die für komplexes Leben so günstige Beschaffenheit und Lage unseres Planeten im Universum seien im Weltraum sehr selten. Gerade wegen solcher Überlegungen aber fasziniert ihn das Nachdenken über die Frage nach intelligentem Leben im All. Eine Frage, die die Menschheit seit Jahrhunderten bewegt und auf die es trotz aller Forschung noch immer keine befriedigende Antwort gibt.

Umfragen zufolge glaubt die Hälfte der Deutschen an intelligentes Leben im All. Als der Radiosender CBS im Jahr 1938 das Hörspiel „Der Krieg der Welten“ von Orson Welles sendete, hielten es einige Hörer für die Live-Berichterstattung einer Invasion vom Mars. Künstler, Musiker und Hollywood arbeiten sich seit Jahrzehnten an der Thematik ab. Es gibt Menschen, die befürchten, die Ankunft der Aliens werde die Menschheit auslöschen. Andere erhoffen sich Erlösung von fremden Wesen aus dem All.

Wer sich der Frage nüchterner nähern möchte, kann mit Wissenschaftlern wie Dieter B. Herrmann







Michael Schetsche
Andreas Anton

Die Gesellschaft der Außerirdischen

Einführung in die Exosozio­logie

Springer VS

sprechen. Als Astronom und Physiker erforscht er Planeten, Sterne und Galaxien. Andere Forscher wollen herausfinden, unter welchen Bedingungen Leben überhaupt entstehen kann, und entwerfen Szenarien, wie eine Begegnung mit fremder Intelligenz aussehen könnte. Es sind Wissenschaftler wie der Astrobiologe Dirk Schulze-Makuch oder der Exosoziologe Michael Schetsche, mit denen Herrmann solche Fragen im Forschungsnetzwerk Extraterrestrische Intelligenz diskutiert – und zu erstaunlichen, aber auch erschreckenden Ausblicken gelangt.

„Im Grunde haben die Anstrengungen der vergangenen Jahrzehnte kaum etwas gebracht“, bilanziert Herrmann. Weil optische Teleskope schnell an physikalische Grenzen stoßen, wurde stattdessen mit Radioteleskopen gesucht. In den USA fahnden Forscher des Projekts SETI (Search for Extraterrestrial Intelligence) seit 1960 nach künstlichen Radiowellen aus dem All. Falls es eine technisch entwickelte Zivilisation gibt, so die These der Forscher, müsste sie auch über die Radiotechnologie verfügen. An manchen Orten entstanden gigantische Forschungsstationen, das Arecibo-Observatorium in Puerto Rico misst 305 Meter im Durchschnitt. Im Projekt SETI@Home stellen Millionen Menschen ihre Privatcomputer zur Verfügung, um dabei zu helfen, die astronomischen Datenberge auswerten zu können. Am 31. März 2020 wurde es nach fast 21 Jahren eingestellt – ohne Ergebnis.

ABER BEDEUTET ES AUCH, DASS DA DRAUSSEN NIEMAND IST?

„Wir wissen ja nicht mal, ob die Suche nach Radiosignalen überhaupt die richtige Strategie ist“, sagt Herrmann. Vielleicht verfügten fremde Intelligenzformen über völlig andere Technologien, die sich bei uns noch nicht mal am Horizont abzeichneten. „Das ist, als ob Sie ein Radioteleskop aufstellen und die andere Seite versucht, mit Buschtrommeln auf sich aufmerksam zu machen.“

Die frühere SETI-Direktorin Jill Tarter beschrieb das Dilemma der Suche einmal so: Auf Basis der bisherigen Untersuchun-



FREMDEFORSCHER

Michael Schetsche erforscht, wie der Kontakt mit Außerirdischen ablaufen könnte. In seinen Szenarien geht es nicht immer gut für die Menschheit aus.

gen zu behaupten, es gäbe keine Außerirdischen, sei, als würde man ein Glas Wasser aus einem Ozean schöpfen, keinen Fisch darin finden und daraus schließen, dass es im Meer keine Fische gibt.

Vielleicht braucht es also ganz andere Ansätze. So wie den von Dirk Schulze-Makuch. An der Technischen Universität Berlin untersucht der Professor für Astrobiologie und Planetare Habitabilität Orte, deren lebensfeindliche Bedingungen denen auf dem Mars am nächsten kommen: die schneefreien Hochtäler in der Antarktis oder die trockene Atacama-Wüste in Chile. Tiere oder Pflanzen gibt es dort kaum, dafür eine Vielzahl von Mikroben. Schulze-Makuch ist immer wieder verblüfft, welchen Bedingungen diese Kleinstorganismen trotzen. „Das Leben“, sagt er, „ist unheimlich resistent.“

Der Mars ist für Schulze-Makuch dabei bei Weitem nicht das einzige mögliche Habitat für Leben in unserem Sonnensystem. Es gibt zum Beispiel den Saturnmond Titan, den Seen aus flüssigem Methan und Ethan bedecken und dessen Atmosphäre dichter ist als die der Erde. Oder den Eismond Enceladus, ebenfalls ein Trabant des Saturn, aus dem an einigen Stellen riesige Wasserfontänen schießen wie kosmische Geysire. Lange hielt man es für ausgeschlossen, dass unter solchen Bedingungen Leben entstehen kann. Doch seit man in der Tiefsee merkwürdige Krabben, Würmer, Muscheln und Seesterne entdeckte, die ihre Energie nicht von der Sonne beziehen, sondern von den warmen Gasen und Mineralien der Erdkruste, glauben einige Forscher, dort unten liege der Ursprung des Lebens. Schulze-Makuch hält es für möglich, dass es auf dem Eismond Europa ein ähnliches Ökosystem gibt wie an den hydrothermalen Quellen der Tiefsee, mit Lebewesen auf der Entwicklungsstufe von Krabben und Röhrenwürmern. Natürlich bauen Röhrenwürmer keine Raumschiffe – aber die Möglichkeit, dass in unserem Sonnensystem, also praktisch vor unserer Haustür, relativ hochentwickelte Organismen leben könnten, verdeutlicht, wie großartig der Gedanke von der Erde als einziger kosmischer Ausnahme ist.

