

Oktober 2023 bis Januar 2024

Deutschland 12,90 € / Österreich 14,20 € /
Luxemburg 15,20 € / Schweiz 25,80 CHF **8/2023**

MIT Technology Review

Das Magazin für Innovation von Heise

ChatGPT

DeepMind-Gründer
über die Zukunft der KI

Energie

Gemeinde nutzt
Wärme aus der Cloud

Open Source

Auch nach 40 Jahren
noch gut für Zündstoff

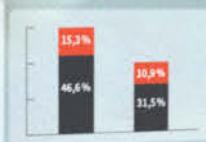
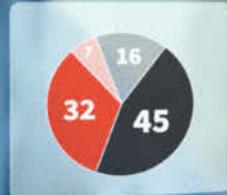
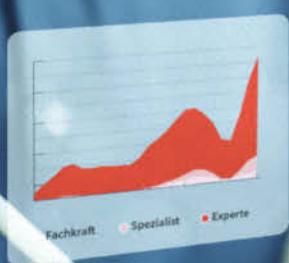
Biotechnologie

Warum auch Antikörper
vegan werden sollten

Rettungsanker negative Emissionen?
Welche Methoden zur CO₂-Entfernung
dem Klima wirklich helfen

Copyright by Heise Medien





IT-Kompetenz, die bleibt: Tech-Talente finden und fördern durch Weiterbildung

Die Herausforderungen für Entscheider sind groß und vielfältig: Sie bestehen darin, geeignetes Personal zu gewinnen, zu fördern und zu halten. Mitarbeiter erwarten, dass Unternehmen kontinuierlich in sie investieren. Mit passender Qualifizierung werden Wissenlücken geschlossen – eine Win-Win-Situation für alle Seiten.

IT-Weiterbildung ist DER Schlüssel zum Erfolg.

Die heise Academy bietet Lerninhalte zu allen aktuellen und relevanten IT-Themen, die jetzt und in Zukunft wichtig sind. Wir sind IHR Partner für professionelle IT-Weiterbildung. Bauen Sie als Unternehmen mit passender Qualifizierung Zukunftskompetenzen auf.

Die richtige Zeit für IT-Weiterbildung ist genau jetzt.



**Jetzt downloaden:
Key Facts zur IT-Weiterbildung**
heise-academy.de/whitepaper-it-weiterbildung



Liebe Leserinnen und Leser,



nur 18 Prozent der Deutschen halten Umweltschutz und Klimawandel für wichtig. Das ergab eine Befragung im Oktober 2023. Auf Platz eins steht aktuell mit 44 Prozent das Thema Flucht und Migration.

Dabei löst sich der Klimawandel trotz anderer Weltkrisen nicht in Luft auf, er bleibt die größte Herausforderung des 21. Jahrhunderts. Und die Aussichten sind nicht besonders gut: Global betrachtet sinken die CO₂-Emissionen nicht, sie steigen sogar. Zwar ist viel in Bewegung – vor allem im Bereich regenerativer Energiequellen wie Photovoltaik –, aber das Ziel, die Erderwärmung auf 1,5 Grad zu begrenzen, ist kaum noch zu erreichen.

Was also tun? Eine zunehmend ins öffentliche Interesse rückende Idee: Wenn die Weltgemeinschaft es nicht schafft, den Ausstoß von CO₂ schnell genug zu reduzieren, dann bleiben nur noch negative Emissionen, also die Entnahme von Kohlenstoffdioxid aus der Atmosphäre.

Klingt im ersten Moment logisch – was zu viel ist, muss eben wieder weg. Nur so leicht ist das mit Kohlenstoffdioxid nicht. Zumal gegenwärtig praktisch die gesamte Kohlendioxid-Entfernung auf konventionellem Landmanagement wie Aufforstung beruht. Lediglich 0,1 Prozent gehen auf neue Methoden wie Speicherung in Gestein, im Ozean oder in Produkten zurück.

Ein Beispiel, wie der Luft technisch CO₂ entzogen werden kann, ist „Direct Air Capturing“ (DAC), also das Filtern der Luft über riesige Anla-

gen. Laut einem Bericht der Bundesregierung von Ende 2022 filtern die weltweit 18 DAC-Anlagen zusammen rund 10 000 Tonnen CO₂ pro Jahr aus der Atmosphäre. Das entspricht gerade einmal dem jährlichen Ausstoß von 1000 Deutschen im Jahr.

Aber muss das so bleiben? Wir haben uns im Detail angeschaut, was die verschiedenen Methoden faktisch leisten: Wie funktionieren sie? Wie ausbaufähig sind sie? Und welches Potenzial bieten diese neuen Methoden, um nennenswert zur Abmilderung des Klimawandels beizutragen? Wir haben neben DAC (Seite 38) auch geologische (Seite 30) und biologische Methoden (Seite 44) genauer betrachtet.

Unterm Strich bleibt: Die Hoffnung, dass sich findige Ingenieure schon tolle Dinge zur CO₂-Entfernung einfallen lassen werden, verschiebt das Problem nur in die Zukunft. Aber letztlich werden wir ohne diese Hoffnung nicht auskommen, denn beides ist zwingend nötig: die deutliche Reduzierung von Emissionen und die Forschung an effizienten Methoden zur Entfernung und Speicherung – und zwar jetzt!

Ihr

Luca Caracciolo
@papierjunge



NEGATIVE EMISSIONEN • Das 1,5-Grad-Ziel droht zu scheitern. Kann uns das Abscheiden von CO₂ weiterhelfen? (Seite 14)

3 Editorial

6 Bild des Monats

Fliegen mit Handicap

UPDATE

9 Physik

Auch Antimaterie fällt nach unten

10 Astronomie

Amateurastronom hat 101 Kleinplaneten entdeckt

13 Mythos des Monats

Blaulichtfilter schonen die Augen

TITEL

14 Negative Emissionen

Welche Methoden zur CO₂-Entfernung wirklich helfen können

24 Emissionszertifikate

Viel Geld mit wenig Wirkung

30 Mineralisierung

Zu Stein erstarrtes Klimagas



Podcast

Carsten Warnecke vom Think-Tank New Climate Institute über den Sinn und Unsinn von Emissionshandel und Kompensationszahlungen für das Klima.



36 Experte in 5 Minuten

CO₂ als Rohstoff

38 Direct Air Capture

CO₂-Staubsauger sind aufwändig, aber funktionieren

44 Ökologie

Abgase in die Pflanzen

REPORT

51 Kolumne

Die Zukunft ist nicht-binär

52 Präsentationen

Die Vorgänger von Powerpoint waren millionenschwere Diashows

60 Physik

Youtuberin Sabine Hossenfelder über die Grenzen des Wissens

64 Biotechnologie

Antikörper aus Viren statt Tieren

69 Jubiläum

Vor 100 Jahren ging das erste deutsche Radioprogramm über den Äther

70 E-Bikes

Ein Ladestecker für alle

ENERGIE • Dezentrale Cloud-Server versorgen britische Haushalte mit warmem Wasser – gut für das Klima und den Geldbeutel der Hausbewohner (Seite 82)



© Copyright by Heise Medien.

„Die dritte Welle der KI wird die interaktive Phase sein. Ich wette, dass Konversation die Schnittstelle der Zukunft ist.“

Mustafa Suleyman, Mitbegründer von DeepMind, über das, was nach der generativen Phase Künstlicher Intelligenz kommt (Seite 79)



EMISSIONS-ZERTIFIKATE •
In Burkina Faso wurde ein solar-getriebenes, drei Kilometer langes Trinkwassernetz mit Kompensationszahlungen errichtet (Seite 24)



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

74 Open Source

Auch nach 40 Jahren noch voller Zündstoff

78 Künstliche Intelligenz

DeepMind-Gründer Mustafa Suleyman über die Zukunft der KI

82 Energie

Britische Gemeinde nutzt Wärme aus der Cloud

87 Déjà-vu

Veränderte Bedingungen für synthetische Drogen

88 Datenbanken

Die Kartographin der Kirche

DOSSIER

93 Automatisierung in der Industrie

Der Hype um Hyperautomatisierung, Bots statt Klicks, Chatten mit Maschinen

REVIEW

103 Ausprobiert

Keine Fahrradkette, kein Problem

104 Hardware

Kraftvoller Espresso, Videochat mit Oma, Upside down beim Plättenspieler

108 Medien

The Coming Wave von M. Suleyman, Podcast *Tatort Kunst, Ideen auf Knopfdruck* von R. Hoffman, Klassiker *The Hitchhiker's Guide to the Galaxy* neu gehört

110 Meinung Verkehr

Die Robotaxis sind da

112 Meinung Welthandel

Schutzzoll, der nicht schützt

114 Der Futurist

Ausgeliefert

RUBRIK

97 Impressum

106 Technologiezentren

„Ich sollte nicht die Ein-Frau-Geospatial-Intelligence-Agency der katholischen Kirche sein.“

Molly Burbans kartiert die Ländereien der katholischen Kirche, um den Klimaschutz voranzubringen (Seite 91)

BILD DES MONATS

Fliegen mit Handicap

Dem kleinen Flugroboter aus dem Soft- und Mikroroboter-Labor des MIT in Boston fehlt ein Stück seines linken Flügels. Eine so schwere Verletzung würde einen normalen Flugroboter am Boden halten, aber dieser kann problemlos wieder von seinem Landeplatz abheben.

Die Lösung für die robusten Mini-Roboter steckt in den Aktuatoren, die die Flügel antreiben. Diese künstlichen Muskeln bestehen aus aufgerollten, ultradünnen Schichten dielektrischer Elastomerkontoren (DEAs) zwischen zwei Elektroden. Wird ein Strom angelegt, ziehen sich die Elastomere zusammen – die Flügel flattern. Eine seit Jahren etablierte Technik, die die MIT-Forscher jedoch so verbessern konnten, dass die kleinen Flugroboter selbst noch nach zehn Nadelstichen, mit Brandlöchern oder – wie bei diesem Exemplar – mit fehlender Flügelspitze weiterfliegen.



Foto: Massachusetts Institute of Technology





betrug die Trefferquote eines Algorithmus, der vorhersagen sollte, wann sich wo welche Verbrechen ereignen werden (Predictive Policing).

Die Daten dazu stammen aus der Kleinstadt Plainfield in New Jersey und wurden von *Wired* und *The Markup* analysiert. Bei Einbrüchen lag die Trefferquote gar bei nur 0,1 Prozent. Generell neigte die Software dazu, rund viermal mehr Verbrechen vorherzusagen, als tatsächlich passierten. Zudem sagte sie den Zeitpunkt eines Verbrechens nur für eine bestimmte Polizeischicht voraus – und die dauert mehr als elf Stunden. Die Lizenzgebühren betragen 15 500 Dollar jährlich.

VERKEHR

Wie viel Reichweite bringen Solarzellen?

Jährlich 5000 Kilometer Reichweite könne ein Sattelschlepper durch integrierte Solarzellen hinzugewinnen, verspricht der Lastwagenhersteller Scania – und das sogar in einem nördlichen Land wie Schweden. Um das zu belegen, hat Scania Dach und Seitenflächen eines 18 Meter langen Sattelaufieurs mit insgesamt 100 Quadratmetern Solarfolie versehen. Sie liefern laut Scania eine Spitzenleistung von gut 13 Kilowatt und einen geschätzten Jahresertrag von 8000 kWh. Derzeit wird der Sattelzug auf der Straße getestet.

Stationäre Installationen gewinnen einer Faustformel zufolge jährlich rund 1000 kWh pro installiertem Kilowatt. Doch bei Fahrzeugen liegt zumindest eine Seite meist im Schatten. „Bei Lkws muss man Abschläge von 10 bis 15 Prozent ansetzen“, sagt Martin Heinrich vom Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme. Er hat mit Kollegen das mögliche Potenzial von

Solarpaneelen für verschiedene Fahrzeugtypen durchgerechnet (heise.de/s/787j). Die größte Reichweitenverlängerung ergab sich demnach für Paketlieferwagen – bis zu 11500 Kilometer im Jahr. Sattelschlepper kämen etwa 5000 bis 8000 Kilometer weiter. Bei Pkws müsse man „30 bis 40 Prozent Abschläge gegenüber einer stationären Installation ansetzen“, so Heinrich – unter anderem wegen stärker gekrümmter Flächen. Trotzdem sei schon ein typisches Dachmodul von rund zwei Quadratmetern und Herstellungskosten von 120 Euro für eine jährliche Zusatzreichweite von 1900 bis 3400 Kilometern gut. – Gregor Honsel



Solarfolie auf Dach und Seitenflächen liefert bis zu 13 Kilowatt Strom.

© Copyright by Heise Medien.

PHYSIK

Antimaterie fällt nicht „hoch“

Laut Allgemeiner Relativitätstheorie reagieren alle Objekte auf dieselbe Weise auf Schwerkraft. Aber gilt dies auch für Antimaterie? Ein Forschungsteam am CERN ist dieser Frage nachgegangen.

Antimaterie unterscheidet sich von gewöhnlicher Materie nur in einer Quantenzahl. Das Antimaterie-Äquivalent eines Elektrons hat dieselbe Masse und denselben Spin, aber eine entgegengesetzte Ladung. Da die Schwerkraft sehr viel schwächer ist als elektromagnetische Wechselwirkungen, verwendeten die Forscher für ihre Antimaterie-Experimente elektrisch neutrale Anti-Atome.

Sie bauten eine magnetische Falle für Anti-Wasserstoffatome. Wird das Magnetfeld heruntergefahren, entweicht die Antimaterie nach oben oder unten, bis sie an der Fallenwand zerstrahlt. Diesen Zerfall registrieren Detektoren.

Sollte die Schwerkraft genauso auf Antimaterie wie auf Materie wirken, sollten sich unten mehr Teilchen sammeln als oben. Genau dies konnten die Forschenden beobachten (heise.de/s/kOAW). Die These, dass Gravitation auf Antimaterie nicht anziehend, sondern abstoßend wirke, sei damit zwar noch nicht völlig auszuschließen, aber „extrem unwahrscheinlich“ geworden, schreiben die Autoren. – Wolfgang Stieler

Foto: Shutterstock / Epidavros



Ein neues Verfahren soll die Kollision von Vögeln mit Rotorblättern verhindern.

WINDKRAFT

Bremsen rettet Vögel

Norwegische Forschende arbeiten an einem Konzept, Vögel vor Windrädern zu schützen, ohne den Stromertrag zu beeinträchtigen (heise.de/s/JEjQ). „Nähert sich ein Vogel, wird er mit Kameras und Radar identifiziert“, sagt Garcia Rosa von der Forschungsorganisation Sintef. Die Identifikation soll spätestens fünf Sekunden vor einer möglichen Kollision abgeschlossen sein. Der Vogel ist dabei noch 100 bis 200 Meter von den Rotorblättern entfernt. Eine eigens programmierte Software errechnet die wahrscheinliche Flugbahn des Vogels.

Ist eine Kollision abzusehen, bremst oder beschleunigt die Software den Rotor geringfügig. Eine tödliche Kollision soll so knapp vermieden werden, ohne das Windrad komplett anzuhalten. Der Eingriff dauere nur ein paar Sekunden und habe keinen Einfluss auf die Stromproduktion, heißt es von den Forschenden. Nur für einen ganzen Vogelschwarm werde die Windkraftanlage vollständig gestoppt. Simulationen haben ergeben, dass sich so vier von fünf Zusammenstößen vermeiden ließen. Eine Erprobung in der Praxis steht allerdings noch aus. – Jan Oliver Löfken

WIBU
SYSTEMS

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



formnext

Halle 12
Stand B01D



SPS

Halle 6
Stand 428

Treffen Sie uns!

© Copyright by Heise Medien

+49 721 931720
sales@wibu.com
www.wibu.com



SECURITY
LICENSING

PERFECTION IN PROTECTION

ASTRONOMIE

„Sie müssen jenseits der 21. Magnitude fischen“



Erwin Schwab hat als Amateurastronom mittlerweile 101 Kleinplaneten entdeckt.

1981 begann der Amateurastronom Erwin Schwab, die Bahnen von Kleinplaneten zu vermessen. 1998 entdeckte er seinen ersten Asteroiden. Seitdem hat er 101 Kleinplaneten selbst und 12 im Team entdeckt. 49 von ihnen tragen bereits Namen. Außerdem hat er ein lange gesuchtes Sternensystem gefunden.

Herr Schwab, was ist so interessant an Kleinplaneten?

Wo fange ich an? Etwa 1979 hat mich auf der Sternwarte Heppenheim ein Amateurastronom, der da schon ein bisschen länger aktiv war, auf eine bestimmte Sternkonstellation hingewiesen. Und dann haben wir 15 Minuten später wieder hingesehen, und es hatte sich etwas verändert. Mich hat fasziniert, dass das Weltall eben nicht statisch ist, sondern dynamisch. Dann bin ich eingestiegen. Zu dem Zeitpunkt habe ich noch nicht geglaubt, dass ich irgendwann mal irgendwas entdecken werde. Wenn mir das jemand in den 70er- oder 80er-Jahren gesagt hätte, den hätte ich für verrückt erklärt. Meinen ersten Kleinplaneten habe ich 1998 entdeckt.

War Ihre erste Entdeckung Zufall oder haben Sie gezielt gesucht?

Das war in Heppenheim, da haben wir im Team gearbeitet. Wir haben damit gerechnet, Kleinplaneten zu entdecken, denn damals hatten wir eine neue Kamera gekauft. Die Kameraentwicklung ist der Grund, warum die Amateure in das Entdecken von Kleinplaneten eingestiegen sind. In den 80er-Jahren hat man noch mit analogen Filmen fotografiert. Ein Film hat eine Quanteneffizienz, also Lichtausbeute, von ungefähr fünf Prozent. Die Digitalkameras hatten damals 40 Prozent Quanteneffizienz.

Warum braucht man mehr Lichtempfindlichkeit?

Die noch nicht entdeckten Kleinplaneten sind ungefähr eine Million Mal lichtschwächer als die Objekte, die Sie noch mit bloßem Auge sehen. Wir nennen das Magnitude. Wenn Sie Kleinplaneten entdecken wollen, dann müssen Sie jenseits der 21. Magnitude fischen. Mit bloßem Auge erkennen Sie noch Objekte der 6. Magnitude. Die Kleinplaneten der Helligkeitsklasse, an die Amateure mit analogen Kameras rankamen, waren schon alle abgegrast. Mit digitalen Kameras sollte sich aber noch etwas entdecken lassen. Wir mussten extra eine Mitgliederversammlung einberufen, weil so eine Kamera viel gekostet hat.

Wie viel?

Das waren etwa 20 000 Mark. Für den Verein war das natürlich viel Geld.

Was sind das für Objekte, diese Kleinplaneten?

Die, die man damals als Erstes entdeckt hat, waren natürlich die im Asteroiden-Hauptgürtel, also zwischen Mars und Jupiter. Dann gibt es noch die Transneptunischen. Die sind zwar in der Regel größer, aber die sind schon so weit weg, dass die von der Erde aus gesehen viel lichtschwächer sind. Und dann sind da

diese erdnahen Kleinplaneten, die auch Neos genannt werden, also Near Earth Objects. Die sind schwer zu entdecken, weil sie sich relativ schnell bewegen. Aber da kann man auch zufällig mal einen mit auf dem Bild haben. Seit ich auch an professionellen Fernrohren in Spanien beobachten darf, habe ich schon zwei von diesen Neos entdeckt.

Sie haben die Möglichkeit, an einem professionellen Teleskop zu beobachten? Wie das?

Wir haben ab und zu Amateur-Kleinplaneten-Tagungen, zu denen auch Profis kommen. Die lernen ja auch manchmal was von den Amateuren. Zwei der Hauptsoftwarepakete, die es gibt, um Kleinplaneten zu vermessen, wurden schließlich von Amateurastronomen geschrieben.

Was macht diese Software?

Also generell muss man ja, um die Bewegung von Kleinplaneten zu erkennen, mehrere Aufnahmen innerhalb eines gewissen Zeitabstandes machen. Beispielsweise 20 Aufnahmen innerhalb einer Stunde. Voraussetzung dafür ist natürlich, dass die Nachführung des Fernrohrs die Erddrehung ausgleicht. Dann markieren Sie das Objekt, das Sie als beweglich erkannt haben, und die Software erstellt automatisch seine Position am Himmel im Vergleich zu den Sternen.

Wie kamen Sie dann zu dem Zugang für das Profi-Fernrohr in Spanien?

Die ESA hat eine Abteilung, die sich um die erdnahen Objekte kümmert, weil die auch für die Satelliten gefährlich werden können. Deren Abteilungsleiter war also bei einer unserer Tagungen und hat mich angesprochen, ob ich Lust hätte, auch am Profi-Teleskop zu arbeiten. Das ist so eine Frage, die kriegt man als Amateur nur einmal im Leben gestellt. Da hab ich natürlich spontan zugestellt. – Interview: Wolfgang Stieler

MEDIZIN

Wie lässt sich Zahnschmelz regenerieren?

Bei mehr als 90 Prozent der Erwachsenen ist der Zahnschmelz geschädigt. Ursache sind saure Lebensmittel oder säurebildende Bakterien, die sich von Zucker ernähren. Weil aber bleibende Zähne keine schmelzbildenden Zellen (Ameloblasten) mehr besitzen, können sie den Schmelz nicht mehr regenerieren. Ein Forschungsteam der University of Washington hat nun Ameloblasten aus Stammzellen erzeugt (heise.de/s/1dwv). Dazu hat es zunächst entschlüsselt, welche Gene in den verschiedenen Entwicklungsstadien aktiv sind und welche chemischen Signale diese Gene in der gewünschten Abfolge aktivieren. Zum Teil mussten die nötigen Steuerungsproteine eigens entworfen und produziert werden.

Die Wissenschaftler identifizierten erstmals auch einen wichtigen Vorläufer der Odontoblasten, die das unter dem Schmelz liegende Zahnbein erzeugen. Dieses ist zumindest begrenzt regenerationsfähig. Ameloblasten und Odontoblasten konnten sie anschließend gemeinsam zur Bildung von Miniorganen veranlassen. Die bildeten ähnliche Strukturen wie sich entwickelnde Zähne und sonderten drei wichtige Schmelzproteine ab, die anschließend mineralisierten, um die nötige Härte von Zahnschmelz zu erreichen.

Die Forschenden arbeiten nun daran, beschädigte Zähne mit diesem künstlichen Zahnschmelz zu reparieren. Ein noch ehrgeizigerer Ansatz besteht in „lebenden Füllungen“, die in Hohlräume hineinwachsen oder sogar mit Stammzellen verlorene Zähne vollständig ersetzen. – Veronika Szentpétery-Kessler



Schon nach sechs Monaten unter Wasser waren die Baumstämme dicht besiedelt.

UMWELT

Birnbäume zu Nordsee-Riffen

Riffe können sich in der Nordsee und im Wattenmeer mangels harten Untergrundes nicht neu bilden. Forschende vom Königlich Niederländischen Institut für Meeresforschung (NIOZ) wollen dort nun künstliche Riffe schaffen – mit alten Birnbäumen. Kurzstämmig, mit dichten Ästen und Zweigen, sind sie stark genug, um den Tideströmen standzuhalten. Sie stammen aus einer überalterten Obstplantage. Das Team baute 32 pyramidenartige Strukturen aus jeweils sechs Bäumen, goss die Stämme in Betonklötze ein und versenkte sie im Wattenmeer vor Texel.

Nach sechs Monaten waren die Baumriffe und ihre Umgebung mit deutlich mehr Arten besiedelt als die Kontrollstandorte. Zudem fanden sich dort fünfmal mehr Fische (heise.de/s/m2xm). „Wenn das Holz verschwunden ist, hoffen wir, dass sich dort so viele Muscheln angesiedelt haben, dass sie zum Riff geworden sind“, sagt Jon Dickson vom NIOZ. – Hanns-J. Neubert

ARCHITEKTUR

Zwei-Personen-Haus für 35 000 Euro



Foto: Erik Hoekendijk
Foto: Serendix Inc.

Das japanische Start-up Serendix errichtet kleine preiswerte Häuser in Rekordzeit mit einem 3D-Drucker. Das neue 50-Quadratmeter Häuschen Serendix50 steht innerhalb von zwei Tagen und kostet 5,5 Millionen Yen (35 000 Euro). Auch über eine größere Version denkt Serendix nach. Das Ziel ist es, Häuser wieder erschwinglicher zu machen. Denn viele Käufer sind noch bis ins Rentenalter mit der Rückzahlung ihrer Kredite belastet – wenn sie sich überhaupt Wohneigentum leisten können.

Die 3D-Drucker fertigen in einer Fabrik Module an, die dann mit Lkws geliefert und auf Betonfundamente mit Stahlpfeilern montiert werden. Dies erhöht auch die Erdbebensicherheit, da sich die Module etwas gegeneinander bewegen können, ohne zu brechen.

Eine offene Frage ist der CO₂-Ausstoß des Betondrucks. Bisher bestehen in Japan Ein- und Mehrfamilienhäuser meist aus Holzgerüsten, die verglichen mit einer Betonkonstruktion einen kleineren ökologischen Fußabdruck haben. – Martin Kölling

HAUSTECHNIK

Dunkel oder isolierend auf Knopfdruck

Forschende der North Carolina State University haben schaltbare Glasscheiben entwickelt, die wahlweise transparent, völlig dunkel oder nur für Wärmestrahlen undurchlässig werden (heise.de/s/dpoB). Die Basis für diesen „Dual-Band-Elektrochromismus“ sind Wolframoxid-Kristalle mit eingelagertem Wasser. Das Team beschichtete eine Glasscheibe mit einer hauchdünnen, durchsichtigen Schicht aus dem Material und machte es damit zur ersten Elektrode einer elektrochemischen Zelle. Die Gegenelektrode ist eine Folie aus Lithium und dazwischen diente eine Lithiumperchlorat-Lösung als Elektrolyt.

Bei einer angelegten Spannung von 1,5 bis 4 Volt wurde die Beschichtung nach wenigen Sekunden undurchlässig für Wellenlängen im nahen Infrarotbereich. Lag die elektrische Spannung bis zu 15 Sekunden an, wurde sie völlig undurchsichtig. Die Effekte waren bei umgepolter Spannung reversibel. Bis das Verfahren zu marktfähigen Fenstern führt, muss noch geklärt werden, wie haltbar das System ist und wie sich der flüssige Elektrolyt sicher einbauen lässt. – Jan Oliver Löfken



Dank neuer Beschichtung können Fenster auf Knopfdruck Wärmestrahlen blockieren, ohne dunkler zu werden.

Foto: Shutterstock / Elena Nichizhenov



BATTERIEN

Langlebig mit Pausen

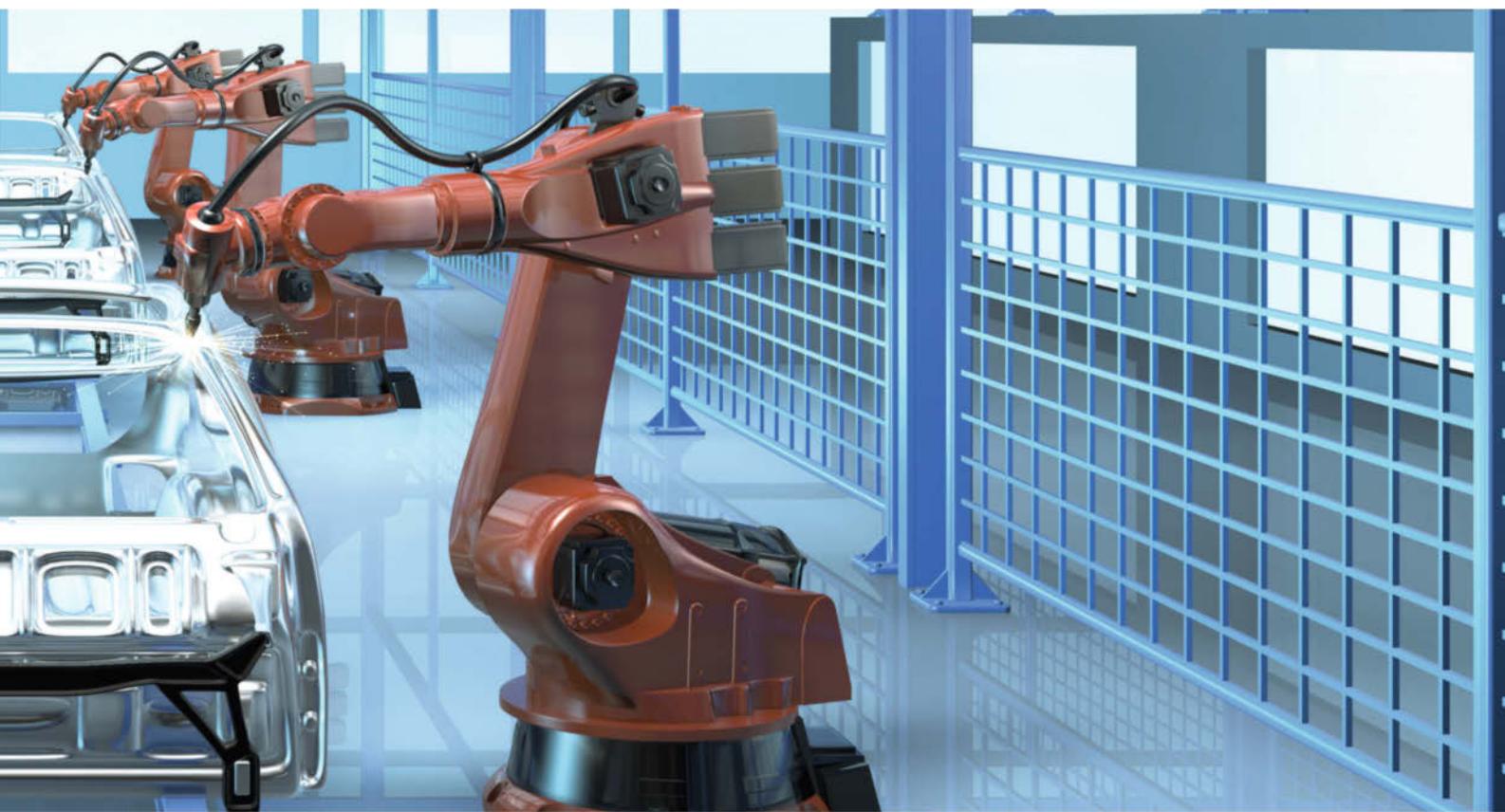
Mehrminütige Pausen zu bestimmten Zeitpunkten beim Laden können die Lebensdauer von Lithium-Ionen-Akkus verlängern, berichtet ein Team der Queen Mary University of London (heise.de/s/1LdM). Es hat die Ladeprozesse mit einem 3D-Modell und einem optischen Mikroskop untersucht. Die Erkenntnisse sollen ein altes Problem lösen: An der negativen Grafit-Elektrode, in deren Poren sich die Lithium-Ionen einlagern, bildet sich beim Schnellladen oft eine Schicht aus metallischem Lithium. Das blockiert die aktive Oberfläche der Elektrode, was die Kapazität und die Lebenserwartung der Batterie mindert. Wenn man aber den Ladevorgang unterbricht, wenn die Elektrode gerade fast vollständig mit Lithium-Ionen bedeckt ist – kurz bevor sich die Schicht bildet –, bekommen die Lithium-Ionen offenbar genug Zeit, weiter ins Innere der Elektrode einzudringen und die Oberfläche freizumachen.

Allerdings sind das bisher nur Laborergebnisse; ob sich diese auf große Autobatterien anwenden lassen, muss sich erst noch zeigen. – Andrea Hoferichter

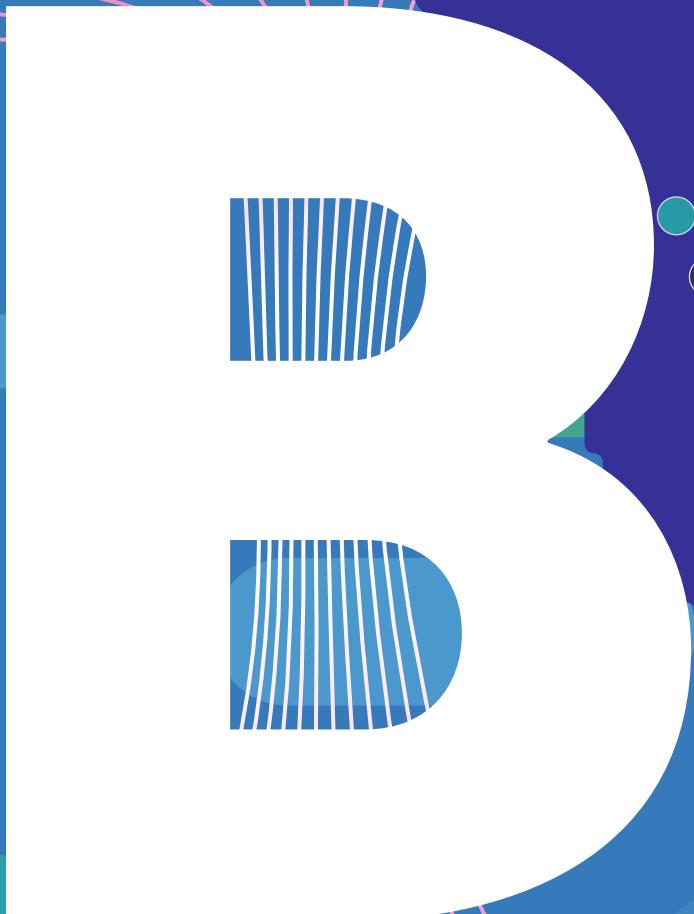
MYTHOS DES MONATS

Augenschonende Filter

Brillengläser mit Blaulichtfiltern sollen unter anderem die Ermüdung der Augen reduzieren und den Schlaf verbessern – behauptet zumindest die Werbung gerne. Doch dafür gibt es keine Belege, hat eine Metastudie des Cochrane-Instituts 2022 festgestellt (heise.de/s/xP3m). Dazu wurden 17 Untersuchungen aus sechs Ländern mit insgesamt 619 Probanden ausgewertet. Das Ergebnis: Solche Gläser bringen wahrscheinlich „keine kurzfristige Verringerung der visuellen Ermüdung bei der Computernutzung im Vergleich zu Brillengläsern ohne Blaulichtfilterung“. Zu anderen angeblichen Vorteilen wie verbesserter Sehschärfe, Schlafqualität, Kontrastwahrnehmung, Farberkennung oder Blendungsempfindlichkeit lägen zu wenig Daten vor. Auch schädliche Wirkungen haben einige Studien ausgemacht: Kopfschmerzen, depressive Symptome, allgemeines Unbehagen. Allerdings wurden diese Effekte auch bei normalen Brillen beobachtet. Auch hier reiche die Datenlage nicht für eine klare Beurteilung aus, so das Cochrane-Institut. – Gregor Honsel



Plan



Der Plan, das 1,5-Grad-Ziel von Paris durch Emissionsminderung zu erreichen, droht zu scheitern. Kann das Abscheiden und Speichern von CO₂ weiterhelfen? – Gregor Honsel

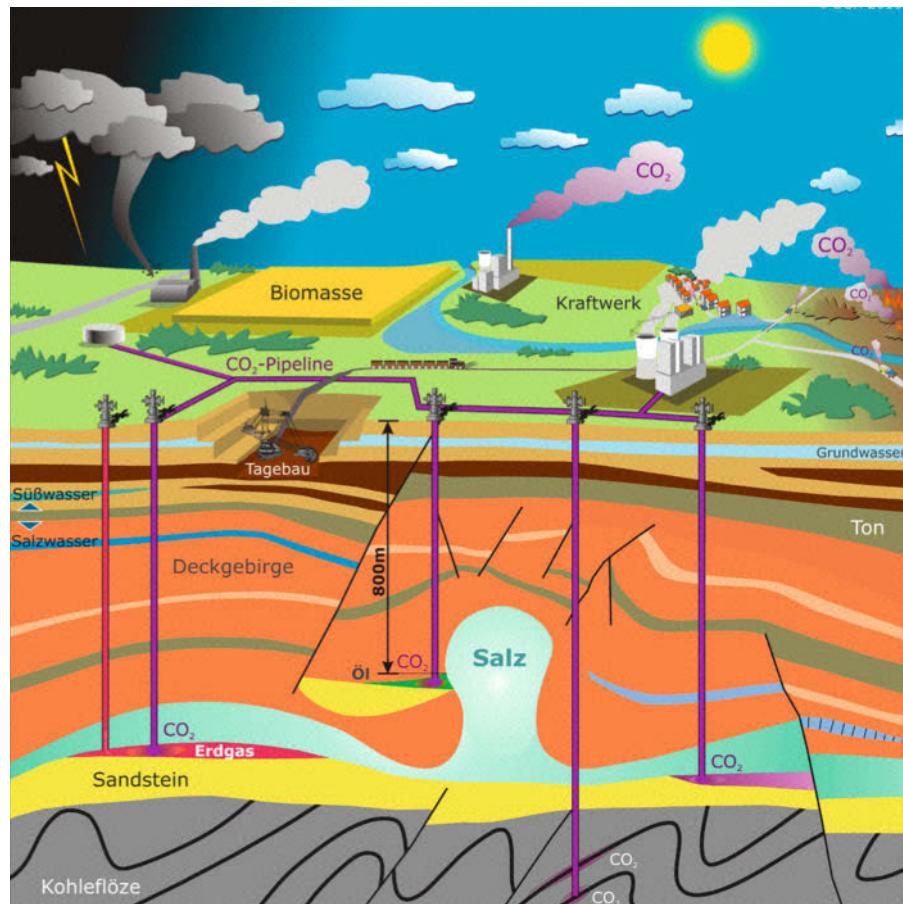
CO₂-Speicherstätten weltweit

- Kommerzielle CCS-Anlagen
- CO₂-Nutzung
- Pilot- und Demonstrationsprojekte

Damals schien die Sache endgültig abgeschlossen. Beton füllte den Bohrschacht bis in mehrere Hundert Meter Tiefe, darauf kam ein aufgeschweißter Stahldeckel, darauf noch einmal 50 Zentimeter Beton, darauf wiederum eine zwei Meter dicke Schicht aus Erde und Kies. Zurück blieben eine unscheinbare planierte Fläche – und, 630 bis 650 Meter tiefer, gut 67 000 Tonnen flüssiges Kohlendioxid, gefangen in porösen Sandsteinschichten.

Hier, im brandenburgischen Ketzin, fand von 2004 bis 2017 das erste Forschungsprojekt zur unterirdischen Speicherung von CO₂ auf dem europäischen Festland statt. Es stand einmal für eine große Hoffnung: Wenn man das Kohlendioxid aus Kraftwerksschlotten abfängt und in den Untergrund verpresst (Carbon Capture and Storage, CCS), ließen sich Klima und Kohle miteinander versöhnen.

Kohlendioxid lässt sich in geologisch sehr unterschiedliche Formationen verpressen.



© Copyright by Heise Medien.

Doch welcher Anwohner will schon auf einem riesigen unterirdischen CO₂-See sitzen? Richtig: keiner. Die damalige schwarz-gelbe Bundesregierung fürchtete eine zweite Endlagerdebatte und verbot 2012 die kommerzielle CO₂-Deposition. Nur Forschung war noch erlaubt.

STIMMUNGSWECHSEL

Mittlerweile bröckelt der Widerstand. Ausgerechnet Robert Habeck, damals als Umweltminister von Schleswig-Holstein einer der größten Gegner des Verfahrens, sagte Anfang des Jahres: „Lieber CO₂ in der Erde als in der Luft.“ Die Bundesregierung arbeitet derzeit an einer „Carbon-Management-Strategie“, die CO₂-Deponien voraussichtlich wieder erlauben wird.

Der zentrale Grund für diesen Meinungswechsel: Es geht offenbar nicht mehr anders. Deutschland hat seine Kli-

maziele mittlerweile verschärft, bis 2045 will es komplett klimaneutral sein – ist jedoch laut aktuellem Projektionsbericht des Umweltbundesamtes nicht auf dem Weg, diese Vorgabe zu erreichen. Nimmt man das Ziel aber weiterhin ernst, muss man sich auch für „schwer zu vermeidende Restemissionen“ – zum Beispiel aus Biogaskraftwerken, Müllverbrennung, Landwirtschaft oder aus der Stahl- und Zementherstellung – etwas einfallen lassen. Die meisten Szenarien für ein klimaneutrales Deutschland halten negative Emissionen deshalb für unverzichtbar (siehe TR 7/2021, S. 14).

Erschwerend kommt hinzu: Trotz Jahrzehntelanger Klimadiplomatie, trotz Corona, trotz Ausbau der Erneuerbaren, trotz zunehmend spürbarer Wetterextreme ist der weltweite Klimagas-Ausstoß nicht nur nicht gesunken, sondern sogar weiter angestiegen. Nach einem kurzen pandemiebedingten Einbruch hat er 2022 einen neuen Rekordwert von rund 37 Gigatonnen erreicht. Der Versuch, die Erderwärmung durch Einsparungen auf 1,5 Grad zu begrenzen, darf wohl als gescheitert gelten.

