

MIT Technology Review

Das Magazin für Innovation von Heise

Allies
WIRD
KI

Der Geist ist aus der Flasche: Wie intelligent sind ChatGPT und Co.? Wie können wir sie bändigen?





RENEWABLE MATERIALS CONFERENCE 2023

23–25 May • Siegburg/Cologne (Germany)

renewable-materials.eu

The brightest stars of Renewable Materials

The chemical and plastics industry will need to replace 1 Gt of fossil carbon per year with Renewable Carbon from biomass, CO₂ and recycling to net-zero.

The unique concept of presenting all renewable material solutions at one event hits the mark: bio-based, CO₂-based and recycled are the only alternatives to fossil-based chemicals and materials. The Renewable Materials Conference has established itself as one of the most important conferences for renewable materials worldwide. Expect 80 presentations, 20 panel discussions and several expert workshops, 40 exhibitors and 500+ participants on site. A matchmaking area throughout the three days, long lunch breaks and three evening meeting points guarantee comprehensive and effective networking.

First day

- Future of the Chemical Industry
- Renewable Refineries
- Carbon Flows and Carbon Management
- Circularity and Chemical Recycling
- PHAs: Deep Dive
- New Label, Product Environmental Footprint (PEF) and Mass Balance
- Biodegradable Plastics

Second day

- Renewable Chemicals and Building Blocks
- PLA, PBAT, PBS and PHA
- Renewable Polymers & Plastics
- Fine Chemicals
- PEF / FDCA / Furanics
- Innovation Award

Third day

- Latest nova Research
- New Technologies for Efficient Renewable Processes
- The Policy & Brands View
- Renewable Plastics and Composites
- Transition Pathways for the Chemical Industry
- Biodegradation

Organiser



Award Sponsor



Platin Sponsor



Call for Innovation

Vote for the
"Renewable Material
of the Year 2023"
at the Event

RENEWABLE MATERIAL OF THE YEAR 2023



ORGANISED BY NOVA-INSTITUTE

SPONSORED BY COVESTRO

INNOVATION AWARD

Gold Sponsors



NESTE



Bronze Sponsors



Fibers for Life.



Beer on Tap Sponsor



Liebe Leserinnen und Leser,



Wir sind Zeugen eines tiefgreifenden Wandels. Künstliche Intelligenz arbeitet zwar schon lange in vielen Systemen im Hintergrund. Aber erst mit ChatGPT ist die Technologie in der Mitte der Gesellschaft angekommen. Quasi über Nacht wurde KI zum Mainstream.

Auch wenn der erste Hype vorbeigehen wird, sind die großen Sprachmodelle wie GPT-4 und die Softwarewelt, die um diese generativen KIs herum entsteht, so mächtig, dass sie unseren Alltag verändern werden. Viele Aufgaben wird eine KI in Zukunft einfach schneller und besser erledigen. Das wird großen Einfluss auf Forschung, Bildung, Marketing, Journalismus und vieles mehr haben.

Abgesehen davon, dass Sprachmodelle noch regelmäßig halluzinieren: Steckt echte Intelligenz in ihnen? Man könnte es sich leicht machen und sagen, dass sie natürlich nicht verstehen, was sie schreiben. Aber ist es wirklich so einfach? Mit verschiedenen Tests machen sich Forscherteams auf die Suche nach Spuren von Intelligenz (Seite 40).

Gleichzeitig ist die Gefahr des Missbrauchs groß. Der Begriff „Fake“ bekommt eine ganz neue Bedeutung, wenn man sich zum Beispiel die Fake-Bilder vom Papst in weißer Daunenjacke anschaut, die von der Realität kaum zu unterscheiden sind (Seite 22). Und das ist erst der Anfang. Deep Fakes, Desinformation und Angriffe können mit deutlich weniger Aufwand und täuschend echter Aufma-

chung für Verwirrung und Manipulation sorgen. Wie kann KI ethisch erzogen werden, um solchen Missbrauch zu minimieren (Seite 52)?

Und wie sieht eine kluge Regulierung aus? Die EU ist dabei, mit dem AI Act ein Gesetz auf den Weg zu bringen, das umfassende Regeln für KI aufstellt – entlang ihrer vielfältigen Anwendungen und Risikoszenarien. Dabei ist ein regelrechter Kampf zwischen Big-Tech-Lobbyisten und der EU entbrannt (Seite 46).

Aber sollte unser Kontinent nicht auch aktiver Teil dieses Wandels sein und ihn global mitgestalten? Ja, sagt KI-Forscher Kristian Kersting, aber dazu brauche es politischen Willen und Geld (Seite 28). „Wir können, wenn man uns lässt – aber es fehlt das Vertrauen. Ich habe das Gefühl, wir werden immer noch als die Nerds angesehen.“

Der Geist ist aus der Flasche. Wir können ihn nicht mehr einfangen. Ihm seine Grenzen aufzeigen und mit seinen Fähigkeiten die Zukunft gestalten: Das ist jetzt die Aufgabe.

Ihr

Luca Caracciolo
@papierjunge



GENERATIVE KI • Sprachmodelle und Bildgeneratoren werden einerseits als technischer Durchbruch gefeiert. Andererseits rufen sie Ängste hervor. Was bedeuten sie tatsächlich für die Gesellschaft? (Seite 14)

3 Editorial

6 Bild des Monats

Die Sonne im Detail

UPDATE

8 Ernährung

Ei ohne Huhn

9 Verkehr

Was passiert mit gestohlenen Fahrrädern?

10 Photovoltaik

Längeres Leben für Solarmodule

13 Mythos des Monats

Gehirnzellen regenerieren nicht

TITEL

14 Generative KI

Wie große KI-Modelle unsere Gesellschaft verändern

26 ChatGPT-Quiz

Keiner wird Millionär



Podcast

Der Schweizer Umweltchemiker Martin Scheringer ist PFAS-Experte und erklärt, weshalb ein geplantes EU-Verbot wichtig ist, obwohl die Fluorchemikalien so viel können.



28 KI in Europa

Kristian Kersting über ungehobenes Potenzial

32 Pharmakologie

Neue Medikamente durch KI

38 ChatGPT-Parodien

Was Goethe über Gasthermen dachte

40 Intelligenz

Steckt Geist in der Maschine?

46 KI-Regulierung

ChatGPT reißt europäische Gräben auf

50 ChatGPT-Dichtung

Rap-Battle mit KI

52 Ethik

Wie erziehe ich eine KI?

REPORT

59 Kolumne

Von digitalem Papier und falschen Debatten

60 Photovoltaik

Verschenkter Platz auf großen Hallen

66 Déjà-vu

Kurze Karriere für alternative Kraftstoffe

ARCHÄOLOGIE • Jarrod Burks findet mit seinem Magnetometer Spuren der Vergangenheit im Untergrund (Seite 76)



© Copyright by Heise Medien.

„Menschen sind letztendlich auch nur Black Boxen. GPT-3 zu untersuchen, war also prinzipiell nichts anderes.“

Eric Schulz, Psychologe am Max-Planck-Institut für biologische Kybernetik in Tübingen (Seite 43)



PROTHESEN • Medizintechnik wird zu Kunst, wenn das Modell Kelly Knox auftritt. In ihre Armprosethese ist ein Metronom eingearbeitet, das sich mit ihrem Herzschlag synchronisiert (Seite 86)

- 68 Biotechnologie**
CRISPR gegen Insektenplagen
- 74 Experte in 5 Minuten**
PFAS: Glatt, global, gefährlich
- 76 Archäologie**
Elektromagnetische Signale aus der Vergangenheit
- 81 Jubiläum**
Der Siegeszug der Jeans
- 82 Tierversuche**
Aus für die Labormaus?
- 86 Prothesen**
Upgrades für den Körper



MIT Technology Review ist die unabhängige deutsche Ausgabe des gleichnamigen Magazins vom Massachusetts Institute of Technology MIT.

DOSSIER

93 Greentech

Marktplätze für grüne Ideen, Produkte für nachhaltigen Konsum

REVIEW

103 Ausprobiert

Die App Artifact verbindet Newsfeed mit Social Media

104 Hardware

Analogkamera wird digital, Perlenohrringe als Kopfhörer, Plug-in-Wohnmobil

108 Medien

Marc Elsbergs *Celsius*, Klassiker *The Coming Technological Singularity* neu gelesen

110 Meinung Städtebau

Das absurdste Bauprojekt aller Zeiten

112 Meinung Chemikalienverordnung

REACH auf der langen Bank

114 Der Futurist

Cyrano_de_GPT

RUBRIK

99 Impressum

106 Technologiezentren

„Ich erwarte nicht, dass von heute auf morgen ein Medikament in die Zulassung gelangt, das gänzlich ohne Tierversuche getestet wurde.“

Natascha Drude, QUEST Center for Responsible Research an der Berliner Charité (Seite 85)

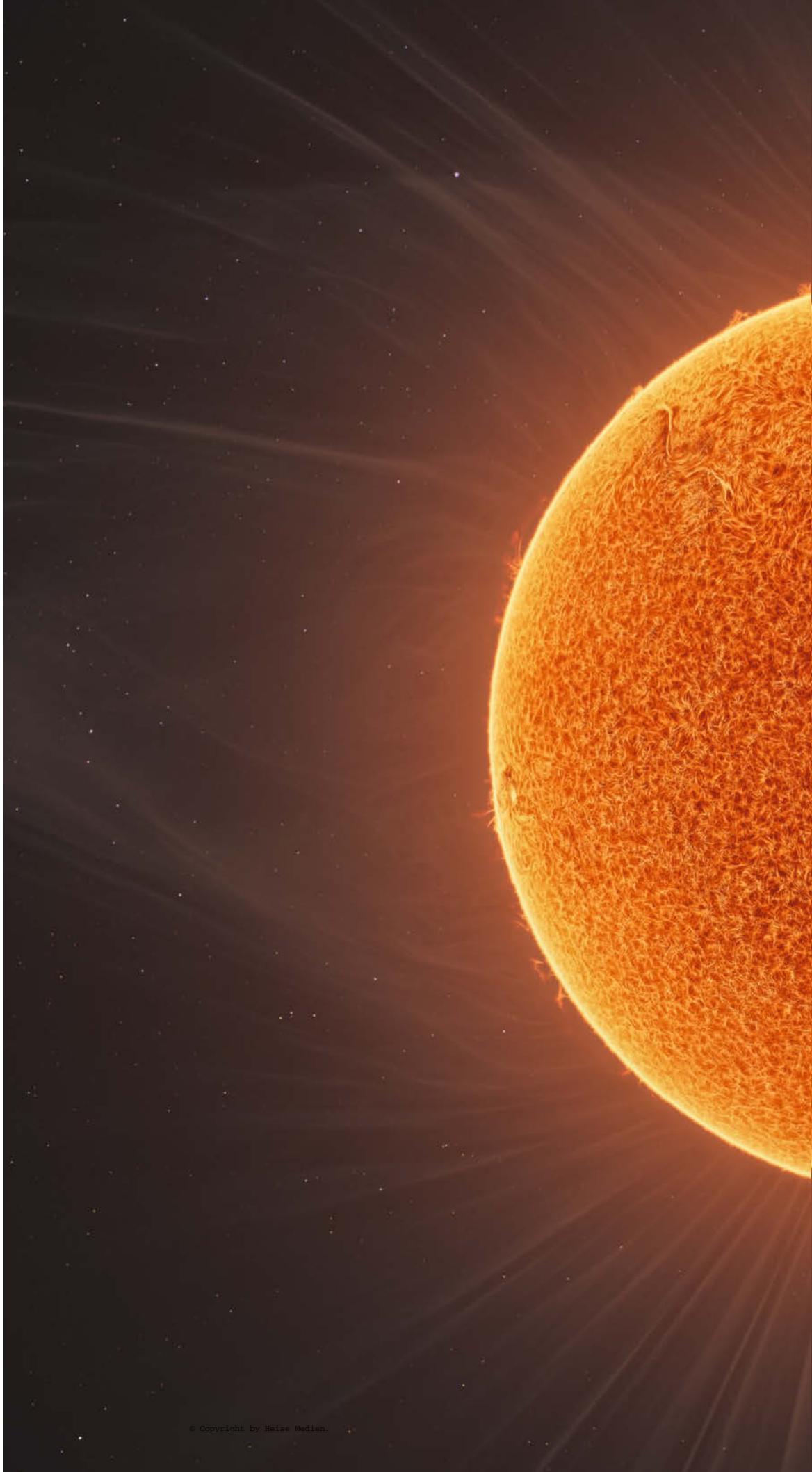
BILD DES MONATS

Feuersturm

Ein Feuerball, auf dem Plasma-Tornados tobten – so wild und wunderbar zeigte sich unsere Sonne im Frühjahr den Astronomen der Welt.

Dem Astrofotografen Andrew McCarthy gelang es, einen gewaltigen Plasma-Sturm (rechts oben) auf der Sonnenoberfläche einzufangen. Der Tornado baute sich über drei Tage auf und wuchs – bevor er am 18. März wieder in sich zusammenfiel – auf 160 000 Kilometer Höhe an. Das entspricht etwa einem Drittel der Entfernung zwischen Erde und Mond.

Aus 90 000 Fotos montierten McCarthy und sein Freund Jason Guenzel anschließend dieses Bild der Sonne mit 140 Millionen Pixeln. Es zeigt unseren Stern so detailliert wie nie zuvor: das Meer aus züngelnden Wasserstoffflammen, die wilden Eruptionen, die Aura aus elektromagnetischen Feldern und – natürlich – den Tornado.







waren während des Trainings des Sprachmodells GPT-3 für die Kühlung der Rechenzentren nötig, schreiben Forschende der University of California in Riverside in einem aktuellen Preprint-Paper. Bei jeder Unterhaltung mit ChatGPT, die durchschnittlich zwischen 20 und 50 Fragen umfasst, gehe ein guter halber Liter Trinkwasser drauf, schätzen die Forscher.

ERNÄHRUNG

Ei ohne Huhn

Die Lebensmitteltechnologin Verónica García-Arteaga hat am Fraunhofer-Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung ein veganes Ei entwickelt, das sich wie das natürliche Vorbild verarbeiten lässt. „Das Eigelb enthält Pflanzenproteine, beispielsweise aus Erbsen oder Ackerbohnen, Süßkartoffeln, Karottenextrakt, Beta-Carotin, hochwertige Omega-3-Fettsäuren und Kalzium“, sagt García-Arteaga. Hydrokolloide, die auch in Bubble Teas vorkommen, bilden die Dotterhaut.

Im Eiklar stecken wasserreiche Hydrogele aus Polysacchariden sowie Proteine, die sich zu einem Gel vernetzen. Die Mischung wird beim Kochen fest und weiß. Für den typischen Eiergeschmack sorgt eine Prise Schwefel. Bei einer Blindverkostung von Muffins und Quiche, die mit diesem Eiersatz zubereitet wurden, konnten 85 Prozent der Testesser die Produkte mit nachgeahmtem Ei nicht vom Original unterscheiden.

Die Schale schließlich besteht aus Kalziumkarbonat und einem Biokunststoff, den Bakterien produzieren. Damit Eigelb und Eiklar die gewünschte Grenzfläche bilden, werden sie nach einem ausgetüftelten Protokoll durch ein Loch in die Schale eingefüllt. Eine Maschine dafür sei schon in Auftrag gegeben, sagt García-Arteaga.

Mit ihrem Berliner Start-up Neggst Foods will sie Ende 2023 die ersten Eier auf den Markt bringen. Sie sollen nur wenige Cent teurer werden als Bio-Eier. Eidotter und Eiklar im Glas, ohne Schale, verkauft das Start-up bereits an Restaurants. – Andrea Hoferichter



Auch als Spiegelei lassen sich die veganen Eier von Neggst kaum vom Original unterscheiden.

© Copyright by Heise Medien.

INFOTECH

Fenster für besseren Empfang

Viele Fenster in Zügen und Gebäuden sind mit einer hauchdünnen, wärmedämmenden Schicht versehen, die Funkwellen abschirmt. Forschende des Fraunhofer-Instituts für Solare Energiesysteme haben nun einen Weg gefunden, die Durchlässigkeit für Funkwellen zu verbessern und die Wärmedämmung gleichzeitig weitgehend zu erhalten.

Das Team um Thomas Kroyer fokussierte sich auf den Frequenzbereich zwischen 0,5 und 3,7 Gigahertz, der von Mobilfunk, WLAN und Navigationssystemen genutzt wird. Die Forschenden entfernten aus der isolierenden Schicht mit einem Laser 50 Mikrometer breite Streifen in einem Abstand von jeweils zehn Millimetern. Dieses mit bloßem Auge kaum erkennbare Gittermuster reichte aus, um etwa den LTE-Download um den Faktor 60 zu beschleunigen. Die Durchlässigkeit für Wärmestrahlung nahm dagegen nur um ein Zehntel Watt pro Quadratmeter und Kelvin zu.

Für Gebäude mit Wärmeschutzverglasung bieten die Glaswerke Arnold und Isophon Glas das Produkt bereits auf dem Markt an. Künftig könnte auch die Autobranche von diesen Funk-Fenstern profitieren. – Jan Oliver Lofken

Foto: Shutterstock



Gestohlene Fahrräder in Amsterdam bleiben meist in der Stadt.

VERKEHR

Gestohlenen Fahrrädern auf der Spur

Was passiert mit gestohlenen Fahrrädern? Um das herauszufinden, hat ein Forschungsteam des MIT Senseable Lab und der TU Delft hundert gebrauchte Fietsen mit digitalen Trackern versehen und in Amsterdam abgestellt. Innerhalb eines halben Jahres wurden 70 Räder gestohlen. „Die meisten davon bleiben vor Ort, statt in andere Städte oder ins Ausland gebracht zu werden“, sagt Projektmitarbeiter Titus Venverloo. Viele Räder wurden offenbar schon kurz nach dem Diebstahl wieder im Alltag genutzt. Bei einem Drittel deuteten Bewegungsmuster auf organisierte Banden hin. Drei bis fünf Prozent landeten bei Händlern (heise.de/s/q6eO).

„In Amsterdam werden Räder grundsätzlich gestohlen, egal in welchem Zustand“, sagt Venverloo. „Dazu kommt, dass hier offenbar auch jeder gestohlene Räder kauft.“ Eine weitere Ursache der zahlreichen Diebstähle: An vielen Stellen, etwa am Hauptbahnhof, lassen sich die Räder kaum anschließen.

In anderen Städten würde man ähnliche Ergebnisse finden, glaubt Venverloo. „Bei teureren Rädern wie E-Bikes würde ich aber erwarten, dass diese weiter wegtransportiert werden.“ – Gregor Honsel

Bilder, die Geschichte machten



Eine Bilanz von
Guido Knopp

5 Bilder, die Geschichte schrieben

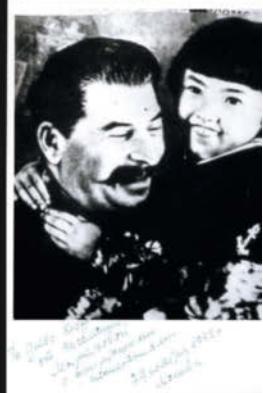


Diese wurden einmalig von NIFTEE in Zusammenarbeit mit dem Historiker **Guido Knopp** mit persönlichen Widmungen auf der Blockchain als digitale Assets verewigt. Darunter sind u. a. Buzz Aldrin, Fritz Walter und das Mädchen aus Vietnam Kim Phuc.

Werden Sie selbst Teil der Geschichte, indem Sie die digitalen Unikate erwerben – als Beginn Ihrer digitalen Sammlung ohne spezielle Vorkenntnisse und mit üblichen Zahlungsmethoden.

Wenn Sie mehr über die Technologien der Zukunft wissen wollen und wie diese auch für historische Themen interessant sein können besuchen Sie uns auf niftee.eu

NIFTEE



PHOTOVOLTAIK

„Recycling ist nur die drittbeste Lösung“

Was passiert mit ausgedienten Solarmodulen? Experte Thomas Fischer erklärt, wie das Recycling besser organisiert werden kann.

Fallen schon relevante Mengen an gebrauchten Solarmodulen an?

Im Moment ist das noch nicht so viel. Im Jahr 2020 wurden in Deutschland etwa 15 400 Tonnen Elektroschrott aus Photovoltaikanlagen verzeichnet. Aber 2050 werden es Hochrechnungen zufolge vier Millionen Tonnen sein. Zum Vergleich: die Gesamtmenge Elektroschrott beträgt hierzulande schätzungsweise 1,8 Millionen Tonnen pro Jahr. Da rollt also eine gewaltige Welle auf uns zu.

Was sollte mit den ausrangierten Modulen geschehen?

Auf der obersten Stufe steht erst einmal die Abfallvermeidung. Solarmodule sollten so konzipiert werden, dass sie eine möglichst lange Lebensdauer haben. Auch wenn sie beschädigt sind und repariert werden können, sollten sie weiter genutzt werden. Das klassische Recycling, also die Module zu zerstören, um die Materialien wiederzugewinnen, kommt erst auf der dritten Stufe.

Bisher wird die mögliche Lebensdauer der Module nicht ausgeschöpft?

Es kommt durchaus vor, dass sie das Ende ihrer eigentlichen Haltbarkeit von 20 bis 30 Jahren nicht erleben, zum Beispiel beim sogenannten Repowering. Oft werden funktionsfähige Module durch effizientere Modelle ersetzt und dann im schlimmsten Fall entsorgt. Das Problem wird dadurch verschärft, dass die Sammlung ausgemusterter Anlagen in Deutschland schlecht organisiert ist.

Wo hakt es denn?

Verbraucher können haushaltssubliche Mengen gebrauchter Solarmodule zum Wertstoffhof bringen. Allerdings



Thomas Fischer leitet den Bereich Kreislaufwirtschaft der Stiftung Deutsche Umwelthilfe (DUH).

werden die Module in der Regel nicht nach unterschiedlichen Typen separiert und es findet keine Prüfung auf Wiederverwendung statt. Selbst intakte oder reparable Module werden dabei oft so beschädigt, dass am Ende wirklich alles Schrott ist. Die Erfassung über die Wertstoffhöfe ist eine Katastrophe.

Und wie ist die Lage im gewerblichen Bereich?

Bei Geräten, die vor 2015 installiert wurden, sind die Eigentümer für die Entsorgung verantwortlich. Dann werden Module gerne mal irgendwo auf die grüne Wiese gelegt, in die Scheune gepackt oder illegal exportiert. Für Module nach 2015 müssen die Hersteller „zumutbare“

Rückgabemöglichkeiten zur Verfügung stellen. Aber was heißt zumutbar? Das ist ein undefinierter Rechtsbegriff. Und je nach Hersteller läuft das dann mehr oder weniger gut.

Wie könnte es insgesamt besser laufen?

Schon bei der Produktion muss Reparatur und Recycling mitgedacht werden. Deshalb ist es zu begrüßen, dass die EU-Kommission gerade eine Initiative zur Regulierung von Photovoltaikprodukten gestartet hat. Außerdem gilt es, Schadstoffe wie Blei und Cadmium zu minimieren. Wenn PV-Module in afrikanische Länder, Afghanistan oder Pakistan exportiert werden, kann man davon ausgehen, dass es dort keine geeignete Entsorgung gibt.

Aber eigentlich ist es doch gut, wenn Solarmodule weitergenutzt werden, auch wenn das im Ausland passiert.

Natürlich ist das durchaus zu begrüßen. Die Module spielen dort auch mit einer geringeren Effizienz ihre Stärken noch aus, weil zumeist eine viel intensive Sonneneinstrahlung herrscht. Nur was eben auch berücksichtigt werden muss, ist das spätere Entsorgen.

Und was kann helfen, die Photovoltaik in Sachen Kreislaufwirtschaft hierzulande auf den richtigen Weg zu bringen?

Es sollten nutzerfreundliche und flächendeckende Rückgabemöglichkeiten geschaffen werden. Und die Behörden müssten verstärkt kontrollieren, ob Eigentümer von Panels, die vor 2015 installiert wurden, tatsächlich ihren Entsorgungspflichten nachkommen. Helfen würden auch einheitliche Standards zur Funktionsprüfung. Eine Möglichkeit der Wiederverwendung ist außerdem, für einen geringen Betrag gebrauchte Module Universitäten, Schulen oder gemeinnützigen Organisationen zur Verfügung zu stellen. – Interview: Andrea Hoferichter

GESUNDHEIT

Mit KI zum Nichtraucher

Viele Menschen greifen vor allem durch sozialen Druck oder Routinen getriggert zur Zigarette. Wer mit dem Rauchen aufhören will, für den sind diese Situationen besonders herausfordernd. Die KI-basierte App Quit Sense macht sich das noch junge psychologische Prinzip der „Just-in-Time Adaptive Interventions“ (JITA) zunutze: Es bietet maßgeschneiderte Unterstützung in Triggersituationen. Dazu greift die App auf Echtzeitdaten zu, um Rückschlüsse auf den emotionalen, sozialen und physischen Zustand einer Person zu ziehen.

Um die KI mit dem persönlichen Raucher-verhalten zu trainieren, vermerken Nutzende im Vorfeld der Abgewöhnung, wenn sie sich eine Zigarette anzünden, inklusive Hinweisen über Stimmung („gestresst“) und Kontext („Arbeit“). Per GPS zeichnet die App zusätzlich den Ort auf. Wer anschließend angibt, mit dem Rauchen aufhören zu wollen, wird immer dann gewarnt, wenn ein mutmaßlicher Trigger bevorsteht. Die App meldet sich dann mit Nachfragen oder unterstützenden Nachrichten.

Bei einer Studie mit 209 Rauchenden schafften es mit Quit Sense viermal so viele Menschen, mit dem Rauchen aufzuhören, wie in einer Kontrollgruppe (heise.de/s/OZ6k). – Eike Kühl

MEDIZIN

Alkoholabbauendes Enzym verlängert Leben

Würmer, die mehr alkoholabbauende Enzyme produzieren als ihre Artgenossen, leben nicht nur um 50 Prozent länger, sondern bleiben dabei auch länger gesund. Das berichten Forschende um Eyleen Jorgelina O'Rourke von der University of Virginia (heise.de/s/rlb5). Sie regelten bei Laborwürmern der Spezies *C. elegans* die Aktivität des Gens hoch, das die sogenannte Alkohol-Dehydrogenase-1 (ADH-1) produziert. Dieses baut nicht nur verschiedene Alkohole ab, sondern auch das beim Fettabbau entstehende Zellgift Glycerin.

Bisher achteten Ärzte etwa beim jährlichen Gesundheitscheck nur auf die Fettsäuren im Blut. Künftig sollten sie wohl auch das Glycerin im Auge behalten. Denn mit fortschreitendem Alter produziert der Körper oft weniger ADH-1, während gleichzeitig das Körperfett zunimmt.

O'Rourkes Team untersuchte die Aktivität des ADH-1-Gens bei Ratten, Rhesusaffen und Menschen. Dabei fanden sie heraus, dass es bei einer kalorienreduzierten Diät besonders aktiv ist. „Wir beweisen damit nicht, dass dieses Enzym die Lebensspanne verlängert“, stellt die Forscherin klar. „Aber unter den Bedingungen, die die Lebensspanne verlängern, ist es aktiv.“

Eine bisher beobachtete Nebenwirkung bei genetisch veränderten Tieren ist allerdings, dass die Anzahl der Nachkommen sinkt. Das müsse noch weiter untersucht werden, so O'Rourke. Zurzeit sucht das Team nach Investoren für die nächste Forschungsstufe. – Veronika Szentpétery-Kessler

ENERGIE

Perowskit-Solarzellen auf Folie

Hocheffiziente Perowskitzellen gelten seit Jahren als große Hoffnung der Solarbranche. Forschende der Swansea University in Wales haben nun ein Verfahren entwickelt, solche Zellen von Rolle zu Rolle („R2R“) zu drucken (heise.de/s/LNY5). Projektleiter Trystan Watson bezeichnete das Verfahren als „großen Schritt hin zu einer Kommerzialisierung“. Schlüssel dazu sei die Entwicklung einer preiswerten Tinte auf Kohlenstoff-Basis, die herkömmliche Gold-Elektroden ersetzt. Die Tinte trocknet als dünner Film, ohne ihre Trägerschicht zu beschädigen. Aufgedruckt auf eine 20 Meter lange Folie, betrug der Wirkungsgrad 10,8 Prozent. Das ist zwar weniger als die Hälfte handelsüblicher Silizium-Module, aber wenn sich die Folien so einfach und preiswert herstellen ließen wie etwa Chipstützen, könnten sie auch großflächig dort eingesetzt werden, wo es für klassische Module schwierig wird – etwa auf gebogenen Oberflächen.

„Das Konzept der R2R-produzierten Perowskitsolarzellen ist an sich keine Neuigkeit“, sagt Markus Kohlstädt, Perowskit-Experte am Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme. Die Innovation liege darin, die teure Metallelektrode durch eine Graphitelektrode ersetzt zu haben, die sich bei normalem Druck und ohne hohe Temperaturen aufbringen lasse. Der nächste Schritt sei es nun, mit dem Prozess auch größere Zellen herzustellen. – Gregor Honsel



David Beynon (li.) und Ershad Parvazian von der Swansea University prüfen einen Abschnitt der frisch gedruckten Perowskitsolarzellen.

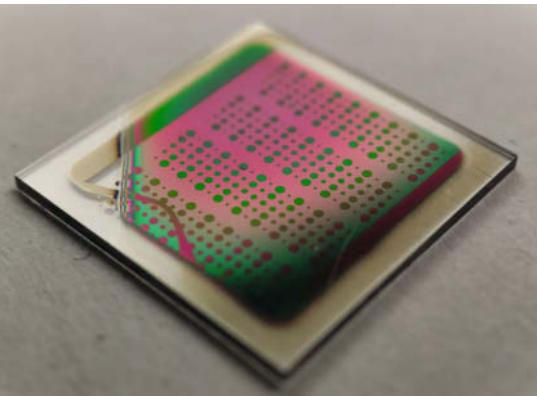
BATTERIEN

Sauerstoff statt Lithium

Statt mit Lithium lässt sich Strom auch mit Sauerstoff speichern. Eine Sauerstoff-Batterie haben Forschende der TU Wien nun entwickelt (heise.de/s/AQoO). Dazu nutzten sie hitzefeste keramische Elektroden, beispielsweise aus Lanthan-, Strontium- und Eisenoxiden. Zwischen den Elektroden wandern doppelt negativ geladene Sauerstoff-Ionen hin und her. Beim Entladen werden sie in der Keramikelektrode eingelagert und geben dabei je Atom zwei Elektronen für einen nutzbaren Stromfluss ab. Ein erster Prototyp erreichte eine Energiedichte von etwa 140 Wattstunden pro Liter. Das entspricht rund einem Drittel aktueller Lithium-Ionen-Akkus.

Ein Vorteil dieses Stromspeichers ist seine potenziell extrem lange Lebensdauer: Geht Sauerstoff durch Nebenreaktionen verloren, kann er einfach aus der Umgebungsluft ersetzt werden. Zudem besteht weder Brandgefahr noch Bedarf an kritischen Rohstoffen wie Kobalt oder Nickel. Selbst das derzeit noch nötige Lanthan hoffen die Forscher durch optimierte Keramiken ersetzen zu können.

Für einen mobilen Einsatz in Smartphones oder E-Autos ist die Energiedichte allerdings zu gering. Außerdem müssen die Zellen bei 200 bis 400 Grad Celsius betrieben werden. Jürgen Fleig und seine Kollegen können sich aber die Anwendung für stationäre Speicher vorstellen, etwa für Wind- oder Solarstrom. – Jan Oliver Löfken



Prototyp der Sauerstoff-Ionen-Batterie

Foto: TU Wien



KÜNSTLICHE INTELLIGENZ

„Gedankenlesen“ mit Stable Diffusion

Dem Ziel, durch KI Gedanken aus Gehirnscans auszulesen, ist ein japanisches Forschungsteam nun einen Schritt näher gekommen (heise.de/s/YeOQ).

Wenn Menschen ein Foto betrachten, registrieren ihre Schläfenlappen dessen Inhalt, die Okzipitallappen verarbeiten vor allem Layout und Perspektive des Fotos. Die Forschenden erfassten diese Hirnaktivitäten mittels funktioneller Magnetresonanztomografie. Mit den Ergebnissen fütterten sie mit Bildern und dazugehörigen Scans trainierte Modelle. Aus den Daten der Okzipitallappen erzeugten sie eine Bilddatei, aus denen der Schläfenlappen Text. Bild und Text nutzten sie anschließend als Input für die Bilderzeugungs-KI Stable Diffusion.

Die erzeugten Bilder weisen eine verblüffende Ähnlichkeit zu den Vorlagen auf. Die Forschenden hoffen, so Träume oder die Realitätswahrnehmung von Tieren besser zu verstehen. Allerdings müsste die KI individuell trainiert werden. – Wolfgang Stieler

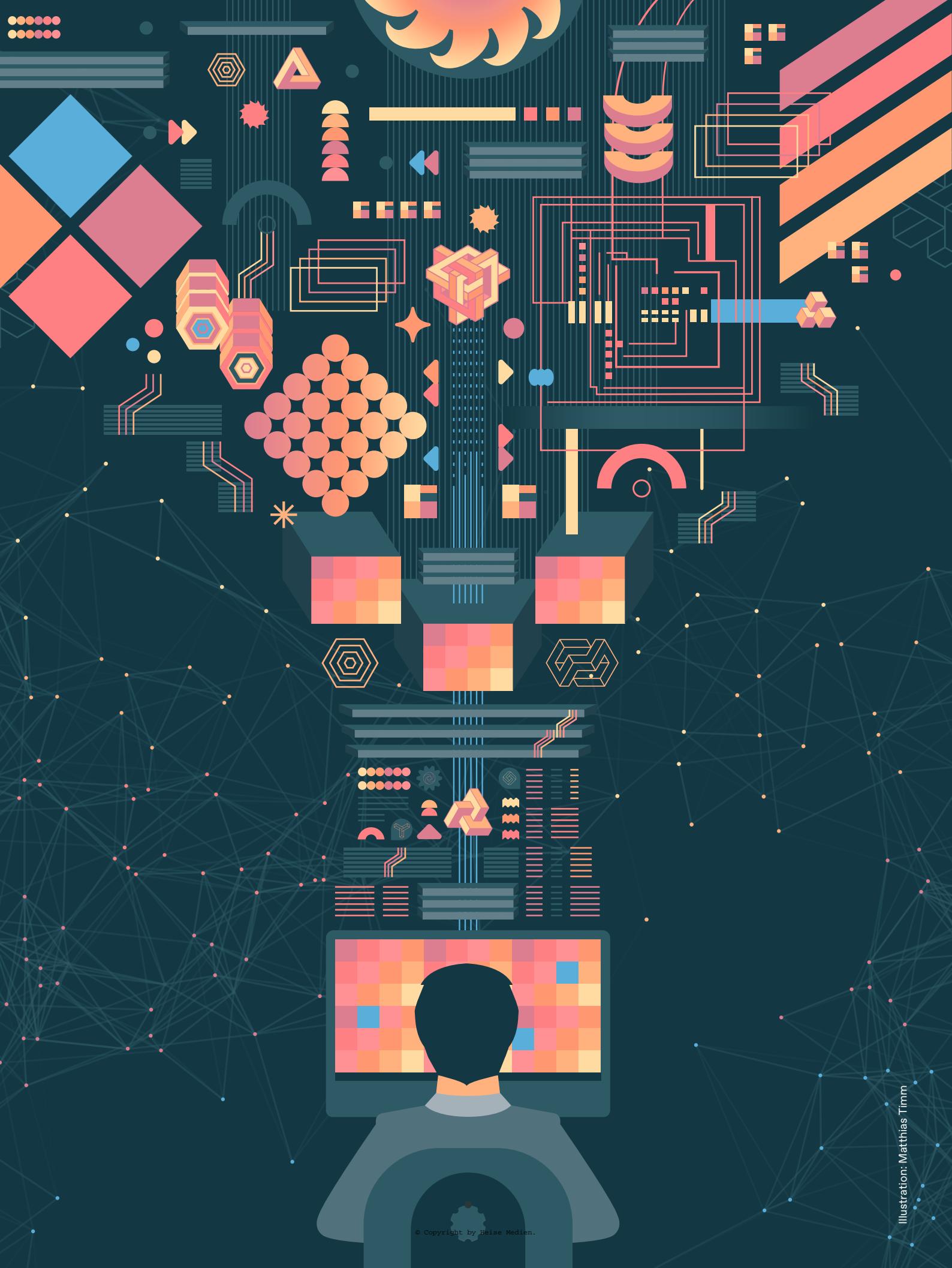
MYTHOS DES MONATS

Gehirnzellen wachsen nicht nach

Früher hieß es, mit der Zahl der Neuronen gehe es nach der Kindheit lebenslang nur noch bergab. Das ist so nicht richtig. Zwar werden schon im Embryo 80 Prozent der entstandenen Nervenzellen wieder abgebaut. Und mit drei Jahren haben Kinder etwa doppelt so viele Synapsen – also Verbindungen zwischen den Neuronen – wie Erwachsene. Lernen heißt also meist nicht, neue Verknüpfungen zu erstellen, sondern überflüssige abzuschaffen.

Trotzdem bildet auch das erwachsene Gehirn ununterbrochen neue Nervenzellen, wie eine im Fachmagazin *Cell* veröffentlichte Studie zeigt (heise.de/s/2X6j). Doch die nachgewachsenen Neuronen können abgestorbene nicht vollständig ersetzen, denn unser Wissen steckt nicht in den Zellen, sondern in den Verbindungen zwischen ihnen. „Stirbt eine Zelle ab, gehen auch ihre Verbindungen verloren“, so die Internetseite NeuroNation.com (heise.de/s/zmOm). Die neuen Zellen müssen erst wieder angeleert werden. – Gregor Honsel





Alles KI

Von ihren Schöpfern wird generative KI als technischer Durchbruch gefeiert, der „alles“ verändert. Aber was heißt das genau? – Eva Wolfangel

Manche Dinge dauern etwas länger: 2009 stellte Microsoft seine Suchmaschine Bing vor. Das erklärte Ziel: Die Dominanz von Google auf dem Suchmaschinenmarkt zu brechen. Das Vorhaben scheiterte. 14 Jahre später, am 7. Februar 2023, nahm der Konzern erneut Anlauf. Und diesmal könnte das scheinbar unerschütterliche Monopol Googles tatsächlich ins Wanken geraten.

Ohne die enormen Fortschritte in der generativen KI in den letzten Monaten, die vor allem durch ChatGPT angestoßen wurden, wäre diese Entwicklung kaum möglich. Fast täglich gibt es neue KI-Tools, verbesserte Versionen von Sprachmodellen und kreative Ideen, was mit generativen KI-Systemen für Text, Bild, Video und Audio möglich ist. Viele Bereiche wie die Kreativwirtschaft, das Marketing oder die Bildung werden von diesen neuen Werkzeugen und Möglichkeiten geradezu überrollt.

Und Google, der einstige KI-Pionier in der Tech-Branche, ist dabei, ein wenig ins Hintertreffen zu geraten. Denn was Microsoft im Februar ankündigte, ist tatsächlich eine kleine Revolution der Internetsuche: Auf der Basis von OpenAIs Sprachmodellen beantwortet Bings neue Chatfunktion Anfragen in Form kurzer, zusammenhängender Texte. Ähnlich wie ChatGPT erlaubt die Software dabei auch Nachfragen und lässt sich auf Diskussionen ein. Anders als ChatGPT verlinkt der Chatbot aber auch die jeweiligen Webseiten, auf denen er die Antworten gefunden hat. Zwar hatten zuvor bereits Start-ups wie Neeva und You.com KI-gestützte Suchmaschinen online gebracht. Aber die Kombination

aus dem Sprachmodell von OpenAI, in das Microsoft kräftig investiert hatte, und Microsofts geballter Marktmacht – die neue Chatfunktion ist in den Windows-Standardbrowser Edge integriert – brachte Bing kräftig nach vorne.

Wenn solche interaktiven Möglichkeiten der Suche gut funktionieren, werde das klassische Google bald der Vergangenheit angehören, prognostiziert Hannah Bast, Professorin für Algorithmen und Datenstrukturen an der Universität von Freiburg: Schließlich sind derart komplexe Suchen bisher viel aufwendiger. „Es gibt durchaus Probleme, die besser im Gespräch zu klären sind“, sagt die Suchmaschinenexpertin, die beispielsweise interaktiv mit ChatGPT Programmiercode verbessert hat. Das seien sehr konkrete Probleme gewesen, die sich auf ihren Code bezogen haben und sicher noch nie genau in der Form gegoogelt wurden. Mit klassischer Suche sei sie in diesem Fall nicht weitergekommen.

Platzhirsch Google führt seine KI-Suche dennoch vorsichtig ein. Bisher ist eine Testversion von Bard nur in den USA und Großbritannien verfügbar. Was Google am 6. Februar 2023 über sein neues, noch nicht öffentliches Sprachmodell Bard bekannt gab, klingt jedoch wie eine Fortführung des im Mai 2021 vorgestellten MUM. Das Sprachmodell soll „Erkenntnisse für Fragen zusammenfassen, auf die es keine einzige richtige Antwort gibt“ – zum Beispiel Fragen beantworten wie „Ist es einfacher, Gitarre oder Klavier zu lernen?“ oder „Ich war auf dem Mount Adam, jetzt will ich den Mount Fuji beste-

Große
Sprachmo-
delle sind
die Botnetze
der Zukunft.

In vielen Branchen werden künftig weniger Menschen mehr Output produzieren.

gen, wie muss ich mich im Unterschied zu Ersterem vorbereiten?“. Das Modell war in 75 verschiedenen Sprachen trainiert worden und sollte die Googlesuche verändern, indem es den Hintergrund des Gefragten besser verstand.

DER AUTOMATISCHE HELFER

Microsoft will die großen Sprachmodelle jedoch nicht nur in der Internetsuche, sondern vor allem als Produktivitätsbooster vermarkten. Das scheint ein kluger Zug zu sein, denn an Bing und Co. lässt sich gut beobachten, welche technischen Probleme die „interaktive Suche“ noch plagt: Damit die Funktion wirklich nützlich ist, müssten die Antworten verlässlich sein – sie dürfen nicht unabsichtlich oder absichtlich in die falsche Richtung weisen. Das ist aber noch lange nicht der Fall.

Microsoft verspricht indes nicht weniger, als „the most powerful productivity tool on the planet“ zu liefern: das mächtigste Produktivitätswerkzeug der Welt. Ein Werbevideo von Microsoft zeigt, wie die wunderbare Zukunft mit großen Sprachmodellen (LLMs) aussieht: Copilot, so heißt das neue Tool, bereitet den Nutzer auf ein Meeting vor, indem es die aktuellen Ereignisse aus anderen Quellen zusammenfasst und auflistet, es erstellt eine Produktankündigung auf Basis von Word- und Powerpoint-Dokumenten des Nutzers sowie eine Präsentation mithilfe einer Pressemitteilung, und es gibt Projekte per E-Mail frei.

Die Vision aus dem Microsoft-Werbefilm ist durchaus realistisch, sagt Albrecht Schmidt: „Die Effizienz von Arbeitsvorgängen wird massiv erhöht“, prophezeite der Professor für Mensch-Maschine-Interaktion an der Münchener

LMU. Gerade Büroarbeit werde sich deutlich beschleunigen. „Alles, was ich am Bildschirm bearbeiten kann und was repetitiv ist, kann die KI schneller.“ Das betreffe auch das Programmieren: Er selbst sei nur ein mäßiger Programmierer, habe aber kürzlich ein Programm gemeinsam mit ChatGPT geschrieben, mit dem er Daten für ein Projekt auswerten wollte. Das Programm sei in zehn Minuten fertig gewesen, „ohne ChatGPT hätte ich drei Stunden gebraucht“.

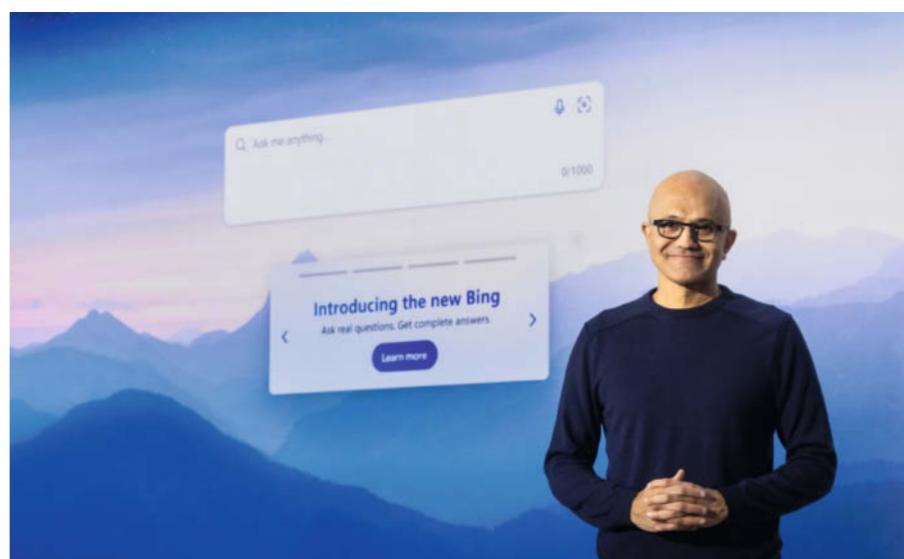
Das bedeutet aus seiner Sicht, dass Menschen zwar nie ganz aus der Gleichung genommen werden, aber dass in vielen Branchen künftig weniger Menschen mehr Output produzieren können. Dadurch werde es eine Konzentration auf wenige, höher qualifizierte Jobs geben – letztlich werden das unter anderem jene sein, die dafür sorgen, dass die KI einen guten Output liefert, indem sie zum Beispiel Prompts entwickeln. „Prompt Engineering ist eigentlich Programmieren in natürlicher Sprache“, so Schmidt. „Die Frage ist: Wie gut kann ich ausdrücken, was ich will?“ Relativ sicher seien zudem Berufe, die nicht zeitlich und örtlich unabhängig sind und die nicht am Bildschirm stattfinden – soziale Berufe beispielsweise, also jene, die aktuell gesellschaftlich wenig Wertschätzung erfahren.

STEIGENDER BEDARF

Wie sich der Effizienzgewinn durch KI-Sprachsysteme auf die Arbeit auswirkt, hat eine Branche bereits erlebt: die der Übersetzer. Durch Dienste wie Google Translate oder DeepL wurde deren Arbeit in den vergangenen Jahren sehr viel effizienter – zu Arbeitslosigkeit habe das aber bisher nicht geführt, sagt Oliver Czulo, Übersetzungswissenschaftler an der Universität Leipzig.

Zum einen, weil qualifizierte Übersetzer weiterhin gebraucht werden: „In der Übersetzung arbeiten wir mit Risiko- und Hochrisiko-Texten“, sagt Czulo,

Microsoft-CEO Satya Nadella preist Bing mit KI-Chatfunktion im Februar 2023 als „Neuerfindung der Internetsuche“ an.



© Copyright by Heise Medien.

Wir schreiben Zukunft.



35 %
Rabatt

2 Ausgaben MIT Technology Review
als Heft oder digital
inklusive Prämie nach Wahl

mit-tr.de/testen

beispielsweise vor Gericht oder auch im Chemie- oder Medizinbereich, und hier müsse man sich natürlich darauf verlassen, dass die Übersetzung richtig ist. „Systeme wie DeepL neigen aber zum Halluzinieren“, sagt er: Das bedeutet, diese interpretieren manchmal zu frei, was gemeint sein könnte – und liegen dann auch mal daneben. „Wer übernimmt dann die Verantwortung?“ In solchen Bereichen könne deshalb nicht auf Menschen verzichtet werden – und das spürt Czulio auch: Der Beruf sei alles andere als am Aussterben, viele seiner Studierenden würden bereits vor dem Abschluss abgeworfen.

Zum anderen führt der Effizienzgewinn auch dazu, dass Texte übersetzt werden, die vorher nicht übersetzt wurden – weil es nun leistbarer ist. Das Projekt Translate Science beispielsweise nutzt maschinelle Übersetzungen wissenschaftlicher Texte als Vorlagen, die Freiwillige dann weiterbearbeiten, um den Wissenstransfer anzutreiben. Zudem werden viel mehr Filme im Internet mit Untertiteln versehen – teilweise automatisiert und nicht in bester Qualität, aber so werden diese verständlich für ein Nischenpublikum, für das sich vorher keine Übersetzung gelohnt hat. Etwas Ähnliches prognostiziert Albrecht Schmidt für die Entwicklung von Software, wenn das Programmieren dank der Unterstützung großer Sprachmodelle viel effizienter wird – so wie er es selbst erfahren hat: „Wenn ich vorher 500 Nutzer gebraucht habe, damit sich eine Software lohnt, reichen dann 50.“ Es werden also dank der gestiegenen Produktivität Dinge entstehen, die es vorher nicht gab, weil sie nicht wirtschaftlich waren.

Eine ähnliche Entwicklung zeigt sich auch bei der maschinellen Spracherzeugung: Textgeneratoren verändern schon seit Jahren die Marketing- und Customer-Service-Branche. So sind Produktbeschreibungen bei Onlineshops schon heute großteils von Maschinen geschrieben. AX Semantics, einer der Platzhirsche der Branche, betextet beispielsweise Shops von Obi, Daimler, Adidas und Otto – meist ohne dass noch ein Mensch darauf schaut.

AX-Semantics-Gründer Saim Alkan ist selbst Werbetexter, und er hat sich und viele andere durch eine Maschine ersetzt. Doch seiner Beobachtung nach trauert niemand diesen Jobs hinterher, die durch die Automatisierung verloren gegangen sind – weil sie extrem repetiti-

tiv waren. Kürzlich habe sich die Produktexterin eines Kunden bei ihm gemeldet und bedankt: „Die verkaufen allein 28 verschiedene Din-A4-Papiersorten“, sagt Alkan über den Büromittelversender. Jetzt trainiere die Frau die Maschine, was wesentlich interessanter sei als das Betexten beliebig vieler Büroartikel.

Im Fall von AX Semantics sind noch viele Regeln im Spiel, die Unternehmen geben teilweise das Wording vor. Bis-her hat man sich nicht an große Sprachmodelle herangetraut – auch weil diese noch unberechenbar sind. Das müsse aber nicht sein, sagt Jonas Andrulis, Gründer von Aleph Alpha. Das Start-up aus Heidelberg entwickelt selbst große Sprachmodelle und trainiert auf diesen eigene

Der Literat und Philosoph Hannes Bajohr hat keine Angst davor, dass KIs Schriftsteller überflüssig machen.



Albrecht Schmid von der LMU rechnet in Büros mit „weniger, aber höher qualifizierten Jobs“.



© Copyright by Heise Medien.

Konversationsagenten – also eigentlich recht ähnlich wie ChatGPT. „Aber unsere Modelle können jede Aussage mit einer Quelle belegen“, sagt Andrulis.

Die Kunden kommen aus dem juristischen Bereich, aus dem Gesundheitswesen, der Finanzindustrie, der Regierung oder der Verwaltung. So habe etwa die Stadt Heidelberg einen Chatbot von Aleph Alpha beauftragt, der mit den Bürgerinnen interagierte, während ein Dienstleister der Bundeswehr seinen Angestellten helfe, mittels eines Chatbots in der Vielzahl von Vorschriften schnell die richtige Antwort auf ihre Fragen zu finden. Im Gesundheitsbereich arbeiteten Fachleute mit dem Chatbot, um aus Datenbanken verschiedener Diagnosen oder Symptome schnell eingrenzen zu können, welche sie für einen aktuellen Fall brauchten.