Eine Schwäche der Astrobiologie, gibt Schulze-Makuch zu, sei, dass sie immer von der Erde ausgehe, vom Leben, wie wir es kennen. Die Biologie





im All aber könnte auch eine ganz andere sein: Vielleicht entsteht Leben woanders auf Siliziumbasis; vielleicht funktioniert auch Methanol statt Wasser als Ursuppe; vielleicht, so die Idee eines Kollegen von Schulze-Makuch, könnten Erbinformationen durch Magnete statt durch DNS weitergegeben werden. Aber möglicherweise ist das, was da draußen vor sich geht, auch „völlig out of the box“, wie Schulze-Makuch sagt. So unvorstellbar, dass es paradox wäre, überhaupt eine Idee davon zu haben.

Michael Schetsche nennt dieses Unvorstellbare das „maximal Fremde“. Der Freiburger Soziologieprofessor hat mit seinem Kollegen Andreas Anton eine neue Disziplin begründet: die Exosozologie. Die Wissenschaftler untersuchen, was es mit unserer Gesellschaft anstellen würde, wenn wir wirklich in Kontakt mit diesem Fremden kämen – und haben dabei drei Szenarien erarbeitet: ein harmloses und zwei mit gravierenderen Konsequenzen.

In Szenario 1 empfängt die Menschheit ein Signal. Es ist das harmlose Gedankenspiel. Wahrscheinlich kämen die Signale von so weit her, dass uns die Absender nie besuchen könnten, wahrscheinlich existierten sie längst nicht mehr. „Das wäre ein sensationeller Fund“, sagt Schetsche. „Er würde unser Weltbild ändern, weil wir den Beweis hätten, dass wir nicht allein sind – aber wir bräuchten uns nicht wirklich Sorgen zu machen.“

Im zweiten Szenario finden wir das Artefakt einer außerirdischen Expedition: eine Sonde oder Station, vielleicht auch nur deren Abfall. Wir wüssten ab diesem Moment, dass es eine technisch hoch entwickelte Zivilisation gibt, die interstellare Raumfahrt beherrscht – und die irgendwann einmal hier war. „Das würde zu einer allgemeinen Verunsicherung führen“, sagt Schetsche. „Wir müssten uns fragen: Wer sind sie? Was wollen sie? Und: Kommen sie wieder?“ So ein Fund wäre auch deshalb riskant, weil darin wertvolle technische Informationen steckten und ein Wettrennen zwischen Nationen und multinationalen Konzernen ausbrechen würde, wer das Artefakt bergen dürfe. In keinem Fall, sagt Schetsche, sollte so ein Fund auf die Erde gebracht werden. „Wenn Sie mit dem Antrieb einer Sonde für die interstellare Raumfahrt herumexperimentieren,



PLANETENPRÜFER

Dirk Schulze-Makuch untersucht, welche Voraussetzungen es für die Entstehung von Leben braucht. Erstaunlich wenige, sagt er.

können Sie schnell mal einen ganzen Kontinent zerstören.“

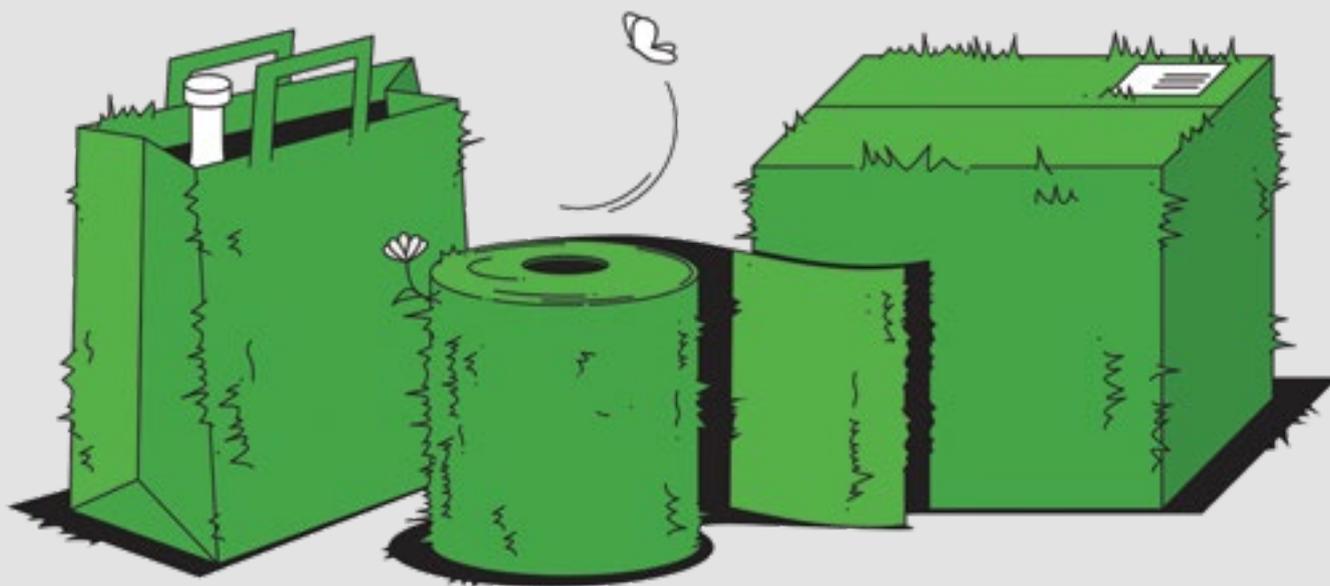
Die größten Erschütterungen aber verursacht Szenario 3: die tatsächliche Begegnung. Wenn ein Flugkörper in unser Sonnensystem eintritt, der von einer außerirdischen Intelligenz gesteuert wird, könnte das Massenpaniken, Börsencrashes und religiöse Verwerfungen auslösen. Die Angst wäre dabei gar nicht so irrational. Man müsse sich nur die Historie asymmetrischer Kulturkontakte auf der Erde ansehen, sagt Schetsche: „Wenn eine Zivilisation eine andere auf ihrem Territorium besucht, geht es für die Entdeckten meistens schlecht aus.“