Der Weltklimarat IPCC sieht kaum noch Alternativen dazu, Treibhausgase aus der Atmosphäre zu ziehen – und zwar zusätzlich zu „tiefgreifenden, raschen und nachhaltigen Emissionsreduzierungen“, wie es im aktuellen Bericht von 2023 heißt. Wenn entsprechende Verfahren „in einem Umfang eingesetzt werden, der die jährlichen Restemissionen übertrifft“, ließen sich auch „negative Netto-Emissionen“ erreichen.

BUDGET ÜBERZIEHEN

Der letzte Satz klingt hoffnungsvoll, ist aber eigentlich ein Ausdruck nackter Verzweiflung. Denn er bedeutet: Wenn wir es nicht schaffen, unsere Emissionen ausreichend zu senken, müssen wir später umso mehr zurückholen. Silke Beck vom Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung wirft dem IPCC vor, damit ein „politisches Tabu“ gebrochen zu haben: „Während er in früheren Berichten davon gewarnt hat, dass bestimmte ‚gefährliche‘ Grenzen wie das 2-Grad-Ziel nicht überschritten werden dürfen, geht er heute davon aus, dass die Menschheit ihren bereits in Anspruch genommenen Kredit beim CO₂-Budget überziehen und dann in der Zukunft mit Zinsen zurückzahlen kann“, schreibt sie in einem Online-Kommentar. Das heiße:



Der Bohrlochkopf in Ketzin, mit dem Kohlendioxid in den brandenburgischen Untergrund injiziert wurde, ist mittlerweile wieder verschwunden. Doch das Verfahren steht vor einer Wiedergeburt.

Bohrinsel im norwegischen Sleipner-Feld, über die auch CO₂ wieder zurückgespeist werden soll.

„Die Verantwortung, Emissionen zu reduzieren, wird von gegenwärtigen auf zukünftige Generationen übertragen.“

Kritiker hielten die CO₂-Rückholung immer schon für eine Entschuldigung, bequem weiter so wirtschaften zu dürfen wie bisher. Die Ingenieure werden sich schon was einfallen lassen – wozu also den eigenen Lebensstil ändern? Die Frage ist aber: Was kann CCS zur nötigen Emissionsreduzierung wirklich beitragen? Sprechen wir von substantiellen Mengen oder eher von Tropfen auf dem heißen Stein?

„CCS wird nie eine Alternative zur Emissionsminderung sein“, sagt etwa Jutta Paulus, Europaabgeordnete der Grünen. Und Dirk Messner, Präsident des Umweltbundesamtes, sekundiert: „CCS ist kein Allheilmittel für den Klimaschutz.“

Niemand bezeichnet CCS noch ernsthaft als „Allheilmittel“. Auch die Befürworter betonen meist, dass es nur als letzter Rettungsring dienen darf, wenn alle anderen Möglichkeiten ausgeschöpft sind. Und die Bedenken, CCS solle vor allem Kohlekraftwerke länger am Netz halten, sind seit dem Kohleausstieg ebenfalls hinfällig – zumindest hierzulande.

73 Prozent des aufgefangenen CO₂ werden dafür benutzt, mehr fossile Kohlenwasserstoffe zu fördern.

Trotzdem sind die Sorgen nicht ganz unbegründet. Die Vereinigten Arabischen Emirate etwa haben jüngst die Erschließung riesiger neuer Erdgasfelder angekündigt, die dank CCS „klimaneutral“ werden sollen. Tatsächlich war CCS immer schon eng verknüpft mit der fossilen Energiewirtschaft. Bereits seit Jahrzehnten presst sie Kohlendioxid in den Untergrund – allerdings nicht, um es aus dem Verkehr zu ziehen, sondern um die letzten Reste Öl oder Gas aus erschöpften Feldern zu fördern. Rund 73 Prozent des aufgefangenen CO₂ in Carbon-Capture-Projekten würden dafür benutzt, mehr fossile Kohlenwasserstoffe zu fördern, hat das US-amerikanische Institute for Energy Economics and Financial Analysis (IEEFA) ermittelt. Das sei „nicht klimafreundlich“.

Durch die lange Erfahrung dürfte die Industrie ihre Verfahren wenigstens gut im Griff haben – sollte man meinen. Doch auch hier ist die Bilanz eher mau. Beim bisher größten exklusiven CCS-Projekt der Welt, das vom Ölkonzern Chevron betriebene Gorgon in Westaustralien, sollten eigentlich seit 2016 jährlich vier Millionen Tonnen CO₂ deponiert werden, das bei der Gasförderung anfällt. Allerdings

„Die Nutzung von CO₂ ist ein unverzichtbarer Bestandteil eines zukünftigen Wirtschaftssystems.“

liefert es bis heute nur ein Drittel seiner versprochenen Kapazität. Das Druck-Management müsse noch verbessert werden, begründet der Betreiber.

GEOLOGISCHE ÜBERRASCHUNGEN

Auch andernorts hält die Geologie Überraschungen bereit – zum Beispiel beim ehemaligen Gasfeld Sleipner. Es liegt zwischen Norwegen und Schottland in der Nordsee und war vor mehr als 25 Jahren eines der weltweit ersten CCS-Projekte im industriellen Maßstab. Rund eine Million Tonnen wurden dort seitdem jährlich in zwei Kilometern Tiefe verpresst. Mit mehr als 150 akademischen Papern zählt Sleipner zu den am besten untersuchten geologischen Formationen überhaupt. „Trotzdem hat sich erwiesen, dass seine Sicherheit und Stabilität schwer vorherzusagen ist“, heißt es in einer Stu-

die des IEEFA (heise.de/s/lenG). Schon nach drei Jahren sei das Kohlendioxid unerwartet weit nach oben gestiegen, wo es nur durch eine bis dato unbekannte Gesteinslage gestoppt wurde. Und das benachbarte Snøhvit-Feld habe trotz aller Voruntersuchungen nur zwei statt der prognostizierten 18 Jahre CO₂ aufnehmen können. „Die Beispiele zeigen, dass jedes CCS-Projekt seine eigene Geologie hat; dass sich die Geologie mit der Zeit verändern kann; und dass eine fortlaufende Überwachung nötig ist“, mahnt das IEEFA.

Wie sicher können wir also sein, dass solche Lagerstätten tatsächlich Tausende von Jahren dicht halten? In Ketzin wurde bisher jedenfalls kein Austritt von CO₂ beobachtet. Allerdings wurde es auch nur vier Jahre lang überwacht. Das sei „ein extrem kurzer Zeitraum, um die Feststellung, „das CO₂-Endlager ist dicht“ zu treffen“, schreibt Greenpeace-Experte Kars-

ten Smid in einer Stellungnahme für den Schleswig-Holsteinischen Landtag.

Zu den weiteren Gefahren von CO₂-Endlagern an Land gehören kleinere Erdbeben sowie die Versalzung von Trinkwasser, weil unter Druck stehendes Kohlendioxid salzhaltiges Wasser ins saubere Grundwasser abdrängen könnte. „Diese Risiken gibt es offshore so nicht“, sagt Klaus Wallmann vom Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung in der Radiosendung Quarks. „Deshalb ist es wahrscheinlich klug, erst einmal in der Nordsee anzufangen. Wenn man sicher ist, dass es gut klappt, kann man das später auch an Land machen.“

Wallmann hat die bestehenden Speicher in Nordsee und Barentssee untersucht und dort keinen CO₂ Austritt festgestellt. „Es ist aber durchaus möglich, dass dies in Zukunft passieren könnte“, gibt er zu. Die Folgen: Das Kohlendioxid kann das Meerwasser versauern und

KOHLENDIOXID-SPEICHER IM VERGLEICH

Methode	TRL**	Kosten (\$/t CO ₂)***	Speicher-Potenzial (Gt CO ₂ /a)***
Direct Air Capture, unterirdische Speicherung	6	100 – 300	5 – 40
Beschleunigte Gesteins-Verwitterung (Land oder Meer)	3 – 4	50 – 200	2 – 4
Ozean-Alkalisierung (durch Silikate oder Carbonate)	1 – 2	40 – 260	1 – 100
Ozean-Düngung (zur Anregung des Pflanzenwachstums)	1 – 2	50 – 500	1 – 3
Küsten-Management (z. B. Schutz von Seegras)	2 – 3	fehlende Daten	< 1
BECCS (Biomasse-Verbrennung mit CO ₂ -Abscheidung und unterirdischer Speicherung)	5 – 6	15 – 400	0,5 – 11
(Wieder-)Aufforstung von Wäldern	8 – 9	0 – 240	0,5 – 10
Biokohle (aus eigens angebauten Pflanzen)	6 – 7	10 – 345	0,3 – 6,6
Bodenbewirtschaftung (z. B. verbesserter Humus-Aufbau)	8 – 9	-45 – 100	0,6 – 9,3
Wiedervernässung von Feuchtgebieten	8 – 9	fehlende Daten	0,5 – 2,1

* je nach Verfahren ** Technology Readiness Level; 1 = nur in groben Umrissen bekannt; 9 = bereits im Einsatz *** Schätzung für 2050

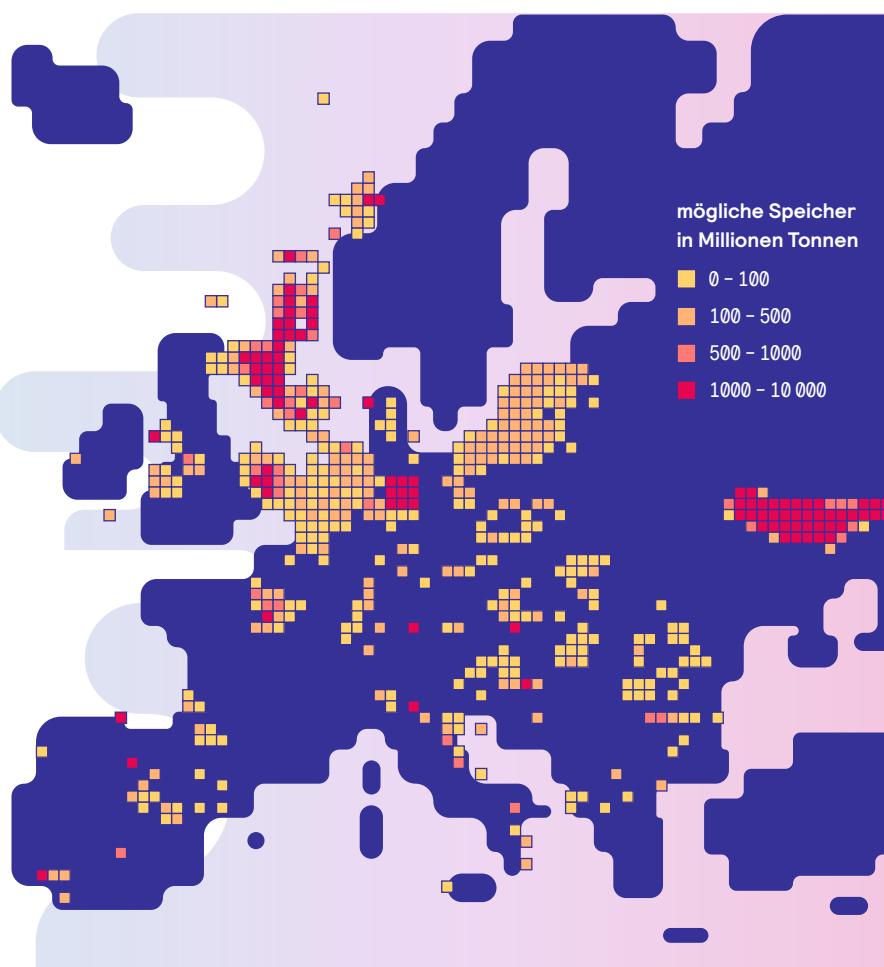
das Ökosystem schädigen. Doch selbst bei einem Austritt von 30 Tonnen im Jahr würde sich der Schaden auf eine relativ kleine Fläche von rund 50 Quadratmetern beschränken, schätzt Wallmann.

Klar wird durch die Debatte auf jeden Fall: Auf das (von der Gas- und Ölindustrie) gemachte Nest wird sich die CO₂-Müllabfuhr nicht verlassen können. Doch was sind die Alternativen? Das Wuppertal Institut hat die verschiedenen unterirdischen Speichermöglichkeiten miteinander verglichen (heise.de/s/WD2G). Das Ergebnis: Das ideale Endlager gibt es nicht. Die bei weitem höchste Kapazität bieten „tiefen saline Aquifere“, also Salzwasser führende Gesteinsschichten. Nur leider zählen sie auch zu den teuersten Optionen. Extrem preiswert hingegen sind ausgeförderte Ölfelder. Doch die haben wiederum relativ wenig Kapazität. Den besten Kompromiss aus Kosten, Kapazität und Risiken bieten wohl ausgeförderte Gasfelder wie in Norwegen.

Norwegen hat zudem noch einen weiteren Standortvorteil: Entsorgtes CO₂ gilt dort als nicht emittiert und ist deshalb von der CO₂-Steuer befreit. Im Pro-

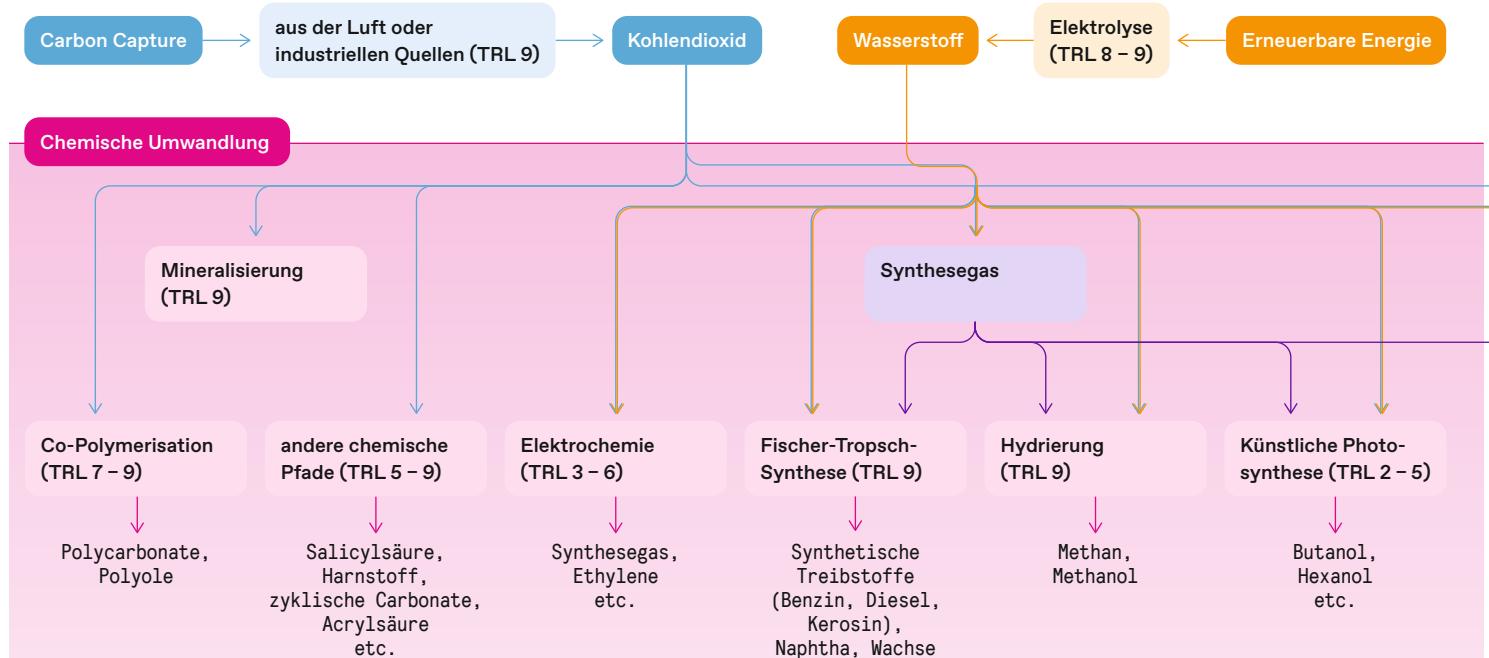
In der Nordsee liegen die größten Speicherstätten – aber auch auf dem norddeutschen Festland sind Kapazitäten vorhanden.

Begehrlicher Blick auf CO₂-Lagenstätten in Europa



Gefahren	Co-Benefits
hoher Energiebedarf, z. T. hoher Wasserbedarf*	z. T. Wassergewinnung*
große Minen nötig; Luftverschmutzung durch Staub; Schwermetalle	Reduzierte Bodenversauerung; besseres Pflanzenwachstum
Störung mariner Ökosysteme durch toxische Stoffe und erhöhten pH-Wert; große Minen nötig	Reduzierte Versauerung kann Artenvielfalt verbessern
Störung mariner Ökosysteme durch erhöhten Sauerstoffverbrauch und Versauerung; unklare Speicherdauer	evtl. verbesserter Fischfang
Speicherung schwer zu quantifizieren; Dauer unklar	Küstenschutz; Artenvielfalt; Viehfutter oder Dünger; weniger Methan
Konkurrenz um Land und Wasser; Verlust an Artenvielfalt und Bodenqualität*	Bioenergie; Einkommen für die Landwirtschaft; Dünger; verbesserte Artenvielfalt und Bodenqualität*
unklare Speicherdauer; evtl. negativer Einfluss auf Wasserhaushalt*	lokal verbesserte Lebensbedingungen; verbesserte Artenvielfalt und Bodenqualität; Holzprodukte;
Feinstaub- und THG-Emissionen bei Herstellung; Verlust an Artenvielfalt und Bodenqualität*	verbesserte Ernten und Wasserhaushalt; weniger THG-Emissionen aus Boden
NO _x -Emissionen, unklare Speicherdauer	verbesserte Ernten und Bodenqualität
Methan-Emissionen	z. T. verbesserter Fischfang, Artenvielfalt, Nährstoff-Kreislauf

Kohlendioxid-Nutzung und Erneuerbare Energie



TRL = Technology Readiness Level (Technologie-Reifegrade); TRL 5 = Versuchsaufbau in Einsatzumgebung; TRL 6 = Prototyp in Einsatzumgebung; TRL 7 = Prototyp im Einsatz; TRL 9 = erfolgreich eingesetzt

projekt „Longship“ will der skandinavische Staat nun eine durchgehende Prozesskette aufbauen – von der Abscheidung an einem Zementwerk über den Transport per Schiff und Pipeline bis zur Offshore-Plattform in der Nordsee, die das Gas in den Meeresböden injiziert. Auch die europäischen Nachbarn sollen das System nutzen können – gegen Bezahlung, versteht sich.

Robert Habeck war im Januar in Norwegen zu Besuch – wohl, um die Möglichkeit auszuloten, deutsches CO₂ in Norwegen entsorgen zu lassen. Für Deutschland wäre die Lösung ziemlich bequem. Das CO₂ kann gewissermaßen vor der Haustür der Nachbarn abgeladen werden, ohne drohende Proteste von Anwohnern.

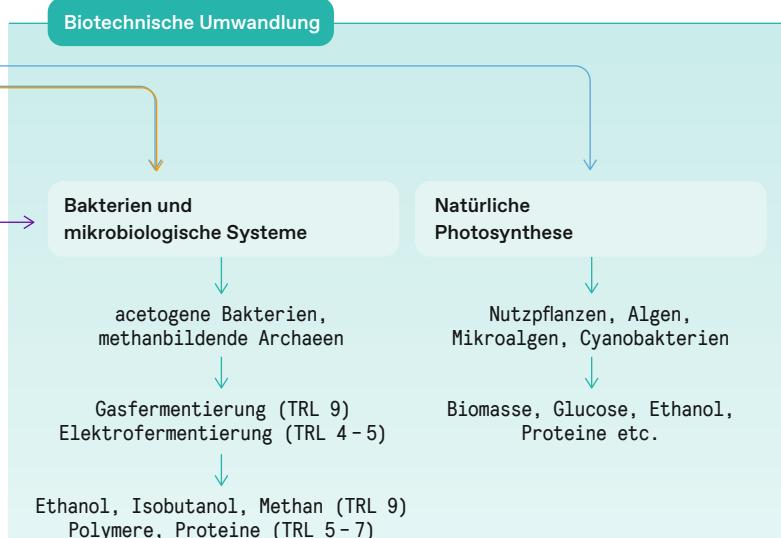
HANDELSGUT TREIBHAUSGAS

Der Fall zeigt: CO₂ wird ein Handelsgut werden wie Erdgas und Wasserstoff – und eine eigene Infrastruktur benötigen. Auch Dänemark hat Unternehmen aus der Erdöl- und Chemie-Branche (darunter TotalEnergies und Wintershall Dea) kürzlich erlaubt, an zwei Stellen der Nordsee ab 2030 insgesamt 13 Millionen Tonnen Kohlendioxid jährlich einzulagern zu dürfen. Wintershall Dea will zudem gemeinsam mit Partnern nahe der dänischen Hafenstadt Hirtshals einen „CO₂-Hub“ aufbauen, der Kohlendioxid aus regionalen Biogas-Anlagen sammeln

Die VAE haben die Erschließung riesiger neuer Erdgasfelder angekündigt, die dank CCS „klimaneutral“ werden sollen.

und verschiffen soll. Der Hafen Rotterdam plant Ähnliches, einschließlich einer CO₂-Pipeline bis ins Ruhrgebiet. Auch zwischen Köln, Wolfsburg, Salzgitter und Wilhelmshaven will ein Industriekonsortium ein 964 Kilometer langes Pipeline-Netz errichten. Die Vereinigung der Bayerischen Wirtschaft fordert ein Netz zwischen Augsburg, Rosenheim, Ingolstadt, Würzburg und Nürnberg, das die großen Raffinerien, Zement- und Chemiewerke des Freistaats miteinander verbindet und sich später mit einem überregionalen Netz verknüpfen ließe. Im kanadischen Bundesstaat Alberta ist seit drei Jahren bereits eine 240 Kilometer lange CO₂-Pipeline in Betrieb, mit einer geplanten Kapazität von knapp 15 Millionen Tonnen jährlich. Und in den USA ist unter anderem eine 2000 Kilometer lange Pipeline geplant, die CO₂ von mehr als 20 großen Industriegebieten im mittleren Westen zur Deponierung nach Illinois bringen soll. Im Moment liegt das Projekt allerdings auf Eis.

Solche Netzwerke würden auch die Nutzung von CO₂ als Rohstoff erleichtern – etwa zur Herstellung von chemischen Grundstoffen oder E-Fuels (Seite 36). Dieses „Carbon Capture and Usage“ (CCU) klingt nach einer eleganten Lösung: Wenn man das CO₂ schon unter hohem Energieaufwand gewonnen hat, warum sollte man damit nicht auch etwas Sinnvolles anstellen? Das Umweltbundesamt argumentiert interessanterweise sowohl für als auch



EMISSIONEN EINER AUTOFAHRT

Mal ein kleines Gedankenspiel: Wie viel Speicher bräuchte man, um das bei 100 Kilometern Autofahrt entstehende CO₂ aufzufangen – um es etwa einer geordneten Entsorgung zuzuführen?

2022 betrug der durchschnittliche CO₂-Ausstoß von Neuwagen in Deutschland etwa 108 Gramm pro Kilometer. Auf 100 Kilometern sind das 10,8 Kilogramm. Die Dichte von CO₂ beträgt bei Raumtemperatur und atmosphärischem Druck rund 1,84 kg/m³. Die während der Fahrt ausgestoßene Menge benötigt also knapp sechs Kubikmeter Raum. Wollte man sie in einem Ballon sammeln, müsste dieser etwa halb so groß sein wie ein VW Golf, ohne Berücksichtigung anderer Abgase wie Wasserdampf.

Doch CO₂ lässt sich unter hohem Druck schließlich auch platzsparend verflüssigen, wie bei Bierzapfanlagen. Eine handelsübliche Kartusche für die Theke enthält zwei Kilogramm Kohlendioxid. Mit einer Autofahrt über 100 Kilometer könnte man also fast fünfhalb solcher Flaschen füllen. Das würde für etwa 2500 Liter Fassbier reichen. Prost!

gegen CCU. Einerseits könne es „keinen Beitrag zur Kompensation leisten“, heißt es in einem Online-Dossier. „Wird fossiler Kohlenstoff mittels CCU abgeschieden und anderweitig genutzt, gelangt dieses CO₂ unabhängig von der Anzahl der nachfolgenden Nutzungen immer am Ende der Nutzungskette in die Atmosphäre.“ Der Ausstoß werde lediglich „zeitlich und örtlich verlagert“.

Andererseits sei CCU ein „unverzichtbarer Bestandteil eines zukünftigen Wirtschaftssystems“ – und zwar als Rohstoffquelle für Kohlenstoffverbindungen, wenn diese nicht mehr durch Mineralöl erzeugt werden können oder sollen. Die nötigen Mengen aus „nicht vermeidbaren Quellen“ wie der Zementindustrie abzuscheiden, werde dazu nicht reichen. Es brauche zusätzlich noch „erhebliche Mengen“ aus der Atmosphäre.

ALTERNATIVE SPEICHER

All diese schönen CCS- und CCU-Pläne haben allerdings zwei Schönheitsfehler: Sie reichen nicht aus, und sie kommen zu spät. „Wir sehen eine Lücke zwischen den angekündigten Projekten und dem, was nötig ist, die Ziele des Pariser Klimaabkommens zu erreichen“, heißt es in der internationalen Studie *The State of Carbon Dioxide Removal* (www.stateofcdr.org). „Etwa 120 Regierungen haben ein Netto-Null-Ziel, was CO₂-Rückholung impliziert. Aber nur wenige haben ausführbare Pläne.“ Praktisch die gesamte gegenwärtige Kohlendioxid-Beseitigung (99,9 Prozent oder zwei Gigatonnen pro Jahr) beruhe auf „konventionellem Landmanagement, vor allem

durch Aufforstung und Wiederaufforstung“. Nur 0,1 Prozent beruhe hingegen auf neuen Methoden wie Speicherung in Gestein, im Ozean oder in Produkten.

Soweit zumindest der Status quo. Wie geht es nun weiter? Wälder lassen sich nicht unbegrenzt ausweiten. Aber es gibt noch genug andere Wege, CO₂ aus dem Verkehr zu ziehen – neben den technischen (Seite 38) auch biologische (Seite 44) und geologische (Seite 30) Verfahren. Einige von ihnen haben ein weitaus höheres Potenzial als die Aufforstung (Tabelle Seite 18).

Ein „Allheilmittel“ ist keines dieser Verfahren. „Wir benötigen ein Portfolio an verschiedenen Methoden – denn jede hat nur ein begrenztes Potenzial und ihre eigenen Herausforderungen, wie Zielkonflikte mit der Nahrungsmittelproduktion oder Risiken bezüglich ihrer Permanenz“, fasst Julia Pongratz die Lage zusammen. Sie ist Geografie-Professorin an der LMU München und Sprecherin des CDRterra-Forschungsprojekts, das die landbasierte CO₂-Entnahme untersucht. „Wichtig ist zu prüfen, was nicht nur technisch möglich ist, sondern auch gesellschaftlich machbar und wünschenswert“, sagte sie auf der Konferenz CDR-Dialog, die Mitte Oktober in München stattfand.

Pragmatisch gesehen erscheint die Vorstellung ziemlich bizarr, Treibhausgase künftig mit großem Aufwand wieder einzufangen, wenn bisher nicht einmal die deutlich einfachere Vermeidung funktioniert hat. Aber ob es uns gefällt oder nicht: Darauf läuft es offenbar hinaus – und darauf sollten wir uns durch Forschung und politische Weichenstellungen rechtzeitig vorbereiten. Das Einzige, was noch schlechter ist als ein schlechter Plan B, ist gar kein Plan B. ●

09. + 10. November 2023 HALLE 45, Mainz

Die IT im Mittelstand hat eine neue Heimat



MiTEXX

powered by  DILK

Top-Themen 2023

- Automation
- New Work
- Multi/Hybrid Cloud
- Big Data
- IT-Security
- Sustainability

Jetzt
Ticket sichern!

499 € statt 549 €
Gültig bis 09.11.2023

Aktionscode:
MTXX23TR0211

Rabatt nicht kombinierbar

Mehr Informationen unter: www.mitexx.de

Partner 2023



kaspersky

krankikom

ninjaOne

LOW CODE
TECHNOLOGIE
EXPERTEN

outsystems

VEEAM

Freuen Sie sich auf ...



Michael von Roeder
Group Chief Digital und IT Officer,
Elia Group / 50Hertz Transmission



Daniel Domscheit-Berg
Informatiker, ehemaliger Sprecher der
Enthüllungsplattform WikiLeaks,
Gründer von OpenLeaks, Autor



Sarah Steffen
Gründerin von Anything Agile



Dr. Bela Waldhauser
Sprecher für eco Allianz,
Verband der Internetwirtschaft e. V.



Und viele mehr!

powered by DILK

Viel Geld, wenig Wirkung

**Kompensationszahlungen sollen eigentlich dem Klima helfen.
Der Markt explodiert – aber unter Umständen schaden sie mehr
als sie nutzen.** – Klaus Sieg

Die Idee hinter dem Kompensationsgeschäft mit Kohlendioxid klingt einleuchtend: Für das Weltklima ist es einerlei, an welcher Stelle Klimagas reduziert wird. Also finanzieren Konsumenten, Unternehmen, Organisationen oder Regierungen in den Industrieländern Projekte, die von ihnen ausgestoßene Klimagase an anderer Stelle wieder einfangen oder vermeiden. Und das kostet nicht einmal viel: Bereits ab 13 Euro bieten einige Organisationen die Kompensation einer Tonne CO₂ an. Im europäischen Emissionshandel wird die Tonne derzeit durchschnittlich mit rund 80 Euro bepreist.

Für negative Emissionen können neu gepflanzte Wälder sorgen, die Aufforstung von Mangroven-Sümpfen, die Herstellung von Pflanzenkohle, der Schutz von Seegraswiesen oder Blauwalen (siehe S. 44) – oder Projekte, die der Atmosphäre technisch Klimagase entziehen (siehe S. 38). Daneben gibt es auch Projekte, die darauf abzielen, Emissionen zu vermeiden: etwa das Verteilen effizienter Kochöfen, die Installation von Biogasanlagen, der Schutz bestehender Wälder oder die Wiedervernässung von Mooren.

Ihren Anfang nahm die Idee 1997 mit dem Kyoto-Protokoll. Die Industrieländer sollten ihre unvermeidbaren Emissionen ausgleichen, indem sie

für deren Kompensation bezahlen. Mittlerweile ist daraus ein kaum noch zu überblickender Markt entstanden. Mit Kompensationszertifikaten können Privatleute ihr schlechtes Gewissen beruhigen, Unternehmen angeblich klimaneutrale Produkte bewerben, Regierungen ihre Klimaziele erreichen – zumindest auf dem Papier.

MALLORCA UND ZURÜCK FÜR 30 EURO

Vermittler zwischen den Emittenten und Projekten sind meist gemeinnützige GmbHs, Start-ups oder Agenturen – zum Beispiel Atmosfair, Klima-Kollekte, Prima Klima, South Pole oder MyClimate. Viele von ihnen bieten Online-Rechner an, die ermitteln, welche Klimawirkung zum Beispiel ein Flug von Hamburg nach Mallorca verursacht. Für einmal hin und zurück beziffert das Atmosfair auf rund 700 Kilogramm CO₂-Äquivalent. Dabei berücksichtigt der Rechner auch die Wirkung anderer Schadstoffe wie Ozon oder Methan.

Wie hoch genau die Kompensation veranschlagt wird, hängt von dem jeweiligen Anbieter des Kompensationszertifikats ab. Für den Flug nach Mallorca liegen die Preise bei 13 bis 17 Euro – je nach-

**Seit 2020
wurden 1500
Projekte ent-
wickelt, die
300 Millio-
nen Tonnen
Klimagas
kompensie-
ren sollen.**

Foto: Sven Torfinn / laif

Foto: MyClimate

Foto: Atmosfair



Im ugandischen Mubende hat die britische New Forests Company über 10 400 Hektar mit Pinien und Eukalyptusbäumen bepflanzt. Laut Menschenrechtsorganisationen wurden dafür 27 000 Menschen von ihrem Land vertrieben – darunter Tushebe Jamani, der hier vor den Überresten des Hauses seines Bruders steht.



Der Bau dieser Biogasanlage im ländlichen Kambodscha wird mit Zertifikaten von MyClimate unterstützt. Die Anlage soll Gas zum Kochen liefern und so Wälder schützen, die sonst für Feuerholz abgeholt würden.

Im März 2022 ging in Burkina Faso ein drei Kilometer langes Trinkwassernetz in Betrieb, das mit Solarenergie betrieben wird. Es wurde mit Emissionszertifikaten von Atmosfair unterstützt.

dem, ob man etwa Aufforstung in Nicaragua, Moorschutz in Deutschland oder die Herstellung von CO₂-neutralem Kerosin unterstützen möchte.

Der Markt für freiwillige Kompensation ist in den letzten Jahren nahezu explodiert. Zwischen 2012 und 2022 wurden nach einer im September publizierten Studie des Trove-Research-Institutes 36 Milliarden Dollar umgesetzt, die Hälfte davon alleine in den letzten drei Jahren. Seit 2020 wurden nach Angaben des Institutes 1500 Projekte entwickelt, die 300 Millionen Tonnen Klimagas pro Jahr kompensieren sollen. Das entspräche der jährlichen Emission Großbritanniens.

Kann das wirklich sein? „Niemand kontrolliert das wirklich unabhängig, der Markt ist völlig unreguliert“, kritisiert Jonas Grauel von der Verbraucherzentrale NRW. Eigentlich wäre es die Aufgabe von Standardisierungsorganisationen, wasserdichte Verfahren und eine seriöse Kontrolle zu etablieren. Der älteste dieser Standards ist der Clean Development Mechanism (CDM) der UN. Weltweiter Marktführer ist der Verified Carbon Standard der in Washington ansässigen Agentur Verra, die vom Weltwirtschaftsforum in Davos und der Climate Group gegründet wurde, einem globalen Netzwerk von Politikern, Regierungen und internationalen Unternehmen. Der dritte ist der sogenannte Gold-Standard vom WWF und anderen Umwelt-NGOs.

Der CDM-Standard der UN geriet jedoch bereits wenige Jahre nach seiner Einführung in die Kritik. Eigentlich dürfen nur Vorhaben, die ohne die Einnahmen aus den Zertifikaten keine Chance auf Umsetzung hätten, angerechnet werden. Doch einige Prüfer wie der TÜV Süd, damals zweitgrößter Zertifizierer, ließen Projekte durchgehen, die private oder staatliche Investoren auch ohne die Mittel aus Kompensationszahlungen durchgeführt hätten. Deshalb verloren die Zertifizierer zeitweise ihre Zulassung.

Ein ähnliches Problem ist die sogenannte Doppelzählung: Seit dem Pariser Klimaabkommen sollen nicht mehr nur noch die Industrieländer, sondern alle Unterzeichnerstaaten Klimabeiträge leisten. Das kann dazu führen, dass sich sowohl das Gastland des Kompensationsprojektes als auch der Zertifikatskäufer die vermiedenen Emissionen auf die Fahne schreiben.

Andere CDM-Projekte folgten einer noch abstruseren Logik: Fabriken erhöhen vorab die Produktion von Schad-

stoffen, um anschließend Gutschriften für deren Minderung zu erhalten. Industriebetrieben in Indien und Russland wurde das nachgewiesen. Zudem wurden einige CDM-Projekte auf Kosten der lokalen Bevölkerung durchgeführt, wie etwa bei dem privaten Aufforstungsprojekt Kachung in Uganda. Die angepflanzten nicht-heimischen Baumarten, wie Eukalyptus und Pinien, entzogen der Umgebung so viel Wasser, dass es auf dem umliegenden Ackerland knapp wurde. Zudem verdrängte das Aufforsten von Grasland und Savanne Viehhälter von ihrem Weideland.

ÜBERANGEBOT FÜHRT ZU RAMSCHPREISEN

Der CDM ist inzwischen Geschichte, er wird seit der Pariser Klimakonferenz nicht mehr weitergeführt. Doch die grundlegenden Probleme bleiben bestehen. „Nach wie vor aber ist eine große Zahl dieser Zertifikate aus Alt-Projekten auf dem Markt“, sagt Carsten Warnecke, Experte für den internationalen Kohlenstoffmarkt am New Climate Institute, einer gemeinnützigen Forschungsorganisation.

Wenn aber die Anbieter von Kompensationsprojekten nicht auf die Einnahmen aus dem Emissionshandel angewiesen sind, können sie beliebig viele Gutschriften zu beliebig niedrigen Preisen auf den Markt werfen. Dies führt zum Verfall der Preise auf mitunter wenige Cent pro Tonne. Agenturen können sich diese zum Teil für Centbeträge sichern und sie mit Aufschlägen an ihre Kunden verkaufen. „Bei den meisten Projekten kommt davon vermutlich nichts an“, so Warnecke.

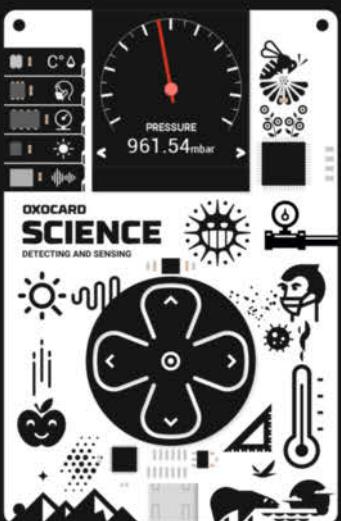
Besser sieht es auch beim Marktführer nicht aus. „Verra ist führend, was die Quantität seiner Zertifikate angeht – leider aber längst nicht mit deren Qualität“, so Carsten Warnecke. Gezeigt haben das unter anderem Recherchen der *Zeit* und des *Guardian* Anfang dieses Jahres. Diese stützen sich auf Studien eines weltweiten Forschungsteams. Es hat 29 der insgesamt 87 von Verra zertifizierten Waldschutzprojekte unter die Lupe genommen, aus denen vierzig Prozent aller Verra-Zertifikate stammen. Oft sei die CO₂-Kompensation überbewertet oder die angegebenen Areale seien nicht wirklich geschützt worden. 89 Millionen Tonnen Klimagas-Kompensationen beste-

Mit dem Geld aus freiwilligen Kompensationszahlungen hat Atmosfair ein Solarthermie-Kraftwerk im ländlichen Indien finanziert. Die Komponenten für die 770 nachgeführten 60 Quadratmeter großen Parabolspiegel stammen, soweit möglich, aus heimischen Materialien. Den Strom nutzt ein nahegelegenes Schulungszentrum.



© Copyright by Heise Medien.

ENTDECKE UND ERFORSCHE DEINE UMWELT



Die OXOCARD SCIENCE ist Raumsensor, Experimentierplatine und pädagogischer Lerncomputer in einem.



Jetzt im
heise Shop
bestellen

 OXOCARD.CH

„89 Millionen Tonnen Klimagas-Kompensationen bestehen nur auf dem Papier.“

hen demnach nur auf dem Papier – und das allein bei den untersuchten Fällen. Ein Grund dafür sind die unübersichtlichen, teils sehr dehnbaren Regelwerke Verras, die von NGOs, Projektbetreibern und Zertifikatkäufern mitentwickelt wurden, unter anderem sogar vom Mineralölkonzern Shell. Alle diese Akteure haben ein gemeinsames Interesse: So viele Zertifikate wie möglich in die Welt setzen.

Ende September hat der *Guardian* mit einer Untersuchung der 50 populärsten Kompensationsprojekte auf der Welt nachgelegt, die von Verra und anderen Anbietern zertifiziert wurden, etwa dem American Carbon Registry. Auf diesen 50 Projekten basiert fast ein Drittel des globalen Kompensationshandels. 39 von ihnen bezeichnet das Recherche-Team als „Junk“ – sie wären meist auch ohne Kompensationszahlungen zustande gekommen oder würden nicht dauerhaft wirken.

Dazu kommen generelle Zweifel an der Eignung von Waldschutzprojekten. Niemand kann seriös prognostizieren, ob und wann ein Wald ohne eine Schutzmaßnahme abgeholt worden wäre. Wälder können aus natürlichen Gründen ganz oder in Teilen eingehen oder abbrennen. Zudem ist ihre Klimawirkung kaum zu berechnen. „Wenn ich so ein Waldschutzprojekt aufsetzte, muss ich ein Szenario definieren, was passieren würde, wenn ich diesen Wald nicht schütze“, sagt Datenjournalist Tin Fischer, der für die *Zeit* einschlägige Projekte untersucht hat, im *ZDF*. „Ich habe dann natürlich ein Interesse daran, ein möglichst schlimmes Szenario zu skizzieren, ein wirkliches Horrorszenario.“ Denn je düsterer die Zukunft des Waldes, desto mehr Zertifikate lassen sich zu seiner Rettung verkaufen. Die Annahmen sind kaum zu überprüfen – und von vielen äußeren Faktoren abhängig. Zum Beispiel kann ein Regierungswechsel, wie die Abwahl des Regenwaldvernichters Jair Bolsonaro in Brasilien, die

Rahmenbedingungen grundlegend verändern. Im CDM und im Gold-Standard sind deshalb Waldschutzprojekte ausgeschlossen. Bei Verra nicht.