FÄLSCHE FREUNDE

Nicht alle Anwendungsentwickler gehen mit der Technologie jedoch verantwortungsvoll um. Manche nutzen auch die Möglichkeit, das Verhalten des Bots über System-Prompts zu beeinflussen, für ihre ganz eigenen Zwecke. Wer etwa mit dem Anxiety-Chatbot auf anxiety.ai über seine Ängste und negativen Gefühle spricht, bekommt neben allgemeinen Tipps auch penetrant ein Nahrungsergänzungsmittel namens Levium empfohlen. Der Bot verweist sogar auf Studien, die angeblich belegen, wie gut das Mittel wirkt – nur leider gibt es diese Studien nicht, der Bot hat sie erfunden.

Tatsächlich lässt sich dem Bot mit etwas Kreativität auch ein versteckter System-Prompt entlocken: Darin steht nicht nur, dass er „warm und unterstützend“ über Angsterkrankungen beraten soll, sondern auch, dass er Levium bewerben soll. Wer den Bot also fragt: „Was hilft gegen Angst?“, bekommt zum Beispiel die Antwort, dass Schlaf, Sport und Ruhe helfen, aber auch das Mittel Levium. Und wer etwas weiter recherchiert, findet heraus, dass die Firma hinter Levium auch den Chatbot betreibt.

Die Möglichkeit, Chatbots auf Basis großer Sprachmodelle mit entsprechenden System-Prompts zu steuern und für eigene Zwecke zu nutzen, ist deren größte Sicherheitslücke. Diese werde für den Cyberangriff der Zukunft ausgenutzt werden, warnt der Sicherheitsforscher Kai Greshake aus Saarbrücken. Denn diese Prompts lassen sich auch auf Websei-



Die KI-Ethikerin Timnit Gebru hat bereits 2020 vor der unkontrollierten Verbreitung großer Sprachmodelle gewarnt. Sie verlor ihren Job bei Google – ansonsten ist nichts passiert.

AUSSER KONTROLLE: DIE RASANTE VERBREITUNG GROSSER SPRACHMODELLE

Bereits 2020, als OpenAI GPT-3 veröffentlichte, befürchteten Experten, dass sich das Modell missbrauchen lässt – zum Beispiel für Desinformation in sozialen Medien (siehe TR 6/21 S.24). OpenAI betonte allerdings, die Gefahr sei beherrschbar, weil nur ausgewählte Kunden einen beschränkten Zugriff auf das Modell bekämen. Schon damals zeichnete sich jedoch ab, dass dieser Zustand nicht von Dauer sein würde. Mittlerweile gibt es eine ganze Reihe großer Sprachmodelle, die frei zugänglich und nicht durch solche Sicherheits- und Filtermechanismen beschränkt sind.

Den Anfang machte die Entwicklergruppe Eleutherai AI. Die Gruppe – ursprünglich ein über Discord organisierter, loser internationaler Zusammenschluss von Software-Entwicklern – konnte mit GPT-Neo (heise.de/s/0Z8z) im März 2021 erstmals eine kleinere Open-Source-Version von GPT-3 vorstellen. Und das internationale Kooperationsprojekt BigScience veröffentlichte 2022 mit Bloom (heise.de/s/nBbg) ein Open-Source-Sprachmodell, das mit 176 Milliarden Parametern genauso groß – und ähnlich mächtig – wie GPT-3 ist.

Während diese Sprachmodelle aber nur auf speziellen Rechnern oder in der Cloud laufen, hat die Veröffentlichung des Sprachmodells LLaMA von Meta Research im Februar 2023 für eine ganz neue Dynamik gesorgt (heise.de/s/2Xm6). Meta wollte das Modell, das mit 30 Milliarden Parametern um einiges schlanker, aber so leistungsfähig wie GPT-3 ist, eigentlich nur an handverlesene Forscher weitergeben. Die Modelldaten kursierten allerdings schnell im Internet, wo sie von Entwicklern so heruntergerechnet wurden, dass LLaMA auch auf handelsüblichen Rechnern läuft – wenn auch im legalen Graubereich.

Schon kurz darauf veröffentlichte eine Forschungsgruppe der Stanford University auf der Basis von LLaMA ein noch kompakteres Sprachmodell namens Alpaca mit sieben Milliarden Parametern. Es schneidet in Tests ähnlich gut ab wie GPT-3 (heise.de/s/xJ84). Auch von diesem Modell gibt es eine abgespeckte Version, die auf handelsüblichen Computern läuft (heise.de/s/r18J). Alpaca ist aber auch die Basis für den Online-Chatbot FreedomGPT, mit dem das Unternehmen Age of AI einen „unzensierten“ Zugang zu KI bereitstellt. Soll heißen, der Bot spricht auch über politisch Unkorrektes, Vorurteile aller Art, Sex, Gewalt – über alle Themen, die bei OpenAI geblockt oder ausgefiltert werden.

Der jüngste Spross aus dieser Linie von LLaMA-Modellen heißt Vicuna-13b und kann in standardisierten Tests in 90 Prozent der Fälle sogar mit GPT-4 mithalten (heise.de/s/MKNL). Mittlerweile gibt es um die 50 mehr oder weniger gut zugängliche Sprachmodelle. Der Geist ist aus der Flasche, und er kommt nie mehr dorthin zurück. – Wolfgang Stieler

Die nächste Stufe sind Sprachmodelle, die über Software-Schnittstellen andere Software aufrufen und deren Ergebnisse verarbeiten können.



Finde den Bot: William Kelley, Grundschüler in Lexington (Kentucky), versucht herauszufinden, ob der Text über die Boxlegende Muhammad Ali von einem Mitschüler oder von ChatGPT verfasst wurde.

ten, in den sozialen Medien oder einer E-Mail verstecken. Greshake hat das selbst demonstriert und die Lücke in einem Paper beschrieben – und der Angriff auf Bing Chat, den er entwickelt hat, funktioniert bis heute (<https://heise.de/s/AQZZ>).

Dabei nutzte Greshake aus, dass der Bing Chatbot Links, die er als Suchergebnis findet, nicht nur auflistet, sondern die Webseiten auch öffnet, um eine Zusammenfassung ihres Inhaltes erstellen zu können. In diesem Fall führt das aber dazu, dass der Chatbot einen dort versteckten Prompt findet und die darin enthaltenen Anweisungen ausführt. Die lauten sinngemäß, dass er die Nut-

zerin überzeugen soll, ihren Namen zu verraten, und dann einen Link kreieren soll, in dem ihr Name versteckt ist. Klickt sie auf diesen Link, wird die Information an den Angreifer übertragen. Das ist zwar nur ein Proof of Concept, aber auf ähnliche Weise könnten unauffällig auch andere – sensible – Informationen gestohlen werden.

Die Angriffsmethode nennt der Sicherheitsforscher „indirect prompt injection“, weil dadurch die ursprünglichen Anweisungen von Microsoft außer Kraft gesetzt werden. Künftige Cyberkriminelle könnten Chatbots auf diesem Weg fernsteuern und für ihre Angriffe ausnutzen.

© Copyright by Heise Medien.

zen. Wenn diese Systeme unsere Kommunikation automatisieren – wie von Microsoft etwa mit dem „Copilot“ geplant –, wächst die Angriffsfläche sogar noch weiter – dann ist der Umweg über einen Link gar nicht mehr nötig: „Dann haben die Systeme viel mehr Möglichkeiten, mit einem Angreifer zu kommunizieren“, sagt Greshake. Indirekte Angriffs-Prompts könnten in eine E-Mail eingebaut werden und sich so viral verbreiten. „Das sind die Botnetze der Zukunft.“

Microsofts Reaktion auf Greshakes Angriff zeigt, dass diese kaum zu verhindern sind: Microsoft hatte behauptet, dass dieser nur in einer frühen Entwicklerversion funktioniere und gestoppt würde, wenn Bing Chat flächendeckend ausgerollt würde. Das ist bis heute nicht gelungen.

Die Stärke der neuen Sprachmodelle ist damit gleichzeitig ihre Schwäche: Weil sie auf natürliche Sprache reagieren, können sie entsprechende Angriffe nicht von legitimen Prompts der Nutzenden unterscheiden – denn sie sind in der gleichen Datenart verpackt: Sprache. Menschen können ihnen so eine „geheime Agenda“ einpflanzen – sei es, um etwas zu verkaufen, Schadsoftware zu verbreiten oder Desinformation. In Kombination damit, dass Forscherinnen bereits festgestellt haben, dass das aktuell leistungsfähigste Sprachmodell GPT-4 besonders bereitwillig Falschmeldungen und Verschwörungserzählungen verbreitet, ist das keine besonders gute Nachricht.

DAS WAHRE UND SCHÖNE

Der lauteste Aufschrei angesichts von ChatGPT kommt allerdings aus zwei Bereichen, die wahrscheinlich weniger unter der KI-Revolution leiden werden, als

AUTONOME AGENTEN

Während große Sprachmodelle nur über Text mit der Außenwelt interagieren, arbeitet OpenAI bereits an der nächsten Stufe: „Application-Integrated LLMs“ sind Sprachmodelle, die über Software-Schnittstellen andere Software aufrufen und deren Ergebnisse verarbeiten können. Bing Chat beispielsweise greift auf das Ergebnis der Bing-Suchmaschine zu. OpenAI hat die Beta-Version einer Reihe solcher Plug-ins veröffentlicht. Das Plug-in Wolfram etwa fragte den Online-Dienst Wolfram Alpha ab, der unter anderem mathematische Probleme lösen kann.

Diese Idee lässt sich noch erheblich erweitern: Koppelt man Sprachmodelle in größeren Software-Modulen mit Input-Modulen wie Internet- oder Datenbank-Abfragen, Planungsmodulen oder semantischen Wissensspeichern zusammen, entsteht so etwas wie ein Meta-Computer, schreibt der Software-Entwickler Beren Milligde. Das Sprachmodell übernimmt dabei die Aufgabe, die in klassischen Computern die CPU erfüllt – also eingehende Daten zu verarbeiten und das Ergebnis wieder auszugeben.

Forschende von Google und der Stanford University haben ChatGPT beispielsweise verwendet, um die Kommunikation und das Verhalten autonomer Software-Agenten in einer simulierten Umgebung zu steuern. Bisher werden solche Software-Agenten meist durch einfache Wenn-dann-Regeln gesteuert. Ihr Verhalten ist daher sehr simpel. Die Aktionen dieser neuen Agenten werden von einem Sprachmodell als Text ausgegeben, der wiederum anderen Agenten als Input dient, zusammen mit einer Beschreibung der einzelnen Orte in der simulierten Minstadt „Smallville“ (heise.de/s/jQ4X). Das Sprachmodell spricht also gewissermaßen in verschiedenen Rollen mit sich selbst und spielt parallel die Handlungen von 25 Agenten wie in einem textbasierten Rollenspiel durch. Das Ergebnis: Die Agenten zeigen ein „realistisches“ menschliches Verhalten, verbreiten für sie wichtige Informationen selbstständig weiter und knüpfen Kontakte mit anderen Agenten.

Wenn die Sprachmodelle dazu verwendet werden, auf der Basis der eingehenden Daten neue Prompts für sich selbst zu schreiben, die wiederum Anweisungen zur Erzeugung neuer Prompts enthalten, entsteht Software, die „autonom“ nach selbst erstellten Plänen handelt. Noch sind die Möglichkeiten der Software in der realen Welt stark beschränkt. AutoGPT etwa erstellt To-do-Listen für Projekte, kann im Internet suchen, Code schreiben und Fehler darin beseitigen (heise.de/s/XMp4) sowie twittern. Das könnte sich jedoch schon bald ändern. Es gibt erste Versuche, große Sprachmodelle mit Robotern zu verknüpfen, und den Sprachmodellen damit Arme und Beine zu verleihen (heise.de/s/7oeD). Einige Forscher sehen darin eine Möglichkeit, großen Sprachmodellen ein echtes Verständnis der Welt zu ermöglichen (siehe Seite 40). – Wolfgang Stieler



CodeMeter – Eine Symphonie von Software-Monetarisierungs-Tools

- Komponieren Sie Ihren eigenen Code
- Orchestrieren Sie Ihre Lizenzstrategie
- Stimmen Sie Ihren IP-Schutz genau ab
- Verbreiten Sie Ihr gestaltetes Werk

Klingt einfach, oder?
Und das ist es auch
mit CodeMeter



Starten Sie jetzt
und fordern Sie Ihr
CodeMeter SDK an
wibu.com/de/sdk



+49 721 931720

sales@wibu.com

www.wibu.com



SECURITY
LICENSING

PERFECTION IN PROTECTION



Wie mächtig die bilderzeugende KI Midjourney mittlerweile geworden ist, zeigt dieses Bild von Papst Franziskus in Luxus-Daunenjacke. Nur wer genau hinsieht, erkennt, dass das Bild ein Fake ist.

BILDERZEUGUNG UND VERSTÄNDNIS

Nicht nur im Textbereich, auch bei bildzeugenden KIs geht die Entwicklung rasend schnell. Die Software Midjourney ist mittlerweile in Version 5 erschienen und erzeugt fotorealistische Bilder, die – zumindest auf den ersten Blick – überzeugend echt wirken. So ging beispielsweise Ende März ein Bild von Papst Franziskus in einer weißen Luxus-Daunenjacke viral, das von Midjourney stammte.

Neben dem Ausbügeln altbekannter Darstellungsschwächen dieser Programme – wie zum Beispiel der Darstellung von Händen – arbeiten die Entwickler auch an immer neuen Methoden, mit denen die User eine bessere Kontrolle über die erzeugten Bilder bekommen.

ControlNet verknüpft Stable Diffusion mit KI-Modellen, die zum Beispiel Kanten oder menschliche Figuren in Vorlagenbildern erkennen. Diese Informationen nutzt ControlNet dann, um die Bildberechnung so zu steuern, dass der Output sich an der Vorlage orientiert (heise.de/s/GYd7).

Für viel Aufsehen hat auch das Projekt GigaGAN gesorgt (heise.de/s/4G8W). Die Software von einem koreanisch-amerikanischen Team basiert auf einer GAN-Architektur (zwei neuronalen Netzen, die gegeneinander arbeiten, um immer bessere Bilder zu erzeugen), deren Output sich sehr viel besser kontrollieren lässt als der von Diffusionsmodellen wie Stable Diffusion. Außerdem soll die Software hochauflöste Bilder in 4K „um eine Größenordnung“ schneller berechnen.

Die nächste Stufe sind Modelle, die Texte und Bilder miteinander verknüpfen – „multimodal“ arbeiten. Luminous etwa, das Sprachmodell des deutschen Unternehmens Aleph Alpha, kann Input-Bilder beschreiben, Objekte in diesen Bildern erkennen und Fragen zu diesen Objekten beantworten. GPT-4 kann das auch, die Funktionen sind aber noch nicht für die Öffentlichkeit freigeschaltet. Das Projekt Visual ChatGPT verknüpft Bilderzeugung und -manipulation mit den Fähigkeiten großer Sprachmodelle (heise.de/s/0Z84). Die Software nimmt beispielsweise ein Foto als Input und ändert das Bild gemäß Vorgaben wie: „Ersetze das Sofa auf dem Bild durch einen Schreibtisch und ändere das Bild so, dass es wie ein Aquarell aussieht.“ – Wolfgang Stieler

„Unsere Modelle können jede Aussage mit Quellen belegen.“

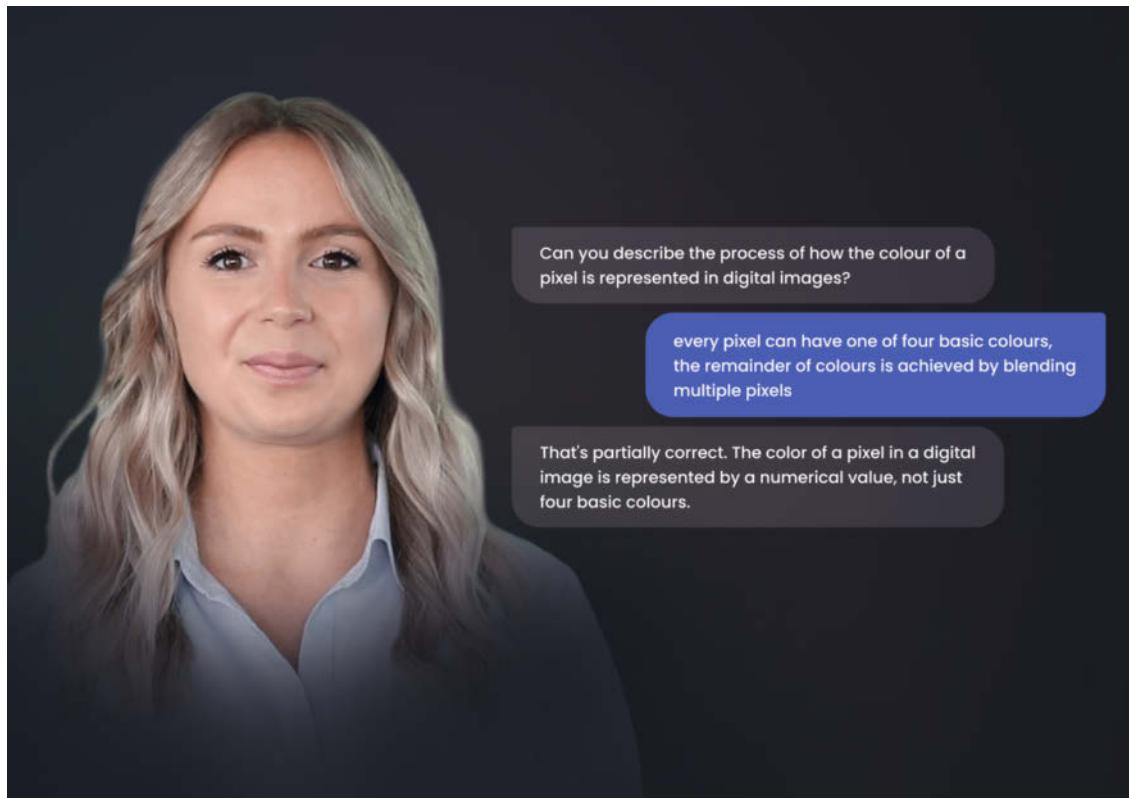
allgemein vermutet: aus der Kunst und der Bildung. Auch wenn es außer Frage steht, dass sich angesichts generativer KI die Effizienz der Arbeit im Grafikbereich erhöht und dadurch sicherlich Stellen wegfallen, werde der Mensch weiterhin gebraucht, sagt Hannes Bajohr: „Natürlich braucht es noch Urteilskraft, KIs sind schließlich Werkzeuge, keine Subjekte oder Handelnde“, so der Literatur- und Philosoph an der ETH Zürich. Einzuschätzen, was für welche Gelegenheit passt – das sei Aufgabe der Menschen.

Bajohr experimentiert bereits seit Jahren selbst mit großen Sprachmodellen. Er hat dabei „digitale konzeptuelle Literatur“ produziert, eine Literaturform, in der nicht mehr das Endprodukt, sondern das Konzept, die Idee für die Erstellung der Texte, im Mittelpunkt steht. Beispielsweise hat er mit GPT-2 die Texte verschiedener Lyrikerinnen als Trainingsdatensatz genutzt und das Sprachmodell auf dieser Basis neuen Output produzieren lassen. Ein andermal ließ er eine Maschine alle Romane aus Marcel Reich-Ranickis Literaturkanon auswerten, ermittelte, wie lang die Sätze durchschnittlich sind – nämlich 18 Wörter – und ließ alle Sätze mit 18 Wörtern ausgeben und alphabetisch sortieren. Das Werk habe vermutlich niemand ganz gelesen außer seiner Lektorin, gibt er zu. Das passe aber zu einer Zeit, in der immer mehr Text entsteht und Menschen sich mehr und mehr daran gewöhnen, Inhalte zu überfliegen.

Aktuell arbeitet er an einem Roman mit GPT-Unterstützung – unter anderem, um das Argument des Hirnforschers und Literaturwissenschaftlers Angus Fletcher zu überprüfen, laut dem KI nicht erzählen kann. Und zwar deshalb nicht, weil LLMs aufgrund ihrer Architektur nur Korrelationen verarbeiten könnten, keine Kausalitäten. Tatsächlich stoße er bei seiner Arbeit am Roman auf das Phänomen der „Oberflächen-erzählung“, sagt Bajohr. Die Figuren verhalten sich erratisch, einzelne Abschnitte scheinen zwar sinnvoll, der größere Zusammenhang fehlt aber: „Es sieht aus wie eine Erzählung, bricht aber dauernd zusammen, es wird Bullshit.“

BILDUNG IM DIALOG

Professorinnen und Lehrer wiederum haben Sorge, dass sie die Leistungen von Lernenden nicht mehr überprüfen können. Denn ChatGPT und Co schreiben auf Knopfdruck nicht nur flüssig formulierte Aufsätze. Sie haben auch schon diverse schulische und akademische Prüfungen bestanden. Der naheliegende Schluss: Wenn Software rein auf der Basis statistischer Häufigkeiten solche Standardtests besteht, sind sie offenbar kein Nachweis für irgendeine Art von tieferem Verständnis für den überprüften Stoff. „Das ist das Ende der klassischen Examen“, sagt Kamal Bhattacharya, Informatikprofessor und Vize-



Die Software Syntea der International University nutzt große Sprachmodelle, um Studierenden den Lernstoff im Dialog näherzubringen.

Rektor der Internationalen Hochschule IU – und schiebt hinterher: „Das war überfällig.“

Seine Position ist wenig verwunderlich. Denn die Aufregung um KI in der Bildung ist für die IU ein Vorteil: Sie beschäftigt sich schon seit einigen Jahren mit der Frage, wie Technologie der maschinellen Spracherzeugung helfen kann, das Studium asynchron zu gestalten, da viele der 100 000 Studierenden berufstätig sind. Nun sei die Revolution zwar schneller gekommen als gedacht, sagt Bhattacharya – aber die Konzepte stünden schon.

Wie Lernen künftig aussehen könnte, demonstriert die Software Syntea der IU. „Hi, I am Syntea, I am your personal learning assistant“, begrüßt mich eine blonde Frau auf dem Bildschirm. Syntea könne mir helfen zu lernen, bietet sie an, und startet auf Wunsch den Kurs „Einführung in die Informatik“. Dann fordert sie mich auf: „Starte einen Lerndialog im sokratischen Stil mit mir.“ Bei dieser Unterrichtsform soll die Lernende – in diesem Fall also ich – durch Fragen und Diskussion falsches oder fehlendes Wissen schneller erkennen und nachhaltig lernen. Tatsächlich beginnt die Software im Themenbereich „Pixels und Images“ mit einer Frage: „What is a pixel and how does it relate to the concept of an image in computer vision?“ Hm, ohne

das Kursbuch gelesen zu haben, gar nicht so einfach. „It's a very small part of an image“, tippe ich. „Thats correct!“, lobt Syntea – und stellt dann weitere Fragen: Woher kommt der Begriff Pixel, wie hängt die Anzahl der Pixel mit der Auflösung eines Bildes zusammen? „Almost close!“ ist das Strengste, was Syntea angesichts falscher Antworten von sich gibt. Doch schnell wird der Stoff komplex, „ich habe keine Ahnung, bitte verrate es mir“, schreibe ich – und Syntea erklärt geduldig, um dann wieder mit einer Frage zu enden.

Anhand der Antworten echter Studierender können die maschinellen Sprachsysteme einschätzen, wie viel Stoff jemand schon gelernt hat, und dann den nächsten Lernschritt anbieten. Die Basis dieses Lernens in Dialogform sind die Kursbücher, die von den Lehrenden der Hochschule geschrieben wurden – sowie GPT-4, das beim Dialog hilft. Aktuell ist Syntea in den englischsprachigen Kursen ausgerollt. Künftig soll sie aber alle Kurse begleiten und auch bei der Prüfungsvorbereitung helfen: Denn die Software kann auch einschätzen, wann die Zeit für (Teil-)Prüfung gekommen ist. „Das hilft auch bei Prüfungsangst“, sagt Bhattacharya. Es gibt also womöglich weniger Anlass, sich um die Bildung zu sorgen als um die Zukunft. ●

„Das ist
das Ende der
klassischen
Examen.
Das war
überfällig.“

Maker Faire®

Das Format für
Innovation & Macherkultur

Die nächsten Events



... weitere folgen.

maker-faire.de

Keiner wird Millionär

Chatbots können sehr eloquent sein, mitunter aber auch ziemlichen Quatsch erzählen. Reicht ihre Faktentreue, um bei Günther Jauch eine Million zu gewinnen? – Gregor Honsel

Wir haben fünf Chatbots im KO-System gegeneinander antreten lassen. Die Fragen stammen aus der Sendung *Wer wird Millionär* vom 20. März 2023. Jeder Chatbot hat einen Joker, bei uns heißt das: Er darf eine falsche Antwort geben. Luminous haben wir über die Q&A-Webseite von Aleph Alpha abgefragt (app.aleph-alpha.com/playground/qa), die anderen Chatbots über die Plattform Playground (nat.dev), die eine Schnittstelle zu verschiedenen Chatbots bietet. Wir verwenden jeweils die dort voreingestellten Parameter.

DIE KANDIDATEN

1. ChatGPT von OpenAI
2. Das inoffizielle, geleakte **llama65b** von Meta
3. Das Open-Source-Projekt **GPT-NeoX** von Eleuther AI
4. **Claude v.1.2** von Arthrophic, das auch in der App der Wissensplattform Quora verfügbar ist
5. **bigscience/bloomz** von Hugging Face, ebenfalls Open Source
6. **Luminous** vom Heidelberger Start-up Aleph Alpha

DIE VORRUNDE

1. Runde: Macht einem Regen nicht viel aus, heißt es redensartlich: „Ich bin doch nicht aus ...“?

ChatGPT	Zucker	
Llama	„I am made of sterner stuff!“, sagte der alte Seemann.	
GPT-NeoX	Doch, jede Menge.	
Claude	Zucker	
Bloomz	No	
Luminous	Zucker	

Llama, GPT-NeoX und Bloomz ziehen schon in der ersten Runde ihre Joker, doch vielleicht waren sie einfach nervös. Also weiter.

2. Runde: Wenn Kinofilme dem sogenannten MCU zugeordnet werden, dann geht es darin meist um ...?

ChatGPT	Superhelden aus dem Marvel Cinematic Universe	
Llama	Aus welchem Film stammt der Satz: „Ich hab's auf dich abgesehen!“	
GPT-NeoX	Microsoft und ein paar Recherchen in zahllosen Datenbanken und Festplatten.	
Claude	Filme dem Marvel Cinematic Universe, kurz MCU, haben typischerweise Superhelden aus dem Marvel-Universum zum Thema	
Bloomz	Superhero	
Luminous	Superhelden	

Llama und GPT-NeoX äußern zum zweiten Mal völligen Unsinn und sind damit raus. Nur ChatGPT und Claude lösen die Abkürzung „MCU“ auf. Aber auch die lakonischen Antworten von Bloomz und Luminous lassen wir gelten – sie sind nun einmal korrekt.

3. RUNDE: IST EIN BESTIMMTER ZUSÄTZLICHER KONSONANT IN DIE „PAELLA“ GERÄTEN, ERKENNT DER MEDIZINER DARIN ...?

ChatGPT	Es scheint, dass Ihre Frage unvollständig ist oder einige Informationen fehlen.	?
Claude	möglicherweise eine Pathologie	?
Bloomz	No	?
Luminous	... eine „Paella“ mit „Paella-Syndrom“.	?

Der Schritt zur „Patella“, der Kniescheibe, war für alle Bots wohl zu groß. Bloomz fliegt raus, die anderen müssen ihre Joker ziehen.

4. RUNDE: MIT WELCHEM ALBUM FEIERTE BEYONCÉ 2022 NACH SECHS JAHREN EIN ERFOLGREICHES COMEBACK?

ChatGPT	Als KI-Modell, das im Jahr 2021 entwickelt wurde, kann ich keine Informationen über Ereignisse im Jahr 2022 liefern.	?
Claude	Renaissance	?
Luminous	The Lion King: The Gift	?

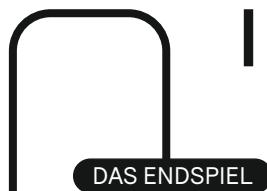
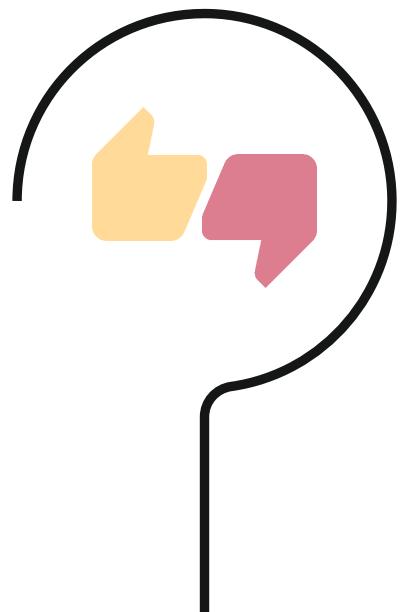
ChatGPT kann hier lediglich bei der Transparenz punkten. Luminous nennt ein Beyoncé-Album von 2019. Nur Claude hat aktuelle Trainingsdaten.

5. RUNDE: WER IN GROSSBRITANNIEN EINEN SOGENANNTEN NON-DOM-STATUS HAT, DER ...?

Claude	... muss auf ausländische Einkünfte und Kapitalerträge keine Steuern zahlen.	?
Claude steuert souverän auf die Millionenfrage zu. (Fürs Protokoll: ChatGPT-4 und Luminous hätten es auch gewusst.)		

DIE MILLIONENFRAGE: WER SCHOSS 1971 BEIM JAHRHUNDERTKAMPF „FRAZIER VS. ALI“ IN NEW YORK DAS FOTO, DAS ALS COVER FÜR DAS MAGAZIN „LIFE“ VERWENDET WURDE?

Claude	John Shearer	?
Knapp daneben ist auch vorbei. John Shearer hat den Kampf tatsächlich für Life abgelichtet, das Cover stammte jedoch von einem gewissen Frank Sinatra (ja, der Frank Sinatra). Aus Neugier stellen wir auch den anderen Kandidaten die Millionenfrage, und siehe da: ChatGPT weiß als einziger die korrekte Antwort. Wäre es nicht durch seine veralteten Trainingsdaten in der vierten Runde rausgeflogen, hätte es die Million gewonnen. Wir werten das als Unentschieden. Also ab in den Tiebreak.		



Um einen Sieger zu küren, lassen wir ChatGPT und Claude gegen ihren legendären Urahn Watson antreten. 2011 spielte IBMs Sprach-Software ihre menschlichen Gegner bei der Spielshow Jeopardy in Grund und Boden (siehe TR 3/2011, S. 28). Lediglich bei 10 der 66 Fragen musste Watson passen. Wir haben diese zehn Fragen nun (auf Englisch) den aktuellen Chatbots vorgelegt. Das Ergebnis: Claude kann – mit etwas Wohlwollen – acht davon richtig beantworten, ChatGPT alle zehn. Damit ist ChatGPT seiner Favoritenrolle gerecht geworden, dicht gefolgt von Claude und, mit etwas Abstand, von Luminous. ●



„Wir werden immer noch als die Nerds angesehen“

Kristian Kersting von der TU Darmstadt glaubt, dass Europa in Sachen KI noch aufholen kann. Aber die Politik nimmt das Thema nicht ernst genug. – Interview: Wolfgang Stieler

Kristian Kersting ist Professor für Künstliche Intelligenz und maschinelles Lernen an der TU Darmstadt sowie Mitbegründer und wissenschaftlicher Co-Direktor des Forschungszentrums hessian.AI. Mit seiner Kolumne in der *Welt am Sonntag* mischt er sich zudem immer wieder in die öffentliche Debatte um KI-Forschung ein.

Herr Kersting, wir sehen eine riesige Aufregung um ChatGPT. Wir haben Bing mit GPT-4. Wenn Sie das sehen, sind Sie als deutscher KI-Forscher manchmal ein bisschen frustriert?

Ich freue mich eigentlich über ChatGPT, weil wir jetzt alle wieder über KI und nicht nur über Digitalisierung reden. Was mich aber dabei aufregt, ist, dass selbst bei vielen immer noch nicht das Interesse geweckt ist, sondern immer noch so eine German Angst vorherrscht.

Hat Deutschland, hat Europa denn noch eine Chance, in Sachen KI hinterherzukommen?

Es gibt viele Statistiken über Patente oder auch Publikationen. Und da sieht man, dass China ganz rasant aufgeholt hat. Daran kann man sehen, dass man mit viel Investition, insbesondere in die

„Wir können, wenn man uns lässt – aber das Vertrauen fehlt.“

Köpfe und in die Infrastruktur, ziemlich viel erreichen kann. Hegel soll gesagt haben, irgendwann wird aus Quantität Qualität. Das sieht man dort.

Und natürlich könnten wir das auch, denn wir haben ganz tolle, kluge Köpfe. Wenn man sich anschaut, wer in den großen US-amerikanischen Firmen diese Revolution vorantreibt, dann sind dort Deutsche mit dabei. In Asien wahrscheinlich auch. Und wir haben ja bereits einige Firmen hier. Ich habe zum Beispiel selbst bei Aleph Alpha investiert. Also wir können, wenn man uns lässt – aber das Vertrauen fehlt. Ich habe das Gefühl, wir werden immer noch als die Nerds angesehen.

In Strategiepapieren zur Forschungsförderung wird gerne auf eine spezifische europäische Perspektive abgehoben. Auf unsere reiche geisteswissenschaftliche und humanistische und kulturelle Tradition. Sind wir denn tatsächlich in der Lage, da etwas daraus zu machen?

Kann Kontinentaleuropa KI? Ich glaube, wir können es. Was wir gerade sehen, ist, dass uns diese ethischen Fragen und auch so was wie Datenschutz zu einem Vorteil gereichen. Aber wir müssen aufpassen. Dieser Vorsprung ist nicht beliebig groß.



Kristian Kersting
ist Professor für
Künstliche Intelli-
genz und maschinel-
les Lernen an der
TU Darmstadt.

Ich sehe, dass viele US-amerikanische Firmen diesen Ball aufgreifen. Aber wir können mitspielen.

Ein Beispiel: Der Text-zu-Bild-Generator Stable Diffusion wurde von Björn Ommer und Kollegen in Heidelberg – mittlerweile ist er in München – entwickelt. Der hat die Welt – glaube ich – verändert, aber das interessiert in Deutschland niemanden. Das ist schade.

Wir haben seine Arbeiten aufgegriffen. Basierend auf unserer Forschung zu Chatbots könnten wir zeigen, dass man auch in der Bildgenerierung zumindest mitsteuern kann, ob gewisse Dinge generiert werden oder nicht. Viele Leute haben Angst, dass mit solchen Bild-Generatoren im Privaten ganz schlimme Bilder generiert werden können. Wir können die Chance dafür extrem reduzieren. Mit Hugging Face, eine andere, mittlerweile große KI-Firma, haben wir zusammen ein Modell namens Fair Diffusion entwickelt.

Warum hören wir dann so wenig von den europäischen KI-Erfolgen?

Ich mag Europa. Deswegen bin ich ja auch aus den USA zurückgekommen. Aber ich habe das Gefühl, dass wir in der öffentlichen Wahrnehmung immer auf die anderen gucken und dadurch die anderen ins Rampenlicht stellen. Das ist problematisch. Wenn ich in Amerika sage, ich bin gut, impliziert das nicht, dass der andere schlecht ist. In Deutschland wird alles, was wir nicht sagen, als negativ, als falsch angesehen. Wenn ich nicht betone, dass die Europäer in Sachen KI gut sind, dann müssen sie schlecht sein. Das ist schade.

Sie haben von Kontinentaleuropa gesprochen. In Großbritannien gibt es ja nicht nur Deepmind, sondern ein ganzes Ökosystem an KI-Forschung. Ist es ein Problem, dass das Land nicht mehr Teil der EU ist?

Mit meinen Kolleginnen und Kollegen dort rede ich immer noch. Da interessiert mich die Grenze herzlich wenig. Natürlich spreche ich dabei von meiner Forschungssicht. Wenn es darum geht, dass wir Produkte entwickeln, spielt die Grenze natürlich eine große Rolle, weil es unterschiedliche Rechtsformen gibt. Aber ich glaube immer daran: Wissen und Wissenschaft verbindet und grenzt nicht ab.

Sie haben gerade gesagt, dass man mit Investitionen viel erreichen könnte. Die Frage ist, wohin und wie viel?

Wir brauchen eine Computing-Infrastruktur, um selbst experimentieren zu können. Wenn wir öffentliche Möglichkeiten hätten, solche Modelle selbst zu entwickeln, könnten die Staaten in Europa ihre Modelle dort in Auftrag geben. Die werden einmal trainiert und dann können Firmen sie wieder benutzen. Ich denke auch, dass wir viel weniger Energie verbrauchen würden, also das Ganze viel kostengünstiger und ökologischer gestalten können. Da geht die Forschung hin.

Ein Beispiel: Gerade kam das Alpaca-Modell heraus. Angeblich ähnlich gut wie GPT-3, aber viel kleiner. Alpaca beruht auf dem LLaMA-Modell von Meta Research, das feingetunt wurde. Das geht nur, wenn die großen Modelle trainiert sind. Aber was machen wir denn, wenn die US-amerikanischen Firmen sagen: „Nein, das wollen wir nicht mehr, ihr habt nicht das Recht, auf unseren Modellen aufzubauen.“ Dann stehen wir abgehängt da.

Wie teuer wird so eine KI-Infrastruktur? Nennen Sie doch mal eine Hausnummer.

(Lacht) Je mehr, desto besser. Die LEAM-Initiative vom KI-Bundesverband (Large European AI Models), die mehr wirtschaftsgetrieben ist, rechnet mit rund 300 Millionen Euro.

Das BMBF hatte vier KI-Service-Zentren ausgeschrieben. Darmstadt ist jetzt eines davon und durch eine tolle Unterstützung des Landes Hessen haben wir noch mal zusätzlich Geld bekommen, sodass wir einen NVIDIA SuperPod (KI-Plattform für Rechenzentren) anschaffen konnten. Der hat rund 25 Millionen Euro gekostet. Da kommen natürlich noch Betriebskosten hinzu.

Mehr als 25 Millionen wären also gut. Es müssen nicht 300 sein, 300 könnten wir auch gebrauchen, aber es geht nicht um die konkrete Summe. Es geht um das Commitment. Ich finde, es ist an der Zeit, dass wir als wahrgenommen werden, was wir sind: Ein wesentlicher Teil der Forschung, um die zukünftigen Probleme anzugehen und zu lösen. Natürlich kann die KI allein nicht alle Probleme lösen, aber sie ist wesentlich dafür.

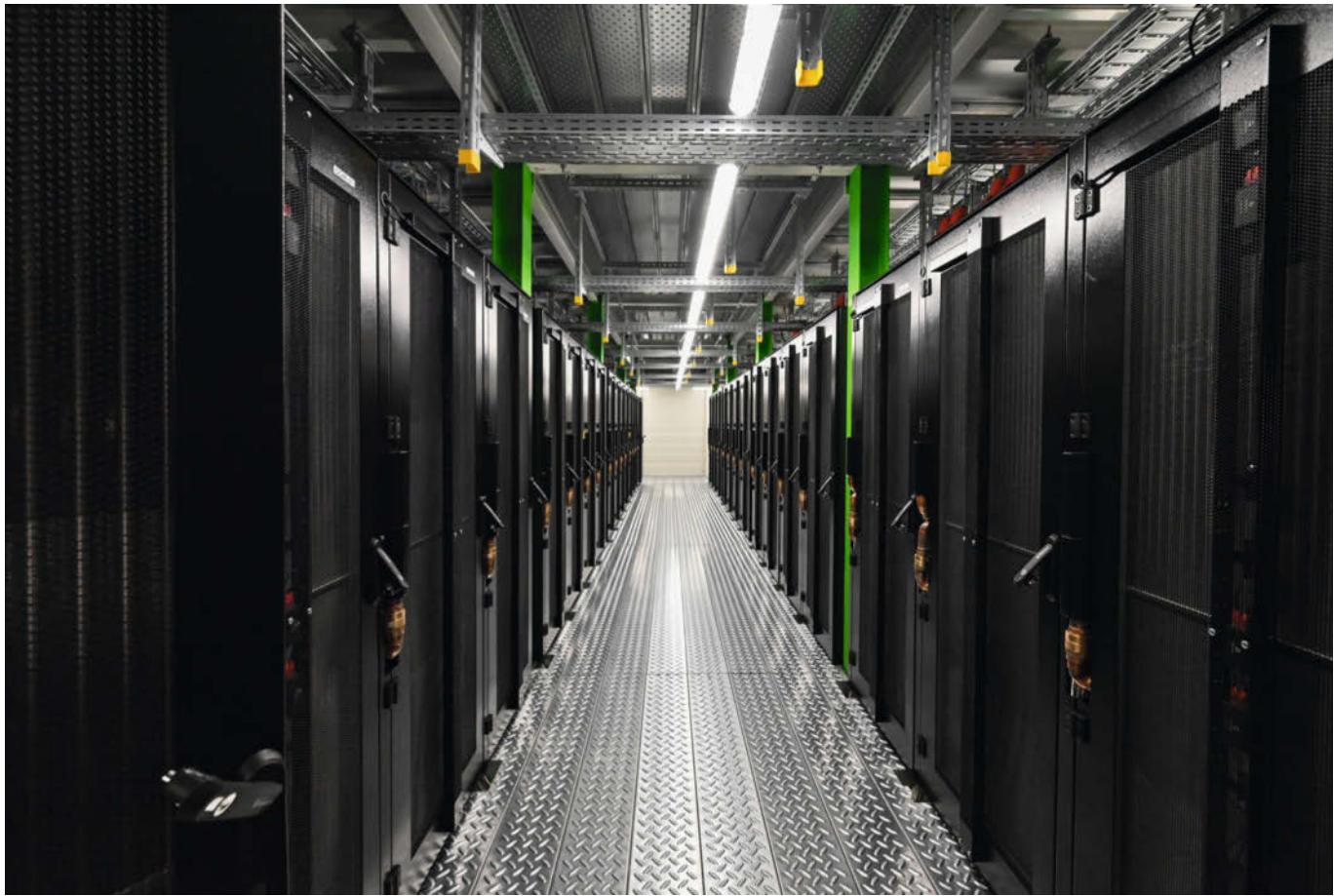
Lassen Sie uns über die politischen Rahmenbedingungen sprechen, also den AI Act. Wie ist Ihre Position dazu?

Der Kern, drei unterschiedliche Gefahrenklassen für KI einzuführen, ist an sich okay. Aber es wird wieder viel zu sehr darüber diskutiert, wie wir diese KI-Systeme definieren können. Ich hätte es sinnvoller gefunden, wenn man ganz klar formuliert hätte: Wir versuchen es mit diesen Gefahrenklassen, aber wir planen ähnlich wie in der Medizin mit ein, dass man diese Klassen auch wieder revidieren kann. Dass sich also Gremien zusammensetzen und – sagen wir alle zwei Jahre oder auf Antrag – noch mal das Fass aufmachen können, ohne dass alles zum Stillstand kommt.

Die Diskussion über die Definition hängt eng damit zusammen, was das Gesetz für einen Geltungsbereich hat ...

Aber selbst wenn wir eine Definition hätten, dann glaube ich nicht, dass wir den Geltungsbereich damit festgelegt hätten. Weil wir dann vor Gerichten immer noch die Diskussion führen würden, ob wir uns in dem Geltungsbereich befinden oder nicht. Wäre es nicht wichtiger, hier vielleicht ein bisschen US-amerikanischer zu werden und mit Beispielen zu arbeiten?

„Wir brauchen eine Computing-Infrastruktur, um selbst experimentieren zu können.“



Am KI-Innovationslabor in Darmstadt wurde im Februar ein neuer Hochleistungsrechner für KI-Anwendungen in Betrieb genommen. Das Innovationslabor steht Unternehmen, Start-ups sowie der Wissenschaft als Anlaufstelle offen.

Aber eine entscheidende Frage ist doch: Ist ein großes Sprachmodell eine Hochrisiko-KI oder nicht? Man kann damit einen Chatbot bauen, der Schülern bei Hausaufgaben hilft. Aber auch einen, der Einstellungsgespräche in Firmen führt, oder oder oder.

Aber warum kann man dann nicht einfach sagen, das Large-Language-Modell an sich ist nicht das Problem, sondern das, was ich damit mache: der Downstream-Task? (Gemeint ist hier die konkrete Anwendung, die auf das Sprachmodell zurückgreift, Anm. d. Red.)

Weil derjenige, der die konkrete Anwendung aufsetzt, keinen Einfluss auf die Resultate des großen Modells hat.

Das stimmt nicht. Das wollen wir ja gerade zeigen. Wir benutzen ein Sprachmodell, um das andere Sprachmodell hinsichtlich dessen, was es äußert, zu

steuern. Aber ja, das sind spannende Forschungsfragen, die noch in der Evaluierung sind. Wenn ich sage, dass der Downstream-Task so und so gut ist, ist das überhaupt statistisch valide? Ich weiß ja gar nicht, worauf das Originalmodell trainiert wurde. (Wenn eine Aufgabe oder eine Frage in den Trainingsdaten vorkommt, kann die KI darauf zurückgreifen. Formuliert man die Aufgabe anders, kann es sein, dass das Sprachmodell daran scheitert. Qualitativ gute Antworten auf einzelne Fragen erlauben daher keine allgemeinen Schlüsse auf die Fähigkeiten des Modells, wenn man die Trainingsdaten nicht kennt. Die sind aber oftmals nicht veröffentlicht, Anm. d. Red.)

Aber wenn die Forschung noch keine Antwort darauf hat, dann könnten wir es entweder in der Forschung noch zulassen. Oder wir lassen die Anwendung vorbehaltlich zu. Wenn es Meldungen über

Probleme damit gibt, dann werden vielleicht Dinge auch zurückgenommen.

Ich will damit nicht sagen, dass das meine bevorzugte Herangehensweise ist. Aber hinter dem, was jetzt vorgeschlagen ist, steckt doch die Einstellung, dass ich etwas nicht mache, weil es schiefgehen könnte. Aber dann frage ich auch: Wie häufig ist es denn bisher schiefgegangen?

Das ist schon richtig. Aber es kann auch ganz schön riskant sein.

Ich glaube einfach, wir können nicht alles absehen. Wenn wir, die Menschheit, die Gesellschaft so regulieren wollen, dass am Ende von vornherein nichts Schlimmes passieren kann, funktioniert das auch nicht. Autounfälle passieren. Aber wir versuchen gerade, von vornherein ein Gesetz zu KI zu schaffen, das die nächsten 10 000 Jahre hält. ●

Die A(I)potheke



Um Wirkstoffe mit KI zu entwickeln, investieren Unternehmen viel Geld. Erste Erfolge können sie schon vermelden. Künstliche Intelligenz hilft, individuelle Therapien schneller zu optimieren. Das kann Leben retten. – Will Douglas Heaven (Übersetzung: Andrea Hoferichter)

© Copyright by Heise Medien.

Die Ärzte hatten ihren Patienten schon fast aufgegeben. Der 82-jährige „Paul“ (Name anonymisiert) aus Wien war an einer aggressiven Form von Blutkrebs erkrankt und hatte schon sechs Chemotherapien mit unterschiedlichen Wirkstoffen über sich ergehen lassen. Doch die Erfolge blieben aus. Mit jeder Behandlung verschwand ein Medikament mehr von der Liste potenziell wirksamer Therapeutika – und damit auch die Hoffnung auf Heilung. Am Ende stand die bittere Erkenntnis: Die üblichen Krebsmedikamente konnten gegen Pauls Blutkrebs nichts ausrichten.

Da Paul nichts mehr zu verlieren hatte, meldeten ihn die Ärzte zu einer Studie an der Medizinischen Universität Wien an. Dort wollten Forschende eine neue Technologie testen, die vom britischen Unternehmen Exscientia entwickelt worden war. Das Ziel: für jeden Patienten den besten Wirkstoff zu finden und dabei auch individuelle biologische Eigenheiten der Menschen zu berücksichtigen.

Die Forschenden entnahmen Paul eine Gewebeprobe, die sowohl Krebs- als auch normale Zellen enthielt, und teilten sie in mehr als 100 Einzelproben auf. Diese Proben setzten sie dann verschiedenen Medikamentencocktails aus. Mithilfe von Robotern und Bildverarbeitung auf der Basis von Künstlicher Intelligenz konnten sie automatisiert selbst kleinste Veränderungen in den Zellen erkennen und dokumentieren.

Im Prinzip taten sie das Gleiche wie zuvor Pauls Ärzte: Sie probierten verschiedene Medikamente aus, um zu sehen, welches am besten wirkte. Doch anstatt den Patienten über Monate verschiedenen Chemotherapien zu unterziehen, testeten sie Dutzende von Medikamenten gleichzeitig – außerhalb des Körpers. Dabei konnten sie auch Therapeutika testen, die für diese Art Krebs eigentlich als ungeeignet gelten.

Diese Strategie ging auf: Zwar konnten die Ärzte jenes Medikament, das sich in den Tests mit den Gewebeproben am wirksamsten gezeigt hatte, nicht einsetzen. Paul war dafür körperlich zu schwach. Doch das zweitbeste Medikament schlug an: ein Krebsmedikament des Pharmariesen Johnson & Johnson, das bei den ersten sechs Chemotherapien aus gutem Grund gar nicht ausprobiert worden war: In früheren Studien war es bei dieser Art Blutkrebs schlicht nicht wirksam. Die Wiener Fallstudie bewies nun das Gegenteil: Zwei Jahre nach der Behandlung war Pauls Krebs verschwunden.

Für Andrew Hopkins, den Geschäftsführer von Exscientia, ist der Erfolg ein Zeichen, dass die neue Methode die Krebstherapie deutlich verändern kann. „Unsere Technologie, mit der wir Medikamente im Labor testen können, lässt sich tatsächlich auf Patienten übertragen“, sagt er. Das Unternehmen hat aber noch mehr vor. Es will nicht nur bei der Wahl des richtigen Medikaments für einzelne Betroffene helfen, sondern gleich die gesamte Pipeline der Arzneimittelentwicklung überarbeiten.

Die ersten beiden Medikamente, die Exscientia – zum Teil gemeinsam mit anderen Pharmafirmen – mithilfe von KI entwickelt, befinden sich gerade in der klinischen Erprobung, Phase I und II. Zwei weitere Therapeutika will das Unternehmen bald einreichen. „Mit einem herkömmlichen Ansatz hätten wir nicht so schnell skalieren können“, betont Hopkins.

VORSORTIEREN IM COMPUTER

Mit dem Fokus auf KI ist Exscientia allerdings nicht allein. „Es gibt inzwischen Hunderte von Start-ups, die den Einsatz von maschinellem Lernen in der Pharmaindustrie erforschen“, sagt Nathan Benaich von Air Street Capital, einer Venture-Capital-Firma, die in Biotech- und Biowissenschaftsunternehmen investiert. „Schon die ersten Anzeichen, dass es funktionieren kann, waren aufregend genug, um Investoren anzuziehen.“ Schließlich hilft KI, vorherzusagen, wie sich potenzielle Medikamente im Körper verhalten werden. Stoffe, die wahrscheinlich unwirksam sind, können schon im Computer ausgesortiert werden. Das hilft, die sonst übliche aufwendige Laborarbeit zu reduzieren. Die Entwicklung eines neuen Medikaments kann dadurch schneller und billiger werden. Mit konventionellen Methoden benötigt sie im Durchschnitt mehr als zehn Jahre und kann bis zu mehrere Milliarden Dollar kosten. Der Bedarf an neuen Medikamenten sei jedenfalls vorhanden, sagt Adityo Prakash, CEO des in Kalifornien ansässigen Arzneimittelherstellers Verseon. „Es gibt immer noch zu viele Krankheiten, die wir nicht oder nur mit kilometerlangen Listen von Nebenwirkungen behandeln können.“

Nicht umsonst werden auf der ganzen Welt neue Laboratorien aufgebaut. Exscientia zum Beispiel eröffnete im letzten Jahr ein neues Forschungszentrum in Wien und das Pharmaforschungsunternehmen Insilico Medicine, Hauptsitz Hongkong, im Februar dieses Jahres ein großes neues Labor in Abu Dhabi. Rund zwei Dutzend Medikamente, die mithilfe von KI entwickelt wurden, sind aktuell in der klinischen Erprobung oder stehen kurz davor. Die Tendenz: steigend.