Der Soziologe ist deshalb strikt dagegen, den Spieß umzudrehen und selbst zielgerichtete Radiosignale in den Weltraum zu senden, wie es einige Mitglieder der SETI-Gemeinde in dem Programm METI tun. Außerirdische Zivilisationen könnten ein völlig anderes Verhältnis zum Leben und Sterben haben, warnt Schetsche. Er denke da nicht an Marsmenschen oder irgendwelche Tentakelwesen – viel wahrscheinlicher sei es, dass wir es mit „postbiologischen Sekundärzivilisationen“ zu tun bekommen könnten: mit Maschinen, die einst von biologischen Wesen erbaut wurden, aber ihre Erschaffer und deren Sterblichkeit längst hinter sich gelassen haben – wodurch sie die riesigen interstellaren Distanzen überwinden können. Schetsche glaubt, dass wir, wenn es wirklich zum Kontakt kommt, überrascht sein werden, wie fremdartig die Außerirdischen sind. „Das könnte eine künstliche Intelligenz auf zellulärer Ebene sein, eine Art Biocomputer. Und vielleicht wird es für uns gar nicht so einfach zu unterscheiden: Ist die Zivilisation primär, sekundär – oder sogar tertiär?“

Tertiärzivilisationen? Künstliche Intelligenz, erschaffen von künstlicher Intelligenz? Unsterbliche Biocomputer auf der Reise durchs All? Klingt ein bisschen nach „Spinnerei“, wie der zwölfjährige Dieter B. Herrmann gesagt hätte. Allerdings sagt Herrmann am Ende des Gesprächs in der Sternwarte auch: Die Science-Fiction-Autoren hätten in den letzten 70 Jahren erstaunlich oft näher an der Wahrheit gelegen als die Forscher. „Und die Geschichte der Wissenschaft zeigt doch, dass die Welt vielfältiger ist als wir uns jemals haben träumen lassen.“

BLÜTENPAPIER

Papier verschlingt fast die Hälfte der weltweiten Holzproduktion. Was, wenn das auch intelligenter und ökologischer ginge, dachte sich der Dürener Unternehmer Uwe D’Agnone. Seine Antwort wächst fast überall.



Vor neun Jahren fragte sich Uwe D’Agnone zum ersten Mal, wie man Papier umweltfreundlicher herstellen könnte. D’Agnone ist vom Fach. Er lernte Industriekaufmann in einer Druckerei. Später gründete er ein Unternehmen, das sich auf umweltfreundliche Werbeartikel wie Kalender spezialisierte. Auf der Suche nach dem umweltfreundlicheren Papier fand er schließlich eine Lösung, die auf jedem Acker und in jedem Garten wächst: Gras.

Grasfasern seien für die ökologische Papierproduktion wie gemacht, erklärt er. Holz müsse für die Papierproduktion erst aufwendig vorbereitet werden, was jede Menge Wasser und Chemie verschlinge. Gras dagegen komme mit einem Bruchteil des Wassers und ohne weitere Zusätze aus. Der Grund: Holz besteht zu einem Großteil aus Lignin, einer Art pflanzlichem Klebstoff, das für die Papierproduktion entfernt werden muss. Grasfasern besitzen kaum Lignin.

Für das Papier, das Uwe D’Agnone mit seiner Firma Creapaper herstellt, wird das gemähte Gras zunächst getrocknet, zu Ballen gepresst und schließlich zur Produktionshalle von Creapaper in Düren gefahren. Dort wird das Gras gereinigt, geschnitten und gemahlen. Schließlich verdichten Pressen die vorbereitete Grasfaser zu Pellets, aus denen in einer Fabrik Papier entsteht. Das fertige Produkt besteht bis zu 50 Prozent aus Grasfasern, der restliche Anteil stammt aus Holzzellstoff oder recyceltem Papier.

Vollständig auf Gras umsteigen will D’Agnone noch nicht. Durch passgenaue Mischungen soll so für unterschiedliche Einsatzbereiche wie Schreibpapier, Pappe, Einkaufstüten oder Taschentücher das jeweils beste Produkt entstehen. Mit seiner aktuellen Materialmischung kann D’Agnone schon heute die gesamte Produktpalette bedienen. „Wir können so gut wie alles mit einem Anteil an Grasfasern herstellen, vom Toilettenpapier bis zur dicksten Pappe“, sagt er. Verschiedene Einzelhandelsketten setzen bereits Obst- und Gemüseschalen aus Grasfaser ein.

Die Akzeptanz am Markt musste sich D’Agnone mühsam erarbeiten. „Ich habe mir am Anfang einige blutige Nasen geholt, als ich Papierfabriken gefragt habe, ob ich bei ihnen Papierprodukte aus Gras herstellen kann“, erinnert er sich. In einigen Jahren, so hofft D’Agnone, könnte Graspapier aus der Marktnische herausgewachsen sein und einen messbaren Beitrag zur Bekämpfung des Klimawandels leisten.