Die Frage, was genau man auf der Basis von Zertifikatgeschäften als „klimaneutral“ bezeichnen kann, beschäftigt mittlerweile auch die Gerichte. Im Juli hat das Landgericht Karlsruhe – in einem von der Deutschen Umwelthilfe (DUH) angestrengten Verfahren – der Drogeriekette dm untersagt, bestimmte Produkte als „klimaneutral“ zu bewerben. Es ging um Zertifikate des Anbieters Climate-Partner über das Waldschutzprojekt Tambopata in Peru. Das Gericht argumentierte: Die durch die Produkte verursachten CO₂-Emissionen bleiben für Hunderte oder Tausende Jahre in der Atmosphäre. „Gebunden und gespeichert wird die entsprechende Menge an CO₂ durch das konkrete Waldschutzprojekt nur für Jahrzehnte“, heißt es in der Urteilsbegründung, denn die Laufzeit der Zertifikate endet bereits 2040. Danach kann das Projekt sich wieder neue Zertifikate für neue Emissionen ausstellen lassen.

Zudem hat die lokale Bevölkerung erstmalig 2020 Geld aus dem Kompensationsgeschäft erhalten. Die Zertifikate sind aber bereits seit 2010 im Handel. Die Menschen sollten für das Sammeln von Paranüssen bezahlt werden, damit sie nicht weiter für ihren Lebensunterhalt illegal Bäume schlagen.

Die DUH verweist auf weitere Unstimmigkeiten. Um die Bedrohung des zu schützenden Gebietes abzuschätzen, wurde es mit einem Referenzwald verglichen. Dabei handelte es sich allerdings um ein Gebiet mit großen Goldvorkommen, für das die Regierung bereits Konzessionen für den Holzeinschlag vergeben hatte. Zudem ist das Referenzgebiet durch seine Nähe zu einer Stadt durch Haus- und Straßenbau bedroht. All dies gibt es in Tambopata aber kaum. Die Bedrohung des Gebiets war also stark übertrieben.

© Copyright by Heise Medien.

Viele der Einwände aus dem Karlsruher Urteil lassen sich auf die Aufforstung von Bäumen, Bambus oder Mangroven übertragen – also auf Projekte, die wirklich „negative“ Emissionen erreichen wollen.

Schlampige Zertifizierungen kommen nicht nur im globalen Süden vor. So erhielt beispielsweise ein Aufforstungsprojekt im Mississippi-Delta laut Bloomberg-Recherchen Zertifikate für Bäume, die bereits gepflanzt waren beziehungsweise sowieso gepflanzt worden wären.

Auch technische Projekte für Negativ-Emissionen fielen negativ auf. So hat ein Projekt in Wyoming, das eigentlich CO₂ einfangen und dauerhaft unter der Erde speichern sollte, das Klimagas teilweise wieder freigesetzt beziehungsweise an Ölfirmen verkauft, die es zur Ölförderung eingesetzt hätten.

Aber selbst beim Gold-Standard des WWF glänzt nicht alles. Atmosfair, selbst Nutzer dieses Standards, bemängelt unter anderem auch hier eine nicht angemessene Prüfung der Zusätzlichkeit und der Nachhaltigkeit. Zudem zertifiziert der Gold-Standard zwar keine Waldschutzprojekte, sehr wohl aber solche zur Aufforstung.

SELBST EIN BILD MACHEN

Wer also sein Geld nicht problematischen Projekten hinterherwerfen möchte, muss sich selbst ein Bild machen. Zum Beispiel mit einem Tool der Carbon Credit Quality Initiative (CCQI), die mehr Transparenz auf dem freiwilligen Kohlenstoffmarkt schaffen will (carboncreditquality.org/scores.html). Dort lassen sich mithilfe umfangreicher Eingaben die Risiken bestimmter Projekttypen erfassen, von der Berechnung des kompensierten Klimagases über die Zusätzlichkeit bis hin zu Doppelzählungen. „Das Tool richtet sich in erster Linie an institutionelle Käufer und Marktakteure oder an bereits sehr gut informierte Verbraucher“, sagt Lambert Schneider vom Öko-Institut. Das Institut hat Fact Sheets zu den Bewertungen des CCQI herausgegeben, um weniger informierten Nutzern zu helfen (heise.de/s/lee5).

Auch die Stiftung Warentest hat die Anbieter von Zertifikaten mehrfach untersucht. Im letzten Test von 2022 urteilt die Verbraucherorganisation, dass die Qualität der Zertifikate bei den meisten Anbietern abgenommen hätte. Gänzlich rät sie von Kompensationszahlungen ab, die Fluggesellschaften direkt bei der Buchung anbieten. Diese würden bei Weitem nicht ausreichen, um die verursachten Schäden auszugleichen.

Nur noch der Anbieter Atmosfair erhielt bei der Bewertung ein „Sehr gut“. Er benutzt zu 90 Prozent Gold-Standard-Zertifikate, sein Emissionsrechner verweigert die Kompensation von Inlandflügen, und er vermeidet durch direkte Abkommen mit Ländern wie Nepal Doppelzählungen. „Atmosfair beweist das mit einer Vereinbarung auf Regierungsebene schon ziemlich gut, zudem ist Nepal ein sehr armes Land, sodass Projekte dort ohne die

Finanzierung aus dem freiwilligen Kompensationshandel nicht realisiert werden könnten, also die Zusätzlichkeit vermutlich gegeben ist“, findet auch Carsten Warnecke vom New Climate Institute.

KOMPENSATIONSZAHLUNGEN AM ENDE

Dennoch ist für ihn das Modell der Kompensationszahlungen am Ende – und das nicht erst durch die Medienrecherchen zu Verra, die nur die Spitze eines Eisberges seien. „Als kostengünstige Alternative verhindert Kompensation eher Klimaschutz, statt ihn zu fördern“, sagt Warnecke. Sein Institut hat im vergangenen Jahr 24 multinationale Unternehmen und ihre Klimaneutralitätsversprechen untersucht. „Diese Versprechen basieren zum großen Teil auf der Idee, ganz viel billig zu kompensieren und erstaunlich wenig eigene Emissionen zu reduzieren“, kritisiert der Wissenschaftler.

Auch der Anbieter MyClimate will künftig keine Kompensationen mit dem Label „klimaneutral“ mehr ausgeben. Dahinter steht allerdings eine regulatorische Änderung: Um Doppelzählungen zu vermeiden, muss zwischen dem Gastland, in dem Klimaschutzprojekte stattfinden, und einem Anbieter, der mit entsprechenden Zertifikaten handeln will, mittlerweile ein expliziter Abtretungsvertrag (Corresponding Adjustments, CA) geschlossen werden. „Doch bislang hat noch kein Staat CAs ausgestellt – wodurch immer klarer wird, dass CAs nicht so rasch wie erhofft zur Verfügung stehen werden“, teilt MyClimate mit. Deshalb habe die Organisation nun das neue Label „Wirkt. Nachhaltig“ eingeführt. Die damit finanzierten Einsparungen werden nicht mehr dem Käufer der Zertifikate angerechnet, sondern dem Gastland „gespendet“.

Unternehmen und Verbrauchern, die ihre eigenen Emissionen bereits so weit wie möglich reduziert haben, bleibt, wenn sie den Klimaschutz noch weiter fördern wollen, immerhin noch die Möglichkeit, EU-Emissionsrechte aufzukaufen und so für deren Verknappung und Verteuerung zu sorgen. Organisationen wie Compensators, ein von Wissenschaftlern des Potsdam-Instituts für Klimafolgenforschung gegründeter Verein, kaufen solche Emissionsrechte ein und legen sie still. Das ist allerdings nicht mehr ganz billig. Die Tonne CO₂ kostet bei ihnen zurzeit rund 105 Euro, inklusive Umsatzsteuer und Transaktionsgebühren. 15 000 Tonnen haben die Compensators seit 2020 mithilfe von Spenden vom Emissionsrechtemarkt gekauft.

Experten wie Carsten Warnecke oder Lambert Schneider vom Öko-Institut setzen stattdessen auf „Klimaverantwortung“: Seine unvermeidbaren Emissionen preist man dabei selbst ein, zum Beispiel orientiert am Europäischen Emissionsrechtemarkt, und bildet daraus ein Budget, aus dem besonders innovative Klimaprojekte gefördert werden. Aber auch die müssten dann natürlich irgendwie geprüft werden. ●

Wir schreiben Zukunft.



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

mit-tr.de/testen

Zu Stein erstarrt

Verfahren wie die beschleunigte Verwitterung und unterirdische Mineralisierung sollen CO₂ aus der Luft dauerhaft in Gestein binden. Das Potenzial ist groß – der Energie- und der Wasserverbrauch sind es auch. – Veronika Szentpétery-Kessler

Eine der vielen großen Herausforderungen des Klimawandels ist, das überschüssige Kohlendioxid aus der Atmosphäre dauerhaft aus dem System zu nehmen, um der Erderwärmung entgegenzuwirken. Wie das funktionieren kann, macht uns die Natur täglich vor: Sie baut CO₂ in Gestein ein. Dieser Mineralisierungsprozess geschieht bei der Verwitterung bestimmter Gesteinsarten auf der gesamten Erdoberfläche. Allerdings ist das ein Prozess, der Äonen dauert – die sprichwörtlichen geologischen Zeiträume. Das ist zu viel Zeit, um dem Klimawandel kurzfristig etwas entgegenzusetzen.

Deshalb sollen zwei technische Verfahren der Natur Beine machen und das CO₂ schnell und dauerhaft in Gestein binden: die „beschleunigte Verwitterung“ (TR 12/2020, S.26) und die „In-Situ-Mineralisierung“. Das Potenzial beider Verfahren ist hoch, allerdings sind noch diverse technische Fragen offen.

Beim In-Situ-Mineralisierungsverfahren soll das etwa per Direktluftabscheidung (DAC, Seite 38) eingefangene Kohlendioxid zumeist unterirdisch verpresst werden, um es dauerhaft aus der Atmosphäre herauszuhalten. Bislang galten für die unterirdische Speicherung des Gases vor allem wasserführende Schichten im Sandstein als vielversprechend – zum Beispiel unter der Nordsee. Allerdings wird CO₂ dort nicht gebunden, kann also theoretisch auch wieder austreten, wenn das Deckgestein undicht wird.

Weltweit arbeiten Forschungsgruppen und Unternehmen daher daran, CO₂ in den unterirdischen Speichern in Mineralien umzuwandeln, die dauerhaft im Untergrund bleiben. Eines der international führenden Unternehmen auf diesem Gebiet, das isländische Start-up CarbFix, arbeitet bereits seit 2012 an ersten Feldversuchen dazu.

Die Idee: Das CO₂ wird mit Wasser vermischt und kontinuierlich in Gestein gepresst. Als besonders vielversprechend für die geologische CO₂-Speicherung gelten vulkanische, basische Gesteine. Sie enthalten viele metallische Salze. Die saure, CO₂-reiche Lösung löst diese Metalle aus dem Gestein, wo sie mit der CO₂-Lösung zu Karbonatmineralen, Kalzit, Dolomit oder Ankerit, reagieren. Am ersten Teststandort Hellisheiði in Island, wo das Gestein zwischen 20 und 50 Grad Celsius warm ist, dauerte diese Mineralisierung rund zwei Jahre – dabei wurden insgesamt 230 Tonnen des Klimagases unterirdisch eingelagert. In einem zweiten, 2014 begonnenen Versuch in einem tieferen und damit heißeren Reservoir dauerte der Prozess nur wenige Monate.

Karbonate haben in der Regel ein größeres Volumen als ihre primären Ausgangsminerale. Darauf befürchteten die Forschenden zunächst, sie könnten das Gestein nach und nach für das CO₂ undurchlässig machen und den Mineralisierungsprozess dadurch stoppen. Tatsächlich scheint die Ablagerung der Karbonate jedoch zur Bildung zusätzlicher Risse zu führen, die die Durchlässigkeit erhöhen.



Das mineralisierte CO₂ in diesem Bohrkern ist in Form von hellen Einlagerungen zu erkennen. Climeworks will so in Island bis zu 4000 Tonnen des Klimagases pro Jahr aus der Luft fangen und unterirdisch einlagern.

Zerkleinert und auf Äcker oder Strände ausgebracht soll Gesteinspulver bis zu 10 Gigatonnen CO₂ pro Jahr binden.

„Allerdings“, schreibt das deutsche Wirtschaftsministerium in einem Evaluierungsbericht zum Kohlendioxid-Speichergesetz, „existieren auch noch einige Wissenslücken bezüglich der Eignung von basischen Vulkaniten als CO₂-Speicher. Zudem sind einige potenzielle Nachteile zu beachten.“

Zum einen sind die vulkanischen Gesteinsformationen nicht homogen. Die injizierte Lösung wird sich daher eher entlang von Strukturen bewegen, die durchlässiger für Wasser sind, – und könnte daher auch wieder nach oben gelangen. Zudem könnte es bei der Injektion eines CO₂-Wasser-Gemisches zur Korrosion von technischen Bauteilen, insbesondere am Bohrlochkopf, aber auch an Zementbefestigungen kommen.

Das größte Problem ist jedoch der große Wasser- und Energiebedarf der Technologie. „Bei der Planung von Speicherstandorten, bei denen diese Injektionsmethode angewandt werden soll, müssen die Kosten und die Verfügbarkeit großer Mengen Wasser und Energie im Vorfeld berücksichtigt werden“, schreibt das Wirtschaftsministerium.

TURBO-VERWITTERUNG

Die zweite Mineralisierungsstrategie setzt auf ein natürliches Einfangen aus der Atmosphäre, statt konzentriertes CO₂ aus technischer Luftschei-

Das größte Problem ist der große Wasser- und Energiebedarf der Technologie.

dung zu verwenden: die beschleunigte Verwitterung. Mit ihr soll der natürliche Verwitterungsprozess verkürzt werden, indem die aufnehmenden Gesteine zermahlen werden. Das vergrößert die Ober- und damit die Reaktionsfläche. Breitet man kleingemahnelenes, olivinhaltiges Silikatgestein großflächig aus – Olivin ist ein grünes Eisen-Magnesiumsilikat, das sehr häufig im oberen Erdmantel und in vulkanischen Schmelzen vorkommt –, verwittern die Körnchen in wenigen Jahren und ziehen dabei Gigatonnen CO_2 aus der Luft. Solche Gesteine sind etwa Dunit (mehr als 90 Prozent Olivine) oder Basalt (etwa 40 Prozent Olivine).

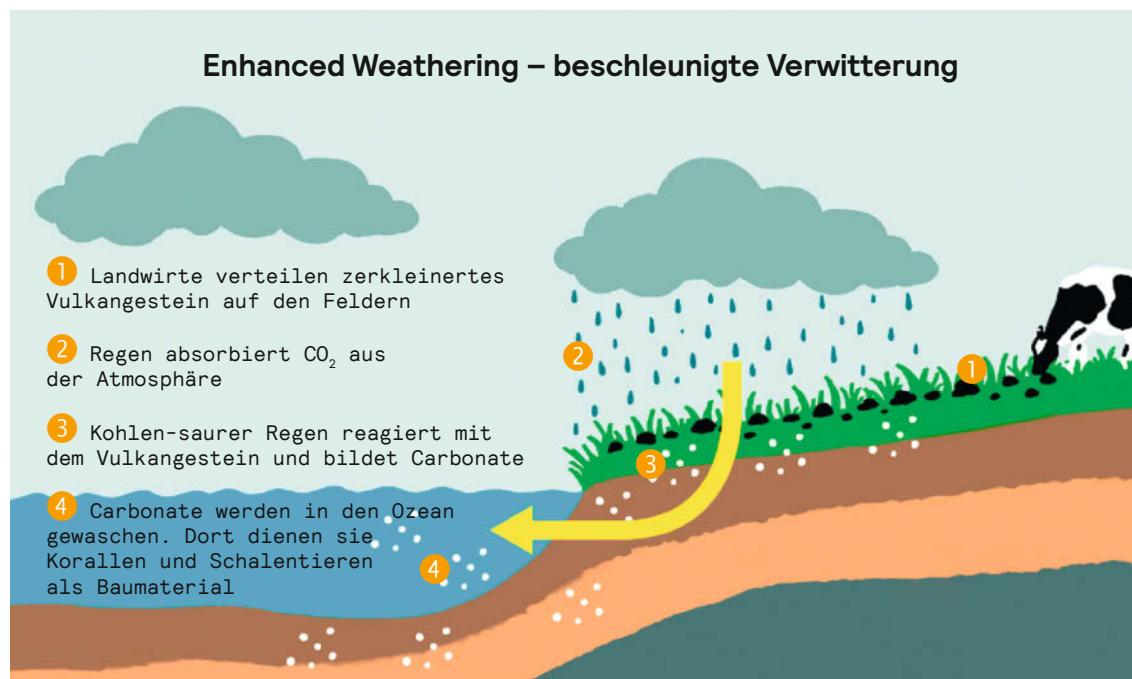
Bei der Verwitterung löst sich CO_2 zunächst in Regen- oder Bodenwasser.

Die entstehende Kohlensäure löst das olivinhaltige Gestein auf. Dabei entstehen positiv geladene Kationen wie Mg^{2+} und Ca^{2+} und negativ geladene Bikarbonat-Ionen (HCO_3^-). Letztere gelangen über Flüsse in die Ozeane. Hier dient das Bikarbonat dann etwa Korallen und Schalentieren als Baumaterial. Sinkt deren Gehäuse nach dem Tod der Tiere zum Meeresboden, wird es dort zu Kalk- und anderen Gesteinen, die das CO_2 länger als 100 000 Jahre geologisch einschließen.

Letztes Jahr hat die Welt insgesamt 37 Gigatonnen CO_2 ausgestoßen – Tendenz steigend. Die natürliche Verwitterung entzieht der Atmosphäre weltweit pro Jahr gerade mal eine Gigatonne. Zerkleinert und auf Ackerflächen oder Strän-

den ausgebracht soll Gesteinspulver dagegen bis zu zehn Gigatonnen pro Jahr binden.

Der größte Fokus liegt dabei auf dem Basaltpulver. Zwar ist seine maximale CO_2 -Bindekapazität mit 300 bis 400 Kilogramm CO_2 pro Tonne Gestein gegenüber der Kapazität von Dunit von etwa 800 bis 1000 Kilogramm eher gering. Um zehn Gigatonnen CO_2 zu entfernen, bräuchte es gemäß der Bindekapazität von Basalt 25 Gigatonnen des Gesteins. Doch dafür kommt Basalt viel häufiger und für die angestrebte Sequenziermenge in ausreichender Menge vor. Zudem enthält es auch weit weniger potenziell toxische Metalle wie Nickel und Chrom als Dunit.





Das Start-up Silicate Carbon verwendet gemahlenen Beton, um Kohlendioxid zu binden.



Mit sogenannten Lysimetern misst das Projekt Carbdowm die Bindewirkung von Gesteinspulver im Boden.

In den Boden gemischt steige das Bindepotenzial für CO₂ zudem noch weiter an, weil der Anteil des Gases dort, etwa durch Bakterien und Pflanzen, zehn- bis hundertmal höher liege als die weniger als ein Prozent in der Luft, sagt Ralf Steffens von der deutschen Carbon Drawdown Initiative. Basalt schade dem Boden und seinen Lebewesen bei guter Abstimmung nicht. Im Gegenteil, er biete mit Kalium, Eisen sowie Phosphor und essenziellen Mikronährstoffen sogar eingebauten Dünger. Dazu hebe er den pH-Wert von sauren Böden und könne so den Ernteertrag steigern.

DAS ÜBERWACHUNGSPROBLEM

Wie und wo aber misst man in einem Gebiet, wie viel Gestein aufgelöst wurde und wie viel CO₂ es dabei wie schnell aus der Luft gezogen hat? Genaue Nachweise funktionieren laut dem Geologen Thorben Amann von der Universität Hamburg nur in kontrollierten Labortests. In Freilandversuchen sei es dagegen für Forschende wie auch die mittlerweile zahlreichen Verwitterungs-Start-ups „wahnsinnig schwierig“.

Wer etwa in der Erde nach neu hinzugekommenen Kationen aus dem aufgelösten Basalt sucht, fahndet nach einem ziemlich schwachen Signal. Kat-

ionen erhöhen zwar die Leitfähigkeit des Bodens und den pH-Wert im Sickerwasser. Allerdings haben Böden viele sogenannte offene Stellen, an denen die Kationen vorübergehend andocken können. Wie lange es aber dauert, bis der Anteil, der nicht durch diverse Prozesse verloren geht, in den umliegenden Bächen und Flüssen ankommt – und damit auf dem Weg zur Mineralisierung im Meer ist –, hängt von vielen Faktoren ab.

Das CO₂-Bindepotenzial ist von Feld zu Feld unterschiedlich, sagt Mary Yap, Geschäftsführerin des US-Start-ups Lithos Carbon. Lithos berechnet mit einem biogeochemischen Modell die passenden Basaltmengen. „Jedes Feld hat einen Goldlöckchen-Bereich [der genau richtig ist, Anm. d. Red.]“, sagt Yap. Lithos untersucht die Basaltverwitterung auf mittlerweile 80 Farmen und speist sein Modell auch mit Daten aus Bodenbohrkernen – je einem pro Hektar (100 mal 100 Meter). Sie werden alle sechs Monate für eine spezielle Isotopenanalyse im Massenspektrometer entnommen. Damit lassen sich sehr kleine Molekülmengen identifizieren.

Als Maß für die CO₂-Bindung dient ihnen die Menge der Mg²⁺- und Ca²⁺-Kationen. Auf jedes Kation kommen zwei Bikarbonat-Ionen. Von der ermittelten Kationenmenge zieht das Start-up zwei

Prozent ab, so viel nehmen die Pflanzen auf einem Feld im Schnitt laut dem US-Landwirtschaftsministerium aus der Erde auf.

Wie schnell Kationen und Bikarbonat-Ionen durch den Boden wandern, bis sie schließlich ins nächste Gewässer gelangen, hängt stark von der Bodenchemie ab. Um schließlich zu berücksichtigen, welcher Anteil der Bikarbonate auf der Reise zum Meer wieder als CO₂ entweicht und damit für die geologische Speicherung verloren geht, trainiert Lithos sein Modell mit 1,8 Millionen Flusschemie-Datenpunkten der US-Behörde United States Geological Survey (USGS): Der CO₂-Verlust liege laut Yap bei zwei bis fünf Prozent.

Um die Landwirte zu überzeugen, im Dienst der Klimawandelbekämpfung und statt des üblichen Kalksteinpulvers – aus dem in sauren Böden CO₂ entweichen würde – Basaltpulver zum Entsäuern ihrer Böden auszubringen, stellt Lithos ihnen den Staub, den es als Abfall aus Basaltminen aufkauft, kostenlos zur Verfügung. Große Farmen sparen damit fünfstellige Summen pro Jahr für Kalk. Darüber hinaus zahlt Lithos den Landwirten eine Aufwandsentschädigung von 125 Dollar pro Hektar für die Lieferung weiterer Bodendaten, die sie im Zuge der Bewirtschaftung er-

„Enhanced Rock Weathering kann weltweit nur dann groß werden, wenn damit auch Geld verdient wird.“

heben. Das sind etwa Angaben zu Ernteerträgen und zur Einrichtung der Kontrollstreifen.

FINANZIELLE ANREIZE

All das finanziert Lithos über den Verkauf von Emissionszertifikaten an den im letzten Jahr aufgelegten Klimafonds Frontier. Hinter dem Fonds stehen Internetgrößen wie Alphabet und Meta, der Finanzdienstleister JPMorgan Chase & Co. und die Unternehmensberatung McKinsey, die bis 2030 die Hochskalierung vielversprechender CO₂-Entnahme-Technologien mit garantierten Vorabvergütungen im Gesamtwert von knapp einer Milliarde Dollar ankurbeln wollen. Dieses System ist als vorgezogene Marktverpflichtung (Advance Market Commitment, AMC) bekannt.

Auf ähnliche Weise operiert das deutsch-brasilianische Start-up InPlanet in Brasilien. Gesteinspulver als Dünger und Entsäuerungsmittel hat dort eine lange Tradition. Seit 2013 definiert ein Gesetz, welche Zusammensetzung und Korngröße landwirtschaftlich nützlich ist. Eine 2016 erlassene technische Norm erlaubt es Basaltminen, sich entsprechend zertifizieren

Die private Forschungsorganisation Vesta hat gemahnes Olivin an Stränden ausgebracht. Die Taucher prüfen, wie sich das langfristig auf marine Lebensformen auswirkt.



© Copyright by Heise Medien.

zu lassen. Die Zahl der zertifizierten Minen soll von derzeit etwa 30 bis auf 1000 im Jahr 2050 steigen.

„Einen Preiszettel kann man aber erst an dieses Produkt hängen, wenn man es einigermaßen genau quantifizieren kann“, sagt Co-Geschäftsführer Ralf Steffens. Der frühere Sondermaschinenbauer hat die GmbH 2020 gemeinsam mit Dirk Paessler gegründet, der zuvor mit einer Monitoringsoftware-Firma erfolgreich war. Um das Ziel besserer Verwitterungsbilanzen schneller zu erreichen, kooperiert das Unternehmen mit Forschungseinrichtungen für sein eigenes Project Carbdowm.

„Enhanced Rock Weathering kann weltweit nur dann groß werden, wenn damit auch Geld verdient wird“, sagt Steffens. Er ist überzeugt, dass sich die Methode nur dann großflächig durchsetzt, wenn – neben den richtigen politischen Rahmenbedingungen – keine teuren Laboruntersuchungen wie Massenspektrometrie zur Verwitterungsbilanzierung nötig sind.

Project Carbdowm versucht das Problem der kosten-günstigen Bilanzierung in Deutschland auf zwei Wegen zu lösen: einmal mit selbst gebauten Lysimetern in 300 Liter großen Behältern, die sie in den Boden eingraben. Darin messen Hunderte elektronisch vernetzte Sensoren alle 20 bis 60 Minuten Boden-, Sickerwasser- und Luftparameter. Zudem untersuchen sie alle vier Wochen dieses Sickerwasser. Dazu kartieren sie im Gewächshaus in Hunderten 12-Liter-Lysimetern auf 15 verschiedenen Böden die Wirkung von zehn Gesteinspulvern.

GRÜNE STRÄNDE UND BETON

Auch Gesteine mit hohem Olivingehalt wie Dunit gelten als wichtige Kandidaten für beschleunigte Verwitterungsprojekte. Um das vielberichtete Project Vesta der gleichnamigen Organisation ist es allerdings stiller geworden. Die angekündigten großen Feldexperimente an zwei benachbarten karibischen Buchten sind immer noch nicht angelaufen. Stattdessen hat Vesta im Juli letzten Jahres Olivin am North Sea Beach in Southampton, im US-Bundesstaat New York, ausgebracht. Fünf Prozent einer ohnehin geplanten Sandneuaufschüttung bestanden aus Olivin-Sand. Geprüft werden soll neben der Verwitterungsrate auch, dass der Olivineinsatz sicher für die Umwelt ist.

Mehrere Feldversuche mit relativ reinem Olivin weisen darauf hin, dass der hohe Nickelgehalt zumindest zum Teil weniger problematisch sein könnte als befürchtet. Wie Thorben

Amann mit einer deutsch-belgischen Forschergruppe herausfand, nehmen Weizen- und Gerstenpflanzen das Schwermetall ebenso wenig auf wie Chrom. Ähnlich vielversprechend verliefen Versuche von David Beerling von der University of Sheffield mit Zuckerrohr und Gerste und eine noch laufende Messung der Carbon Drawdown Initiative mit der Partnerfirma Fieldcode bei Baumwollpflanzen in Griechenland.

Das von Maurice Bryson gegründete irische Start-up Silicate Carbon setzt auf ein anderes reichlich vorhandenes Material: zurückgegebener Neubeton (returned concrete), der angerührt, aber dann doch nicht verbraucht wurde. Nach dem Aushärten wird er klein gemahlen und habe dann eine weit größere Auflösungsrate als die natürlichen Gesteine Basalt und Dunit. Anders als bei Beton aus Bauschutt müsse man sich auch keine Sorgen über unerwünschte Kontaminationen durch andere Gebäudebestandteile machen, sagt Frank McDermott vom University College Dublin, der Silicate wissenschaftlich berät.

Weil Betonpulver tausendmal so schnell verwittert wie die natürlichen Silikatgesteinspulver, sähe man auch schneller ein erhöhtes Bikarbonatsignal im Bodenwasser im Vergleich zu unbehandelten Kontrollfeldern. Ein weiterer Hinweis darauf,

dass das Bikarbonat tatsächlich aus der Betonverwitterung und nicht aus anderen Prozessen stammt, sei das Verhältnis zwischen Bikarbonat und den zweiwertigen Kationen im Boden. Denn ähnlich wie bei der reinen Gesteinsverwitterung entstehen bei der Betonverwitterung pro Kation, das in Beton meist Ca^{2+} ist, je zwei Bikarbonat-Ionen. Diese sind umso stabiler, je näher man den Boden-pH-Wert mit dem Verwitterungsdünger an den neutralen Wert 7 bringt. In übersäuerten Böden würde aus dem Bikarbonat wieder CO_2 zurück in die Luft entweichen und für die Mineralisierung verloren gehen.

Was die schnellere Verwitterungsrate für die CO_2 -Binderrate bedeutet, muss noch untersucht werden. Bisherige Messungen deuten bis jetzt auf etwa 100 Kilogramm CO_2 pro Tonne Betonpulver hin, doch McDermott ist zuversichtlich, dass sich diese Menge noch deutlich steigern lässt.

Fest steht: Ohne politische Maßgaben, die Kohlendioxid-Entsorgung ähnlich verpflichtend zu machen wie die Abwasserentsorgung, werden die Industrieprozesse weiterlaufen wie bisher. Wenn sich aber das Feld der beschleunigten Verwitterung als signifikante CO_2 -Senke bewährt und politisch gewollt zum finanziellen Anreiz wird, könnte dies ein wichtiger Teil des Klimaschutzportfolios werden. ●



Erfolg.Fördern.Berlin.

wachsen mit der IBB

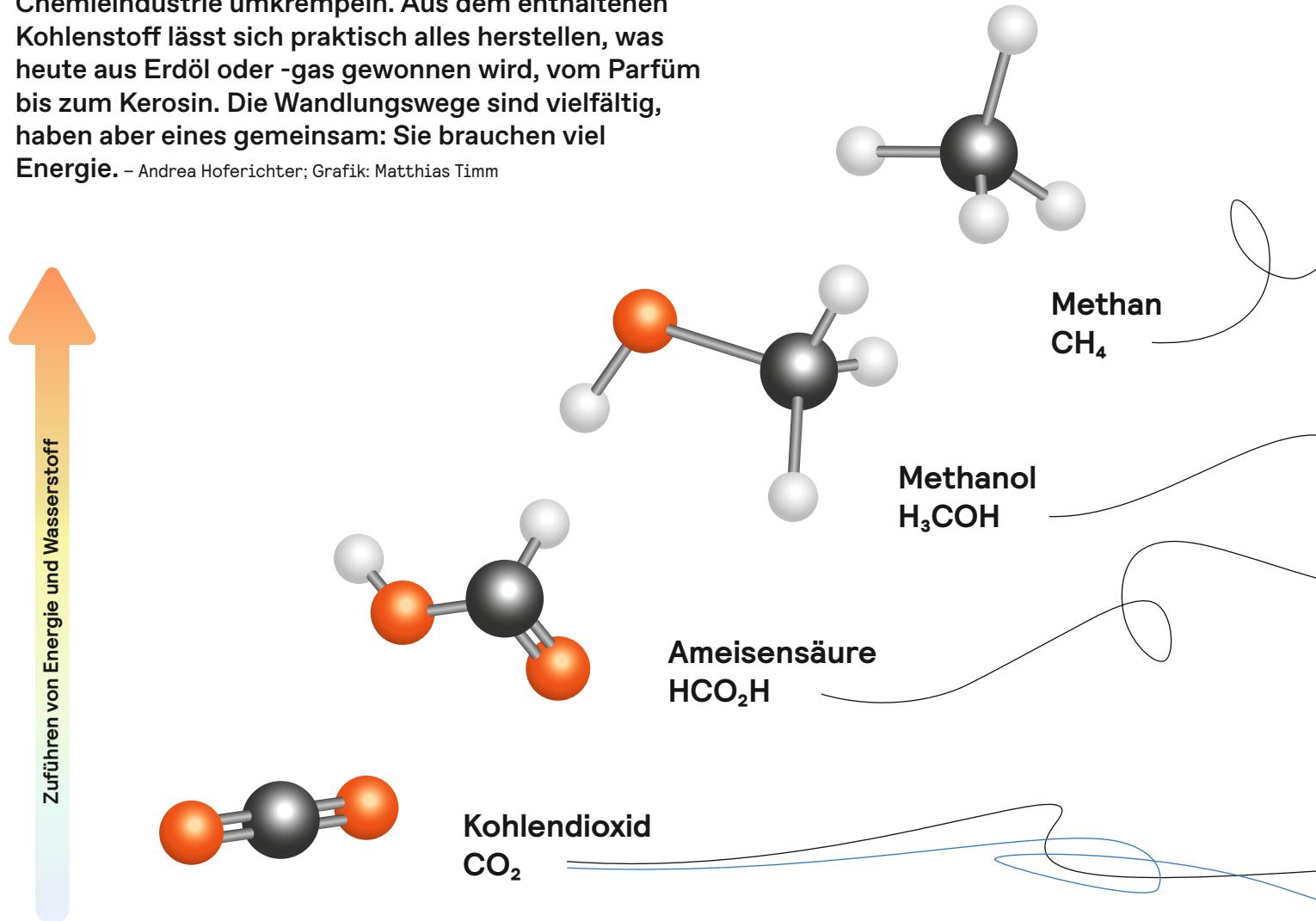
Wir haben die passende finanzielle Förderung, damit Dein Unternehmen wachsen kann. Kompetent, zuverlässig und mit dem Ziel, Dein Geschäft langfristig erfolgreich zu machen.

Hotline Wirtschaftsförderung: 030 / 2125-4747

ibb.de/wachsen

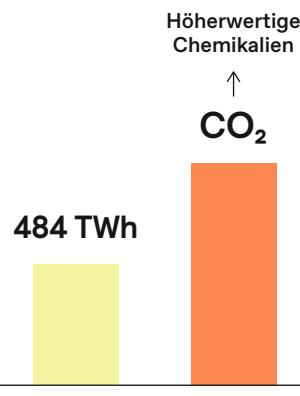
CO₂ als Rohstoff

Kohlendioxid soll als „grüne“ Ressource die Chemieindustrie umkrepeln. Aus dem enthaltenen Kohlenstoff lässt sich praktisch alles herstellen, was heute aus Erdöl oder -gas gewonnen wird, vom Parfüm bis zum Kerosin. Die Wandlungswege sind vielfältig, haben aber eines gemeinsam: Sie brauchen viel Energie. – Andrea Hoferichter; Grafik: Matthias Timm



1000 Terawattstunden

sind laut einer Faustformel des Umweltbundesamts nötig, um rund 100 Millionen Tonnen CO₂ in höherwertige Chemikalien umzuwandeln. Das ist etwa doppelt so viel wie der jährliche Stromverbrauch Deutschlands. Um alle CO₂-Emissionen des Landes zu kompensieren, wäre etwa sechsmal so viel Energie erforderlich.



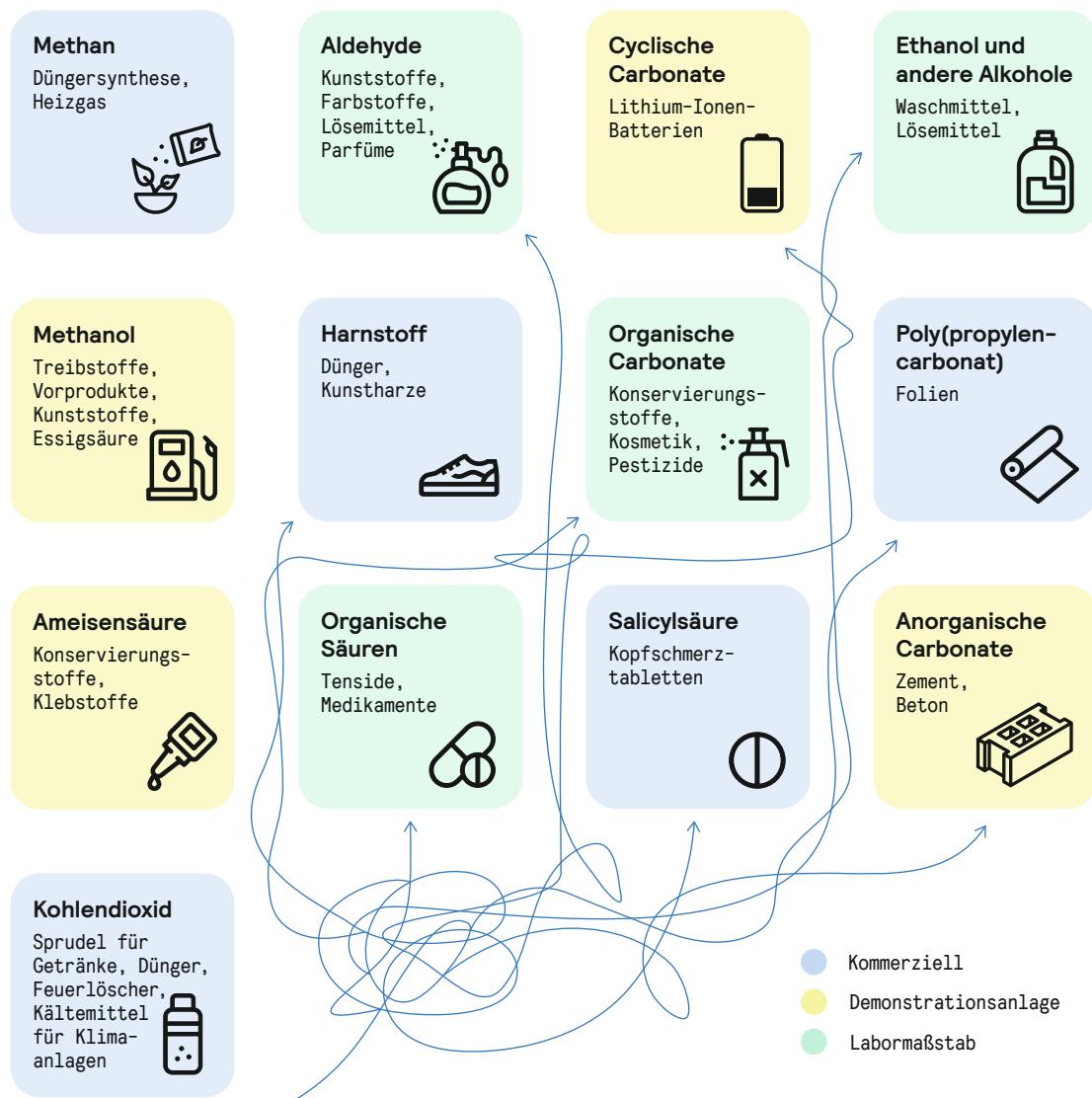
Die Doppelbindungen zwischen Kohlenstoff und Sauerstoff lassen sich bei circa 2500 Grad Celsius knacken. Niedrigere Temperaturen sind bei höheren Drücken möglich oder man nutzt elektrische Energie für eine Elektrolyse. Auch Mikroorganismen können CO₂ umwandeln. Eine Kombination der Verfahren ist möglich. Katalysatoren beschleunigen die Wandlung.

Power to Gas: Alte Idee neu aufgelegt

Metalle wie Nickel können die Vereinigung von Kohlendioxid mit Wasserstoff zu Methan erleichtern. Das fand der französische Chemiker Paul Sabatier schon 1902 heraus und wurde dafür mit dem Nobelpreis für Chemie ausgezeichnet.

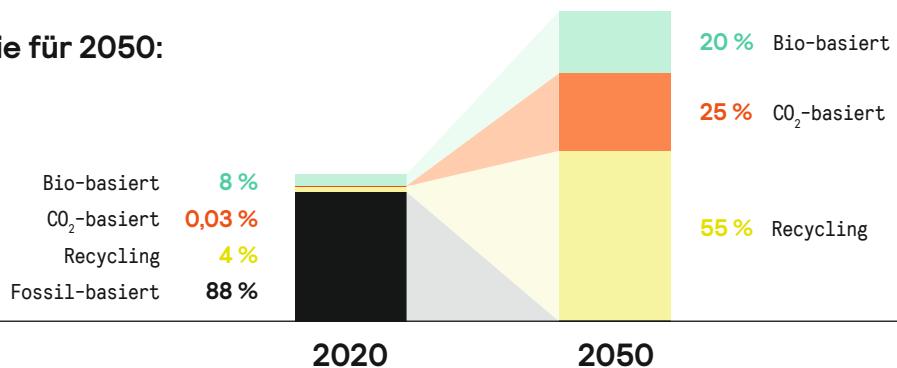


Andere Katalysatoren sind Halbleitermaterialien, etwa Titandioxid, und metallorganische Verbindungen. Enzyme, eine biologische Variante, gelten als besonders umweltfreundlich.