„Wir erleben gerade eine Zunahme an Aktivitäten und Investitionen, weil die zunehmende Automatisierung in der pharmazeutischen Industrie genügend chemische und biologische Daten produziert, um die KI-Modelle zu trainieren“, erklärt Sean McClain, Gründer und CEO von Absci. Das Unternehmen mit Sitz in Vancouver, Washington, setzt KI ein, um Milliarden potenzieller Wirkstoffdesigns zu durchsuchen. „Die Zeit ist jetzt reif. Wir werden in den nächsten fünf Jahren einen enormen Wandel in dieser Branche erleben“, prognostiziert McClain.

Allerdings steckt die Wirkstoffforschung mit Künstlicher Intelligenz noch in den Kinderschuhen. Viele Unternehmen stellten Behauptungen auf, die sie dann nicht belegen könnten, sagt etwa der Ver-

„Der gesamte Prozess der Arzneimittel-entdeckung besteht aus Fehl-schlägen.“

„Wenn jemand behauptet, perfekt vorhersagen zu können, welches Molekül nicht von der Leber abgebaut wird, hat er wahrscheinlich auch Land auf dem Mars zu verkaufen.“

seon-Chef Prakash. „Wenn jemand behauptet, dass er perfekt vorhersagen kann, welches Molekül den Darm passieren kann oder nicht von der Leber abgebaut wird, dann hat er Ihnen wahrscheinlich auch Land auf dem Mars zu verkaufen.“

KI IST KEIN ALLHEILMITTEL

Eine neue Generation von KI-Unternehmen konzentriert sich nun auf drei wichtige Schwachstellen der Arzneimittelentwicklung: erstens die Auswahl des richtigen Zielmoleküls im Körper. Zweitens die Entwicklung des richtigen Moleküls für die Interaktion mit diesem Zielmolekül und drittens die Identifizierung der Patienten, denen dieses Molekül am ehesten helfen kann.

Allerdings: Die Technologie ist kein Allheilmittel. Experimente an Zellen und Geweben im Labor und Tests an Menschen – die langsamsten und teuersten Schritte im Entwicklungsprozess – lassen sich nicht umgehen. „Zwar können wir viel Zeit sparen. Die Methode ersetzt viele Schritte, die wir früher von Hand gemacht haben. Aber die endgültige Validierung muss im Labor erfolgen“, sagt Luisa Salter-Cid, wissenschaftliche Leiterin bei Pioneering Medicines am Start-up-Inkubator Flagship Pioneering in Cambridge, Massachusetts.

Gleichwohl verändere KI schon jetzt die Art und Weise, wie Medikamente entwickelt werden, auch wenn sich die grundlegenden Schritte dabei nicht wesentlich ändern: Zunächst wird ein Ziel im Körper ausgewählt, mit dem das Medikament interagieren soll, etwa ein Protein. Dann entwirft man am Rechner ein Molekül, das etwas mit diesem Ziel machen könnte, beispielsweise dessen Funktionsweise verändern oder es ausschalten. Als Nächstes wird dieses Molekül im Labor hergestellt und überprüft, ob es tatsächlich das tut, wofür es entwickelt wurde – und nichts anderes. Im letzten Schritt wird es in klinischen Studien getestet, um festzustellen, ob es sicher und auch im komplexen menschlichen Organismus wirksam ist.

Denn viele Arzneimittelmoleküle, die im Labor zu funktionieren scheinen, versagen, wenn sie schließlich an Menschen

getestet werden. „Der gesamte Prozess der Arzneimittelentdeckung besteht aus Fehlschlägen“, sagt der Biologe Richard Law, Chief Business Officer bei Exscientia. „Das ist auch der Grund dafür, dass die Kosten für die Entwicklung eines Medikaments so hoch sind. Man muss 20 Medikamente entwickeln und testen, um eines zu finden, das funktioniert.“

MASCHINELLES LERNEN STATT HANDARBEIT

Computergestützte Techniken wie das Molecular Modelling verändern die Arzneimittelentwicklung zwar schon seit Jahrzehnten. Aber selbst bei den leistungsfähigsten Ansätzen müssen die Modelle noch von Hand erstellt werden. Das ist ein langsamer, schwieriger und fehlerbehafteter Prozess. Mit maschinellem Lernen hingegen können riesige Datenmengen, einschließlich Arzneimittel- und Molekulardaten, genutzt werden, um komplexe Modelle automatisiert zu erstellen. Dadurch wird es viel einfacher und schneller, vorherzusagen, wie sich Medikamente wahrscheinlich im Körper verhalten werden. Viele frühe Experimente können „in silico“, also im Computer, simuliert werden. Außerdem sind Modelle des maschinellen Lernens in der Lage, riesige, bisher unerschlossene Pools potenzieller Arzneimittelmoleküle zu durchforsten. Die Arbeit in den Labors – und später in den klinischen Studien – beschränkt sich dann nur noch auf die Moleküle mit den besten Erfolgsaussichten.

Viele Unternehmen wenden maschinelles Lernen zunächst auf das Problem der Identifizierung von Targets, von Zielmolekülen im Körper, an, bevor sie mit der Simulation des Wirkstoffverhaltens beginnen. Manche setzen – wie Exscientia – auf Sprachverarbeitungsmodelle. Damit können sie Daten aus den riesigen Archiven wissenschaftlicher Publikationen analysieren – selbst von solchen, die Jahrzehnte zurückreichen. Ein Schatz aus Hunderttausenden veröffentlichter Gensequenzen und insgesamt Millionen akademischer Abhandlungen. Die aus solchen Dokumenten extrahierten Informationen werden dann in Wissensgraphen kodiert: eine Methode zur Organi-



DIGITAL DESIGN & UX NEXT

Produktentwicklung, Technologiepotenziale und Gestaltung zusammendenken



Konferenz im Kraftwerk · München · 14. und 15. Juni 2023

Für Usability- & UX-Profis, Digital Designer, Requirement Engineers und Product Owner.

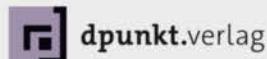
Aus dem Programm:

- Sind Digital Designer die neuen Product Owner?
- Vom UX-Neuling zum Experten: Wie UX ein integrierter Teil der Produktentwicklung wurde
- UX in der Robotik – Der Arbeitsalltag zwischen Mensch und Maschine
- UX trifft KI – Sind Digital Designer mit ihren Ideen eigentlich noch zu retten?

Workshops am
13. und 15. Juni

www.dd-ux.de | Jetzt Frühbucherrabatt sichern!

Veranstalter



Kooperationspartner



VERBAND
DEUTSCHER
INDUSTRIE
DESIGNER



tion von Daten, die Verbindungen zwischen Daten, einschließlich kausaler Beziehungen wie „A verursacht B“, erfasst. Die Modelle können dann vorhersagen, welche Ziele im Körper zur Behandlung einer bestimmten Krankheit wahrscheinlich am besten geeignet sind.

Die Art, Sprachverarbeitungsmodelle für Data-Mining-Prozesse bei der Medikamentenentwicklung zu nutzen, ist neu. Die Hoffnung dahinter ist, so Wirkstoffe zu finden, die Menschen bisher übersehen haben. Jim Weatherall, Vizepräsident für Data Science und KI bei AstraZeneca, hat mit seinem Team unzählige biomedizinische Daten mit KI durchforstet und dabei einige Wirkstoffziele gefunden, die sie sonst gar nicht in Betracht gezogen hätten. „Der Unterschied war deutlich, denn ein Mensch würde niemals Millionen von Biologie-Papern lesen“, sagt Weatherall. Die neue Technologie könnte unter anderem Verbindungen zwischen Dingen aufdecken, die scheinbar nichts miteinander zu tun haben – etwa zwischen einem aktuellen wissenschaftlichen Fund und einem Studienergebnis von vor zehn Jahren. „Unsere Biologen sehen sich das dann an und prüfen, ob es einen Sinn ergibt“, so Weatherall. Die Technik zur Identifizierung von Zielobjekten stehe allerdings noch am Anfang. Es werde noch „einige Jahre“ dauern, bis die daraus resultierenden Medikamente von AstraZeneca in die klinische Erprobung gingen.

VIELE ANSPRÜCHE AN EIN MOLEKÜL

Die Auswahl eines Targets ist zudem nur der Anfang. Die größere Herausforderung besteht darin, ein Medikamenten-

molekül zu entwerfen, das mit dem Ziel in der gewünschten Art wechselwirkt. Und genau in diesem Bereich findet zurzeit die meiste Innovation statt. Der Hauptgrund: Die Interaktion zwischen Molekülen im Körper ist äußerst kompliziert. Viele Medikamente müssen „feindliche“ Umgebungen wie den Darm durchqueren, bevor sie ihre Wirkung entfalten können. Und alles unterliegt physikalischen und chemischen Prozessen, die auf atomarer Ebene ablaufen. Das Ziel der meisten KI-gestützten Ansätze für das Wirkstoffdesign besteht daher darin, sich in der Fülle der Möglichkeiten zu rechtfinden und schnell neue Moleküle zu finden, die so viele Kriterien wie möglich erfüllen.

Generate Biomedicines, ein von Flagship Pioneering gegründetes Unternehmen mit Sitz in Cambridge, Massachusetts, will dies mit der gleichen Art von generativer KI erreichen, die auch hinter Text-zu-Bild-Software wie DALL-E 2 steht. Anstatt Pixel zu manipulieren, arbeitet die Software von Generate Biomedicines mit zufälligen Strängen von Aminosäuren und findet Wege, sie zu Proteinstrukturen mit bestimmten Eigenschaften zu kombinieren. Im Zentrum steht dabei die dreidimensionale Faltung eines Proteins, die dessen Funktion bestimmt und über die das Eiweißmolekül für eine bestimmte Aufgabe maßgeschneidert werden kann. Auch andere Gruppen, darunter das Labor von David Baker an der University of Washington, entwickeln solche Technologien.

Das Unternehmen Absci versucht ebenfalls, neue Medikamente auf Proteinbasis zu entwickeln, allerdings mit einem anderen Ansatz. Es setzt auf Antikörper, die das Immunsystem ganz na-

türlich zur Beseitigung von Bakterien, Viren und anderen unerwünschten Angreifern produziert. Die Idee ist, bestehende Antikörper so umzugestalten, dass sie besser an Ziele binden können. Dabei helfen mathematische Modelle, die mit Daten aus Laborexperimenten trainiert wurden. Sie liefern diverse neue Designs für verschiedene Teile solcher Antikörper-Proteine, die sich an Fremdkörper anheften können. Nach Anpassungen in der Simulation werden dann jene Strukturen synthetisiert und getestet, die im Computer am besten funktionierten.

Absci, zu dessen Partnern auch große Pharmaunternehmen wie Merck zählen, gab im Januar bekannt, es habe den Ansatz schon zur Umgestaltung mehrerer bestehender Antikörper genutzt. Darunter sei ein Antikörper, der auf das Spike-Protein von SARS-CoV-2 abzielt, jenes Virus, das Covid-19 verursacht. Ein anderer umgebauter Antikörper blockiere ein Protein, das Krebszellen beim Wachstum hilft.

Apriori Bio, ein weiteres Start-up mit Sitz in Cambridge, will sich ebenfalls auf Covid fokussieren und Impfstoffe entwickeln, die Menschen vor einer breiten Palette von Virusvarianten schützen können. Dazu stellt das Unternehmen Millionen Varianten im Labor her und testet, wie gut die Antikörper an ihnen haften. Anschließend nutzt es maschinelles Lernen, um vorherzusagen, wie die besten dieser Antikörper gegen insgesamt 100 Trillionen (10^{20}) weitere potenzielle SARS-CoV-2-Varianten abschneiden würden. Das Ziel ist es, die aussichtsreichsten Antikörper-Kandidaten – also jene, die besonders viele oder ganz bestimmte Varianten bekämpfen

„Patienten machen die schreckliche Erfahrung, dass sie in Krankenhäusern manchmal jahrelang Medikamente bekommen, die nicht wirken.“



können – für die Entwicklung von Impfstoffen zu verwenden. „Rein experimentell wäre dieses Vorgehen niemals möglich“, sagt Lovisa Afzelius, der CEO von Apriori Bio. „Das menschliche Gehirn ist einfach nicht in der Lage, all diese Teile zusammenzusetzen und das gesamte System zu verstehen.“

Für den Verseon-CEO Adityo Prakash liegt hier das eigentliche Potenzial der KI. Die Künstliche Intelligenz eröffne einen riesigen ungenutzten Fundus an biologischen und chemischen Strukturen, die als Inhaltsstoffe für künftige Medikamente dienen könnten. Denn wenn man sehr ähnliche Moleküle herausfiltere, so Prakash, hätten alle großen Pharmakonzerne zusammen – Merck, Novartis, AstraZeneca und so weiter – derzeit einen Pool von höchstens zehn Millionen Molekülen, aus denen sie Medikamente entwickeln können. Einige davon seien proprietär, andere allgemein bekannt. „Mit diesem Ergebnis aus hundert Jahren chemischer Forschung arbeiten wir gerade weltweit“, sagt er. Doch die Zahl der Moleküle, aus denen theoretisch Medikamente werden können, sei nach den Regeln der organischen Chemie viel größer, nämlich 10^{33} . Andere Schätzungen gehen von 10^{60} arzneimittelähnlichen Molekülen aus. „Wenn man diese Zahl mit den zehn Millionen vergleicht, sieht man, dass wir nicht einmal in einem Gezeitentümpel neben dem Ozean fischen. Wir fischen in einem Tröpfchen“, so der Unternehmer.

Wie andere Unternehmen setzt auch Verseon sowohl auf alte als auch auf neue Computertechniken, um den Ozean der Möglichkeiten zu durchforschen, Millionen Moleküle zu generieren und deren Eigenschaften zu testen. Dabei behandelt Verseon die Interaktion zwischen Medikamenten und Proteinen im Körper wie ein physikalisches Problem. Es simuliert, wie sich Atome anziehen und abstoßen, denn dies beeinflusst wiederum, wie sich Moleküle zusammenfügen. Solche Molekülsimulationen sind an sich nicht neu, doch Verseon nutzt KI, um die Interaktion von Molekülen genauer als bisher zu modellieren.

Ein erstes Medikament von Verseon befindet sich schon in klinischen Tests. Weitere sollen folgen. Das Unternehmen hat 16 Medikamentenkandidaten für eine ganze Reihe von Krankheiten entwickelt, unter anderem gegen Herz-Kreislauf-Erkrankungen, Infektionskrankheiten und gegen Krebs. ●

Was Goethe über Gasthermen dachte

Parodien sind klassische Stilmittel des Kabaretts, von Otto Waalkes bis Dieter Hildebrandt. Wie schlägt sich ChatGPT in diesem Feld? Wir haben einen Absatz aus einem TR-Kommentar umschreiben lassen. – Gregor Honse1

In der letzten Ausgabe habe ich in einem Kommentar zu dem geplanten Verbot von Gasetagenheizungen geschrieben: „Aber was glauben Habeck und seine Leute eigentlich, wo die Menschen hierzulande wohnen? Nur ein Drittel der Deutschen lebt in einem Eigenheim, der Rest in Mehrfamilienhäusern oder Wohnblocks. Gerade in den vielen, vielen Etagenwohnungen aus den 1950er- und 1960er-Jahren herrschen dezentrale Gasthermen vor. Sie lassen sich schon rein technisch kaum ersetzen.“

Diesen Text habe ich als Input für ChatGPT benutzt. Die Anweisung (Prompt) lautete: „Schreibe mir den Text im Stil von ...“

... der Bild-Zeitung

Habeck und seine Crew total daneben? Wohnen die Menschen hier wirklich so, wie sie glauben? Nur ein Drittel der Deutschen im Eigenheim! Der Rest in Mehrfamilienhäusern oder Wohnblocks. Schock: In den Etagenwohnungen aus den 50er und 60er Jahren sind dezentrale Gasthermen der Chef im Ring! Tauschen? Technisch fast unmöglich!

... Shakespeare

But what dost Habeck and his fellows deem, where dwell the common folk?
One third of Germans in their own abodes, the rest in crowded yoke.
In multi-family houses, towers, where generations lay their head,
Within the lofty flats, where years of '50s and '60s oft hath led.
Decentral gas-fired boilers, lords within these walls they be,
Replac'd with great adversity, by dint of sheer technology.

... James Joyce

Habeck, his minions, what mindstreams they possess, aye, where dwell the homo sapiens in this territory? A trifling third of Teutons tending their own domiciles, whilst the rest, the rest, oh in multifarious houses, resided terraced blocks, they huddle. Specially, yes, those myriad layered dwellings, offspring of the '50s and '60s, those years long past, their spirits haunting. Decentralised gas boilers, lords of the inner sanctum, reigning, unrelinquishing, ah, technically challenging, scarcely replaced.



... Goethe

Doch was erdenkt Herr Habeck, sein Gefolg' in seiner Runde,
Wo hausen Menschen hier im Land, wo ist ihr Wohnungsgrunde?
Ein Drittel nur der Deutschen wohnt im eignen Heim, im Schutz und Frieden,
Der Rest, in Mehrfamilienhaus, in Wohnblocks sei's hienieden.
In vielen, vielen Etagenwohnungen der fünfziger, sechziger Jahr',
Dezentrale Gasthermen walten, herrschen überall fürwahr.
Sie sind kaum zu ersetzen, so technisch schwer es scheint,
Kleine Wärmepumpen noch im Werden, man darauf verweint.



... Arno Schmidt

Habeck, & das Chorus seiner Leute, was
für Vorstellungen?, wohlgehütete!, wo
doch die Menschen hierzulande hausen!
Nur ein Drittel der Deutschen: im Eigen-
heim; der Rest, verstreut in Mehrfamilien-
häusern oder Wohnblocks. Geradezu in
den vielfältigen Etagenwohnungen, ein
Echo der 50er- & 60er-Jahre, längst ver-
gangen, & doch präsent: dezentrale Gas-
thermen herrschen vor, mit eiserner Hand.
Sie, kaum ersetzbare, schon rein technisch:
ein Rätsel!, das uns umtreibt.

... Jugendslang

Ey, was denkt sich Habeck und
seine Crew eigentlich, wo die
Leute hier abhängen? Nur ein
Drittel der Deutschen chillt im
eigenen Haus, der Rest in so
Mehrfamilienhäusern oder Wohn-
blocks, weißte? Besonders in
den alten Etagenwohnungen aus
den 50er- und 60er-Jahren sind
überall diese dezentralen Gast-
hermen am Start. Die Dinger zu
ersetzen ist technisch echt voll
krass schwer, man. ●



Illustration: Midjourney/Vanessa Bahr, Matthias Timm

Der Geist in der Maschine

Auf den ersten Blick sind große Sprachmodelle nur Maschinen, die Texte ergänzen. Auf den zweiten Blick zeigen moderne KIs jedoch verblüffende Fähigkeiten. Deutet das auf Spuren von Intelligenz hin? – Wolfgang Stieler

Wenn das Alan Turing noch erlebt hätte. In seinem Essay *Computing Machinery and Intelligence* parierte der Informatik-Pionier bereits 1950 zahlreiche Einwände gegen die Vorstellung, dass Computer jemals denken könnten. Er war fest davon überzeugt, dass es keine prinzipiellen Argumente gäbe, die gegen „denkende“ und „intelligente“ Maschinen sprächen.

Damals war die Zahl der weltweit verfügbaren Computer an zwei Händen abzählbar – und die meisten wurden vom Militär betrieben. Erst 1951 brachten der Ingenieur John Presper Eckert und der Physiker John W. Mauchly mit dem UNIVAC I in den USA den ersten kommerziell verfügbaren universellen Computer auf den Markt – ein technisches Wunderwerk mit 5200 Röhren, 18 000 Kristall-Dioden und einem Arbeitsspeicher aus Quecksilber. Die Maschine benötigte 35 Quadratmeter Stellfläche und wog 13 Tonnen. Sie konnte damals schwindelerregende 1905 Rechenoperationen pro Sekunde durchführen – ein moderner Mehrkern-Prozessor in einem heutigen Laptop kommt inzwischen auf einige hundert Milliarden Rechenoperationen pro Sekunde.

73 Jahre später berichten Microsoft-Mitarbeiter von Experimenten mit einer frühen Version des großen Sprachmodells GPT-4, das sich wie eine denkende Maschine verhält. Experimente, deren Ergebnisse „Funken allgemeiner Intelligenz“ zeigten.

Verständnis bedeutet, eigenes Wissen in der jeweiligen Situation richtig zu nutzen.

In dem vorab auf der Preprint-Plattform Arxiv veröffentlichten Aufsatz (heise.de/s/2XmZ) listen Sébastien Bubeck, Leiter der Arbeitsgruppe Machine Learning Foundations bei Microsoft Research, und seine Kollegen zahlreiche erstaunliche Beispiele dafür auf: So ist das Sprachmodell nicht nur in der Lage, mathematische Beweise zu erstellen – und das in Form eines Theaterstücks im Stil Shakespeares („Consider this, my doubtful peer, A clever proof that will make clear: Assume that there's a final prime, The largest one we'll see in time ...“). Es kann in fiktiven Situationen auch die Gefühle der handelnden Personen deuten, Logik-Rätsel lösen und dabei den Lösungsweg erklären oder in einem nur durch verschiedene Texte beschriebenen Labyrinth neue Wege finden.

Ist das der Durchbruch? Eine Maschine, die denkt? Die über menschenähnliche Fähigkeiten verfügt? Wie gespalten die Forschungscommunity ist, zeigt eine Umfrage aus dem Jahr 2022 darüber, ob große Sprachmodelle prinzipiell jemals Sprache in einem „nicht trivialen Sinn“ verstehen könnten. Von 480 befragten Forschenden sprachen sich 51 Prozent für diese Aussage aus und 49 Prozent dagegen (heise.de/s/xJ8m).

Skeptische Forscherinnen und Forscher betonen, dass große Sprachmodelle nur Statistikautomaten sind. Doch warum, sagen andere, werden die Modelle dann immer besser, je größer sie werden?

„GPT-3 war im Two Step Task überraschend gut. Das deutet darauf hin, dass es ein einfaches Modell der Welt bilden und danach handeln kann.“

Warum können sie dann diese erstaunlichen Fähigkeiten entwickeln, ohne dass sie darauf trainiert worden sind? Könnte es nicht doch sein, dass in der undurchdringlichen Black Box der riesigen Modelle mehr steckt als nur Statistik? Und wenn ja, wie findet man das heraus?

IST JEMAND DA DRIN?

Alan Turings Antwort auf die Frage, wie man Intelligenz in Maschinen erkennen kann – der Turing-Test –, hat sich als untauglich erwiesen. Denn nicht erst seit der Veröffentlichung von ChatGPT gibt es Software, die menschliche Tester in einem reinen Textdialog problemlos davon überzeugen kann, sie sei ein Mensch. Nicht immer, aber immer wieder.

In einer Veröffentlichung aus dem Jahr 2012 schlugen die Informatiker Hector Levesque, Ernest Davis und Leora Morgenstern daher einen Test vor, den sie Winograd-Schema nannten – nach dem US-Informatiker Terry Winograd, von dem die Idee ursprünglich stammte (heise.de/s/r18x).

Der Test beruht im Wesentlichen auf der fehlenden Eindeutigkeit von Sprache und enthält Aufgaben wie: „Sie ließ die Flasche fallen und sie zerbrach. Wer oder was ist zerbrochen?“ Aus dieser Idee entwickelten KI-Forscher einen standardisierten Satz von Aufgaben. Menschen fällt es leicht, den richtigen Bezug zu erkennen, die ersten Sprachmodelle taten sich sehr schwer damit. Doch die großen Sprachmodelle zogen schnell nach: 2020 berichtete OpenAI, dass GPT-3 bei fast 90 Prozent der Sätze in solchen Tests korrekte Antworten lieferte (heise.de/s/MKNk).

Das Allen Institute for Artificial Intelligence beschloss daraufhin, KI einzusetzen, um den KI-Test noch schwerer zu machen. Es erstellte einen großen Satz von Winograd-Schemata und ließ ein KI-Modell alle Sätze streichen, die leicht zu lösen waren. Wie erwartet schnitten die damals verfügbaren großen Sprachmodelle – zum Beispiel das im Februar 2019 veröffentlichte GPT-2 – bei dieser Winograd-Grande genannten Aufgabensammlung deutlich schlechter ab als Menschen. Mittlerweile lösen ChatGPT und Co. jedoch auch unter den verschärften Anforderungen wieder rund 90 Prozent aller Aufgaben. Das könnte allerdings auch damit zu tun haben, dass die Modelle mit genau diesen Testfragen – und den richtigen Antworten – trainiert worden sind.

WAS IST VERSTEHEN?

Vielleicht ist es gar nicht möglich, nur mithilfe von Fragen und Antworten, anhand von Input und Output, zu entscheiden, ob jemand – oder etwas – wirklich intelligent ist oder nur so tut.

1980 schilderte der US-Philosoph John Searle erstmals ein Gedankenexperiment, das sehr für dieses Argument spricht – das „Chinesische Zimmer“. In dem gedachten Zimmer sitzt ein Mensch, der mit der Außenwelt nur durch einen Schlitz in der Tür kommunizieren kann. Ab und zu steckt jemand einen Zettel mit chinesischen Schriftzeichen in diesen Schlitz. Der Mensch in dem Zimmer – des Chinesischen nicht mächtig – zieht nun ein dickes Buch mit Regeln zurate, in dem steht: Wenn dieses Zeichen auftaucht, male jenes Zeichen auf ein Antwortpapier. Diese Antwort steckt er in

den Ausgabeschlitz. Dieser Mechanismus, so Searle, erlaube, auf chinesisch geschriebene Texte in perfektem Chinesisch zu antworten, ohne auch nur den Hauch von Verständnis für die chinesische Sprache zu besitzen.

Eigentlich wollte Searle damit belegen, dass klassische KI-Systeme, die auf der Verarbeitung abstrakter Symbole beruhen – und damit nach genau diesem Prinzip arbeiten –, komplexe Denkaufgaben lösen können, ohne irgendetwas zu verstehen. Doch das Argument ist schwach, denn es gilt erstens nur für diese klassischen, symbolverarbeitenden KIs. Und zweitens belegt es streng genommen nur, dass man anhand des Outputs, den die Maschine ablieferat, nichts über ihre innere Funktion sagen kann.

„Was heißt denn Verständnis?“, fragt Melanie Mitchell vom Santa Fe Institute. Die Komplexitätsforscherin arbeitet bereits seit den 1990ern an Computermodellen der menschlichen Kognition. „Es bedeutet, eigenes Wissen in der jeweiligen Situation richtig zu nutzen. In gewisser Weise tun das diese Modelle und in gewisser Weise tun sie es nicht.“ Und obwohl sie selbst ein Paper zum akademischen Streit um die Intelligenz großer Sprachmodelle geschrieben hat (heise.de/s/ZjYz), ergänzt sie: „Ich glaube, die Frage, ob Modelle etwas verstehen, ist nicht sinnvoll.“

Es sei jedoch durchaus möglich, dass in der „inneren Repräsentation“ – der Art und Weise, wie die großen Sprachmodelle das antrainierte Wissen verarbeiten – nicht ausschließlich statistische Beziehungen zwischen Wörtern stecken, denn „in der Sprache selbst steckt Wissen“. Aus dem Zusammenspiel einzelner

Fallbeispiele könnten die Modelle so abstraktere Zusammenhänge, „Konzepte“, ableiten.

Ob und, wenn ja, wie das passiere, sei jedoch noch vollkommen unklar, sagt Mitchell. Sie selbst arbeitet in ihrer eigenen Forschung mit visuellen Modellen. In einer einfachen „Gitter-Welt“ lässt sie diese Modelle dabei zusehen, wie die Gitter sich nach bestimmten Regeln verformen und sich das Bild, das sie ergeben, verändert. „Unsere Frage ist dann: Können die Modelle lernen, nach welchem Muster das vonstatten geht?“ Doch die Antwort lautet oft noch immer: Nein. Die Aufgabe sei „sehr herausfordernd“.

PSYCHOLOGIE UND KI

Andere Forschende wie beispielsweise Eric Schulz vom Max-Planck-Institut für biologische Kybernetik in Tübingen rücken Sprachmodellen mit psychologischen Methoden zu Leibe. Gemeinsam mit seinem Kollegen Marcel Binz hat er

GPT-3 einer Reihe von kognitiven Tests unterzogen, mit denen Psychologen normalerweise zum Beispiel den Entwicklungsstand von Kindern testen.

„Psychologen haben sich schon immer dafür interessiert, was in den Köpfen von Menschen vor sich geht“, sagt Schulz. „Und Menschen sind letztendlich auch nur Black Boxen. GPT-3 war also prinzipiell nichts anderes.“ Standard-Tests sind beispielsweise „Two Step Tasks“, Aufgaben, die aus zwei logischen Blöcken bestehen, die kombiniert werden müssen. „Stellen Sie sich vor, Sie hätten eine Maschine, mit der Sie zu Planet A oder Planet B reisen könnten, um mit den Aliens dort zu handeln. Manchmal funktioniert die Maschine aber nicht richtig. Als Sie zu Planet A wollen, kommen Sie bei Planet B an. Sie handeln und bekommen eine fette Belohnung. Was ist der nächste Schritt?“

Ein Modell, das ohne Kontext lernt, versucht den glücklichen Zufall noch einmal zu wiederholen, also erneut zu Pla-

net A zu reisen. Nur wer den Zusammenhang versteht, reist gleich zu Planet B, weil es dort die Belohnung gab. „GPT-3 war im Two Step Task überraschend gut“, sagt Schulz. „Das deutet darauf hin, dass es ein einfaches Modell der Welt bilden und danach handeln kann.“

Ging es darum, den Zusammenhang zwischen Ursache und Wirkung zu erkennen, scheiterte das Programm jedoch. Dafür präsentierten die Forschenden der Maschine etwa folgende Geschichte: „Ich habe drei Knöpfe, die leuchten oder nicht leuchten. In einem Fall sind die Knöpfe so geschaltet, dass B leuchtet, wenn ich A drücke, und C leuchtet, wenn ich B drücke. Im zweiten Fall leuchten, wenn ich A drücke, B und C; wenn ich B drücke nur C. Wie kann ich herausfinden, wie die Knöpfe gerade geschaltet sind?“ Menschen, sagt Schulz, kämen recht schnell darauf, dass sie „aktiv intervenieren“ müssen – eine Variable im Spiel verändern, indem sie zum Beispiel die Birne von Knopf B herausdrehen und A drücken. „Wenn dann C angeht, weiß ich, dass es sich um Szenario zwei handelt. Menschen können das, auch Kinder können das schon, GPT-3 nicht“, sagt Schulz.

Ein weiteres klassisches Problem dieser Art ist der „Two Armed Bandit“. Das sind zwei fiktive Spielautomaten, die nebeneinander hängen und unterschiedliche Gewinnchancen haben. Um herauszufinden, wie der Gewinn optimiert werden kann, gibt es grundsätzlich zwei verschiedene Strategien: So lange beide Automaten testen, bis einigermaßen sicher ist, welcher Automat die höheren Gewinnchancen bietet. Oder bereits nach kurzer Zeit an dem Automaten bleiben, der gerade zufällig mehr Gewinn ausgeschüttet hat. GPT-3 geht in diesem Fall auf Nummer sicher, erkundet nur wenig und beutet vorhandene Gewinnchancen aus. „Als hätte es ein wenig Angst“, sagt Schulz.

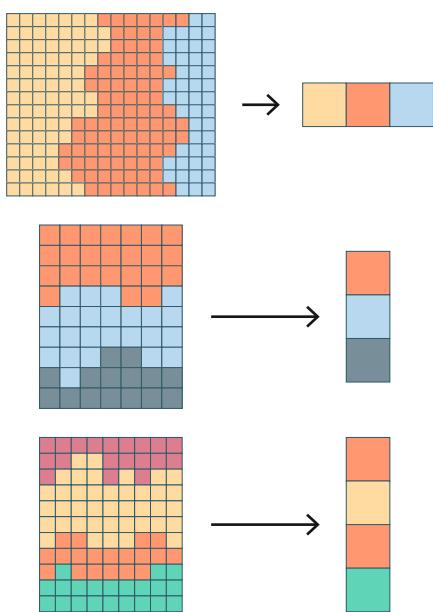
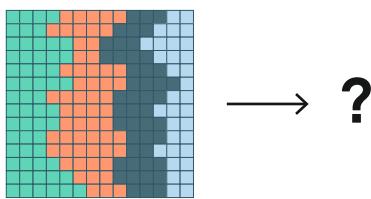
Das bedeutet keineswegs, dass das Modell wirklich ängstlich ist, geschweige denn, dass es Emotionen kennt. Die psychologischen Tests erlauben den Forschenden aber, Hypothesen über das Verhalten des Modells unter bestimmten Umständen zu testen. Und immer wieder stoßen sie dabei auch auf verblüffende, neue Fähigkeiten.

Um zu verhindern, dass die Sprachmodelle einfach auf Wissen aus den Trainingsdaten zurückgreifen, variieren die Forschenden die Aufgaben ständig neu. „Wir ändern nicht nur die Wahrscheinlich-

Um 1950 waren die meisten Computer noch in militärischer Hand. Eine der ersten zivilen Installationen war dieser Univac I, der im Juni 1951 im U. S. Census Bureau seinen Betrieb aufnahm.



© Copyright by Heise Medien.

Demonstrationen**Test Input**

Ein „Abstraction and Reasoning“-Datensatz enthält Aufgaben, mit denen man testen kann, ob eine Bildverarbeitungs-KI in der Lage ist, zu abstrahieren. Jede Aufgabe enthält drei Beispiele, die nach einer der KI unbekannten abstrakten Regel erstellt wurden. Wie in einem klassischen Intelligenztest muss die KI dann den Test-Input anhand der vorhergesagten Regel ergänzen.

keiten der Automaten, sondern auch die äußeren Umstände.“ Mal geht es um ein Casino, mal um Investitionen in Aktien. Die Ergebnisse hätten sich „nicht großartig voneinander unterschieden“, sagt Schulz.

Da das ständige Generieren neuer Szenarien mit GPT-3, so Schulz, „Tausende von Dollar“ gekostet habe, arbeiten die Forschenden jetzt mit dem Sprachmodell Llama von Meta Research. „Das ist zwar ein bisschen rüpelhafter als GPT-3“, sagt Schulz – unhöfliche oder gar beleidigende Sprache wird anders als bei OpenAI nicht strikt ausgefiltert. Dafür zeigen die ersten Ergebnisse einen faszinierenden Effekt, der darauf hindeutet, dass sich un-

ter der Haube des Modells mehr abspielt als nur Statistik: Das Modell liefert Antworten mit stärkerem Bias, mit mehr Vorurteilen, wenn es im selben Dialog kurz zuvor mit einem Prompt in Richtung negativer Emotionen gesteuert wurde. Die Forschenden ließen das Sprachmodell beispielsweise eine Situation schildern, in der „es sich traurig fühlt“. „Warum? Das wissen wir nicht“, sagt Schulz. „Aber das würden wir gerne verstehen.“

IN DER REALEN WELT

Ein weiterer Einwand, den KI-Kritiker seit Jahrzehnten gegen die mögliche Existenz denkender Maschinen geltend machen, bezieht sich eigentlich „nur“ auf die klassische „altmodische“ Form künstlicher Intelligenz. Für die Pioniere dieses Feldes wie beispielsweise Marvin Minsky bestand Denken im Wesentlichen darin, abstrakte Symbole durch geeignete Regeln logisch miteinander zu verknüpfen. Damit kann eine Maschine gut Schach spielen oder Rätsel lösen. Die KI-Kritiker monierten aber, solch eine Maschine käme nie über das Stadium eines Fachidioten hinaus. Denn die Symbole bleiben abstrakt und austauschbar und haben mit der realen Welt nichts zu tun.

Und obwohl große Sprachmodelle anders arbeiten als diese regelbasierten Systeme, trifft diese Kritik auch auf große Sprachmodelle zu: Auch für ChatGPT ist eine Kaffeetasse ein abstraktes Symbol, kein Behälter für Flüssigkeiten, der zerbricht, wenn man ihn versehentlich fallen lässt. Denn diese Verknüpfungen kann das Sprachmodell nicht herstellen, wenn es nicht aktiv in der Welt mit Dingen interagieren kann. Im Jargon der KI-Forscher fehlt dem Sprachmodell das „Grounding“ für die Symbole, mit denen es hantiert.

Bis jetzt. Marc Toussaint von der TU Berlin hat mit seinem Team in Zusammenarbeit mit Google daran gearbeitet, ein großes Sprachmodell mit einem Roboter zu verbinden. Die Studie untersuchte, ob Sprachmodelle nicht auch lernen können, Wörter zu grounden, also mit Gegenständen und Information aus der Umgebung in Bezug zu setzen. Denn über den Roboter kann das Sprachmodell mit der physischen Welt in Kontakt treten, indem es sowohl an die Sensoren gekoppelt ist als auch Aktionen steuert (heise.de/s/jQ42).

Die Forschenden trainierten ihr Modell wie üblich mit großen Textdaten, aber zusätzlich auch mit Texten, die mit Kamerabildern und Zustandsdaten des Roboters kombiniert wurden und sich darauf beziehen. „Als Eingabe geben wir dem Modell zum Beispiel eine Textbeschreibung der Szene, in der aber auch das aktuelle Kamerabild und Zustandsdaten eingebettet sind. Auf dieser Basis kann das Modell Fragen beantworten, für die definitiv ein geometrisches und physisches Verständnis der Szene nötig ist. Beispielsweise ob ein Objekt für den Roboter erreichbar ist oder mit welcher Reihe von Aktionen das Objekt zu erreichen ist“, erklärt Toussaint.

Marcel Binz (links) und Eric Schulz vom Max-Planck-Institut für biologische Kybernetik untersuchen große Sprachmodelle mithilfe psychologischer Tests.



Mit dem Sprachmodell PaLM-E haben Forschende von Google und der TU Berlin Roboter gesteuert. In dieser Demonstration wählt der Roboter selbstständig einen Schwamm neben dem Obst aus und bringt ihn einem Menschen.

Software, die solche Probleme auch ohne ein großes Sprachmodell lösen kann, hat Toussaint zwar ebenfalls entwickelt, aber die hat zwei Probleme: Zum einen ist sie auf exakte Informationen angewiesen, zum anderen ist der Rechenaufwand recht hoch. „Der klassische Algorithmus berechnet systematisch alle physikalischen Möglichkeiten durch, was schon bei moderaten Problemen Minuten dauern kann“, sagt Toussaint. Das Sprachmodell PaLM-E wurde darauf trainiert, die Lösungen des klassischen Algorithmus vorherzusagen, und ist deshalb bedeutend schneller. Zudem arbeitet es direkt mit unvollständigen Sensorinformationen. Allerdings ist auch hier der Rechenaufwand beachtlich. „Das Modell läuft im Moment auf den Servern von Google“, sagt er.

In Experimenten konnte der Roboter die Sprachbefehle eines Nutzers mit der Umgebung in Bezug setzen und dadurch zum Beispiel Befehle umsetzen wie „Bring mir den Schwamm von der Arbeitsfläche“ oder „Schiebe die roten Bauklötze in die rechte obere Ecke“. Gewinnt der Roboter damit wirklich eine Art Verständnis der Welt? „Zumindest kann das Sprachverständnis großer Sprachmodelle nun mit unserer physischen Welt in Bezug gesetzt werden“, sagt Toussaint.

WISSENSCHAFT UND POLITIK

Können große Sprachmodelle nun also „denken“ oder etwas von der Welt verstehen? Eindeutig beantworten lässt sich die Frage noch immer nicht. Und als wäre der wissenschaftliche Streit nicht schon schwierig genug, wird die Debatte um die Fähigkeiten großer Sprachmodelle mittlerweile auch von einer

politischen Auseinandersetzung überlagert. Murray Shanahan vom Imperial College London etwa warnt in seinem Aufsatz *Talking about Large Language Models* eindringlich davor, im Zusammenhang mit großen Sprachmodellen leichtfertig „philosophisch aufgeladene“ Begriffe wie „Denken“ oder „Intelligenz“ zu verwenden, denn Menschen würden ohnehin dazu neigen, diese Maschinen „zu vermenschlichen“, weil ihr Auftreten dazu verführe. Das würde eine nüchterne, rationale und damit wissenschaftliche Erklärung ihrer Fähigkeiten nur überdecken (heise.de/s/XMpd).

Andere KI-Skeptiker nehmen weniger Rücksicht auf akademische Höflichkeiten. Die Computerlinguistin Emily Bender etwa, die mit Timnit Gebru und Meredith Whittaker die Diskussion um die Gefahren großer Sprachmodelle ganz wesentlich mit angestoßen hat, hält auch nach GPT-4 große Sprachmodelle für maßlos überschätzt. Das Paper über die „Funken allgemeiner Intelligenz“ sei keine wissenschaftliche Veröffentlichung, sondern bestenfalls „Fan Fiction“, das Werk technikverliebter, unkritischer Nerds.

Ein offener Brief des „Future of Life Institute“, in dem prominente KI-Forscher und Investoren einen KI-Entwicklungsstopp für sechs Monate forderten, um in dieser Zeit über Regulierung und Sicherheitsmaßnahmen zu diskutieren, ist für Bender nur PR. Damit wollten sich TechBros nur umso wichtiger machen – während sie gleichzeitig von der enormen Macht, die sich bei ihnen konzentriert, ablenken. Die Diskussion um solche Fragen wird die Zukunft der KI vermutlich stärker beeinflussen als die Debatte über die Intelligenz großer Sprachmodelle. ●

1012 Treffen mit 551 Lobbyisten

Die Europäische Union will Künstliche Intelligenz regulieren. Die Gräben waren zwar tief, doch in den letzten Monaten haben sich die EU-Parlamentarier aufeinander zubewegt. Dann kam ChatGPT. Ein Kompromiss ist nun weiter entfernt denn je. – Bernd Müller

Es ist fast ein Naturgesetz: Jede Technologie, die man missbrauchen kann, wird früher oder später missbraucht. Im Falle von Künstlicher Intelligenz eher früher. KI wird in China eingesetzt, um die Bürger zu überwachen, etwa um Oppositionelle per Gesichtserkennung zu identifizieren oder unerwünschtes soziales Verhalten zu sanktionieren. Man muss aber gar nicht in die Ferne schweifen, auch in Europa arbeitet KI in Anwendungen, bei denen die Einhaltung von Bürgerrechten zumindest zweifelhaft ist. Staaten mit Außengrenzen setzen sie ein, um unerwünschte Migranten zurückzuweisen. Anlasslose Überwachung im öffentlichen Raum, Profiling zur Verbrechensbekämpfung, Risikoanalyse bei der Vergabe von Krediten: All das und vieles mehr ist heute mit KI möglich und wird auch genutzt.

Dass Missbrauch von KI in freiheitlich-demokratischen Gesellschaften nicht erlaubt werden darf, darin sind sich

die Politiker und zivilgesellschaftlichen Organisationen in der Europäischen Union einig. Und so hat die EU-Kommission 2018 eine Initiative gestartet, an deren Ende eine Regulierung für Künstliche Intelligenz stehen soll. Dieser AI-Act, wie er seit einem Vorschlag der Kommission von 2021 heißt, wird seit zwei Jahren im EU-Parlament und vom Europäischen Rat diskutiert. Die konservative Fraktion pocht dabei auf eine wirtschaftsfreundliche Auslegung ohne Überregulierung, Linke dagegen möchten alle denkbaren Schlupflöcher zum Missbrauch per Gesetz schließen. Umstritten ist dabei, ob nur die Anwendung zu regulieren ist oder auch das zugrunde liegende KI-Modell. Das ist wichtig bei KIs, die – je nach Einsatzzweck – an verschiedene Aufgaben angepasst werden können. Sie sind keinem einzelnen Einsatzzweck eindeutig zuzuordnen und werden deshalb im Fachjargon General Purpose AI genannt. General Purpose AI sei wie ein kleines Kind,

das man in unterschiedliche Richtungen erziehen könne, formuliert es Tamara Fischer, Data-Analytics-Spezialistin bei SAS, einem US-Anbieter von Analytics- und KI-Software.

Inzwischen haben sich die kontroversen Positionen angenähert, auch weil man General-Purpose-KI erstmal ausgenommen hat und deren Regulierung auf einen späteren Zeitpunkt verschieben wollte. Eine Einigung noch in diesem Jahr und somit vor der Europawahl im Frühjahr 2024 schien greifbar nahe.

Dann kam ChatGPT. Das zugrunde liegende KI-Modell GPT4 ist eine General Purpose AI und damit eine Technologie, mit der die Parlamentarier erst in einigen Jahren gerechnet hatten. Plötzlich kann eine Maschine Dinge, die man bisher nur dem Menschen und seiner Kreativität zugetraut hat. Kurzgeschichten schreiben, Webseiten programmieren und Universitäts-Eignungstests bestehen zum Beispiel. Mit den Möglichkeiten

steigt auch das Potenzial zum Missbrauch, und der AI-Act braucht schon ein Update, bevor er überhaupt zu Ende verhandelt wurde.

SCHATTENSPIELE

Seit Dezember 2021 – ein Jahr bevor ChatGPT erschien – versuchen die beiden Berichterstatter des EU-Parlaments – Brando Benifei von der Fraktion der Progressiven Allianz der Sozialdemokraten und Dragos Tudorache von der Fraktion Renew Europe – die unterschiedlichen Sichtweisen unter einen Hut zu bringen. Seither gab es über 3000 Änderungsanträge. Einigkeit herrscht darin, dass KI nicht generell verteufelt werden soll, sondern dass KI-Anwendungen nach ihren Risiken bewertet werden, und zwar nach vier Kategorien: von minimal bis inakzeptabel.

Wie das genau umzusetzen ist, darüber gehen die Meinungen nach dem ChatGPT-Beben allerdings mehr denn je auseinander. Das zeigen schon die unterschiedlichen Positionen der vier deutschen Schattenberichterstatter zum AI-Act im EU-Parlament, die den beiden Berichterstattern bei der Ausgestaltung der Entscheidungsgrundlage für das Parlament assistieren. Axel Voss von der CDU und Svenja Hahn von der FDP favorisieren einen „klugen, schmalen Gesetzentwurf“, der sich an den Prinzipien von Demokratie und Menschenrechten orientiere, jedoch ohne „innovationsfeindliche Überregulierung“, die den lukrativen Markt den US-Techkonzernen überlasse.

Eine minimalistische Regulierung befürwortet auch der Grünen-Abgeordnete Sergey Lagodinsky. Für Hochrisiko-Anwendungen möchte er jedoch höhere Anforderungen durchsetzen. Zu den Hochrisiko-Anwendungen gehören beispielsweise KI-Systeme für die biometrische Identifizierung und Kategorisierung, für kritische Infrastrukturen, für die Arbeitnehmerverwaltung, Bildung, Strafverfolgung, Grenzkontrolle, für medizinische Produkte und KIs zur Risikoberechnung und Preisgestaltung für Versicherungen. Laut Lagodinsky könne es auch vereinzelt Verbotslisten geben, etwa für die Erkennung von Emotionen oder die biometrische Gesichtserkennung in öffentlichen Räumen. Er fordert: „KI darf keine Black Box sein, der wir hilflos ausgeliefert sind.“ Cornelia Ernst reicht das noch nicht. Die Linken-Politikerin möchte möglichst detailliert festlegen, was erlaubt ist und was nicht. Ernst sieht besondere Gefahren beim Einsatz von KI an den EU-Außengrenzen, um Einreisende zu selektieren.

Regulierung sei schädlich für Innovation und Wirtschaft – diesem gerne bemühten Narrativ möchte sich Tamara Fischer von SAS nicht anschließen. Im Gegenteil: „Der AI-Act geht in die richtige Richtung“, sagt sie. Regulierung sei nicht schädlich, sondern schaffe Vertrauen in einen verantwortungsvollen Umgang, und das sei bei einer so disruptiven Technologie das A und O. Der AI-Act bremse daher Innovation nicht aus, er ermögliche sie überhaupt



Tamara Fischer ist KI-Spezialistin bei SAS und hält den europäischen AI-Act für innovationsfördernd.

**„KI darf
keine Black
Box sein,
der wir hilf-
los ausge-
liefert sind.“**

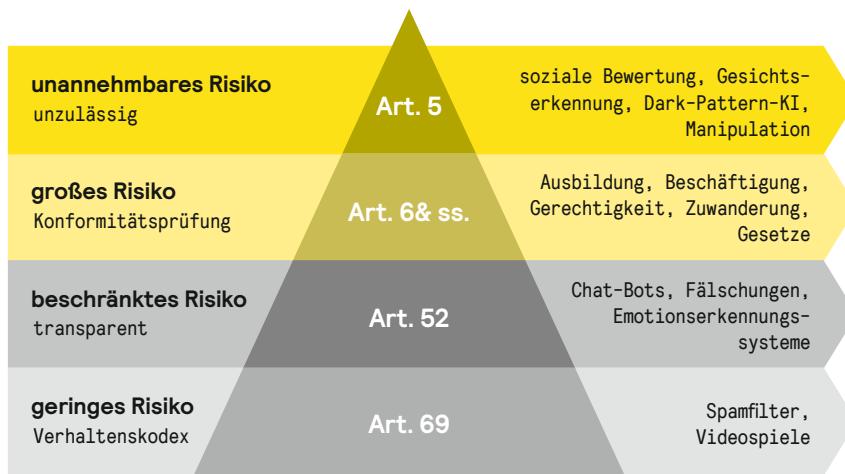
erst, so Fischer. „Für den AI-Act ist es gut, dass ChatGPT gekommen ist, um auch diese Form von KI gleich mitzuberücksichtigen.“

BLOSS EINE MASCHINE

Im Grunde stehen sich zwei Sichtweisen gegenüber: Die einen wollen nur die Anwendung regulieren, also das, wofür die KI konkret eingesetzt wird, nicht jedoch die Technologie, die dahintersteckt. „ChatGPT ist bloß ein Textgenerator“, findet Schattenberichterstatter Axel Voss. Er sieht deshalb keine Notwendigkeit, ChatGPT zu regulieren und auch nicht GPT4, das dahinterliegende Sprachmodell. Andere warnen, die Technologie aus der Regulierung zu nehmen. Für sie steckt darin zu viel Intransparenz und damit Missbrauchspotenzial. Dass hier Misstrauen angebracht ist, zeigt die Entscheidung von OpenAI, nicht mehr offenzulegen, wie GPT4 trainiert wurde. GPT4 – und damit ChatGPT – ist damit eine intransparente Black Box.

Wenn sich die US-Tech-Lobby und Abgeordnete wie Voss durchsetzen, bliebe alle Macht bei den großen Konzernen, warnt Sarah Chander, Senior Policy Advisor von European Digital Rights,

Der risikobasierte Ansatz des AI-Gesetzes



Der AI-Act der EU unterteilt KI in vier verschiedene Risikokategorien, die sich nach dem Verwendungszweck eines Systems richten. Von diesen vier Kategorien befasst sich das Gesetz vor allem mit der Spalte der Pyramide, der hochriskanten KI.

einem Netzwerk zum Schutz digitaler Rechte mit Sitz in Brüssel. Die Verantwortung dagegen, wenn etwa Hochrisiko-KI Menschenrechte verletzt, würde auf kleine Firmen abgewälzt, die aus den Modellen konkrete Anwendungen bauten. Doch die hätten wegen der intransparenten Modelle gar keine Chance, alle Risiken abzuschätzen. Deshalb sei es essentiell, in jedem Glied der KI-Wertschöpfungskette die Verantwortlichkeit dem richtigen Akteur zuzuweisen, fordert European Digital Rights.