Die Zeichen dafür stehen gut. Aktuell arbeitet D’Agnone mit 23 Papierfabriken zusammen und beschäftigt 51 Mitarbeiter. In Düren kann er jährlich 25.000 Tonnen Graspellets herstellen – genug für mehr als 60.000 Tonnen Graspapier. Und sein Produkt passt in die Zeit. „Hätten wir zehn Jahre früher angefangen, wäre das nichts geworden, davon bin ich heute überzeugt“, sagt D’Agnone. Neben einer höheren Aufmerksamkeit für Klimaschutz in der Gesellschaft sei auch die Papierbranche offener für umweltfreundliche Lösungen geworden. „Heute werden wir nicht mehr dafür belächelt, dass wir Papier aus Grasfasern herstellen.“

TIERISCH Schlau

TEXT THOMAS SCHMELZER **ILLUSTRATION** ANJA STIEHLER-PATSCHAN — Ziegen, die Puzzles lösen, lesende Tauben, Kraken, die sich aus Gläsern mit Schraubdeckeln befreien: Immer wieder überraschen uns Tiere mit ihrer Intelligenz. Wir stellen einige von ihnen sowie ihre erstaunlichen Fähigkeiten vor.

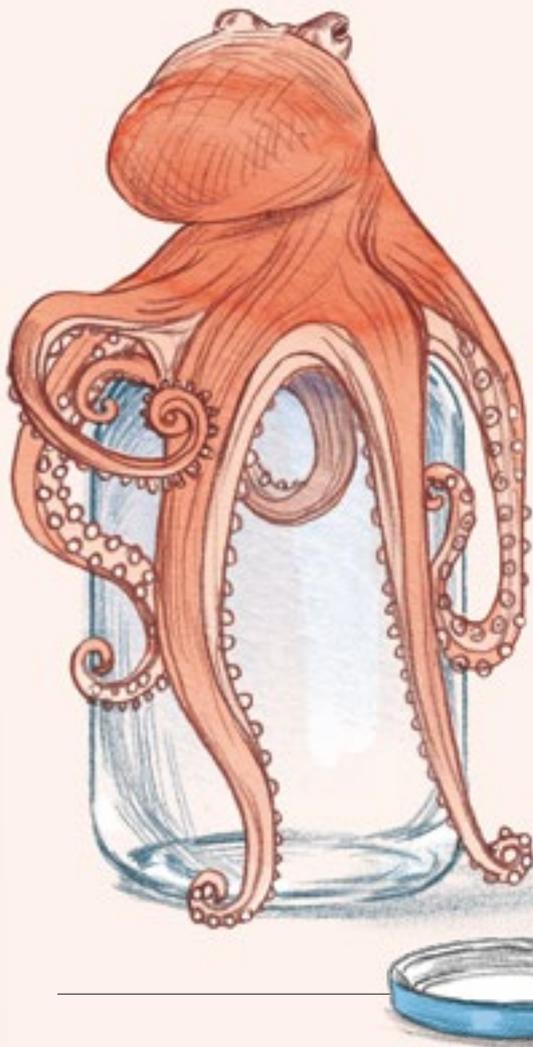
HAUSTAUBE Leseratten der Lüfte

Tauben besitzen einen beachtlichen Orientierungssinn und werden als Brieftauben seit Jahrhunderten geschätzt. In einem Experiment bewiesen sie, dass sie Wörter nicht nur transportieren, sondern auch erkennen können. Auf einem Bildschirm grenzten sie echte Wörter der englischen Sprache wie „Bust“ von Fantasiekonstrukten wie etwa „Bewk“ treffsicher ab. Die Tauben hatten dafür die Wahrscheinlichkeiten von Buchstabenfolgen im Englischen erlernt – und waren damit einem Mechanismus gefolgt, den auch Grundschüler anwenden. Das Briefgeheimnis ist aber wohl trotzdem nicht in Gefahr – denn was die Wörter bedeuten, verstehen die Tauben höchstwahrscheinlich nicht.