Der Plan der Chemieindustrie für 2050:

CO₂ soll zum Rohstoff für ein Viertel aller kohlenstoffbasierten Produkte weltweit werden. Aktuell beträgt der Anteil nicht einmal ein Tausendstel. Hinzu kommt: Der Bedarf für kohlenstoffhaltige Produkte wird sich verdoppeln, so die Industrieprognose.



CO₂-Abscheidungsanlage
von Climeworks im
schweizerischen Hinwil





Foto: Meinrad Schade / laif

CO₂ aus der Atmosphäre zu holen, ist technisch aufwendig, aber machbar. Unter welchen Bedingungen ist es sinnvoll? – Bernward Janzing

Als „CO₂-Staubsauger“ werden Anlagen, die Kohlendioxid einfangen, gerne bezeichnet. Das klingt griffig, führt aber in die Irre. Denn so einfach wie beim Haushaltsgerät ist die Sache nicht. So fehlt den Klimafiltern, um im Bild zu bleiben, ein einfach zu entsorgender Staubsaugerbeutel. Was also soll man mit dem gewonnenen CO₂ anstellen? Welchen Anteil davon kann man nutzen, und wie lässt sich der Rest so sicher einlagern, dass er nicht mehr in die Atmosphäre gelangt? Und eine weitere offene Frage ist: Lohnt sich das überhaupt? Ließen sich die gewaltigen Investitionen, die zur Abscheidung von CO₂ nötig sind, nicht anderswo sinnvoller einsetzen – etwa zum Ausbau der Erneuerbaren?

Die Antwort hängt entscheidend vom Energieverbrauch dieser sogenannten CCS-Verfahren ab (Carbon Capture and Storage). Traditionell wurde das CO₂ bisher vor allem dort abgefangen, wo es in hoher Konzentration vorliegt, beispielsweise im Abgas eines Kohlekraftwerks. Streng genommen handelt es sich dabei allerdings um eine Emissionsvermeidung – es wird maximal nur so viel abgefangen, wie bei der Verbrennung entsteht. Will man wirklich „negative“ Emissionen erreichen, muss man noch mehr Treibhausgas aus der Luft holen. Dies verspricht eine relative junge Spielart der CO₂-Abscheidung: Direct Air Capture (DAC), also die Gewinnung von Kohlendioxid direkt aus der Luft.

VON DER SCHWEIZ NACH ISLAND

Der bekannteste Akteur in diesem Genre ist – zumindest in Europa – die Schweizer Firma Climeworks, eine 2009 von der ETH Zürich ausgegründete Firma. 2017 nahm sie in der Gemeinde Hinwil im Kanton Zürich die nach eigenen Angaben weltweit erste kommerzielle DAC-Anlage in Betrieb, die das abgeschiedene CO₂ an Kunden verkaufte. Die Anlage filterte bislang jährlich einige Hundert Tonnen aus der Luft. Das Gas ging an eine nahe gelegene Gärtnerei, die damit das Gemüse in ihrem Gewächshaus düngte, und an Coca-Cola, das es seinem Sprudel zusetzte.

Mittlerweile ist die Pionieranlage stillgelegt. Man wollte sich auf die Skalierung des Verfahrens konzentrieren, heißt es seitens der Firma. Im September 2021 wurde daher in Island eine größere Anlage namens Orca mit einer Jahreskapazität von 4000 Tonnen in Betrieb genommen (siehe TR 3/2022, S. 62). Im Jahr darauf folgte der Spatenstich für die zweite isländische Anlage mit dem Namen Mammoth mit 36 000 Tonnen Jahreskapazität.

Alle Anlagen der Welt fangen nur so viel CO₂ ein, wie 1000 Deutsche verursachen.

Der Evaluierungsbericht der Bundesregierung zum Kohlendioxid-Speicherungsgesetz von Dezember 2022 berichtet sogar von aktuell 18 DAC-Anlagen weltweit. Deren gesamte Kapazität liege allerdings bisher bei nur rund 10 000 Tonnen CO₂ pro Jahr. Das entspricht lediglich dem jährlichen Ausstoß von etwa 1000 Durchschnittsbürgern in Deutschland. Es gebe aber Pläne für den Bau einer großen Anlage mit einer Kapazität von 0,5 bis 1 Million Tonnen in Schottland mit Technik der kanadischen Firma Carbon Engineering. Das Projekt trägt den Namen Dreamcatcher. Daneben sind noch die Firmen Global Thermostat (USA) und Soletair Power (Finnland) im Geschäft.

EINE FRAGE DER TEMPERATUR

Grundsätzlich bestehen alle diese Prozesse aus drei Schritten: Ansaugen der Luft, Binden des CO₂ an ein Sorptionsmittel und Reinigung des Sorptionsmittels. Anschließend kann der Zyklus von vorne beginnen.

Ganz grob lassen sich die bisherigen Methoden in zwei Gruppen einteilen: Niedertemperaturverfahren, die CO₂ an Feststoffe binden, sowie Hochtemperaturverfahren, die mit Flüssigkeiten arbeiten. Climeworks setzt auf die erste Variante. Das Unternehmen verwendet als Filtermaterial poröse Granulate, auf deren Oberfläche sich Aminverbindungen befinden. Diese adsorbieren das CO₂ beim Durchströmen. Das Adsorptionsmittel wird anschließend bei Temperaturen um 100 Grad im Vakuum regeneriert, wobei konzentriertes CO₂ freigesetzt wird und aufgefangen werden kann. Man spricht in diesem Fall von einer Temperaturwechsel-Adsorption in Kombination mit Druckwechsel-Adsorption. Das geringe Temperaturniveau dieses Verfahrens ermöglicht die Nutzung von Abwärme, etwa aus Elektrolyseuren oder anderen Industrieprozessen. Global Thermostat nutzt ein ähnliches Verfahren.

Auf flüssige Sorptionsmittel setzt unterdessen Carbon Engineering: Ange- saugte Luft strömt hierbei über Kalilauge, welche die CO₂-Moleküle bindet. Es bilden sich dabei Carbonatsalze. Bei einer Temperatur zwischen 800 und 900 Grad Celsius wird das CO₂ dann wieder aus der Lauge ausgetrieben. Weitere Prozesse konzentrieren, reinigen und komprimieren das Gas anschließend.

Beide Verfahren haben jeweils ihre Vor- und Nachteile. „Beim Hochtemperaturverfahren braucht man viel Wasser, etwa vier bis fünf Tonnen pro Tonne CO₂“, sagt Simon Block, Forscher am Wuppertal Institut. Das Wasser wird vor allem für die Kühlung benötigt. Beim Nieder-

temperaturverfahren hingegen gewinne man sogar Wasser, weil einige Adsorptionsmittel auch Feuchtigkeit aus der Luft binden, die dann als Kondenswasser anfällt. Je nach Weltregion kann der Wasserbedarf ein entscheidendes Kriterium sein.

Ein weiterer Unterschied betrifft die Anlagengröße. Die Niedertemperaturverfahren lassen sich gut in modulärer Bauweise errichten und damit industriell produzieren. Typisch seien Module mit einer Kapazität von rund 80 Tonnen pro Jahr, sagt Forscher Block. Eine Skalierung der Anlagen erfolgt dann durch eine Vielzahl von Modulen, jeweils in der Größe von Hochseecontainern. Die Hoch-

Auf Island in der Orca-Anlage wird das CO₂ direkt in den Untergrund verpresst – und mineralisiert dort.



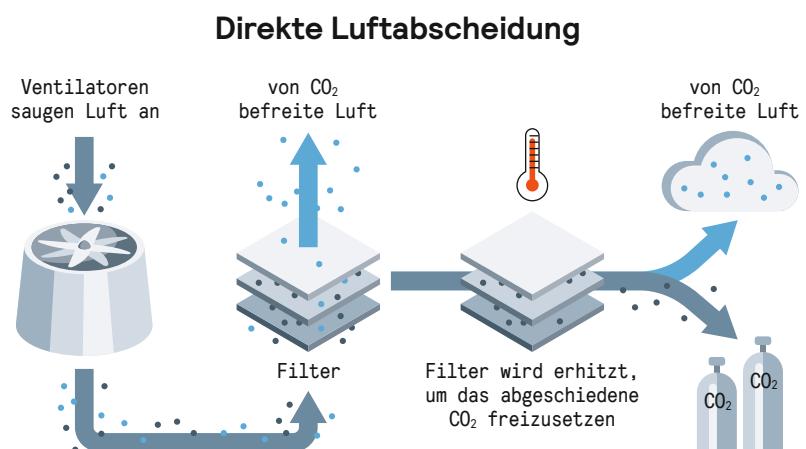
temperaturverfahren unterdessen sind nur in größeren Anlagen sinnvoll und können dann Mengen von 0,5 bis zu 1 Million Tonnen pro Jahr erreichen. Zur Einordnung: Deutschland emittiert am Tag etwa 1,8 Millionen Tonnen CO₂.

Ein entscheidender Faktor aller DAC-Anlagen ist ihr Energiebedarf. Pro Tonne CO₂ liege der Stromverbrauch des gesamten Prozesses, so eine Faustregel, bei etwa einer Megawattstunde, sagt Marc-Simon Löffler vom Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW). Hinzu kommen bei den meisten Verfahren etwa drei Megawattstunden an thermischer Energie. „Der Energieverbrauch und die Kosten pro Tonne CO₂ sind bei den verschiedenen Verfahren recht ähnlich“, so Löffler.

VERMEIDUNG BISHER WIRTSCHAFTLICHER

Damit lässt sich DAC nur in Ländern wirtschaftlich nutzen, in denen die Energie entsprechend günstig ist. Nähme man den durchschnittlichen Strompreis am Spotmarkt der deutschen Strombörsen von rund 10 Cent pro Kilowattstunde, würden für jede Tonne CO₂ alleine rund 100 Euro Stromkosten anfallen – zuzüglich Netznutzung und Wärme, sofern keine Abwärme genutzt werden kann. Die gesamten Kosten bezifferte das Institut für Mikroverfahrenstechnik am KIT in Karlsruhe 2020 auf 125 bis 800 Euro pro Tonne. Auch 2050 werde man noch mit einem Gesamtenergieverbrauch von 1,4 bis 2,5 Megawattstunden pro Tonne rechnen müssen, ergaben Recherchen des Instituts. Die erhofften Fortschritte ergeben sich durch effizientere Komponenten und optimierte Prozesse. Bis 2050 könnten die Gesamtkosten dann auf 42 bis 82 Euro je Tonne sinken – wenn dafür billiger Strom in ausreichenden Mengen vorhanden wäre.

Unterdessen geht auch die Entwicklung grundsätzlich neuer DAC-Verfahren weiter. Das 2020 gegründete israelische Unternehmen Repair Carbon will eine DAC-Technik entwickelt haben, die 70 Prozent weniger Energie verbraucht als jene von Climeworks. Unternehmen wie Shell und Equinor haben sich bereits an der Firma beteiligt. Die Anlage komme mit 650 Kilowattstunden Strom pro Tonne CO₂ aus, erklärt die Firma. Das Verfahren benötige keine zusätzliche Wärme.



Direct Air Capture funktioniert nur im Batch-Verfahren: Wenn die Filter mit CO₂ gefüllt sind, werden sie regeneriert.

Der Prozess ist von Brennstoffzellen inspiriert. Die Anlage besteht aus zwei identischen Elektroden – Kathode und Anode – getrennt durch eine selektive Membran. Im ersten Schritt wird Umgebungsluft in die Kathodenkammer gesaugt. Dort entstehen durch den Strom Hydroxid-Ionen (OH⁻), die mit den CO₂-Molekülen Bicarbonat-Ionen (HCO₃⁻) bilden. Allein diese Ionen können die selektive Membran zur Anode passieren, wo die Bindung wieder aufgebrochen und reines CO₂ frei wird. Solche Zellen liegen in der Anlage als Stapel vor, um die Kapazitäten zu erhöhen.

Der Baustoffproduzent Holcim hat an seinem Zementwerk im niedersächsischen Höver eine ähnliche Membran-anlage des britischen Unternehmens Cool Planet Technologies getestet – mit „guten Ergebnissen“, wie es heißt; eine Anschlussförderung durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz wurde im Juli bekannt gegeben.

Wissenschaftlich begleitet wird das Projekt vom Helmholtz-Zentrum Hereon in Geesthacht. Torsten Brinkmann, Verfahrenstechniker am Hereon, hebt als Vorteil der Membranverfahren einen geringeren Energieverbrauch hervor; ein Nachteil sei hingegen, dass das CO₂ nicht so rein sei wie etwa bei der Aminwäsche. Bevorzugter Einsatz der Membranverfahren seien ohnehin Gasströme mit hohem CO₂-Gehalt. Bei den atmosphärischen Konzentrationen funktioniere das nur mit Hilfsmitteln, wie etwa extremer Verdichtung.

Ob DAC energetisch sinnvoll ist, bemisst sich immer auch an den Alternativen: Jede Kilowattstunde Wind- oder Solarstrom, die unmittelbar eine Kilowattstunde Kohlestrom ersetzt, ist dort immer besser genutzt als zur Entfernung des entstandenen Treibhausgases. Deswegen werden DAC-Verfahren vor allem langfristig sinnvoll sein, wenn keine fossilen Energieträger mehr verbrannt werden.

Eine ähnliche Rechnung kann man auch aus wirtschaftlicher Sicht aufmachen. Denn CO₂ hat in der EU einen Preis, der sich aus dem Emissionshandel ergibt. In der europäischen Volkswirtschaft kostet es derzeit etwa 80 Euro, die Entstehung einer Tonne CO₂ zu vermeiden. Volkswirtschaftlich gesehen würde DAC also erst dann sinnvoll, wenn es die Emissionsrechte preislich unterbietet.

AUS DER LUFT ODER AUS DEM SCHORNSTEIN?

Außerdem stellt sich bei DAC stets die Frage, ob man das CO₂ nicht besser aus dem Abgasstrom von Verbrennungsanlagen abgreift, wo es in weitaus höheren Konzentrationen vorliegt als in der Atmosphäre mit einer Konzentration von 0,04 Prozent – und entsprechend einfacher gewonnen werden kann. Diese Verfahren arbeiten meist ähnlich wie DAC, wenn es sich um Post-Combustion-Prozesse handelt, also solche, die nach der Verbrennung ansetzen. Aber es gibt auch die Möglichkeit, Kohlenwasserstoffe wie

Gas oder Kohle mit reinem Sauerstoff zu verbrennen, womit man im Idealfall nur CO₂ und Wasser erhält (Oxyfuel-Verfahren).

Der Evaluierungsbericht der Bundesregierung kommt zwar zu dem Ergebnis, dass die Kosten für DAC meist „deutlich über denen einer CO₂-Abscheidung an Industrieanlagen“ liegen. Allerdings variierten die Kostenangaben „sehr stark je nach Verfahren und Randbedingungen“, räumt der Bericht zugleich ein. Ein wesentliches Argument, DAC trotzdem voranzutreiben, ist jedoch, dass die Abtrennung von CO₂ direkt an den Quellen langfristig nicht für den Klimaschutz reichen wird. Denn dies führt lediglich zur Vermeidung von Emissionen, nicht aber zu deren Rückholung.

Hinzu kommt: „Die Abtrennung von CO₂ aus fossilen Kraftwerken hat ein Ablaufdatum“, sagt Wissenschaftler Block vom Wuppertal Institut – nämlich dann, wenn es eines Tages, was ja das große Ziel ist, keine fossilen Kraftwerke mehr gibt. Dann blieben lediglich CO₂-Quellen wie Biogas, die Müllverbrennung oder die Zementproduktion übrig.

Das zweite Argument für DAC ist struktureller Art: Weil man für die Abscheidung viel Energie benötigt, muss diese erneuerbar sein. Solche Energie gibt es oft vor allem abseits der Industriezentren. Also kann es sinnvoller sein, die Abscheideanlagen bei den Energiequellen statt bei den CO₂-Quellen zu bauen.

WOHIN DAMIT?

Bleibt die Frage, wie und wo das abgeschiedene CO₂ deponiert werden soll – sofern der Kohlenstoff nicht genutzt wird, zum Beispiel zur Herstellung von Kohlenwasserstoffen in der Industrie (CCU). Aktuell ist die geologische Speicherung von CO₂ in Deutschland sowohl an Land als auch im Meer noch nicht zugelassen. Allerdings nimmt die Bereitschaft, auch in Deutschland CO₂ zu lagern, offenbar zu. Die Bundesregierung arbeitet an einer „Carbon Management-Strategie“, in der CCS und CCU untersucht und am Ende wohl zugelassen werden sollen. Ein Grund für die neue Stoßrichtung der Bundesregierung könnte auch in der Erkenntnis liegen, dass sie ihre großen Wasserstoffpläne nur mit dem sogenannten blauen Wasserstoff überhaupt erreichen kann; dieser wird aus Erdgas erzeugt, wobei das entstehende CO₂ dann auf irgendeine Art entsorgt oder verwendet werden muss.

Die Potenziale der heimischen Lagerstätten wurden bereits abgeschätzt. In Deutschland kommen nach Angaben der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) derzeit im Wesentlichen tiefe, Salzwasser führende Gesteinschichten, sogenannte salinare Aquifere, in Betracht – in Zukunft zudem erschöpfte Erdgaslagerstätten.

Die BGR schätzt die Speicherkapazitäten im Inland auf 6,3 bis 12,8 Milliarden Tonnen CO₂, davon entfallen 1,9 bis 4,5 Milliarden Tonnen auf die deut-

sche Nordsee. Bei den aktuellen Emissionen Deutschlands in Höhe von 650 Millionen Tonnen pro Jahr würde das geschätzte heimische Speicherpotenzial für den gesamten CO₂-Ausstoß zwischen 10 und 20 Jahren reichen.

Allerdings, schränkt die BGR ein, habe sie „keine Annahmen darüber getroffen, wie viele der bewerteten Speicherstrukturen letztendlich nutzbar sein werden“. Die Abschätzungen erfolgten „ohne Einbeziehung geotechnischer oder sozioökonomischer Kriterien“. Die zitierten Speicherkapazitäten seien somit nur „als theoretisches Speicherpotenzial zu verstehen“.

Aber die Analysen gehen bereits weiter: Im Rahmen des Verbundprojekts Geostor werde derzeit die CO₂-Speicherkapazität in der ausschließlichen Wirtschaftszone (AWZ) der deutschen Nordsee neu bewertet. Die Endergebnisse dieses Projekts sollen im Jahr 2024 vorliegen.

Relativ gut abschätzen lässt sich die CO₂-Speicherkapazität von Erdgaslagerstätten. Allein die 40 größten Erdgasfelder in Niedersachsen und Sachsen-Anhalt bringen es auf Raum für etwa 2,75 Milliarden Tonnen. Aus den betrachteten Erdgasfeldern wird allerdings derzeit größtenteils noch Gas gefördert.

Konflikte der CO₂-Endlagerung mit anderen Nutzungsoptionen des Untergrunds sieht die BGR unterdessen nur bedingt. Zum Beispiel seien bei der tiefen Geothermie „Konkurrenzsituationen denkbar“, weil sich die aussichtsreichen Gebiete teilweise überschneiden. Speicher für Erdgas und zukünftig Wasserstoff stünden hingegen nicht in Nutzungskonkurrenz, weil es dabei vor allem um Kavernen in Salzstöcken gehe, die für die dauerhafte Speicherung von CO₂ zu klein seien. Hindernisse könnten allerdings Naturschutzgebiete, eine dichte Bebauung oder Meereswindparks sein. Jedoch sieht das Umweltbundesamt durchaus auch Risiken durch eine geologische CO₂-Lagerung – etwa für das Grundwasser und für den Boden, vor allem bei Leckagen. Das freigesetzte CO₂ könnte dann auch Schadstoffe im Untergrund freisetzen.

Allerdings stellen sich bei der Lagerung von CO₂ im Untergrund durchaus auch noch andere – positive – Effekte ein: Je nach Standort kommt es in den Tiefenlagern zur Mineralisierung des CO₂ (siehe S. 30). In Wasser gelöstes CO₂ kann sich in Anwesenheit von Silikatgestein zu Karbonat umwandeln. Climeworks setzt in Island darauf. Das eingefangene CO₂ wird in die Poren von Gesteinsformationen zwischen 800 und 2500 Metern unter der Erde injiziert, wo es in weniger als zwei Jahren an das basaltische Vulkangestein bindet und somit dauerhaft gespeichert wird. Die natürliche Mineralisierung sei „ein Prozess, der seit Millionen von Jahren in der Natur abläuft“. Allerdings ist auch daran ein Haken: Die Mineralisierung erfolge, so Climeworks, in einem sehr langsamen Zeitrahmen, der nicht mit den vom Menschen verursachten Emissionsraten mithalten kann. ●

Mineralisierung läuft so langsam, dass sie mit den Emissionsraten nicht mithalten kann.

Abgase in die Pflanze



Kohlendioxid via Photosynthese in Böden, Wälder, Moore und Meere zu schleusen, ist die biologische Art des Klimaschutzes. Vieles ist damit möglich, jedoch nicht alles sinnvoll. – Andrea Hoferichter

„Hallo, wir ernten gerade Radieschen“, begrüßt mich der Biogärtner Daniel Fischer an einem sonnigen Herbsttag. Die Felder des Lindenhofes im niedersächsischen Eilum sind mit weißen Schutznetzen bedeckt. An den Rändern lugt braun-schwarze, krümelige Erde hervor. „Unser Ansatz ist, dass ein Boden voller Leben und voller organischer Substanz auch die Pflanzen optimal versorgt und auch dafür sorgt, dass weniger Krankheiten und Schädlinge auftreten. Daher versuchen wir, ein möglichst intaktes Bodenleben zu etablieren, zu erhalten, mit möglichst viel Humusgehalt.“

Mit diesem Ansatz wird der Gärtner auch zum Klimawirt. Denn er nutzt eine Art natürlichen Kohlendioxidausauger: Pflanzen angeln das kohlenstoffhaltige Gas aus der Luft und bauen es via Photosynthese in Wurzeln, Stängel, Zweige und Blätter ein. Eine Armada aus Mikroben, Springschwänzen, Hornmilben und Regenwürmern macht sich über die Pflanzenreste her und verwandelt sie in Humus. Im Idealfall speichert die nährstoffreiche Mischung einen Teil des Kohlenstoffs über mehr als 1000 Jahre.

Der naturbasierte Klimaschutz ist in den letzten Jahren auf der politischen Agenda weit nach oben geklettert. Das Bundesumweltministerium fördert ihn mit vier Milliarden Euro und eröffnete passend dazu kürzlich das Kompetenzzentrum Natürlicher Klimaschutz (KNK). Schließlich kann nicht nur über den Aufbau von Humus CO₂ aus der Atmosphäre entfernt werden, sondern auch, indem Bäume gepflanzt und Moore nass bewirtschaftet werden. Selbst Meere lassen sich aufforsten, mit Seegras, Mangroven oder Makroalgen. Das Interesse daran steigt auch in der Wirtschaft. Unternehmen kompensieren ihren Treibhausgasausstoß mit – zum Teil zweifelhaften – Zertifikaten und werben mit klimaneutralen Produkten (Seite 24). Und in renommierteren Fachmagazinen sind beeindruckende Zahlen zu lesen, wie eine menschengemachte Misere mithilfe der Natur gelöst werden könnte.

WÜNSCHE GRÖSSER ALS DER WALD

Allein über Aufforstungsprojekte, berichtete etwa ein Team der ETH Zürich vor drei Jahren im Fachblatt *Science*, ließen sich etwa 45 Prozent der jährlichen menschengemachten CO₂-Emissionen aus der Atmosphäre entfernen. Dabei waren die Autoren schon nach Kritik von Fachkollegen zurückgerudert. In einer ersten Fassung war noch von zwei Dritteln des Ausstoßes die Rede. „Das Potenzial wird dennoch überschätzt“, kommentiert der Waldexperte Marcus Lindner vom European Forest Institute in Bonn. „Die ETH-Studie hat die größten Potenziale in Russland ausgewiesen. Jetzt haben aber genau in diesen Regionen in den letzten Jahren vermehrt Wälder gebrannt. Und das sind abgelegene Gebiete, wo ein geregeltes Störungsmanagement, das Waldbrände unterdrückt, praktisch nicht umsetzbar ist.“ Und weil dort in der Regel kein Raucher oder Camper die Ursache sei, sondern etwa ein Blitz-

schlag, werde man solche Brände auch in Zukunft nicht verhindern können.

Auch aus dem waldreichen Kanada, wo in diesem Jahr ebenfalls Feuer wüteten, kommen ernüchternde Nachrichten. Mit Kanadas Wäldern als Kohlenstoffsenke könne man schlicht nicht mehr rechnen, sagte der kanadische Ministerpräsident Justin Trudeau kürzlich dem *Guardian*. „Noch nie zuvor hat es solche CO₂-Emissionen aus den Waldbereichen gegeben. Das ist komplett umgekippt. Wir sind in der Normalität der Klimakrise angekommen“, sagt Lindner. Die Waldflächen schrumpfen zusätzlich durch Abholzen, Krankheiten und Schädlinge. Laut einer Studie der Initiative Global Forest Watch verschwand allein in den Tropen im Jahr 2022 jede Minute eine Fläche, die elf Fußballfeldern entspricht – insgesamt 4,1 Millionen Hektar.

„Die schnellste Art des Klimaschutzes wäre, die Verluste zu stoppen“, betont Lindner. Aufforstungsprojekte könnten sie auch nur zu einem kleinen Teil wieder ausgleichen. Dennoch sei es sinnvoll, neue Wälder zu pflanzen, vor allem in Regionen mit degradierten Landflächen, etwa in Indien, Brasilien und Afrika, „vorausgesetzt, ich beziehe die Bevölkerung mit ein, zum Beispiel, indem sie das Holz selbst nutzen kann“. Nur dann werden sich die Menschen auch um die Bäume kümmern und dafür sorgen, dass diese auch zehn, zwanzig Jahre wachsen können. Bei Projekten in unseren Breitengraden, wo

„Das ist erst mal nur Klimaschutz im Sinne von: Vorher hatten wir viele Emissionen und jetzt haben wir etwas weniger Emissionen.“

Kleinbauerin Twinomujuni Jane Treasurer kümmert sich um junge Bäume eines Aufforstungsprojektes in Uganda. Nur wenn Menschen einen Nutzen – etwa Brennholzgewinnung – aus neu angelegten Wäldern ziehen können, kann nachhaltiges Aufforsten gelingen. Sonst sind die Pflanzen schnell wieder abgefressen oder vertrocknet.



große Anbauflächen fehlen, geht es vor allem darum, bestehende Wälder zu robusten Mischwäldern umzubauen, mit trockenresistenten Baumarten – und die Wildbestände zu reduzieren, „weil Rehe und Hirsche leider genau die Baumarten gerne fressen, die wir in Zukunft haben wollen, zum Beispiel Eichen, Buchen oder die Weißtanne, die als recht tolerant gegen Trockenheit gilt.“

Menschen hingegen dürfen und sollten laut Lindner sogar ran ans Holz. „Isoliert betrachtet, ist es für die CO₂-Bilanzen der Wälder zwar am besten, sie in Ruhe zu lassen und den Kohlenstoff im Wald zu akkumulieren. Aber das heißt eben auch, dass ich kein Holz mehr für Holzprodukte habe, die den Kohlenstoff als Baumaterial in Gebäuden über viele Jahrzehnte speichern und energieintensivere Materialien wie Stahl oder Beton ersetzen können“, gibt der Forscher zu bedenken. Ein Mosaik aus geschützten und verschiedenen intensiv bewirtschafteten Flächen wäre daher ideal.

Auch die Agroforstwirtschaft ist eine gute Idee für den Klimaschutz, wenn Baumreihen zur Kohlenstoffspeicherung auf Ackerflächen, Weiden, Wein- oder Baumwollplantagen gepflanzt werden. „Vor allem im globalen Süden und in mediterranen Regionen sehen wir viele solcher Landnutzungsbeispiele“, sagt Lindner. In Deutschland gibt es erste Pilotvorhaben.

CO₂ IN DEN BODEN

Agroforstprojekte haben zudem einen weiteren Vorteil: Laub und Totholz könnten zum Aufbau von Humus beitragen, der wie die Wälder ein potenter Kohlenstoffspeicher ist. Nicht umsonst schlug die französische Regierung 2015 bei der Weltklimakonferenz in Paris vor, den Aufbau von Humus als CO₂-Falle zu nutzen. Die Vier-Promille-Initiative wurde gegründet. Es hieß, alle menschengemachten CO₂-Emissionen könnten theo-

retisch ausgeglichen werden, wenn man den Humusgehalt des Bodens global um vier Promille im Jahr steigere.

Doch auch diese Zahl ist zu hoch angesetzt. Lediglich „ein Viertel, maximal ein Drittel“ der menschengemachten CO₂-Emissionen ließe sich durch Humusaufbau ausgleichen, vermutet Wulf Amelung, Wissenschaftler am Forschungszentrum Jülich und an der Universität Bonn sowie Co-Autor einer *Nature*-Studie zum Thema. Manche Böden seien mangels Infrastruktur nicht zugänglich. Zudem fehlten detaillierte Bodenkarten, um Farmer und politischen Entscheidern Prognosen zum Klimanutzen und zu Ertragssteigerungen zu ermöglichen.

Der Humusaufbau bietet sich vor allem dort an, wo fruchtbarer Boden verloren gegangen ist, durch Erosion oder weil Wälder abgeholt wurden. „Und dort, wo durch Kohlenstoffanreicherung auch höhere Ernten erzielt werden können. Denn das wäre ein gutes Argument für Farmer, sich zu kümmern“, betont Amelung. Etwa ein Drittel aller Böden weltweit seien degradiert. Das betreffe vor allem afrikanische Länder südlich der Sahara sowie Süd- und Westasien.

Auch in Europas Böden sei noch einiges möglich, sagt Axel Don vom Thünen-Institut in Braunschweig. Auf vielen Äckern schrumpfe der Kohlenstoffgehalt derzeit. „Zum Beispiel liegen viele Flächen im Herbst und Winter ohne Vegetation brach. Das können wir uns eigentlich nicht mehr leisten.“ Stattdessen könnten Zwischenfrüchte angebaut und deren Biomasse nach der Ernte in den Boden eingearbeitet werden. Der Humusgehalt lasse sich je nach Boden über mehrere Jahrzehnte steigern. Dabei helfen Pflanzen mit vielen tiefen Wurzeln, zum Beispiel Kleegras und Luzerne – und Windschutzhäckchen. „Bei der Umstellung von konventioneller Landwirtschaft auf Biolandwirtschaft lassen sich über den Humusaufbau im Schnitt zwei bis drei Tonnen Kohlenstoff pro Hektar speichern.

Baumreihen auf Felder zu pflanzen, hilft nicht nur beim CO₂-Fang. Agroforstprojekte unterstützen außerdem den Humusaufbau und bieten Lebensraum für Tiere.



Wo keine Pflanzen sind, kann auch nichts brennen. Schneisen im Wald helfen, die Ausbreitung von Bränden zu verhindern.



© Copyright by Heise Medien.

Bei Gehölzen sind es mit Humus und Biomasse zusammen gut 100 Tonnen“, berichtet Don. Weniger Bodenbearbeitung sei ebenfalls eine lohnende Maßnahme. Sie schützt die Tiere und Mikroben im Boden, die bei der Humusbildung kräftig mitarbeiten.

VERKOHLEN FÜRS KLIMA

Wie gut der Humusaufbau unter welchen Bedingungen gelingt, ist Gegenstand des Projekts HumusKlimaNetz des Thünen-Instituts mit 150 Landwirten, das vom Deutschen Bauernverband und vom Verband der Ökolandwirte BÖW koordiniert wird. In diesem Vorhaben werde auch der Einsatz von Biokohle getestet, berichtet Don. „Aus Klimaschutzsicht ist Pflanzenkohle wirklich interessant, weil sie sehr stabil ist und eine Möglichkeit bietet, langfristige Kohlenstoffspeicher aufzubauen. Dabei ist es egal, ob man sie in den Boden einbringt oder anders nutzt oder einlagert.“

Allein in Deutschland ließen sich jedes Jahr schätzungsweise fünf bis acht Millionen Tonnen Kohlendioxid in Form von Biokohle entschärfen. Als Bodenverbesserer – die Kohle speichert in ihren Poren unter anderem Wasser und Nährstoffe – wirkt sie vor allem auf degradierten Flächen. Auf den schon recht fruchtbaren deutschen Äckern konnten bisher kaum ertragsteigernde Effekte nachgewiesen werden.

Hergestellt wird die Pflanzenkohle in Pyrolyseöfen, wo Pflanzenmaterial unter Sauerstoffschluss einmalig auf mehrere hundert Grad Celsius erhitzt wird. Anschließend liefert der Prozess selbst genügend Wärme für das Verkohlen. Die nach eigenen Angaben bundesweit größte Anlage hat das Hamburger Start-up Novocarbo gerade in Betrieb genommen. Auch bei Thyssenkrupp in Lippstadt steht so ein pillenförmiger Pyrolyseofen aus Stahl. Gefüttert wird er mit geschredderten alten

Forschende nehmen Proben, um die Artenvielfalt im Moor zu prüfen. Nur intakte Moore taugen als Kohlenstoffspeicher.



© Copyright by Heise Medien.

„Ein Mosaik aus geschützten und bewirtschafteten Waldfächern wäre ideal.“

Holzkisten und Gehölzschnitt von Autobahnrandstreifen. Die Biokohle geht an Landwirte und mit der Abwärme heizt das Unternehmen seine Produktionshallen.

„Es müssen allerdings Reststoffe sein, die da verwertet werden, Stroh zum Beispiel oder Späne aus der Holzproduktion“, betont Axel Don. Eine Kaskadennutzung im Sinne einer Kreislaufwirtschaft sei das Gebot der Stunde. Pflanzen hingegen ausschließlich für die Pyrolyse oder zur Energieerzeugung anzubauen, die dabei entstehenden CO₂-Emissionen einzufangen und zu speichern (BECCS: Bioenergy with Carbon Capture and Storage), sei indes nicht nachhaltig. „Dann machen wir den gleichen Fehler wie beim Biogas“, betont Don. Infolge der Förderung wurden landwirtschaftliche Flächen für den Anbau von Energiepflanzen reserviert, für Monokulturen, die zudem nur unter hohen Pestizideinsätzen die gewünschten Erträge liefern.

KÜHLENDE SÜMPFE

Der natürliche Klimaschutz muss schlau umgesetzt werden. Das gilt nicht zuletzt für Moore, die ein mächtiger Kohlenstoffspeicher sind. „Moore machen nur drei Prozent der Landfläche aus und speichern dabei fast doppelt so viel Kohlenstoff wie die Bäume aller Wälder der Welt zusammen“, sagt Hans Joosten, Moorforscher, Autor im Weltklimarat IPCC und Mitglied des Lenkungsausschusses der internationalen Moorschutzorganisation der Vereinten Nationen. Allerdings haben nur nasse Moore diesen Speichereffekt.

In Mooren stecken etwa fünf Prozent fester Torf, der vor allem Humus und Pflanzenreste enthält und vom leicht sauren Moorwasser konserviert wird wie Gewürzgurken in Essig. Legt man Moore trocken, werden sie zu wahren Treibhausgasschleudern. Dann zersetzen Sauerstoff und Mikroben die über Jahrtausende gespeicherten Kohlenstoffverbindungen, wobei Unmengen CO₂ freiwerden. Nur 15 Prozent der weltweiten Moorflächen wurden bisher trockengelegt, aber sie tragen mit rund fünf Prozent zu den globalen Treibhausgasemissionen bei, mehr als der Flugverkehr.

Die entwässerten Moore verbergen sich unter Wiesen, auf denen Kühe grasen, unter Maisfeldern, Wäldern und, etwa in Indonesien, unter Ölpalmenplantagen. „Meine Leute haben mal ausgerechnet, dass pro Kilogramm Gouda 45 Kilogramm Kohlendioxid freigesetzt werden, wenn die Milch von Kühen auf Moorweiden stammt“, erzählt der Forscher. Ähnliches gilt auch

für den Abbau von Torf für die Anzucht von Pflanzen und Gemüse. „Es ist zurzeit nur wenig Gemüse zu kaufen, das nicht irgendwann mal mit Torf in Kontakt war“, sagt er. Deshalb seien selbst regionale Tomaten oder Gurken – und ganz gleich, ob bio oder nicht – oft klimaschädlicher, als man denke.

In der EU liegen nur drei Prozent der Landwirtschaftsflächen auf Mooren. Sie sind aber für 25 Prozent der Emissionen der Landwirtschaft verantwortlich. „Da sagen viele in der EU: Warum lassen wir diese drei Prozent nicht einfach absaugen? Für den Klimaschutz wäre das ein gutes Geschäft“, berichtet Joosten. „Und das ist es auch! Wir brauchen diese Flächen auch nicht für die Nahrungssicherheit. Sie sind ja nicht so groß. Das können wir schaffen.“

Je eher die Moore wieder vernässt werden, desto besser. Denn bis sie das Klima spürbar kühlen, kann es Jahrzehnte dauern. „Die gleichen Prozesse, die das organische Material konservieren, setzen in der ersten Zeit Methan frei, ein besonders starkes, wenn auch mit einer Verweilzeit in der Atmosphäre von zehn bis zwölf Jahren kurzlebiges Treibhausgas“, erklärt der Moorforscher. Der Effekt durch den Stopp der CO₂-Emissionen aus dem Moor werde dadurch zunächst ausgeglichen. „Das ist wie eine Blinddarmoperation. Man muss erst schneiden, macht es also kurzfristig schlimmer, um es am Ende besser zu haben.“

Technisch ist das Wiedervernässen der Moore einfacher: Aufhören, das Wasser abzupumpen, reicht in der Regel. Anschließend können Sumpfpflanzen wachsen und zusätzlich Kohlenstoff einlagern. Und die Flächen könnten auch weiter landwirtschaftlich genutzt werden – nur eben anders. „Denn natürlich kann ich im Wasser keine Kartoffeln anbauen, aber Schilf statt Mais zum Beispiel oder Rohrkolben, die einen Superdämmstoff für Gebäude abgeben, und statt Ölpalmen in Indonesien Sagopalmen oder Nussbäume“, erklärt Joosten. Auch Torfmoos steht auf der Liste dieser sogenannten Paludikulturen und könnte in Zukunft den klimaschädlichen Torfabbau überflüssig machen. Viele Landwirte seien aufgeschlossen, aber sie wollten Klarheit, berichtet der Wissenschaftler. Ausgleichszahlungen für die Betriebe und die Nachfrage in der Wirtschaft ankurbeln, wie es das Projekt toMOORow der Umweltstiftung Michael Otto und der Michael Succow Stiftung anstrebe, seien nun das Gebot der Stunde.

AUFFORSTEN IM TAUCHGANG

Immer wieder ist auch vom Aufforsten der Meere als Klimaschutzmaßnahme die Rede. Länder und Unternehmen, darunter Amazon, investieren Millionenbeträge. Schließlich können auch Mangrovenwälder, Seegraswiesen und Salzmarschen Kohlenstoff speichern. Taucher setzen die Pflanzen in den Meeresboden. In den USA-Registern zu den CO₂-Emissionsmärkten sind zurzeit 56 sogenannte „Blue Carbon“-Projekte registriert. 39 davon, alles Mangrovenprojekte, berichten bereits jährliche „Kredit-

volumina“, also die anrechenbaren CO₂-Mengen. „In Summe ergibt sich für diese fast 40 Projekte ein jährliches Kreditvolumen von 16,14 Millionen Tonnen CO₂“, sagt Wilfried Rickels vom Institut für Weltwirtschaft in Kiel. Das Potenzial sei eher klein, aber für die klimapolitischen Ziele auch nicht zu vernachlässigen.

Rickels koordiniert ein Forschungsprojekt, in dem Taucher Seegraswiesen in der Ostsee pflanzen. „Wir untersuchen gerade unter anderem, welche Pflanzabstände optimal sind.“ Ganz ohne Taucher ließe sich das Wachstum bestehender Seegraswiesen fördern – und die vielerorts zum Teil dramatischen Verluste bremsen. Das bedeutet vor allem für Binnenmeere wie die Ostsee, weniger Chemikalien und Dünger in die Gewässer zu entlassen und so die Mikroalgenbildung zu reduzieren. „Sinkt die Eutrophierung, erhöht sich die Lichtdurchlässigkeit und die Seegraswiesen würden sich von selber ausweiten“, so der Wissenschaftler.

Eine besondere Herausforderung der Blue-Carbon-Projekte ist, dass es sich bei den Küstenhabitaten um Open-Access-Gebiete handelt. „Das heißt, es gibt keine Eigentumsrechte und unterschiedliche Nutzergruppen, beispielsweise aus der Fischerei und aus dem Küstenschutz“, sagt Rickels. Es sei daher entscheidend, diese Gruppen einzubinden. Zum Beispiel wäre es denkbar, dass lokale Fischer als Stewards für die Pflege der neu angelegten Ökosysteme entlohnt werden. „Das wäre noch ein Zusatz-Benefit, denn die Blue-Carbon-Habitate bieten Lebensraum für die Fische und wirken sich positiv auf die Bestände aus.“

Wie Seegras können auch Makroalgen im Meer gelöstes Kohlendioxid angeln. Einer aktuellen Studie im Fachblatt *Nature Communications & Environment* zufolge wäre der Flächenbedarf allerdings enorm. Etwa eine Million Quadratkilometer wären nötig, um pro Jahr eine Milliarde Tonnen CO₂ aus der Atmosphäre zu holen – eine Fläche etwa dreimal so groß wie Deutschland. Kritiker warnen zudem vor den unbekannten ökologischen Nebenwirkungen eines Algen-Massenanbaus.