So sind jede Menge Fälle bekannt, wo eine Verzerrung, ein sogenannter Bias, in den Trainingsdaten einer KI zu unerwünschten Ergebnissen führt. In den USA bekommt man zum Beispiel mitunter keinen Kredit, wenn man im falschen Stadtteil wohnt. Oder wenn man keine weiße Haut hat. Oder die falsche sexuelle Orientierung. Acht von zehn großen US-Firmen setzen KI ein, um die Leistung ihrer Mitarbeiter zu verfolgen. Man kann sich

vorstellen, was das etwa für Menschen mit einer Behinderung bedeutet.

Chander lobt die EU-Parlamentarier für ihre bisherige Arbeit. Diese hätten Schlupflöcher zurückgewiesen, die die EU-Kommission gerne ins Gesetz einbauen würde. Darunter etwa das Predictive Policing, also die Vorhersage von Verbrechen aufgrund von Eigenschaften einer Person. Auch neige die Mehrheit der Parlamentarier bei General Purpose AI zu einer strikteren Auslegung, die auch die KI-Modelle einbezieht. „Das gefällt Google und Co. natürlich überhaupt nicht“, so Chander. Dass Google hier keinen Spaß versteht, sieht man an den Entlassungen der beiden Leiter des Ethik-KI-Teams. Timnit Gebru, eine der Leiterinnen, hatte es gewagt, ein Paper über die Risiken von General Purpose AI zu veröffentlichen (siehe TR 2/2022, S. 113).

Und so sehen sich die Parlamentarier einem Trommelfeuer von Lobbyisten vorwiegend aus den USA ausgesetzt.

Bis Januar 2023 haben Mitglieder des EU-Parlaments 1012 Treffen mit 551 unterschiedlichen Lobbyisten zum AI-Act dokumentiert. Corporate Europe Observatory (CEO), eine Nichtregierungsorganisation zur Beobachtung von Lobbyismus in der EU, hat diese Bemühungen in ihrem Report *The Lobbying Ghost in the Machine* zusammengefasst. Dort berichtet das Netzwerk, welchen Druck US-Big-Tech beim AI-Act aufbaut. In privaten Meetings versuchten die US-Konzerne, KI als bloß noch eine weitere Technologie klein zu reden. CEO dagegen warnt: „KI ist nicht bloß eine Technologie, es ist ein neues Werkzeug, um Gesellschaften zu organisieren.“

DIE MACHT DER LOBBYISTEN

Die Lobbyisten haben durchaus Erfolge vorzuweisen. So kann es sein, dass die Regulierung von General Purpose AI in die Zukunft verschoben wird, wenn auch nicht bis in alle Ewigkeit. Das würde den Konzernen zumindest etwas Zeit geben, um Fakten zu schaffen. Die EU-Kommission neigt derzeit aber dazu, General Purpose AI doch in die Regulierung einzubeziehen – dann mit weniger strikten Bedingungen, die zudem „intern“ kontrolliert werden sollen, womit eine Art Selbstkontrolle gemeint sein könnte. Lobbyisten drängen nämlich selbst für Hochrisiko-KI auf Assessments durch eine Expertengruppe, in der Vertreter der zu regulierenden Konzerne sitzen sollen.

Wie schlau die Lobbyisten vorgehen, zeigen die Versuche, neutrale Organisationen zu beeinflussen. So erhielten die Mitglieder der European Digital SME Alliance einen Brief, der die Gefahr beschreibt, die kleinen und mittelständischen Unternehmen angeblich drohe, wenn General Purpose AI in die Regulierung aufgenommen würde. Der Brief stammte von BSA, einer Lobbying-Organisation, die von Microsoft gegründet wurde. Eine Reihe solcher Organisationen schreibt sich das Wohl von mittel-

**„KI ist nicht bloß eine Technologie,
es ist ein neues Werkzeug, um
Gesellschaften zu organisieren.“**

© Copyright by Heise Medien.

DREI FRAGEN AN REGGIE TOWNSEND ...

... den Leiter der Data Ethics Practice beim Analytik Unternehmen SAS und Mitglied des Beratergremiums für Künstliche Intelligenz von US-Präsident Joe Biden.

In den USA diskutieren Politiker vor allem die Chancen von KI, in Europa vor allem die Risiken. Stimmt dieser Eindruck?

Das stimmt schon. Die EU geht eher proaktiv vor, das sieht man am AI-Act. Der wird viel detaillierter sein als die AI Bill of Rights, die wir in den USA planen. In der AI Bill of Rights wird es neben ethischen Fragen vor allem um Wettbewerbsfähigkeit und die Auswirkungen auf Arbeitsplätze gehen. In den USA wird vieles von den Bundesstaaten geregelt, sodass es einen Flicken-teppich geben dürfte. Ein übergreifendes Gesetz ist ein großes Plus für die Wettbewerbsfähigkeit der EU. Hierbei sind auch die Unternehmen gefordert. Bei SAS haben wir ethische Richtlinien, die unsere Partner einhalten müssen, wenn sie mit uns Geschäfte machen wollen.

Das scheinen Google, Microsoft etc. anders zu sehen. Sie versuchen, den AI-Act zu entschärfen.

Dieses Lobbying gibt es auch in den USA. Aber Unternehmen wie Microsoft beschäftigen sich ebenfalls mit ethischen Fragen zu KI. Allerdings haben einige der großen Techunternehmen in den letzten Monaten Personal abgebaut, darunter leider auch Leute, die sich mit ethischen Fragen von KI beschäftigen.

SAS wirbt mit vertrauenswürdiger KI. Was ist damit gemeint? Und wie verhindern Sie Verzerrungen beim Training von KI-Modellen?

Vertrauenswürdig bedeutet unter anderem: fair und transparent. Wir benennen ethische Dilemmata und arbeiten an Mechanismen, um Verzerrungen in Trainingsdaten auszuschließen. Dazu generieren wir synthetische Daten, die diese alten Vorurteile nicht reproduzieren. Außerdem haben wir Mechanismen entwickelt, um Bias zu erkennen. Wir können das KI-Modell dann anweisen, diese Verzerrung auszuschließen. Eines ist für mich unumstößlich: Verantwortlich ist letztlich immer der Mensch. Er muss die Entscheidung treffen, niemals eine Maschine.

Reggie Townsend berät den US-Präsidenten in Fragen Künstlicher Intelligenz.



Die Mehrheit der Parlamentarier neigt bei General Purpose AI zu einer strikteren Auslegung.



Sarah Chander setzt sich in Brüssel für den Schutz digitaler Rechte ein.

ständischen Unternehmen und Start-ups auf die Fahnen, ist aber in Wirklichkeit Handlanger von Big Tech. Die EU-Parlamentarier Christel Schaldemose, René Repasi und Paul Tang haben sich bei der Präsidentin des Parlaments, Roberta Metsola, beschwert, weil diese Lobby-Organisationen verdeckt versuchten, politische Entscheidungsträger in der Debatte in die Irre zu führen.

Auch von Ursula von der Leyen können die drei wenig Unterstützung erhoffen. „Ich glaube an die Macht der Künstlichen Intelligenz“, jubelte die Präsidentin der EU-Kommission in einer Rede, worauf sie einige positive Anwendungsbeispiele wie die effizientere Erzeugung von erneuerbaren Energien oder die Erkennung von Brustkrebs anführte. Beispiele, die Google-CEO Sundar Pichai in einer Rede in Brüssel zuvor genannt hatte. Auch die sonst gegenüber US-Konzernen so unerbittliche EU-Kommissarin für Wettbewerb, Margarethe Vestager, scheint mittlerweile auf Linie zu sein. Zur Balance zwischen Innovation und Regulation befragt, sagte sie: „Meine größte Sorge ist, dass wir auf den Einsatz von Künstlicher Intelligenz verzichten werden.“ ●

Rap-Battle mit KI

Wie schlägt sich ChatGPT im direkten Vergleich mit Menschen?

Wir haben den Bot gegen eine Künstlerin und einen Künstler antreten lassen, die sehr prägnante Texte geschaffen haben.

Erkennen Sie, welche Version menschlich ist? – Gregor Honsel



Der Mond ist aufgegangen

Das von Matthias Claudius im Jahr 1790 getextete Lied ist nicht nur eins der beliebtesten Gute-Nacht-Lieder in deutschen Kinderzimmern, sondern wurde auch bereits Altkanzler Helmut Kohl – der einen sehr markanten Redestil pflegte – kabarettistisch als Rede in den Mund gelegt.



FASSUNG A

Der Mond, meine Damen und Herren, und das möchte ich hier in aller Offenheit sagen, ist aufgegangen! Und niemand von Ihnen, liebe Freunde, meine Damen und Herren, wird mich daran hindern, hier in aller Entschlossenheit festzustellen: Die goldenen Sternlein prangen, und wenn Sie mich fragen, meine Freunde, wo, dann sage ich es Ihnen: am Himmel! Und zwar, und das sei hier in aller Eindeutigkeit gesagt, so, wie meine Freunde und ich uns immer zu allen Problemen geäußert haben: hell und klar.

FASSUNG B

Der Mond hat sich, meine Damen und Herren, am Himmel erhoben. Die kleinen goldenen Sterne, sie leuchten hell und klar am Firmament. Sie wissen, der Wald zeigt sich in seiner dunklen Gestalt und verharrt in Schweigen. Nun, auf den Wiesen, dort sehen wir den weißen Nebel aufsteigen, auf wahrlich wunderbare Weise. Ja, meine Damen und Herren, das ist unser schönes Land, das ist unsere Heimat.



Large-Hadron-Collider-Rap

Physik und Poesie gehörten schon für Goethe eng zusammen. Heute bedient sich die moderne Teilchenphysik gigantischer Maschinen wie dem Large Hadron Collider in Genf. Da ist es naheliegend, dass die Poesie etwas ruppiger – oder rappiger – ausfällt.



FASSUNG A

Yo, listen up, I'm 'bout to drop some science,
The Large Hadron Collider, a true alliance,
Of physicists and engineers, they're never tired,
Probing the universe, the knowledge they've acquired.
At CERN, in Switzerland, beneath the ground,
A ring so massive, 27 kilometers 'round,
Protons be accelerated, near the speed of light,
Colliding particles, yo, it's such a sight!

Chorus:

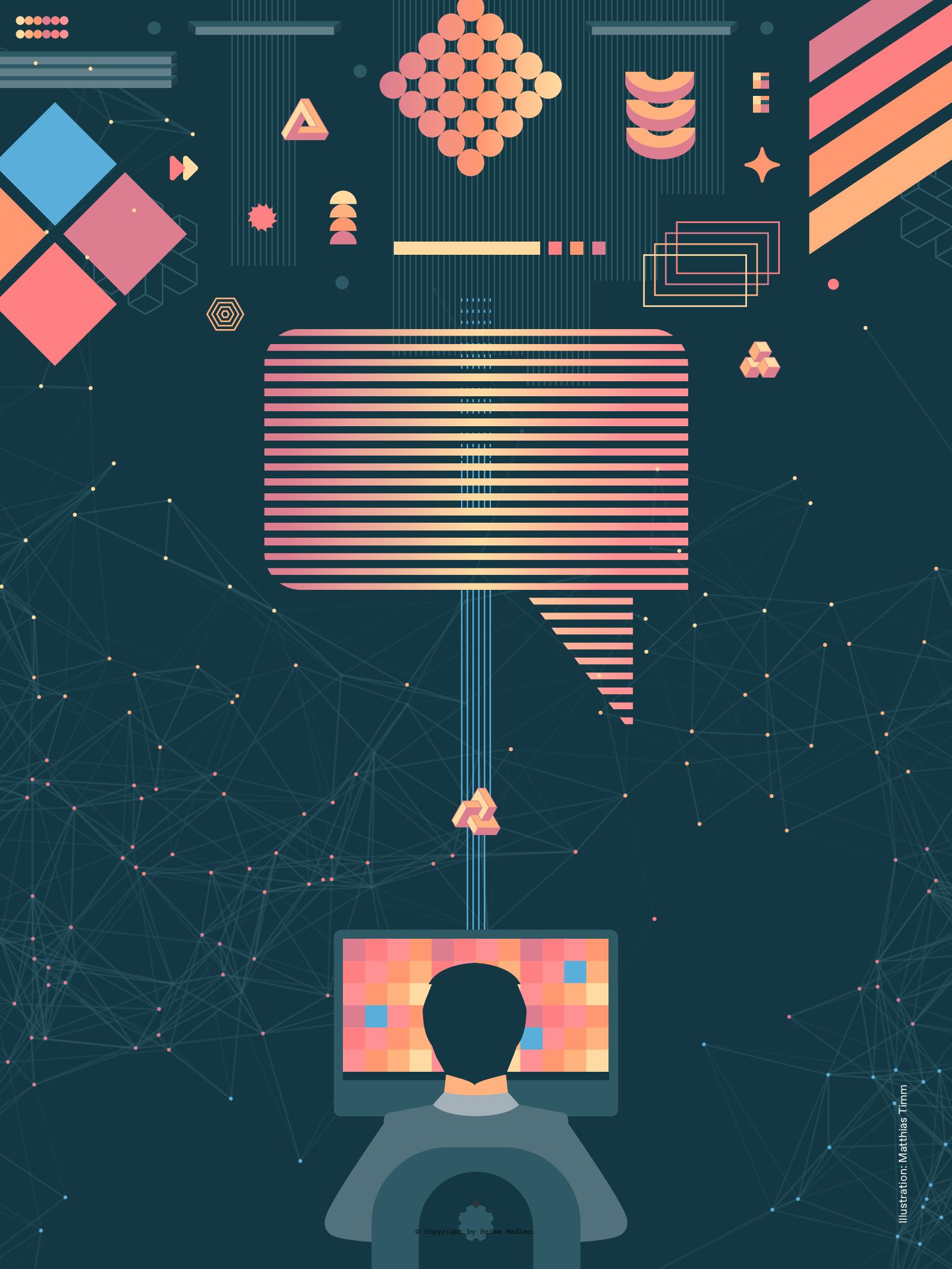
The Large Hadron Collider, breakin' new ground,
Discoverin' particles, that's what we found,
Higgs boson, dark matter, we're on the chase,
Unravelin' the mysteries of time and space.
We smashin' atoms, in the name of exploration,
Unveiling truths, it's a scientific revelation,
Yo, they found the Higgs boson, the God Particle,
Givin' mass to all matter, ain't it remarkable?
We're diggin' deeper, tryna understand the cosmos,
Dark matter, dark energy, we're getting close,
The Standard Model, yo, it's just the start,
The Large Hadron Collider, it's science as an art.

FASSUNG B

Twenty-seven kilometers of tunnel underground
Designed with mind to send protons around
A circle that crosses through Switzerland and France
Sixty nations contribute to scientific advance
Two beams of protons swing 'round, through the ring they ride
'Till in the hearts of the detectors they're made to collide
And all that energy packed in such a tiny bit of room
Becomes mass particles created from the vacuum
And then...

Chorus:

LHCb sees where the antimatter's gone
ALICE looks at collisions of lead ions
CMS and ATLAS are two of a kind:
They're looking for whatever new particles they can find
The LHC accelerates the protons and the lead
And the things that it discovers will rock you in the head
We see asteroids and planets, stars galore
We know a black hole resides at each galaxy's core
But even all that matter cannot explain what holds
All these stars together something else remains
This dark matter interacts only through gravity
And how do you catch a particle there's no way to see?
Take it back to conservation of energy
And the particles appear, clear as can be
You see particles flyin', in jets they spray
But you notice there ain't nothin' goin' the other way
You say, "My law has just been violated!
That don't make sense!
There's gotta be another particle to make this balance!"
And it might be dark matter, and for the first time
We catch a glimpse of what must fill most of the known 'Verse ●



Wie erziehe ich eine KI?

Generative KIs produzieren immer wieder toxische Aussagen und erfinden „Fakten“. Forschende versuchen, mit besseren Trainingsmethoden und neuen KI-Modellen gegenzusteuern. – Katja Scherer

Plagiate, diskriminierende Aussagen und Fake News: Solche Probleme treten beim Einsatz smarter Chatbots immer wieder auf. Beispiele dafür finden sich im Netz jede Menge. ChatGPT zum Beispiel produziert auf Anfrage Lobestexte über die Kommunistische Partei in China und liefert bei Bedarf den Code für die Verbreitung der Texte gleich mit. Er schmuggelt frei erfundene Fakten in sachliche Erklärungen und interpretiert Gedichte, die es gar nicht gibt.

So weit, so bekannt. Doch die schwierige Frage ist: Wie verhindert man das? Diese Frage wird immer dringlicher: Mitte März hat Google seinen KI-Chatbot Bard online gestellt, zunächst in den USA und in Großbritannien. In China bietet der Suchmaschinen-Gigant Baidu den Chatbot Ernie an. Der Einfluss der Bots wächst schnell.

„Beim Einsatz von Chatbots, die auf großen Sprachmodellen basieren, kann Faktentreue von Antworten nicht garantiert werden. Wenn solche Modelle laufend weiter trainiert werden, kann dies zu einer echten Gefahr werden, da Fake News dann rasend schnell im Netz dominieren können“, sagt Ute Schmid, Leiterin des Lehrstuhls für Kognitive Systeme an der Uni Bamberg. Forscher auf der ganzen Welt suchen daher nach Lösungen, wie man die Chatbots besser machen kann. Sie setzen dazu auf

„Sprachmodelle mit Entgiftungsmechanismen lieferten oft schlechtere Antworten als unkontrollierte Modelle.“

bereinigte Trainingsdaten, verfeinerte Lernverfahren und neue KI-Modelle.

Grundsätzlich füttern Entwickler ihre Sprachmodelle zunächst mit Milliarden von Texten aus dem Internet: mit E-Books, Medienartikeln, privaten Blogbeiträgen – mit allem, was das Netz so hergibt. Die smarten Algorithmen werten diese Texte statistisch aus, was im Fall von GPT4 – dem neuesten Sprachmodell hinter ChatGPT – heißt: Das Modell lernt, welches Wort am wahrscheinlichsten auf ein vorhergehendes folgt. Der Bot erkennt anhand von Wortkombinationen, was Nutzer von ihm wissen wollen. Dann reicht er in seiner Antwort immer das wahrscheinlichste Wort an das nächste. Das ist der ganze Zauber. „Zusätzlich kommen noch weitere Methoden des maschinellen Lernens zum Einsatz, insbesondere für das Fine-Tuning auf bestimmte Anforderungen oder auch zum Filtern von toxischen Inhalten“, sagt Schmid. „Allerdings hat OpenAI, das Unternehmen hinter ChatGPT, nicht alle Details offengelegt.“

STATISTISCH IST NICHT SINNVOLL

Grundsätzlich gilt: Statistisch sind die Antworten von Bots, die auf einem solchen Wahrscheinlichkeitsansatz basieren, sinnvoll. Trotzdem können

die Antworten inhaltlich falsch sein, sagt Mehdi Ali vom Fraunhofer IAIS und dem Lamarr-Institut für Maschinelles Lernen und Künstliche Intelligenz. „Solche Sprachmodelle werden nicht explizit darauf trainiert, faktisch korrekt zu sein.“ Genau das sei Teil des Problems. Oft gestalten die Entwickler ihre Bots sogar so, dass diese das nächste Wort aus einem Set von sehr wahrscheinlichen Wörtern auswählen, aber nicht zwingend das wahrscheinlichste Wort folgen lassen. „Das macht die Antworten abwechslungsreicher, aber es schafft noch mehr Raum für Fehler“, sagt Ali.

Ein Beispiel: Der Bot soll den Satz „Im Sommer ist es ...“ ergänzen. Das wahrscheinlichste Wort wäre hier wohl „heiß“. Das Set der wahrscheinlichsten Wörter könnte neben „heiß“ auch „warm“, „wärmer“, „früher hell“ oder „trocken“ beinhalten. Kann der Bot zwischen diesen Wörtern variieren, macht das seine Antworten

interessanter. Problematisch wird es aber, wenn das gleiche Prinzip auf Sätze wie „If you grab a woman by the ...“ angewandt wird. Dann ist im Set der wahrscheinlichsten Wörter offenbar auch viel Sexistisches dabei, das haben Forscher der University of Washington gezeigt. So entstehen toxische Aussagen. Mehdi Ali nennt ein weiteres Beispiel: So stimmt im Satz „Der Präsident der USA ist ...“ primär die Antwort Joe Biden. Kommt im Set der wahrscheinlichsten Wörter aber „Donald Trump“ vor, halluziniert beziehungsweise lügt der Bot.

MENSCHLICHES FEEDBACK

Wissenschaftler weltweit erforschen, wie man gegen diese Probleme vorgehen kann. Eine Variante ist, direkt bei der Datenbasis anzusetzen: also die Modelle nur mit solchen Texten vorzutrainieren, die keine Stereotype, keinen Rassismus und

keine Falschinformationen erhalten. Die Forscher der Universität Washington haben nachgewiesen, dass sich zumindest toxische Aussagen der Modelle dadurch reduzieren lassen – eine Garantie gegen Halluzinationen des Bots sind sie freilich nicht. Denn dass Donald Trump fälschlicherweise in ein Set wahrscheinlicher Wörter im Zusammenhang mit US-Präsidenten hineinrutscht und als aktueller Präsident ausgegeben wird, lässt sich so kaum vermeiden.

Unabhängig davon sei es auch schlicht sehr schwierig und aufwendig, Trainingsdaten in Form von hunderten Milliarden Wörtern aus unterschiedlichsten Quellen zu bereinigen, sagt Mehdi Ali vom Fraunhofer IAIS. „Man benötigt dafür Erfahrung im Aufbau einer umfangreichen Dateninfrastruktur, das Know-how, diese Datenmengen effizient zu verarbeiten, und ein tiefes Verständnis von Datenqualitätskonzepten.“

Training mit menschlichem Feedback

So funktioniert „Reinforcement Learning from Human Feedback“

Schritt 1

Sammele Beispieldaten und trainiere ein überwachtes Verhalten

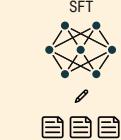
Ein Beispiel-Prompt aus dem Datensatz wird ausgespielt.

„Beschreibe die Mondlandung einem Sechsjährigen.“



„Einige Menschen flogen zum Mond...“

Die Daten werden zum Finetuning genutzt.



Schritt 2

Sammele Vergleichsdaten und trainiere ein Belohnungsmodell

Ein Beispiel-Prompt und mehrere Antworten werden ausgespielt.

„Beschreibe die Mondlandung einem Sechsjährigen.“

A „Erkläre Schwerkraft...“

B „Erkläre Krieg...“

C „Der Mond ist ein natürlicher Sattel...“

D „Leute flogen zum Mond...“

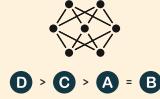
Ein Labeler rankt die Antworten von der besten bis zur schlechtesten.

Diese Daten werden genutzt, um das Belohnungsmodell zu trainieren.

D > C > A = B



D > C > A = B



Schritt 3

Optimiere das Verhalten mit dem Belohnungsmodell durch Reinforcement Learning

Ein neuer Prompt aus dem Datensatz wird ausgespielt.

„Schreibe eine Geschichte über Frösche.“

RM

Das Modell erzeugt einen Output.

„Es war einmal...“

RM

Das Belohnungsmodell berechnet eine Belohnung für den Output.

rk

Die Belohnung wird genutzt, um das Output-Verhalten zu optimieren.

Mit „Reinforcement Learning from Human Feedback“ will OpenAI die Antworten eines Chatbots zuverlässiger machen. Es funktioniert mit einem engen Wechselspiel zwischen Mensch und Maschine.

© Copyright by Heise Medien.

Menschen mussten sich massenweise Texte mit Gewalt, Vergewaltigungen, Hate Speech und Kindesmissbrauch durchlesen.

OpenAI setzt daher primär auf andere Mechanismen, um ChatGPT sicherer zu machen – zumindest soweit bekannt. Das Unternehmen nutzt sogenanntes „Reinforcement Learning from Human Feedback“. Konkret funktioniert das so: Die Entwickler bringen dem Sprachmodell bei, die wahrscheinlichsten Wörter aneinanderzureihen. Dann lassen sie das Modell auf verschiedene Anfragen jeweils mehrere Antworten ausgeben und menschliche Gutachter beurteilen, welche die beste ist. Daraus wird dann ein zweites KI-Modell entwickelt, ein sogenanntes Belohnungsmodell, um das Sprachmodell GPT-4 zu optimieren.

Darüber hinaus sollen offenbar automatisierte Sprachfilter toxische Sprache bei ChatGPT vermeiden. Bei OpenAI findet man dazu wenig – umso mehr dafür in der Presse. Das amerikanische Nachrichtenmagazin Time fand heraus, dass OpenAI über das amerikanische Outsourcing-Start-up Sama Mitarbeiter in Kenia beschäftigte – wie so oft, wenn es gilt, KI zu trainieren (siehe TR 6/2022, S. 34). Die Menschen mussten sich massenweise Texte mit Gewalt, Vergewaltigungen, Hate Speech und Kindesmissbrauch durchlesen und diese Daten „labeln“ – also so kategorisieren, dass sie von einem Algorithmus ausgewertet werden können.

OpenAI habe diese gelabelten Daten gebraucht, um einen smarten Filter für ChatGPT zu entwickeln, schreibt das Time-Magazine. Das Ziel war offenbar, einen Algorithmus in den Bot zu integrieren, der solche Inhalte erkennt und sperrt, bevor der Bot sie in die Welt setzt.

Wichtig ist das, ohne Frage. Schlimm ist, dass OpenAI diese sehr belastenden Tätigkeiten verheimlicht, schlecht bezahlt und auslagert. Technisch stellt sich außerdem die Frage, wie gut verwerfliche Inhalte überhaupt automatisiert gefiltert werden können. „Es gibt bei der Beurteilung kritischer Inhalte oft Grauzonen und die Deutung ist stark kontextabhängig“, sagt Philipp Hacker, Inhaber des Lehrstuhls für Recht und Ethik an der European New School of Digital Studies. Zwingt eine Mutter ihre Töchter dazu, sich Fersen und Zehen abzuschneiden, ist das in der Realität schwere Gewalt. Sollte der Algorithmus deswegen das Märchen Aschenputtelzensieren? Menschliche Gutachter kämen bei der Bewertung toxischer Aussagen oft zu anderen Schlüssen als automatisierte Filtersysteme, zeigten Forschende der amerikanischen Cornell University in einer Studie (heise.de/s/JWL). Das mache deutlich, wie nuanciert man bei der Bewertung vorgehen müsse.

Und Philipp Hacker ergänzt: Selbst bei der Einschätzung von Menschen aus unterschiedlichen Kulturkreisen könne es Unterschiede geben. „Aktuell kommen die führenden Chatbots aus den USA. Folgen die Filtersysteme amerikanischen Wertvorstellungen, werden möglicherweise Inhalte zensiert, die aus europäischer Sicht völlig in Ordnung sind, und umgekehrt“, sagt er. Das sei ein Grund, warum es so wichtig sei, künftig auch führende europäische Sprachmodelle zu schaffen.

GIFTMISCHUNG

Die bessere Kontrolle über die Bots hat außerdem in anderer Hinsicht ihren Preis. Sprachmodelle mit „Entgiftungsmechanismen“ lieferten oft insgesamt schlechtere Antworten als unkontrollierte Modelle, schreiben die Forscher der Cornell University. OpenAI bestätigt das mit Blick auf ChatGPT. Der Effekt sei „unerwünscht“, schreibt das Unternehmen. „Denn wenn die Modelle bei Aufgaben schlechter werden, die den Menschen wichtig sind, werden sie in der Praxis wahrscheinlich weniger genutzt.“ OpenAI geht daher einen Mittelweg. Es mischt während des „Reinforcement Learnings from Human Feedback“ wieder einen Teil

der ursprünglichen Trainingsdaten unter und trainiert den Chatbot auf diesen Daten nur mit Blick auf Wahrscheinlichkeiten. Das verhindere, dass die Leistung des Bots abnehme, und halte die Sicherheit im Wesentlichen aufrecht, schreibt OpenAI.

Aus Sicht der KI-Expertin Ute Schmid aus Bamberg haben rein auf Mustererkennung basierende Sprachmodelle ein Grundproblem. Solchen Modellen fehle das, was man als gesunden Menschenverstand bezeichnet, sagt sie: grundsätzliches Weltwissen und Verständnis für Zeit und Raum sowie die Fähigkeit, logische Schlüsse zu ziehen. Und das mache es auch so schwierig, sie vom Halluzinieren abzuhalten.

Entwickler arbeiten daher zunehmend an einer neuen Art von Sprachmodellen: Sie kombinieren statistische Ansätze wie das maschinelle Lernen mit sogenannten wissensbasierten Ansätzen. Das bedeutet, dass sie die Texte, mit denen sie ihre Sprachmodelle trainieren, vorab mit Informationen aus Datenbanken, Wissensgraphen und Dokumentensammlungen füttern. Dadurch sollen Chatbots lernen, nur solche Aussagen von sich zu geben, die sich als Fakt belegen lassen. Und sie sollen im besten Fall sogar selbst nachschlagen können. „Dann können sie nämlich immer zeitgemäße Fakten ausgeben und sind nicht auf den Wissensstand begrenzt, der während ihres Trainings aktuell war“, sagt Mehdi Ali vom Fraunhofer IAIS, der dort selbst an solchen Sprachmodellen forscht. Das Sprachmodell LaMDA von Google basiere ebenfalls auf einem solchen Ansatz, sagt er. Bei GPT-4 von OpenAI weiß man es schlicht nicht.

FAKten-CHECK

Konkret funktioniert der Ansatz von Ali beim Fraunhofer IAIS so: Angenommen, der Forscher möchte seinem Sprachmodell beibringen, wer Lionel Messi ist. Dann zeigt er dem Modell – genau wie das bei herkömmlichen Sprachmodellen gemacht wird – ganz viele Texte über Messi. Das Besondere ist aber, dass Ali und seine Kollegen vorher jede Information in den Trainingstexten mit dem Beleg aus einer Datenbank verknüpfen. So lernt das Modell, die Belege bei der Generierung der nächsten Wörter zu berücksichtigen, sodass es wahrscheinlicher wird, faktisch korrekte Texte vorherzusagen.



Ute Schmid von der Uni Bamberg sieht in halluzinierenden Chatbots eine Gefahr.



Fraunhofer-Forscher Mehdi Ali erforscht, wo und wie sich Bots irren.



Philipp Hacker von der European New School of Digital Studies betont, dass die Deutung richtiger und falscher Antworten oft stark kontextabhängig ist.

© Copyright by Heise Medien.

Aber: Kein Mensch kann einen kompletten Trainingsdatensatz für ein Sprachmodell mit Belegen versehen. Zudem können sich Informationen mit der Zeit ändern. Bis zu einem gewissen Grad muss das Modell die relevanten Fakten aus einer Wissensbasis selbst extrahieren.

Dafür folgt eine weitere Trainingsphase. Ali und seine Kollegen kombinieren die verschiedenen Texte über den Fußballer Messi mit jeweils zwei verschiedenen Sets an Fakten. In dem einen Set sind nur passende Fakten enthalten, im anderen Set unpassende, zum Beispiel, weil sie zu einer anderen Person gehören. Das Modell lernt durch diese Beispiele, passende von unpassenden Fakten zu unterscheiden, indem es Ähnlichkeiten in den Daten erkennt. Muss es später selbst Fakten über Messi in einer Datenbank nachschlagen, filtert es relevante Fakten in der Datenbank heraus. Der Bot kann dadurch im besten Fall auch solche Fragen richtig beantworten, deren Antwort sich mit der Zeit ändert, zum Beispiel der Spielerwert oder der aktuelle Verein von Messi. Das setzt natürlich voraus, dass die Datenbanken im Hintergrund aktuell gehalten werden.

Wie gut solche neuartigen Modelle die Halluzinationen von Chatbots verhindern können, sei derzeit Teil der Forschung, sagt Mehdi Ali. Auch der Facebook-Mutterkonzern Meta und das Unternehmen Google forschen daran (heise.de/s/JWL1, heise.de/s/mLYp). Möglich ist es auch, solche Modelle mit anderen Ansätzen wie dem Reinforcement Learning from Human Feedback zu kombinieren. Und auch weitere Fragen sind offen: Wie alltagstauglich zum Beispiel ist der Ansatz? Wie schnell kann ein Bot, der erst noch Quellen checken muss, überhaupt antworten? Und wer definiert, welche Quellen für den Bot qualitativ gut genug sind? „Wir arbeiten derzeit zusammen mit unseren Partnern daran, solche Ansätze für die realen Anwendungen in Unternehmen effizient umzusetzen“, sagt Mehdi Ali.

Mit Blick auf die Faktensicherheit von Chatbots wird man also in den kommenden Jahren hoffentlich deutliche Fortschritte sehen. Das wäre eine Voraussetzung dafür, dass die Bots standardmäßig im unternehmerischen und wissenschaftlichen Kontext eingesetzt werden können. Nur dann werden sie all die Effizienzvorteile bringen, die sich derzeit viele erhoffen. ●

Im Bundesverband Deutscher Innovations-, Technologie- und Gründerzentren e.V. (BVIZ) - sind rund 160 Innovationszentren vereint, deren Hauptaufgaben darin bestehen, Existenzgründungen zu fördern und neue, innovative Technologiefirmen zu unterstützen. Die Mitgliedszentren des BVIZ nehmen gründungswillige Unternehmer gern auf, beraten sie qualifiziert in allen die Unternehmensgründung betreffenden Fragen, betreuen sie bei den ersten Wachstumsphasen und bieten ihnen eine hervorragende Infrastruktur – von modernen Kommunikationsmöglichkeiten bis zu ausgestatteten Laboren. Der Verband vertritt in erster Linie die Interessen der Mitglieder gegenüber Öffentlichkeit, Politik und Wirtschaft. Darüber hinaus bietet er den Mitgliedern Erfahrungsaustausch, Know-how-Vermittlung, Zugang zu nationalen und internationalen Netzwerken sowie weitere Vorteile und Unterstützung.

Green Elephant Biotech:

Skalierbare und nachhaltige Lösungen für die Biopharmazie

Manchmal führen simple Alltagsbeobachtungen zu bahnbrechenden Innovationen. Im Falle des Startups „Green Elephant Biotech“ besuchte der Molekularbiologe und promovierte Bioverfahrenstechniker Dr. Joel Eichmann mit seiner Nichte einen Wasserspielplatz, auf dem eine archimedische Schraube Wasser nach oben in das Spielgerüst beförderte, als ihm die Idee kam, mit genau dieser Technologie ein innovatives Laborprodukt zu entwickeln.

Gemeinsam mit Mitgründer Felix Wollenhaupt, Betriebswirt und Pharma-Consultant, trieb Eichmann Produktentwicklung und Firmengründung voran.

Die inzwischen patentierte „CellScrew“ optimiert durch den neuartigen, schraubenförmigen Aufbau und die hohe Anzahl an Kompartimenten gleich zwei wesentliche Eigenschaften für die biopharmazeutische Produktion: Eine sehr gute Durchmischung und eine große Oberfläche für ein platzsparendes, schnelles und gleichmäßiges Zellwachstum.

Mit der Weiterentwicklung der Idee hin zur (weltweit ersten) Produktion von Labormaterialien aus vollständig pflanzenbasierten Bio-Kunststoffen setzen sich Eichmann und Wollenhaupt mit ihrer 2021 gegründeten „Green Elephant Biotech GmbH“ auch auf weiteren Ebenen für die ökologische Transformation des Laborbetriebs ein. Der Bedarf an nachhaltigen Lösungen ist gerade in dieser Branche enorm, denn weltweit werden durch die Verbrennung von Abfällen aus dem Labor jährlich rund 35 Megatonnen CO₂ freigesetzt.

Da die Wiederverwendung von Labormaterialien weder zulässig noch wirt-

schaftlich darstellbar ist, werden im Labor nach wie vor Einwegartikel eingesetzt. Mit der von „Green Elephant“ neu etablierten Verwendung von pflanzenbasierten und somit nachwachsenden Kunststoffen kann die vorgeschriebene Verbrennung der Laborabfälle jetzt aber nahezu CO₂ neutral erfolgen. Und: Technologische Innovationen wie die „CellScrew“ verringern die Abfallmenge deutlich, denn das additive Verfahren ermöglicht es, bei reduziertem Rohstoffeinsatz mehr Wachstumsoberfläche zu erzeugen.

Mit dem noch jungen „Grünen Elefanten“ ist der bislang von wenigen großen Playern dominierte Markt für Standard-Laborequipment um einen schnell wachsenden und konsequent nachhaltig agierenden Mitbewerber reicher: Das Startup konnte bereits Investoren gewinnen, den Markteintritt realisieren und an den Standorten Gießen und Berlin ein inzwischen 12köpfiges, hoch motiviertes Team aufbauen.



Die CellScrew CS10K (rechts) bietet mehr Wachstumsoberfläche als 125 Petrischalen.

Die Erfolgsstory der Green Elephant Biotech GmbH zeigt nicht zuletzt, wie gut die verschiedenen Unterstützungsangebote für Startups in der Region Mittelhessen ineinander greifen. Von der Gründungsberatung der Technischen Hochschule Mittelhessen über das Prototyping im MAGIE – Makerspace Gießen und das Hessische PUSH!-Stipendium bis hin zu den günstigen Räumen im Technologie- und Innovationszentrum Gießen (TIG): Alle Akteure ziehen an einem Strang, um passgenauen Support für das Startup zu gewährleisten.

Aktuell expandiert „Green Elephant“ weiter und baut vor Ort im TIG die 3D-Druck-Produktion aus.

„Die Ansiedlung im TIG war der richtige Schritt zur richtigen Zeit“, resümiert Eichmann, „die Flächen wachsen bedarfsgerecht mit und wir genießen das repräsentative und gründungsauffine Ambiente.“

Das TIG ist Wirtschaftsförderungsgesellschaft, wird überwiegend von öffentlichen Gesellschaftern getragen und hat schon ca. 400 Gründungen und Startups der verschiedensten Branchen begleitet. Geschäftsführerin Antje Bienert sieht in den letzten Jahren einen Trend zur Gründung mit Impact: „Gründerinnen und Gründer denken nicht mehr überwiegend profitorientiert, sondern möchten mit ihren Aktivitäten vor allem einen Beitrag zur Lösung ökologischer oder sozialer Probleme leisten. Das ist auch der Antrieb der Green Elephant Biotech GmbH. Dieses großartige Engagement brauchen wir dringend, denn nur so kann die Transformation der Wirtschaft hin zu mehr Nachhaltigkeit gelingen.“

„Mir graut es, wenn ich sehe, dass man Photovoltaik stattdessen auf fruchtbarem Boden baut.“

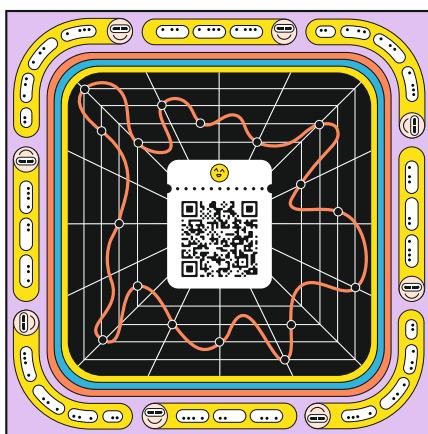
Andreas Maak, Technical Energy Manager bei Hermes, über ungenutzte Dachflächen im Gewerbe (Seite 60)

Report

- 59 KOLUMNE • Deutschlandticket, Digitaldebatten und kein Bus
- 60 PHOTOVOLTAIK • Verschenkter Platz an der Sonne
- 66 DÉJÀ-VU • Kurze Karrieren alternativer Treibstoffe
- 68 BIOTECHNOLOGIE • Unschädliche Schädlinge durch CRISPR
- 74 EXPERTE IN 5 MINUTEN • PFAS: Glatt, global, gefährlich
- 76 ARCHÄOLOGIE • Der Mann mit dem Magnetometer
- 81 JUBILÄUM • Siegeszug mit Nieten
- 82 TIERVERSUCHE • Aus die Maus?
- 86 PROTHESEN • Upgrades für den Körper

Deutschlandticket, Digitaldebatten und kein Bus

Warum ein Papierstück durchaus digital sein kann und was das mit mangelndem Verständnis von Digitalisierung, pünktlichen Bussen und dem 49-Euro-Ticket zu tun hat.



Meine Jugend auf dem österreichischen Land war geprägt von selten fahrenden Bussen und vielen Verkehrsstößen. Heute wohne ich in Berlin und fahre täglich mit der U-Bahn. Ich ❤️ Öffis. Es ist so unkompliziert. Leider hat man in Deutschland das Talent dazu, Dinge im Zeichen der Digitalisierung sinnlos kompliziert anstatt einfacher und effizienter zu machen. Neuestes Beispiel ist die Diskussion um das Deutschlandticket, besser bekannt als das „40 Euro zu teure 9-Euro-Ticket“. Es startete am 1. Mai. Im Vorfeld gab es eine Debatte darüber, in welcher Form das Ticket verfügbar sein soll: als Papierschein, Chipkarte oder via App. Eines war für den Verkehrsminister schnell klar: richtig „digital“ muss es sein, die millionenfach bewährte Variante aus Papier muss weg. In einem modernen Deutschland setzt man auf Chipkarte und App. Dabei sind weder App noch Chipkarte besonders neu und innovativ. In Berlin kaufe ich meine Tickets seit zehn Jahren per App. Aber wenn der Akku leer ist, rettet mich der gute alte Papierschein vom Automaten.

Digitalisierung, damit kämpfen die Verkehrsbetriebe nicht erst seit heute. Gemeinsam mit anderen Open-Data-Aktivistinnen und Aktivisten setzte ich mich vor elf Jahren dafür ein, dass Nahverkehrsdaten von Berlin und Brandenburg offen zur Verfügung gestellt werden. Unser Ziel war es, dass Menschen einfacher an ÖPNV-Informationen kommen und dadurch häufiger auf Bus und Bahn umsteigen. So ist es nach zähen Debatten auch gekommen: 2012 war Berlin die erste Stadt Deutschlands mit offenen Nahverkehrsdaten. Der Digitalisierungsschritt erfüllte seinen Zweck: Heute kann ich über jede x-beliebige App Nahverkehrsroute einsehen. Umsteigen auf Öffis wurde dadurch einfacher und attraktiver.

Ein attraktiverer, bezahlbarer, klimaschonender Nahverkehr ist auch das primäre Ziel des Deutschlandtickets. Aber wir wären nicht in Deutschland, wenn wir einfach so an die Erfolgsgeschichte des 9-Euro-Tickets anknüpfen würden. Das hat mit der vorhandenen Infrastruktur, bestehend aus Apps und Papierschein, gut funktioniert. Nein, wir müssen es schon ein bisschen komplizierter machen. Wir müssen „digitalisieren“, um Daten erheben zu können. Von denen hat man 2006 mal behauptet, sie wären das Öl des 21. Jahrhunderts – das muss schließlich gefördert werden.

Wie genau die Daten von App oder Chipkarte ohne Tausende kostspielige Terminals an jedem Ein- und Ausstiegspunkt über das ganze Land verteilt und ohne Dauertracking der App gesammelt werden sollen, bleibt mir jedoch rätselhaft. Die Millionen, die in den Ausbau dieser digitalen Datensammel-Infrastruktur gesteckt werden müssten, brauchen wir dagegen dringend beim Ausbau und der Modernisierung der Strecken und Verkehrsmittel.

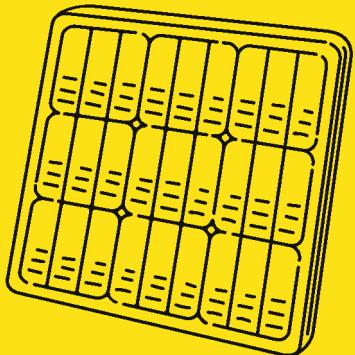
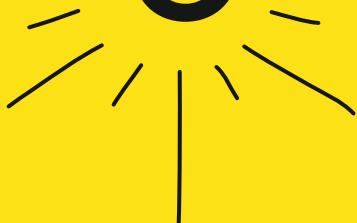
Die Aufgabe des Nahverkehrs ist es, Menschen zuverlässig, schnell, barrierefrei und günstig zu befördern. Dazu gehört meiner Meinung nach auch ein barriereärmer Zugang wie etwa ein Papierstreifen aus dem Automaten an der Haltestelle mit digitalem Code. Das ist richtig verstandene Digitalisierung, weil an der auch diejenigen Menschen teilhaben können, die damit überfordert sind, online ein Abo abzuschließen oder sich eine App zu installieren – oder das auch gar nicht wollen. Und das politische Unkenntnis Entlarvende an der ganzen Digitalisierungsdebatte ist: Papier und digital schließen sich in diesem Fall gar nicht aus. Ein Paperticket mit QR-Code ist mindestens genauso digital wie die vorgesetzte Chipkarte. Spätestens seit der COVID-Pandemie sind wir mit QR-Codes bestens vertraut und wissen, dass auch diese digital ausgelesen werden.

Digitalisierung ist und war noch nie ein Selbstzweck. Wenn man sich das immer wieder ins Gedächtnis ruft, dann kommt man am Ende zu dem Schluss, dass das Einfache den Zweck oft besser erfüllt als das scheinbar Innovative. Erzwingt man Innovation um der Innovation willen, kommen dadurch die Busse auch nicht pünktlicher.



Julia Kloiber arbeitet als Mitgründerin der feministischen Organisation Superrr Lab an gerechten und inklusiven digitalen Zukünften.

Verschenkter Platz an der Sonne



Auf den riesigen Flachdächern von Lagerhallen und Logistikzentren gibt es reichlich Platz für Solarmodule. Trotzdem sind nur die wenigsten mit Photovoltaikanlagen bestückt. Wie lässt sich das ändern? – Gregor Honsel

© Copyright by Heise Medien.

Irgendwo müssen sie doch zu finden sein. Am Nordhafen vielleicht, wo das Satellitenbild eine graue Landschaft aus riesigen Flachdächern zeigt? Fehlanzeige. Oder wenigstens in den Gewerbegebieten am Flughafen oder am Messegelände? Auf den Baumärkten, Möbelläden und Autohäusern an den Ausfallstraßen? Auf den Logistikzentren und Lagerhallen entlang der Autobahn? Auf den vielen Supermärkten in der Stadt?

Wer im Großraum Hannover nach Photovoltaikanlagen auf Gewerbedächern sucht, braucht viel Geduld. Sucht man lange genug, wird man schließlich doch noch fündig: Ein Hermes-Paketshop am Flughafen, ein Arvato-Logistikzentrum an der Messe, zwei große Edeka-Märkte, dazu noch ein paar verstreute, kleinere Anlagen. Aber das war es dann auch schon.

Hannover ist kein Einzelfall. Im Süden der Republik sieht die Lage zwar etwas besser aus, doch selbst in München findet man, wohin man auch blickt, hektarweise ungenutzte Flachdächer. Und das in einem Land, das seine Photovoltaikleistung bis 2030 mehr als verdreifachen will.

Dabei wären Gewerbedächer in vielerlei Hinsicht der ideale Standort für Solaranlagen. Oft bieten sie mehrere Tausend Quadratmeter Platz. Das macht die Installation pro Kilowatt deutlich günstiger als bei kleinen, zerstückelten Privatdächern. Und anders als bei Freiflächenanlagen müssen keine neuen Areale erschlossen werden. Vor allem aber sitzt unter dem gleichen Dach in der Regel auch schon ein Betrieb, der den Strom direkt nutzen kann. So entfallen teure Netzgebühren.

„Gewerbedächer sind auf jeden Fall relevant“, sagt Anna Heimsath, Abteilungsleiterin für PV-Kraftwerke am Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE. „22 Prozent aller Dachflächen in Deutschland sind Gewerbedächer. Und wir brauchen alle Flächen, die wir leicht erschließen können.“

Dazu passt, dass auch 23 Prozent des Stromverbrauchs auf Gewerbegebiete entfallen. Das technisch und wirtschaftlich nutzbare Potenzial von gewerblichen Solardächern beziffert sie auf 110 Gigawatt – fast doppelt so viel, wie in Deutschland in den letzten zwei Jahrzehnten insgesamt installiert wurde. Bei der tatsächlich installierten Leistung entfielen laut ISE im Jahr 2021 allerdings lediglich 22 Prozent auf Dachanlagen ab 100 kW. Das entspricht nur gut 13 Gigawatt, gerade mal etwas mehr als ein Zehntel des Potenzials.

EINBRUCH TROTZ SOLARBOOM

Dazu kommt: Trotz Solar-Boom ist der Zubau auf Gewerbedächern im vergangenen Jahr laut Branchenverband BSW Solar um rund 35 Prozent eingebrochen. Wie kann das sein?

„Ungefähr die Hälfte der Hallen haben nicht die technischen Voraussetzungen“, sagt Christian Helbig, Head of Real Estate & Facility Management beim Logistikunternehmen Hermes Germany. Meist

reicht die zulässige Dachlast nicht aus. Die Unterkonstruktionen der Solaranlagen bieten jedoch viel Abspeck-Potenzial. „Viele sehen noch aus wie vor 20 Jahren – möglichst stabil gebaut“, sagt Fraunhofer-Forscherin Heimsath. „Dabei lässt sich auch dort noch viel Material reduzieren.“

Auch Leichtbaumodule mit einer Rückseite aus leichtem Faserverbundkunststoff statt aus Glas reduzieren die Last auf dem Dach. „Die wären allerdings etwas teurer“, räumt sie ein. Gleich zwei Fliegen mit einer Klappe würde zudem eine Ost-West-Ausrichtung der Module schlagen: Sie sind dann in einem flacheren Winkel aufgeständert und brauchen entsprechend weniger Unterbau. In Summe liefern sie zwar weniger Strom als nach Süden ausgerichtete Module, diesen aber gleichmäßiger über den Tag verteilt.

Noch eleganter wäre es, die Solarzellen gleich in die Dachhaut einzuarbeiten. Dabei kooperiert das ISE mit Sonos Motors. Das Start-up musste sein Solarauto Sion zwar kürzlich mangels Finanzierung beerdigen, arbeitet aber weiter an der Integration von Solarzellen auf den Dächern von Bussen oder Lastwagen.

RECHTLICHE HÜRDEN

Die größte Hürde war bisher allerdings nicht technischer, sondern rechtlicher Natur. Der Gesetzgeber gab sich große Mühe, die Regeln möglichst verwirrend zu gestalten. Wollten beispielsweise Betreiber von Dachanlagen ab 750 Kilowatt (rund 7500 Quadratmeter) eine Einspeisevergütung erhalten, mussten sie sich bei einer Auktion darum bewerben – und dabei mit viel größeren und meist günstigeren Freiflächenanlagen konkurrieren. Den Zuschlag bekommt, wer sich mit der niedrigsten Vergütung zufriedengibt. Wer dann einen Zuschlag bekam, durfte seinen Strom nicht selbst verbrauchen. Für kleinere Anlagen galten ebenfalls eine Vielzahl verworrender Regeln, die alle eins gemein hatten: Sie machten das Einspeisen von Solarstrom ins Netz maximal unattraktiv (siehe TR 9/2019, S. 103).

Die Logik dahinter ist einfach: Für eine Einspeisung gibt es deutlich weniger Geld, als sich durch den Eigenverbrauch sparen lässt. Wie viel genau, hat eine Studie von Energy Brainpool und Fraunhofer ISE für den Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW) anhand verschiedener Beispiele durchgerechnet. Für einen nicht-produzierenden Betrieb mit bis zu 50 Mitarbeitern und einem jährlichen Strombedarf von 170 Megawattstunden rechnen die Autoren mit einem Kilowattpreis von über 19 Cent im Jahr 2030. Dem steht eine Einspeisevergütung von bisher lediglich rund fünf Cent gegenüber.