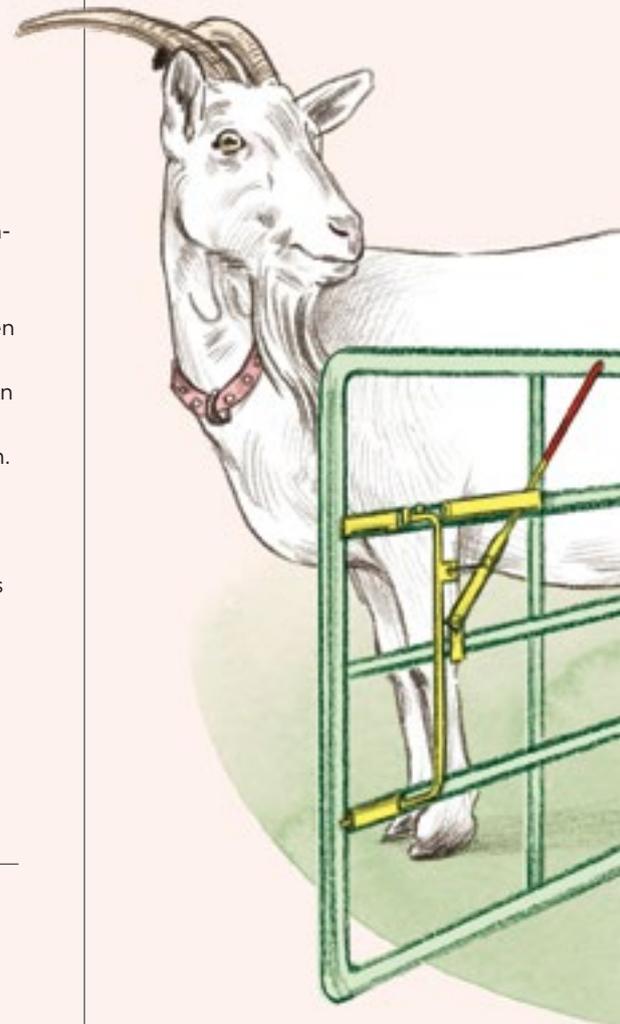
ORCA Smarte Wellenreiter

Schwertwale sind raffiniert, das demonstrierte bereits Orca Willy im Film „Free Willy“ aus dem Jahr 1993. Seine Artgenossen beweisen ihre Intelligenz jeden Tag bei der Jagd. Entdecken sie eine Robbe auf einer Eisscholle, agieren sie als Team. Ein Orca positioniert sich neben der Scholle, die anderen schwimmen ihr gemeinsam entgegen. Dabei erzeugen sie eine Bugwelle und spülen die Beute so vom wackligen Untergrund. Eine andere Technik beobachteten Pfleger in einem Zoo. Dort platzierte ein Schwertwal regelmäßig erbrochenen Fisch an der Wasseroberfläche, wartete auf gierige Möwen und schnappte dann zu. Seine Beckenkollegen beobachteten ihn dabei – und wendeten die Technik nur wenig später ebenfalls an.



KRAKE Entfesselungs- künstler mit Hirn

Kraken gehören zu den intelligentesten Wesen der Meere. Kein Wunder: Die Weichtiere besitzen bis zu neun Gehirne. Zum Zentralgehirn kommen weitere Neuronencluster in den Fangarmen hinzu. Die Wissenschaft spricht von verteilter Intelligenz. Mit ihr können sich Kraken durch Labyrinth manövrieren, aus Aquarien klettern oder aus Kokosnussschalen ein rollendes Wohnmobil konstruieren. Die Oktopusse können Flaschen entkorken und kommen auch mit Schraubverschlüssen zurecht. Ein Krake befreite sich aus einem Glas mit Schraubverschluss – indem er den Deckel kurzerhand von innen aufschraubte.



HAUSZIEGE Gewieftete Hebelknacker

Immer wieder berichten Landwirte, dass Ziegen Tore öffnen, um zu einer saftigen Weide zu gelangen. Britische Forscher untersuchten diese Fähigkeit genauer. Um an reichhaltiges Futter zu kommen, mussten Ziegen an einem Apparat Hebel herausziehen und nach oben umlegen – wie bei einem Tor. Neun von zwölf Ziegen hatten die Technik nach gut zwölf Versuchen erlernt. Selbst zehn Monate später hatten sie den Trick immer noch drauf – und sicherten sich innerhalb von Sekunden ersehnte Leckerli.

GERAD- SCHNABELKRÄHE Krähende Werkzeugbauer

Rabenvögel gelten als besonders schlau. Sie platzieren Nüsse vor vorbeifahrende Autos und werfen Steine in Gefäße, um an die herausschwappende Flüssigkeit zu gelangen. Die in Neukaledonien beheimatete Geradschnabelkrähe geht noch einen Schritt weiter und fertigt eigene Werkzeuge an. Um an Maden in morschen Holzstämmen zu gelangen, hackt sie Zweige auf die geeignete Länge zurecht, steckt sie in die Verstecke der Maden und löst so deren Greifreflex aus. Anschließend angelt sie die Made aus dem Loch. In Experimenten steckten manche Krähen sogar bis zu vier verschiedene Stäbe zu einem längeren Verbundwerkzeug zusammen – und kamen so an ihr Futter.





Genealogie des **GEHIRNS**

Mal sollte es angeblich wie eine hydraulische Maschine arbeiten, dann stellten sich Forscher das menschliche Gehirn als Telefonzentrale vor. Heute dominiert die Idee, dass unser Gehirn wie ein Supercomputer funktioniert. Warum auch diese Idee höchstwahrscheinlich nur die halbe Wahrheit ist.

Es war das Jahr 1665, als der dänische Anatom Nicolaus Steno die These formulierte, dass unser Gehirn wie eine Maschine funktioniere. Um seine Tätigkeit und Funktionsweise zu verstehen, müsse man es auch als solche betrachten und auseinandernehmen, fand er. Seit mehr als 350 Jahren befolgen wir nun Stenos Rat. Wir schauen in tote Gehirne, entfernen Teile von lebenden, zeichnen die elektrische Aktivität von Nervenzellen auf und verändern neuerdings sogar die neuronale Funktion – mit erstaunlichen Folgen.

In Tierversuchen können wir eine Maus dazu bringen, sich an einen Geruch zu erinnern, dem sie nie zuvor begegnet ist. Bei manchen Tierarten können wir die Struktur des Gehirns und somit das Verhalten des Tiers beinahe nach Belieben ändern. Wir sind sogar fähig, einen gelähmten Menschen in die Lage zu versetzen, mithilfe von Geisteskraft einen Roboterarm zu steuern. Und doch haben wir noch immer keine klare Vorstellung davon, wie Milliarden, Millionen, Tausende oder selbst nur Dutzende von Neuronen im Hirn genau zusammenwirken.

Wir wissen in groben Zügen, was vor sich geht: Das Gehirn versendet Reize über neuronale Netze. So interagiert es mit seiner Umwelt und unserem Körper. Es prognostiziert mögliche Veränderungen dieser Reize, um reaktionsbereit zu sein, und es steuert als Teil des menschlichen Körpers dessen Handeln. All das wird durch Nervenzellen – also Neuronen – erreicht, die auf komplexe Weise miteinander verbunden sind. Und durch die Chemikalien, in denen diese Netzwerke baden.

Wenn es aber darum geht, tatsächlich zu verstehen, was in einem Gehirn wirklich geschieht, oder darum, sogar vorhersagen zu können, was

passiert, wenn die Aktivität eines bestimmten Netzwerks verändert wird, dann stehen wir noch immer ganz am Anfang.