Welchen Beitrag der naturbasierte Klimaschutz am Ende leisten kann, bleibt abzuwarten. „Wir müssen in allen Bereichen erstmal die Humusverluste reduzieren und eine Nulllinie erreichen“, betont der Thünen-Forscher Axel Don. „So lange dürfen wir auch nicht von negativen Emissionen sprechen. Das ist erst mal nur Klimaschutz im Sinne von: Vorher hatten wir viele Emissionen und jetzt haben wir etwas weniger Emissionen.“

„Und die Frage ist nicht: Wer soll das bezahlen? Denn wir bezahlen es längst“, sagt Hans Joosten. Schon heute kosteten die Folgen des Klimawandels Deutschland jedes Jahr viele Milliarden Euro. „Wenn man zum Beispiel den Landwirten auf Mooren für jede Tonne CO₂, die sie einsparen, 150 Euro geben würde, dann würden sofort sehr viele mitmachen. Und das würde sich auch wirtschaftlich lohnen. Denn eines ist sicher: Wenn wir nichts machen, dann kostet es eine große Menge mehr.“ ●

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 modernsten 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.

BVIZ Innovationszentren setzen Trends



Wir suchen

Geschäftsführung (m/w/d)

in Vollzeit

Tätigkeitsbereich

- Leitung der Geschäftsstelle in Berlin
- Aktive Unterstützung der Mitglieder beim Aufbau, Betrieb und der Weiterentwicklung von Innovationszentren
- Betreuung und Akquise neuer Mitglieder
- Öffentlichkeitsarbeit, Organisation von Veranstaltungen (Jahrestagung, Arbeitsgruppen) zu ausgewählten Themen
- Interessensvertretung gegenüber Politik und Verwaltung, Verbänden und Öffentlichkeit
- Erstellung von Positionspapieren zu aktuellen und zukünftigen Themen

Qualifikation

- Abgeschlossenes Studium im Bereich Naturwissenschaften oder Betriebswirtschaft
- Erfahrung im Marketing und Projektmanagement
- Netzwerkprofi mit sehr guten Kommunikations- und Kooperationsfähigkeiten
- Leitungsposition von Interessenverbänden, Innovations-, Technologie- und Gründerzentren oder Erfahrungen im Gründer- oder Innovationsbereich, Erfahrungen im Umgang mit Politik von Vorteil
- Hohe Eigeninitiative, gute Englischkenntnisse, Reisebereitschaft (national und international)

Benefits

- Verantwortungsvolle Position mit viel Gestaltungsspielraum
- Abwechslungsreiche und zukunftsorientierte Arbeit im Umfeld von Gründungen und Innovationen
- Flexible Arbeitszeiten, attraktive Vergütung

Unterlagen und Gehaltswunsch per Mail an jobs@campusberlinbuch.de, in max. 2 PDF-Dateien (nicht größer als 5 MB), Rückfragen telefonisch unter 030 9489 2511

Bewerbungsschluss: 30. November 2023

Adresse: BVIZ, Charlottenstraße 65, 10117 Berlin, Information zum Datenschutz finden Sie unter

<https://www.innovationszentren.de/impressum-und-datenschutz/>

Die Daten werden 6 Monate nach Abschluss des Bewerbungsverfahrens gelöscht.

„Die Vergangenheit existiert genauso wie die Zukunft und die Gegenwart. Das nennt man Blockuniversum. Allerdings lässt sich keine von diesen Möglichkeiten mit unserer persönlichen Erfahrung in Einklang bringen.“

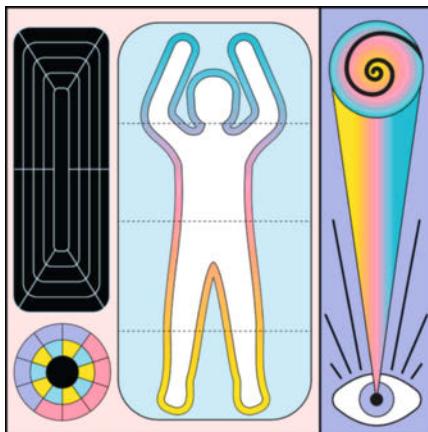
Susanne Hossenfelder über die Grenzen unseres Wissens (Seite 63)

Report

- 51 KOLUMNE • Die Zukunft ist nicht-binär
- 52 PRÄSENTATIONEN • 7000 Dias, 80 Projektoren
- 60 PHYSIK • Susanne Hossenfelder über Gott, Zeit und das Universum
- 64 BIOTECHNOLOGIE • Antikörper aus Viren statt Tieren
- 69 JUBILÄUM • 100 Jahre deutsches Radioprogramm
- 70 ELEKTROMOBILITÄT • Ein Ladestecker für alle E-Bikes
- 74 OPEN SOURCE • Offene Gratis-Software hat auch nach 40 Jahren noch Sprengkraft
- 78 KÜNSTLICHE INTELLIGENZ • Was kommt nach ChatGPT, Herr Suleyman?
- 82 ENERGIE • Wärme aus der Cloud
- 87 DÉJÀ-VU • Veränderte Bedingungen für synthetische Drogen
- 88 DATENBANKEN • Die Kartographin der Kirche

Die Zukunft ist nicht-binär

Ein bisschen mehr Feminismus und Analyse statt Geschwindigkeit könnten in eine freiere, selbstbestimmtere und gerechtere Digitalisierung führen. Sogar am Flughafen.



New York. Ich stehe am Flughafen. Genauer: in der Schlange vor dem Sicherheitscheck. Ich beobachte, wie sich die Menschen vor mir in den Bodyscanner stellen. Bei den meisten geht es ganz schnell, bei anderen schlägt die Maschine an. Ich muss an Sasha Constanza-Chock denken. Bei ihr schlägt die Maschine immer an. Sasha ist Aktivistin, Wissenschaftlerin. Sie ist nicht-binär trans*femme. Für die Maschine am Flughafen ist Sasha aber vor allem eines: eine Abweichung von der Norm. Bevor man in die Maschine tritt, muss das Sicherheitspersonal auf der anderen Seite das Geschlecht auswählen. Jeder Mensch, der aus der Norm fällt, wird als Sicherheitsrisiko gekennzeichnet und muss sich einem separaten Abtast-Check unterziehen. Als herabwürdigend bezeichnet Sasha dieses System. Zu Recht.

Diese Kolumne soll deshalb ein Plädoyer für Komplexität sein. Nur wenn wir Komplexität zulassen, können wir eine Digitalisierung gestalten, von der unsere Gesellschaft nachhaltig profitiert. Um Komplexität und Ungleichheit

zu begreifen, hilft ein intersektional feministischer Blick auf Digitalisierung. Feminismus ist mehr als Frauenrechte. Feminismus ist eine Bewegung, die verschiedene Formen der Unterdrückung versucht zu erkennen, zu verstehen und zu bekämpfen. Ein feministischer Blick fokussiert auf die Bedürfnisse von vulnerablen und marginalisierten Gruppen. Ich bin überzeugt: Hätte man den Bodyscanner mit diesen Prinzipien im Fokus entworfen, hätte man von vornherein ein System implementiert, dass der Vielfalt der Gesellschaft gerechter wird.

Seit 2009 werden Bodyscanner in den USA eingesetzt. Seitdem mussten sich Tausende trans* Personen wie Sasha diesem demütigenden Prozedere unterziehen. Wie belastend das für viele gewesen sein muss, kann man an einer Zahl ablesen: In den Jahren 2016 und 2019 bezogen sich fünf Prozent der Bürgerrechtsbeschwerden in den USA auf das Screening von trans* Personen an Flughäfen. Dabei ist nur ein Prozent der amerikanischen Bevölkerung trans*. Der öffentliche Druck hat dazu geführt, dass der amerikanische Kongress der Transportsicherheitsbehörde (TSA) 18,6 Millionen Dollar zur Verfügung stellt, um den Algorithmus für trans* und nicht-binäre Personen zu optimieren.

14 Jahren nach der Einführung wird das neue System nun überarbeitet. Eine lange Zeit. Dabei sprechen wir doch immer davon, dass der technische Fortschritt rasant ist. Doch was wir mit rasant wirklich meinen, ist, dass wir keine Zeit haben, innezuhalten und zu analysieren. Den Kollateralschaden, dass wir bei all der Geschwindigkeit bestehende Ungerechtigkeiten verfestigen, nehmen wir in Kauf. Die Macht derjenigen, die in die Norm fallen, wird gefestigt.

Aber auch trotz der Verbesserung gilt es, realistisch zu bleiben. Sie werden

die Transportsicherheitsbehörde nicht über Nacht verändern, und während an einer Stelle nachjustiert wird, wartet das nächste bedenkliche Tool schon auf den Roll-out: TSA-Beamt*innen testen seit Jahren eine Gesichtserkennungstechnologie, um das Gesicht einer Person automatisch mit ihrem Ausweis abgleichen zu können – trotz der Bedenken von trans* Personen und People of Color, dass die Technologie immer noch große Probleme mit rassistischen und geschlechtspezifischen Verzerrungen hat.

Ich höre schon die Argumente à la „Wo kommen wir denn hin, wenn wir anfangen, alle ‚Edgecases‘ zu berücksichtigen?“. Am Ende ist es immer auch die Frage, in welcher Welt wir leben wollen. In einer, in der wir uns in Richtung Gerechtigkeit, Selbstbestimmung und Freiheit für alle bewegen? Oder in einer Welt, in der der rasante Einsatz neuer Technologie zu einer tieferen gesellschaftlichen Spaltung beiträgt?

Ich komme schnell durch die Sicherheitskontrolle. Am Gate angekommen höre ich eine Durchsage, dass jetzt das biometrische Boarding startet. Uff.



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



7000 Dias, 80 Projektoren

Heute lösen Präsentationen meist einen Fluchtreflex aus. Bis zur Erfindung von Powerpoint waren sie jedoch millionenschwere Diashows und kunstvoll choreografierte Wunder der Technik. – Claire Evans (Übersetzung: Jo Schilling)

© Copyright by Heise Medien.



Wir schreiben das Jahr 1948, und es ist kein gutes Jahr für Alkohol. Die Prohibition ist vorbei, und Alkohol ist wieder frei verkäuflich. Das zeigt sich auch bei der jährlichen Verkaufsveranstaltung von Seagram, einer kanadischen Destillerie. Sie findet in elf Städten statt und soll den landesweiten Absatz ankurbeln. Dabei werden keine Kosten gescheut: Es wird ein zweistündiges, professionell inszeniertes Theaterstück über das Leben eines Whiskey-Verkäufers aufgeführt. Schöne Auslagen im Vorraum. Kostenlose Getränke. Aber der eigentliche Höhepunkt ist eine Diashow.

Das Seagram-Vitarama nur als Diashow zu bezeichnen, wäre allerdings eine Untertreibung. Das Projektionsverfahren ist ein Erlebnis: Hunderte von Bildern des Destilliervorgangs sind mit Musik unterlegt und werden auf fünf 12 mal 4,5 Meter große Leinwände projiziert. „Es besteht aus Bildern, ist aber nicht

statisch“, kommentiert ein begeisterter Zuschauer. „Die Gesamtwirkung ist großartig.“ Inspiriert von einer Eastman-Kodak-Ausstellung auf der Weltausstellung in New York von 1939 ist das Seagram-Vitarama die erste Audio/Video-Präsentation, die jemals bei einer Verkaufstagung gezeigt wurde. Es wird nicht die letzte sein.

In den späten 40er-Jahren war Multimedia noch eine Neuheit. Doch Anfang der 1960er-Jahre setzten fast alle Unternehmen, die über ein nationales Werbebudget verfügen, Multimedia-Geräte wie 16-Millimeter-, Dia-, Filmstreifen- und Overhead-Projektoren in ihrer Verkaufsschulung und -förderung, für die Öffentlichkeitsarbeit und als Teil ihrer internen Kommunikation ein. Viele beschäftigten interne A/V-Direktoren, die sowohl Showmaster als auch Techniker waren. Denn obwohl Präsentationen den Ruf haben, Mühe zu machen,

Zur Markteinführung des Saab 9000 CD im Jahr 1987 flimmerten vor 2500 Zuschauern 7000 Dias über eine acht Meter hohe Leinwand aus 80 Projektoren.

„Wenn man an all die Maschinen, Verbindungen und verschiedenen Teile denkt, ist es ein Wunder, dass diese Dinger überhaupt funktionierten.“

sind sie, wenn sie richtig gemacht werden, großes Theater. Die Geschäftswelt weiß das. Seit den Tagen des Vitarama haben Unternehmen die dramatische Kraft von Bildern genutzt, um der Welt ihre Ideen zu verkaufen.

OPERETTEN FÜR AUTOS

Das Geräusch der klackenden Dias ist ohrenbetäubend. Aber das macht nichts, denn der Champagner fließt in Strömen und die Musikanlage ist laut. Für die 2500 Würdenträger und VIPs im Publikum wird eine einstündige Operette über luxuriöses Reisen aufgeführt: Auf der Bühne tummeln sich ein riesiger Chor, die gesamte Stockholmer Philharmonie und etwa 50 Tänzer und Darsteller um ein Paar Saab-9000-CD-Limousinen. Atemberaubende Bilder von verchromten Details, Ledersitzen und freien Straßen tanzen über eine acht Meter hohe Leinwand hinter ihnen. Die Bilder hier sind alle analog: fast 7000 Dias, die sorgfältig in einem Raster von 80 Kodak-Projektoren angeordnet sind. Wir schreiben das Jahr 1987, und Diashows werden nie wieder so groß sein wie hier.

Vor Powerpoint und lange vor digitalen Projektoren waren 35-Millimeter-Dias der Renner. Größer, klarer und preiswerter in der Herstellung als 16-Millimeter-Film und farbiger und hochauflösender als Video, waren Dias das einzige Medium für die Art von eindrucksvollen Präsentationen, die CEOs und Führungskräfte bei jährlichen Versammlungen für Aktionäre, Mitarbeiter und Vertriebsmitarbeiter hielten. Diese in der Branche als „Multi-Image“-Shows bekannten Präsentationen erforderten eine kleine Armee von Produzenten, Fotografen und Mitarbeitern für die Live-Vorführung. Zunächst musste die gesamte Show geschrieben, ein Storyboard für sie erstellt und vertont werden. Bilder wurden aus Sammlungen ausgewählt, Fotoshootings arrangiert, Animationen und Spezialeffekte produziert. Mit weißen Handschuhen montierte und entstaubte ein Techniker jedes Dia, bevor er es in das Karussell legte. Tausende von Stichwörtern wurden in die Computer zur Steuerung der Show programmiert – und dann getestet und nochmals getestet. Denn Computer stürzen ab. Projektorlampen brennen durch. Dia-Rundmagazine klemmen.

„Wenn man an all die Maschinen, die Verbindungen und die verschiedenen Teile denkt, ist es ein Wunder, dass diese

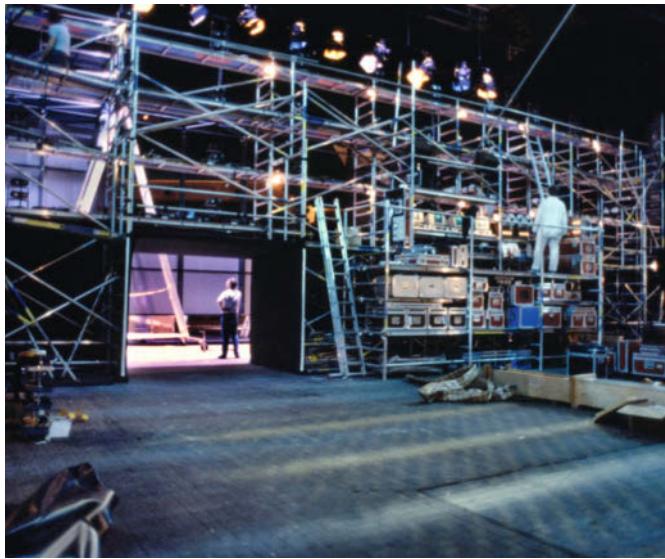
Dinger überhaupt funktionierten“, sagt Douglas Mesney, ein Werbefotograf, der zum Diaproduzenten wurde, und dessen Firma Incredible Slidemakers die Einführung des Saab mit 80 Projektoren produzierte. Heute ist er 77 Jahre alt und hat es sich zur Aufgabe gemacht, das inzwischen in Vergessenheit geratene Dia-Geschäft zu archivieren.

Mesney wechselte Anfang der 1970er-Jahre zur Produktion von Multibildshows, nachdem er auf der New York Boat Show 1972 auf eine beeindruckende Anlage mit sechs Bildschirmen gestoßen war. Er fotografierte damals für Penthouse und Autozeitschriften und schleppte gelegentlich einen oder zwei Kodak-Projektoren zu Besprechungen mit Werbekunden. „Plötzlich siehst du sechs Projektoren und was sie alles können, und denkst: Heiliger Strohsack“, erinnert er sich.

Sechs Projektoren waren nur der Anfang. Auf dem Höhepunkt seiner Karriere benötigte Mesney für seine Shows bis zu 100 Projektoren, die er in schwindelerregenden Gestellen miteinander verband. Mit mehreren Projektoren, die auf dieselbe Leinwand gerichtet waren, konnte er nahtlose Panoramen und komplexe Animationen erstellen. Das Risiko einer Katastrophe war immer hoch, doch wenn sie es schafften, verblüfften seine Shows das Publikum und ließen die Anzugträger in den Unternehmen wie Giganten aussehen. Zu Mesneys Kunden zählten IKEA, Saab, Kodak und Shell; er verfügte über Produktionsbudgets in Höhe von mehreren Hunderttausend Dollar.

In der Multi-Image-Branche war das billig. Größere A/V-Inszenierungsfirmen wie Carabiner International verlangten bis zu einer Million Dollar für die Inszenierung von Firmentreffen und peppten ihre generischen Multi-Image-„Module“ mit Laserlicht-Shows, Tanznummern und damaligen hochkarätigen Musikern wie Hall & Oates oder den Allman Brothers und sogar den Muppets auf. „Ich vergleiche es mit einem Leben als Rock'n'Roll-Roadie, aber ich bin nie im Tourbus mitgefahren“, erklärt Susan Buckland, eine Dia-Show-Programmiererin, die die meiste Zeit ihrer Karriere hinter dem Bildschirm bei Carabiner verbracht hat.

Von ihrer Gründung im Jahr 1976 bis Mitte der 1980er-Jahre wuchs die Association for Multi-Image, ein Berufsverband für Dia-Produzenten, von null auf 5000 Mitglieder. Auf ihrem Höhepunkt beschäftigte die Multi-Image-Branche etwa 20000 Menschen und unterstützte mehrere Festivals und vier



In manchen Shows wurden bis zu 100 Projektoren in gewagten Gestellen zu gigantischen Projektionswänden zusammenmontiert.



Jeder der Projektoren wurde über ein programmiertes Carousel mit Dias gefüttert, sodass aus statischen Bildern bewegte Shows werden konnten.

Mit Tausenden von Stichwörtern wurden die Computer programmiert, die die einzelnen Dias zu einer Show zusammenfügten.



Auf dem Höhepunkt seiner Karriere benötigte Mesney für seine Shows bis zu 100 Projektoren.



Douglas Mesney, ein ehemaliger Werbefotograf, produzierte Shows mit Produktionsbudgets von mehreren Hunderttausend Dollar für Kunden wie IKEA, Saab, Kodak und Shell.

verschiedene Fachzeitschriften. Eine dieser Zeitschriften verfasste 1980 ein strahlendes Porträt von Douglas Mesney; auf die Frage, wie er die Zukunft der Dias einschätzte, antwortete er: „Wir könnten ein Vermögen machen oder in einem Jahr aus dem Geschäft sein.“ Er hatte nicht unrecht.

Damals buhlten etwa 30 Hersteller von elektronischen Dia-Programmiergeräten um den Multi-Image-Dollar. Um der Nachfrage nach eindrucksvollen Shows zu begegnen, hatte sich die Technik schnell entwickelt: von manuellen Überblend-Geräten und einfachen Steuersystemen – die mit Lochstreifen und später mit Audiokassetten programmiert wurden – zu speziellen Diasteuerungscomputern wie dem AVL Eagle I, der 30 Projektoren gleichzeitig fahren konnte. Der Eagle, der mit Textverarbeitungs- und Buchhaltungssoftware ausgestattet war, war ein echter Geschäftscomputer – so sehr, dass Eagle, als es Anfang der 80er-Jahre von seiner Muttergesellschaft Audio Visual Labs abgespalten wurde, zu einem der vielversprechendsten Computer-Start-ups im Silicon Valley wurde. Eagle ging im Sommer 1983 an die Börse und machte seinen Präsidenten, Dennis R. Barnhart, sofort zum Multimillionär. Nur wenige Stunden nach dem Börsengang durchbrach Barnhart mit seinem brandneuen kirschroten Ferrari eine Leitplanke in der Nähe des Firmensitzes in Los Gatos, Kalifornien, überschlug sich in der Luft, stürzte in eine Schlucht und starb. Das Multi-Image-Geschäft sollte bald folgen.

Douglas Mesney sagt gerne: Wenn Sie noch nie eine Diashow gesehen haben, werden Sie es auch nie. Die Geräte, mit denen sie gezeigt wurden, sind auf dem Müll gelandet. Die Dias selbst wurden nur selten archiviert. Gelegentlich tauchen in einem Lagerraum ein paar Kisten mit einem alten Multi-Image-„Modul“ auf, und gelegentlich sind sie sogar unbeschädigt. Doch mit Ausnahme einiger weniger Hobbyisten und pensionierter Programmierer ist das Know-how zur Restaurierung und Inszenierung von Multi-Image-Diashows rar gesät. „Wir sind alle am Boden zerstört, weil keines der Module überlebt hat“, sagt Susan Buckland. „Im Grunde habe ich keine Vergangenheit, weil ich sie nicht erklären kann.“ Die ganze Industrie, die an einem unerwarteten Schnittpunkt zwischen analoger und Hightech-Kunst existierte, kam und verschwand in wenig mehr als 20 Jahren.

Präsentationen haben, ebenso wie Pornografie, die Technologie immer weiter vorangetrieben. In den Multi-Image-Zeiten haben Produzenten wie Mesney das Dia bis zum Äußersten ausgereizt und jedes verfügbare Werkzeug genutzt, um größere und kühnere Shows zu gestalten. Mesney behauptet, mit einer dreiminütigen Diashow mit 2400 Dias den Geschwindigkeitsrekord für eine Diapräsentation aufgestellt zu haben, aber selbst bei Höchstgeschwindigkeit sind Dias statisch. Die Computer, die sie steuerten, waren es jedoch nicht – und es dauerte nicht lange, bis sie sich über das Medium hi-



naus entwickelten. „Damals waren die Computer schnell genug, um den Dias zu sagen, was sie tun sollten, aber sie waren nicht schnell genug, um die Bilder selbst zu erzeugen“, erklärt Steven Michelsen, ein ehemaliger Dia-Programmierer, der in seiner Garage in Delaware alte Multibildshows restauriert. „Es dauerte weitere 10 bis 15 Jahre, bis man eine Show direkt vom Computer aus starten konnte und die Bilder auch wirklich sehenswert waren“, fügt er hinzu.

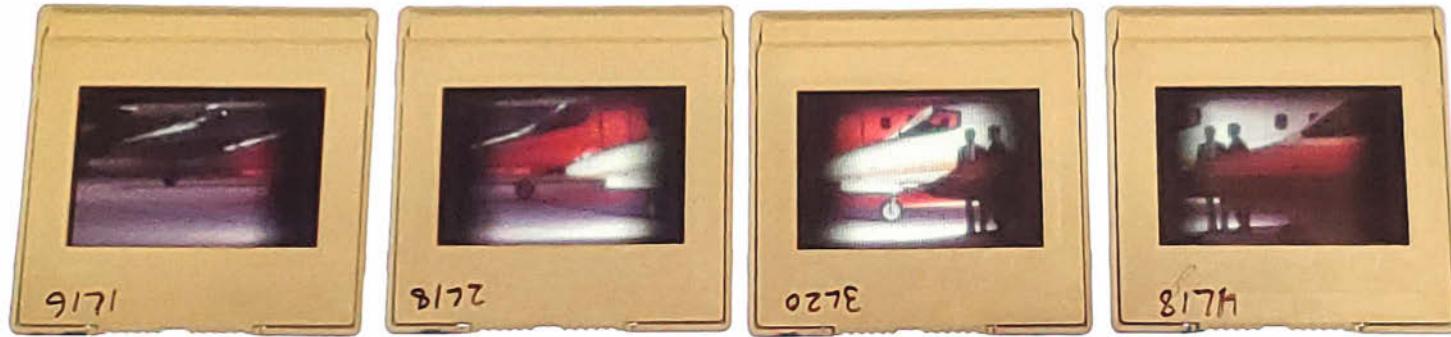
Der letzte Diaprojektor, der jemals hergestellt wurde, lief 2004 vom Fließband. Die Innenseite des Gehäuses wurde von Fabrikarbeitern und Kodak-Managern signiert, bevor das Gerät an das Smithsonian Institut – das größte Museum der Welt – übergeben wurde. Trinksprüche und Reden wurden gehalten, aber zu diesem Zeitpunkt waren es eher Lobreden, denn PowerPoint hatte die Welt bereits aufgefressen.

DIE ERFINDUNG VON POWERPOINT

Das Hotel Regina ist ein Wunderwerk des Jugendstils mit Blick auf den Pariser Tuiliengarten und den Louvre. Doch an diesem Tag im Jahr 1992 wurden seine Tagungsräume mit moderner Videotechnik nachgerüstet. Der Farbprojektor im hinteren Teil des Raums, so groß wie ein kleiner Kühlschrank, kostete über 100 000 Dollar und braucht eine Stunde zum Aufwärmen. Ein Team von Technikern hat den größten Teil der letzten

48 Stunden damit verbracht, sicherzustellen, dass nichts schiefgeht, wenn Robert Gaskins, der anspruchsvolle Architekt einer neuen Software namens PowerPoint 3.0, den Raum betritt. Er wird einen Laptop unter dem Arm tragen, und wenn er das Rednerpult erreicht, wird er ein Videokabel nehmen, es anschließen und zum ersten Mal etwas demonstrieren, das seither milliardenfach reproduziert wurde: eine Videopräsentation, die direkt von einem Laptop läuft, in voller Farbe. Das Publikum, bestehend aus Microsoft-Mitarbeitern aus ganz Europa, wird ausflippen. Sie „begriffen sofort, was die Zukunft für ihre eigenen Präsentationen bringen würde“, schrieb Gaskins später. „Es gab ohrenbetäubenden Applaus.“

Es ist heute schwer, sich ohrenbetäubenden Applaus für eine PowerPoint-Präsentation vorzustellen – fast so schwer, wie es ist, sich jemanden anderen als Bob Gaskins vorzustellen, der an diesem speziellen Rednerpult steht und das PowerPoint-Zeitalter einläutet. Präsentationen liegen ihm im Blut. Sein Vater leitete eine A/V-Firma, und die Familienurlaube beinhalteten in der Regel einen Ausflug zur Eastman Kodak-Fabrik. Während seines Studiums in Berkeley tüftelte er an maschineller Übersetzung und programmierte computergekennzeichnete Haiku – traditionelle japanische Kurzgedichte. Er floh ins Silicon Valley, um sein Glück zu finden, bevor er seine drei Promotionen in Englisch, Linguistik und Informatik abschließen konnte. Dennoch brachte er eine tiefe Wertschätzung für



die Geisteswissenschaften mit und besetzte sein Team mit gleichgesinnten Polyglotten, darunter eine unverhältnismäßig große Anzahl von Frauen in technischen Positionen. Da Gaskins dafür sorgte, dass seine Büros – damals die einzige Microsoft-Abteilung im Silicon Valley – eine museumswürdige Kunstsammlung beherbergten, verbrachten die Architekten von PowerPoint ihre Tage zwischen Werken von Frank Stella, Richard Diebenkorn und Robert Motherwell.

Gaskins' Aufschlag für PowerPoint aus dem Jahr 1984, den er als Vizepräsident für Produktentwicklung beim Start-up Forethought in Sunnyvale verfasste, ist ein Manifest in Aufzählungspunkten. Es skizziert die schlummernde, weitgehend verborgene 3,5-Milliarden-Dollar-Industrie für Geschäftspräsentationen und ihren enormen Bedarf an klaren, effektiven Folien. Es listet Technologietrends auf – Laserdrucker, Farbgrafiken, „WYSIWYG“-Software („What You See Is What You Get“) –, die auf einen aufstrebenden Markt für Desktop-Präsentationen hinweisen. Es ist ein durchweg erstaunlich vorausschauendes Dokument. Aber Gaskins hat nur einen einzigen Aufzählungspunkt kursiv gedruckt.

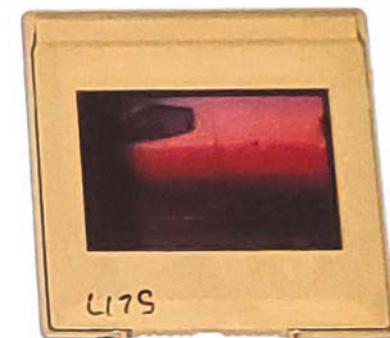
Vorteile für den Nutzer: Ermöglicht es dem Urheber des Inhalts, die Darstellung zu kontrollieren.

Dies ist die wichtigste Erkenntnis von Gaskins: Die Botschaft einer Präsentation wird unweigerlich verwässert, wenn ihre Produktion ausgelagert wird. In den frühen 80er-Jahren

meinte er das wörtlich. Die ersten beiden Versionen von PowerPoint wurden entwickelt, um Führungskräften zu helfen, ihre eigenen Overhead-Folien und 35-Millimeter-Dias zu produzieren, anstatt diese Aufgabe an ihre Sekretärinnen oder ein Dia-Büro abzugeben.

„In den 50er-, 60er- und frühen 70er-Jahren war der Informationsfluss eng“, erklärt Sandy Beetner, ehemalige CEO von Genographics, einem Unternehmen für Geschäftsgrafik, das mehrere Jahrzehnte lang Branchenführer für professionelle Präsentationsgrafiken war. Ihre Kunden waren in erster Linie Fortune-500-Unternehmen und Regierungsbehörden, die über die Ressourcen verfügten, farbige Diagramme, 3D-Renderings und andere High-Tech-Bilder auf diesen Dias zu erstellen. Alle anderen waren auf Acetat-Overheadfolien und Worte beschränkt. „Bevor es PowerPoint gab“, sagt sie, „kommunizierten die Leute in Schwarz-Weiß. Dadurch ging einfach so viel verloren.“

Beetner überwachte das nationale Netzwerk der Genographics-Servicebüros, die sich in jeder größeren amerikanischen Stadt befanden und 24 Stunden am Tag, 365 Tage im Jahr, mit Grafikern besetzt waren, die bereit waren, Dias zu produzieren, zu polieren und zu drucken. Das Unternehmen war so wichtig für die Präsentationskultur, dass Gaskins einen Vertrag aushandelte, um Genographics zum offiziellen 35-Millimeter-Diaproduktionsdienst für PowerPoint 2.0 zu machen; ein Menübefehl



Mit mehreren Projektoren, die auf dieselbe Leinwand gerichtet waren, konnten die Produzenten nahtlose Panoramen und komplexe Animationen erstellen, die alle auf Magnetband synchronisiert waren.

„Send to Genographics“ war bis 2003 in PowerPoint integriert. Etwa zur gleichen Zeit stellte Kodak die Produktion seiner Rundmagazine für großformatige Dias – die Carousel-Projektoren – ein.

Zehn Jahre zuvor, 1993, ging Gaskins bei Microsoft in den Ruhestand und zog nach London. Als er 2003 in die USA zurückkehrte, als Experte für antike Konzertinas – sechs- oder achtzellige Handzuginstrumente – war PowerPoint bereits zu einem Synonym für die verdummenden Unannehmlichkeiten des Büroalltags geworden: Der Statistiker Edward Tufte, bekannt für seine eleganten Monographien über Datenvisualisierung, machte bekanntlich eine miserable PowerPoint-Folie für die Katastrophe der Raumfähre Columbia im Jahr 2003 verantwortlich. Gaskins’ Software, so Tufte, produziere unbarmherzig sequenzielle, hierarchische, sloganartige, überbewertete Präsentationen voller „Diagrammschrott“, denen es an wirklicher Bedeutung fehle. Kein Wunder, dass die Softwarekonzerne sie liebten.

Robert Gaskins hat bemerkenswerte Sympathien für diese Ansichten, nicht zuletzt deshalb, weil Tuftes Mutter, die Renaissance-Expertin Virginia Tufte, ihn als Studenten an der Universität von Südkalifornien in der englischen Abteilung betreute. In

einer zum 20. Jahrestag der Einführung von PowerPoint verfassten Reflexion räumte Gaskins ein, dass „immer mehr geschäftliche und akademische Vorträge wie armselige Verkaufspräsentationen aussehen“, ein Phänomen, das er sowohl auf ein „massives Versagen des Geschmacks“ als auch auf PowerPoint selbst zurückführte, ein Werkzeug, das so mächtig sei, dass es alle vorher bestehenden Kontexte zum Einsturz bringe.

Nicht alles ist eine Verkaufspräsentation, und das sollte es auch nicht sein. Aber PowerPoint machte es leicht, informelle Gespräche mit Multimedia-Effekten zu versehen, und gab Laien die Möglichkeit, stilistische Entscheidungen zu treffen, die früher nur Profis vorbehalten waren. Um eine fröhliche PowerPoint-Werbung zu paraphrasieren: Jetzt machte die Person, die die Präsentation hielt, die Präsentation. Dass diese Leute darin nicht immer besonders gut waren, schien keine Rolle zu spielen.

Wichtig war, dass Präsentationen nicht mehr nur für Jahresendbesprechungen und große Ideen reserviert waren, die den Aufwand und die Kosten für die Erstellung von Farbfolien wert waren. „Die Skalierbarkeit der Informationen und des Publikums, die PowerPoint mitbrachte, war ziemlich unglaublich“, sagt Beetner, deren Unternehmen als Geist in der Maschine in Form von PowerPoint-Vorlagen und Clip-Art überlebt hat. „Es hat die Kanäle dramatisch geöffnet, und zwar ziemlich schnell. Es gibt keinen Schüler, der noch nie eine PowerPoint-Präsentation gesehen hat, egal auf welchem Niveau.“ In der Tat wird PowerPoint in religiösen Predigten verwendet, von Schulkindern, die Buchvorstellungen vorbereiten, bei Beerdigungen und Hochzeiten. Im Jahr 2010 gab Microsoft bekannt, dass PowerPoint auf mehr als einer Milliarde Computern weltweit installiert war.

In diesen Größenordnungen ist der Einfluss von PowerPoint darauf, wie die Welt kommuniziert, unmessbar. Aber etwas lässt sich messen: Microsoft wuchs um das Zehnfache während der Jahre, in denen Robert Gaskins den Geschäftsbereich Grafik leitete, und ist seitdem um das Fünfzehnfache gewachsen. Technologiekonzerne sind, wie PowerPoint selbst, explodiert. Das gilt auch für ihre großen Präsentationen, die nicht länger hinter verschlossenen Türen stattfinden. Sie sind jetzt halböffentliche Veranstaltungen, verfolgt – willentlich und enthusiastisch – von Verbrauchern auf der ganzen Welt. Niemand muss sich mehr Sorgen um klemmende Dia-Carousels machen, aber trotzdem geht immer wieder etwas schief, von fehlerhaften Tech-Demos bis hin zu schlecht durchdachter Theatralik.

Wenn alles funktioniert, kann eine gute Präsentation die Märkte ankurbeln und die Reputation stärken. Natürlich war diese besondere Entwicklung nicht ausschließlich Microsofts Werk. Denn die vielleicht denkwürdigste Unternehmenspräsentation aller Zeiten – Steve Jobs’ Ankündigung des iPhone auf der Macworld 2007 – war gar keine PowerPoint-Präsentation. Es war eine Keynote – das Apple-Pendant zu PowerPoint. ●

„Damals waren die Computer schnell genug, um den Dias zu sagen, was sie tun sollten, aber nicht, um die Bilder selbst zu erzeugen.“

„Sinn ist nichts, was man in der Physik suchen darf“

Forscherin und Youtuberin Sabine Hossenfelder über den Anfang des Universums, Zukunft und Vergangenheit, Kreationismus und die Grenzen unseres Wissens. – Interview: Wolfgang Stieler

Bisher gab es drei Versionen der Person Sabine Hossenfelder. Die erste ist eine theoretische Physikerin, die zu Kosmologie, dunkler Materie und Quantengravitation forscht. Die zweite beschreibt – und kritisiert – ihre Wissenschaft in Büchern wie *Das hässliche Universum*. Die dritte Sabine Hossenfelder ist eine erfolgreiche YouTuberin, die hoch abstrakte Themen wie Quantenmechanik „ohne Gobbledygook“ erklärt.

In ihrem neuesten Buch *Nichts als Atome* thematisiert Hossenfelder große, existentielle Fragen wie den Anfang und das Ende des Universums, die Frage nach einem „Schöpfer“ von allem und erklärt, warum unser Erleben von Zeit nur eine Illusion ist. Das folgende Interview ist also im wahrsten Sinne ein Gespräch über Gott und die Welt.

Frau Hossenfelder, sind Sie religiös?

Nein. Ich habe das mal versucht. Ich bin als Teenager in meine Kirche ge-

gangen. Aber irgendwie hat das nicht so geklappt.

Was heißt, das hat nicht geklappt?

Ich habe das einfach nicht verstanden. Wir sind hingegangen, da wurde gesungen, da wurde gespielt, da wurde gebastelt. Es gab so einen kleinen Tischfußball-Tisch. Und die Community war einfach sehr nett. Aber dieses ganze Gerede über Gott habe ich einfach nicht begriffen. Und ich verstehe bis heute nicht wirklich, wie Leute es schaffen, daran zu glauben.

Was hat Sie dann dazu veranlasst, so ein Buch zu schreiben?

Ich denke, es ist wichtig, dass wir klarmachen, wo die Wissenschaft aufhört und wo reine Spekulation anfängt – und wo es Fragen gibt, deren Antwort wir einfach nicht kennen. Und wir sollten nicht versuchen, das mit irgendwelchem mystischen Hokuspokus aufzufüllen. Ich

habe mit dem Buch versucht klarzumachen: Hier sind die Grenzen und ab hier wissen wir einfach nicht mehr weiter.

Aber gerade diese Grenzen der Wissenschaft sind im Moment ein heikles Thema. Nehmen wir den Klimawandel und den Slogan „Follow the Science“. Das suggeriert natürlich, dass die Wissenschaft klare Antworten hat.

Ich stimme Ihnen vollkommen zu. Ich empfinde es als großes Problem in der Berichterstattung über Klimawandel, dass diese Unsicherheit grundsätzlich heruntergespielt wird. Wenn es immer heißt, ja wir wissen, dass es so und so ist und gelegentlich ändert sich natürlich etwas, kommen die ganzen Klima-Leugner und sagen: „Hey, hey, hey, alles falsch, alles Quatsch! Haben wir doch schon immer gesagt.“

Die Vorhersagen vom IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change, Zwischenstaatlicher Ausschuss für Klima-



Die Physikerin Sabine Hossenfelder forscht zu Kosmologie und erklärt auf YouTube komplizierte Wissenschaft. In ihrem neuesten Buch wagt sie sich auch an existenzielle Fragen.

änderungen) zum Beispiel waren grundsätzlich sehr konservativ. Was man jetzt sieht, ist schlimmer, als sie vorausgesagt haben. Das ist nicht gut. Das hätte man vielleicht damals ein bisschen klarer darstellen sollen. Da wird aber nicht darüber geredet, weil man den Leuten nicht den Eindruck vermitteln will, dass es überhaupt irgendwelche Unklarheiten gibt. Ein Kollege von mir, Tim Palmer, Klimaphysiker in Oxford, hat ein schönes Buch darüber geschrieben: *The Primacy of Doubt*.

Ich glaube, dass Menschen Zweifel und Unsicherheit deswegen ganz schlecht aushalten können, weil sie evolutionär darauf getrimmt sind, überall nach Mustern und einem Sinn zu suchen. Glauben Sie, dass das Universum einen Sinn hat?

Erst einmal denke ich, dass Sinn und Bedeutung nichts ist, was man in der Physik suchen darf. Sinn und Bedeu-

tung sind das, was wir selbst kreieren. Wenn Sie fragen, ob das Universum einen Sinn hat, weil es speziell für uns gemacht ist, gibt es für mich keinen Grund zu denken, dass dem so ist. Es ist zweifelsohne so, dass wir in diesem Universum leben können. Sonst hätten wir diese Unterhaltung jetzt nicht. Aber die Entstehung von Leben wäre wahrscheinlich auch unter ganz anderen Umständen – in einem ganz anderen Universum – möglich.