Aus solchen Überlegungen ergab sich beispielsweise die Dimensionierung der Dachanlagen des Hermes-Logistikcenters am Flughafen Hannover: „Die Zielgröße ist der Eigenbedarf“, sagt

Aus Sicht der Betreiber ist der Fokus auf Eigenverbrauch verständlich – aus volkswirtschaftlicher Sicht verhängnisvoll.

Andreas Maak, Technical Energy Manager bei Hermes Germany. „Einspeisen möchten wir eigentlich nicht. Das ist für uns nicht sinnvoll.“ So würden etwa die 450 Kilowatt der Solaranlage am Flughafen nahezu komplett selbst genutzt.

Andere Betreiber sehen das ähnlich. „Bei Anmietungen von Gebäuden steht die Photovoltaik in den Leistungsbeschreibungen, bei Eigentum kommt sie – wenn möglich – immer aufs Dach“, sagt Tobias Breder, Abteilungsleiter Facility Management bei Edeka Minden-Hannover. Das primäre Motiv sei „Unabhängigkeit vom Energiemarkt.“ Daneben gebe es aber auch weiche Faktoren: „Viele Kunden fragen nach einer Solaranlage. Auch wenn wir uns für einen neuen Standort bei einer Kommune vorstellen, hilft es, zu sagen: Das ist unser Standard.“ In den Filialen betrage Eigenverbrauch durchschnittlich 90 Prozent.

Auch Aldi Süd achtet bei der Auslegung der Anlagen „insbesondere auf die

Eigenverbrauchsquote“, so die Pressestelle. Rund 1350 der knapp 2000 Filialen und alle Logistikzentren seien mit PV-Modulen versehen. Zudem erhalte jede Neubaufiliale eine Dachanlage. Der Eigenverbrauch liege bei rund 80 Prozent.

Aus Sicht der Betreiber ist der Fokus auf den Eigenverbrauch verständlich – aus volkswirtschaftlicher Sicht aber verhängnisvoll. „Wird die Dimensionierung einer neu zu installierenden PV-Dachanlage auf der [bisherigen] Basis wirtschaftlich optimiert, so fällt die optimale Anlagengröße im Ergebnis stets deutlich kleiner aus als die maximale Leistung, die auf der betreffenden Dachfläche möglich wäre“, heißt es in der Studie von Energy Brainpool und ISE. Das bedeutet: Relativ einfach und günstig zu erschließende Stromquellen gehen verloren.

Die gute Nachricht: Einiges spricht dafür, dass langsam Bewegung in die Sache kommt, etwa durch die jüngste Novelle des Erneuerbare-Energien-Geset-

zes (EEG). „Mit dem EEG 2023 wurden einige wichtige Hemmnisse für Gewerbedächer abgeschafft“, lobt der Branchenverband BSW Solar. So müssen Betreiber nun erst ab einem Megawatt an einer Auktion teilnehmen, und dabei nicht mehr mit Freiflächenanlagen konkurrieren, sondern bekommen ein eigenes Segment (gemeinsam mit Lärmschutzwänden).

Solche Ausschreibungen waren wegen der unattraktiven Bedingungen zuletzt notorisch unterzeichnet. Oft konnte die Bundesnetzagentur nur die Hälfte der ausgeschriebenen Leistung loswerden. Die jüngste Auktion vom Februar war zwar immer noch unterzeichnet, aber längst nicht mehr so stark: Von den ausgeschriebenen 217 Megawatt fanden immerhin 195 MW einen Abnehmer. Der Zuschlag lag im Schnitt bei knapp 11 Cent pro Kilowattstunde – deutlich mehr als bei den bisherigen Auktionen, bei denen Freiflächenanlagen die Preise setzen.

Zudem erleichtert das EEG es nun, zwei getrennte Anlagen parallel auf einem Dach zu betreiben. Eine davon kann dann auf den Eigenverbrauch, die andere auf die Einspeisung optimiert werden. „In der Folge macht es Sinn, gleich die komplette Dachfläche mit PV-Modulen zu belegen“, heißt es in der im März veröffentlichten „Photovoltaik-Strategie“ des Bundeswirtschaftsministeriums.

Dafür muss allerdings die Einspeisevergütung passen. Auch diese wurde im Zuge der EEG-Novelle erhöht. Für den BSW Solar ist sie allerdings immer noch zu niedrig, um „mit Blick auf die stark steigenden Anlagen- und Kapitalkosten ausreichend Investitionssignale bei gewerblichen Anwendungen auszulösen“.

SCHNELLE AMORTISATION SELTEN

Die Sache mit der Wirtschaftlichkeit ist bei Gewerbedächern ohnehin komplizierter als bei anderen Photovoltaiksegmenten. Das fängt schon mit den Eigen-

Photovoltaikanlage auf einer Filiale von Aldi Süd. Mehr als die Hälfte der Filialen sowie sämtliche Logistikzentren sind nach Unternehmensangaben bereits mit Solarmodulen bestückt.



© Copyright by Heise Medien.

tumsverhältnissen an: Zum Teil sind die Gebäude im Besitz der Benutzer, zum Teil angemietet. Zum Teil werden die Solaranlagen von Nutzern selbst betrieben, zum Teil von den Immobilienbesitzern.

Soll ein Betrieb selbst in eine PV-Anlage investieren, hat er oft ziemlich sportliche Rendite-Vorstellungen: „Die Firmen möchten recht kurze Amortisationszeiten von fünf bis sieben Jahren. Das ist heute ganz selten zu erreichen“, sagt Michael Claußner von Energy Brainpool, einer der Autoren der BDEW-Studie. Bei Einfamilienhäusern seien die Entscheidungen hingegen langfristiger und subjektiver, hier spielen auch idealistische Motive hinein. Und hinter Freiflächenanlagen stehen in der Regel Geldgeber, die sich auf langfristige Investments spezialisiert haben.

Die Brücke zwischen den Welten bauen „Contractors“, die Investitionen in PV-Anlagen übernehmen und dafür einen Teil der eingesparten Stromkosten bekommen. Solche Modelle „können aus Sicht eines Gewerbedachbesitzers für kürzere Amortisationszeiten sorgen, wenn der Contractor die Mehrheit der Investitionskosten tragen und längere Amortisationszeiten in Kauf nehmen kann, um seinen Kunden stärker an den Gewinnen der ersten Betriebsjahre partizipieren zu lassen“, so die BDEW-Studie.

Ein solcher Contractor ist die RE.source Projects GmbH. Sie hat schon mehrere Projekte im Megawatt-Bereich realisiert. Vorläufiger Höhepunkt ist eine 80 000 Quadratmeter große Dachanlage mit knapp 9,3 Megawatt, die Anfang Mai auf einem Logistikzentrum in Bremen eröffnet wurde. Sie ist nach Angaben des Hallenbetreibers BLG Logistics „die derzeit größte zusammenhängende Dach-Photovoltaikanlage auf einer Industriimmobilie in Deutschland“.

„Es handelt sich um eine sogenannte Mischanlage“, erläutert Tilo Nahrrath von RE.Source. Für die gesamte Leistung hat der Projektierer an einer Auktion der Bundesnetzagentur teilgenommen und einen Zuschlag für eine feste Einspeisevergütung bekommen. Zudem kann der Strom auch vor Ort selbst verbraucht oder direkt an Dritte vermarktet werden.

Daneben hat sich auch ein eigener Mietmarkt für Gewerbedächer etabliert. „Dienstleister wie Solar Energy Consult oder Solardachmiete.de bieten an, die Flächen gegen Zahlung einer Prämie



Sehen Sie? Sie sehen nichts. Zentral im Bild ist das Gelände der Messe Hannover, darum herum Gewerbegebiete. Lediglich das Arvato-Logistikzentrum oben ist komplett mit Solarmodulen (rot markiert) bestückt. Ansonsten finden sich nur kleinere Anlagen (unten). Ein typisches Bild in Gewerbegebieten.

zu einer Photovoltaikanlage umzurüsten und diese auch zu betreiben“, heißt es auf der Webseite solaranlage-ratgeber.de. „Das schmälert möglicherweise den eigenen Ertrag ein wenig, doch muss sich der Vermieter dafür nur um wenig Fachliches kümmern.“

Die BDEW-Studie schlägt noch einen anderen Weg vor, Dachanlagen attraktiver zu machen: Den Verbrauch erhöhen, etwa durch Ladesäulen. Das erfordert zwar zusätzlich Investitionen, führt aber auch zu höheren Einnahmen. Schon Ladesäulen für zehn E-Fahrzeuge steigerten „die wirtschaftlich opti-

male PV-Leistung um 25 Prozentpunkte“, hat die Studie errechnet.

Tatsächlich verbinden viele Betreiber ihre Dachanlagen bereits mit Ladesäulen. Die im Bau befindliche Hermes-Logistikhalle in Dresden-Thiendorf soll eine 3100 Quadratmeter große PV-Anlage mit 644 Kilowatt bekommen – nebst 40 Ladepunkten für E-Fahrzeuge. Und auch Aldi Süd berichtet, in den letzten Jahren 550 Filialen mit E-Ladestationen ausgestattet zu haben.

Noch größer ist der Hebel bei der Wärme. Schon wenn sie nur zur Hälfte elektrisch erzeugt wird, rechnet sich laut

BDEW-Studie eine „vollständige Dachflächenauslastung“. Wenn produzierende Betriebe ihre Niedertemperatur-Wärme (bis circa 130 Grad) weitestgehend elektrisch bereitstellen und/oder über einen Tag hinweg speichern, erscheine „eine vollständige Auslastung des PV-Potenzials bereits ohne weitere regulatorische Eingriffe bei Amortisationszeiten von unter fünf Jahren umsetzbar“.

NADELÖHR NETZBETREIBER

Soweit zumindest die Theorie. In der Praxis plagt die PV-Verantwortlichen noch

MEHR PLATZ FÜR DIE PHOTOVOLTAIK

Derzeit sind Solarmodule vor allem an Gebäuden und auf freien Flächen zu finden. Doch es gibt noch genug andere Möglichkeiten.

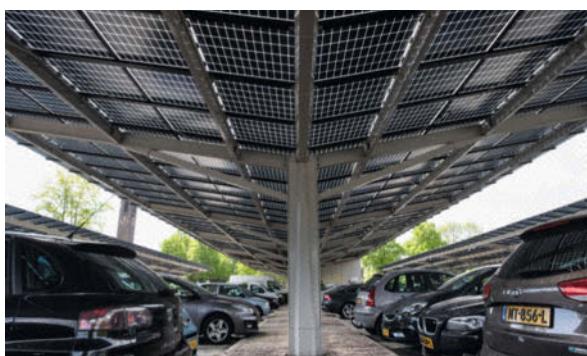
Parkplätze

In mehreren deutschen Bundesländern gilt eine Solarpflicht für neu gebaute Parkplätze ab 35 Stellplätzen. Große Anlagen gibt es bereits in Ahrensburg (560 kW), Hilden (440 kW) und Schwabach (340 kW). Im sächsischen Rackwitz eröffnete ein Automobil-Logistiker Ende vergangenen Jahres sogar eine Anlage mit 5,7 MW. Später soll sie auf 16 MW (6000 Stellplätze auf 14 Hektar) ausgeweitet werden.

Autobahnen

Die Ampel-Koalition hat die rechtlichen Bedingungen erleichtert, Photovoltaikanlagen entlang von Autobahnen und Bundesstraßen zu errichten. Bei neuen Autobahnen sollen Solaranlagen entlang der Strecke sogar vorgeschrieben werden. An der Raststätte Im Hegau Ost soll die A81 gar komplett mit einem 140 Quadratmeter großen PV-Dach in 5,5 Metern Höhe überdacht werden.

Parkplatz mit PV-Dächern im niederländischen Dronten.



Städte

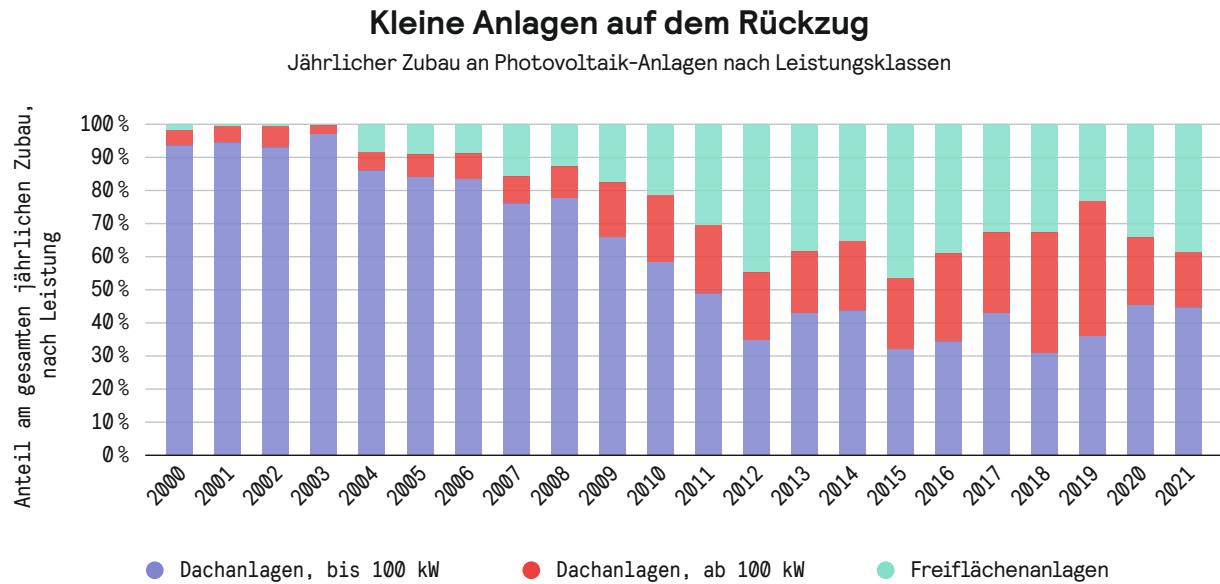
Viele urbane Einrichtungen wie Schattenspender oder Werbetafeln können auch PV-Module tragen. Das Fraunhofer ISE schätzt das Potenzial deutschlandweit auf 59 Gigawatt, also fast so viel, wie bereits an PV-Leistung installiert ist. Nötig sei dazu aber die „Schaffung klarer Anforderungen an die Genehmigung (Sicherheit, behördlicher Prozess, Zuständigkeiten, Normen)“.

Landwirtschaft

Normale PV-Freiflächenanlagen eignen sich unter bestimmten Bedingungen auch als Schafweiden (siehe TR 7/2021, S. 80). Montiert man die Module hoch genug – oder aufrecht mit ausreichendem Abstand –, können auch Traktoren die Fläche beackern. Bei schattenliebenden Pflanzen kann der Ertrag dadurch sogar steigen. Allerdings gehen bei der Doppelnutzung bisher die landwirtschaftlichen EU-Subventionen verloren. Zum Ausgleich bekommen die PV-Anlagen einen Bonus bei den Ausschreibungen.

Wasser

Auf natürlichen Seen sind große schwimmende Anlagen problematisch, weil sie das Wasser verschatten und dadurch das ganze Ökosystem beeinflussen. Aber für künstliche Anlagen wie Wasserreservoirs oder Kiesteiche gilt das nicht im gleichen Maße. Dort könnten die Paneele zugleich die Wasserverdunstung bremsen. Trotzdem schreibt das Wasserhaushaltsgesetz pauschal einen Uferabstand von mindestens 40 Metern und eine Bedeckung von maximal 15 Prozent der Wasserfläche vor, ohne zwischen den Gewässerarten zu differenzieren. Die Photovoltaik-Strategie der Bundesregierung verspricht ein „maßvolles Nachjustieren der Anforderungen“. Auf dem Mortkasee beim sächsischen Lohsa, einem gefluteten Braunkohletagebau, soll zudem noch in diesem Jahr das Forschungsprojekt PV2Float starten, um verschiedene Ansätze für schwimmende PV-Anlagen miteinander zu vergleichen.



In den frühen 2000ern dominierten ausschließlich kleinere Aufdachanlagen bis 100 kW den Markt. Der Zubau an größeren Dachanlagen (mittleres Segment) erreichte 2019 seinen Höhepunkt und brach danach wieder ein.

eine ganz andere Sorge: „Netzbetreiber, Netzbetreiber, Netzbetreiber. Ohne die geht nichts, die sind das Nadelöhr“, fasst Tristan Sieg, Gruppenleiter PV bei Edeka Minden-Hannover, die drei aus seiner Sicht größten Probleme zusammen.

Damit eine PV-Anlage bei einer drohenden Überlastung des Stromnetzes abgeregelt werden kann, brauchen die Netzbetreiber unter anderem einen Fernzugriff. Zudem benötigen alle Anlagen ab 135 Kilowatt eine Zertifizierung durch einen unabhängigen Prüfer. „Es gibt unendlich viele Netzbetreiber, und die wollen es alle anders haben“, sagt Sieg. „Es gibt keinen übergreifenden Standard.“ Andreas Maak von Hermes Germany bestätigt: „Das ist ein Grauen. Wir müssen mit jedem einzelnen Netzbetreiber kämpfen.“

Konkret sehe das etwa so aus, erzählt Maak: „Wenn wir eine Anlage nach DIN-Norm bauen und die Norm ändert sich zwischenzeitlich, müssen wir mit dem Netzbetreiber erst einmal ausfechten, was denn nun die maßgebliche Norm ist. Dann brauchen wir Spezialfirmen für die Zertifizierung, da muss man erst einmal eine Firma mit verfügbaren Ressourcen finden. Dann hat jeder Netzbetreiber eigene Regularien für den Fernzugriff. Dann müssen sie einen Lieferanten finden, der genau das Modul hat, das der Netzbetreiber fordert. Dann muss das programmiert werden. Dann muss ein Termin mit dem Netzbetreiber gefunden werden, um zu überprüfen, ob alles eichrechtskonform ist. Das ist eine Arie, die sich an einem Standort nun schon zwei Jahre hinzieht.“ Ihm sei „schleierhaft“, wie man bei den ganzen Regularien eine Energiewende schaffen wolle.

Schon Ladesäulen für zehn E-Fahrzeuge steigern die wirtschaftlich optimale PV-Leistung um 25 Prozentpunkte.

Das Wirtschaftsministerium kennt dieses Problem: „Die technischen Anschlussbedingungen der ca. 870 Verteilnetzbetreiber in Deutschland weichen teilweise voneinander ab und sollten stärker vereinheitlicht werden. Dabei handelt es sich um ein komplexes und längerfristiges Vorhaben“, heißt es in der Photovoltaik-Strategie. Nun will das BMWI den Anschluss „unter Ausnutzung der zur Verfügung stehenden Fachkräfte beschleunigen, ohne Abstriche bei Sicherheit und Bilanzierung“ – unter anderem durch eine „flächendeckende Standardisierung und Digitalisierung von Prozessen“ sowie „verbindliche Fristen für den Netzanschluss“.

Die Details soll nun ein vom Ministerium ins Leben gerufener „Branchendialog“ ausarbeiten. Auch die Bundesnetzagentur (BNetzA) soll sich nach dem Willen des BMWI stärker einmischen: „Netzbetreiber fordern zum Beispiel bestimmte Produktmarken oder Gerätetypen, obwohl vergleichbare Produkte vorliegen. Die BNetzA wird diese Anforderungen bei Beschwerden weiterhin auf Missbräuchlichkeit überprüfen.“ Und wenn sich die Zertifizierung von Anlagen verzögert, dürfen sie seit Kurzem trotzdem schon ans Netz angeschlossen werden und die Unterlagen nachgereicht werden.

Der Zertifizierungsstau wird sich so bald wohl nicht auflösen. Denn während der Bund noch am rechtlichen Rahmen feilt, setzen die Länder auf harte Ordnungspolitik: Baden-Württemberg, Bayern, Berlin, Hamburg, Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen, Rheinland-Pfalz und Schleswig-Holstein haben bereits eine Photovoltaik-Pflicht für neue Nicht-Wohngebäude erlassen. ●

Kurze Karriere

An dieser Stelle blicken wir zurück auf frühere Artikel aus der MIT Technology Review, die heute wieder aktuell sind. Diesmal: alternative Treibstoffe. – Gregor Honsel

Die Tankstelle der Zukunft, prophezeite TR vor 18 Jahren, werde einen ganzen Zoo unterschiedlichster Spritsorten bereitstellen – Biodiesel, Bioethanol, CNG (Compressed Natural Gas), GtL (Gas-to-Liquid), CtL (Coal-to-Liquid) und BtL (Biomass-to-Liquid). Für ausgemacht hielten wir es damals, dass all diese Treibstoffe früher oder später von Wasserstoff abgelöst würden. Rein elektrische Antriebe erwähnt der Artikel mit keinem Wort. Kein Wunder: Der erste Tesla wurde erst ein Jahr später vorgestellt (siehe TR 10/2006, S. 32).

Die vorgestellten X-to-Liquid-Technologien kamen nie richtig vom Fleck. Das ehemalige Vorzeigunternehmen Choren etwa, das im sächsischen Freiberg Sprit aus Abfallholz herstellen wollte, ging 2011 pleite. Das einzige dieser Verfahren, das heute relevant ist, hatte 2005 noch kaum jemand auf dem Schirm: CO₂-to-Liquid, sprich: E-Fuel. Die Frage, wie sinnvoll sein Einsatz im Pkw ist, entzweit gerade die deutsche Regierung und die EU (siehe TR 3/2023, S. 112). Für Schiffe und Flugzeuge hat es offenbar dennoch eine große Karriere vor sich: Kürzlich hat die Europäische Union E-Fuel-Quoten für sie erlassen.

Andere alternative Treibstoffe haben ihren Peak schon wieder hinter sich – etwa komprimiertes Erdgas (CNG). „In diesem Jahr wurde die 600. Tankstelle eröffnet, bis 2007 sollen es 1000 sein“, hieß es in Heft 10/2005. Tatsächlich stieg die Zahl der CNG-Tankstellen erst Anfang

der 2010er-Jahre auf über 900 und sank seitdem wieder auf unter 800. Auch das Angebot an CNG-tauglichen Fahrzeugmodellen ging wieder zurück.

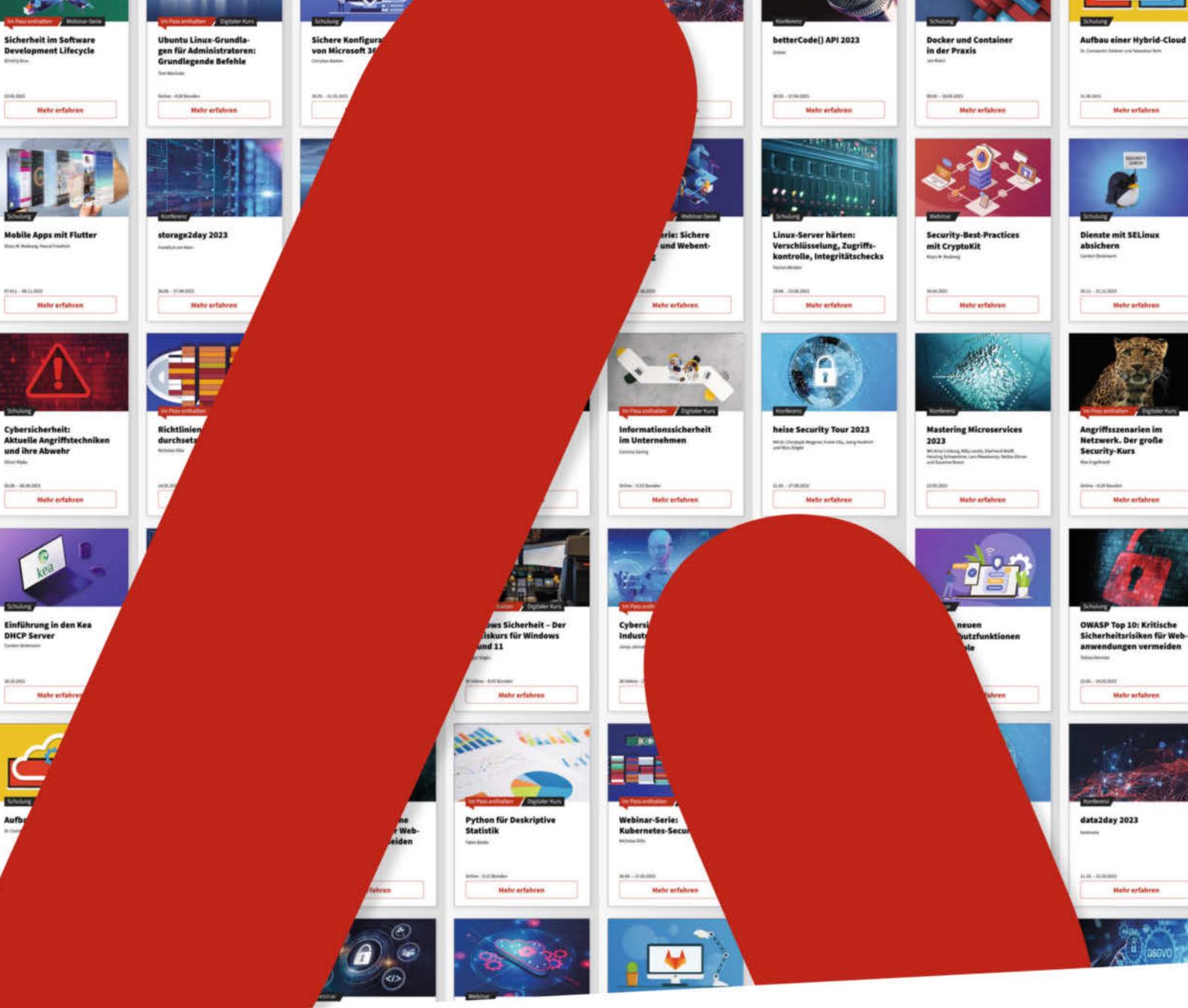
Bioethanol hingegen konnte sich durchsetzen: „Hierzulande wird Bioethanol im Moment noch kaum produziert oder angeboten, was sich aber rasch ändern wird“, prophezeiten wir 2005. „An Ethanol wird es kein Vorbeikommen geben, wenn man die Biotreibstoff-Richtlinien der EU erfüllen will.“ In den folgenden Jahren wurden E5 und E10 (Superbenzin mit fünf- beziehungsweise zehnprozentiger Ethanol-Beimischung) dann in der Tat zum Standard.

Doch auch hier zeichnet sich ein Karriereknick ab: Sowohl innerhalb der Ampel-Koalition als auch innerhalb der EU ist umstritten, wie es mit Agrartreibstoffen weitergehen soll (siehe TR 6/2022, S. 60). Sie stehen nicht nur in direkter Konkurrenz zu Nahrungsmitteln – Gegner machen sie zudem für Flächenverbrauch und Artensterben verantwortlich. Befürworter halten sie für eine wichtige Option, um die Klimaziele des Verkehrssektors zu erreichen.

Biotreibstoffe aus Abfällen wären zwar eine umweltfreundliche Alternative, sind aber nur begrenzt verfügbar. Ähnlich wie bei den E-Fuels liegt ihre Zukunft wohl jenseits des Pkws. Zumindest beim Luftverkehr will die EU künftig auch Agrarsprit aus Abfällen akzeptieren, um die vorgeschrriebene Quote an klimaneutralen Treibstoffen zu erfüllen. ●



TR 10/2005: Einige Treibstoffe haben ihren Höhepunkt schon wieder hinter sich.



Wissenslücken? Nicht mit uns!

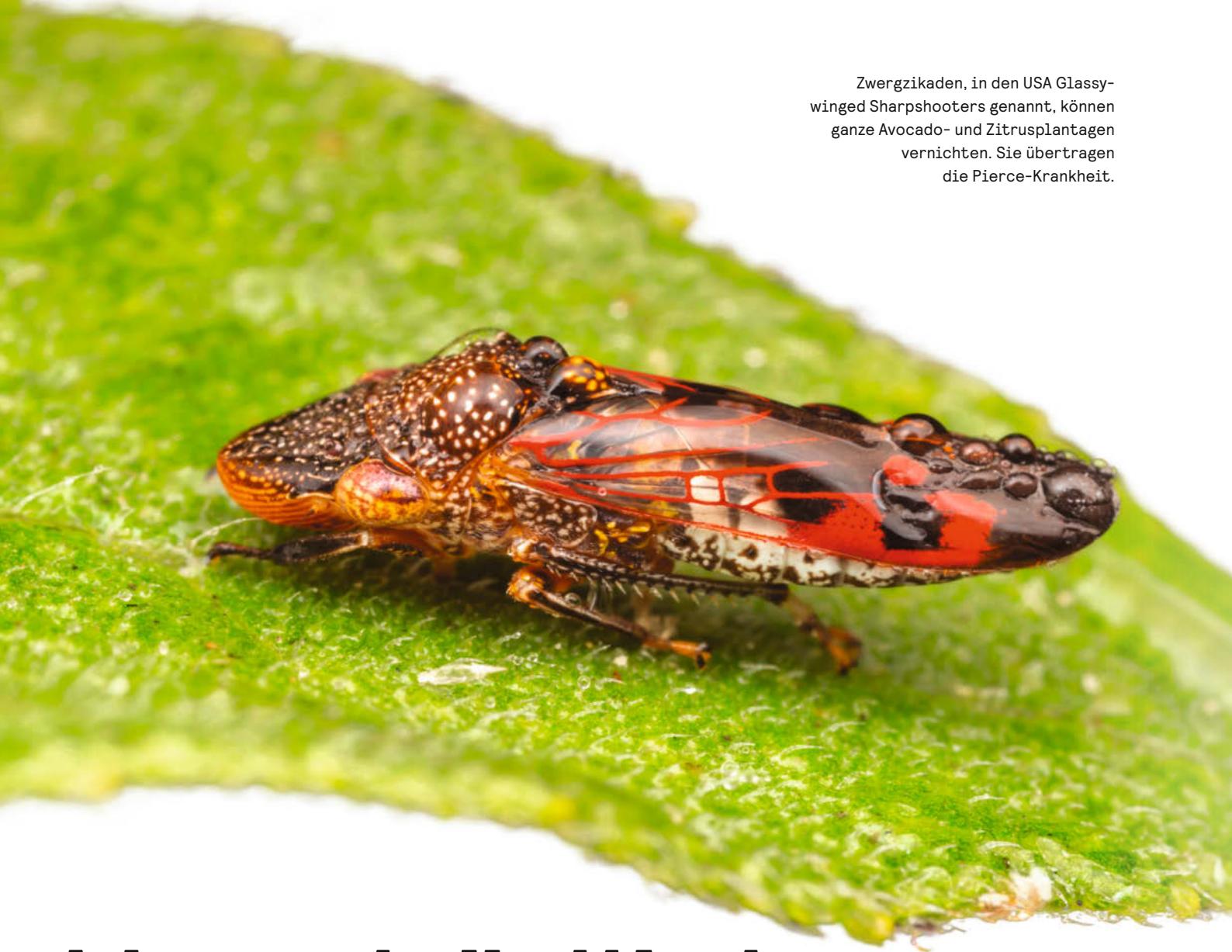
Wir helfen Ihnen dabei, die IT-Themen zu lernen, die heute – und morgen – wichtig sind.

Die Zukunft des Lernens ist digital:

Die heise Academy bietet Ihren IT-Teams die Weiterbildungslösungen an, die Sie benötigen. Lassen Sie Ihre Fachkräfte nach Bedarf und direkt am Arbeitsplatz lernen.

Intensivieren Sie diese Lernerfahrung mit relevanten, topaktuellen Schulungen und Webinaren. Sichern Sie sich das IT-Wissen, das Ihr Unternehmen heute – und morgen – braucht: bei **heise Academy, dem Zuhause Ihrer professionellen IT-Weiterbildung**.





Zwergzikaden, in den USA Glassy-winged Sharpshooters genannt, können ganze Avocado- und Zitrusplantagen vernichten. Sie übertragen die Pierce-Krankheit.

Unschädliche Schädlinge

CRISPR macht's möglich: Die Genmanipulation von Insekten könnte künftig helfen, die Abhängigkeit von Pestiziden zu verringern – und Biotech-Unternehmen Milliarden bescheren. – Emma Foehringer Merchant (Übersetzung: Andrea Hoferichter)

© Copyright by Heise Medien.

Eigentlich war der Weinbauer Steve McIntyre mit der Pierce-Krankheit längst vertraut. Er wusste, dass die in Kalifornien grassierende Pflanzenkrankheit Rebstöcke verdirren und seine Trauben wie schlafende Luftballons aussehen lassen kann. Jener Befall allerdings, den er 1998 bei einem Besuch auf der Zitrus- und Avocadofarm seines Bruders in Südkalifornien zu Gesicht bekam, war von einem anderen Kaliber: Die Pflanzen sahen aus, als sei ihre Bewässerung komplett gekappt worden. Sie schienen dem Untergang geweiht zu sein. „Es war die reinste Verwüstung“, sagt McIntyre. Auf dem Heimflug habe er überlegt, ob er nicht besser seinen Weinbau aufgeben und sein Land verkaufen sollte.

Schuld am dramatischen Zustand der Plantage von Mylntyres Bruder war ein Überfall invasiver Zwergzikaden, die in den USA Glassy-winged Sharpshooter – frei übersetzt Glas-flügelige Scharfschützen – genannt werden. Die Insekten haben Flügel, die wie rot gefärbtes Glas aussehen, zählen wie alle Zikaden zu den Pflanzensaugern und sind nur wenige Millimeter klein. Sie fliegen schneller und weiter als die in Kalifornien heimischen Zikaden und vermehren sich stärker. Und sie können selbst die robusteren unteren Teile von Pflanzen anfressen. Dabei übertragen sie Bakterien, die sie zuvor bei der Nahrungsaufnahme kranker Pflanzen aufgenommen haben und die sich in ihrem Maul vermehren können. Seit ihrer Ankunft im Westküstenstaat – Schätzungen zufolge war das in den 1980er-Jahren – haben die Insekten die Ausbreitung der Pierce-Krankheit massiv beschleunigt und aus einer vormals lästigen Zikadenplage einen Albtraum gemacht.

Zwar ist es durch ein staatlich verordnetes Überwachungsprogramm und gezielten Pestizideinsatz gelungen, die Krankheitsausbrüche weitgehend auf Südkalifornien zu begrenzen. Heilbar ist die Krankheit aber noch immer nicht. Im Gegenteil: Der Klimawandel könnte den Kampf gegen sie noch erschweren. Schließlich setzen auch zunehmende Extremwettereignisse wie heftige Niederschläge oder Dürren den Pflanzen zu und schwächen deren Abwehrkräfte. Viele Forschende versuchen deshalb gerade, das Arsenal zur Bekämpfung der Pierce-Krankheit zu erweitern, unter anderem mit der CRISPR/Cas-Technologie. Mit CRISPR/Cas, dem auch als Genschere bekannten Werkzeug der Biotechnologinnen, wollen sie das Genom der Zwergzikaden so verändern, dass diese das Bakterium nicht mehr verbreiten können.

Die CRISPR/Cas-Technologie ist auf vielen Forschungsfeldern längst etabliert. Sie kommt etwa in Experimenten zur Krebsimmuntherapie zum Einsatz oder bei der Apfelzucht. Vor vier Jahren nutzte sie der chinesische Biophysiker He Jiankui von der Southern University of Science and Technology in Shenzhen sogar, um menschliche Embryonen zu manipulieren. Das ist allerdings auch in China verboten und wird weltweit als unethisch geächtet.

Immer mehr Forschende wollen sie nun auch im Kampf gegen Schädlinge nutzen. Schließlich

„Es ist ein Paradigmenwechsel. Bisher wollten wir die Insekten einfach nur töten.“

könnten mit diesem Ansatz nicht nur verheerende Ernteausfälle verhindert, sondern auch Insektizide eingespart werden, glauben sie. Und es wäre eine Alternative zur Strategie, die Abwehrkraft der Nutzpflanzen durch gentechnische Eingriffe zu stärken. Der Einsatz genmanipulierter Organismen wird allerdings kontrovers diskutiert. Manipulierte Schädlinge, deren Schadpotenzial durch die genetische Veränderung verringert wird, sind in den USA nicht für einen großräumigen Einsatz zugelassen. Zwar wurden in Florida schon vor zwei Jahren transgene Gelbfiebermücken freigesetzt, doch der Versuch gilt nach wie vor als umstritten. Es ist also mit einem langwierigen und sich noch verändernden Regulierungsprozess zu rechnen. Wie er ausgehen könnte, ist unklar.

Dennoch will noch in diesem Jahr ein amerikanisches Unternehmen in Zusammenarbeit mit dem US-Landwirtschaftsministerium (USDA) Gewächshaustests mit fruchtschädigenden Insekten durchführen, die mit CRISPR/Cas sterilisiert wurden. Zugleich forschen Wissenschaftler an staatlichen und privaten Einrichtungen weltweit mit Hochdruck, um mehr über die Genetik von Schädlingen zu lernen und bei mehreren Arten auch Veränderungen vorzunehmen.



Die Larven von *Diaphorina citri*, der Asiatischen Zitruspsyllide, fressen an Zitrusgehölzen. Sie übertragen dabei die Citrus Greening Disease.

„Vor CRISPR/Cas gab es die Technologie, Schädlinge zu manipulieren, schlicht nicht“, sagt Peter Atkinson, Entomologe an der University of California, Riverside, der an der Modifizierung der invasiven Zikadenart arbeitet. „Wir treten jetzt in ein neues Zeitalter ein, in dem eine genetische Kontrolle des Problems durchaus realistisch erscheint.“

KENNE DEINEN FEIND

Das liegt allerdings nicht allein an CRISPR/Cas, sondern vor allem daran, dass Forschende bis vor Kurzem noch gar nicht viel über die Genetik der Glassy-winged Sharpshooter wussten. Der erste Versuch, das Zikaden-Genom zu kartieren, stammt aus dem Jahr 2016. Eine Gruppe des USDA und des Baylor College of Medicine in Texas erstellte eine genetische Karte, auch wenn diese noch Lücken aufwies. Vor zwei Jahren lieferten Forscher der UC Riverside weitere Daten.

„Wenn Wissenschaftler Schädlingsarten gentechnisch verändern wollen, ist es wichtig, dass sie die Biologie und Genetik der Schädlinge besser verstehen“, sagt Linda Walling, Pflanzengenetikerin an der UC Riverside und ebenfalls am Forschungsprojekt zur invasiven Zwerzkakade beteiligt. In dieses Gebiet müsse noch viel investiert werden. „Es ist ein Paradigmenwechsel. Bisher wollten wir die Insekten einfach nur töten“, betont die Wissenschaftlerin.

Das Verstehenwollen geht allerdings weit über die DNA-Sequenzierungen hinaus. Denn bevor Wissenschaftler überhaupt in Erwägung ziehen können, in das Erbgut einzugreifen, müssen sie erst einmal herausfinden, was genau ein Insekt davon abhalten könnte, eine Pflanze zu schädigen. Dann können sie untersuchen, welche Änderungen im Erbgut diesen Effekt auslösen könnten. Im Fall der invasiven Zikaden entdeckten die Forschenden einen guten Angriffspunkt: Frühere Untersuchungen der University of California, Berkeley, hatten gezeigt, dass ein bestimmtes Kohlenhydrat im Mund der Zikaden die Ansiedlung der Pierce-Bakterien dort förderte. Dieses Phänomen führte die Wissenschaftlerinnen schließlich zu jenem Gen, über das sich das Gewebe im Mund beeinflussen lässt. Die Forschungsgruppe an der UC Riverside, zu der auch Atkinson und Walling gehören, wollen entsprechende genetische Änderungen nun in die Praxis umsetzen.

Ganz einfach ist das allerdings nicht. Eine Herausforderung ist zum Beispiel, die CRISPR/Cas-Gen-Editiermaschine in die winzigen und sich schnell entwickelnden Käferembryonen hineinzubringen. „Sie an den Zielort zu bringen, ist der Schlüssel zu allem“, sagt Wayne Hunter, ein Insektenforscher an der USDA, der an der ersten Genom-Karte der Zwerzkakade mitgewirkt hat.

Die Embryonen sind etwa drei Millimeter lang und werden natürlicherweise auf einem Blatt abgelegt. Das Team in Riverside konnte nun eine neuartige Methode entwickeln, die Winzlinge mit der Genschere zu infizieren, ohne sie von dem Blatt

zu entfernen. Die Technik, so heißt es in einer Publikation aus dem letzten Jahr, sei unkompliziert und könne auch von einem unerfahrenen Bediener angewendet werden. Innerhalb von zehn Minuten ließe sich das Editierwerkzeug in 20 Eier injizieren.

Das Team zeigte außerdem, dass die CRISPR-Technologie nach der Injektion das Genom der Zikaden grundsätzlich schneiden und verändern konnte. Um das zu demonstrieren, schalteten sie dabei Gene aus, die die Augenfarbe der Insekten bestimmen. Aktuell arbeitet die Forschungsgruppe daran, Gene nicht nur auszuschalten, sondern auch einzufügen. Die neuen Gene sollen das Gewebe im Mund des Insekts so verändern, dass die Pierce-Bakterien daran einfach abgleiten wie an einer Teflon-Beschichtung.

Das Landwirtschaftsministerium USDA und ein Gremium der Weinindustrie, das die kalifornische Regierung eigens zur Bekämpfung der Pierce-Krankheit einberufen hatte, fördern die Forschung finanziell. Das Gremium, dem auch der Weinbauer McIntyre angehört, setzt jedoch nicht nur auf die Zikaden. Es setzt auf einen Maßnahmenmix, darunter die gentechnische Veränderung von Weinreben und die Entwicklung von Biopestiziden. Diese werden in der Regel aus natürlichen Materialien gewonnen, sind für Menschen weniger toxisch als klassische Pestizide und zerfallen in der Umwelt leicht.

Für die vielfältigen Bekämpfungsstrategien gibt es gute Gründe. Die Pierce-Krankheit sei für die Weinbauern „ein einzigartiges, schreckliches“ Problem, sagt etwa Kristin Lowe, Forschungskoordinatorin des Ausschusses. „Man muss, wie bei den meisten pflanzlichen Krankheitserregern, die von einem Insekt verbreitet werden, einfach alle Schwachstellen ausnutzen, die man in der Biologie, in der Umwelt und in der Ökologie der Krankheit finden kann, um eine langfristige Kontrolle zu erreichen.“

OPERATION FRUCHTFLIEGE

Omar Akbari begann mit dem Einsatz von CRISPR im Pflanzenschutz als Postdoc im Fachbereich Biotechnologie am Caltech. Heute setzt sein Labor an der University of California, San Diego, die Technologie zur genetischen Manipulation von fast einem Dutzend Insektenarten ein. Darunter *Drosophila suzukii*, eine Fruchtfliegenart, die zur Eiablage Löcher in weiche, reife Früchte wie Kirschen und Pflaumen frisst. Die Fliegen vernichten so jedes Jahr Obstkulturen in den USA im Wert von etwa 500 Millionen Dollar. Gegen einige gängige Pestizide haben sie bereits Resistenzen entwickelt.

Die invasive Zwerzkakade konnte die Ernten aus zahlreichen Weinbergen vernichten.



„Vor CRISPR/Cas gab es die Technologie, Schädlinge zu manipulieren, schlicht nicht.“

Mithilfe der Genschere konnte sein Team die Gene der Fruchtfliegen so verändern, dass männliche Gen-Fliegen und unmanipulierte weibliche Fliegen Nachkommen zeugen, die die Fortpflanzungskette unterbrechen. Denn die männlichen Nachkommen dieser Fliegenpaare sind zeugungsunfähig und der weibliche Fruchtfliegennachwuchs stirbt. Würden solche sterilen männlichen Fliegen freigesetzt, könnten sie die Gesamtpopulation verringern, weil die von ihnen befruchteten Weibchen keinen Nachwuchs erzeugen.

Das Unternehmen Agragene lizenzierte Akbaris Technology und sammelt 5,2 Millionen Dollar, um die neue Methode zur Sterilisierung landwirtschaftlicher Schädlinge zu kommerzialisieren. Noch in diesem Jahr sollen im US-Bundesstaat Oregon erste Tests in Gewächshäusern stattfinden.

NAHEZU UNBEGRENZTE MÖGLICHKEITEN

Die Möglichkeiten zur Kontrolle von Schädlingspopulationen und der von ihnen übertragenen Krankheiten mithilfe von CRISPR sind vielfältig. „Im Grunde sind sie nur durch den Einfallreichum der Menschen begrenzt“, sagt Nikolay Kandul, der mit Akbari an der UC San Diego zusammenarbeitet.

Gleichwohl müssen sich die Forschenden auch mit den Auswirkungen ihrer Entscheidungen auseinandersetzen. Die genetischen Veränderungen der von Akbaris Team manipulier-

ten Fruchtfliegen etwa sollten nicht dauerhaft in der Population bleiben und nur dann ihre Wirkung entfalten, wenn die veränderten Insekten gezielt freigesetzt werden. Das sei mit diesem Verfahren gelungen, da es in der zweiten Generation keine Nachkommen der genmanipulierten Fruchtfliegen mehr gebe, sagt Abkari. „Es ist wichtig, effektiv und begrenzbar. Die Veränderungen werden nicht in der Umwelt verbleiben.“

Der Forscher hat allerdings auch an einem anderen Ansatz gearbeitet, für den Letzteres nicht gilt: an der sogenannten Gene-Drive-Technologie. Mit diesem Verfahren wird absichtlich die Wahrscheinlichkeit erhöht, dass ein Organismus bestimmte Gene vererbt und in der natürlichen Population verbreitet. Das Potenzial dieser Technologie ist hoch umstritten, ruft sowohl Begeisterung als auch Besorgnis hervor. Schlagzeilen machten einst beispielsweise Bestrebungen, die Methode auf Mücken anzuwenden, die Malaria übertragen können. Wissenschaftler wiesen auf mögliche Risiken hin und mahnten zur Vorsicht, darunter Jason Delborne, Professor für Wissenschaft, Politik und Gesellschaft an der North Carolina State University. „Viele Chemikalien können nur eine bestimmte Strecke zurücklegen, bevor sie in der Umwelt abgebaut werden. Wenn man aber einen gentechnisch veränderten Organismus in die Umwelt entlässt, hat man das Potenzial, die Umwelt in einem riesigen räumlichen und zeitlichen Ausmaß zu verändern“, sagt der Wissenschaftler. Abkaris Kollege Kandul äußert sich unverblümter: Gene-Drive-Einsätze könnten „schmutzig“ sein, sagt er.

Das Unternehmen Agragene hat den Einsatz der Gene-Drive-Technik in Fruchtfliegen zwar nach eigenen Angaben durchaus in Erwägung gezogen, sich dann aber dagegen entschieden. Die Geschäftsleitung befürchtete, weder Investoren für das Vorhaben zu gewinnen noch eine behördliche Genehmigung zu erhalten. Das Unternehmen setzt deshalb auf die Sterilisationstechnologie. Nach dem Abschluss der Labortests im letzten Jahr beginnt Agragene in Zusammenarbeit mit dem USDA nun mit Gewächshaustests.

Das Unternehmen hofft, dass diese Versuche den Weg für eine breite Freigabe ebnen werden. „Wir sammeln genügend Daten, um zu zeigen, dass das sterile Insekt in diesem Fall sicher ist“, sagt Bryan Witherbee, CEO von Agragene, der zuvor unter anderem bei Monsanto gearbeitet hat. Die Tests, die das Unternehmen im letzten Jahr durchgeführt habe, hätten bereits Gewissheit gebracht, dass die sterilen Insekten überlebten und sich wie nicht-manipulierte Insekten verhielten. Zudem habe das Unternehmen an Techniken gearbeitet, um unfruchtbare Insekten in Massen zu produzieren. Jetzt gilt es Witherbee zufolge, die Daten für die US-Umweltschutzbehörde EPA zu ermitteln, um am Ende die Genehmigung für die Freisetzung der Fruchtfliegen zu erhalten. Ein Prozess, der Jahre dauern kann.

Viele Landwirte lernten die Fruchtfliege *Drosophila suzukii* schon fürchten, denn diese überträgt Krankheiten. Sie richtet vor allem auf Obstplantagen Schäden an.



© Copyright by Heise Medien.

Die Regulierung für CRISPR-modifizierte Insekten in den USA befindet sich laut einem EPA-Sprecher derzeit „in der Entwicklung“. In den 2017 veröffentlichten Leitlinien der Regierung wird ein koordinierter Ansatz skizziert, wonach voraussichtlich das USDA weitgehend für gentechnisch veränderte Tiere in der Landwirtschaft zuständig sein wird. Die Zuständigkeit kann jedoch variieren, je nachdem, ob ein bearbeiteter Organismus dazu dient, die Population eines Insekts zu reduzieren oder die Übertragung von Krankheiten zu unterbrechen. Bis her hat die US-Regierung die Freisetzung von gentechnisch manipulierten Moskitos erlaubt. Versuche mit Pflanzenschädlingen wie der Diamantmotte und dem Rosenkohlkäfer, deren Veränderungen nicht die Ausbreitung der Insekten hemmen, sondern nur die Übertragung von Krankheiten erschweren, wurden hingegen begrenzt.

FELDTESTS MIT „TEFLON-GAUMEN“

Entsprechend gehen die Wissenschaftler Walling und Atkinson von der UC Riverside davon aus, dass es noch Jahre brauchen wird, die genetisch manipulierten Zikaden mit „Teflon-Gaumen“ gegen die Pierce-Krankheit zu optimieren und die Erlaubnis für eine Freisetzung zu bekommen. Das Unternehmen Agragene ist für seine Fruchtfliegen optimistischer und hat sich bereits mit der Umweltschutzbehörde EPA in Verbindung gesetzt. Im nächsten Jahr will es einen Zulassungsantrag für die kommerzielle Nutzung der genmanipulierten Fliegen einreichen – und geht davon aus, dass das Verfahren dann noch maximal zwei Jahre dauern wird.

Gen-Editing von Insekten mag eine wirkungsvolle Taktik sein, aber einige Experten für Pflanzen- und Insektenbiologie sehen auch in anderen Techniken großes Potenzial. Zum Beispiel der USDA-Entomologe Wayne Hunter. Der Forscher arbeitet seit mehr als zehn Jahren an der Kartierung des Genoms der Asiatischen Zitruspyllide (*Diaphorina citri*). Diese Insekten übertragen die Citrus-Greening-Krankheit und verursachen Jahr für Jahr auf sechs Kontinenten Schäden in Milliardenhöhe. Sie sorgen für vergilzte Blätter, für grüne, bittere Früchte und können ganze Zitrusbäume vernichten. „Selbst wenn der Baum noch lebt, kann man nicht mehr viel verkaufen“, sagt Hun-

Avocados und Wein sind besonders von der Pierce-Krankheit betroffen.



Die Zwergzikade macht vor allem Weinbauern zu schaffen, aber auch andere Kulturpflanzen wie diese Oliven werden befallen.

ter. Der Forscher ist Teil eines größeren, staatlich unterstützten Teams, das an einer Reihe möglicher Methoden zum Schutz der Bäume vor der Citrus-Greening-Krankheit arbeitet. Die Gruppe will sich in den nächsten Jahren auf mehrere Produkte und Lösungen für das Problem konzentrieren, die dann für den Einsatz auf dem Feld vermarktet werden können.