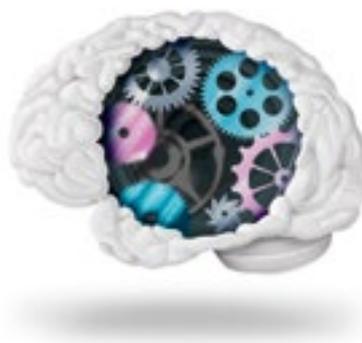
VON ZEITGEIST UND METAPHERN

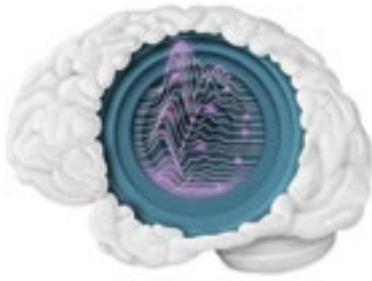
Eine Erklärung, warum die Forschung zwar riesige Fortschritte macht, aber vielen Fragen immer noch ratlos gegenübersteht, geht auf Nicolaus Stenos These, das Gehirn als Maschine zu betrachten, zurück. Im Laufe der Jahrhunderte hat sich die Vorstellung von einer „Maschine“ immer wieder stark gewandelt – und jede davon hatte wiederum Konsequenzen für unsere Vorstellung vom Gehirn.

Als Steno seine These formulierte, wurden Maschinen noch durch Hydraulik oder Uhrwerke angetrieben. Die Erkenntnisse, die sich aus dieser Metapher ableiten ließen, waren begrenzt und schnell überholt. Im 19. Jahrhundert wurde das Gehirn dann erst als Telegrafennetz und später als Telefonzentrale betrachtet. Als flexible Organisation also, die einen ebenso flexiblen Output ermöglicht. Seit den 1950er-Jahren dominieren Begriffe der Informatik unsere Vorstellung vom Gehirn: Feedback-Loops, Informationen, Codes, Berechnungen.

Die Wissenschaftler, die als Erste die Parallele zwischen Gehirn und Computer zogen, erkannten allerdings rasch, dass Gehirne nicht digital sind. Nicht einmal das einfachste Tiergehirn gleicht einem Computer, wie ihn Menschen bauen. Das Gehirn ist kein Computer – aber es ähnelt ihm eher als einem Uhrwerk. Indem wir also über Parallelen zwischen Computern und Gehirnen nachdenken, können wir Erkenntnisse darüber gewinnen, was in unseren Köpfen – und in denen von Tieren – vor sich geht.

Über die Jahrhunderte hat jede neue technologische Metapher unser





⊗ Verständnis des Gehirns erweitert und uns in die Lage versetzt, neue Experimente durchzuführen und mit ihnen alte Erkenntnisse zu überdenken. Gleichzeitig schränken Metaphern unser Denken naturgemäß ein. Einige Wissenschaftler haben inzwischen etwa realisiert, dass unsere Vorstellung vom Gehirn als passivem Computer, der ausschließlich auf Input reagiert und Daten verarbeitet, zu kurz greift. Sie ignoriert die Tatsache, dass unser Gehirn ein aktives Organ ist, ein Teil eines Körpers also, der in seine Umwelt eingreift und eine evolutionäre Vergangenheit besitzt, die seine Struktur und Funktion prägt. Durch die Metapher des Computers verlieren wir elementare Tätigkeiten des Gehirns aus dem Blick. Metaphern formen unser Denken in einer Weise, die nicht immer hilfreich ist.

NICHT VOM MENSCHEN KONSTRUIERT

Eine verlockende Schlussfolgerung der Geschichte lautet, dass sich unsere Ideen vom Gehirn auch in Zukunft automatisch erweitern, sobald es neue technologische Entwicklungen gibt. Dass wir unsere gegenwärtigen Gewissheiten erneut interpretieren, falsche Annahmen verwerfen und neue Theorien und Verständnisweisen entwickeln.

Wenn Wissenschaftler dann erkennen, dass ihre Denkweise – einschließlich der Fragen, die sie stellen, und der Experimente, die sie sich vorstellen – zum Teil durch technologische Metaphern begrenzt ist, werden sie oft nervös und wollen wissen, was die nächste große Entdeckung sein könnte und wie sie sie für ihre Forschung anwenden können.

In der Geschichte der menschlichen Vorstellung des Gehirns gibt es immer wiederkehrende Themen und Argumente, von denen einige immer noch heftige Debatten provozieren. Ein strittiger Punkt ist, wie sehr Funktionen des Gehirns bestimmten Bereichen zugeordnet werden können. Es geht dabei um eine Vorstellung, die Tausende Jahre zurückreicht. Bis heute wird behauptet, einzelne Bereiche des Gehirns seien für bestimmte Dinge verantwortlich, etwa für das Gefühl in der Hand, für die Fähigkeit, Satzbau zu verstehen oder für die Selbstkontrolle.

Die These wurde häufig relativiert, weil man entdeckt hat, dass die betreffende Aktivität auch durch andere Teile des Gehirns beeinflusst oder vervollständigt wird und die untersuchte Gehirnregion auch an anderen Prozessen beteiligt ist. Mit diesem Wissen war die Idee der Lokalisierung zwar noch nicht direkt widerlegt, aber doch deutlich abgemildert.

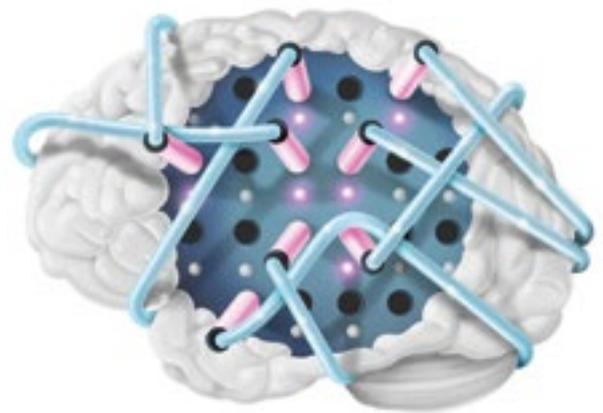
Der Grund dafür ist einfach: Anders als Maschinen wurden Gehirne nicht vom Menschen konstruiert. Sie sind Organe, die sich im Laufe von mehr als fünf Millionen Jahren entwickelt haben. Es gibt also wenig oder gar keinen Grund zu glauben, dass sie so wie vom Menschen geschaffene Maschinen funktionieren würden.