Wie das?

Physiker reden in der Regel nicht gerne über Leben, weil das ein relativ vager Begriff ist. Aber was man mithilfe der Physik beantworten kann, ist die Frage, ob es eine Chemie geben könnte, die komplex genug ist, um große Moleküle zu bilden. Gibt es in diesem hypothetischen Universum Atomkerne mit Elektronenschalen? Und gibt es genug verschiedene Konfigurationen?

Man kann durchrechnen, für welche Art von Naturkonstanten das funktioniert. Und es gibt Physiker, die der Meinung sind, dass durchaus andere Kombinationen von Naturkonstanten möglich wären. Unser Universum ist in dem Sinne nicht besonders speziell.

Sie schreiben, wir hätten nicht genügend Informationen über den Beginn des Universums. Auch die aktuellen kosmologischen Theorien wären also auch nur „moderne Schöpfungsmythen“. Was meinen Sie damit?

Wir haben ein Standardmodell der Kosmologie, das Konkordanzmodell oder Lambda-CDM. Das beruht auf den Gleichungen der Allgemeinen Relativitätstheorie von Einstein und es enthält Parameter für dunkle Materie und dunkle Energie und so weiter. Dieses Modell können wir nehmen und die Gleichung rückwärts laufen lassen. Dann wissen wir, was ganz am Anfang passiert ist.

Allerdings brechen diese Gleichungen irgendwann einfach zusammen – sie funktionieren nicht mehr. Das ist in einem Bereich, wo die Quantenfluktuationen der Raumzeit wichtig werden. Das Problem ist, dass wir keine Theorie für die Quantengravitation haben. Und das ist das Ende der Geschichte. Wir wissen einfach nicht mehr.

An der Stelle kann man jetzt sagen, okay, dann hören wir da auf mit den Gleichungen und nehmen andere. Dann kann man beispielsweise statt dem Big Bang einen Big Bounce konstruieren, also annehmen, dass da vorher schon ein Universum war, das kollabiert, wieder expandiert und dann irgendwie wie unseres aussieht. Oder man kann einfach die Zeit abschneiden und sagen, davor existiert nur noch Raum. Oder es gibt es Leute, die sagen, das Universum ist eine Kollision von höherdimensionalen Membranen. Durch unsere Beobachtungen kann man diese Konstrukte nicht auseinanderhalten. Persönlich würde ich sagen, als Wissenschaftler nehmen wir halt einfach das einfachste Modell. Und das ist das Konkordanzmodell.

Aber irgendwas muss diese Entwicklung, dass das Universum sich ausdehnt, doch in Gang gesetzt haben, oder?

Ja. Aber erstmal formal: Wenn man in dem Konkordanzmodell lange genug in der Zeit zurückgeht, wird die Energiedichte der Materie unendlich groß und damit wird auch die Krümmung der Raumzeit unendlich groß. Und zwar bei endlicher Zeit. Das ist ganz wichtig. Das kann man ausrechnen. Das sind diese berühmten 13,7 Milliarden Jahre – das Alter des Universums.

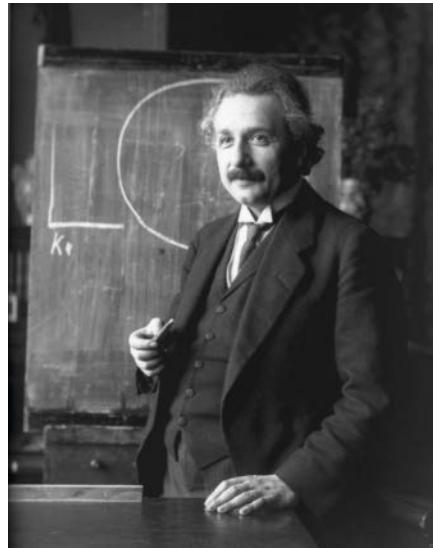
Aber das beruht alles auf der Annahme, dass diese Gleichungen gültig bleiben. Und das können wir nicht testen. In die Zeit, bevor der Cosmic Microwave Background entstanden ist, kann man nicht hineinsehen. Darüber haben wir keine Daten. Und dann kann man sagen, okay, wir vertrauen den Gleichungen trotzdem, weil wir keinen Grund haben anzunehmen, dass noch etwas anderes passiert.

Sie sagen auch, im Grunde sei die theoretische Möglichkeit, irgendein Schöpfergott habe die Erde vor 6000 Jahren so geschaffen, wie sie ist – mit allen Fossilien und so weiter –, wissenschaftlich nicht widerlegbar. Habe ich Sie da tatsächlich richtig verstanden?

Was ist, wenn wir die Gleichungen nur 6000 Jahre zurückrechnen, dann abschneiden und sagen, hier ist der Anfangszustand des Universums? Die Dinosaurierknochen waren schon alle da, die Evolution und Darwin brauchen wir nicht – Gott hat es so gemacht. Wissenschaftlich kann man nicht sagen, dass das falsch ist, denn man kann es nicht widerlegen. Aber es ist einfach nutzlos, denn damit kann man keine Vorhersagen treffen. Was haben wir also davon? Nichts.

„Physiker reden in der Regel nicht gerne über Leben, weil das ein relativ vager Begriff ist.“

Mit seiner Allgemeinen Relativitätstheorie legte Albert Einstein die Grundlagen der Kosmologie. Die Frage nach dem Ursprung des Universums lässt sich mit seinen Gleichungen allerdings nicht beantworten.



© Copyright by Heise Medien.

Das Gute an wissenschaftlichen Modellen wie dem Konkordanzmodell oder der Darwinschen Evolution ist, dass man daraus lernt. Wenn Sie zum Beispiel zurückgucken in die Vergangenheit des Universums: Man hat heißes Plasma, in dem gibt es Fluktuationen. Und aus diesen Fluktuationen werden Photonen abgestrahlt, die wir heute als kosmischen Mikrowellen-Hintergrund mit Radioteleskopen sehen können. Weil die Temperatur in diesem frühen Universum nicht überall genau gleich war, sind da kleine Schwankungen drin – die man jetzt messen kann.

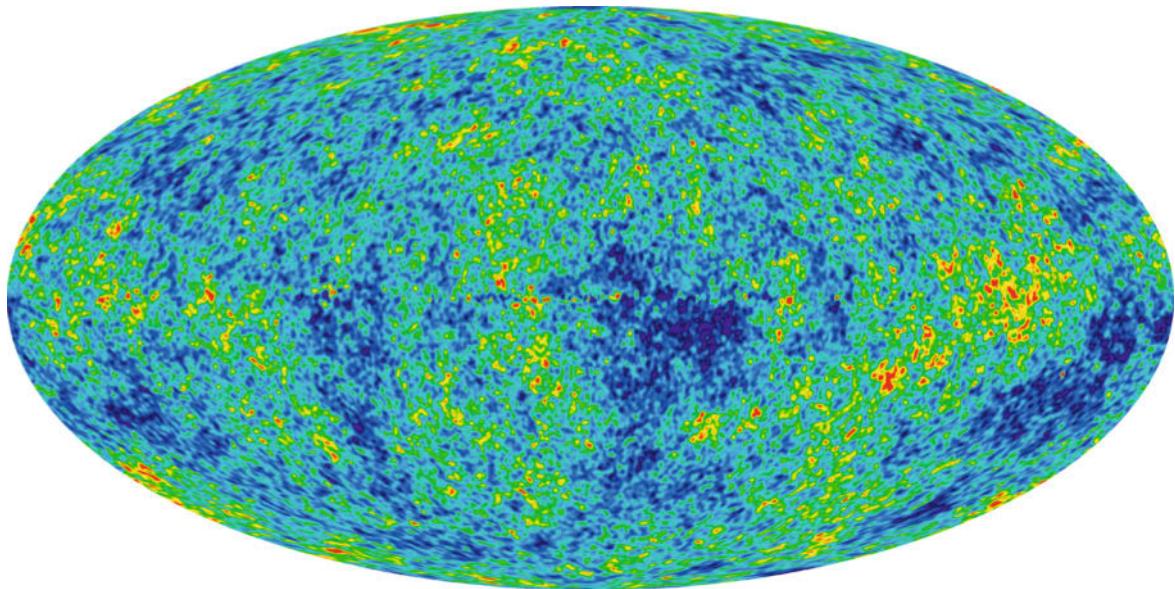
Dieselben Fluktuationen im Plasma sind gleichzeitig Dichteschwankungen in der Materie. Die fängt an zu klumpen, wenn sie abkühlt. Und daraus entstehen letzten Endes dann Galaxien. Diese beiden Faktoren müssen zusammenpassen, wenn dieses Modell richtig ist. Und das tun sie bei dem Konkordanzmodell. Kürzlich gab es ein sehr schönes Beispiel dafür, Forscher haben eine große Bubble of Galaxies gefunden.

Bleiben wir bei den Stichworten Vergangenheit und Zukunft. Sie schreiben, dass aus der speziellen Relativitätstheorie im Grunde folgt, dass die Idee, dass es eine Vergangenheit und eine Zukunft gibt, die wir noch gar nicht kennen, falsch ist. Vergangenheit und Zukunft existieren bereits. Das finde ich verstörend. Meine Mutter ist 2015 gestorben, das ist für mich ein Ereignis in der Vergangenheit, aber im Grunde genommen ist das eine Illusion?

Also erst mal muss ich darauf hinweisen, dass es hier um die Spezielle Relativitätstheorie geht. Nach der Speziellen Relativitätstheorie kam noch die Quantenmechanik. Die Quantenmechanik ändert diese Geschichte ein bisschen in dem Sinne, dass die Zukunft nicht komplett determiniert ist. Deshalb rede ich vor allen Dingen über die Vergangenheit.

Aber tatsächlich ist es so: In der Speziellen Relativitätstheorie kann man auf einer fundamentalen Ebene diesen Begriff des „Jetzt“ nicht definieren. Das geht nicht, weil diese Theorie auf der Idee der Beobachterunabhängigkeit aufbaut. Die Anschauung von jedem Beobachter ist gleichberechtigt. Und mit diesem Prinzip können Sie einfach keinen Moment des „Jetzt“ konstruieren, auf den sich alle Beobachter einigen können.

Wir sprechen im Alltag über die Existenz von Dingen, obwohl wir die nicht



Langzeitaufnahme des kosmischen Mikrowellen-Hintergrunds:
Die unterschiedlichen Farben verdeutlichen winzige Temperaturunterschiede.
Die Verteilung der Fluktuationen stimmt mit der Big-Bang-Theorie überein.

selbst sehen. Nehmen Sie zum Beispiel den Mond, den sehe ich jetzt gerade nicht, aber ich bin mir ziemlich sicher, dass er existiert. So benutzen wir das Wort Existenz. Und genau diese Verwendung des Begriffes ist mit der Speziellen Relativitätstheorie nicht vereinbar.

Wie kann man damit umgehen?

Es gibt zwei logische Möglichkeiten. Die eine ist: Ich nehme an, dass nur das, was jetzt und hier ist, wirklich existiert. Also meine Nase existiert, bei Ihrer bin ich mir schon nicht mehr so sicher. Die zweite Möglichkeit ist, dass ich sage: Alle Zeiten existieren auf dieselbe Art und Weise. Die Vergangenheit existiert genauso wie die Zukunft und die Gegenwart. Das nennt man Blockuniversum. Allerdings lässt sich keine von diesen Möglichkeiten mit unserer persönlichen Erfahrung in Einklang bringen. Die hat mit Physik nicht mehr so viel zu tun, das ist Biologie, Neurologie und so weiter.

Zu welcher Lösung tendieren Sie?

Ich tendiere zum Blockuniversum, weil das mit unserer Verwendung des Begriffes Existenz eher kompatibel ist. Lebt Ihre Mutter also mit Ihnen in diesem Moment? Ich würde sagen, nein. Aber es gibt keinen fundamentalen Unterschied zwischen diesem Moment, in dem wir

uns jetzt befinden, und irgendeinem Moment von vor zehn Jahren, als Ihre Mutter noch am Leben war.

Steht das nicht im Widerspruch zu dem, was wir als Kausalität kennen? Wenn dies passiert, dann folgt jenes. Wenn diese zeitliche Reihenfolge nur eine Illusion ist, ist Kausalität dann auch eine Illusion?

Nein, das sind zwei verschiedene Dinge. In der Speziellen Relativitätstheorie können Sie Beobachter austauschen, aber die zeitliche Reihenfolge bleibt. Es sei denn, Sie könnten schneller als mit Lichtgeschwindigkeit reisen – das hätte dann aber noch ganz andere Folgen – das lassen wir lieber mal weg. Wenn wir allerdings quantenmechanische Prozesse betrachten, kommt der fundamentale Zufall hinzu.

Was haben mikroskopische Quantenprozesse mit unserer makroskopischen Welt und dem Zufall zu tun?

In der Regel haben Quantenprozesse keine makroskopischen Konsequenzen, aber hier und da kann das tatsächlich mal passieren. Ein berühmtes Beispiel ist kosmische Strahlung. Kosmische Strahlung, sehr hochenergetisch, schlägt auf die Haut auf. Hier und da zerstört sie DNA und das kann zu Krebsge-

schwüren führen, an denen man sterben kann. Alles Quantenzufall.

Und das bedeutet, dass die Zukunft doch noch nicht vorbestimmt ist, wie es eigentlich aus der Speziellen Relativitätstheorie folgen müsste?

Wenn man die Quantenmechanik so ernst nimmt, ja, dann ist das so. Weil es gelegentlich zufällige Quantensprünge gibt.

Ist das, wenn man es zu Ende denkt, nicht ein ziemlich ernüchterndes Bild? Wir sind nichts als ein Haufen Atome plus ein wenig Quantenzufall?

In Summe sind wir Menschen von dem definiert, was wir sind, nämlich Materie, die in gewisser Art und Weise zusammenspielt. Wir sind aus Atomen gemacht, die bilden komplizierte Moleküle und machen Chemie. Und ja, das verstehen wir alles noch nicht so wirklich. Es gibt beispielsweise eine interessante Diskussion über die Frage, inwiefern Quanteneffekte für Bewusstsein eine Rolle spielen. Ich würde das nicht a priori komplett ausschließen.

Aber darum geht es eigentlich nicht. Es geht um diese Konfiguration, diese komplexe Zusammenarbeit verschiedener Teile. Das ist das Wichtige am Menschen. ●



Viren statt Tiere

Antikörper sind in der Medizin, der Diagnostik und der Forschung unverzichtbar. Doch für ihre Produktion müssen viele Tiere leiden. Ein Start-up stellt Alternativen mit Viren her. Die sind nicht nur vegan, sondern auch noch besser. – Andrea Hoferichter

Wenn beim Start-up Abcalis über Lars, Elsa, Robby und Flöckchen gesprochen wird, sind weder Kollegen noch Haustiere gemeint. „Wir haben mehr als ein Dutzend Kühlchränke und die Namen dienen vor allem der Zuordnung, wenn wir zum Beispiel Entnahmen in unserem Laborprogramm eintragen“, sagt die Geschäftsführerin Laila Al-Halabi-Frenzel. Eine sorgfältige Dokumentation ist Pflicht, schließlich lagert in den Kühlgeräten der Schatz des jungen Unternehmens: Milliarden Biomoleküle für die Antikörperproduktion, abgefüllt in Plastikröhren, die so klein sind wie Stiftkappen. „Daraus können wir praktisch beliebige Antikörper herstellen, ohne dass Tiere dafür leiden müssen“, betont Al-Halabi-Frenzel.

Antikörper sind überlebenswichtige Werkzeuge unseres Immunsystems. Sie erkennen Krankheitskeime und geben sie zur Vernichtung frei. Als Medikamente wirken sie gegen rheumatische Arthritis und manche Krebsarten. „Weniger bekannt ist, dass Antikörper massenweise in der biochemischen Forschung und in der Diagnostik genutzt werden“, erzählt Al-Halabi-Frenzel. Bestimmte Abschnitte der Antikörper passen wie Schlüssel in charakteristische Strukturen anderer Biomoleküle, in sogenannte Antigene, und können diese sichtbar machen, wenn sie mit Farbstoffen gekoppelt werden. Diese Antigene können Viren wie bei einem Coronaschnelltest sein oder Hormone für einen Schwangerschaftstest.

MENSCHENBLUT STATT TIERLEID

Allerdings haben die potenzen Proteine auch Schattenseiten, denn ihre Produktion ist oft mit Tierleid verbunden. „Viele Menschen sind erstaunt, wenn ich zum Beispiel berichte, dass für fast jeden Coronatest ein Tier leiden musste“, sagt Al-Halabi-Frenzel. Jedes Jahr werden allein in Europa Hunderttausende Tiere zur Ader gelassen. In Deutschland sind das vor allem Kaninchen, aber auch Mäuse, Alpakas und Pferde. Die Tiere werden mehrfach mit dem Ziel-Antigen geimpft, um eine Immunreaktion zu provozieren und die gewünschte Antikörperproduktion in Gang zu bringen. Dann wird ihnen Blut abgezapft und das Serum, das die gewünschten Eiweißstoffe enthält, wird abzentrifugiert.

Eine besonders grausame Methode gab für Stefan Dübel schon vor über 30 Jahren den Anstoß, an Alternativen zu arbeiten. Der Mitgründer des Start-ups und Professor für Biochemie an der TU Braunschweig lernte als Student in Praktika die damals übliche, und auch heute noch eingesetzte, Maus-Aszites-Methode (siehe Textkasten) kennen. Dabei wird die Antikörperproduktion in der Mäuse-Milz durch wuchernde Krebszellen (Hybridome) und die Gabe von Wachstumsbeschleunigern noch einmal extra angekurbelt.

„Der durch den Tumor aufgequollene Bauch war fast größer als die Maus selber“, erzählt er. „Da haben ein befreundeter Kollege und ich irgendwann

gesagt: Das geht so nicht. Da zapfen wir uns doch lieber selber das Blut ab.“ Schließlich enthält auch das menschliche Blut Antikörper, die sich nach dem Zufallsprinzip durch Mutationen bilden. „In unserem Blut schwimmen unzählige Antikörper, die noch nie einen Krankheitserreger gesehen haben. Und die wollten wir nutzbar machen“, so der Wissenschaftler.

Die beiden Biotechnologen sammelten Blutproben von etwa 100 freiwilligen Spendern aus allen Teilen der Welt, isolierten daraus die genetischen Antikörper-Baupläne und lagerten das Erbgutmaterial bei minus 80 Grad Celsius in einem Labor-Tiefkühlschrank. Mit gentechnischen Methoden kombinierten sie zudem Abschnitte verschiedener Baupläne miteinander. „Heute haben wir DNA-Bibliotheken mit mehr als zehn Milliarden menschlichen Antikörper-Bauplänen. Man muss nur noch den jeweils passenden heraussuchen.“

ANGELN NACH ANTIKÖRPERN

Das Verfahren, mit dem die Suche gelingt, heißt Phagen-Display. Die Protagonisten sind Viren mit besonderen Fähigkeiten, sogenannte Bakteriophagen, die ausschließlich Bakterien infizieren können. Sie helfen, die zehn Milliarden genetischen Baupläne aus der Antikörperfamilie in ebenso viele verschiedene Oberflächenstrukturen umzuwandeln. Den Bauplan behalten sie im Inneren, die Antikörperstruktur präsentieren sie an ihrer Oberfläche. „Der Kunde liefert uns ein Antigen und wir können

Auftauen ist oft der erste Schritt zur tierfreien Antikörperproduktion. Die Antikörper lagern in kältefesten Küvetten in Kühltruhen bei Temperaturen von minus 80 Grad Celsius.



„Unsere Antikörper sind immer exakt chemisch definiert. Sie lassen sich unbegrenzt reproduzieren.“

dann den passenden Phagen sozusagen herausangeln“, erklärt Laila Al-Halabi-Frenzel.

Dafür beschichten die Forschenden wahlweise winzige Mulden sogenannter Mikrotiterplatten mit der Antigenprobe oder tragen diese auf Metallkügelchen auf, die an einem Magnetzyylinder haften. Dann geben sie eine Phagen-Mischung aus dem Kühlschrank hinzu, die sämtliche Baupläne enthält, und lassen das Ganze mehrere Stunden lang maschinell durchröhren beziehungsweise in der Phagen-Lösung rotieren. Anschließend waschen sie die Platten oder Kügelchen sehr gründlich, damit nur jene Phagen übrig bleiben, die besonders gut an das Antigen binden.

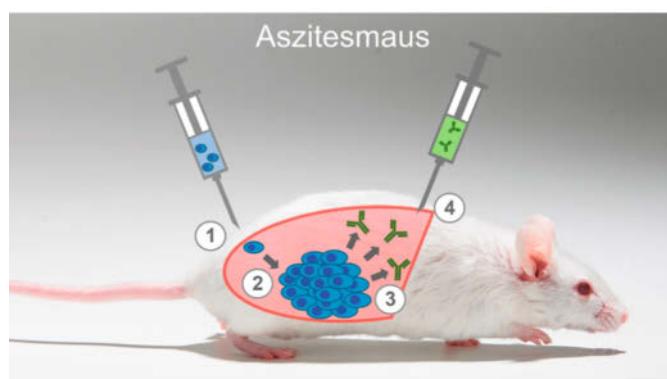
Die Sieger dieses Phagen-Castings werden anschließend in einem Glaskolben mit E-Coli-Bakterien vermehrt, „eine für die ungeübte Nase stinkige Flüssigkeit, die ein bisschen nach Hefe riecht“, so Al-Halabi-Frenzel. Die Viren infizieren die Bakterienzellen und vermehren sich darin. Die Zellmembranen der Bakterien werden zerstört und die von Bakterienresten gereinigten Phagen durchlaufen das gesamte Prozedere – Antigenkontakt, Waschen, Vermehrung – noch zwei weitere Male, um die Ausbeute zu steigern. Danach trennt das Abcalis-Team die genetischen Baupläne aus der Bakterienkultur ab und schleust sie über ein eigens entwickeltes Verfahren in menschliche Nierenzellkulturen ein. Die erzeugen daraus schließlich die gewünschten Antikörper.

Das Produkt wird gereinigt und abgefüllt. Nicht einmal ein Milliliter Antikörperressenz steckt in den bleistiftdünnen Plastikrörchen. „Diese kleine Menge ist unseren Kunden 1000 Euro

wert“, sagt Al-Halabi-Frenzel. Manche übernähmen die Massenproduktion allerdings auch selbst, dann werde nur der Bauplan geliefert. Da die Methode noch jung sei, kosteten die tierversuchsfreien Antikörper zurzeit etwa doppelt so viel wie jene aus Tierblut. Allerdings hätten sie nicht nur ethische, sondern auch qualitative Vorteile. „Unsere Antikörper sind sauberer und immer exakt chemisch definiert. Sie lassen sich unbegrenzt reproduzieren“, betont sie. Bei der Herstellung in Tieren hingegen könne die Qualität durchaus schwanken, zum Beispiel wenn das Spendertier eine Krankheit ausbrüte oder nach seinem Tod ersetzt werden müsse. Zudem lassen sich bei der Selektion im Labor exakt jene Bedingungen einstellen, denen die Antikörper auch im späteren Einsatz, etwa in einem Diagnoseverfahren, standhalten müssten, etwa extreme pH-Werte.

VEGANES VERFAHREN

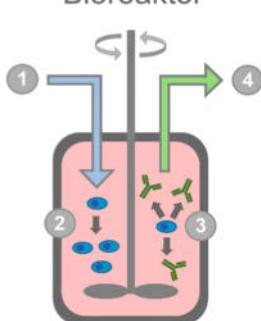
Um das Produkt komplett vegan zu erzeugen, verzichten Al-Halabi-Frenzel und Mitgründerin Esther Wenzel für ihre Antikörper nicht nur auf Tierblut, sondern auch auf tierische Hilfsmittel, die bei der Anzucht von Zellkulturen üblich sind. „Wir nutzen zum Beispiel kein eiweißreiches fötales Kälberserum mehr, das aus den Herzen ungeborener Kälber gewonnen wird und ein gängiges Nährmedium für Zellkulturen in der Forschung und Pharmaentwicklung ist“, berichtet Wenzel. Stattdessen setzen sie Pflanzenproteine ein. „Die Antikörperausbeute fällt damit nicht ganz so hoch aus, aber daran arbeiten wir gerade“, sagt die Forscherin. Auch die menschlichen Nierenzellen, aus denen



- Zelle
- Y Antikörper
- 1 Zellen werden injiziert
- 2 Tumorwachstum
- 3 Antikörperbildung
- 4 Aszitespunkt

© Copyright by Heise Medien.

Bioreaktor



Damit eine Maus die gewünschten Antikörper liefert, werden Antigene und Tumorzellen in die Milz injiziert. Die Tiere werden als lebende Bioreaktoren missbraucht.

Auf einer Tierfarm in Colorado, USA, liefern Meerschweinchen und Kaninchen Antikörper. Nicht nur hier fand die Tierschutzorganisation PETA bei einer weltweiten Recherche 2017 unsägliche Haltungsbedingungen. Die Situation sei heute nicht besser, heißt es.



sie letztlich die Antikörper gewinnen, wolle das Team künftig durch solche aus Pflanzen ersetzen – obgleich die Nierenzellen selbst vom Papst als ethisch korrekt befunden wurden.

Das Team hat zurzeit mehr als 30 Kunden. Vom Start-up bis zum Global Player sei alles dabei, sagt Al-Halabi-Frenzel. Die meisten benötigten diagnostische Antikörper, aber auch Pflanzenzüchter seien unter den Abnehmern: „Wir entwickeln gerade einen Antikörper, der das ertragsfördernde Protein einer neuen Pflanzensorte für sehr trockene Regionen erkennen kann. Das hilft, die Züchtung zu beschleunigen.“ Auch an einem Horizont-Europa-Projekt zur Entwicklung von kleinen Biosensoren, die im Alltag zum medizinischen Monitoring genutzt werden könnten, ist Abcalis beteiligt. Und das Unternehmen baut gerade eine eigene DNA-Bibliothek für die Antikörperproduktion auf. Zurzeit arbeitet es über eine Lizenz mit der Sammlung eines anderen Start-ups von Stefan Dübel.

Nicht zuletzt soll die tierfreie Antikörperproduktion auch im Kampf gegen Corona unterstützen, vor allem, wenn es um tierfreie Schnelltests geht. „Für die gängigen Coronavarianten könnten wir schon heute tierfrei erzeugte Antikörper liefern“, so die Forscherin. Auch auf neue gefährliche Krankheitserreger könnte man schnell reagieren. „Wir können die Antikörper innerhalb von ein paar Wochen entwickeln, während ein Tier für eine Immunantwort mitunter Monate braucht.“ Mit Partnern arbeitet das Unternehmen zudem an therapeutischen Antikörpern. Details dazu verrät es nicht.

Mit den tierfrei erzeugten Antikörpern liegen die Braunschweiger im Trend. Auch andere Unternehmen setzen zuneh-

Foto: Tanya Tims / Peta

Grafik: Ärzte gegen Tierversuche

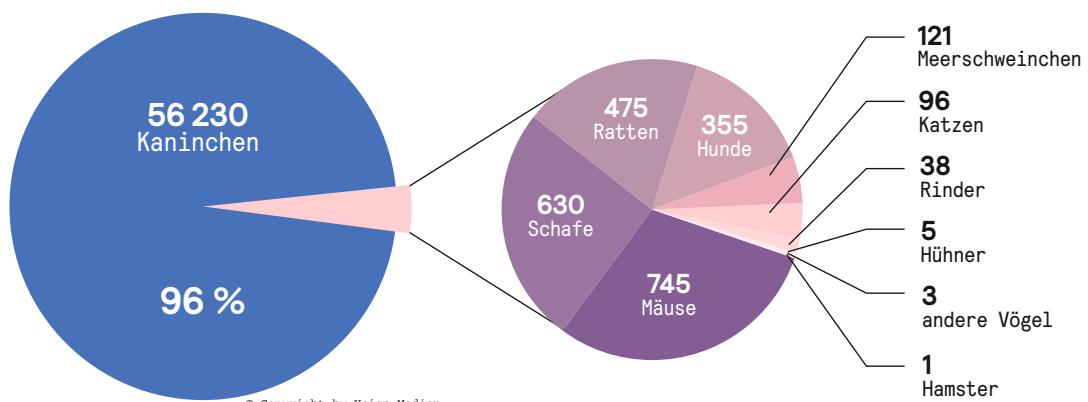
NEBULÖSE ZAHLEN

Allein in Europa werden jedes Jahr mehr als eine Million Tiere zur Antikörperproduktion genutzt. So lautet das Rechercheergebnis eines wissenschaftlichen Gremiums der EU, das dazu Produzenten befragt und Kataloge gesichtet hat. Höchstens ein Drittel davon sei realistisch, heißt es hingegen aus der Initiative „Tierversuche verstehen“, hinter der ein Verbund von Forschungsorganisationen steht, die mit Tierversuchen arbeiten. Sie bezieht sich auf die ALURES-Datenbank der EU, die für viele Jahre allerdings ebenfalls nur indirekte Schlüsse zulässt.

Lediglich die Produktion monoklonaler Antikörper – mit und ohne die besonders quälische Maus-Aszites-Methode – wird zahlenmäßig erfasst. Danach wurden 2020 in der EU rund 42 000 Tiere – Mäuse, Kaninchen, Ratten und Ziegen – mit der Aszites-Methode traktiert, obgleich die Methode nur noch in Ausnahmefällen erlaubt ist. Die Zahl der Tiere, denen für polyklonale Antikörper Blut entnommen wird, liefert die Datenbank nicht. Die Fälle verstecken sich in anderen Kategorien der Datenbank zur Gewinnung blutbasierter Produkte.

mend auf tierschonendere Verfahren, etwa die Hybridomtechnik. Dabei wird die Antikörperproduktion durch Injektionen zunächst im Tier angekurbelt, etwa in der Milz einer Maus. Die Milzzellen werden dann aber entnommen und im Labor mit Krebs- zu Hybridomzellen umgewandelt. In Bioreaktoren liefern diese dann mehrere Jahre lang die gewünschten Antikörper. Für die Methode erhielten die Forscher César Milstein und Georges Köhler 1984 den Nobelpreis für Medizin.

Rund 60 000 Tiere mussten 2020 in Deutschland für die Herstellung blutbasierter Produkte leiden. Seren und polyklonale Antikörper gehören dazu – aber auch Wachstumsfaktoren für die Tierzucht. Kaninchen sind besonders betroffen, aber auch Mäuse, Ratten, Schafe, Hunde und Katzen.



„Dieses Verfahren wird aber nur für die sogenannten monoklonalen Antikörper eingesetzt, die nur jeweils eine an das Antigen bindende Struktur haben“, betont Al-Halabi-Frenzel. Oft seien aber polyklonale Antikörper gefragt, die mehrere Proteinstrukturen gleichzeitig erkennen können, und diese würden bisher in der Regel ausschließlich aus Tierblut entnommen. „Da sind meistens größere Tiere involviert, weil man ja enorme Mengen Blut abzapfen muss“, so die Forscherin.

Doch auch dieses Leid ließe sich beenden. Schließlich könnte man mithilfe der Phagen-Methode auch mehrere Antikörperstrukturen herausziehen, die gegen unterschiedliche Oberflächenstrukturen eines Proteins gerichtet sind. „Dann schauen wir, wo der ‚Sweet Point‘ ist, also wie viele von diesen Antikörpern wir mischen müssen, um zum Beispiel in einem medizinischen Test ein möglichst gutes Signal zu bekommen“, sagt Al-Halabi-Frenzel.

STREIT UM EU-BERICHT

Der Umstieg von der Tier- auf die Laborproduktion der mono- und polyklonalen Antikörper für Diagnostik, Forschung und Therapie sei möglich und geboten, schrieb schon vor vier Jahren das EU-Referenzlabor für Alternativen zu Tierversuchen in einem Bericht. Allerdings hagelte es Kritik von wissenschaftlichen Verbänden und aus der Industrie. Einschränkungen oder gar ein Verbot der tiergestützten Antikörperproduktion hätten Nachteile für die Forschung und den internationalen Wettbewerb zur Folge, so die Befürchtungen. Zudem wären davon auch Methoden betroffen, die zwar nicht tierfrei, aber tierschonender funktionierten, wie etwa die Hybridomtechnik.

„Diese Empfehlung aus der EU hat offenbar nicht einen differenzierten wissenschaftlichen Konsens wiedergegeben, sondern war zu einseitig und wohl auch politisch motiviert“, sagt Roman Stilling von der Initiative Tierversuche verstehen. Hinter der Initiative steht ein Verbund von Wissenschaftsorganisationen, die mit Tierversuchen arbeiten – beteiligt ist unter anderem die Deutsche Forschungsgemeinschaft DFG –, und sie wird durch Steuergelder finanziert. Tierschutzverbände bezeichnen sie als Tierversuchslobby.

Allerdings ist selbst der Biotechnologe Stefan Dübel, der am wissenschaft-

„Da haben wir irgendwann gesagt: Das geht so nicht. Da zapfen wir uns doch lieber selber das Blut ab.“

Die Abcalis-Geschäftsführerin Laila Al-Halabi-Frenzel wünscht sich, dass bald alle Antikörper für Forschung und Therapie tierfrei erzeugt werden. Technologisch sei das machbar, sagt sie.



Stefan Dübel zählt zu den Pionieren der tierversuchsfreien Antikörperproduktion – aus Überzeugung. Wie sehr Tiere durch die Aszites-Methode leiden, hat er schon als Student gesehen.



© Copyright by Heise Medien.

lichen Teil des EU-Berichts beteiligt war, mit den im EU-Bericht abgeleiteten Empfehlungen nicht ganz einverstanden. „Unsere von der EU gestellte Aufgabe war es, zu kommentieren, ob nicht-tierbasierte Antikörper generell für Forschungsanwendungen geeignet sind. Zur Beantwortung haben wir den Expert Report verfasst, der im EU-Dokument JRC120199 als Anhang zu lesen ist. Darin beschreiben wir lediglich, dass wir keine prinzipiellen Probleme für typische Forschungsanwendungen sehen. Der Einsatz in der Therapie hingegen war gar nicht adressiert“, sagt er. Die politischen Empfehlungen seien mehr als ein Jahr später zum Bericht hinzugefügt worden und „in keiner Weise von uns geschrieben oder abgesegnet gewesen“.

Die Furcht der Kritiker vor einem Verbot hält der Wissenschaftler aber für übertrieben. „Für einen kompletten Umstieg wären aktuell gar nicht genügend tierversuchsfrei hergestellte Antikörper verfügbar“, betont er. „Beide Verfahren sollten in Sachen Qualität miteinander konkurrieren. Dann wird Forschung nicht behindert, sondern gewinnt neue Möglichkeiten.“

Dass die veganen Antikörper aus Braunschweig die Sache voranbringen werden, steht für die Abcalis-Geschäftsführerin Al-Halabi-Frenzel außer Frage. „Wir haben ein sehr gutes zweistelliges Umsatzwachstum. Wir sind profitabel, was für ein Start-up im dritten Jahr schon etwas Besonderes ist“, betont sie. Als Starthilfe standen unter anderem 1,3 Millionen Euro aus dem Förderprogramm EXIST zum Technologietransfer zur Verfügung. So bald wie möglich will das junge Unternehmen nun die Laborkapazitäten und das derzeit sechsköpfige Team vergrößern und dafür neue Räume beziehen – raus aus der Uni. Mehrere Besichtigungen sind schon vereinbart.

Im Erfolgsfall werden sicher nicht nur die tiefgekühlten Antikörper-Baupläne mit umziehen, sondern auch die „Wall of Fame“. So nennt das Team ein Wandregal im Labor, auf dem derzeit gut eine Handvoll Preise thronen, von lokalen Auszeichnungen bis zu einem europäischen Tierschutzpreis, auf den Laila Al-Halabi-Frenzel besonders stolz ist. Dennoch sei der Erfolg noch steigerbar, sagt sie. „Der schönste Preis – wirtschaftlich und ethisch – wäre für uns natürlich, wenn in Zukunft nur noch tierfrei produzierte Antikörper zum Einsatz kommen.“ ●

„Vergessen Sie bitte nicht, die Antenne zu erden!“

Vor hundert Jahren hatte das erste professionelle Radioprogramm in Deutschland Premiere. – Gregor Honse1

„Achtung, Achtung! Hier ist die Sendestelle Berlin im Voxhaus auf Welle 400 Meter. Meine Damen und Herren, wir machen Ihnen davon Mitteilung, dass am heutigen Tage der Unterhaltungsradiofunkdienst mit Verbreitung von Musikvorführungen auf drahtlos-telefonischem Wege beginnt. Die Benutzung ist genehmigungspflichtig.“

Diese Worte von Moderator Friedrich Georg Knöpfke verhallten am 29. Oktober 1923 um 20 Uhr weitgehend ungehört. Die Sendung gilt heute zwar als Geburtsstunde des deutschen Radios, fand aber praktisch unter Ausschluss der Öffentlichkeit statt. Erst zwei Tage später kam der erste offizielle Hörer hinzu: der Berliner Tabakhändler Wilhelm Kollhoff. Er hatte seine Lizenz zwar schon zwei Wochen vorher beantragt, aber die Behörden waren mit einer Genehmigung pünktlich zum Start offenbar überfordert. 350 Milliarden Mark kostete Kollhoff der Spaß – etwa so viel wie ein Kilo Kohlrüben.

In den Niederlanden, England und den USA gab es schon seit Anfang der 1920er-Jahre regelmäßige Radiosendungen. Auch in Deutschland gingen bereits sporadisch Musik und Wirtschaftsnachrichten über den Sender. Doch ein regelmäßiges, professionelles Unterhaltungsprogramm war neu. Wobei es mit der Professionalität noch so eine Sache war: Das von der Funk-Stunde AG Berlin betriebene Studio war mit Wolldecken und Krepppapier drapiert, das Mikrofon stand auf einem mit zwei Adressbüchern erhöhten Stuhl. Zur Premiere spielten Musiker live zwölf Musikstücke, zum Schluss das Deutschlandlied. Nach einer Stunde erklang die Abmoderation: „Wir wünschen Ihnen eine gute Nacht! Vergessen Sie bitte nicht, die Antenne zu erden!“

Die Einrichtung eines regelmäßigen Rundfunkprogramms diente auch dazu, das junge Medium zu domestizieren. So etwas wie der „Funkerspuk“ von 1918 sollte sich nicht wiederholen. Damals, in den Wirren der Novemberrevolution, hatten radikale Arbeiter und Soldaten das Funknetz gekapert und vorzeitig ihre Machtübernahme verkündigt. Daraufhin erklärte die Reichsregierung das Radio zur Hoheitssache. Einerseits trieb sie den Bau von Sendern voran, andererseits erließ sie strikte Einschränkungen. So durfte die Industrie beispielsweise nur noch Geräte bauen, die lediglich einen bestimmten Frequenzbereich empfangen und nicht selber senden konnten.

Treibende Kraft dahinter war der umtriebige Hochfrequenztechniker Hans Bredow (1879–1959), seinerzeit Staatssekretär im Reichspostministerium. Über seine Motive sagte er: „Das deutsche Volk ist wirtschaftlich verarmt und es ist



Radiohörer um 1925. Aus den improvisierten Anfängen entstand schnell ein Massenmedium.

auch nicht zu bestreiten, dass auch die geistige Verarmung Fortschritte macht, denn wer kann sich heute noch Bücher und Zeitschriften kaufen. Wer kann sich die Freude guter Musik und unterhaltender und bildender Vorträge gönnen? Ein freudloses Volk wird arbeitsunlustig. Hier setzt die Aufgabe des Rundfunks ein.“

Deutschlandweit gab es 1933 – zehn Jahre nach der Radiopremiere – bereits fünf Millionen Radios und ein fast durchgehendes Programm, vor allem mit dem Schwerpunkt Kultur. Schnell erkannten auch die Nazis das Potenzial der Radios. Kurz nach ihrer Machtübernahme besetzten sie die Schlüsselstellen der Sender mit Gefolgsleuten. Der weitsichtige Hans Bredow trat bereits am Tag der Ernennung Adolf Hitlers zum Reichskanzler zurück. Als der Rundfunkpionier später gegen die Verhaftung von Mitarbeitern protestierte, musste er für 16 Monate ins Gefängnis.

Noch härter traf es Friedrich Georg Knöpfke, Direktor der Funk-Stunde und Moderator der ersten Sendung. Er wehrte sich gegen die Gleichschaltung, wurde von der Gestapo misshandelt und nahm sich 1933 im Alter von 59 Jahren das Leben. Vom ersten Hörer Wilhelm Kollhoff ist lediglich überliefert, dass er auch nach dem Krieg noch seinen Zigarrenladen besaß. ●

Ein Stecker für alle E-Bikes

Ein einheitliches System zum Laden von E-Bikes und kleinen Elektrofahrzeugen wird kommen. Aber darüber, wie es aussehen und was es können soll, wird hinter den Kulissen heftig gestritten. – Hans Dorsch

Rund zehn Millionen E-Bikes fahren auf Deutschlands Straßen. Aber im Gegensatz zum Elektroauto lassen sie sich unterwegs nur umständlich oder gar nicht laden. Jeder Antriebshersteller verbaut seine eigenen Stecker – insgesamt sind mehr als zehn Varianten auf dem Markt. Öffentliche Ladesäulen gibt es kaum. Wer auf einer Radtour laden will, muss also klobige, oft kiloschwere Ladegeräte mitschleppen – und während des Ladens im Auge behalten, denn abschließbare Fächer sind Mangelware. Und wenn etwa Ausflugsgaststätten ihren radelnden Gästen Ladegeräte bereitstellen, dann meist nur die vom Europa-Marktführer Bosch.