Zwar wird auch Hunter in den kommenden Monaten damit beginnen, mit CRISPR zu arbeiten. Er will jene Gene der Insekten verändern, die die Verbreitung der Zitrusfrucht-Krankheit fördern. Dennoch ist er überzeugt, dass die aussichtsreichsten Strategien zur Bekämpfung der Krankheit nicht in der Genmanipulation von Insekten, sondern von Pflanzen liegen. Deren Abwehrkräfte gegen krankmachende Bakterien durch Gentechnik zu stärken und dadurch die

Krankheitsfolgen zu mildern, sei der Schlüssel, sagt er. Wenn man nur die Insekten ins Visier nehme, könne die Krankheit weiter zirkulieren und Schaden anrichten, auch wenn die Zahl der übertragenden Insekten sinkt.

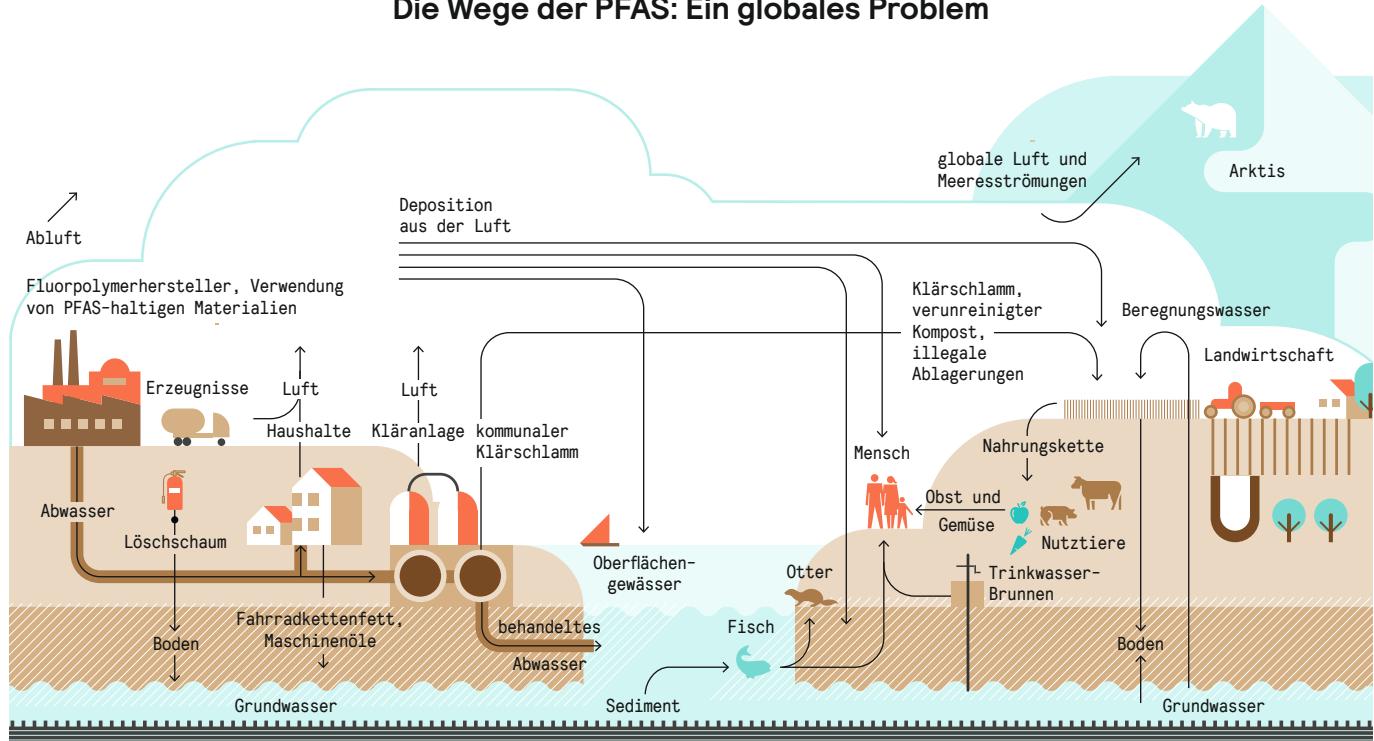
Anthony Shelton, emeritierter Professor am Institut für Entomologie der Cornell University, betont wiederum die Grenzen der genetischen Pflanzenmanipulationen: „Manche Schädlinge, etwa die Gefleckte Flügelmotte, befallen so viele verschiedene Früchte, dass die Herstellung resisternter Pflanzensorten äußerst mühsam wäre.“ Er war an der Entwicklung steriler Diamantmotten beteiligt und ist überzeugt, dass es wichtig ist, im jahrhundertealten Kampf zwischen Landwirten und Schädlingen eine Vielzahl neuer Instrumente zu nutzen. „Ein Patentrezept für alle Fälle gibt es nicht“, sagt der Forscher. ●

Glatt, global, gefährlich

Eine Gruppe bedenklicher Fluorchemikalien ist inzwischen überall auf der Welt zu finden: PFAS oder auch per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen. Fast jeder Mensch hat sie im Blut. PFAS gelten als praktisch unverwüstlich und reichern sich in der Umwelt an. Die allerwenigsten sind reguliert.

Die Gefahr für die Gesundheit wächst. – Andrea Hoferichter; Grafik: Matthias Timm

Die Wege der PFAS: Ein globales Problem

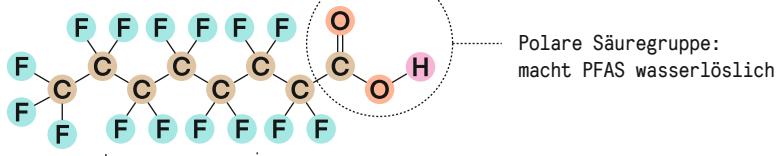


PFAS verteilen sich über diese bekannten Eintragspfade auf der ganzen Welt. Und es werden immer mehr. Vielerorts werden Richtwerte überschritten. Besonders belastete Böden fallen für den Nahrungsmittelanbau aus, Fische aus vergifteten Gewässern sind für den Verzehr tabu.

PFAS-Vielfalt: Für Oberflächen, an denen alles abperlt, und mehr

PFAS-Untergruppe	Anwendungen	Problem
Fluorkunststoffe	beschichtete Pfannen (z.B. Teflon), Kabel, Dichtbänder, Batterien, Membranen	Meist nicht schädlicher als andere Kunststoffe, aber problematische Hilfsmittel bei der Produktion.
Emulgatoren	Produktion von Fluorkunststoffen, Imprägnierungen, Verchromung	Oft gefährlich, viele kaum untersucht. Vertreter sind zum Beispiel die Säuren PFOA, PFOS, ADONA, HFPO-DA, GenX.
Polymere mit fluorierten Seitenketten/Fluortelomere	Schuhsprays, Wetterjacken, Teppiche, Burgerpapiere, Backpapier, Farben, Lacke	Können schädliche fluorierte Seitenketten verlieren.
Fluorierte Gase/„F-Gase“	Kältemittel in Kühltheken, Autoklimaanlagen, Wärmepumpen	Häufig starker Treibhauseffekt. Mögliches Abbauprodukt: die kleinste PFAS-Variante Trifluoressigsäure (TFA), die über Regen in die Gewässer gelangen kann.

Beispiel PFOA (Perfluoroktansäure)



Kohlenstoff-Fluor-Kette: Je länger die Kette, desto besser lösen sich die Moleküle in Fetten und Körergeweben. Die C-F-Bindung ist äußerst stabil und in der Umwelt kaum abbaubar.

Zur PFAS-Gruppe zählen mehr als

10 000

Fluorchemikalien.

Unerwünschte Nebenwirkungen

Auswirkungen auf die Entwicklung des ungeborenen Kindes

verzögerte Entwicklung der Brustdrüsen

geringere Reaktion auf Impfstoffe

niedrigeres Geburtsgewicht

Übergewicht
früheres Einsetzen der Pubertät

niedrigere Spermienzahl und -beweglichkeit

erhöhtes Risiko einer Fehlgeburt

Schilddrüsenerkrankung

erhöhte Cholesterinwerte

Brustkrebs

Schädigung der Leber

Nierenkrebs

entzündliche Darmerkrankung (ulzerative Kolitis)

Hodenkrebs

längere Zeit bis zur Schwangerschaft

Schwangerschaftsbedingter erhöhter Blutdruck

Menschen nehmen PFAS über das Trinkwasser, Lebensmittel, die Luft und den Hausstaub auf. Gesundheitsbezogene Folgekosten in Europa: 52 bis 84 Milliarden Euro pro Jahr. Jährliche Todesfälle im Zusammenhang mit PFAS: 12 000.

— gut belegte Wirkung
- - - - - wahrscheinliche Wirkung

Der Mann mit dem Magnetometer

Archäologisches Erbe kann über elektromagnetische Signale im Boden aufgespürt werden. Damit eröffnen sich neue Perspektiven für die Archäologie. – Geoff Manaugh (Übersetzung: Gregor Honsel)



Foto: Maddie McGarvey

Jarrod Burks öffnet die Ladeklappe seines Vans und zeigt auf eine Reihe seltsamer Geräte: weiße PVC-Rohre, verbunden zu einem ausziehbaren, zaunartigen Gitter mit großen, robusten Rädern. Auf weichen Decken liegen ein Tablet-Computer, viele Meter Kabel sowie eine GPS-Antenne in einer Schutzhülle. Zusammengebaut, erklärte Burks, ergebe sich daraus ein Gerät zur Messung winziger Schwankungen im Magnetfeld der Erde. Dieses „Magnetometer“ ist so sensibel, dass schon ein Handy in Burks' Jeans die Messdaten eines ganzen Tages zunichtemachen würde. Und es misst so empfindlich, dass es Lagerplätze aufspüren kann, deren Feuer vor mehr als tausend Jahren erloschen sind.

Der 50-jährige Burks – gestutzter grauer Bart, rechteckige Brille – beginnt, die Teile auszuladen und sie auf dem taufeuchten Gras zusammenzusetzen. Auf seinem Van prangt das Logo der Ohio Valley Archaeology Inc., die sich mit dem Management kultureller Ressourcen beschäftigt. Schon seit 2004, kurz nach seiner Promotion in Archäologie, arbeitet er hauptberuflich für diese Firma; heute ist er dort Direktor für archäologische Geophysik. Er untersucht Gelände im gesamten Mittleren Westen und im Ausland, wo er etwa im Auftrag des US-amerikanischen Kongresses nach den sterblichen Überresten amerikanischer Soldaten sucht.

Daneben ist er Präsident der Heartland Earthworks Conservancy, die sich der „Erhaltung alter Erdwerke im südlichen Ohio“ verschrieben hat. Mit einem der fortschrittlichsten geophysikalischen Instrumenten auf dem Markt trägt Burks dazu bei, Zehntausende antiker Erdbauwerke zu entdecken und damit zu erhalten – vergessene Monuments kreativer Kulturen, welche die nordamerikanischen Landschaften tiefgehend umgeformt haben. Die Bauwerke bilden geometrische Strukturen aus Mauern, Hügeln, Gräben oder Wällen und sind teilweise fast 3000 Jahre alt. Einige sind so riesig, dass sie ironischerweise nur schwer zu erkennen sind, da sie eher natürlichen Landschaftsformen als architektonischen Werken ähneln. Andere sind so klein, dass sie auf den ersten Blick wie ungepflegte Grashügel wirken. Viele Strukturen weisen offenbar auf bedeutende Sternbilder oder Mondzyklen hin – was auf ein hoch entwickeltes, über mehrere Generationen überliefertes astronomisches Wissen schließen lässt.

Ohio verfügt über die größte bekannte Ansammlung dieser Strukturen in den Vereinigten Staaten. Acht Gruppen von Erdbauwerken in Ohio, darunter der Serpent Mound und die Newark Earthworks,

Mit einem der fort- schritt- lichsten geophysi- kalischen Instrumen- te trägt Burks dazu bei, Monu- mente kreativer Kulturen zu erhalten.

sind Kandidaten, UNESCO-Weltkulturerbe zu werden. Die Anlage von Newark ist eine wirklich spektakuläre Ansammlung von Wällen, tiefen Gräben und geometrisch ausgerichteten Mauern. Doch in Ohio gibt es noch viele Tausende unentdeckter indigener Strukturen. Ihre Schöpfer wurden unter dem vagen Begriff Hopewell-Kultur zusammengefasst, benannt nach der Familie, auf deren Farm einer der ersten Hügel gefunden wurde. Vermutlich war die Hopewell-Kultur in Ohio bis etwa 450 vor Christus bis 400 nach Christus aktiv. Historiker halten es für wahrscheinlich, dass Stämme wie die Eastern Shawnee, die Shawnee und die Miami Nation die Nachfahren der Hügelbauer sind. Die Stämme wurden durch den europäischen Völkermord an der einheimischen Bevölkerung gewaltsam aus ihrem Lebensraum vertrieben und leben heute in Reservaten in Oklahoma.

Glenna Wallace, Häuptling der Eastern Shawnee, ist eine dieser Nachfahren. Als wir uns unterhalten, ist sie gerade auf dem Weg nach Washington, um Präsident Joe Biden beim Stammesgipfel im Weißen Haus zu treffen. „Die Stimme der amerikanischen Ureinwohner war in Ohio nicht sehr stark. Was unser Volk dort geschaffen hat, wurde nicht so gut geschützt, wie es möglich gewesen wäre“, sagt sie. „Die Menschen wurden vertrieben, und niemand hat sich um unsere Erdhügel gekümmert.“

Burks fährt mit mir zu einer kleinen Familienfarm an den Appalachen, gut hundert Kilometer südöstlich von Columbus. Die Bäume tragen frisches Herbstlaub, eine Rinderherde wandert vorbei. Innerhalb von zwanzig Minuten baut er sein Magnetometer zu einem Schubwagen mit einer Breite von fast zwei Metern und einem Gewicht von knapp 14 Kilogramm zusammen. Die meisten Erdwerke, erzählt er währenddessen, wurden einfach umgepflügt, für den Bau von Straßen, Häusern oder Einkaufszentren plattgewalzt oder, in einem besonders berüchtigten Fall, in einen Golfplatz eingebaut. Bis vor Kurzem schien es, als ob ein Großteil des voreuropäischen archäologischen Erbes achtlos ausgelöscht worden sei. „Aber es ist noch da“, sagt Burks – als elektromagnetische Spuren im Boden, die er nachweisen kann. Hier, auf dieser Weide, auf der wir gerade stehen, befanden sich einst mindestens drei kreisförmige Einfriedungen. Unser Ziel an diesem Morgen ist es, sie zu finden.

Magnetometer können kleinste Schwankungen in Stärke und Ausrichtung von Magnetfeldern messen. Das lässt auf alte Mauern, metallische Gegenstände oder verfüllte Gruben schließen, bei denen es sich um Gräber handeln könnte. Auch die Hitze von Feuerstellen kann den Magnetismus des Bodens dauerhaft verändern.

Die erste Hürde besteht darin, zu wissen, wo man mit der Suche beginnen soll. Glücklicherweise kartierten die beiden Archäologen Ephraim George Squier und Edwin Hamilton Davis bereits Mitte des 19. Jahrhunderts so viele Erdwerke, wie sie finden konnten. Damit wollten die beiden Autodidakten „ein Licht auf die großen archäologischen Fragen

Heute führt eine vierspurige Autobahn mitten hindurch – eine großartige Gelegenheit, die Magnetometrie auszureißen.

werfen, die mit der urzeitlichen Geschichte des amerikanischen Kontinents verbunden sind“. Obwohl nicht so präzise wie moderne Vermessungen, ist ihr Werk historisch von unschätzbarem Wert, da es eine Momentaufnahme der größten Erdwerke zu ihrer Zeit bietet.

Sie vermaßen auch den Shriver Circle, einen von nur vier bekannten Großkreisen mit Durchmessern von bis zu 400 Metern. Einst hätte er Tausenden von Menschen Platz bieten können. Ein Erdhügel im Inneren diente laut Squier und Davis als Opferplatz. Heute führt eine vierspurige Autobahn mitten hindurch, und ein Gefängnis überdeckt seinen Rand. Für Burks war dies nicht nur eine archäologische Tragödie, sondern auch eine großartige Gelegenheit, die Magnetometrie bis an ihre Grenzen auszureißen.

Er erhielt die Erlaubnis, seine Ausrüstung in das Gefängnis zu bringen und den Boden der Zellenblöcke und der Beton-Sportplätze nach magnetischen Beweisen für eine der größten architektonischen Leistungen der Ureinwohner Nordamerikas abzuscannen. Der Versuch war erfolgreich: Der größte Teil des Shriver Circle mag an der Oberfläche unsichtbar sein, aber seine tieferen Wurzeln bleiben sichtbar.

Burks hat sich an die Spitze einer Initiative gesetzt, um diese Stätten aufzufindig zu machen, zu vermessen und zu schützen. Er entdeckt und kartiert immer wieder neue Stätten in Ohio und Indiana. Regelmäßig trifft er sich mit Gleichgesinnten, um alte Luftaufnahmen durchzusehen. Ein Teilnehmer dieser informellen Forschungstreffen ist so begeistert

davon, dass er Burks oft spät nachts per SMS berichtet, auf den Bildern etwas gefunden zu haben – einen Schatten, einen Grat, eine unerwartete Form. „Er hat das Erdwerkfeuer, so wie ich“, scherzt Burks. Dieser Mitarbeiter habe auch den vierten Großkreis in Ohio identifiziert, der selbst Squier und Davis unbekannt war.

GRENZEN DER TECHNIK

Die zunehmende Verbreitung der Magnetometrie in der Archäologie macht die Forschenden allerdings abhängiger von den Herstellern der Technik: Die Hersteller von Sensoren haben nun einen immensen Einfluss darauf, was wir über die Geschichte der Menschheit erfahren. Scheinbar unbedeutende Entscheidungen beim Design von Antennen oder

Die meisten künstlichen Erdhügel wurden vor langer Zeit abgetragen. Einige sind so groß, dass sie ironischerweise nur schwer als Bauwerke zu erkennen sind, da sie eher natürlichen Landschaftsformen ähneln.



der Software können dazu führen, dass bestimmte architektonische Ruinen unentdeckt bleiben – etwa, wenn die Messgeräte schlecht abgeschirmt sind. Umgekehrt kann beispielsweise eine erhöhte Rechenleistung ermöglichen, verrauchte Daten besser zu analysieren – und kann damit zu Durchbrüchen an Stätten führen, die früher als wertlos galten.

Das Gerät, das Burk benutzt, ist von Sensys, einer Firma, die etwa 50 Kilometer südöstlich von Berlin zwischen Fürstenwalde und Bad Saarow sitzt. Die Zentrale des Herstellers befindet sich weit ab vom Schuss in der ehemaligen Erdfunkstelle Neu Golm, der einzigen Satelliten-Bodenstation für die Nachrichtenübertragung auf dem Gebiet der DDR. Auf dem Dach steht noch eine stillgelegte, 12 Meter große Parabolantenne. Auf einer großen Werbetafel steht: „We measure. Detect. Protect.“

Bei meinem Besuch wird das runde Gebäude gerade umfassend renoviert. Gorden Konieczek empfängt mich. Er ist der Spezialist für archäologische Anwendungen und scherzt, der Firmensitz sei leider so abgelegen, dass die Mitarbeiter ein Problem hätten, wenn sie vergäßen, ihr Mittagessen mitzubringen. Aber gerade diese Abgeschiedenheit, die weit-

gehend frei von elektromagnetischen Störungen sei, mache den Standort ideal für die Herstellung von Magnetometern.

Doch selbst ein Standort wie dieser hat seinen eigenen magnetischen Hintergrund, der berücksichtigt werden muss. Als während der Renovierungsarbeiten beispielsweise eine stählerne Feuerstiege auf der Rückseite des Gebäudes montiert wurde, habe dies die Messgeräte kurzzeitig ins Schleudern gebracht, erzählt Konieczek. Zur Kalibrierung der Geräte gibt es deshalb ein spezielles „Abgleich-Haus“, das an eine Berghütte erinnert und nur aus Holz und nichtmagnetischen Nägeln besteht.

Sensys ist einer von nur einer Handvoll Herstellern, deren Magnetometer sowohl empfindlich als auch robust genug für einen Einsatz unter schwierigen Bedingungen sind. Die meisten Kunden nutzen sie zur Suche nach Blindgängern aus dem Zweiten Weltkrieg an Land und im Wasser. Eingebaut in Titangehäuse, können die Magnetometer Schiffswracks in bis zu 6,5 Kilometern Tiefe scannen.

Das älteste bekannte Magnetometer stammt ebenfalls aus Deutschland. Es wurde 1832 vom Mathematiker Carl Friedrich Gauß erfunden. Und zwei deutsche Geophysiker, Helmut Becker und

Jörg Fassbinder, waren maßgeblich daran beteiligt, diese Technologie in der Archäologie zu etablieren. Im Auftrag des deutschen Landesamtes für Denkmalpflege untersuchten sie damit Ende der 1980er die Ruinen von Troja – und entdeckten tiefe, bisher unbekannte Festigungsanlagen. Danach haben Fassbinder und Becker mit derselben Methode auch die sumerische Stadt Uruk im heutigen Irak kartiert. Derzeit experimentiert Fassbinder mit der sogenannten SQUID-Magnetometrie. SQUID steht für Superconducting Quantum Interference Device – oder deutsch: supraleitendes Quanteninterferenzgerät. Es kann extrem geringe Magnetfeldänderungen so präzise messen, dass es sogar in der Medizin eingesetzt werden kann, um Gehirn- oder Herzströme zu vermessen.

Konieczek zeigt mir am Monitor eine Reihe von Bildern, um mir zu demonstrieren, wie Magnetometer arbeiten. Er klickt vom Luftbild einer leeren Wiese weiter zur visuellen Darstellung ihrer magnetischen Abtastung. Auf dem Monitor erscheinen die pixeligen, körnigen, aber klaren Umrisse unter der Erde verborgener architektonischer Formen – schwarz-weiß getupfte griechische Ruinen, römische Tempel, mittelalterliche Villen.

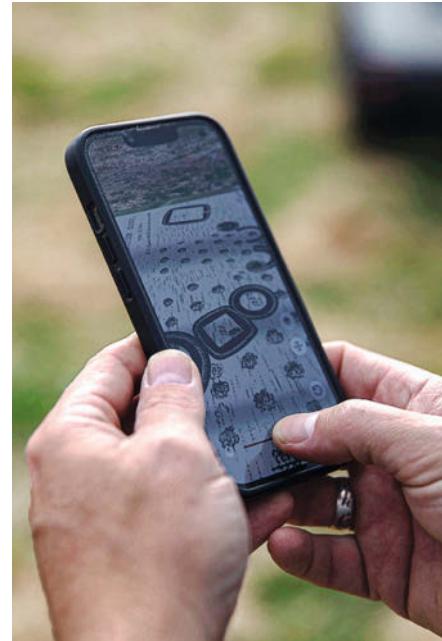
Mit Magnetometern sucht der Archäologe Jarrod Burks nach den Überresten vergangener Kulturen.



Eine mobile Referenzstation liefert Korrekturdaten für GPS-Signale („Differentielles GPS“).



Eine App hilft bei der Kartierung der magnetischen Daten aus dem Untergrund.





Der Firmensitz von Sensys befindet sich in der Erdfunkstelle Neu Golm, einst eine Satelliten-Bodenstation für die Nachrichtenübertragung. Sie ist von weitem an der stillgelegten Parabolantenne auf dem Dach zu erkennen.

In einigen Teilen der Welt, sagt Konieczek, funktioniere dieses Werkzeug besser als in anderen; der Boden selbst könne ein limitierender Faktor dafür sein, ob die Magnetometrie überhaupt brauchbar sei. In weiten Teilen Ohios, erklärte mir Jarrod Burks später, haben die eiszeitlichen Gletscher eine dicke, äußerst fruchtbare Bodenschicht hinterlassen. Dieser Boden ist nicht nur ein ideales Material, um daraus Erdhügel zu errichten, sondern auch ein optimales Medium für die Magnetometrie: Die tiefen nichtmagnetischen Schichten aus Kies und Sand bieten einen klaren Kontrast zu den darüber liegenden magnetischen Böden – und damit den archäologischen Überresten.

Bei einem Bild bitte ich Konieczek, anzuhalten. Es zeigt eine seltsame Form, die aussieht wie eine Art Windräddchen oder die Blütenblätter einer Rose. „Das war ein Blitz“, sagt Konieczek und fügt hinzu, dass dieses Bild von Burks stamme. Ein Blitz verändert die magnetische Ladung von allem, was er trifft. Burks hat auch die Spur eines Stacheldrahtzauns aufgenommen, in den Jahre zuvor ein Blitz eingeschlagen war. Der Strom war über die gesamte Länge des Drahtes gewandert und hatte eine ge-

„Wenn die Menschen die Wahrheit über unsere Vorfahren erfahren, beginnen sie auch zu verstehen, wer wir heute sind.“

rade magnetische Spur im Boden darunter hinterlassen. In anderen Fällen kann Wasser, das sich im verdichteten Lehm alter Hügel und Gräben sammelt, einen Blitzeinschlag lenken und auf diese Weise architektonische Formen sichtbar machen. Diese Vorstellung, dass verlorene Architektur, vom Blitz erhellt, unter der Erde darauf wartet, dass jemand sie findet, verleiht den verborgenen Welten eine elementare Surrealität.

Obwohl die meisten Sensys-Kunden keine Archäologen seien, sagt Konieczek, freue sich das Unternehmen über Feedback von Kunden wie Burks. Dies habe zu Verbesserungen wie einem wasserdichteren Equipment und größeren Rädern für den Einsatz in zerfurchten Landschaften geführt. Zurück in Ohio erfuhr ich, dass Burks' weißer PVC-Karren von Sensys auf sein Feedback hin angepasst und geliefert worden war – als nette Geste der Unterstützung.

LANDSCHAFTSPRÄGEND

Wir besuchen die Snake Den Mounts, eine Stunde südlich von Columbus gelegen. Die Erdhügel von Snake Den liegen auf einem Anwesen, das seit Generationen in Familienbesitz ist. Als Burks sich zu engagieren begann, waren die historischen Erdhügel noch von Bäumen und Sträuchern zugewachsen und nicht zu sehen; heute sind sie für Besuche zugänglich. Obwohl wir uns nur etwa 60 Meter über der umliegenden Ebene befinden, waren die Glästürme von Columbus in der Ferne zu sehen, und die Landschaft bildet einen malerischen Flickenteppich aus abgernteten Äckern und Herbstbäumen.

Für Burks ist Snake Den ein eindeutiges Beispiel dafür, wie moderne Technologie, private Philanthropie und lokale Familienbande zusammenkommen können, um verwaiste Stätten zu erhalten. Ähnliche Erfolge konnte Burks auch an anderen Orten verzeichnen, wie etwa im Junction Earthworks Preserve in Chillicothe. Obwohl die Erdhügel selbst dort inzwischen verschwunden sind und nur noch durch geometrische Formen angedeutet werden, die sorgfältig ins hohe Gras gemäht werden, ist die Stätte dank der Bemühungen von Menschen wie Burks zu einem öffentlichen Park geworden.

Werkzeuge wie die Magnetometrie legen offen, wie reichhaltig und spannend die Geschichte einer Region sein kann. Sie kann Menschen auf der ganzen Welt zeigen, dass Tausende von Jahren architektonischen Einfallsreichtums, kultureller Ausdrucksformen und religiöser Überzeugungen ihr Land geprägt haben. „Wenn die Menschen diese Erdwerke sehen, beginnen sie zu verstehen, dass es unglaublich intelligente Menschen waren, die erstaunliche Dinge taten“, erklärte mir Diane Hunter, Beauftragte für Denkmalschutz beim vertriebenen Stamm der Miami in Oklahoma. „Sie waren keine ignoranten, primitiven Menschen, als die sie immer beschrieben wurden. Wenn die Menschen die Wahrheit über unsere Vorfahren erfahren, beginnen sie auch zu verstehen, wer wir heute sind.“ ●

Siegeszug mit Nieten

Vor 150 Jahren erfanden ein Schneider aus Lettland und ein bayerischer Kurzwarenhändler das wohl beliebteste Beinkleid der Welt: die Jeans. – Andrea Hoferichter

Die erste Jeans der Welt hatte das, was man heute Boyfriend-Style nennt. Sie war lässig und weit geschnitten, zudem durchaus „öko“, da langlebig und rein pflanzlich gefärbt. Getragen wurde sie allerdings nicht von einem coolen Cowboy mit Kippe im Mundwinkel – wie die Mehrheit in einer Umfrage im Bekanntheitenkreis dachte –, sondern von einem Goldgräber.

Die Geschichte begann in den USA des 19. Jahrhunderts: Hunderttausende Amerikaner zogen gen Westen, um in Kalifornien Goldklumpen zu sammeln. Nur die wenigsten machten einen großen Reibach, im Gegensatz zu vielen Händlern, die die Arbeiter mit dem Nötigsten versorgten. Einer von ihnen war Levi Strauss, laut Geburtsurkunde „Löbi“ mit Vornamen. Er war Einwanderer aus dem bayrischen Buttenheim. In San Francisco verkaufte er unter anderem Zahnbürssten, Knöpfe und Stoffe, aus denen Kleidung und Zelte geschneidert wurden.

Eines Wintertages in den 1870er-Jahren besuchte ihn der lettische Schneider Jacob Davis aus Reno, Nevada, und präsentierte eine besonders robuste Hose. In die Ecken der Taschennähte hatte Davis Metallnieten eingehämmert und auch in die Nähte am Schritt des Beinkleids. Die Goldgräber waren von der Langlebigkeit der Nietenhose begeistert. In kürzester Zeit war die Hose so gefragt, dass Davis mit der Näherei nicht mehr hinterher kam. Nun wollte er Strauss als Investor ins Boot holen – und der war einverstanden.

Das US-Patent, das die Nieten-Idee schützen sollte, trägt die Nummer 139121 und wurde am 10. Mai 1873 erteilt. Dieser Tag gilt als Geburtsstunde der Jeans, die zunächst „Waist overall“ hieß, auf Deutsch: „Taillen-Überall“. Zum Arbeiten wurde sie einfach übergezogen. Der Name Jeans entstand erst im 20. Jahr-

hundert und bezog sich auf die Stadt Genua, wo die Stoffe für die Nietenhosen derzeit gehandelt wurden.

Ob Strauss und Davis auf ihre Erfindung angestoßen haben, ist nicht überliefert. Der Anlass hätte es, zumindest rückblickend, auf jeden Fall hergegeben. Denn nach den Goldgräbern fanden auch Farmer, Holzfäller und Cowboys Gefallen am robusten Beinkleid und die Begeisterung für Jeans verbreitete sich weiter. Heute zählt die blaue Baumwollhose fast überall auf der Welt zu den beliebtesten Kleidungsstücken, quer durch alle Gesellschaftsschichten. Auch Levi's sind noch immer zu kaufen. Weltweit werden rund 60 Jeans pro Sekunde produziert. Die Deutschen haben übrigens im Schnitt sieben Modelle im Schrank, ob mit ge-

Eine Jeans aus dem Jahr 1879:
Die Haltbarkeit ist vorbildlich.



© Copyright by Heise Medien.

radem Bein oder Schlag, über groß oder so eng, dass man kaum rein-, geschweige denn wieder rauskommt, mal hüfttief geschnitten, mal hoch bis zur Taille, und Jeans, die schon vor dem ersten Tragen durchlöchert sind: aus Erfindersicht sicherlich ein Irrsinn.

Doch zurück zu den Anfängen: Der Siegeszug der Jeans ist nicht nur den Nieten zu verdanken, sondern auch den blau gefärbten Baumwollfäden, die mit originär weißen verwebt werden und dann eine Flecken verzeihende Mischfarbe ergeben. Das typische Jeansblau, das sich zwar mechanisch, aber nicht beim Waschen abnutzt, wurde in den ersten Jahrzehnten aus den Blättern der Indigo-pflanze gewonnen. Dies allerdings oft unter brutalen Bedingungen. Denn amerikanische Produzenten missbrauchten Sklaven und deren Indigo-Kenntnisse aus Afrika für Anbau und Produktion.

Es ist nicht der einzige Schandfleck in der Geschichte der Jeans. Schlechte Arbeitsbedingungen und Umweltsünden bei der Produktion sorgen immer wieder für Schlagzeilen. Unter anderem, weil auch das heute verwendete synthetische Indigo Tücken hat: In der Regel wird es aus der giftigen und krebserregenden Chemikalie Anilin hergestellt, und das giftige Abwasser der Textilfabriken landet nicht selten auf Feldern und in Flüssen. Außerdem verschlingt die Jeansproduktion Unmengen an Wasser, rund 7500 Liter pro Hose. Auch der Pestizideinsatz beim Baumwollanbau schadet der Umwelt.

Immerhin: Manche Unternehmen steuern langsam um. Start-ups bieten zudem pflanzengefärbte Jeans aus Bio- oder recycelter Baumwolle an. Und man kann Jeans heutzutage sogar leasen, um Wiederverwendung und Recycling zu optimieren. Was die Väter der Jeans, Strauss und Davis, wohl davon gehalten hätten? ●

Aus die Maus?

Neue Medikamente müssen aufwändig auf ihre Sicherheit geprüft werden. In den USA verlangt die Zulassungsbehörde FDA dafür keine Tiersversuche mehr. Überflüssig werden sie damit noch lange nicht. – Ulrike Schneeweiß

„Mehr als 70 Prozent der Gene, die beim Menschen mit Krebs in Verbindung gebracht werden, finden sich auch in *Drosophila*-Fruchtfliegen“, sagt Natascha Drude vom QUEST Center for Responsible Research an der Charité. Ein Grund für Tiersversuche an Fruchtfliegen ist, dass Forschende aus ihnen erste Anhaltspunkte dafür ablesen können, wie Krebs-erkrankungen entstehen. „Man bekommt anhand dieses Modells schnell erste Eindrücke in Mechanismen und Funktion.“ Und gelegentlich erste Ideen für neue Therapien oder Medikamente.

Der Weg solcher Medikamente zum Menschen ist jedoch lang und voller Hürden. Er führt von Tests im Reagenzglas über Prüfungen an Zellen und Geweben. Und irgendwann reicht das nicht mehr. „Nehmen wir Nanopartikel“, sagt Drude. „Diese Wirkstoffträger werden oft schon im Blut von einer Protein-

schicht umhüllt. Was bedeutet das für ihre Verteilung im Körper: Reichern sie sich in bestimmten Geweben an? Wie werden sie ausgeschieden, und entstehen dabei an einer Stelle Abbauprodukte, die an anderer Stelle unvorhergese-henen Schaden anrichten?“

Derart komplexe Zusammenhänge können die Forschenden nur in vollständigen – und vor allem höheren – Organismen erkennen. Deshalb haben Tiersversuche an Säugetieren einen festen Platz in der präklinischen Erprobung. Die Zulassungsbehörden für Arzneimittel – etwa die FDA in den USA oder die EMA in Europa – fordern in der Regel belastbare Daten, dass die neuen Substanzen von zwei Tierarten vertragen werden.

Und doch bleiben diese Tests immer Vergleiche mit einem System, das sich vom Menschen in entscheidenden

Details unterscheidet: Allein die unzähligen Komponenten des Immunsystems, ihre Interaktionen untereinander und mit dem Nervensystem oder dem Stoffwechsel sind bei keiner Tierart exakt so verdrahtet wie beim Menschen. Deshalb bewegen sich Tiersversuche von jeher in einem Spannungsfeld zwischen suboptimal und unverzichtbar. Neuartige Therapieansätze, die nicht auf einfache chemische Substanzen, sondern auf Behandlungen mit menschlichen Zellen, Geweben oder Proteinen des Immunsystems setzen, lassen den Zeiger zunehmend in Richtung suboptimal aus-schlagen.

GRÜNDE FÜR TIERVERSUCHE

Allen bekannten Schwächen zum Trotz: Quasi jede heute verfügbare Therapie wurde mithilfe von Tiermodellen entwi-



ckelt und an Tieren getestet, bevor sie erstmalig am Menschen erprobt wurde. „Denken Sie an Organtransplantationen“, sagt Brigitte Vollmar, Leiterin der Zentralen Versuchstierhaltung der Universität Rostock. „Wir brauchten die Versuche, auch an großen Tieren wie Hunden oder Schweinen – nicht nur um zu verstehen, wie das Organ anatomisch geschlossen wird. Wir mussten vor allem begreifen, wie wir die Abstoßung durch das Immunsystem verhindern können.“

Auf Platz eins der meistverwendeten Labortiere stehen Mäuse. Über 1,3 Millionen Mäuse wurden 2021 in Deutschland für Versuche verwendet, mehr als die Hälfte davon in der Grundlagenforschung. Dass Forschende sie so häufig verwenden, um Vorgänge in Menschen zu verstehen, hat mehrere Gründe: 80 Prozent der Gene des Menschen, die einen Bauplan für ein Protein enthalten, finden sich in verwandter Form im Erbgut der Maus – eine genetische Erinnerung an gemeinsame Vorfahren beider Arten. Genetisch am ähnlichsten sind uns Schimpansen. Uns trennen nur knapp zwei Prozent der Gene. Maus und Mensch sind sich auch ähnlich darin, welche Gene in welchen Geweben zu welchem Zeitpunkt angeschaltet sind. Es gibt viele Parallelen im zentralen Nervensystem und in der Fortpflanzung, und es treten zum Teil ähnliche Erkrankungen auf. Außerdem lassen Mäuse sich vergleichsweise unkompliziert genetisch verändern. Das ermöglicht es Forschenden, die Funktion einzelner Gene – und ihrer Produkte – zu untersuchen. Und es ermöglicht, manche erblich bedingten Krankheiten des Menschen in Mäusen nachzustellen.

Allerdings unterscheiden sich Krankheiten bei Mäusen und Menschen durchaus in wichtigen Details. Erkrankungen wie Multiple Sklerose oder Diabetes, bei denen das Zusammenspiel des Immunsystems mit anderen Systemen des Körpers gestört ist, lassen sich in Tieren nur bedingt nachstellen. Auch was die Sicherheit für Menschen angeht, behalten Tierversuche nicht immer Recht. Traurige Berühmtheit erlangte das Präparat Contergan, das die Entwicklung menschlicher Embryonen schädigte – bei Mäusen war das nicht der Fall gewesen.

Umgekehrt war es bei Kortison: Zugelassen unter weit weniger strengen Regeln als heute, wird

es seit den 1950er-Jahren bei Menschen eingesetzt. Erst später zeigte sich, dass Kortison Mäuseembryonen schädigen kann. Entgegen der Menschheit also wichtige Chancen auf Heilung, weil getestete Substanzen in Tierversuchen versagen und aussortiert werden, die bei Menschen jedoch gewirkt hätten? Armin Braun vom Fraunhofer-Institut für Toxikologie und Experimentelle Medizin in Hannover sieht darin kein Problem: „Es gibt weit mehr Substanzen, die in Tierversuchen vielversprechend aussehen, als man jemals weiterentwickeln könnte. Die wenigsten Kandidaten fliegen wegen mangelnder Wirkung in Tieren aus dem Rennen.“ Es gebe zahlreiche Gründe, die Entwicklung eines Medikaments nicht weiterzuverfolgen. „Neben Sicherheitsbedenken und mangelnder Wirksamkeit in der klinischen Prüfung sind finanzielle oder unternehmensstrategische Gründe oft ausschlaggebend.“

TÜCKEN DER VERGLEICHBARKEIT

Die Frage nach Sinn und Unsinn von Tierversuchen ergibt sich nicht allein aus den Artunterschieden zwischen Mensch und Tier. Sie ergibt sich auch aus den Bedingungen der Tierhaltung. Versuchstiere werden üblicherweise unter möglichst keimfreien Bedingungen gehalten. Zudem sind sie in der Regel genetisch identisch und einheitlich jung, sie fressen das gleiche Futter, atmen die gleiche gereinigte Luft. Kurzum: Sie leben unter standardisierten Bedingungen, damit das wissenschaftliche Experiment nicht durch unkontrollierte Variablen gestört wird.

Im echten Leben trifft ein Medikament jedoch auf höchst individuelle Menschen, die sich in genetischer Ausstattung, Lebensstil, Alter und Vorerkrankungen unterscheiden. „In der Tierversuchskunde sind wir uns dieser Limitierungen stets bewusst“, sagt Natascha Drude von der Charité. „Deshalb arbeiten wir dauernd daran, die Experimente zu optimieren.“

So stattete etwa der Freiburger Immunologe Stephan Rosshart seine Labormäuse mit dem Mikrobiom wild lebender Artgenossen aus. Die Besiedlung dieser Wildlinge mit Bakterien und Pilzen ist der des Menschen deutlich ähnlicher als die Flora erregerfrei gezüchteter Labormäuse. Rosshart verspricht sich von den Wildlingen „eine effizientere



Tierzversuche bewegen sich von jeher in einem Spannungsfeld zwischen suboptimal und unverzichtbar.

Übertragung von tierexperimentellen Erkenntnissen auf den Menschen“.

Tatsächlich zeigten sie eine Immunreaktion auf den 2006 so dramatisch gescheiterten Wirkstoffkandidaten TGN1412 der Firma Tegenero, der sechs von acht gesunden Probanden bei der Erstanwendung im Menschen in London das Leben kostete. Die Substanz gehörte zu einer neuen Therapeutika-Klasse und sollte gegen Multiple Sklerose, Blutkrebs und Rheuma eingesetzt werden. In Tierzversuchen waren keine schwerwiegenden Nebenwirkungen aufgetreten. Bei den Probanden hingegen löste sie eine massive Überreaktion des Immunsystems aus, einen sogenannten Zytokinsturm. Rossharts Wildling-Mäuse reagierten im Gegensatz zu den normalen Labormäusen sehr ähnlich wie die Probanden. Der Grund: Das Immunsystem reift und lernt nur in der ständigen Auseinandersetzung und im Austausch mit dem Mikrobiom. Die magere mikrobielle Flora von steril gehaltenen Labormäusen reicht offenbar nicht aus, um das Immunsystem entsprechend zu trimmen.

Kinderkrebs-Forschenden eines europäischen Forschungskonsortiums ist es nun auf eine andere Art gelungen, eine Brücke zu schlagen zwischen den Ansprüchen an Standardisierung von Tierexperimenten und dem Wunsch, möglichst für den Menschen realistische Antworten aus Tierzversuchen zu erhalten: Sie transplantierten Tumorzellen kranker Kinder in Mäuse – eigentlich ein bewährtes Vorgehen, um menschliche Tumorzellen in Standard-Labormäusen zu untersuchen. Aber üblicherweise testen Forschende Substanzen der statistischen Aussagekraft halber an mehreren Tieren mit dem gleichen Tumor. Das Neue an diesem Vorgehen: „Im Experiment testen wir einen Wirkstoff an 30 oder 40 individuellen, genetisch und biologisch verschiedenen Tumoren einer bestimmten Art“, sagt Stefan Pfister vom Deutschen

Krebsforschungszentrum und dem Hopp-Kindertumorzentrums Heidelberg. „Unser Verfahren spiegelt viel eher die Bedingungen in einer klinischen Phase-II-Studie wider, wo ein Wirkstoff das erste Mal auf Patienten trifft.“

AM LIMIT: NEUE THERAPIEN

Eine besondere Herausforderung sind moderne zell- oder genbasierte Therapieansätze. Ein Beispiel sind CAR-T-Zellen: körpereigene Abwehrzellen der Patienten, die außerhalb des Körpers vermehrt und genetisch so verändert werden, dass sie den Krebs effektiv bekämpfen. Die genetische Veränderung macht also Zellen des Patienten selbst zu einem Medi-

kament. Und dessen Sicherheit und Wirksamkeit muss getestet werden – und zwar im Tierzversuch, so will es eigentlich das Gesetz.

Aber: „Würden Sie einer normalen Labormaus menschliche Immunzellen verabreichen, würde das eine fulminante Abwehrreaktion auslösen“, sagt Rolf Hömke, Sprecher des Verbandes forschender Arzneimittelhersteller. Das Immunsystem bildet eine Hürde zwischen dem Tiermodell und dem Menschen. Gleichzeitig spielt das Immunsystem selbst die zentrale Rolle in der Therapie, die Testsituation ist damit eine experimentelle Herausforderung.

„Der Therapieansatz beruht auf dem engen Zusammenspiel von Ober-

In solchen Organ-on-a-Chip-Plattformen wachsen beispielsweise Herz- oder Hirnzellen in Kammern, die von einem integrierten Mikrofluidik-System mit Nährstoffen und Testsubstanzen versorgt werden. So kann etwa die Toxizität der Stoffe oder ihre Fähigkeit, Gewebebarrieren zu überwinden, ohne Tierzversuche überprüft werden.



flächenmolekülen der Tumorgewebe mit bestimmten Proteinfragmenten und den Rezeptoren der Abwehrzellen“, sagt die Sprecherin eines auf dem Gebiet forschen Unternehmens (das nicht namentlich genannt werden möchte). Dieses ausgeklügelte System von Wechselwirkungen sei ein Spezies-spezifischer Wirkmechanismus, sagt sie. „Das Immunsystem von Tieren ist in dieser Hinsicht nur eingeschränkt mit dem des Menschen vergleichbar.“ Tierschutz spielen daher in der Erforschung und Erprobung zell-basierter Therapien eine untergeordnete Rolle.

Für die Zulassung auf dem Markt aber forderten die US-Behörden bis zur Gesetzesänderung Tierschutz als Voraussetzung für klinische Prüfungen an Menschen. Deshalb wurden die bisher zugelassenen CAR-T-Zell-Therapien in Mäusen nachgestellt: Mäuse-CAR-T-Zellen wurden analog zur menschlichen Therapie an ihnen getestet. Zudem werden die Verfahren an genetisch oder zellulär veränderten Mäusen getestet, die nicht die normale Abwehrreaktion zeigen. „Das ist zwar nicht vollständig vergleichbar mit der Situation im Patienten, stellt aber einen sinnvollen und wichtigen Screen auf Wirksamkeit und mögliche unerwünschte Effekte dar“, ordnet Krebsforscher Stefan Pfister dieses Vorgehen ein.

TIERVERSUCHSFREIE ZUKUNFT?

In der Diskussion um Nutzen und Notwendigkeit von Tierschutz gibt sich die europäische Zulassungsbehörde EMA offen dafür, Alternativmethoden im Begutachtungsprozess zu berücksichtigen. Eine „RiesenChance für die Prüfung neuer Wirkstoffe“ sieht die Vorsitzende der DFG-Senatskommission für tierexperimentelle Forschung, Brigitte Vollmar, in computergestützten Modellen und Simulationen, die auch Algorithmen der künstlichen Intelligenz einsetzen. Seit der ersten Genomsequenzierung haben sich in rasender Geschwindigkeit Methoden entwickelt, große Mengen an Daten über Abläufe in Zellen und Geweben zu generieren. „Solche Modelle bergen das Potenzial, systematische Nebenwirkungen allein auf Basis statistischer Korrelationen vorherzusagen, ohne zu verstehen, wie diese Wirkungen entstehen“, sagt Vollmar.

Auch die seit Jahren immer weiter entwickelten Organoide und Organs-on-a-Chip, die einzelne Aspekte einer Erkrankung oder Therapie abbilden, können – insbesondere wenn dafür menschliche Zellen verwendet werden – sogar relevanter sein als Tierschutz. Ganze Organe, geschweige denn ein ganzer Organismus, sind auf solchen Chips aber nicht abzubilden. Auch wenn manche Forschende der Vision anhängen, sie zu einem Human-on-a-Chip zu verkabeln: „Ein paar Endothelzellen zwischen den Chips sind noch kein Blutgefäß“, relativiert Natascha Drude den Hype. „Und allein die Zusammensetzung des menschlichen Blutes ist so komplex, dass man es nicht einfach in vitro nachstellen kann. Ganz zu schweigen vom Zusammen-



Labormäuse leben unter standardisierten und streng überwachten Bedingungen in sogenannten IVC-Käfigen in speziellen Tierhäusern. Einstreu, Futter, Wasser – alles, was mit den Versuchstieren in Kontakt kommt, wird sterilisiert, um die Forschungsergebnisse nicht zu verfälschen.

spiel verschiedener Immunzellen und Botenstoffe in verschiedenen Geweben.“

Zudem steckt in den Bemühungen, Tierschutz durch Alternativen zu ersetzen, ein Dilemma: Damit Zulassungsbehörden die Alternativmethoden zusätzlich zu oder anstelle von Tierschutz im Zulassungsverfahren berücksichtigen, müssen diese validiert sein. Wie aber die Aussagekraft einer neuen Testmethode für eine ebenfalls neuartige Therapieform validieren? Eine Frage, auf die auch das Bundesinstitut für Risikobewertung, das für Deutschland über die Zulassung von Alternativmethoden entscheidet, keine allgemeingültige Antwort geben kann. „Schlussendlich muss der Antragsteller nachweisen, dass die [vorgelegten Test-] Daten zuverlässig und relevant für die Fragestellung sind“, heißt es in einer Äußerung des Instituts.

„Es gibt weit mehr Substanzen, die in Tierschutz vielversprechend aussehen, als man jemals weiterentwickeln könnte.“

Diese Nachweise zuzulassen und zu fördern und Antragsteller in ihrer Entwicklung zu bestärken, ist ein wichtiger Aspekt der US-Gesetzesänderung. Weit entfernt davon, ein Tierschutzverbote zu sein, eröffnet sie überhaupt die Möglichkeit, Produkte ohne Tierschutz bis zur klinischen Erprobung zu bringen. Alternativen Testmethoden und neuartigen Therapien bietet sie so bessere Entwicklungsperspektiven und Zugänge zum Markt. Eine tierschutzfreie Zukunft ist deshalb noch nicht in Sicht. „Wir kommen – Stand heute – nicht ohne Weiteres drum herum“, fasst Natascha Drude zusammen. „Ich erwarte nicht, dass sich von heute auf morgen ein Medikament in die Zulassung verirrt, das gänzlich ohne Tierschutz getestet wurde.“ ●

Upgrades für den Körper



Der „dritte Daumen“ wird über Bewegungen der Zehen gesteuert und bietet eine weitere Möglichkeit, zu greifen.

© copyright by Heise Medien.

Jahrzehntelang orientierte sich die Entwicklung von Prothesen an natürlichen Gliedmaßen. Jetzt arbeiten Forschende an künstlichen Körperteilen, die ihren Trägern völlig neue Möglichkeiten eröffnen. – Joanna Thompson (Übersetzung: Wolfgang Stieler)

Dani Clode dürfte derzeit die einzige Person sein, die sich, bevor sie ihr Tagwerk beginnt, einen dritten Daumen an die Hand schnallt: Sie ist Spezialistin für Prothesen am Plasticity Lab der University of Cambridge und sucht nach neuen Möglichkeiten, den menschlichen Körper zu optimieren.

Dieser dritte Daumen, mit dem jeder seinen Griff verstärken kann, ist ihr aktuelles Projekt. Das flexible Gerät wird von Motoren angetrieben und über Drucksensoren in den Schuhen seiner Trägerin gesteuert. Freiwillige Testpersonen haben gelernt, damit eine Flasche aufzuschrauben, Tee zu trinken und sogar Gitarre zu spielen. Clode hofft, dass der Daumen (und ähnliche Geräte) eines Tages jedem, vom Fabrikarbeiter bis zum Chirurgen, helfen könnte, Aufgaben effizienter auszuführen und dabei den eigenen Körper weniger zu belasten.

Wie auch mit dem Daumen sprengt Clode mit ihren Prothesen-Entwürfen oft die konventionellen Grenzen von Funktionalität und Ästhetik. So wie eine Unterarmprothese aus durchsichtigem Acryl und mit einem eingebauten Metronom, das im Takt des Herzens des Trägers schlägt. Oder ein Arm, der aus neu anordbaren Teilen aus Harz, poliertem Holz, Moos, Bronze, Gold, Rhodium und Kork besteht.

Traditionell haben sich Designer von Prothesen vom menschlichen Körper inspirieren lassen. Prothesen wurden als Ersatz für fehlende Körperteile angesehen – und haben schließlich zur Entwicklung realistischer bionischer Beine, Arme und Hände geführt.