Einige Forscher befürchten womöglich deswegen, dass wir mit unserem Verständnis des Gehirns in einer Sackgasse stecken. Wir hören zwar tagtäglich von neuen Entdeckungen, die Licht in die

Funktionsweise des Gehirns bringen sollen und werden mit Verheißungen (oder Androhungen) neuer Technologien konfrontiert, die uns befähigen sollen, so abwegige Dinge zu tun wie Gedanken zu lesen, Verbrecher zu erkennen oder unser Selbst in einen Computer hochladen zu lassen. Doch im Gegensatz zu diesen überschwänglich anmutenden Theorien haben einige Neurowissenschaftler das Gefühl, dass unser zukünftiger Weg keineswegs so klar ist. Es ist also gar nicht so einfach zu erkennen, was wir tun sollen – außer Daten zu sammeln oder neue experimentelle Ansätze auszuprobieren.

DAS KOMPLEXESTE OBJEKT DES UNIVERSUMS

Das alles bedeutet nicht, dass sich überall Pessimismus breitmacht. Einige Wissenschaftler sind zuversichtlich, dass uns neue mathematische Methoden bald erlauben werden, die unzähligen Verschaltungen des menschlichen Gehirns besser zu verstehen. Andere (wie ich selbst) ziehen es vor, Tiere am anderen Ende der Skala zu studieren und die Aufmerksamkeit auf die win-



zigen Gehirne von Würmern oder Maden zu richten. Mit diesem bewährten Ansatz versuchen wir zu verstehen, wie ein einfaches System funktioniert, um diese Erkenntnisse dann auf komplexere Fälle anzuwenden.

Viele Neurowissenschaftler gehen auch, wenn sie überhaupt über das Problem nachdenken, davon aus, dass der Fortschritt Stückwerk bleibt und nur langsam voranschreiten wird, weil sich schlicht noch keine große, einheitliche Theorie des Gehirns am Horizont abzeichnet.

Zwei Punkte verdeutlichen das Problem: Erstens ist das Gehirn unglaublich kompliziert. Jedes Gehirn, nicht nur das menschliche, auf das sich ein Großteil der bisherigen Forschung konzentriert hat, ist das komplexeste Objekt im bekannten Universum. Zweitens wissen wir trotz Bergen hirnbbezogener Daten, die von Laboratorien auf der ganzen Welt produziert werden, nicht genau, was wir mit all diesen Daten tun sollen. Uns fehlt die Idee, was sie in ihrer Gesamtheit bedeuten.

DIE COMPUTERMETAPHER STÖSST AN IHRE GRENZEN

Beide Probleme zeigen, dass die Computermetapher, die uns über ein halbes Jahrhundert gut gedient hat, möglicherweise an ihre Grenzen stößt – genau wie die Idee vom Gehirn als Telegrafensystem, die sich im 19. Jahrhundert irgendwann erschöpfte.

Einige Wissenschaftler stellen nun die Nützlichkeit einiger der grundlegendsten Metaphern über das Gehirn und das Nervensystem infrage. Etwa die Idee, dass neuronale Netzwerke durch einen neuronalen Code die Außenwelt verkörpern. Gut möglich also, dass die Wissenschaft am Fundament der landläufigen metaphorischen Vorstellung von den Funktionsweisen des Gehirns kratzt. Ebenso könnte es sein, dass die Entwicklung der

DAS GEHIRN IN ZAHLEN

Leichter, als das Hirn zu verstehen, ist, es zu vermessen.

86

MILLIARDEN

Nervenzellen bilden das Grundgerüst unseres Gehirns.



5,8

MILLIONEN KILOMETER

sind die Nervenbahnen unseres Gehirns insgesamt lang – das sind in etwa 145 Erdumrundungen.



400

KM/H

beträgt die Geschwindigkeit, mit der Impulse im Nervensystem des Gehirns übertragen werden – das ist schneller, als ein Wagen in der Formel 1 fahren kann.

Informatik erneut unsere Sichtweise des Gehirns beeinflusst und der Computermetapher neues Leben einhauchen. Vor allem künstliche Intelligenz und neuronale Netze, die teilweise davon inspiriert sind, wie das Gehirn Dinge tut, spielen hier eine wichtige Rolle. Allerdings geben führende Forscher im Bereich Deep Learning, der derzeit angesagtesten und überraschendsten Spielform moderner Informatik, freimütig zu, dass sie nicht genau wissen, wie ihre Programme das tun, was sie tun. Insofern ist fraglich, ob uns die Computertechnologie wirklich Erklärungen liefern wird, wie das Gehirn funktioniert.

Der Traum, einmal das menschliche Gehirn mit seinen Milliarden Zellen zu verstehen und zu durchdringen, wie es einen menschlichen Geist erzeugt, mag mitunter unerreichbar erscheinen. Aber die Wissenschaft ist die einzige Methode, die dieses Ziel erreichen kann – und wird.

In der Vergangenheit gab es immer wieder Momente, in denen Hirnforscher nicht genau wussten, wie sie weiter vorgehen sollen. Als in den 1870er-Jahren die Telegrafemetapher verblasste, kamen Zweifel auf, ob die Hirnforschung je das Geheimnis des Bewusstseins würde lösen können. 150 Jahre später verstehen wir immer noch nicht, wie Bewusstsein entsteht. Aber die Wissenschaft ist trotz aller Herausforderungen zuversichtlicher, dass es eines Tages möglich sein wird. Zu verstehen, wie Denker in der Vergangenheit darum gerungen haben, die Gehirnfunktion zu begreifen, ist ein wesentlicher Teil dessen, was wir jetzt tun müssen, um dieses Ziel in Zukunft zu erreichen.