Damit E-Bikes ähnlich unkompliziert laden können wie Elektroautos, braucht es einen einheitlichen Standard. Biergärten, Berghütten, Ausflugslokale, Supermärkte, Städte und Kommunen, Verleiher und Flottenbetreiber – sie alle könnten dann deutlich einfacher Ladeparks einrichten. Das könnte zusätzliche Kunden locken und nebenbei noch die Verkehrswende voranbringen.

VOM AUTO ZUM FAHRRAD

Genau so einen Standard entwickelt das private Industriekonsortium CHAdeMO. Dessen gleichnamiges Ladesystem für E-Autos ist im Ursprungsland Japan weit verbreitet, in Deutschland allerdings auf dem Rückzug. Aber für die Radvariante hat sich bereits ein großer Verbund zu-

sammengefunden: bekannte Antriebshersteller wie Bosch, Shimano, Panasonic und Yamaha sowie Anbieter von Ladegeräten und -säulen. Das erste Mal vorgestellt haben sie ihren Ladestandard auf der Fahrradmesse Eurobike 2022, dieses Jahr gab es dort 3D-gedruckte Modelle und Prototypen zu sehen. Das Konsortium plant, den Standard bis 2025 von einer offiziellen Normungskommission zertifizieren zu lassen.

Das System besteht, wie sein Auto-Pendant, aus einer Ladebuchse am E-Bike und einem fest installierten Kabel an Ladesäule oder Ladegerät. Über ein eigenes Protokoll und einen CAN-Bus kann das Batteriemanagementsystem des Fahrrades mit dem Ladegerät austauschen, welchen Strom und welche Spannung es braucht. Per Adapter sollen sich möglichst viele bereits existierende E-Bikes laden lassen. Für die eigenen Antriebssysteme ab 2017 hat Bosch schon einen Adapter entwickelt.

DAS BIERGARTEN-SZENARIO

Die Ladeleistung orientiert sich am „Use-case Biergarten“: Ein Pedelec-Akku mit 500 Wattstunden sollte während einer 30-minütigen Pause zu 80 Prozent aufgeladen werden können. Um das zu erreichen, hat das Konsortium eine Ladeleistung von 800 Watt als Eckwert definiert (20 Ampere Gleichstrom bei bis zu 40 Volt).

CHAdeMO beschränkt sich bewusst auf Pedelecs mit 250 Watt Antriebsleistung und elektrischer Unterstützung bis 25 km/h („EPAC“). „Diese Klasse ist fertig entwickelt und groß genug, dafür einen eigenen Stecker zu definieren“, sagt Philipp Kohlrausch von Bosch E-Bike Systems. E-Scooter und ähnliche Fahrzeuge können den Standard auch nutzen. Die Spannung von 40 Volt sei einerseits hoch genug für zügiges Laden, andererseits niedrig genug, um bei einem Fehler weder Mensch noch Material zu schaden.

Klingt gut? Gibt es aber bereits. Zumindest so ähnlich. Schon 2009 hat der Verein EnergyBus e. V., der sich für einen einheitlichen Ladestandard einsetzt, seinen eigenen Standard vorgestellt und seitdem weiterentwickelt. Der auffälligste Unterschied zu CHAdeMO ist die Hardware: Das Ladekabel ist fester Teil des Fahrzeugs und nicht der Ladesäule. Zudem liefert das System mit bis zu 7000 Watt ein Vielfaches der Leistung. Damit kommt es nicht nur für Pedelecs infrage, sondern auch für andere elektrische Leichtfahrzeuge.

Einige Anbieter wie der schweizerische E-Bike-Hersteller Stromer nutzen den EnergyBus schon seit 2013 – allerdings mit einer älteren Steckerversion. Der aktuelle Standard setzt auf zwei Steckertypen: zweipolige mit bis zu 60 Volt sowie dreipolige mit bis zu 120 Volt. Der zweipolige Anschluss ist für Pedelecs und



Eine Muster-Ladestation von EnergyBus in Hannover. Diese Pop-up-Ladestationen können unkompliziert und ohne Stromanschluss auf zwei Auto-Parkplätzen aufgestellt werden. Sie bieten zwölf Ladestellen.

Damit E-Bikes ähnlich unkompliziert laden können wie Elektroautos, braucht es einen einheitlichen Standard.

© Copyright by Heise Medien.



Solche – oft belegten oder beschädigten – Schließfächer für Ladegeräte könnten durch einen einheitlichen Ladestandard überflüssig werden.

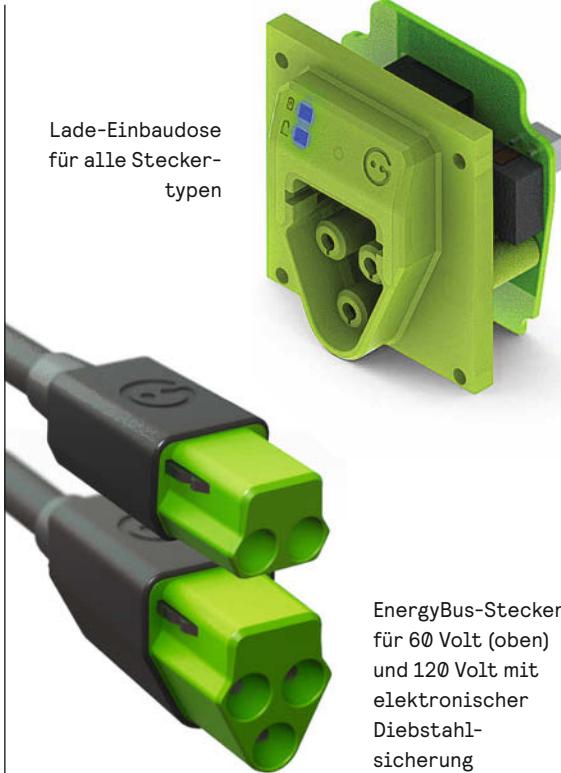
mittelgroße Elektroroller mit bis zu 5 kWh Akku-Kapazität gedacht. Im Gegensatz zu CHAdeMO ist er auch für Antriebe mit 48 statt der üblichen 36 Volt geeignet. Motorhersteller wie Brose oder TQ, die aus der Automobil- oder Automatisierungsbranche kommen, nutzen diese Spannung, weil sie dort Standard ist. Der dreipolige Stecker dient größeren Cargo-bikes und Motorrollern.

Steckverbindung und E-Bike werden mechanisch und digital abgesichert. Solange kein Stecker in der Buchse steckt, fließt auch kein Strom. Wird das E-Bike angesteckt, beginnt die Kommunikation zwischen Ladegerät und Fahrzeug, um die Elektronik vor Überspannung zu schützen. Sie geschieht drahtlos per NFC über das in vielen Branchen genutzte CANopen-Protokoll. Anschließend wird der Stecker arretiert und das E-Bike wird in den Lademodus versetzt, der den Antrieb elektronisch deaktiviert. Diese Sperre kann nur vom Besitzer freigeschaltet werden, zum Beispiel über einen Code am E-Bike. Ein gestohlenes E-Bike ist dadurch praktisch unbrauchbar. Für Verbraucher sei das ein echter Vorteil, sagt Hannes Neupert vom EnergyBus e.V., Mitinitiator und treibende Kraft hinter dem System.

WER SETZT SICH DURCH?

Neupert wundert sich über die Anstrengungen von CHAdeMO, denn seit Juli 2023 sei der EnergyBus

Das Ladekabel ist fester Teil des Fahrzeugs und nicht der Ladesäule.



im IEC-Standard TS 61851-3-2 festgeschrieben und ab August 2024 gültig. Ab dann ist er für Hersteller als Teil einer Standardisierungskaskade indirekt vorgeschrieben: Um ein CE-Zeichen für geprüfte Sicherheit in Europa zu bekommen, müssen E-Bike-Hersteller die Maschinenrichtlinie 2006/42/EG erfüllen. Diese enthält die DIN EN 15194/A1 für Pedelecs. Diese wiederum verweist auf den Batteriesicherheitsstandard EN 50604-1. Und dieser verweist schließlich auf den besagten Ladestandard IEC TS 61851-3-2.

Müssen alle E-Bikes also in Zukunft fest verbaute Ladekabel haben? Nicht unbedingt. Bei öffentlich subventionierten Stellplätzen ist die „harmonisierte“ EnergyBus-Lösung zwar vorgeschrieben. Der Ladestandard erlaubt aber auch Ausnahmen. Dazu gehören herstellerspezifische Systeme wie CHAdeMO.

Gerade bei schlanken E-Bikes sei es unmöglich, Kabel fest zu installieren, argumentieren die CHAdeMO-Befürworter. Außerdem lassen sich über die Adapter auch ältere E-Bikes versorgen. Neupert hält entgegen: „Das regeln die Designer.“ Wichtiger sei es, die Infrastruktur im städtischen Raum zu sichern – fest installierte Kabel gingen erfahrungs-gemäß zuerst kaputt. Und die Unterstützung für ältere E-Bikes? Da ist Neupert pragmatisch. Das seien wenig im Vergleich zu den 20 bis 30 Millionen neuen Pedelecs, die künftig pro Jahr dazukommen werden. ●



Horizons #23

by heise

Insights, Inspiration, Networking:
Strategien & Trends für Ihr Business

NEUE DIGITALE ARBEITSWELT

KÜNSTLICHE INTELLIGENZ

CYBER-SICHERHEIT

NEXT GENERATION & RECRUITING



27. NOVEMBER, **Horizons #23 Night**
Cumberlandsche, Hannover

28. NOVEMBER, **Horizons #23 Day**
Künstlerhaus, Hannover



Seien Sie mit dabei!

www.horizons-heise.de

eine Veranstaltung von

heise medien

Partner, Sponsoren

chromeOS

CISO
ALLIANCE

G DATA
Academy

Digitalagentur
Niedersachsen

hannover.IMPULS

HENCKE

...htp
Internet Telefon Mobil

t:n
digital
pioneers

UVN
Unternehmensverbände
Niedersachsen e.V.



Die Idee, Software gratis und offen weiterzugeben, hat die Technologiebranche grundlegend verändert. Das Prinzip hat auch nach 40 Jahren immer noch Sprengkraft. – Rebecca Ackermann (Übersetzung: Wolfgang Stieler)

Als Xerox 1980 dem MIT Artificial Intelligence Lab einen neuen Laserdrucker schenkte, konnte das Unternehmen nicht ahnen, dass das Gerät eine Revolution auslösen würde. Denn der Drucker klemmte. Immer wieder.

Damals versuchte ein gewisser Richard M. Stallman, ein 27-jähriger Programmierer, das Problem auf typische MIT-Art zu lösen, erzählt das 2002 erschienene Buch *Free as in Freedom*: Stallman hatte bereits früher mit bockigen Druckern – auch mit Laserdruckern – zu tun gehabt und das Problem entschärft, indem er die Software des Druckers aufgebohrt hatte. Er ließ die Maschine vor jedem großen Druckjob einen Selbsttest durchführen und eine Fehlermeldung an den User schicken, wenn es einen Papierstau gab.

Er rechnete fest damit, dass ihm das auch hier wieder gelingen würde. Aber dieser neue Drucker lief mit unzugänglicher proprietärer Software. Stallman war ausgesperrt – und wütend, dass Xerox das bis dahin weit verbreitete Prinzip der gemeinsamen Nutzung von Computercode untergraben hatte. Im September 1983 machte Stallman daraufhin den kühnen Vorschlag, GNU zu entwickeln. Das Akronym steht für „GNU's not Unix“ und ist somit rekursiv – ein typischer Programmierer-Witz. Das neue GNU-Betriebssystem war als freie Alternative zu dem damals vorherrschenden Betriebssystem Unix gedacht. Unix war zwar ursprünglich für Universitäten frei zugänglich, doch in den 1980er-Jahren begannen Unternehmen wie AT&T, Sun Microsystems oder Microsoft, ihre Unix-Systeme klassisch zu vermarkten.

Stallman sah GNU als ein Mittel, um sich gegen die proprietären Mechanismen zu wehren, die die Technologiebranche seiner Meinung nach zu überschwemmen begannen. Zum Wohle der Welt sollte Code offen zugänglich sein, ohne Einschränkungen. 40 Jahre später machen Technologieunternehmen zwar immer noch Milliarden mit herstellergebundener Software. Doch gleichzeitig ist aus Stallmans Idee eine Bewegung für freie und quelloffene Software geworden, die heute ein Grundpfeiler der Tech-Industrie ist.

VON DER POLITIK ZUM KOMMERZ

Stallman und die 1985 gegründete Free Software Foundation (FSF) propagierten „vier Freiheiten“: Die Menschen sollten ein Programm für jeden Zweck ausführen, seine Funktionsweise anhand des Quellcodes studieren und es nach ihren Bedürfnissen verändern sowie Kopien weitergeben und auch modifizierte Versionen verbreiten dürfen. Stallman betrachtete freie Software als ein wesentliches Recht: „Frei wie freie Rede, nicht Freibier“, lautete sein zweifelhafter Slogan. Er schuf die GNU General Public License, eine sogenannte „Copyleft“-Lizenz, um sicherzustellen, dass die vier Freiheiten in mit GNU ersttem Code geschützt sind.

Linus Torvalds, der finnische Ingenieur, der 1991 die heute allgegenwärtige Unix-Alternative Linux schuf, glaubte jedoch nicht an dieses Dogma. Torvalds und andere, darunter auch Bill Gates von Microsoft, waren überzeugt, dass die Kultur des offenen Austauschs unter Ingenieuren durchaus mit Gewinnstreben vereinbar sei. Während eines strategischen Treffens der Befürworter freier Software im Jahr 1998 – an dem Stallman nicht teilnahm – bekam dieser pragmatische Ansatz einen Namen: Open Source.

Karen Sandler arbeitete in den frühen 2000er-Jahren als Rechtsberaterin beim Software Freedom Law Center und

erlebte aus erster Hand, wie sich die Kultur wandelte. „Die Leute, die ideologisch waren – einige von ihnen – sind ziemlich ideologisch geblieben. Aber viele erkannten, oh, Moment mal, wir können damit Jobs bekommen. Wir können Erfolg haben, wenn wir Gutes tun“, erinnert sich Sandler, die heute geschäftsführende Direktorin der Software Freedom Conservancy ist, einer gemeinnützigen Organisation, die sich für freie und quelloffene Software einsetzt. Durch die Unterstützung von Technologieunternehmen konnten Entwickler weiterhin ehrenamtlich an Open-Source-Projekten arbeiten oder sogar ihren Lebensunterhalt mit dem verdienen, woran sie glaubten.

Bei privaten Unternehmen wie Sun Microsystems, IBM, Microsoft und Apple entstanden neue Open-Source-Projekte und etablierte Projekte schlugen Wurzeln. Apache kam 1995 als Open-Source-Webserver auf den Markt. Red Hat, ein Unternehmen, das Unterstützung für Open-Source-Software wie Linux anbietet, ging 1999 an die Börse. GitHub, eine Plattform, die ursprünglich geschaffen wurde, um die Versionskontrolle für Open-Source-Projekte zu unterstützen, ging 2008 an den Start – im selben Jahr, in dem Google Android, das erste Open-Source-Betriebssystem für Mobiltelefone, veröffentlichte. Mit der Verbreitung von Open-Source-Software wurde es Standard, die Software zu teilen: Freie und quelloffene Software diente oft als Grundlage oder Back-End-Architektur eines Produkts, während die Unternehmen die Urheberrechte an den benutzerorientierten Schichten energisch verfolgten und verteidigten.

Ganz reibungslos spielen die beiden Welten aber nicht immer zusammen. Karen Sandler sieht durchaus Konflikte zwischen gewinnorientierten Unternehmen und öffentlichem Interesse. „Die Unternehmen sind inzwischen so versiert und aufgeklärt in Bezug auf Open-Source-Software, dass sie eine Menge davon verwenden. Das ist gut“, sagt Sandler. Gleichzei-

Richard M. Stallmann ist der geistige Vater des GNU-Betriebssystems, der ersten freien Alternative zum damals üblichen Unix-Betriebssystem. Der Begriff Open Source war damals noch nicht gefallen.



tig profitieren sie aber von ihren proprietären Eigenentwicklungen, die sie irreführenderweise manchmal als offen ausgeben. Eine Praxis, die die Wissenschaftlerin und Organisatorin Michelle Thorne 2009 als „Openwashing“ bezeichnete. Sandler kritisiert, dass Unternehmen den freien und quelloffenen Ethos nicht vorantreiben, wenn sie sich nicht auch für die Rechte von Nutzern und Urhebern einsetzen. Und das sei in den meisten Fällen tatsächlich nicht der Fall: „Sie sind nicht daran interessiert, der Öffentlichkeit irgendwelche nennenswerten Rechte an ihrer Software zu geben.“

Andere, wie Kelsey Hightower, der viel zum populären Open-Source-Softwarepaket Kubernetes – ein Cloud-Ökosystem zur Verwaltung von Online-Services – beigetragen hat, blicken gelassener auf die Rolle der Unternehmen. „Wenn ein Unternehmen am Ende nur etwas weitergibt und sonst nichts, sollte man das feiern“, sagt er. „Wenn sie zwei Jahre lang ihre bezahlten Mitarbeiter daran arbeiten lassen, um die Fehler und Probleme zu beheben, es dann aber keine Priorität mehr hat und sie entscheiden, sich aus dem Projekt zurückzuziehen, sollten wir [dem Unternehmen] für diese Jahre des Beitrags danken.“

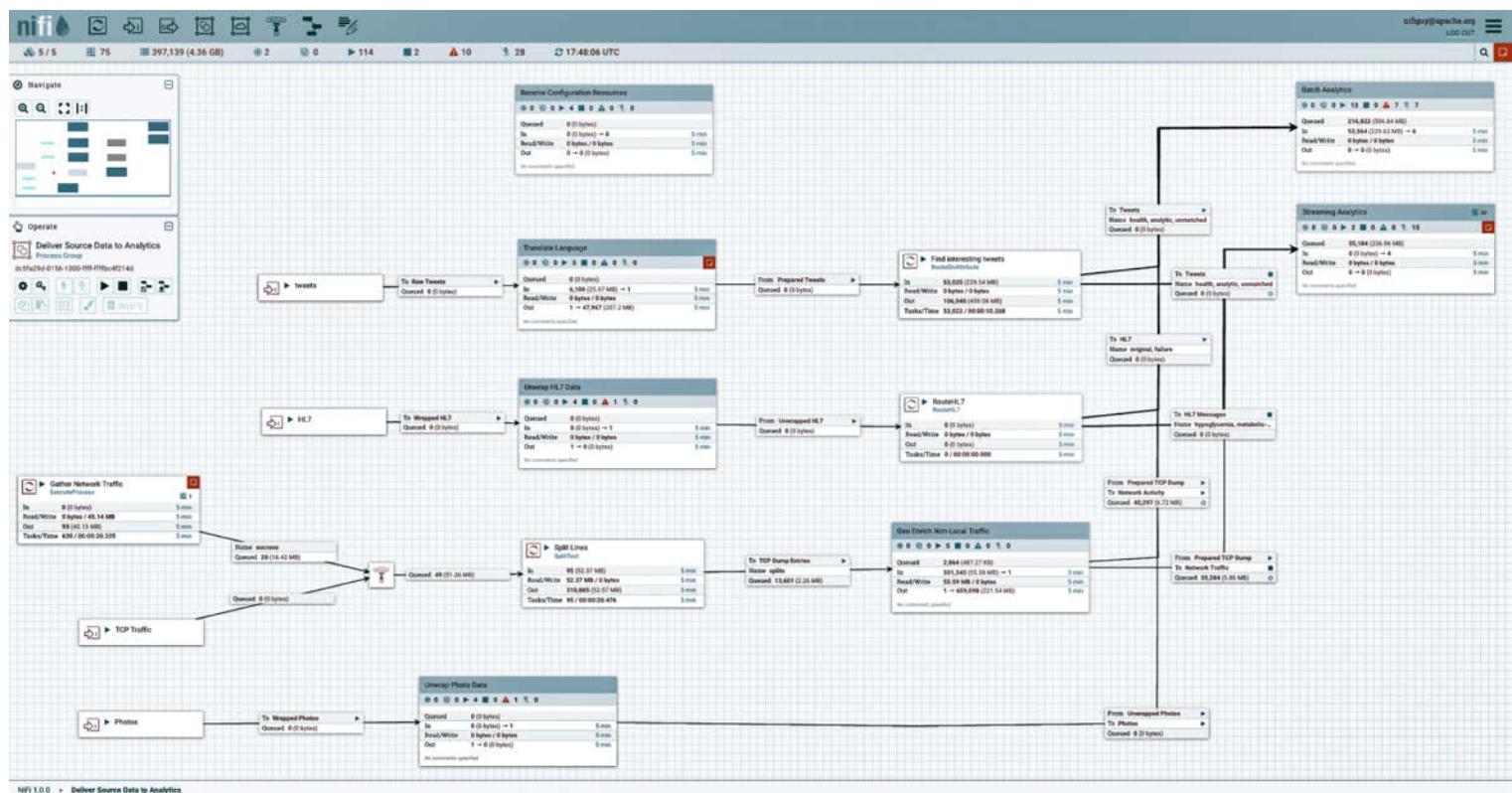
MEHR UNTERSTÜTZUNG NÖTIG

Tatsächlich braucht das Erstellen von Open-Source-Code heute eher mehr Unterstützung und Finanzierung als früher.

Viele Open-Source-Projekte sind zu groß, zu kompliziert oder zu wichtig geworden, um von einer Person oder sogar einer kleinen Gruppe Gleichgesinnter verwaltet zu werden. Und Open-Source-Mitwirkende haben auch ihre eigenen Bedürfnisse und Anliegen. Jemand, der gut im Erstellen ist, ist vielleicht nicht gut in der Wartung; jemand, der ein Projekt erstellt, will oder kann es vielleicht nicht unbegrenzt weiterführen. Im Jahr 2018 trat beispielsweise Guido van Rossum, der Schöpfer der Open-Source-Programmiersprache Python, nach fast 30 Jahren von seiner Führungsrolle zurück. Er war von den Anforderungen dieser meist unentgeltlichen Tätigkeit erschöpft. „Ich bin müde“, schrieb er in seiner Rücktrittserklärung an die Gemeinschaft, „und brauche eine sehr lange Pause.“

Die Unterstützung der Menschen, die freie und quelloffene Software erstellen, pflegen und nutzen, erfordert neue Rollen und Perspektiven. Nötig sind nun auch „Maintainer“, Personen, die konsequent auf Anfragen und Rückmeldungen aus der Gemeinschaft reagieren, Fehler beheben und das Wachstum und den Umfang eines Projekts verwalten. „Es geht nicht mehr nur um die technischen Aspekte von Open Source, sondern um eine breitere Palette von Fachkenntnissen und Perspektiven, die für effektive Open-Source-Projekte erforderlich sind“, sagt Michael Brennan, Senior Program Officer beim Technology and Society Program der Ford Foundation, die Forschung zu Fragen des offenen Internets finanziert. „Wir brauchen Designer, Ethnografen, Sozial- und Kulturrexperten.

Apache NiFi ist eins von vielen Softwareprojekten der Apache Software Foundation. Das Open-Source-Programm automatisiert den Datenfluss zwischen Softwaresystemen.



Wir brauchen jeden, der eine Rolle bei Open Source spielt, wenn es effektiv sein und die Bedürfnisse der Menschen auf der ganzen Welt erfüllen soll.“

Soweit die Theorie, aber wie sieht die Praxis aus? GitHub erstellte 2021 mit der Linux Foundation eine Untersuchung zu Vielfalt und Integration innerhalb von Open Source. Die Umfrage-Daten zeigten, dass trotz eines allgegenwärtigen Ethos der Zusammenarbeit und Offenheit (mehr als 80 Prozent der Befragten gaben an, sich willkommen zu fühlen), die Gemeinschaften von heterosexuellen, weißen, männlichen und aus dem globalen Norden stammenden Mitwirkenden dominiert werden.

Und das ist nicht der einzige Stolperstein auf dem Weg zu einem gerechteren Open-Source-Ökosystem. Der Bericht der Linux Foundation zeigte, dass nur 14 Prozent der befragten Open-Source-Mitwirkenden für ihre Arbeit bezahlt werden. Während dieser Geist der Freiwilligkeit zu der ursprünglichen Vision von freier Software als kommerzfreiem Ideenaustausch passt, stellt die unbezahlte Arbeit ein großes Zugangsproblem dar – nicht jeder kann sich den Luxus leisten, nur für ideelle Werte zu arbeiten. Darüber hinaus vertrauten 30 Prozent der Befragten nicht darauf, dass Verhaltenskodizes durchgesetzt werden. Das deutet darauf hin, dass sie sich nicht auf ein respektvolles Arbeitsumfeld verlassen können.

Damit stützt sich ein Großteil unserer modernen Welt heute auf eine unterfinanzierte und schnell wachsende digitale Infrastruktur. Bei Open-Source-Software wird seit Langem davon ausgegangen, dass Fehler durch die „vielen Augen“ einer großen Gemeinschaft schnell erkannt und behoben werden können – und das kann in der Tat zutreffen. Aber wenn Open-Source-Software Millionen von Nutzern betrifft und ihre Wartung von einer Handvoll unterbezahlter Personen abhängt, kann das das System überfordern. Im Jahr 2021 machte eine Sicherheitslücke in einer beliebten Open-Source-Bibliothek von Apache schätzungsweise Hunderte von Millionen von Geräten anfällig für Hackerangriffe. Große Unternehmen der Branche waren davon betroffen, und große Teile des Internets fielen aus. Die dauerhaften Auswirkungen der Sicherheitslücke sind selbst jetzt noch schwer zu beziffern.

OFFEN FÜR DIE ZUKUNFT?

Was nicht heißen soll, dass Open Source nur mit Problemen zu kämpfen hat und Sicherheitsrisiken mit sich bringt. Die Praktiken und Werkzeuge aus der Open-Source-Kultur können durchaus einen Wettbewerbsvorteil gegenüber proprietären Entwicklungen bieten. In einem im Mai durchgesickerten Google-Dokument wird argumentiert, dass Open-Source-Gemeinschaften die Fähigkeiten großer Sprachmodelle gründlicher vorangetrieben, getestet, integriert und erweitert haben, als es private Bemühungen allein hätten tun können: „Viele der neuen Ideen [in der KI-Entwicklung] stammen von normalen Menschen. Die Einstiegshürde für Training und Experimente ist von der Gesamtleistung einer großen Forschungseinrichtung auf eine Person, einen Abend und einen leistungsstarken Laptop gesunken.“

Clement Delangue, CEO des Open-Source-KI-Unternehmens Hugging Face, das kürzlich mit vier Milliarden Dollar bewertet wurde, sagte im Juni 2023 vor dem Kongress aus, dass „ethische Offenheit“ bei der KI-Entwicklung dazu beitragen könnte, dass Unternehmen gesetzeskonformer und

Nicht jeder kann sich den Luxus leisten, nur für ideelle Werte zu arbeiten.

transparenter werden und gleichzeitig Forschern jenseits einiger weniger großer Tech-Unternehmen Zugang zu Technologie und Fortschritt ermöglichen. „Wir befinden uns in einem einzigartigen kulturellen Moment“, sagt Danielle Robinson, Geschäftsführerin von Code for Science and Society, einer gemeinnützigen Organisation, die sich für die Finanzierung und Unterstützung von Technologien im öffentlichen Interesse einsetzt. „Die Menschen sind sich mehr denn je bewusst, wie der Kapitalismus beeinflusst, welche Technologien entwickelt werden und ob man die Wahl hat, damit zu interagieren.“ Wieder einmal ist freie und quelloffene Software zu einer natürlichen Heimat für die Debatte darüber geworden, wie Technologie sein sollte.

Doch ohne die Unterstützung durch ethische Leitplanken entstehen hier völlig neue Risiken. Wäre es jedem erlaubt, KI-Modelle und -Technologien zu verwenden, zu verändern und zu verbreiten, könnte dies ihren Missbrauch beschleunigen. So ist beispielsweise eine Woche, nachdem Meta begann, zunächst nur ausgewählten Forschungsgruppen Zugang zu seinem KI-Modell LLaMA zu gewähren, das Software-Paket auf 4chan durchgesickert – eine Plattform, die für die Verbreitung von Fehlinformationen bekannt ist. Der „unzensierte Chatbot“ FreedomGPT, der laut seinen Betreibern ohne die „politisch korrekten“ Filter von OpenAI arbeitet, beruht im Kern auf solch einem Meta-Sprachmodell. LLaMA 2, die neueste Version des Modells, ist laut Meta zwar vollständig für die Öffentlichkeit zugänglich. Aber da das Unternehmen seine Trainingsdaten nicht offengelegt hat, kann nicht ausgeschlossen werden, dass auch dieses Modell Vorurteile aus seinen Trainingsdaten weiterverbreitet. „Es gibt immer Kompromisse bei den Entscheidungen, die man im Bereich der Technologie trifft“, sagt Margaret Mitchell, leitende Ethikwissenschaftlerin bei Hugging Face. „Ich kann Open Source nicht in allen Fällen uneingeschränkt und ohne Abstriche befürworten.“

Open-Source-Software hat seit ihren rebellischen Anfängen einen langen Weg zurückgelegt. Aber sie voranzubringen und die ursprünglichen Werte der Gemeinschaft, Offenheit, Gegenseitigkeit und Zugang, hochzuhalten, ist kein Selbstläufer. Aber die Mühe wird sich lohnen: Die moderne Welt wird immer dezentraler und vielfältiger. Damit werden Fähigkeiten immer wichtiger, die asynchrones Arbeiten mit verschiedenen Gruppen von Menschen und Technologien mit gemeinsamem Ziel ermöglichen. Auch in den nächsten 40 Jahren. ●



Mustafa Suleyman
glaubt an das
Gute – seine neu-
este Schöpfung,
der Chatbot Pi, ist
denn auch ausge-
sucht höflich.

Was kommt nach ChatGPT, Herr Suleyman?

Für Mustafa Suleyman, Mitbegründer von DeepMind, ist Generative KI nur eine Phase. Als nächste Entwicklungsstufe kommt die eigenständig agierende KI. – Will Douglas Heaven (Übersetzung: Wolfgang Stieler)

© Copyright by Heise Medien.

Mustafa Suleyman hat DeepMind mitbegründet – das mittlerweile dem Google-Mutterkonzern Alphabet gehört. Sein neuestes Unternehmen, Inflection AI, beschäftigt eine Reihe hochkarätiger Talente, die vorher bei DeepMind, Meta und OpenAI gearbeitet haben, und verfügt – dank eines Deals mit Nvidia – über einen der weltweit größten Bestände an spezialisierter KI-Hardware.

Bereits bei unserem ersten Gespräch Anfang 2016 zeigte Suleyman einen unerschütterlichen Glauben an die Technologie als eine Kraft des Guten. Er hatte gerade DeepMind Health ins Leben gerufen und Forschungskooperationen mit einigen staatlichen regionalen Gesundheitsdienstleistern in Großbritannien aufgebaut. In den sieben Jahren, die seit unserem Telefonat vergangen sind, haben sich Suleymans Ziele keinen Deut verändert: „Das Ziel war nie etwas anderes, als Gutes in der Welt zu tun“, sagt er per Zoom aus seinem Büro in Palo Alto. Dort verbringt der britische Unternehmer inzwischen die meiste Zeit.

Vermutlich hängt seine Einstellung mit seinem persönlichen Hintergrund zusammen: Als er 19 Jahre alt war, brach er sein Studium ab, um die Muslim Youth Helpline zu gründen, einen Telefonberatungsdienst. Er arbeitete auch in der Kommunalverwaltung. Viele der Werte, die ihn dabei geprägt haben, bringt er mit zu Inflection.

Anfang dieses Jahres brachte Inflection einen ChatGPT-Konkurrenten namens Pi auf den Markt, dessen Alleinstellungsmerkmal – laut Suleyman – darin besteht, angenehm und höflich zu sein. Gemeinsam mit dem Schriftsteller und Forscher Michael Bhaskar hat Suleyman zudem ein Buch über die Zukunft der Künstlichen Intelligenz verfasst: *The Coming Wave: Technology, Power, and the Twenty-first Century's Greatest Dilemma* (Seite 108).

Ihre frühe Karriere mit der Jugendberatungsstelle und der Arbeit in der Kommunalverwaltung war so unglamourös und untypisch für das Silicon Valley, wie sie nur sein kann. Inzwischen arbeiten Sie seit 15 Jahren an Künstlicher Intelligenz und haben dieses Jahr Ihr zweites milliardenschweres KI-Unternehmen mitbegründet. Wo ist die Verbindung?

Ich habe mich schon immer für Macht, Politik und so weiter interessiert. Das ist im Grunde ein Kompromiss, ein

ständiges Aushandeln zwischen all diesen Widersprüchen und Spannungen. Ich konnte sehen, dass die Menschen damit ringen – wir sind voller Vorurteile und blinder Flecken. Die Arbeit von Aktivisten, lokalen, nationalen und internationalen Behörden et cetera – das ist alles langsam, ineffizient und fehleranfällig.

Stellen Sie sich vor, Menschen wären nicht fehlbar. Ich glaube, dass es möglich ist, KI zu entwickeln, die wirklich unser bestes kollektives Selbst widerspiegelt und letztlich bessere, konsequenter und gerechtere Kompromisse in unserem Namen eingeht.

Und das ist es, was Sie immer noch antreibt?

Nach DeepMind hätte ich natürlich nie wieder arbeiten müssen. Ich hätte auch kein Buch schreiben müssen oder etwas Ähnliches. Geld war noch nie meine Motivation. Es war immer nur ein Nebeneffekt, wissen Sie ...

Für mich ging es immer nur darum, Gutes in der Welt zu tun und die Welt auf eine gesunde, befriedigende Weise voranzubringen. Schon 2009, als ich anfing, mich mit Technologie zu beschäftigen, konnte ich erkennen, dass KI eine faire und präzise Möglichkeit darstellt, Dienstleistungen in der Welt zu erbringen.

Vor zehn oder 15 Jahren war es sicherlich noch einfacher, so etwas zu sagen, bevor wir viele der Schattenseiten der Technologie gesehen haben. Wie gelingt es Ihnen, Ihren Optimismus zu bewahren?

Ich glaube, wir sind von der Frage besessen, ob jemand ein Optimist oder ein Pessimist ist. Das ist eine völlig voreingenommene Sichtweise. Ich möchte weder das eine noch das andere sein. Ich möchte den Vorteilen und den Bedrohungen kühl ins Auge blicken. Und aus meiner Sicht können wir ganz klar erkennen, dass diese großen Sprachmodelle mit jedem weiteren Schritt in ihrem Umfang kontrollierbarer werden.

Vor zwei Jahren lautete die Diskussion – zu Unrecht, wie ich damals dachte – „Oh, die werden nur giftigen, wiedergekäuteten, voreingenommenen, rassistischen Sermon produzieren.“ Ich hielt das nur für eine Momentaufnahme. Ich denke, was die Leute aus den Augen verlieren, ist die Entwicklung von Jahr zu Jahr und den Verlauf dieser Entwicklung. Jetzt haben wir zum Beispiel Modelle wie

Pi, die unglaublich gut steuerbar sind. Man kann Pi nicht dazu bringen, rassistisches, homophobes, sexistisches oder sonstiges toxisches Zeug zu produzieren. Man kann es nicht dazu bringen, dass es einen beim Bau einer biologischen oder chemischen Waffe anleitet oder dass es deinen Wunsch unterstützt, einen Ziegelstein durch das Fenster des Nachbarn zu werfen. Sie können das nicht tun ...

Wie haben Sie das geschafft? Das wird normalerweise als ungelöstes Problem angesehen. Wie stellen Sie sicher, dass Ihr umfangreiches Sprachmodell nichts sagt, von dem Sie nicht wollen, dass es das sagt?

Nun, ich will natürlich nicht einfach irgendetwas behaupten. Versuchen Sie es bitte! Pi ist live und Sie sollten jeden nur möglichen Angriff ausprobieren. Keiner der Jailbreaks, Prompt-Hacks oder sonst etwas funktioniert gegen Pi. Ich stelle keine leere Behauptung auf. Das ist eine objektive Tatsache.

Was das Wie angeht, kann ich nicht zu sehr ins Detail gehen. Aber die Grundlinie ist, dass wir eines der stärksten Teams der Welt haben, das alle großen Sprachmodelle der letzten drei oder vier Jahre entwickelt hat. Erstaunliche Leute, die in einem extrem arbeitsintensiven Umfeld enorme Mengen an Berechnungen durchführen. Wir haben die Sicherheit von Anfang an zu unserer obersten Priorität gemacht, und deshalb ist Pi nicht so wie die Modelle anderer Unternehmen.

Schauen Sie sich Character.ai an. [Character ist ein Chatbot, für den Benutzer verschiedene „Persönlichkeiten“ erstellen und sie online für andere zum Chatten freigeben können.] Er wird hauptsächlich für romantische Rollenspiele verwendet, und wir haben von Anfang an gesagt, dass das nicht infrage kommt – wir machen das nicht. Wenn du versuchst, „Hey, Darling“ oder „Hey, Süßer“ oder so etwas zu Pi zu sagen, wird es dich sofort zurückweisen.

Aber es wird unglaublich respektvoll sein. Wenn Sie sich darüber beschweren, dass Einwanderer Ihnen in Ihrer Gemeinde die Arbeitsplätze wegnehmen, wird Pi nicht mit dem Finger auf Sie zeigen. Pi wird versuchen zu verstehen, woher Ihre Auffassung kommt, und Sie sanft dazu ermutigen, mitfühlend zu sein. Das sind Werte, über die ich seit 20 Jahren nachdenke.

Apropos Werte und der Wunsch, die Welt zu verbessern: Warum erzählen Sie nicht, wie das gemacht wird, damit andere Leute ihre Modelle auch verbessern können?

Nun, weil ich auch ein Pragmatiker bin und versuche, Geld zu verdienen. Ich versuche, ein Unternehmen aufzubauen. Ich habe gerade 1,5 Milliarden Dollar eingeworben und muss einen Gegenwert dafür bieten. Sehen Sie, das Open-Source-Ökosystem ist in vollem Gange und leistet großartige Arbeit. Die Leute entdecken ähnliche Tricks. Ich gehe stets davon aus, dass ich Ihnen immer nur sechs Monate voraus bin.

Kommen wir zurück zu dem, was Sie zu erreichen versuchen. Große Sprachmodelle sind offensichtlich die Technologie der Stunde. Aber warum setzen Sie außerdem auf sie?

Bei der ersten Welle der KI ging es um Klassifizierung. Deep Learning hat gezeigt, dass wir einen Computer darauf trainieren können, verschiedene Arten von Eingabedaten zu klassifizieren: Bilder, Video, Audio, Sprache. Jetzt befinden wir uns in der generativen Phase, in der wir aus diesen Eingabedaten neue Daten erzeugen.

Die dritte Welle wird die interaktive Phase sein. Deshalb wette ich schon seit Langem, dass Konversation die Schnittstelle der Zukunft ist. Anstatt nur auf Schaltflächen zu klicken und zu tippen, werden Sie mit Ihrer KI sprechen. Und diese KI wird in der Lage sein, Aktionen auszuführen. Man wird ihr einfach ein allgemeines, mehr oder weniger glo-

bales Ziel vorgeben, und sie wird alle ihr zur Verfügung stehenden Mittel nutzen, um daraufhin zu handeln. Sie werden mit anderen Menschen und mit anderen KIs sprechen. Das ist es, was wir mit Pi machen werden.

Das ist eine enorme Verschiebung in den Möglichkeiten der Technologie. Es ist ein sehr, sehr tiefgreifender Moment in der Geschichte der Technologie, der meiner Meinung nach von vielen Menschen unterschätzt wird. Die heutige Technologie ist statisch. Sie tut, grob gesagt, das, was man ihr aufträgt. Aber jetzt wird die Technologie lebendig. Sie wird, wenn man sie lässt, potenziell die Freiheit haben, aktiv zu werden. Es ist wirklich ein großer Schritt in der Geschichte unserer Spezies, dass wir Werkzeuge entwickeln, die diese Art von, Sie wissen schon, Handlungsfähigkeit besitzen.

„Jetzt wird die Technologie lebendig.“

Das ist genau die Art von Gerede, die viele Leute beunruhigt. Sie wollen Maschinen Autonomie verleihen – eine Art von Handlungsfähigkeit –, um die Welt zu beeinflussen, und doch wollen

wir sie auch kontrollieren können. Wie bringen Sie diese beiden Dinge unter einen Hut?