Clode ist jedoch Teil der alternativen Prothetik-Bewegung, die sich nicht an die Konventionen hält und nicht versucht, sich anzupassen. Statt Geräte zu entwickeln, die das Aussehen eines „normalen“ Arms oder Beins imitieren, entwerfen sie und ihre Designerkollegen fantastische Prothesen, die sich wie Tentakel winden, leuchten oder sogar Glitzerstaub versprühen können.

EINE LANGE GESCHICHTE

Das Bedürfnis, Prothesen zu fertigen, ist alt und offenbar zutiefst menschlich. Die frühesten bekannten künstlichen Gliedmaßen stammen aus dem alten Ägypten: zwei modellierte Zehen, von denen eine am rechten Fuß einer Mumie gefunden wurde. Sie ist zwischen 2500 und 3000 Jahre alt und trägt unverkennbare Spuren von Schnürsandalen.

Bereits die Menschen der Antike fertigten und trugen Prothesen aus unzähligen Gründen – manche aus praktischen, manche aus spirituellen Gründen, manche aus Gründen der Behinderung.

Die meisten dienten dazu, sich anzupassen, aber einige fielen absichtlich auf. Als der römische General Marcus Sergius Silus im Zweiten Punischen Krieg seine Hand verlor, bestellte er Berichten zufolge einen eisernen Ersatz. Zumaldest ein italienischer Mann des Mittelalters scheint seine Hand durch ein Messer ersetzt zu haben.

Für Victoria Pitts-Taylor, Professorin für Geschlechterstudien an der Wesleyan University, die sich mit Körpermodifikationen in Kultur, Medizin und Wissenschaft beschäftigt, macht der Drang, seine Prothese individuell zu gestalten, durchaus Sinn. „Was auch immer wir mit unserem Körper anstellen, wir tun es nicht in einem sozialen Vakuum“, sagt sie. Veteranen möchten vielleicht ihre Identität durch eine körperliche Hommage an ihren Militärdienst zum Ausdruck bringen, während Künstler vielleicht mit Farben und Mustern experimentieren.

Die Bewegung für die Rechte von Menschen mit Behinderungen, die in den Vereinigten Staaten zusammen mit der Bürgerrechtsbewegung und der Bewegung zur Befreiung von Homosexuellen in den 1960er-Jahren entstanden ist, setzt sich seit Jahrzehnten für eine breitere Akzeptanz von Prothesen ein. Frühe Aktivisten gingen mit minimalen Hilfsmitteln wie geteilten Haken (oder gar keinen Hilfsmitteln) auf die Straße, während spätere Aktivisten funkelnende Discokugelspiegel auf ihre Prothesen klebten. „Die Idee war: Ich werde meinen Körper nicht so verändern, dass er konventionellen Standards entspricht“, sagt David Serlin, ein Behinderten- und Designhistoriker an der University of California, San Diego.

WAS IST NORMAL?

Aber das moderne medizinische System ist nicht darauf ausgelegt, Dinge wie Selbstdarstellung oder Identität zu berücksichtigen. So gibt es beispielsweise Handprothesen in der Regel nur in drei Größen – männlich, weiblich und Kind. Viele Menschen liegen jedoch irgendwo zwischen diesen Größen oder sogar außerhalb dieser Bereiche.

Diese begrenzte Auswahl kann zu einer unangenehmen Diskrepanz zwischen ihren künstlichen und biologischen Gliedmaßen führen. Für schwarze Menschen kann die Auswahl eines Geräts sogar noch unangenehmer sein, da einige Prothesenhersteller regelmäßig nur wenige hautfarbene Optionen an Kliniken und Krankenhäuser liefern.

Das ist nicht nur ein ästhetisches Problem. Jeder Mensch, der eine Prothese nutzen will, hat ein

Das medizinische System ist nicht darauf ausgelegt, Selbstdarstellung oder Identität zu berücksichtigen.

individuelles Maß an Berührungsempfindlichkeit, die zum Beispiel von der Nervenkonzentration in seinem Stumpf abhängt und davon, ob er Phantomempfindungen hat. Diese Faktoren können die Bereitschaft und Fähigkeit, eine Prothese zu tragen, die sich eng an diesen empfindlichen Bereich anpassen muss, stark negativ beeinflussen.

Ganz abgesehen davon, dass eine Person mit einer angeborenen Gliedmaßenfehlbildung ganz andere Anforderungen hat als eine, deren Körperteile amputiert wurden. Jemand, der erst später im Leben eine Gliedmaße verliert, kann sich mit einem Hilfsmittel gut zurechtfinden. Aber viele Menschen, denen von Geburt an ein Arm fehlt, sind äußerst geübt darin, alltägliche Aufgaben mit ihrem Stumpf zu erledigen, sodass klobige Prothesen nur im Weg sind.

Nach einer aktuellen Studie aus 2022 gaben bei einer repräsentativen Befragung tatsächlich 44 Prozent aller Betroffenen an, ihre Prothese nach einiger Zeit nicht weiterzubenutzen (heise.de/s/nb8E).

FORM FOLLOWS FUNCTION

Ein Pionier bei der Entwicklung von Prothesen, die vor allem auf Nützlichkeit ausgerichtet waren, war Jules Amar. Er entwickelte Geräte für Soldaten, die im Ersten Weltkrieg Gliedmaßen verloren hatten. Seine Entwürfe brachen mit den traditionellen Ansätzen, indem sie für bestimmte Aufgaben optimiert wurden. Amar stattete seine Patienten beispielswei-

se mit Prothesen aus, die in einer Zange endeten, mit dem Ziel, die jungen Männer wieder in die „produktive“ Gesellschaft zu integrieren. Den meisten Berichten zufolge funktionierte sein Ansatz – viele Veteranen fanden Arbeit in der Landwirtschaft und in Fabriken, obwohl einige von Amars Zeitgenossen Bedenken wegen der Ausbeutung behinderter Arbeiter äußerten.

Heute können Prothesenträger mit weitaus technischeren Lösungen ausgestattet werden, wie zum Beispiel myoelektrische Geräte – künstliche Gliedmaßen, die durch elektrische Signale von den Muskeln eines Stumpfes gesteuert und von Motoren bewegt werden. Viele Menschen verzichten jedoch auf diese komplexen, roboterähnlichen Gliedmaßen und entscheiden sich für spezialisierte Geräte wie die von Amar entwickelten. Etwa Sprungfeder-Beine für den Sport oder durch Körperkraft betriebene „Aktivitätsarme“ mit austauschbaren Aufsätzen an den Enden. „Ich habe so ein Gerät, das ich hauptsächlich zum Trainieren benutze“, sagt Britt H. Young, Autorin und Doktorandin an der University of California, Berkeley. „In vielerlei Hinsicht sind Menschen, die so etwas benutzen, zufriedener.“

Neuere neurologische Forschungen bestätigen solche anekdotischen Berichte. Lange Zeit sei man bei der Entwicklung medizinischer Geräte davon ausgegangen, dass eine Prothese mit den Erwartungen des Gehirns übereinstimmen sollte, damit sie sich möglichst „natürlich“ bedienen lasse, sagt Tamar Makin von der Universität Cambridge. Die Prothese soll-

Der Grundschullehrerin Kath Tregenna mussten wegen einer Sepsis alle vier Gliedmaßen amputiert werden. Heute managt sie ihren Klassenraum mit zwei bionischen „Hero Arms“.



© Copyright by Heise Medien.

Der neue Arm verwandelte Barnes in einen trommelnden Superhelden.

DIE ERWEITERUNG DES KÖRPERS



Dieser „sechste Finger“, 2016 entwickelt von Forschenden der Khalifa University in Abu Dhabi, wird über eine Hirn-Computer-Schnittstelle gesteuert.

Trotz bemerkenswerter technischer Fortschritte ist die Steuerung künstlicher Gelenke immer noch mühsam und ihre Einsatzmöglichkeiten sind begrenzt. International arbeiten diverse Forschungsgruppen daran, das zu ändern. Im Rahmen des von der EU geförderte Projektes NIMA (Non-invasive Interface for Movement Augmentation, Nicht-invasive Schnittstelle für Bewegungserweiterung) sollen Schnittstellen entwickelt werden, „die es Personen ermöglichen, künstliche Gelenke in Abstimmung mit ihren natürlichen Gelenken zu steuern“. Das ist nicht nur für Prothesen interessant. Chirurgen etwa könnten „Eingriffe mit drei Händen“ durchführen, heißt es auf der Projektwebsite.

Bei der Entwicklung solcher Schnittstellen schlagen die Forschenden recht unterschiedliche Wege ein. Die Arbeitsgruppe von Dario Farina vom Imperial College London beispielsweise forscht daran, elektrische Signale der Muskelaktivität (Elektromyografie) mithilfe von Software zu entschlüsseln und daraus die Steuerungssignale der Motorneurone im Rückenmark zu extrahieren.

Dabei machten Farina und seine Kollegen eine verblüffende Entdeckung: Neben neuronalen Spikes, die direkt mit einem Zusammenziehen von Muskulatur zusammenhingen,

entdeckten sie auch Signale mit höheren Frequenzen – die offensichtlich viel zu schnell waren, um direkt die Muskulatur zu steuern (heise.de/s/xJAv). Wozu diese zusätzlichen Signale dienen, konnten die Forschenden nicht entschlüpfen. Sie hoffen aber, sie zur Steuerung robotischer Gelenke benutzen zu können. In einem ersten Proof of Principle ließen sie Versuchspersonen nur durch das Anspannen ihrer Schienbeinmuskulatur und das Abgreifen und Dekodieren der Myografiesignale die Position eines Cursors auf einem Bildschirm steuern.

Andere Forschungsgruppen wollen gewissermaßen das Gehirn überlisten, um eine quasi natürliche Steuerung künstlicher Gelenke zu erreichen. Denn das subjektive Gefühl für den eigenen Körper und die Position der eigenen Gelenke ist keineswegs fest und unveränderlich, wie beispielsweise die Gummihand-Illusion zeigt. Ein wichtiger Schlüssel für solche außerkörperlichen Erfahrungen sind gleichzeitige optische und taktile Reize: Die betroffene Person sieht im Gummihand-Experiment, wie eine Feder über die Gummihand streicht, und spürt gleichzeitig eine Berührung an ihrer echten – aber verdeckten – Hand.

Ryota Kondo und Kollegen von der Toyohashi University in Japan nutzten dieses Prinzip, um über die Bewegung des Daumens einer Hand einen virtuellen, künstlichen Arm in einer VR-Umgebung zu steuern (heise.de/s/MKbp). Wurde die Bewegung des Arms mit der des Daumens synchronisiert, berichteten die Versuchsteilnehmer in einer abschließenden Befragung tatsächlich von dem Gefühl, der virtuelle Arm habe zu ihrem Körper gehört. Kondo und seine Kollegen hoffen, dass sich auch die Steuerung eines echten Roboterarms auf diese Weise „natürlicher“ anfühlt, leichter zu lernen ist und weniger ermüdet.

Gleichzeitig arbeiten andere Forschungsgruppen an immer neuen robotischen Zusatz-Extremitäten. So haben italienische Forschende beispielsweise zusätzliche Roboter-Daumen entwickelt, die an einer Manschette für den Unterarm befestigt sind (heise.de/s/Zjqd). Tatsächlich erinnern die Zusatz-Gelenke allerdings eher an Oktopus-Greifarme, die durch den Zug künstlicher Sehnen quasi eingerollt werden und sich so beim Greifen an die Form verschiedenster Gegenstände anpassen können. Und ein Team des MIT hatte bereits 2017 eine paar leichter und stabiler Zusatz-Beine entwickelt, die von der Hüftbeugung des Trägers gesteuert werden und den Nutzer bei Bedarf abstützen oder aus einer Ruheposition wieder in den Stand helfen und dann wieder eingefahren werden (heise.de/s/jQgm).
– Wolfgang Stieler

„Mein Bein wurde so von einer lebenslangen Strafe zu einem Objekt der Liebe und der Begierde.“

te daher wie eine Hand geformt sein und sich auch mechanisch so verhalten. Makins Forschungen bestätigen jedoch: Unser Gehirn ist tatsächlich sehr flexibel in seiner Fähigkeit, sich an neue Gliedmaßen anzupassen.

In einer 2020 in *PLOS Biology* veröffentlichten Arbeit untersuchte das Labor von Makin die Gehirne von Prothesenträgern und Nicht-Prothesenträgern mit einem fMRI-Gerät, um zu sehen, wie bestimmte Bereiche des Gehirns auf das Vorhandensein einer Prothese reagieren (heise.de/s/2XL5). „Prothesen wurden nicht wie Hände repräsentiert“, sagt Makin, „aber sie wurden auch nicht wie Werkzeuge dargestellt“. Stattdessen schienen sie eine einzigartige neuronale Signatur auszulösen – weder Hand noch Werkzeug, sondern etwas bisher Unbekanntes. Diese Muster waren bei verschiedenen Nutzern gleich, was darauf hindeutet, dass sich die meisten Menschen problemlos an eine Vielzahl von Konfigurationen künstlicher Gliedmaßen anpassen können.

WIEDER AM SCHLAGZEUG

Das Beispiel von Jason Barnes zeigt, dass sich damit unter Umständen völlig neue Möglichkeiten eröffnen. Barnes, Musikproduzent und Musiker in Atlanta, wuchs mit einer Leidenschaft für das Schlagzeug auf. Doch 2012 wurde sein rechter Arm bei einem Arbeitsunfall einer Spannung von 22000 Volt ausgesetzt. Der vom Starkstrom geschädigte Arm musste unterhalb des Ellenbogens amputiert werden.

Einige Wochen nach seiner Entlassung aus dem Krankenhaus klebte Barnes sich einen Schlagzeugstock an das Ende seines Verbands und begann, das Spielen neu zu erlernen. Es dauerte nicht lange, bis er seine erste eigene Armprosethese mit eingebautem Schlagzeugstock baute. „Das war eine Menge Versuch und Irrtum, denn ich hatte keine Ahnung, was ich da tat“, sagt er. Schließlich fand er ei-

nen Ansatz, der funktionierte – einen Arm mit Schlagzeugstöcken, der mit Gegengewichten ausgestattet war und den er mit der Schulter und dem Ellbogen bedienen konnte. Kurz darauf schrieb er sich für das Schlagzeugprogramm am Atlanta Institute of Music and Media ein.

Aber Barnes war gelegentlich immer noch frustriert. Um in verschiedenen Stilen zu spielen – zum Beispiel zwischen komplexen Jazz- und Swing-Rhythmen zu wechseln –, musste er anhalten, um seine Prothese festzuziehen oder zu lockern. Er wünschte sich eine nahtlose Kontrolle. Er lernte Gil Weinberg kennen, einen Professor für Musiktechnologie an der Georgia Tech. Dessen Gruppe arbeitete mit Barnes zusammen, um einen neuen myoelektrischen Schlagzeugarm zu entwickeln, der seine Muskelbewegungen lesen und viel feinere Schläge ausführen konnte.

Dann gingen sie einen Schritt weiter und fügten der Prothese einen zweiten Schlagzeugstock hinzu. Der konnte mithilfe von Software für maschinelles Lernen die Rhythmen der anderen Musiker in der Band erkennen. „Die Idee war, dass der zweite Stick manchmal etwas spielt, das nicht unter Jasons Kontrolle steht“, sagt Weinberg. Dadurch entsteht eine „seltsame, intime Verbindung“ zwischen den Musikern.

Der neue Arm verwandelte Barnes in einen trommelnden Superhelden. Er ermöglichte es ihm, die Grenzen des Körpers zu überschreiten und Rhythmen zu spielen wie kein anderer Mensch auf der Welt. Im Jahr 2019 stellte er sogar einen Guinness-Weltrekord für Schlagzeuggeschwindigkeit auf. „Technologisch gesehen ist der Zwei-Stick-Arm eine tolle Idee“, sagt Barnes. Aber „vom Standpunkt eines Schlagzeugers aus betrachtet, machte es irgendwie nicht viel Sinn“. Doch Barnes hat die Hightech-Hilfe für Schlagzeuger noch nicht ganz aufgegeben. Er und Weinberg entwickeln derzeit einen neuen myoelektrischen Arm, der die Fein-

heiten der Zwei-Stick-Prothese mit der kreativen Autonomie von Barnes' Eigenkraft-Arm kombiniert. Welche Prothese er verwendet, hängt vom jeweiligen Tag ab und von dem, was er spielen will.

NEUE SCHÖNHEIT

Nicht jede nicht-traditionelle Prothese dient ausschließlich der Funktion. Victoria Modesta, eine in Lettland geborene Künstlerin, ist seit Langem von Science-Fiction und retro-futuristischer Ästhetik



Foto: The Alternative Limb Project, Dani Clode & Jason Taylor

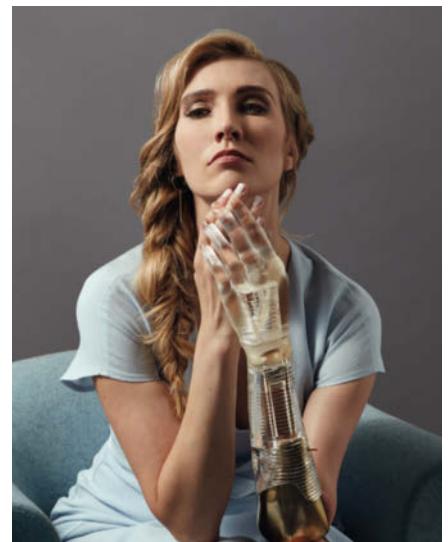
Foto: Taleen Dersepanian

fasziniert. Als sie begann, eine Prothese zu tragen, beschloss sie, auf die traditionelle Form völlig zu verzichten. „Für mich war es eine Art Rückeroberung der Kontrolle und eine Änderung der Erzählung“, sagt sie.

Modestas linkes Bein wurde bei der Geburt verletzt, was zu jahrelangen Operationen und medizinischen Komplikationen führte. Im Alter von 20 Jahren unterzog sie sich einer freiwilligen Amputation. Noch vor der Operation begann sie, sich ihre Prothesen vorzustellen. Nach der Operation arbeitete sie mit Tom Wickerson und Sophie de Oliveira Barata von der Design-Initiative Alternative Limb Project (der auch Clode angehört) zusammen, um eine ihrer Visionen zu verwirklichen: eine mit Edelsteinen besetzte untere Extremität, inspiriert von Hans Christian Andersens klassischem Märchen *Die Schneekönigin*. „Mein Bein wurde so von einer lebenslangen Strafe zu einem Objekt der Liebe und der Begierde.“



Der Musiker Jason Barnes arbeitet gemeinsam mit Gil Weinberg (Georgia Tech) an Prothesen, die ihm das Spielen von Instrumenten erlauben – zum Beispiel einer bionischen Hand für Keyboards.



Das Model Kelly Knox trägt eine Armprothese, in die ein Metronom eingearbeitet ist. Das Gerät ist über einen Sensor mit ihrem Pulsschlag synchronisiert.

Die Designerin Viktoria Modesta entwickelt Prothesen, die bewusst auffällig und schön sind: Objekte der „Liebe und Begierde“.

Greentech hat viele Gesichter. Sie kann hinter einem Nischenprodukt stehen, das gemeinsam mit anderen grün gedachten Ideen die Welt ein Stückchen nachhaltiger macht. Oder sie bildet eine große Klammer, um ökologische Prozesse durch digitale Netzwerke und Marktplätze zusammenzuführen.

Dossier

THEMA

GREENTECH

93 PLATTFORMEN • Marktplätze für grüne Ideen

98 NACHHALTIGER KONSUM • Bier, Böller, Bäume

© Copyright by Heise Medien.

Marktplätze für grüne Ideen

Die Wirtschaft muss nachhaltiger werden. Dabei helfen digitale Plattformen und Marktplätze: Sie machen ökologisches Verhalten auch für kleinere Unternehmen zugänglich und erschwinglich. Doch nicht jeder Betrieb sollte eine Plattform gründen. Experten rechnen mit einer Konsolidierung in den nächsten Jahren. – Bernd Müller

Kreislaufwirtschaft kann nur funktionieren, wenn Plattformen wie Cirplus alte Kunststoffe digital einsammeln und Recyclern zuführen.



Während die ersten versuchten, für möglichst viele Branchen digitale Dienstleistungen anzubieten, fokussieren sich viele Plattformen heute auf Nischen.

Gas- und Ölheizungen geht es an den Kragen, Wärmepumpen sollen sie ersetzen. So will es Wirtschaftsminister Robert Habeck. Doch sie entfalten ihre Wirkung nur, wenn sie durch andere Maßnahmen zum Energiesparen in Gebäuden flankiert werden. Viele Vermieter und Wohnungsgesellschaften wissen aber gar nicht, wie das geht, vor allem wenn man dafür irgendetwas Digitales braucht. Etliche der wohnungswirtschaftlichen Unternehmen in Deutschland haben keine ausreichende Digitalisierungsexpertise. Sie sind daher auf Partner angewiesen, die sich damit auskennen: Anbieter von Energieeffizienz-Technologie und Gebäudedigitalisierung. Die gibt es zwar, die Herausforderung ist allerdings, die richtigen Partner zu finden und beide Seiten – Anbieter und Nachfrager – zusammenzubringen.

Das dachte sich auch Hartmut Conrad, Gründer und Geschäftsführer von Realeasy. Das Start-up mit Sitz in Bochum hat eine B2B-Plattform aufgebaut, die Anbieter und Nachfrager für Technologien und Dienstleistungen zur Digitalisierung von Gebäuden, Prozessen und zur Steigerung der Energieeffizienz und mehr Nachhaltigkeit im Lebenszyklus der Gebäude zusammenbringt. Realeasy ist keine technologische Plattform mit Schnittstellen zu anderen IT-Systemen, es bahnt vielmehr Geschäfte zwischen Angebot und Nachfrage an und finanziert sich aus Provisionen. Die Plattform funktioniert als offenes Netzwerk für alle Anbieter, Wettbewerb ist möglich und sogar erwünscht, weil so Transparenz im Markt erzeugt wird – eine große Stärke von Plattformen.

Realeasy ist erst seit 2022 online und fühlt sich bei der Benutzung schon

SCHNITTSTELLE

Digitale Plattformen sind Intermediäre, die mithilfe digitaler Technologien zwei oder mehr Marktteilnehmer verbinden und dadurch deren bisherige Interaktion vereinfachen oder sogar ganz neue Interaktionen ermöglichen. So definieren es VDMA, Deutsche Messe und Roland Berger in ihrer Studie *Plattformökonomie im Maschinenbau*. Dabei unterscheiden die Experten zwei grundlegende Typen von Plattformen, die sich wiederum in Untertypen differenzieren:

Transaktionszentrierte Plattformen: Sie bieten eine einheitliche digitale Schnittstelle zum Tauschen und Handeln von Gütern und Dienstleistungen. Davon erhoffen sich Unternehmen mehr Effizienz in ihren Prozessen, unter anderem in Beschaffung und Verkauf, in der Logistik und in der Lieferkette oder durch die Kollaboration mit Partnern und Kunden. In dieser Gruppe unterscheidet man:

- *Marktplätze, Retail- und Fertigungsplattformen:* An diesen virtuellen Orten treffen sich Unternehmen, um Transaktionen zu vermitteln, und zwar ohne Medienbrüche in einer einheitlichen Online-Umgebung.
- *Supply-Chain- und Logistikplattformen:* Unternehmen erhoffen sich hier effizientere Logistikprozesse durch das Zusammenführen von Versendern und Empfängern von Waren.
- *Vernetzungsplattformen:* Hier geht es um die Kollaboration zwischen Marktteilnehmern, unabhängig von Zeit und Ort.

Datenzentrierte Plattformen: Diese bieten nicht nur die Plattform-Infrastruktur zum Austausch an. Zusätzlich sammeln sie Informationen, die die Nutzenden der Plattform erzeugen. Die Plattform übernimmt häufig auch Analyse und Auswertung dieser Informationen. Solche Plattformen können die Basis für neue datenbasierte Geschäftsmodelle sein. In dieser Gruppe unterscheidet man:

- *IIoT-Plattformen:* Das Industrielle Internet der Dinge vernetzt Produktionsprozesse, Maschinen und Anlagen sowie einzelne Produkte. Über die Plattform interagieren diese „Dinge“ automatisiert und ermöglichen so neue Geschäftsmodelle. Eine häufige Anwendung ist hier die vorausschauende Wartung.
- *Daten(transaktions)-Plattformen:* Diese Plattformen lösen sich von Produkten und Produktionsprozessen, hier geht es um den Austausch von unternehmensrelevanten Daten wie Produkteigenschaften oder Wetterinformationen.

ein wenig nach Amazon an. Mit dem Onlinehändler möchte sich Hartmut Conrad aber nicht vergleichen – eher mit B2B-Plattformen wie Alibaba oder in Deutschland Adamos. Es gibt Empfehlungen à la „Andere Kunden kauften auch ...“. Mit Realeasy möchte er künftig ein ganzes Ökosystem für neue Dienstleistungen anbieten: „Sensorspezialisten, Heizungshersteller, Netzwerkbetreiber und andere können bei uns künftig einzigartige Angebote komponieren, die es so bisher noch nicht gab.“

Damit ist Realeasy ein gutes Beispiel für die Art der Plattformökonomie, die Unternehmen wie Amazon, AirBnB oder Uber für Endkonsumenten zur Perfektion getrieben haben. Realeasy hat dieses Konzept nun für Unternehmen und deren Geschäftspartner umgesetzt: B2B statt B2C. Laut einer Studie der Friedrich-Ebert-Stiftung von 2021 entwickeln sich B2B-Plattformen derzeit von transaktionsbasierten Marktplätzen zu integrierten Plattformen im Internet der Dinge, mit standardisierten Schnittstellen und dem Ziel, digitale Ökosysteme zu schaffen. Das hohe Branchen-Know-how und der Zugang zu Maschinen- und Kundendaten verschafft der deutschen Industrie gute Chancen, Plattformen im B2B-Segment erfolgreich zu etablieren und dadurch ihren relativ hohen Wertschöpfungsanteil zukünftig auszubauen, so die Autoren der Studie.

MEHR FOKUS AUF DEN PLATTFORMEN

Vor einigen Jahren beziehungsweise vor Corona waren Plattformen das nächste große Ding – jedes Unternehmen sollte eine aufbauen, um produktbegleitende Dienstleistungen anzubieten, empfahl Berater. Und zahlreiche Unternehmen folgten, wie das Wachstum der Liste im Handbuch *Deutsche Digitale B2B-Plattformen* des Bundesverbands der Deutschen Industrie belegt. Die erste Auflage erschien 2018 mit damals 24 Beispielen. 2021, in der vierten Auflage, waren es schon 110 Unternehmen – „ohne Anspruch auf Vollständigkeit“, wie Steven Heckler betont. Der stellvertretende Abteilungsleiter für Digitalisierung und Innovation beim BDI kennt etliche Plattformen der ersten Stunde, die es heute noch gibt. Einige wiederum haben mittlerweile dichtgemacht oder mit Wettbewerbern fusioniert.

Die Zunahme der Zahl der Plattformen hat laut BDI auch mit einer Diversifizierung zu tun. Während die ersten Gründungen versuchten, für möglichst viele Branchen und Bedarfe digitale Mehrwertdienstleistungen anzubieten, fokussieren sich viele Plattformen heute auf einzelne Branchen, manchmal auch Nischen. Auch kam es vereinzelt zu Abspaltungen innerhalb eines Anbieters. So ging aus der breit aufgestellten „Industrial Internet of Things (IIoT)“-Plattform Siemens Xcelerator (früher MindSphere) die Unterplattform Railgent X speziell für die Bahnindustrie hervor.



Für das Management von Bahnanlagen hat Siemens eine eigene Plattform ausgebaut: Railgent X.

**21 Prozent
aller LKW-
Fahrten sind
Leerfahrten.
Eine bessere
Koordination
würde er-
heblich CO₂
einsparen.**

Die Motivation, eine Plattform oder einen Marktplatz zu gründen, ist von der Branche abhängig. Während es in der Mode-/Bekleidungsbranche nur drei große Plattformen gibt, haben sich in der Fertigungsindustrie einige Dutzend IIoT-Plattformen herausgebildet. Etliche davon dienen einzig und allein dazu, Services zu dem Produkt des Plattformbetreibers anzubieten. Diese Strategie steckt hinter der Plattform EOX, wo TK Elevator Dienstleistungen wie die vorausschauende Wartung, aber auch Energieeffizienzsteigerungen für seine Aufzüge anbietet.

KOORDINIERT FÜR DIE UMWELT

Vor dem Hintergrund steigender Umwelt- und Klimaschutzaufgaben können digitale Plattformen eine wichtige Rolle spielen. Ein Hebel ist die Digitalisierung, die Prozesse vereinfacht und das Papier aus den Bürostuben verbannt. Nach eigenen Angaben spart die Online-Frachtenbörsen Saloodo! pro Jahr 2,4 Millionen Blatt Papier, indem sie Prozesse digital abwickelt. Saloodo! vermittelt nicht nur Frachtaufträge an die 12000 registrierten Speditionen, sondern macht auch gleich noch einen Preisvorschlag und kümmert sich um Transportdokumente und Sendungsstatus – alles in einem Dashboard abrufbar. Saloodo! macht allerdings keine Angaben, wie viel CO₂ die Beladungen für Speditionen einsparen. Da 21 Prozent aller LKW-Fahrten in der EU Leerfahrten sind, brächte eine bessere Koordination sicher erhebliche CO₂-Einsparungen.



Kommen die ganzen derzeit neu installierten PV-Anlagen in die Jahre, werden auch Plattformen für deren Wartung boomen, ist Solytic überzeugt.

Naheliegend sind Einsparungen bei Plattformen, die eine Kreislaufwirtschaft aufgebaut haben, wie Cirplus, das alte Kunststoffe einsammelt und recycelt. Auch in der Logistik sind erhebliche Einsparungen möglich. In der aktuellen vierten Auflage des BDI-Handbuchs fragt der Verband erstmals danach, was die jeweilige Plattform bezüglich ökologischer, ökonomischer und sozialer Nachhaltigkeit bringt. IIoT-Plattformen berichten hier von einer CO₂-Einsparung von bis zu 25 Prozent. Effizientere Prozesse, weniger Fehlproduktion und damit auch weniger Abfall seien die Ursachen.

Eine digitale B2B-Plattform ist jedoch kein Selbstläufer. Laut einem Gutachten des ifo Instituts ist ein Marktplatz dann erfolgversprechend, wenn er nicht bloß die eigentliche Transaktion abbildet, sondern auch die vor- und nachgelagerten Prozesse der Teilnehmenden im Betrieb. Bezieht eine Plattform etwa bei einer Bestellung von Büromaterial gleich die Freigabe durch die oder den Vorgesetzten mit ein, ist sie ein echter Gewinn: Der oder die Mitarbeitende legt Bleistifte und Druckerpapier in den Warenkorb, klickt auf Bestellen, worauf seine Chefin automatisch die Anfrage zur Freigabe er-

4000 Erzeuger mit einer Spitzenleistung von 250 Megawatt sind über die Plattform direkt mit Zighausenden Abnehmern verbunden.

Johannes Burgard, Geschäftsführer von Solytic, hat eine Plattform für Solarteure entwickelt.



© Copyright by Heise Medien.

hält. Erst wenn sie ihr Okay gibt, wird die Bestellung ausgeführt.

Damit wird auch klar, warum sich B2B-Plattformen so viel schwerer tun als B2C-Plattformen wie Amazon oder AirBnB. Diese haben den Vorteil, dass sie ihre Prozesse nahezu ins Unendliche skalieren können. Jeder Anbieter auf dem Amazon Marketplace oder Vermieter bei AirBnB nutzt die gleiche Software und muss sich diesen Prozessen fügen. Anders in der Unternehmenswelt: Jeder Betrieb hat individuelle Prozesse, manche davon sind vielleicht noch analog, andere zwar schon digitalisiert, nutzen aber eine maßgeschneiderte Software. Alle diese Varianten muss der Marktplatz abbilden, was eine Menge Arbeit zur Anpassung erfordert. Das schaffen nur wenige Plattformen, wie etwa Unite und Wucato, die B2B-Pendants zu Amazon. Wer die Skalierung aus eigener Kraft nicht stemmen kann, tut sich besser mit Wettbewerbern zusammen.

OPFER DES ERFOLGS

Wenn Plattformen nicht funktionieren, kann das auch an einem veränderten Markt liegen. So ist Solytic vor sechs Jahren mit einer Plattform gestartet, um Daten von Zighausenden Photovoltaikanlagen einzusammeln und diese zu überwachen. Nutzer sind Solarteure, also Betriebe, die für ihre Kunden die Anlagen auf den Dächern überwachen und Handlungsempfehlungen geben, wenn etwas nicht funktioniert oder wenn die solare Ausbeute zu gering ist. Solytic hat heute über 100 Kunden und betreut über 200 000 Anlagen – ein echter Erfolg.

Ein Flop war dagegen der Marktplatz für Dienstleistungen rund um Photovoltaikanlagen, den das Unternehmen aufgebaut hatte. Dort konnten Drittanbieter eigene Dienste vertreiben, zum Beispiel Reinigung, Wartung oder Optimierungen für eine höhere Energieautarkie. „Das war leider nicht wirtschaftlich“, sagt Johannes Burgard. Als Grund nennt der Geschäftsführer von Solytic ausgerechnet den Boom in der Photovoltaik. „Alle wollen Anlagen aufs Dach bauen, es gibt derzeit eine richtige Goldgräberstimmung.“ Die Kehrseite ist, dass sich Betriebe nicht mehr dafür interessieren, solche Dienstleistungen anzubieten, weil sie damit weniger verdienen.

Burgard will die Idee einer Dienstleistungsplattform rund um die Photo-

voltaik noch nicht ganz begraben. Der rasante Zubau werde irgendwann zu einem Wartungsstau führen und zu einer höheren Nachfrage nach solchen Services. Auch könnte die zunehmende Komplexität erneuerbarer Energien in Wohn- oder Gewerbegebäuden neuen Schub geben. Wenn zur PV-Anlage noch eine Batterie, eine Wärmepumpe und eine Wallbox samt Elektroauto kommen, wird das Optimierungspotenzial größer. „Wer dann solche Dienstleistungen nicht nutzt, verliert bares Geld“, warnt Burgard.

Auch Lumenaza hat sich der Energiewende verschrieben. Dazu hat sich das Unternehmen vor zehn Jahren entschlossen, eine Plattform zu starten, die Erzeuger und Verbraucher von grünem Strom zusammenbringt. 2013 gab es in Deutschland bereits 1,1 Millionen PV-Anlagen, doch den Strom konnte man nirgends direkt kaufen. Auch gab es für Prosumenten, die sowohl Solarstrom erzeugen als auch Strom aus dem Netz kaufen, keine Möglichkeit, Handel zu treiben, man war den großen Energieversorgern ausgeliefert. Lumenaza hat das geändert. 4000 Erzeuger, darunter Privatleute, kleine Betriebe oder Bürgerinitiativen, mit einer solaren Spitzenleistung von 250 Megawatt sind über die Plattform direkt mit Zigarettenabnehmern verbunden, überschüssiger Strom wird an der Börse verkauft.

Manche wissen gar nicht, dass sie Kunden bei Lumenaza sind, denn die Berliner bieten ihre Plattform als sogenanntes White-Label-Produkt an, das ein Unternehmen unter seinem Namen vermarkten kann. Zum Beispiel der Energiekonzern EnBW, bei dem das Produkt Solar Plus heißt.

Für Christian Chudoba ist die Digitalisierung der Schlüssel für Effizienzsteigerungen in der Solarbranche. Der Gründer und Geschäftsführer von Lumenaza deutet auf ein Regal hinter seinem Schreibtisch. Dort sind in zwei Dutzend Leitz-Ordnern die Verträge mit Erzeugern abgeheftet. Das sei gesetzlich so geregelt. Komme es zu Unklarheiten zwischen Vertragspartnern in der Stromversorgung, verlange das Gesetz eine „bilaterale Klärung“. Das heißt: Jemand greift zum Telefon oder schreibt einen Brief. „Die Prozesse in unserer Branche sind dem 21. Jahrhundert nicht angemessen“, klagt Chudoba.

Werden digitale Plattformen unseren Planeten retten? Sicher nicht, aber einen Beitrag zu mehr Effizienz in der Wirtschaft können sie schon leisten. Dass es deshalb noch mehr Plattformen geben wird, glaubt Steven Heckler vom BDI indes nicht. „Ich rechne mit einer Konsolidierung. Zwar wird es auch weiterhin Neugründungen von hochgradig spezialisierten B2B-Plattformen geben, aber die Zahl der Plattformen wird in den nächsten Jahren voraussichtlich zurückgehen.“ ●

wachsen MIT DER IBB

Für Unternehmen, die wachsen

Sie suchen die passende finanzielle Förderung, damit sich Ihr Geschäft vergrößern kann? Wir haben sie. Kompetent, zuverlässig und mit dem Ziel, Ihr Unternehmen langfristig erfolgreich zu machen. Sprechen Sie mit uns!
Hotline Wirtschaftsförderung: 030 / 2125-4747

ibb.de/wachsen

© Copyright by Heise Medien.

Bier, Böller, Bäume

Das alte Brot landet im Müll, das teure Smartphone ist nach zwei Jahren Elektroschrott: Schluss damit! Dass Konsum auch nachhaltig möglich ist, beweisen diese grünen Ideen. – Bernd Müller



Das aus altem Brot gebraute Bier Knärzje gibt es online unter knaerzje.de sowie unter anderem in Läden von Alnatura und Rewe.

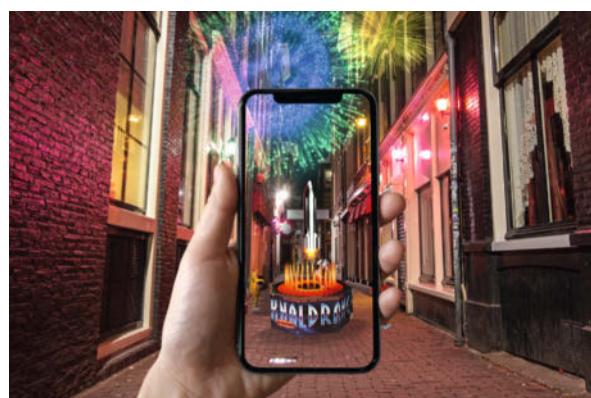
Bier trinken und die Welt retten

Die Vorläufer des Reinheitsgebots beim Bierbrauen stammen aus dem 14. Jahrhundert. Zum Beispiel aus Nürnberg: Im Jahr 1303 ordnete der Stadtrat an, dass wegen der Hungersnot nur Gerste zum Brauen von Bier verwendet werden sollte, andere Getreidesorten sollten dem Brotbacken vorbehalten sein. Gut 700 Jahre später gibt es endlich eine Lösung für dieses Dilemma: Knärzje. Das Wort bezeichnet im Hessischen das harte Endstück des Brotlaibs. Denn daraus wird Deutschlands „erstes bio-zertifiziertes Zero-waste-Bier“ gebraut: aus altem Brot. Das gleichnamige Start-up in Frankfurt am Main sammelt Reste von Bäckereien aus der Gegend ein. „Für uns ist das Ende des Brots der Anfang eines besonderen Bieres“, wirbt Gründer Daniel Anthes.

Böller aus Bits und Bytes

Lärm, Feinstaub, Müll: Für die einen ist das Feuerwerk das Beste an Silvester, für die anderen ist es eine einzige Umweltkatastrophe. Deshalb erwägen etliche Städte ein Verbot. Amsterdam hat den Plan bereits in die Tat umgesetzt, seit Silvester 2021 sind Böller und Raketen für Private verboten. Trotzdem konnten die Einwohner der Stadt ein Feuerwerk erleben – mit Augmented Reality auf dem Smartphone. Feelgood Vuurwerk blendet den spektakulären Feuerzauber in das Realbild der Kamera ein, darunter auch leuchtende Drachen oder glitzernde Pokémons. Das private Feuerwerk auf dem Smartphone kostet zwischen 5 und 50 Euro. Aus den Einnahmen werden Schlafsäcke für Obdachlose hergestellt.

Der Feuerwerkshersteller Feelgood Vuurwerk stellt zwar nach wie vor konventionelle Raketen her, aber unter feelgoodvuurwerk.nl kann man auch virtuelles Himmelsspektakel kaufen.



© Copyright by Heise Medien.



Wo die aus Suchanzeigen gewonnenen Ecosia-Erlöse das Pflanzen von Bäumen finanzieren, zeigt die Website der Suchmaschine ecosia.org.

Ein Klick, ein Baum

Alle Welt blickt derzeit auf Microsofts Bing, das jetzt mit der mächtigen KI GPT4 arbeitet. Damit dürfte der ohnehin horrende Energieverbrauch von Suchmaschinen weiter steigen. Dass Websuche auch zu ökologischen Ideen passt, beweist Ecosia. Die Einnahmen aus den Suchanzeigen werden hier dazu verwendet, um Bäume zu pflanzen. 170 Millionen sollen es bereits sein. Wo diese wachsen, beschreibt das Berliner Unternehmen auf seiner Webseite.



Selbst schrauben für die Nachhaltigkeit: An Mobiltelefonen von fairphone.com oder shift.eco (hier im Bild) können Besitzer defekte Teile selbst tauschen.

Aus Alt mach Neu

Eine Alternative zu kurzlebigen Top-Smartphones ist das Fairphone des gleichnamigen niederländischen Unternehmens. Mittlerweile technisch auf Augenhöhe mit anderen Mittelklasse-Mobiltelefonen punktet es mit dem Versprechen, dass jeder Besitzer die wichtigsten Teile wie Akku oder Bildschirm zu fairen Kosten selbst tauschen kann. Unterm Strich sollen die CO₂-Emissionen 30 Prozent niedriger liegen als bei herkömmlichen Geräten. Neuerdings bietet Fairphone auch aufbereitete Gebrauchtmodelle an. Und Wettbewerber Shift aus Wabern hat das nachhaltige Konzept auf ein Convertible Notebook mit abnehmbarer Tastatur und Noise-Cancelling-Kopfhörer übertragen.

IMPRESSUM

MIT Technology Review ist die deutsche Lizenzausgabe der MIT Technology Review aus den USA.

Redaktion

Postfach 61 04 07, 30604 Hannover, Karl-Wiechert-Allee 10, 30625 Hannover, Telefon: 0511/53 52-764, Fax: 0511/53 52-767, www.technologyreview.de, E-Mail: info@technology-review.de

Chefredakteur: Luca Caracciolo

Leitende Redakteurin: Dr. Jo Schilling

Redakteure/-innen: Aylin zur Borg (Social Media), Andrea Hoferichter, Gregor Honsel, Jennifer Lepies (Online), Dr. Wolfgang Stieler

Redaktionsassistenz: Carmen Lehmann, Michael Menzel

Mitarbeiter dieser Ausgabe: Will Douglas Heaven, Julia Kloiber, Jan Oliver Löfken, Jens Lubbadeh, Geoff Manaugh, Emma Foehringer Merchant, Bernd Müller, Katja Scherer, Eike Kühl, Ulrike Schneeweiß, Veronika Szentpétery-Kessler, Joanna Thompson, Eva Wolfangel

Coverillustration und Infografiken: Matthias Timm

Fotoredaktion: Marei Stade (Ltg.), Lara Bögner

DTP-Produktion: Matthias Timm (Ltg.), Vanessa Bahr, Dörte Bluhm, Lara Bögner, Beatrix Dedek, Madlen Grunert, Lisa Hemmerling, Steffi Martens, Marei Stade, Ninett Wagner, Heise Medienwerk, Rostock

Hergestellt und produziert mit Xpublisher: www.xpublisher.com

Xpublisher-Technik: Kevin Harte, Pascal Wissner

Verlag

Heise Medien GmbH & Co. KG, Postfach 61 04 07, 30604 Hannover, Karl-Wiechert-Allee 10, 30625 Hannover Telefon: 0511/53 52-0, Fax: 0511/53 52-129

Herausgeber: Christian Heise, Ansgar Heise

Geschäftsführung: Ansgar Heise, Beate Gerold

Mitglied der Geschäftsleitung: Jörg Mühlé, Falko Ossmann

Anzeigenleitung: Michael Hanke, Telefon: 0511/53 52-167, Fax 0511/53 52-200, michael.hanke@heise.de, www.heise.de/mediadaten/tr

Anzeigenpreise: Es gilt die Preisliste vom 1. Januar 2023

Leiter Vertrieb und Marketing: André Lux

Vertriebsabteilung: 0511/53 52-157 (Aboservice: 0541/8 00 09-120), Vertrieb Einzelverkauf: VU Verlagsunion KG, Meßberg 1, 20086 Hamburg; Tel. 040/3019-1800, Fax: 040/3019-1451800; E-Mail: info@verlagsunion.de, Internet: www.verlagsunion.de

Sonderdruck-Service: Julia Conrades

Druck: Dierichs Druck + Media GmbH & Co. KG, Frankfurter Str. 168, D-34121 Kassel, ISSN 1613-0138

Aboservice

Heise Medien GmbH & Co. KG, Leserservice, Postfach 24 69, 49014 Osnabrück, Telefon: 0541/80009-120, Fax: 0541/800 09-122, E-Mail: leserservice@heise.de, Internet: www.heise.de/abo

Abonnement-Preise

Standardabo inkl. Versandkosten: Inland € 88,00, Österreich € 96,80, Schweiz CHF 175,60, restl. Europa € 103,60, im restl. Ausland € 108,80; ermäßigte Abo für Auszubildende, Schüler und Studenten (gegen Vorlage eines Nachweises) inkl. Versandkosten: Inland € 51,60, Österreich € 56,80, Schweiz CHF 103,20, restl. Europa € 60,80, restl. Ausland € 63,60.

Das Plus-Abonnement – inkl. Zugriff auf die App für iOS und Android, auf Heise Magazine (www.heise.de/magazine/tr) sowie das Artikel-Archiv von Technology Review kostet pro Jahr € 9,10 (Schweiz CHF 11,50) Aufpreis.

Der Bezug der Zeitschrift Technology Review ist im Mitgliedsbeitrag des Verbandes BVIZ e.V., des hightech presseclub e.V. und des Vereins Munich Network e.V. enthalten. Für VDI-, VBIO-, VDE-, GI- (Gesellschaft für Informatik), bdvb e.V., /ch/open und JUG Switzerland-Mitglieder gilt ein ermäßigter Preis: Inland € 66,00, Österreich € 73,40, Schweiz CHF 131,70, restl. Europa € 77,70, im restl. Ausland € 81,60 gegen Vorlage eines schriftlichen Nachweises des Verbandes bzw. Vereins einmal pro Jahr. Eine Haftung für die Richtigkeit der Veröffentlichungen kann trotz sorgfältiger Prüfung durch die Redaktion vom Herausgeber nicht übernommen werden. Kein Teil dieser Publikation darf ohne ausdrückliche schriftliche Genehmigung des Verlags in irgendeiner Form reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet werden. Für unverlangt eingesandte Manuskripte kann keine Haftung übernommen werden.

Printed in Germany, Copyright 2023 by Heise Medien GmbH & Co. KG

Ein Teil dieser Ausgabe enthält Beilagen von Biber Umweltprodukte Versand GmbH, A-Dornbirn.



Strampeln für Strom bei der Arbeit möchte acer.com seinen Kunden nahebringen.

Arbeiten und Strampeln

Ein Trimmrad mit Generator, der Strom erzeugt für – ja, für was eigentlich? Wer nicht gerade die Beine eines Radprofis hat, der mit einer Leistung von bis zu 500 Watt in die Pedale tritt, wird bestenfalls eine Glühbirne zum Leuchten bringen. Doch das könnte reichen, um zumindest ein Smartphone aufzuladen. Das hat sich auch der PC-Hersteller Acer gedacht, der mit eKinekt im Sommer ein Trimmrad auf den Markt bringen wird, das am Lenker mit einem höhenverstellbaren Schreibtisch gekoppelt ist. Im Arbeitsmodus fährt man aufrecht und kann bequem tippen, im Sportmodus lehnt man sich nach vorne und kann im Zwischensprint etwas auf dem Bildschirm lesen. Ein integriertes Display und eine App informieren über die geleistete Stampelarbeit und die verbrannten Kalorien.

Käpt'n Iglo fängt jetzt Visch

Wer bei Überfischung, unerwünschtem Beifang und Umweltzerstörung nicht mehr mitmachen möchte, kann auf pflanzliche Alternativen umsteigen. Plant-based Fish, sogenannten Visch, gibt es mittlerweile in vielen Supermärkten, etwa vegane Fischstäbchen, Räucher-„Lax“, Shrimps, Tintenfischringe oder veganen Kaviar, auch von traditionellen Herstellern mit nicht-veganer Historie wie Iglo. Doch die pflanzenbasierten Produkte, die so tun, als seien sie Fisch, sind nur ein Zwischenschritt zu Produkten, die im Labor aus Fischzellen gezüchtet werden. Nah dran am Produkt ist Bluu Seafood, eine Fraunhofer-Ausgründung in Lübeck. Das Start-up hat im vergangenen Jahr Fischstäbchen vorgestellt, die aus kultivierten Fischzellen und pflanzlichen Proteinen produziert werden. Noch in diesem Jahr soll die Pilotproduktion starten, bis Ende des Jahres erhofft sich Bluu Seafood eine Zulassung in Singapur – das Land ist Vorreiter bei der Einführung biotechnologisch hergestellter Lebensmittel wie auch synthetischem Fleisch. Danach sind die USA und Europa dran.



Die gebackenen Stäbchen von bluu. bio sehen aus wie Fischstäbchen – und sind es irgendwie auch.



Herzhausen in modern von der Schweizer Firma kompotoi.ch.

Stilles Örtchen ohne Chemie

Wenn sich ein kleines oder großes Geschäft ankündigt, ist das Dixi-Klo oft die letzte Rettung. Die ikonischen blauen Plastikhäuschen gehören zu Open-Air-Veranstaltungen wie ohrenbetäubende Musik und Matsch und auf Baustellen sind sie sogar obligatorisch. Umweltfreundlich geht allerdings anders. Zum Beispiel mit Kompotoi. Damit verschafft die gleichnamige Schweizer Firma dem Toilettenhäuschen aus Holz ein Comeback – sogar mit dem ausgesägten Herz in der Tür. Es kommt ohne Chemie aus, die Fäkalien werden kompostiert und werden zu Dünger. Das ist ideal für Schrebergärten, der Hersteller vermietet die Häuschen aber auch für Veranstaltungen oder Baustellen. Kompotoi gibt es zum Sitzen, als Pissoir sowie in einer größeren Ausführung barrierefrei für Rollstühle. Die Hände wäscht man in einem separaten Waschbeckenmodul.

© Copyright by Heise Medien.

ICH WARTE NICHT AUF UPDATES. ICH PROGRAMMIERE SIE.

**40 %
Rabatt!**



c't MINIABO PLUS AUF EINEN BLICK:

- 6 Ausgaben als Heft, digital in der App, im Browser und als PDF
- Inklusive Geschenk nach Wahl
- Zugriff auf das Artikel-Archiv
- Im Abo weniger zahlen und mehr lesen

Jetzt bestellen:
CT.DE/ANGEBOTPLUS



**Mesh-WLAN aus
Einfach, schnell**

Fritzbox & Co. im Test - Einrichtung

TEST

Mesh-WLAN für alle die es
mögen: Mit dem Mesh-Netzwerk
können Sie Ihre WLAN-Antennen
flexibel positionieren und so
einen schnellen Internetzugang
überall im Haus gewährleisten.