Wir sollten unser heutiges Unwissen nicht als Niederlage begreifen, sondern als Herausforderung. Als Möglichkeit, unsere Aufmerksamkeit und Res-



ourcen auf das zu richten, was es zu entdecken gilt, und auf die Entwicklung von Forschungsprogrammen, die uns den Antworten näherbringen können. Einmal mehr zeigt sich, warum die vier wichtigsten Wörter in der Wissenschaft lauten: „Wir wissen es nicht.“



MATTHEW COBB

ist Professor für Zoologie an der Universität Manchester und hat sich in seiner Forschung auf den Geruchssinn, das Verhalten von Insekten sowie die Wissenschaftsgeschichte fokussiert. Anfang März erschien von ihm das Buch *The Idea of the Brain: A History*, auf dem dieser Essay basiert.

— *Auf ein Wort*

Herr Youlden, was denken Sie über ...

M O T I V A T I O N ?



— **Matthew Youlden, 37,**

ist Sprachwissenschaftler und Sprachlerncoach. Er hat als Lehrbeauftragter für romanische Sprachwissenschaft (Spanisch, Französisch, Italienisch) an der Humboldt-Universität zu Berlin unterrichtet und bringt Menschen aus der ganzen Welt seit Jahren zusammen mit seinem Bruder als Superpolyglotbros die unterschiedlichsten Sprachen bei. Youlden stammt aus Manchester und lebt in Barcelona und Berlin.

Als ich neun Jahre alt war, haben meine Eltern im Spanienurlaub ein Video von meinem Bruder und mir gedreht. Wir liegen am Strand und mein Bruder und ich versuchen gerade, einige Brocken Spanisch mit anderen Kindern zu sprechen. Das Video wird außer uns nie jemand zu Gesicht bekommen, aber ich erzähle trotzdem gern davon. Denn es zeigt für mich, dass man für das Erlernen einer Sprache gar nicht so viel braucht, wie die Leute immer denken. Mein Bruder und ich wollten bloß ein wenig Spanisch lernen, um mit den anderen Kindern spielen und uns ein Eis kaufen zu können. Das war unsere Motivation. Besonders toll war unser Spanisch am Ende des Urlaubs natürlich nicht. Aber für unsere Zwecke hatte es gereicht.

Seit diesem Urlaub damals lassen mich Sprachen nicht mehr los. Ich bin heute 37 Jahre alt und habe 25 Sprachen gelernt, von denen ich 10 fließend sprechen kann. Sprachen sind für mich nicht einfach nur ein Werkzeug, um mich verständigen zu können. Sie öffnen mir vielmehr die Tür zu ganz anderen Welten. Durch sie lernt man extrem viel darüber, wie andere Menschen die Welt sehen und über sie kommunizieren.

Ich glaube, dass jeder so viele Sprachen lernen kann wie ich. Mit Begabung hat das nicht viel zu tun. Es geht eher darum, eine eigene Motivation zu entwickeln und das Lernen selber nicht als Pflicht, sondern als Spaß zu erleben.

Wenn ich mich dazu entschließe, eine neue Sprache zu lernen, gehe ich das zum Beispiel fast immer zusammen mit meinem Zwilingsbruder Michael an. Wir sind beide von Sprachen fasziniert und haben unsere eigene Methodik entwickelt, Sprachen schneller und effektiver zu lernen. Unsere Überzeugung ist, dass die neue Sprache sofort integraler Bestandteil des Alltags werden muss. Also machen wir gewissermaßen alles, was man in dieser Sprache machen kann – ohne dass wir sie schon beherrschen. Manchmal pushen wir uns auch mal gegenseitig und machen ein kleines Spielchen daraus, um gegenseitig die Motivation hoch zu halten.

Natürlich haben die meisten Leute nicht unendlich viel Zeit, eine neue Sprache zu lernen. Aus meiner Erfahrung reicht es aber schon, täglich eine knappe halbe Stunde ins aktive Lernen zu investieren. Wenn man daneben noch passiv lernt, also Radio in der Sprache hört, Netflix-Serien im Originalton schaut oder Zeitung liest, reicht das schon aus.



— *Foto trifft Wort*

Die abgebildete Schafherde ist das Produkt einer Technologie namens „Neural Style Transfer“. Dabei handelt es sich um Algorithmen, die digitale Bilder so manipulieren, dass sie das Aussehen oder den Stil eines anderen Bildes annehmen. Sie verwenden tiefe neuronale Netze zur Bildtransformation. Das Verfahren

funktioniert so: Zwei Bilder – zum Beispiel ein Selfie und ein berühmtes Gemälde – werden dekonstruiert, indem sie durch ein Netzwerk laufen, das zuvor darauf trainiert worden ist, Objekte in Bildern zu erkennen. Diese werden in verschiedene Schichten aufgedröselt – auf einer befinden sich Darstellungen aus beiden Bildern, auf einer anderen sind die Inhalte abgebildet und auf einer weiteren nur

Muster oder Texturen. Daraus wird ein neues Bild konstruiert. Das Ergebnis ist beispielsweise ein Selfie, das wie ein berühmtes Gemälde aussieht – oder eine Schafherde mit expressionistischem Touch.

Kaloyan Chernev gehört zum Team der Plattform Deep Dream Generator. Ursprünglich sollte der Algorithmus Wissenschaftlern helfen, neuronale Netzwerke sichtbar zu machen.

Was passiert in

SCHWARZEN LÖCHERN?

Warum es auf diese und
viele andere Fragen bis heute

KEINE ANTWORT gibt.