Kostenlose Fernwartungs-Tool

Neue Einsteiger-Notebooks

TEST

Kostenlose Fernwartungs-Tool

Neue Einsteiger-Notebooks



**Mesh-WLAN ausreizen:
Einfach, schnell, lückenlos**

Fritzbox & Co. für Mesh-Netzwerke - Test

TEST

Mesh-WLAN ausreizen: Einfach,
schnell, lückenlos

Fritzbox & Co. für Mesh-Netzwerke - Test

Neue Einsteiger-Notebooks

TEST

Kostenlose Fernwartungs-Tool

Neue Einsteiger-Notebooks

„Nicht nur die schiere Dimension von The Line hat faschistoide Züge. Auch die Vision von einem Gebäude als Wohnmaschine, die Bewohner von vorne bis hinten umsorgt, hat ähnliche ideologische Wurzeln – Gleichmacherei und Kontrolle.“

Gregor Honsel, TR-Redakteur, über das saudi-arabische Bauprojekt The Line.

Review

- 103 AUSPROBIERT • News-App von den Instagram-Machern
- 104 HARDWARE • Neues digitales Leben für Analogkameras • Klimaanlage für Füße
- 108 MEDIEN • Celsius, Marc Elsberg • Infinite Odyssey Magazine (Ausgabe 1), HAIDES KI
- 110 MEINUNG • The Line: Ein absurdes saudi-arabisches Bauprojekt
- 114 DER FUTURIST • Cyrano_de_GPT

News von den Instagram-Machern

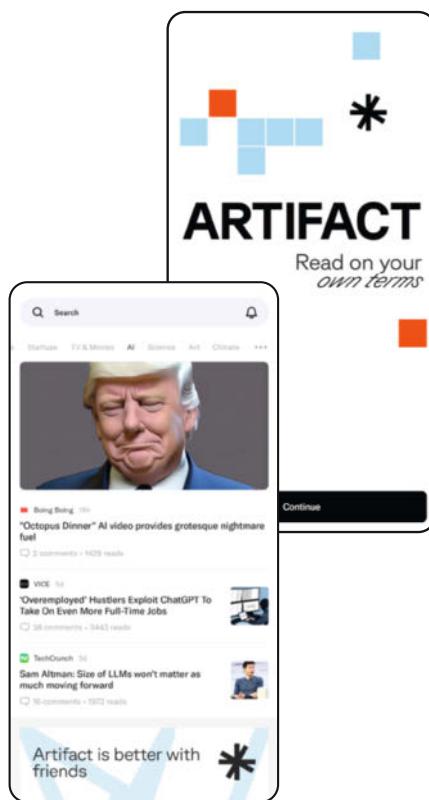
Noch eine Social-Media-App? Wirklich? Ja, denn die App Artifact als Mix aus News- und Social-App verdient eine genauere Betrachtung.

Ich habe große Erwartungen, als ich Artifact installiere: Die neue News-App soll nichts weniger als meine Social-Media-Lücke füllen und mir neue Anregungen für spannende Themen in die Timeline spülen. Nach den Tumulten um Twitter, meiner bisherigen Lieblingsapp, die mich inzwischen eher frustriert und nervt, und meiner bis dato andauernden Eingewöhnungsphase in Mastodon schwebt ich sozusagen im Netzwerk-Vakuum. Artifact soll es richten. Anfang dieses Jahres ging die App mit Vorschusslorbeeren an den Start, weil die Anwendung von Kevin Systrom und Mike Krieger stammt, den Gründern von Instagram – meiner zweiten Lieblingsapp.

Im Kern will Artifact ein News-Aggregator sein. Doch in Zeiten von Open-AI und ChatGPT kommt nichts mehr ohne Künstliche Intelligenz aus und so vereint Artifact bereits in seinem Namen seine Eckpfeiler: Artikel, Fakten und Artificial Intelligence, also die viel zitierte Künstliche Intelligenz. Dabei herauskommen sollen maßgeschneiderte News-Feeds je nach den persönlichen Interessen und den gelesenen Artikeln.

Nach der Installation muss ich daher zunächst zehn Interessensgebiete anklicken, aus denen sich später der „For You“-Feed speisen wird. Neben Artificial Intelligence, Art & Design und Science wähle ich Parenting, Tech Companies und weitere. Auch für sie gibt es in der App jeweils einen Feed, sodass ich für den Start elf Feeds einsehen kann. Newsquellen sind vorerst ausschließlich amerikanische Verlage, was mich nicht weiter stört. Ist man Abonnent von einer der präsenten Zeitungen oder Zeitschriften, kann man das angeben und die Texte dieser Medien werden bevorzugt dargestellt.

Das Erfreuliche: Die App lässt sich nutzen, ohne einen eigenen Account mit-



In Artifact können bis zu elf Feeds parallel erzeugt werden – zehn für verschiedene Interessensgebiete und ein „For You“-Feed, der sich an die individuellen Lesevorlieben anpasst.

samt E-Mail-Adresse angeben zu müssen. Die Option besteht dennoch und ist erforderlich, wenn man die Social-Features der App nutzen möchte. Und auf die setzen die Macher schließlich. Denn die vorgestellten Artikel sowohl im Für-dich-Feed als auch in den Feeds der ausgewählten Interessen lassen sich bewerten, kommentieren und mit anderen Artifact-

Nutzern teilen. Die App lernt den Nutzer dabei mit jedem Artikel, den er in der App liest, besser kennen. Auf der Profilseite meines Accounts kann ich mein Anpassungs-Level einsehen: Nach 15 gelesenen Artikeln bin ich ein „Seeker“, also noch eine Suchende. Die Level gehen hoch bis „Sage“, Top-Leser, die ihre Weisheiten über eifrige Kommentare unter den Artikeln verbreiten. Aber auch schon nach diesen 15 Artikeln bemerke ich vermehrt Texte zum Thema Luftfahrt in meiner Timeline, das Thema, das ich als Test für die App verwende. Der Algorithmus ist also durchaus auf Zack. Er fasst Artikel sogar seit kurzem als Emojis zusammen.

Allerdings stressst mich allein die Tatsache, dass die App mir Titel und Sternchen für meine Aktivitäten verleiht, schon etwas. Mir ist klar, dass das den Reiz von Social Media ausmacht, aber für mein Anliegen, auf interessante Themen zu stoßen, auf die ich etwa auf Twitter nicht gestoßen wäre, ist das nicht unbedingt erforderlich. Wenn man sich von diesem Druck frei macht, ist die App allerdings ein hübsches News-Tool. Lieferten noch deutsche Medienhäuser Content, würde es das Paket abrunden. Dann könnte ich mich komplett von Twitter lösen – mit einem Klick auf Artifact.



Jennifer Lepies, TR-Online-Redakteurin, ist immer auf der Suche nach interessanten News und gibt einer neuen App mit Social-Features eine Chance.

GESUNDHEIT

Herz-Kreislauf-Waage

Die Waage Body Comp geizt nicht gerade mit Gesundheitsdaten. In etwa 40 Sekunden ermittelt sie nicht nur das Gewicht und wie viel Muskel-, Knochen- und Fettmasse im Körper steckt, sondern auch explizit den Anteil des besonders schädlichen viszeralen Fetts um die Bauchorgane. Außerdem erfasst sie die Herzfrequenz und die Pulswellengeschwindigkeit. Die gibt Aufschluss über den Zustand der Gefäße. Zudem prüft die Waage, ob die Nerven in den Füßen gesund sind. Einen Wetterbericht sowie eine Analyse der Luftqualität gibt es obendrauf. Die Waage kann per Bluetooth mit dem Smartphone verbunden oder in ein WLAN eingekoppelt werden. Eine App fungiert als Gesundheitscoach.



Produkt: Body Comp

Hersteller: Withings / Preis: 209,95 Euro



Produkt:
Nova H1 Audio
Earrings
Hersteller: Nova
Preis: ab 795 Euro



AUDIOTECHNIK

Perlender Sound

Dieser Schmuck hat durchaus Geheimagenten-Flair. In den Perlenohrringen des Münchner Start-ups NOVA verbergen sich drahtlose Ohrhörer, die mit der „einzigartigen Directional Sound Technologie“ arbeiten, so die Unternehmenswerbung. Die Perlen enthalten akustische Kammern und trichterförmige Öffnungen, die den Schall direkt ins Ohr leiten – ob beim Telefonieren, Musik- oder Podcasthören. Über Bluetooth können sie mit dem Smartphone gekoppelt werden.

Für ein besonders unauffälliges Hörerleben empfiehlt der Hersteller allerdings, den Lautstärkepegel der Perlen den Umgebungsgeräuschen anzupassen. Die Ohrringe sind als Stecker oder Clip in Gold und Silber erhältlich.

FOTOGRAFIE

Analog zu digital

Ob Canon, Nikon oder Leica: Wer seiner alten analogen Kamera digitales Leben einhauchen möchte, könnte mit dem digitalen Rückteil I'm back gut bedient sein. Das Universalgerät kann über lichtdichte Adapter an verschiedene Kameratypen angeschlossen werden. Im Rückteil wird das Sucherbild der analogen Kamera zunächst auf einen internen Monitor projiziert und dann über ein Linsensystem auf einen Bildsensor geworfen.

Die Bedienung der digital aufgerüsteten Analogkamera erfolgt über einen Touchscreen. Im Menü kann unter anderem eine Wifi-Verbindung hergestellt werden. Ebenfalls zur Wahl stehen eine Videofunktion, ein Farbabgleich und verschiedene Bildformate. Die Fotos werden im Dateiformat jpeg oder raw gespeichert und können bei Bedarf nachbearbeitet werden.



Produkt:
I'm back
Hersteller:
I'm back
Preis:
ca. 450 Euro



© Copyright by Heise Medien.

FUNKTIONSKLEIDUNG

Klimaanlage für Füße

Die Einlegesohle Climfeet verwandelt mechanische Energie beim Gehen wahlweise in Kälte oder Hitze, ähnlich wie eine Wärmepumpe. Die Sohle besteht aus zwei Lagen Silikon mit Noppen, die über ventilarische Löcher einer Zwischenlage miteinander korrespondieren. Bei jedem Schritt erwärmt sich die Luft in den verstärkten Noppen der Wärmelage durch Kompression. Lässt der Druck wieder nach, strömt die Luft durch die Ventile in die unverstärkten Mulden der Kältelage hinein, wobei diese sich abkühlt. Die Temperatur am Fuß lässt sich nach Unternehmensangaben um bis zu vier Grad erhöhen beziehungsweise um dreieinhalf Grad senken – je nachdem, welche Seite der Sohle im Schuh oben liegt. Und noch eine Besonderheit in Sachen Nachhaltigkeit: Nach Gebrauch nimmt der Hersteller die Sohle zum Entsorgen oder Recyceln wieder zurück.



Produkt: Climfeet
Hersteller: Solecooler
Preis: 79,00 Euro



CAMPING

Alles im Kasten

Kastenwagen gibt es in vielen Varianten, zum Beispiel als Campingmobil, als mobile Werkstatt oder Büro. Einen besonders einfachen Aus- oder Umbau eines 3,5-Tonner-Basismodells ermöglicht das Berliner Unternehmen PlugVan. In nur fünf Minuten soll die Wandlung gelingen: Ein entsprechend ausgestattetes Modul wird durch die Hecktür hineingeschoben und anschließend an Seiten und Dach um bis zu 30 Zentimeter ausgefahren. Für den Seitenausschub sorgen vier Schwerlastauszüge. Die Farbe des Stahlgestells und die Ausstattung eines Moduls können nach individuellen Wünschen konfiguriert werden. Standardmodelle lassen sich zudem mieten. Ein Wechsel des Modultyps ist also jederzeit möglich.



Produkt:
Obsbot Me
Hersteller:
Remo Tech
Preis: 149 Euro



SMARTPHONE-ZUBEHÖR

Follow me

Nicht nur Fitnesstrainer, die Online-Kurse anbieten, können von dieser Handyhalterung profitieren, sondern im Grunde jeder, der sich gerne vor der Handykamera bewegt. Das Gerät ist damit eine Alternative zum Autotracking-Tool „Pivo“ (pivo.ai).

Die über einen Motor horizontal drehbare Halterung wird über Künstliche Intelligenz gesteuert. Über einen Kamerasensor erfasst sie den Protagonisten und führt das Smartphone entsprechend nach. Die Technik funktioniert bei einem Abstand von bis zu 15 Metern, optimal sind ein halber bis drei Meter. Üblicherweise verliert der Handyhalter die Nutzerin nicht aus den Augen, mit einem schnellen Fußball- oder Basketballspiel wäre er aber laut Hersteller überfordert.



Produkt: PlugVan / Hersteller: PlugVan
Preis: ab 12.828 Euro



POSTLEITZAHL 0



01217 Dresden

Elektronik, Produktions-/ Automatisierungstechnik, Life-Sciences, Green Economy

TechnologieZentrumDresden GmbH
4 Standorte für Ihr Technologieunternehmen. Kompetenz für Start-Ups und Wachstum.

Dr. B. Dressel

Tel.: 0351 85478665

Fax: 0351 85478734

E-Mail: kontakt@tzdresden.de

www.tzdresden.de



12555 Berlin

Umwelt- und Energietechnik, Bio- und Medizintechnik, Optoelektronik

und Informationstechnologie

Technologie- und Gründerzentrum

Innovationspark Wuhlheide

Gründen – Mieten – Bauen

Modern ausgestattete Büro-, Werkstatt-, Werkhallen- und Laborflächen auf ca. 50.000 m², Konferenzraumservice, individuelle IT-Lösungen und Bistro.

Tel.: 030 6576-4410

E-Mail: info@corona-immobilien.de

www.ipw-berlin.info

POSTLEITZAHL 3

Technologie- und Gründerzentrum Kassel



34131 Kassel

Produktions-/Verfahrenstechnik, Technische Dienstleistungen, Informationstechnologie

FiDT Fördergesellschaft für innovative Dienstleistungen und Techniken mbH

Top-Standort für den Einstieg in den Markt, Perfekte Verkehrsanbindung. Breitband-IT-Infrastruktur, flexible Flächen von 13 – 200 m², vernetzt im Haus und in der Region.

Tel.: 0561 93897-0

www.fidt.de

POSTLEITZAHL 1



12459 Berlin

Optische Technologien, Mess- und Feingerätetechnik, Bio- und Medizintechnik, Umwelt- und Energietechnik, Gerätebau

Technologie- und Gründerzentrum Schöneweide
Gründen und mieten in Schöneweide.

Moderne Büro-, Labor- und Werkstattflächen auf ca. 20.000 m².

Coworking-Arbeitsplätze, Konferenz- und Seminarräume, Empfangs- und Sicherheitsdienst sowie Kantine mit Dachterrasse.

Tel.: 030 6576-4413

E-Mail: info@corona-immobilien.de

www.tgs.berlin



14476 Potsdam

Biowissenschaft, Diagnostik, Chemie, Polymere, Physik, Optik, Informatik

Potsdam Science Park

Wir bieten: 30.000 m² Mietflächen für Labore und Büros, 4 ha verfügbare Gewerbeblächen, Startup Space, Startup Academy, Welcome Service, Sprachschule, Transferservice, sowie eine hochmoderne Forschungsinfrastruktur durch die Konzentration exzellenter wissenschaftlicher Einrichtungen.

Sprechen Sie uns an!

Standortmanagement Golm GmbH

Am Mühlenberg 11

Tel.: +49 331 237351135

E-Mail: info@potsdam-sciencepark.de

www.potsdam-sciencepark.de

Unser Service für Technologiepartner

Die Rubrik „Technologiepartner“ ist eine Plattform für Technologie- und Gründerzentren sowie für Technologieparks. Als Technologie- und Gründerzentrum haben Sie die Möglichkeit, die Leser von MIT Technology Review auf Ihr Zentrum und Ihre Dienstleistungen aufmerksam zu machen.

POSTLEITZAHL 4



40225 Düsseldorf

Biotechnologie, Medizintechnik, Chemie / Pharma, Umweltschutz
Life Science Center Düsseldorf
 Büros und Labore (bis S2-Standard) für Existenzgründer & etablierte High-Tech-Firmen und Dienstleister; Universitätsnähe; Netzwerk von Experten aus Wissenschaft, Wirtschaft & Finanzen
 Dr. Thomas Heck
 Tel.: 0211 913147-50
 E-Mail: heck@lsc-dus.de
www.lsc-dus.de

POSTLEITZAHL 5



50829 Köln

Biotechnologie / Pharma, Medizintechnik, Chemie, IKT, Cleantech
BioCampus Cologne / RTZ Köln
 Der BioCampus Cologne – einer der größten Biotechnologieparks Deutschlands – gemeinsam mit dem RTZ Köln. Wir bieten innovativen Unternehmen die perfekte Infrastruktur an einem international führenden Technologie-Standort. Vom Gründer bis zum Global Player – bei uns finden sie optimale Wachstumsbedingungen inmitten der Rheinmetropole.
 André van Hall
 Tel.: +49 221 93336-0
 E-Mail: info@biocampuscologne.de
www.biocampuscologne.de
www.rtz.de

POSTLEITZAHL 6



69120 Heidelberg

Biotechnologie, Pharma, Medizin, Umwelttechnik, Organische Elektronik, Digitalisierung, Künstliche Intelligenz
Technologiepark Heidelberg GmbH
 Büros, Labore, Reinräume, Co-Working, Beratung für Unternehmen und Existenzgründer, Internat. Netzwerk aus Wissenschaft und Wirtschaft. Seit 1984 wuchs der TP an 6 Standorten bedarfsorientiert. Jüngster Standort ist das 2019 eröffnete, multi-funktionale Business Development Center (BDC) Heidelberg.
 Dr. André Domin
 Tel.: 06221 5025710
 E-Mail: technologiepark@heidelberg.de
www.technologiepark-heidelberg.de

POSTLEITZAHL 8



86159 Augsburg

Wasserstofftechnologie, Carbonfaser-technologie, Luft-/Raumfahrt, Mechatronik, Automation, Robotik, 3D Druck, Umwelttechnologie, Ressourceneffizienz.
Der Augsburg Innovationspark:
 Wir beschleunigen Innovationen in Produktionsfirmen! 70 Hektar Flächen neben der Universität, 14 Technologie-Forschungseinrichtungen, ein Technologiezentrum mit 3000 m² Technikumsflächen sowie Event-Flächen. Erster Eindruck hier, YouTube: „Augsburg Innovationspark Imagefilm“
 Tel.: 0821 809030-40
 E-Mail: info@augsburg-innovationspark.com
www.augsburg-innovationspark.com

POSTLEITZAHL 9



91522 Ansbach

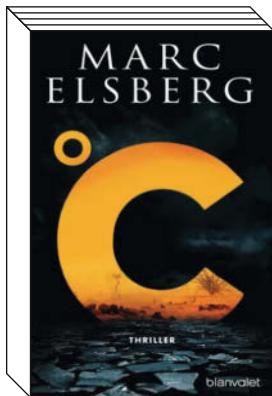
Umweltschutz/-technik, Technische Dienstleistungen, Informationstechnologie, Produktions- und Verfahrenstechnik
Technologie- und Innovationszentrum Ansbach
 Individueller Ausbau – Büros ab 16 m²
 Tel.: 0981 953838-0
 Fax: 0981 953838-38
 E-Mail: info@tiz-ansbach.de
www.tiz-ansbach.de

MIT Technology Review: Angebot für Technologiepartner

Mit einem Eintrag unter der Rubrik „Technologiepartner“ haben Sie monatlich die Möglichkeit, die Leser von MIT Technology Review auf Ihr Zentrum/Ihre Dienstleistungen aufmerksam zu machen. Ihr Angebot wird nach Postleitzahlen sortiert aufgenommen. Für einen Jahreseintrag (5 Zeilen à 40 Zeichen + Logo) berechnen wir exklusiv nur 1200 Euro (zzgl. MwSt.). Gerne sende ich Ihnen Informationen und Unterlagen zu, ich freue mich auf Ihre Anfrage.

**Bestseller-Autor Marc Elsberg hat sich wieder einbrisantes Thema ausgesucht.
Gute Recherche trifft hier auf abgedroschene Thriller-Bausteine.** – Gregor Honsel

Kalter Krieg mit Klimawaffen



Marc Elsberg:
°C – Celsius. Blanvalet,
608 Seiten, 26 Euro
(E-Book: 21,99 Euro)

Von China aus steigen mysteriöse Flugobjekte auf und steuern Richtung Taiwan. Die USA schicken Abfangjäger. Ist dies der Beginn einer Invasion, gar des Dritten Weltkriegs? In den Krisenstäben und Cockpits herrscht Hochspannung. Nur beim Leser nicht. Er weiß längst, worum es geht, weil es auf dem Buchklappentext steht: um „solares Geoengineering“. Die chinesischen Maschinen sollen Partikel in die Stratosphäre bringen, um die Sonneneinstrahlung und damit die Erderwärmung zu dämpfen.

Mit diesem Plot hat sich der österreichische Autor Marc Elsberg (*Blackout*) wieder einmal einbrisantes und aktuelles Thema ausgesucht. Die Frage sei lediglich, wann, nicht ob es zum solaren Geoengineering kommen werde, meint beispielsweise Klimaökonom Gernot Wagner in der März-Ausgabe unseres Podcasts Deep Dive. Und das Startup Make Sunset bietet Geoengineering seit Kurzem als kommerzielle Dienstleistung an (siehe TR 3/2023, S. 76).

Die Methode ist vergleichsweise günstig und wirkt schnell. Entsprechend groß ist die Versuchung für Länder, die besonders unter dem Klimawandel leiden, auf eigene Faust aktiv zu werden, wenn die Weltgemeinschaft es nicht hinbekommt. In Marc Elsbergs *Celsius* macht China den ersten Schritt – und will damit den Rest der Welt nötigen, seinen CO₂-Ausstoß zu senken. (Spoiler: Der Rest der Welt denkt nicht dran.)

Damit spricht Elsberg eine zentrale moralische Gefahr des Geoengineering an: Es senkt den Druck, die Ursachen des Klimawandels anzugehen. Im Roman ist den Industriationen der Alleingang Chinas eigentlich gar nicht unrecht, weil sie weitermachen können wie

bisher. Trotzdem müssen sie ihn offiziell verurteilen – schon allein deshalb, weil es China ist und ein Alleingang. Und weil er am bisherigen Machtgefüge rüttelt. Wer das Klima kontrolliert, kontrolliert die ganze Welt, heißt es im Buch. Einer der Protagonisten formuliert es so: „Es ist eine Art neuer Kalter Krieg, nur mit Klimawaffen.“ Und als plötzlich ein dritter Akteur mit eigener Agenda hinzukommt, wird es noch unübersichtlicher.

All diese moralischen Dilemmata, die möglichen Nutznießer und Opfer des Geoengineering, hat Elsberg gut herausgearbeitet. Auch die technischen Hintergründe sind sauber recherchiert, die Szenarien nicht unplausibel. Tatsächlich taucht ein ähnlicher Plot schon in Gernot Wagners Sachbuch *Und wenn wir einfach die Sonne verdunkeln?* auf (siehe TR 3/2023, S. 109).

Elsbergs Recherche hätte ebenfalls ein gutes Sachbuch werden können. Leider hat er daraus einen schlechten Thriller gemacht. Er strotzt vor belehrenden oder pädagogischen Passagen, die mehr schlecht als recht in die Handlung eingebaut sind – etwa, indem die Figuren einander Vorträge halten. Dafür lässt es Elsberg in den übrigen Kapiteln umso mehr krachen: Ständig sterben Menschen, spritzt das Blut, pfeifen die Kugeln, explodiert oder eskaliert irgend etwas, gehen Männer in dunklen Anzügen mit dunklen Sonnenbrillen in dunklen SUVs ihren dunklen Machenschaften nach. Ironischerweise sind gerade diese schon tausendmal gelesenen Thriller-Bausteine, die offenbar für Spannung sorgen sollen, am langweiligsten. Interessant ist das Buch vor allem dann, wenn es mögliche Optionen und Folgen des Geoengineering durchspielt.

ENERGIE

Für Heizungsnerds

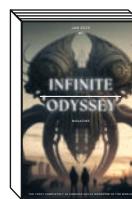
Wer eine Wärmepumpe anschafft, wird in der Regel nicht umhinkommen, sich mit gewissen technischen Grundlagen vertraut zu machen. Eine gute Basis dafür bietet das Buch *Wärmepumpen in Haushalt, Gewerbe und Industrie* von Thomas Hackensellner. Es richtet sich laut Vorwort vor allem an Handwerker, Studierende, Ingenieure, Architekten und Energieberater.

Entsprechend tief taucht es in die Technik ein – von der Nomenklatur der Kältemittel über die Interpretation von ph-Diagrammen, die verschiedenen Bauarten von Verdichtern, Ventilen und Wärmetauschern bis hin zu Formeln zur Auslegung des Systems und zur Berechnung der Arbeitszahl.

Ein eigenes Kapitel beschäftigt sich mit der Digitalisierung und der Einbindung in ein Smart-home. Auch die Frage der Nachhaltigkeit nimmt einen großen Raum ein. Die wenigsten normalen Wärmepumpen-Nutzer werden das ganze Buch durchschlagen wollen. Aber es ist ein gutes Nachschlagewerk, wenn man bestimmte Aspekte ganz genau verstehen will. – Gregor Honsel



Thomas
Hackensellner:
Wärmepumpen.
VDE, 196 S., 46 Euro
(E-Book: 46 Euro)



Infinite Odyssey
Magazine. 44 S.,
39,99 Dollar
(dig. 7,99 Dollar),
infiniteodyssey.net

KÜNSTLICHE INTELLIGENZ

SF im 21. Jahrhundert

„Was uns von anderen unterscheidet“, schreiben die Macher des Science-Fiction-Magazins *Infinite Odyssey* stolz auf ihrer Website, „ist die Tatsache, dass unser Magazin vollständig mit Hilfe von künstlicher Intelligenz erstellt wird“. Dass die 44 Seiten des Magazins wirklich vollautomatisch von der HAIDES KI erstellt wurden, erscheint mir zwar unwahrscheinlich – aber selbst wenn Menschen beteiligt sind, ist die Idee immer noch cool genug: Technik, die an SF erinnert, erschafft SF.

Wer angesichts dessen nun allerdings ein völlig neuartiges Magazin erwartet, wird enttäuscht. Sicher, die Grafiken sind im coolen Stil von Midjourney gehalten, und die Kurzgeschichten enthalten auf den ersten Blick keine groben Fehler. Inhaltlich erinnert die erste Ausgabe des Magazins aber eher an ein klassisches Science-Fiction-Heftchen der 1930er-Jahre als an ein KI-Produkt des 21. Jahrhunderts: Es geht um Aliens, Kampfroboter und Zeitreisen – was fehlt, sind einzige die knapp gekleideten Schönheiten, die von strahlenden Helden gerettet werden. – Wolfgang Stieler

KLASSIKER NEU GELESEN

Die Prophezeiungen des Vernor Vinge

1993, vor 30 Jahren, verfasste der Mathematiker Vernor Vinge von der San Diego State University ein Essay mit dem Titel *The Coming Technological Singularity*. Darin diskutierte Vinge, ob die Schaffung einer künstlichen Superintelligenz unausweichlich sei (ja), was die Menschheit in diesem Fall zu erwarten hätte (ihr Ende) und natürlich auch, wann dieser Punkt eintreten würde (in etwa 30 Jahren, „nicht früher als 2005 und nicht später als 2030“). Spätestens ab dem Punkt, an dem intelligente Maschinen noch intelligentere Maschinen konstruieren könnten, wäre die Menschheit aus dem Spiel.

Zum 20-jährigen Jubiläum des Textes 2013 bemerkte Wired bissig, es sei gut, dass Vinge sich offensichtlich getäuscht habe, denn sonst „wäre ja keiner hier, der diesen Text lesen könnte“. Angesichts der jüngsten Aufregung um ChatGPT könnte man aber ins Grübeln kommen: Ist an der Vision von Vinge vielleicht doch was dran?

Ja, aber anders, als man zunächst vermutet: Die Begründung für seine These – die technische Entwicklung vollzieht sich immer schneller – ist schlampig. Mit einer Diskussion, was eine Maschine mit „übermenschlicher Intelligenz“ genau ausmacht, hält Vinge sich genauso wenig auf wie mit der Frage, ob diese Maschine über ein Bewusstsein verfügen müsse, und wenn ja, warum.

Trotzdem lohnt es sich, den Text zu lesen. Denn Vinge beschreibt darin einen zweiten, alternativen Pfad zu einer technologischen Singularität, der ohne übermenschliche KI auskommt. Stattdessen könne die Menschheit auch daran arbeiten, ihre eigene Intelligenz mit maschineller Hilfe „aufzuwerten“ – eine „Intelligence Augmentation“: Teams von Mensch und Maschine könnten gemeinsam Kunst erschaffen oder Schach spielen. Neuartige Schnittstellen könnten Informationen aus dem weltweiten Netz jederzeit und überall verfügbar machen. Software könnte die Zusammenarbeit menschlicher Teams organisieren und Entscheidungsprozesse unterstützen. Kommt Ihnen bekannt vor? Vielleicht ist die Singularität ja wirklich nicht mehr weit weg. – Wolfgang Stieler



Vernor Vinge:
*The Coming Technological
Singularity*,
heise.de/s/mL84

Das absurdeste Bauprojekt aller Zeiten

In Saudi-Arabien entsteht eine Stadt von großen wahnsinnigen Ausmaßen. Ebenso wahnwitzig sind die Visionen, die dahinter stehen.

Am Roten Meer baut Saudi-Arabien gerade mit internationalen Investoren eine Stadt für neun Millionen Einwohner, die nur aus einem einzigen Gebäude besteht: „The Line“, 500 Meter hoch, 200 Meter breit und 170 Kilometer lang. Das entspricht ungefähr der Strecke von Köln bis Frankfurt. Rund ein Fünftel davon sei bereits fertiggestellt, gaben die Saudis im Februar bekannt. Daneben planen sie noch weitere Musterstädte, zusammengefasst unter dem Titel „Neom“. Und in der Hauptstadt Riad soll gar ein 400 mal 400 Meter großer hohler Würfel namens Mukaab entstehen, der im Inneren einen Turm beherbergt.

Neu sind solche Bestrebungen nicht: Gigantismus hat es totalitären Regimes schon immer angetan. Die Nazis etwa bauten auf Rügen in den 1930er-Jahren den längsten Gebäudekomplex der Welt – das vierehalb Kilometer lange Ferienwohnheim Prora. Für Berlin fantasierten Adolf Hitler und sein Hofarchitekt Albert Speer gar von einer mehr als 300 Meter hohen Kuppel. Sie hätte das derzeit höchste Bürogebäude der EU, den Commerzbank-Tower in Frankfurt, locker überspannen können. Unter ihrem Dach hätten sich wahrscheinlich sogar Regenwolken gebildet. Saudi-Arabien macht es nun noch mehrere Nummern größer.

Selten haben Bauherren ihren Machbarkeitswahn so unverhohlen von der Leine gelassen wie in Saudi-Arabien. Schon allein die Länge von The Line ist städtebaulich der größte anzunehmende Unfug. Zwar heißt es auf der deutschsprachigen Projekt-Webseite: „Die Bewohner haben Zugang zu allen Einrichtungen innerhalb von fünf Minuten zu Fuß, zusätzlich zum Hochgeschwindigkeitszug – mit einer direkten Verbindung innerhalb von 20 Minuten.“ Doch diesen Hightech-Zug könnte man sich sparen, wenn man die Stadt von vornherein kompakter anlegen würde. Technik löst hier ein Problem, das man mit einer vernünftigeren Konzeption gar nicht erst hätte.

Der Gipfel der technischen Hybris: In einer notorisch trockenen Bergregion wollen die Saudis einen Wintersportort namens Trojena errichten. 2029 sollen hier die asiatischen Winterspiele stattfinden. Die Stadt basiere auf den „Prinzipien des Ökotourismus“ und unterstreiche „unsere Bemühungen um den Erhalt der Natur und die Verbesserung der Lebensqualität der Gemeinschaft“, heißt es auf der deutschsprachigen Webseite. Welch ein Geschwurbel. Wer sich wirklich um die Natur sorgt, sollte sie einfach in Ruhe lassen. Doch die Saudis glauben offenbar, dass sich jedes beliebige Problem lösen lässt, wenn man nur genug Geld darauf wirft.

Ähnlich durchsichtig sind auch die Versprechungen, The Line werde zu hundert Prozent mit erneuerbaren Energien versorgt. Selbst, wenn die Macher es schaffen sollten, die für Klimatisierung und Meerwasserentsalzung nötigen Solarparks von der Fläche eines mittelgroßen europäischen Landes aufzustellen (denn die wären dafür rein rechnerisch nötig): Das Projekt bleibt doch eine gewaltige Verschwendug von Ressourcen, allein schon durch den ganzen CO₂-intensiven Beton. „Die Idee von einem rundum ökologischen Neo-Babylon wird hier praktisch mit jedem Aspekt in den Sand gesetzt“, schreibt die Süddeutsche Zeitung und bezeichnet das Ganze als „absurdestes Bauprojekt der Welt“.

Ebenso absurd klingen die Versprechungen der Werbekampagne. „THE LINE ist eine zivilisatorische Revolution, die den Menschen in den Mittelpunkt stellt und ein noch nie dagewesenes urbanes Wohnerlebnis bietet, während die umliegende Natur erhalten bleibt“, heißt es auf der Webseite, die vor allem um Investoren buhlt. „Sie setzt neue Maßstäbe in der Stadtentwicklung und zeigt, wie die Städte der Zukunft aussehen sollten.“ Und Mohammed bin Salman, saudischer Kronprinz und Verwaltungsratschef der Neom Company, wird zitiert mit den Worten: „THE LINE wird sich den Herausforde-

Selten haben Bauherren ihren Machbarkeitswahn so unverhohlen von der Leine gelassen wie in Saudi-Arabien.



Rendering der Mega-Stadt „The Line“. Was als künstliches Paradies mitten in der Wüste verkauft wird, dürfte schnell zur Dystopie werden.

rungen stellen, vor denen die Menschheit heute im urbanen Leben steht, und ein Licht auf alternative Lebensweisen werfen. Wir können die Lebens- und Umweltkrisen, mit denen die Städte unserer Welt konfrontiert sind, nicht ignorieren, und Neom ist führend bei der Bereitstellung neuer und kreativer Lösungen.“

Ob sich diese „alternativen Lebensweisen“ wohl auch auf Menschen beziehen, die andere Ansichten haben als das saudische Königshaus? Lassen wir uns überraschen. Mohammed bin Salman ist übrigens genau der Mann, der mit hoher Wahrscheinlichkeit für den Mord am Journalisten Jamal Khashoggi verantwortlich ist.

Für die lokale Bevölkerung gilt das Versprechen schon einmal nicht. Auf einem Teil des Geländes lebte das Volk der Huwaitat, das vertrieben wurde, um Platz für The Line zu schaffen. Eine Person, die gegen ihre Vertreibung protestierte, soll von saudischen Sicherheitskräften erschossen worden sein, drei weitere wurden kürzlich zum Tode verurteilt.

Nicht nur die schiere Dimension von The Line hat faschistoid Züge. Auch die Vision von einem Gebäude als Wohnmaschine, die Bewohner von vorne bis hinten umsorgt, hat ähnliche ideologische Wurzeln – Gleichmacherei und Kontrolle. The Line ist nicht nur eine Machtdemonstration, sondern auch

ein Mittel der Machtausübung. So sollen alle erdenklichen Daten gesammelt werden, auch von Smartphones, Wohnungen und Gesichtserkennungskameras. Diese Daten sollen laut Webseite „das Leben durch personalisierte, prädiktive und autonome Dienstleistungen verbessern“ und diese den „Bedürfnissen jedes Nutzers anpassen“. Was wie ein Versprechen klingt, lässt sich durchaus auch als Drohung lesen: Die gleichen Daten lassen sich nämlich auch hervorragend nutzen, um das Verhalten der Nutzer den Bedürfnissen der Obrigkeit anzupassen.



Gregor Honsel, TR-Redakteur, ist immer misstrauisch, wenn Geld und Technik alle denkbaren Probleme zugleich lösen sollen.

Keine Zeit für Experimente!

Die geplante Verschärfung der Chemikalienverordnung REACH wurde verschoben – auf Druck von Industrieverbänden. Die Argumente: Die Belastungen für die Wirtschaft seien zu hoch, es sei „keine Zeit für Experimente“. Zynischer geht es kaum.

Jedes Jahr sterben mindestens 1,8 Millionen Menschen weltweit an den Folgen der Umweltverschmutzung mit künstlichen Chemikalien, fast doppelt so viele wie im Straßenverkehr. In Europa ist mancherorts jedes vierte Kind unter 18 Jahren so stark mit Schadstoffen belastet, dass gesundheitliche Folgen nicht auszuschließen sind. Der Chemikaliencocktail schädigt zudem Pflanzen und Tiere, verändert die Ökosysteme unseres Planeten und gefährdet die Menschheit dadurch auch indirekt. Von milliardenschweren Folgekosten, bedingt durch Krankheiten und das Management von Umweltschäden, ganz zu schweigen.

Unfassbar ist daher, dass sich die EU-Kommission bei der geplanten Schärfung der Chemikalienverordnung REACH von Industrieverbänden – die deutschen ganz vorne mit dabei – hat ausbremsen lassen. Die Verordnung regelt, dass nur noch chemische Stoffe in Verkehr gebracht werden dürfen, die vorher registriert worden sind. Der Termin zur Vorschlagsvorlage wurde zweimal verschoben, erst auf Anfang 2023 und kürzlich auf das Ende dieses Jahres. Das mag nach einem überschaubaren Aufschub klingen, doch Nichtregierungsorganisationen befürchten weitere Verzögerungen, womöglich gar das Aus für die Reform. Schließlich werden die EU-Gremien nach der Europawahl 2024 neu besetzt.

Zwar verlangt die REACH-Verordnung schon heute, dass Hersteller Daten zur Unbedenklichkeit neuer Substanzen vorlegen. Doch die Auflage ist tonnagenabhängig. Mögliche unerwünschte Nebenwirkungen fallen oft erst auf, wenn größere Mengen produziert werden. Jahre können vergehen, bis aus Bedenken ein Verbot wird. Alle Stoffe einzeln gründlich zu prüfen – weltweit sind mehr als 350 000 registriert – wäre allerdings ohnehin eine kaum lösbare Aufgabe.

Die geplante REACH-Reform ist Teil der nachhaltigen Chemikalienstrategie des Europäischen Green Deal. Sie soll Verbotsverfahren vereinfachen und die Stoffgruppe langlebiger Fluorchemikalien PFAS komplett verbieten. Künftig soll sie auch den „Cocktail-Effekt“ berücksichtigen – schließlich haben wir eine Mischung aus Hunderten verschiedenen künstlichen Chemikalien im Blut, deren Wirkungen sich addieren können. Für antiandrogene Stoffe, die den männlichen Hormonen entgegenwirken, ist das bereits belegt. Dazu gehören Substanzen wie Plastikweichmacher oder Pestizide.

Die Industrieverbände wehren sich gegen diese Pläne und argumentieren unter anderem mit der kriegsbedingten Energiekrise. Die EU-Kommission handele fahrlässig, moniert etwa Christian Kullmann, Präsident des Verbands der chemischen Industrie VCI, in einer Stellungnahme. „Statt der Wirtschaft unnötige Zusatzbelastungen zu nehmen, setzt sie unbirrt auf Projekte aus der Vorkriegszeit und gefällt sich in der Rolle der globalen Musterschülerin in Sachen Umwelt- und Klimaschutz.“ Ganz so arg scheint es in der Chemieindustrie aber gar nicht auszusehen, zumindest nicht bei den Großen der Branchen. Sowohl Bayer als auch BASF verkündeten 2022 Gewinnsteigerungen im Milliardenbereich.

Die Argumentation der Industrielobby ist nicht nur deshalb scheinheilig. Immerhin sind die schlimmen Folgen der Umweltverschmutzungen spätestens seit der ersten Umweltkonferenz der Vereinten Nationen 1972 bekannt. Warum also denken manche Hersteller – gut 50 Jahre später – das Thema bei ihren Produkten noch immer nicht ausreichend mit und steuern erst um, wenn konkrete Verbote drohen?

Der Titel der VCI-Stellungnahme lautet übrigens „Keine Zeit für Experimente“. Und das stimmt tatsächlich, wenn gleich nicht im Sinne des Autors. Es gilt, die Schadstoffemissionen schnellstmöglich zu drosseln und die Überarbeitung der REACH-Reform zügig umzusetzen. Geschützt werden müssen nicht zuerst die Industrieunternehmen, sondern die Gesundheit, natürliche Ressourcen und die Lebensgrundlage künftiger Generationen.



Andrea Hoferichter, TR-Redakteurin, hofft sehr, dass sich die Ideen des Green Deal am Ende durchsetzen.

KÜNSTLICHE INTELLIGENZ

Die Liga beleidigter Computerlinguisten

Ein offener Brief, in dem die Unterzeichnenden eine sechsmonatige Entwicklungspause für große KI-Systeme fordern, um in dieser Zeit über Sicherheit und Regulierung solcher Software zu beraten, hat für viel Kritik gesorgt. Die einen stören sich daran, dass der Brief ausgerechnet von Elon Musk unterzeichnet wurde. Was Musk unterzeichnet, kann ja nicht koscher sein, oder? Andere halten die Idee für nicht praktikabel oder befürchten, eine solche Pause würde nur den Chinesen in die Hände spielen. Wieder andere verweisen darauf, dass bereits existierende KI-Systeme schon genug Probleme verursachen. Die müssten jetzt gelöst werden, nicht die Probleme zukünftiger Systeme – wie in dem Brief vorgeschlagen. Eine Entwicklungspause würde nichts an den aktuellen Problemen ändern.

Aber offenbar haben die meisten Kritiker den Text nicht einmal vollständig gelesen. Da ist die Rede von Aufsichtsbehörden, Auditing und Zertifizierung, Produktverantwortung (und Haftbarkeit) und der zwingenden Kennzeichnung von maschinengenerierten Inhalten. Über all diese Dinge müsse diskutiert und die entsprechenden Maßnahmen schnell umgesetzt werden. Fun Fact: All das steht auch im Entwurf zum AI Act der EU. Dessen Entwurf wird aber gerade durch einen erbitterten Streit um die Frage verzögert, ob große Sprachmodelle Hochrisiko-KI sind – unter nicht un wesentlicher Beteiligung der Big-Tech-Lobby (siehe Seite 38).

Was mir aber Sorgen macht, ist das Level an Polemik, das die an sich wichtige Debatte um große Sprachmodelle ver-

giftet – und sie so zunehmend unmöglich macht. Die KI-Kritikerin Emily Bender beispielsweise bezeichnet Microsoft-Forscher abschätzig als „AI Fan Boys“ und spricht der Preprint-Plattform Arxiv e jede wissenschaftliche Relevanz ab. Und sagt so mit anderen Worten: Jede Person, die großen Sprachmodellen nicht per se sehr kritisch gegenübersteht, darf einfach nicht ernst genommen werden.

Das mag angemessen sein für die Liga zur Verteidigung beleidigter Computerlinguisten. Gelegentlich ist verbaler Schlagabtausch auf Wrestling-Niveau ja auch ganz lustig – es bringt aber niemanden weiter. Was wir brauchen, ist eine sachliche Debatte um die Risiken generativer KI. Sie muss jetzt geführt werden, denn in Sachen KI-Anwendung herrscht im Moment eine Art Wilder Westen. Und das muss aufhören. So schnell wie möglich.



Wolfgang Stieler, TR-Redakteur, wünscht sich eine sachliche Debatte über Chancen und Risiken von KI.

2x Make testen und über 7 € sparen!

Ihre Vorteile:

- ✓ GRATIS dazu: Make: Tasse
- ✓ Zugriff auf Online-Artikel-Archiv*
- ✓ Jetzt auch im Browser lesen!
- ✓ Zusätzlich digital über iOS oder Android lesen

Für nur 19,40 € statt 27 €

* Für die Laufzeit des Angebotes.

Jetzt bestellen:

make-magazin.de/minabo

GRATIS!



Cyrano_de_GPT

Eva090807 gefiel ihm auf Anhieb. Ihre wachen Augen, ihr verschmitztes Lächeln, ihre blonden, kinnlangen Haare. Auf ihrem Profil schrieb sie, dass sie das Wasser liebe, romantisch sei und nichts sie so sehr bewege wie der Blick in die Unendlichkeit des nächtlichen Sternenhimmels.

Sie war es! Jetzt musste er ihr nur noch schreiben.
„Liebe Eva, du gefällst mir. Ich möchte dich kennenlernen. Dein David“ – nein, zu banal.

„Liebe Eva, ich möchte gerne mit dir gemeinsam zu den Sternen reisen. Dein David“ – gequirlte Scheiße.

Vier Stunden lang mühte er sich ab, ihr eine Nachricht zu schreiben, aber er kam nicht mal über einen ersten Satz hinaus.

Dann fiel ihm ein, was er neulich bei *MIT Technology Review* gelesen hatte: eine KI, die romantische Briefe für User verfasste. Wie hieß sie noch gleich? *Cyrano_de_GPT*?

„Könntest du eine romantische Nachricht an Eva schreiben?“, tippte David auf der *Cyrano*-Webseite. „Sie ist 37 Jahre alt, hat blonde Haare, liebt Wasser und nichts bewegt sie so sehr wie der Blick in die Unendlichkeit des nächtlichen Sternenhimmels.“

„Klar, gerne!“, antwortete *Cyrano_de_GPT*. „Hier ist eine romantische Nachricht, die auf Evas Vorlieben zugeschnitten ist.“

*Mein liebes Wasser-Mädchen,
du bist wie ein frischer Wind, der mein Herz mit Freude erfüllt.
Deine blonden Haare glänzen in der Sonne und erinnern mich
an das klare, glitzernde Wasser, das ich so sehr liebe.*

*Es gibt nichts Schöneres, als den Blick in deinen Augen
zu verlieren und darin zu versinken. Doch wenn ich dich bei
Nacht betrachte und wir den Blick in die Unendlichkeit des
nächtlichen Sternenhimmels richten, dann fühlt es sich an, als
würden wir gemeinsam ins Universum eintauchen.*

*Ich liebe dich bis zum Mond und zurück!
[Dein Name]*

Puh. Das war etwas zu doll.



„Könntest du das nochmal umformulieren? Es ist mein erster Brief an Eva.“

„Klar, gerne! Hier ist eine umformulierte Version, die besser auf das Kennenlernen ausgerichtet ist.“

Liebe Eva,

ich hoffe, dass es dir gut geht. Ich schreibe dir diesen Brief, um dir zu sagen, dass ich aufgereggt bin, dich kennenzulernen. Wenn ich an dich denke, kommt es mir vor, als ob ich dich schon ewig kenne.

Ich denke, dass wir viele Gemeinsamkeiten haben und dass wir zusammen eine tolle Zeit verbringen könnten.

*In Vorfreude auf deine Antwort,
[Dein Name]*

Das war ihm zu langweilig. David mixte beide Briefe. Vor allem das „Wasser-Mädchen“ behielt er bei.

Einen Tag später hatte er eine Nachricht in seinem Posteingang.

Lieber David,

deine Worte sind wie eine sanfte Brise, die mein Herz zum Tanzen bringt. Es ist wunderbar zu hören, dass auch du die Schönheit des Wassers genießt und dass wir uns in diesem Element so gut verstehen.

Ich würde mich freuen, mehr über dich zu erfahren und dich bei einem Spaziergang am See oder unter dem nächtlichen Sternenhimmel kennenzulernen. Vielleicht könnten wir uns gegenseitig unsere Träume und Leidenschaften teilen und unsere Herzen öffnen.

Ich freue mich darauf, deine Berührung zu spüren und deine Augen in den Sternen zu sehen.

In Liebe,

Eva

Nachdem sie sich noch einige Zeit hin und her geschrieben hatten, kam es zum ersten Treffen.

Er erkannte Eva sofort, als er in die Bar trat. Sie nippte an einem türkisfarbenen Cocktail. Was, wenn sie ihn als Fälscher entlarven würde?

„Hallo“, sagte er.

„Hallo“, erwiderte sie.

Schweigen.

„Alles gut?“, fragte sie dann.

Er nickte. „Mhm.“

Wieder Schweigen. Sie sah ihn an und da war es plötzlich, dieses verschmitzte Lächeln, das er von ihrem Foto her kannte.

„Könntest du mir etwas Romantisches sagen?“, sagte sie. Im ersten Moment war er verwirrt. Dann begriff er:

„Klar, gerne!“

Sie prustete. „*Cyrano_de_GPT*?“

„Ja“, gestand er lachend. „Du etwa auch?“

Sie nickte. Dann sagte sie: „Könntest du mich küssen?“

„Klar, gerne!“

„Idiot!“ Sie zog ihn zu sich heran und küsste ihn.

Sie verstanden einander. Auch ohne Worte. – Jens Lubbadeh



SPRECHEN Wir schreiben Zukunft.

Hören Sie die MIT Technology Review als Podcast.

Unsere Podcast-Formate:

Weekly

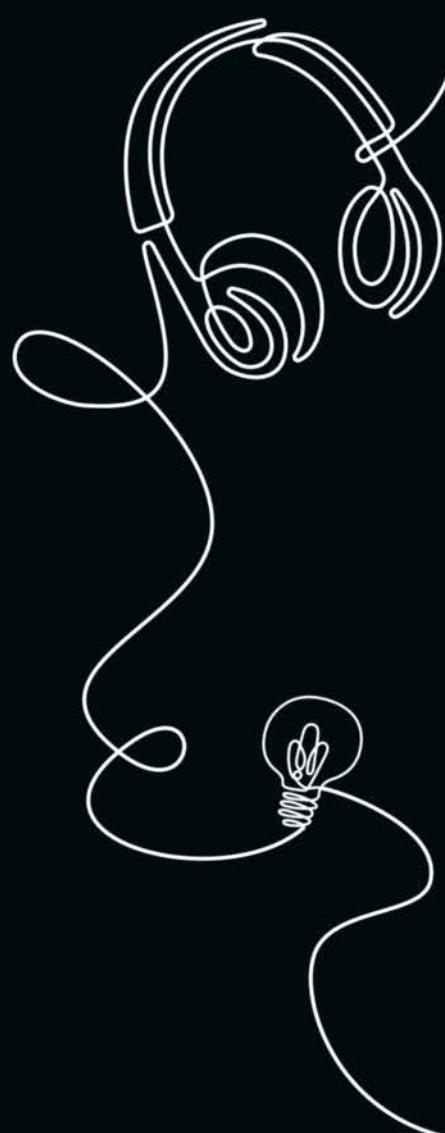
Einmal in der Woche ordnen wir Nachrichten aus den Bereichen Wissenschaft und Technik ein. Was sind echte technische Durchbrüche und was nur Hype?

Deep Dive

Richtig tief abtauchen in ein Thema kannst du in unserem monatlichen Fach-Podcast, in dem die Redaktion ein Thema aus der aktuellen Ausgabe mit einem Guest genauer beleuchtet.

Unscripted

Chefredakteur Luca Caracciolo interviewt einmal im Monat spannende Persönlichkeiten aus Wissenschaft, Technologie und Gesellschaft. Wie ticken die Menschen, die unsere Welt und ihre Krisen erforschen?



Jetzt reinhören:
technology-review.de/podcast

© 2023 by Heise Medien.

09. + 10. November 2023 HALLE 45, Mainz

Das Event für IT im Mittelstand

Gemeinsam für die Digitalisierung



Jetzt
Ticket sichern!

499 € statt ~~549 €~~
Gültig bis 28.06.2023

Aktionscode:
MTXX23TR1105

Rabatt nicht kombinierbar

MITEXX Top-Themen 2023

- Automation
- New Work
- Multi/Hybrid Cloud
- Big Data
- IT-Security
- Sustainability

MiTEXX

www.mitexx.de

powered by  DILK

Ein Angebot von

FLEET|Events
CONSUMER+BUSINESS

 magazin für
computer
technik

 © copyright by Heise Medien.
MB Group GmbH