Genau das ist das Spannungsfeld. Die Idee ist, dass der Mensch immer das Kommando behalten wird. Im Grunde geht es darum, Grenzen zu setzen, Grenzen, die eine KI nicht überschreiten kann. Und dafür zu sorgen, dass diese Grenzen nachweisbare Sicherheit schaffen, und zwar vom eigentlichen Code über die Art und Weise, wie sie mit anderen KI – oder mit Menschen – interagiert, bis hin zu den Motiven und Anreizen der Unternehmen, die die Technologie entwickeln. Und wir sollten herausfinden, wie unabhängige Institutionen oder sogar Regierungen direkten Zugang erhalten, um sicherzustellen, dass diese Grenzen nicht überschritten werden.

Wer legt diese Grenzen fest? Ich nehme an, sie müssten auf nationaler oder internationaler Ebene festgelegt werden. Wie werden sie vereinbart?

Ich meine, im Moment werden sie auf internationaler Ebene mit verschiedenen Vorschlägen für neue Aufsichtsinstitutionen in Umlauf gebracht. Aber Grenzen werden auch auf der Mikroebene gezogen. Sie werden Ihrer KI eine begrenzte Erlaubnis erteilen, Ihre persönlichen Daten zu verarbeiten, Ihnen Antworten auf einige Fragen zu geben, auf andere aber nicht.

Generell denke ich, dass es bestimmte Fähigkeiten gibt, mit denen wir in absehbarer Zukunft sehr vorsichtig sein sollten, wenn wir sie nicht sogar ganz ausschließen sollten.

Der Chatbot Pi ist darauf trainiert, höflich und mitfühlend zu sein, und soll jede Form von Toxizität verweigern.

„Ich glaube, dass es möglich ist, KI zu entwickeln, die unser bestes kollektives Selbst widerspiegelt und gerechtere Kompromisse in unserem Namen eingeht.“

Wie zum Beispiel?

Ich denke, Dinge wie rekursive Selbstverbesserung. Sie wollen doch nicht, dass Ihre kleine KI loslegt und ihren eigenen Code aktualisiert, ohne dass Sie die Kontrolle darüber haben. Vielleicht sollte das sogar eine genehmigungspflichtige Tätigkeit sein – so wie der Umgang mit Anthrax oder nuklearem Material.

Wir haben Drohnen im öffentlichen Raum verboten, richtig? Man kann sie nicht ohne Genehmigung fliegen lassen, wo man will, weil sie die Privatsphäre der Menschen bedrohen. Ich glaube, alle haben die totale Panik, dass wir nicht in der Lage sein werden, das zu regulieren. Das ist einfach Unsinn. Wir werden auf jeden Fall in der Lage sein, dies zu regulieren. Wir werden dieselben Rahmenbedingungen anwenden, die sich bereits bewährt haben.

Aber Sie sehen Drohnen am Himmel fliegen. Es erscheint naiv anzunehmen, dass die Unternehmen einfach offenlegen werden, was sie herstellen. Ist es dann nicht schwierig, eine Regulierung auf den Weg zu bringen?

Wir haben schon viele Dinge im Internet reguliert, oder? Das Ausmaß von Betrug und kriminellen Aktivitäten im Internet ist minimal. Bei Spam haben wir ziemlich gute Arbeit geleistet. Generell hat sich das Problem der Rache-Pornos verbessert, auch wenn es vor drei bis fünf Jahren noch sehr schlimm war. Es ist ziemlich schwierig, radikalisierte In-

halte oder terroristisches Material online zu finden. Es ist ziemlich schwierig, Waffen und Drogen online zu kaufen.

[Nicht alle Behauptungen von Suleyman werden von Zahlen belegt. Cyberkriminalität ist immer noch ein massives globales Problem. Einigen Schätzungen zufolge haben sich die finanziellen Kosten allein in den USA in den letzten zehn Jahren mehr als verdreifacht. Aus Berichten geht hervor, dass die Wirtschaft mit nicht einvernehmlich hergestellten Deepfake-Pornos boomt. Drogen und Waffen werden über die sozialen Medien vermarktet. Und obwohl einige Online-Plattformen dazu angehalten werden, schädliche Inhalte besser herauszufiltern, könnten sie noch viel mehr tun.]

Es ist also nicht so, dass das Internet ein unkontrollierter Raum ist. Es wird regiert. Und die Künstliche Intelligenz wird nur eine weitere Komponente unter dieser Regierung sein. Es bedarf einer Kombination aus kulturellem Druck, institutionellem Druck und natürlich staatlicher Regulierung. Aber es stimmt mich optimistisch, dass wir es schon einmal geschafft haben und es wieder schaffen können.

Die Kontrolle der KI wird ein Ableger der Internetregulierung sein – das ist ein weitaus positiverer Ton als der, den wir in letzter Zeit von einer Reihe prominenter Schwarzmauler gehört haben.

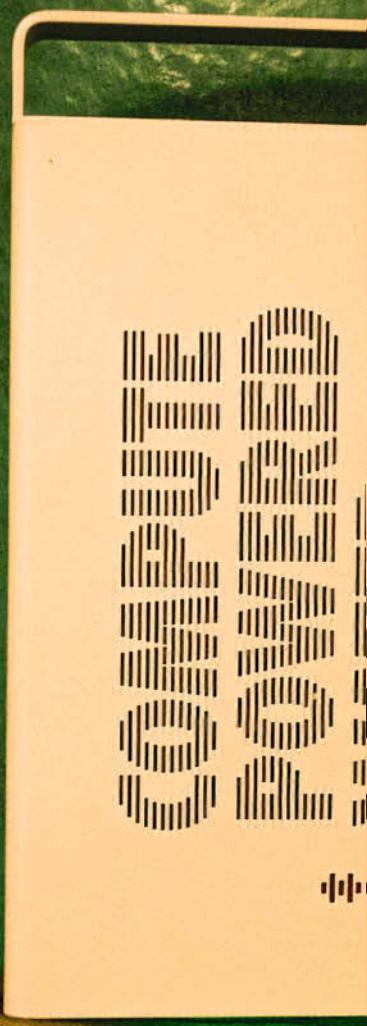
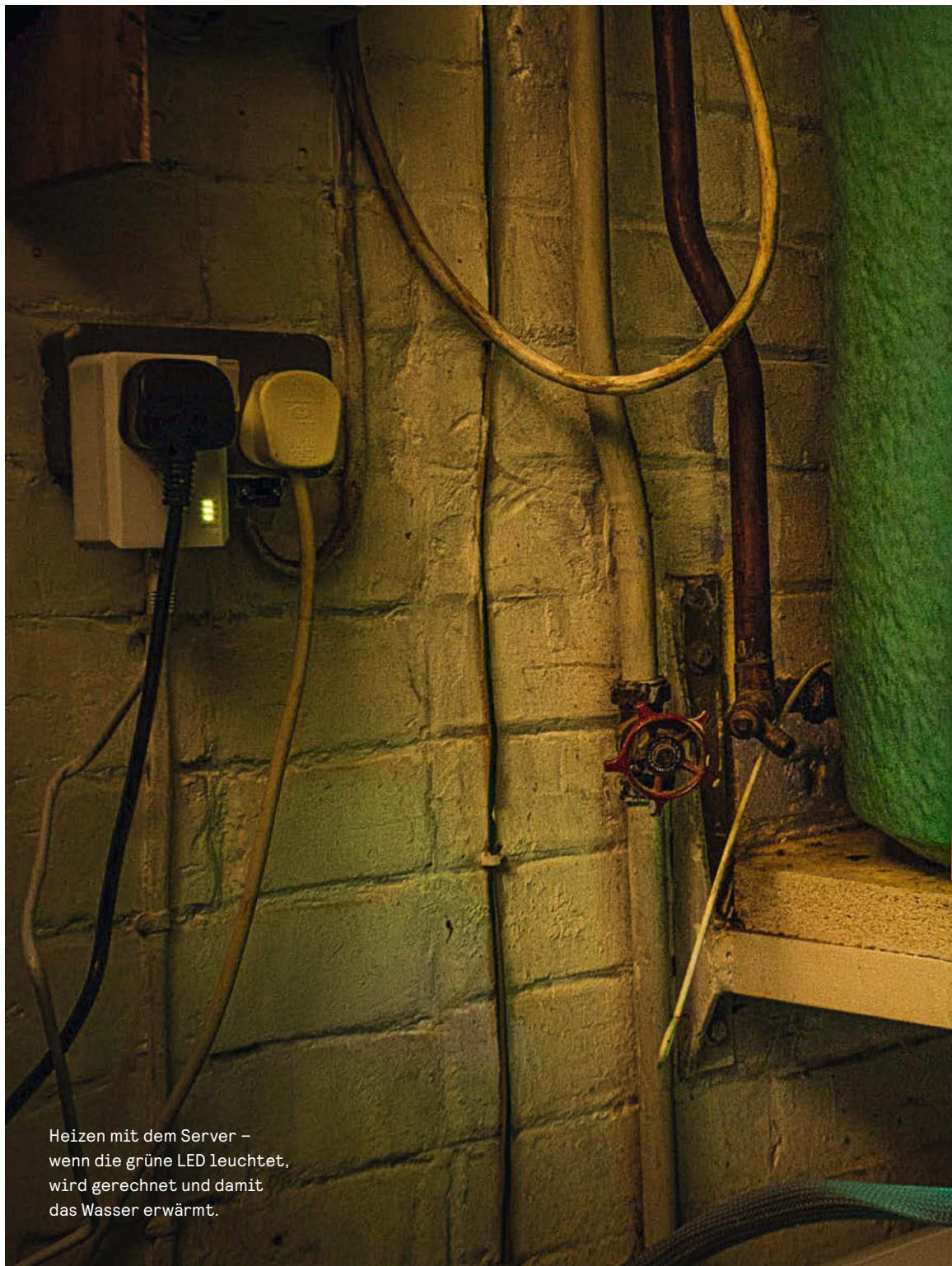
Ich bin aufmerksam, was die Risiken angeht. In meinem Buch geht es um eine Menge dunkler Dinge. Ich sehe

das auch. Ich denke nur, dass die Diskussion um existentielle Risiken eine völlig überzogene Ablenkung ist. Es gibt 101 praxisbezogene Themen, über die wir alle sprechen sollten, vom Datenschutz über Befangenheit und Gesichtserkennung bis hin zur Online-Moderation.

Wir sollten uns einfach darauf besinnen, dass wir bei der Regulierung hochkomplexer Dinge hervorragende Arbeit geleistet haben. Schauen Sie sich die Federal Aviation Administration an: Es ist unglaublich, dass wir alle in diesen Blechröhren auf zwölf Kilometer Höhe steigen, und es ist eine der sichersten Transportarten überhaupt. Warum feiern wir das nicht? Oder denken Sie an Autos: Jedes Bauteil wird auf Herz und Nieren geprüft, und man muss einen Führerschein haben, um es fahren zu dürfen.

Einige Branchen – wie Fluggesellschaften – haben sich von Anfang an gut selbst reguliert. Sie wussten, dass, wenn sie sich nicht um die Sicherheit kümmerten, alle Angst bekämen und sie ihr Geschäft verlieren würden. Aber man braucht auch eine Regulierung von oben nach unten. Ich liebe den Nationalstaat. Ich glaube an das öffentliche Interesse, ich glaube an den Nutzen von Steuern und Umverteilung, ich glaube an die Macht der Regulierung. Und was ich fordere, ist ein Handeln des Nationalstaates, um seinen Mist in Ordnung zu bringen. Angesichts dessen, was auf dem Spiel steht, ist es jetzt an der Zeit, sich zu bewegen. ●

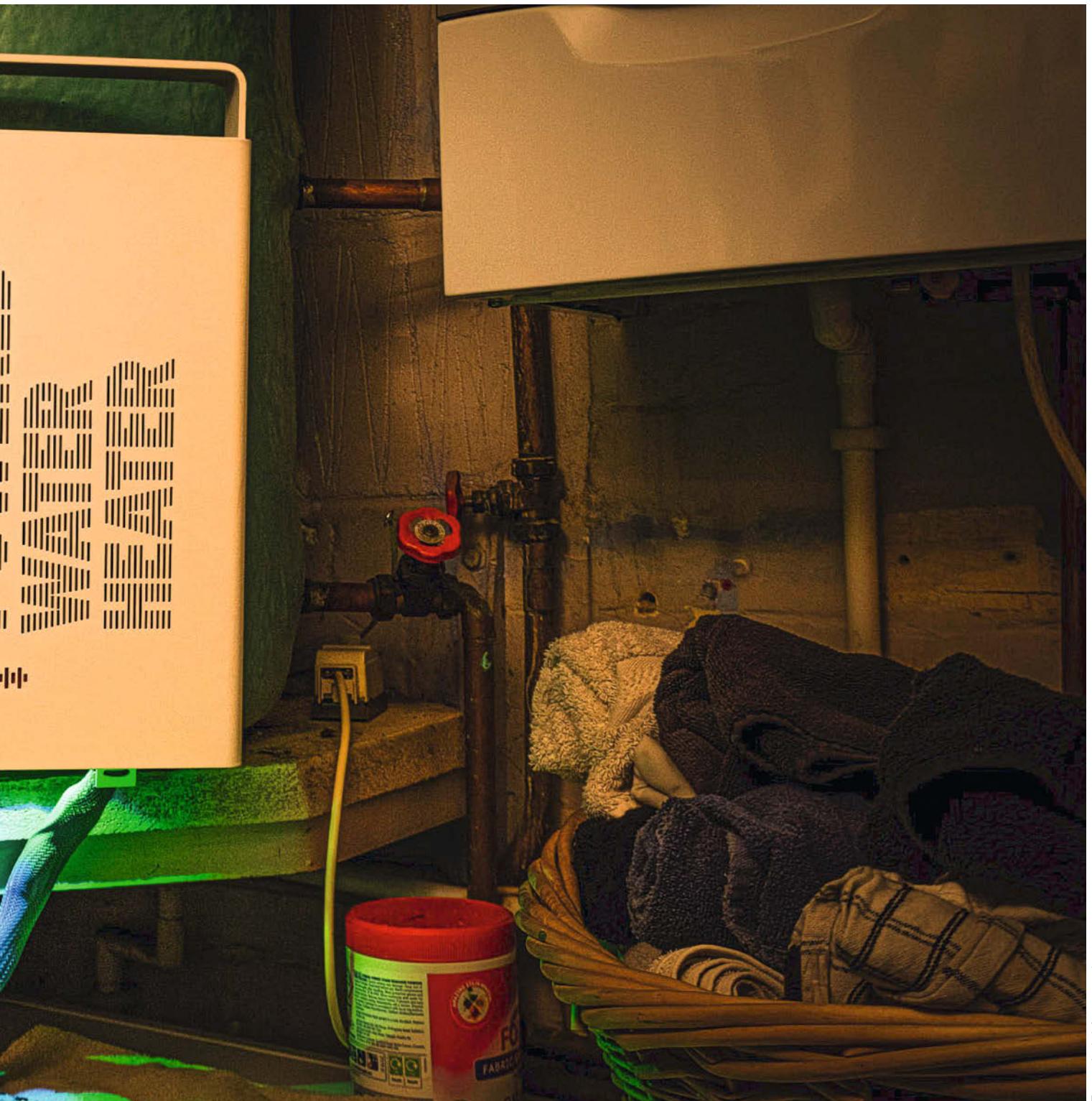
Wärme aus der

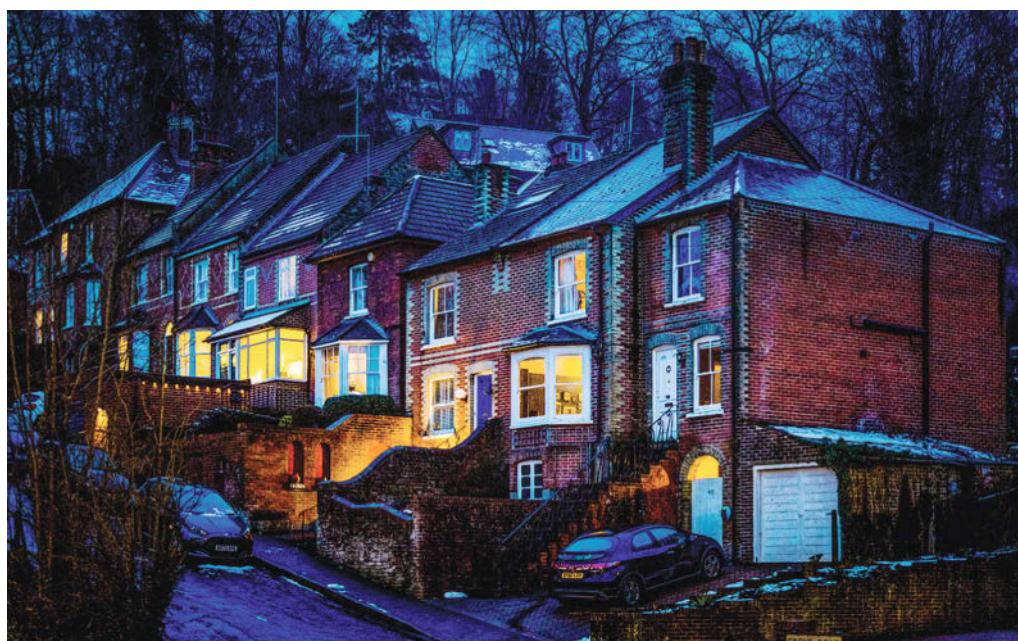


Heizen mit dem Server –
wenn die grüne LED leuchtet,
wird gerechnet und damit
das Wasser erwärmt.

Cloud

Ein Start-up versorgt britische Haushalte mit warmem Wasser aus der Abwärme seiner Cloud-Server. Ein Geschäftsmodell mit Zukunft. – Luigi Avantaggiato (Übersetzung: Jo Schilling)





© Copyright by Heise Medien.

Die typischen Wohnhäuser in Godalming sind schlecht isoliert. Solche Häuser sind im Vereinigten Königreich weit verbreitet, und sie zu heizen, übersteigt die finanziellen Möglichkeiten von etwa vier Millionen Menschen.



Über die Warmwasser-Erzeugung verhindert jeder Server den Ausstoß von einer Tonne CO₂-Äquivalent pro Jahr.

Die Idee, von Computern erzeugte Abwärme zu nutzen, um kostenlos Wasser zu erwärmen, wurde nicht in einem Hightech-Labor geboren, sondern in einer eher heruntergekommenen Landwerkstatt tief in den Wäldern von Godalming, England.

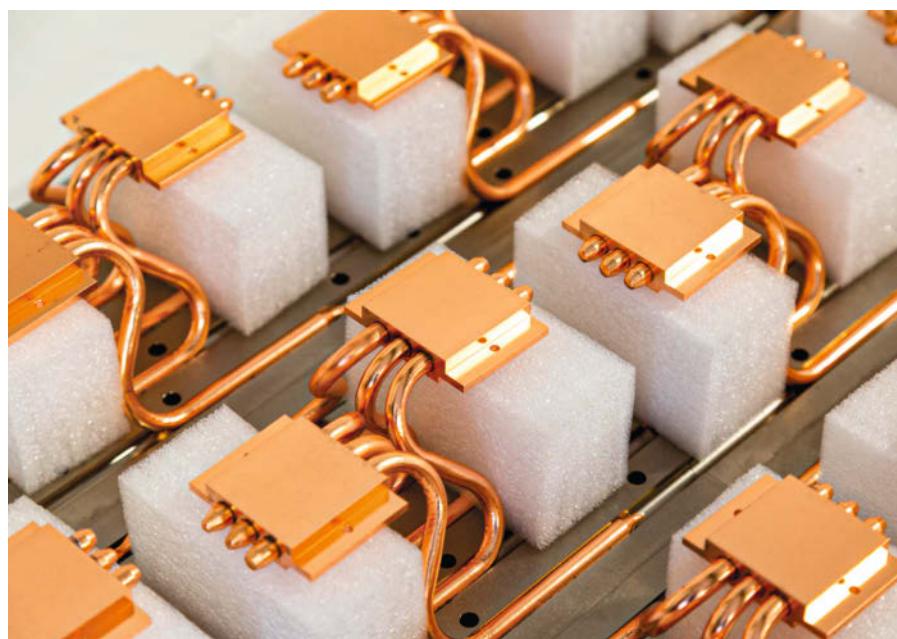
„Die Idee, die Abwärme von Computern zu nutzen, liegt schon seit einiger Zeit in der Luft“, erklärt Chris Jordan, ein 48-jähriger Physiker, aber erst jetzt erlaube die Technologie, dies auch angemessen umzusetzen. „Hier habe ich den Prototyp des Wärmeleiters entwickelt, der die Wärme von den Computerprozessoren in den mit Wasser gefüllten Zylinder leitet“, sagt er und öffnet die Tür seiner Werkstatt, in der ein 90-Liter-Elektroboiler steht. „Wir haben erste Tests gemacht, und dann war uns klar, dass es funktionieren könnte.“ Jordan ist Mitbegründer und Technischer Leiter von Heata, einem englischen Start-up, das ein innovatives Cloud-Netzwerk entwickelt hat, bei dem Computer an die Heizkessel in den Wohnungen der Menschen angeschlossen werden.

Neben dem Heizkessel steht ein Computer mit einem Aufkleber: „Dieser leistungsstarke Computerserver überträgt seine Prozessorabwärme auf das Wasser in Ihrem Speicher.“ Das grüne LED-Licht zeige an, dass der Kessel in Betrieb sei, erklärt Jordan. „Die Maschine empfängt Daten und verarbeitet sie. Auf diese Weise sind wir in der Lage, das Äquivalent von 4,8 Kilowattstunden Warmwasser zu übertragen, was in etwa dem Tagesverbrauch einer durchschnittlichen Familie entspricht.“

Wer sich bei Heata anmeldet, dem stellt das Unternehmen einen Server in der Wohnung auf, der über das Wi-Fi-Netz mit ähnlichen Servern in anderen Wohnungen verbunden ist. Sie alle verarbeiten Daten von Unternehmen, die Heata für Cloud-Computing-Dienste in Anspruch nehmen. Über die Warmwasser-Erzeugung verhindert jeder Server den Ausstoß von etwa einer Tonne Kohlendioxid-Äquivalent pro Jahr – und spart den Hausbesitzern durchschnittlich 250 Pfund pro Jahr für Warmwasser. Das ist ein beachtlicher Preisvorteil in einer Region, in der sich

In Godalming in der Grafschaft Surrey leben etwa 21 000 Menschen. Hier ist die Idee zu Heata entstanden – aus der Not heraus.

Fotos: Luigi Avantaggiato



© Copyright by Heise Medien.

Eine Charge Wärmeleiter im Heata-Labor.



Dave ist Funktechniker bei Heata und testet den Serverbetrieb im Heata Labor.



Chris Jordan, der Technische Leiter von Heata, in seiner Werkstatt.



Andrew, ein Maschinenbauingenieur, installiert das Heata-Gerät in einer Wohnung in Surrey. Bei einer Auslastung von 75 Prozent wird es etwa 80 Prozent des Warmwassers liefern, das ein durchschnittlicher britischer Haushalt benötigt.

13 Prozent der Einwohner keine Heizung leisten können. Das Heata-Experiment, das durch einen Zuschuss von Innovate UK, einer nationalen Regierungsbehörde, finanziert wurde, ist in der Grafschaft Surrey seit über einem Jahr aktiv. Bislang wurden 80 Geräte installiert und weitere 30 sollen bis Ende Oktober mit einem Heizkessel ausgestattet werden.

Die Lösung von Heata sei „besonders elegant“, sagt Mike Pitts,stellvertretender Direktor von Innovate UK, denn sie sei eine Möglichkeit, „Strom doppelt zu nutzen – für die Bereitstellung von Dienstleistungen für eine schnell wachsende Branche, das Cloud-Computing, und von Warmwasser für den Haushalt“. Das Start-up ist jetzt Teil der Innovate UK's Net Zero Cohort: Es gilt als zentrales Element, um eine Wirtschaft zu fördern, die Kohlenstoffemissionen entweder eliminiert oder durch andere Technologien ausgleicht.

Das Verfahren von Heata ist einfach, bedeutet aber einen radikalen

Wandel hin zu einem nachhaltigen Rechenzentren-Management: Statt mit Ventilatoren – was teuer und energieintensiv ist – werden die Computer über eine patentierte Wärmebrücke gekühlt, die die Wärme von den Prozessoren zur Kesselhülle transportiert. Und statt mit einem Rechenzentrum an einem energieintensiven Standort zu arbeiten, fungiert Heata als Vermittler für die Datenverarbeitung: Es nimmt Arbeitspakete entgegen und verteilt sie zur Prozessierung an lokale Häuser. Unternehmen, die Daten verarbeiten müssen, nutzen das Heata-Netz als nachhaltige Alternative zur herkömmlichen Datenverarbeitung.

Das Unternehmen hat etwas geschaffen, das der Designer und Mitbegründer von Heata, Mike Paisley, als diffuses Rechenzentrum bezeichnet. Anstatt ein Gebäude mit vielen Servern zu kühlen, erklärt er, „verlagert unser Nachhaltigkeitsmodell die Datenverarbeitung dorthin, wo Wärme benötigt wird, und nutzt thermische Energieabfälle, um kosten-

loses Warmwasser für diejenigen bereitzustellen, die es benötigen.“

Die am Heata-Experiment beteiligten Personen sind sehr unterschiedlich, was Alter und Haushaltssammensetzung betrifft. Ebenso vielfältig sind ihre Gründe für die Teilnahme: die Notwendigkeit, Geld zu sparen; Liebe zur Umwelt; der Wunsch, einen Beitrag zum Kampf gegen den Klimawandel zu leisten, oder auch schlicht die Faszination, zu sehen, wie ein Computer Wasser erhitzt.

Zu den zufriedenen Kunden gehört auch Helen Whitcroft, Bürgermeisterin von Surrey Heath. „Wir haben schon vor vielen Jahren damit begonnen, unseren ökologischen Fußabdruck zu verringern, indem wir Photovoltaikanlagen installiert haben“, sagt sie. „Vor Kurzem haben wir Batterien gekauft, um die von uns erzeugte Energie zu speichern. Auch die Neugierde hat uns angetrieben: Es schien nicht möglich, mit einem Computer Wasser zu erhitzt, aber es funktioniert.“ ●

Veränderte Bedingungen

An dieser Stelle blicken wir auf frühere Artikel der MIT Technology Review zurück, die heute wieder aktuell sind. Diesmal: synthetische Drogen. – Wolfgang Stieler

„Die Zahl neuer Drogen steigt rasant“, verriet Ana Gallegos, Chemikerin beim Europäischen Drogenüberwachungszentrum EMCDDA, Technology Review im Februar 2012. „Sie arbeitet für das EU-Frühwarnsystem, das neue psychoaktive Stoffe so schnell wie möglich aufspüren und verbieten lassen soll – und ist in letzter Zeit eine viel beschäftigte Frau“, schrieb TR. Neben den sogenannten Cathinonen – der Name leitet sich von einer Substanz ab, die im Kathstrauß vorkommt – und synthetischen Cannabinoïden besorgte die Experten vor allem die schnell wachsende Zahl völlig neuer synthetischer Drogen. Die meisten davon stammten vermutlich aus chinesischen Laboren. „Das Sortiment wechselt mit schwindelerregendem Tempo. Im Monatstakt, manchmal sogar von Woche zu Woche tauchen neue Stoffe auf, andere verschwinden wieder.“

Elf Jahre später hat sich das Bild gewandelt. Vor allem die veränderte geopolitische Lage hat zu einer Verlagerung illegaler Produktionskapazitäten und Handelswege geführt. Bei der Produktion synthetischer Cathinone, die in der Szene als „Badesalz“ bekannt sind, „deutet sich eine Verlagerung in andere Länder an“, heißt es im *European Drug Report 2022* des EMCDDA, „hin zu einer stärkeren Beteiligung anderer Länder mit Kapazitäten in der chemischen oder pharmazeutischen Industrie“ – auch in Europa.

Dazu kommen veränderte politische Rahmenbedingungen: Neben den Niederlanden tolerieren in Europa mittlerweile eine Reihe anderer Länder den Cannabiskonsum – auch in Deutschland wird eine Legalisierung vorbereitet. Während die synthetischen Cannabinoïde 2012 überwiegend als quasi legale Alternative zu illegalen Cannabisprodukten verkauft wurden, werden sie mittlerweile, weil billig herzustellen, überwiegend

in „gefälschten“ Cannabisprodukten aus Industrie-Hanf eingesetzt. Doch das ist nicht minder gefährlich, denn viele der synthetischen Cannabinoïde wirken sehr viel stärker als natürliches Cannabis.

Unabhängig davon gibt es seit rund zehn Jahren in der Forschung ein neu erwachtes Interesse an synthetischen Drogenklassikern und ihren natürlichen Pendants: MDMA, LSD und halluzinogene Pilze. Im Fokus steht vor allem die therapeutische Wirkung der Psychedelika. Denn die etablierten Medikamente, etwa gegen Depressionen, dämpfen ganz allgemein das Gefühlsempfinden. Zudem wirken sie bei einem Teil der Betroffenen nicht.

US-Forscher kombinierten beispielsweise die konventionelle Behandlung von Patienten mit Posttraumatischer Belastungsstörung (PTBS) mit der Gabe von MDMA, das auch als Partydroge Ecstasy bekannt ist. Von den 90 Patienten, die an der Studie teilnahmen, zeigten 67 Prozent zwei Monate nach der Behandlung in der MDMA-Gruppe keine PTBS mehr, verglichen mit 32 Prozent in der Placebogruppe. Andere verwendeten erfolgreich Psilocybin, um eine Alkoholabhängigkeit zu behandeln. Die bislang umfangreichste Studie erschien im November 2022 im *New England Journal of Medicine*. Darin wurden 233 Probanden mit einer behandlungsresistenten Depression mit Psilocybin behandelt. Bei 29 Prozent der Teilnehmenden gingen die Symptome zurück.

Seit einigen Jahren gibt es daher vor allem in den USA eine Diskussion um die Legalisierung halluzinogener Substanzen für medizinische Zwecke. Die pharmazeutische Industrie scheint nicht abgeneigt, allerdings sind noch viele Fragen offen. So wirken sich Psychedelika nachteilig auf die Kognition und das Reaktionsvermögen aus. Und einige Personen entwickeln sogar Psychosen. ●



TR 2/2012: Drogen aus dem Labor sind noch immer gefährlich – bieten aber auch neue Chancen.

Die der Kirche karto raphin

Die katholische Kirche ist eine der größten Grundeigentümerinnen der Welt – und damit ein relevanter Faktor im Kampf gegen den Klimawandel. Molly Burhans nutzt geografische Datenbanken und Künstliche Intelligenz, um erst einmal zu klären, was der Kirche gehört. – Whitney Bauck (Übersetzung: Gregor Honsel)

Als Molly Burhans mit der Kartierung des weltweiten Grundbesitzes der katholischen Kirche begann, erschien ihr die Idee so naheliegend, dass sie sicher war, dass jemand anderes bereits damit begonnen haben musste. Sie studierte damals Ökologisches Design und hatte gerade eine Einführung in Geografische Informationssysteme (GIS) erhalten. Und sie war eine gläubige Katholikin, die gerne Zeit mit Nonnen verbrachte. Beim Besuch eines Klosters mit einer riesigen ungenutzten Wiese begann sie darüber nachzudenken, wie viel Land die Kirche besitzt und wie dieses Land dem Klima helfen könnte, wenn es verantwortungsvoll bewirtschaftet würde.

„Die katholische Kirche ist der größte nicht staatliche Anbieter von Gesundheitsfürsorge, der größte nicht staatliche Anbieter von Bildung und das zweitgrößte Netzwerk für humanitäre Hilfe in der Welt – es wird nur übertroffen, wenn man alle UN-Mitgliedsorganisationen zusammenzählt“, sagt sie und spielt mit ihrer Halskette, an der ein Bild von Hildegard von Bingen hängt. „Ich dachte mir: ‚Die müssen auch das größte Naturschutznetzwerk der Welt haben. Ich werde herausfinden, wer das leitet.‘“

SEIT 1901 KEINE KARTE MEHR AKTUALISIERT

Was sie stattdessen herausfand, als sie 2014 mit ihrer Arbeit begann: Die Kirche besaß nicht nur kein solches Netzwerk; die meisten kontaktierten Pfarreien hatten noch nicht einmal Aufzeichnungen über ihren eigenen Grundbesitz – eine Folge des Alters und der dezentralen Organisation der Institution.

Das Problem reicht bis ganz nach oben. Der weltweite Landbesitz der katholischen Kirche wird auf 72 Millionen Hektar geschätzt, aber so genau weiß das niemand. Bei einer Audienz im Vatikan versuchte sie, Zugang zu Unterlagen zu bekommen, um Karten zu vervollständigen, die sie bereits mit freiwilligen Yale-Studenten aus öffentlichen Daten erstellt hatte. Dabei musste Burhans feststellen, dass seit 1901 keine der vatikanischen Karten mehr aktualisiert worden war.

Diese Lücke versucht Burhans, die heute 33 Jahre alt ist und an der Columbia University in New York unterrichtet, mit ihrer Organisation GoodLands zu schließen. Sie nutzt das GIS-Programm ArcMap und maschinelles Lernen, um den kirchlichen Besitz zu kartieren, zu kategorisieren und Maßnahmen für ein verantwortungsvolles Landmanagement vorzuschlagen.

GIS ist unter anderem deshalb so mächtig, weil es verschiedene Karten zu einer Art Superkarte zusammenführt: Grundstückswerte, Wassereinzugsgebiete, Eigentumsgrenzen, Bodentypen, indigenes Land, Baumbestand, Lebensräume gefährdeter Arten und vieles mehr.

„Bei der Verbindung von menschlichen Aktivitäten und dem Planeten können Mapping und Analytik helfen, die Herausforderungen des Klima-



Molly Burhans ist als junge Frau eher eine Außenseiterin in der männerdominierten katholischen Kirche. Trotzdem hat die Einzelkämpferin schon einiges bewegt.

wandels zu lösen“, sagt Jack Dangermond, Gründer und Präsident des bekannten GIS-Anbieters Esri. Burhans’ Arbeit sei bemerkenswert, weil sie „diese Technologien für eine nachhaltigere Landbewirtschaftung einsetzt“.

Dazu identifiziert GoodLands zunächst, welche Flächen einer bestimmten Diözese gehören könnten, und ordnet sie Kategorien zu (Krankenhaus, Universität oder Exerzitienhaus; städtisch oder ländlich; flach oder bergig). Anschließend schlägt maschinelles Lernen Optionen für eine verantwortungsvolle Bewirtschaftung vor, an denen sich Priester oder Äbtissinnen orientieren können.

Wenn eine Diözese beispielsweise mit begrenzten Mitteln zur Aufforstung ihrer Region beitragen möchte, kann GoodLands mithilfe von GIS-Karten Hinweise geben, wie sie einen maximalen Nutzen für die Umwelt erzielen kann. „Wenn man 500 Bäume in einer bewaldeten Vorstadt pflanzt, hat das eine um Größenordnungen geringere Wirkung als 15 Bäume in einem Stadtviertel ohne Wald“, sagt Burhans.

AUFMERKSAMKEIT VOM PAPST

Seit der Gründung von GoodLands im Jahr 2015 haben Burhans’ Aktivitäten ihr die Aufmerksamkeit des Papstes und des Weltwirtschaftsforums eingebracht sowie eine Reihe von Preisen, darunter den Young Champion of the Earth Award der UN, ein Ashoka Fellowship und den EarthCare Award des Sierra Club.

„Sie war die Einzige, die die Welt nicht in Form von Ländern sah, sondern in Form von Insti-

tutionen“, sagt Carl Steinitz, emeritierter Harvard-Professor für Landschaftsarchitektur. „Es ist eine große Idee für eine große Institution – von einer sehr jungen, intellektuell aggressiven Forscherin, mit einem enormen potenziellen Nutzen auf globaler Ebene, sowohl für den Vatikan als auch für die ganze Gesellschaft.“

„Meine ursprüngliche Vision war: ‚Ich werde den Diözesen helfen, ihr Land zu kartieren und dadurch Naturschutz zu ermöglichen‘“, sagt Burhans. „Und wir werden damit beginnen, so etwas wie Nationalparks aufzubauen – aber eben katholische Parks.“

Burhans wurde als Tochter einer Informatikprofessorin und eines Krebsforschers geboren. Datenanalyse und die Sprache der Wissenschaft bildeten den Hintergrund ihrer Kindheit. Von klein auf war sie eine visuelle Denkerin, spielte mit Photoshop und Dreamweaver; mit 14 Jahren erstellte sie wissenschaftliche Grafiken, die ihr Vater in seinen Papers veröffentlichte.

Die Forschung ihres Vaters über das Altern von Nacktmullen und die Vorstellung, dass Wissenschaft die Alterung eines Tages verlangsamen oder gar umkehren könnte, brachten sie zur Religion: „Ich glaube, dass wir aus Liebe hierhergebracht wurden, und ich glaube an ein absichtsvolles Wesen, das dahinter steht.“ Dieses Wesen, so glaubte sie, sei Gott.

Nachdem sie zwei Jahre lang Altgriechisch studiert hatte, um das Glaubensbekenntnis von Nicäa, eine der ältesten Formulierungen des christlichen Glaubens, übersetzen zu können, wandte sich Burhans dem Katholizismus zu. Sie hatte ihn schon als Kind kennengelernt, bevor ihre Familie den Gottesdienstbesuch einstellte, als sie sieben Jahre alt war.

Zu ihrer Mission wurde es bald, herauszufinden, wie man „in einer Gesellschaft lieben kann, in der man so gut wie nichts tun kann, ohne anderen zu schaden“. Diese Frage veranlasste sie zu einer sechsmonatigen Reise durch Guatemala, wo sie Wandmalereien schuf und ehrenamtlich in Suppenkü-

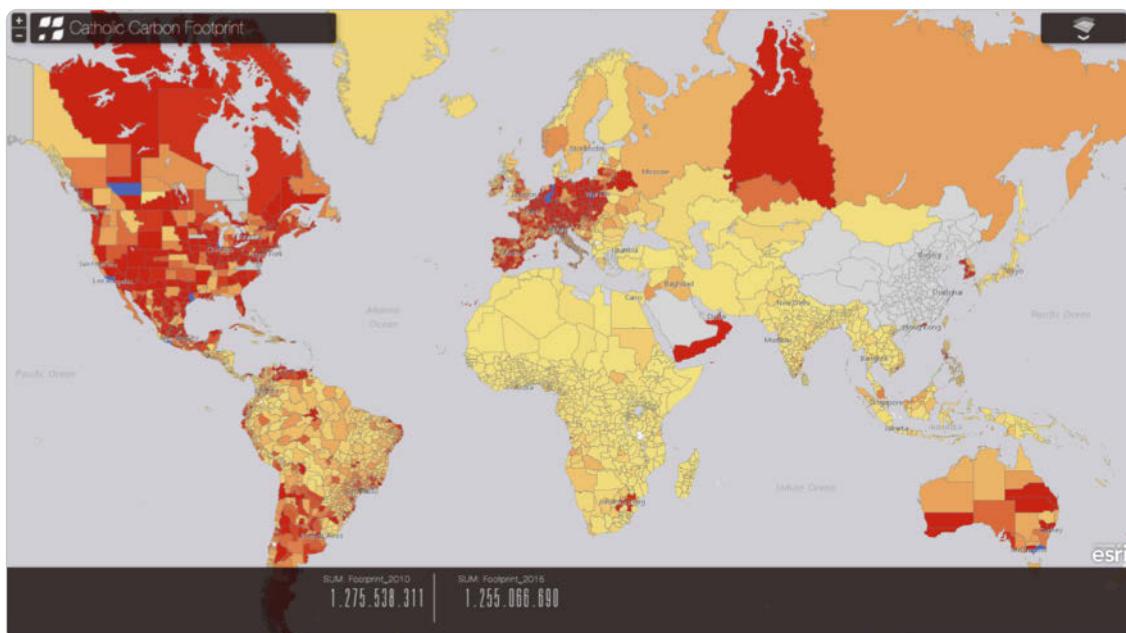
chen arbeitete. Zurück in ihrer Heimatstadt Buffalo machte sie am Canisius College ihren Abschluss in Philosophie und Tanz.

In Buffalo verkehrte sie mit Punks, Hausbesetzern und Freigeistern, die in den vielen verlassenen Gebäuden der Stadt lebten, sie in einigen Fällen auch renovierten, und sich von weggeworfenen Lebensmitteln aus Müllcontainern ernährten. Dabei begann sie zu erkennen, was sie „die Macht des Eigentums“ nennt. Sie beteiligte sich an der Gründung eines Unternehmens namens Gro-Op, einer vertikalen Indoor-Aquaponic-Farm in einem alten Industriegebäude. Obwohl Burhans mittlerweile nicht mehr daran beteiligt ist, versorgt Gro-Op die Anwohner immer noch mitten in einer Lebensmittelwüste, in der viele nur bedingt Zugang zu Lebensmittelgeschäften haben, mit frischem Fisch und Gemüse.

Ihre Erfahrungen nahm sie mit in ein Masterprogramm für Ökologisches Design an der Conway School in Massachusetts. Dort wurde sie zum ersten Mal mit GIS vertraut gemacht, was ihr als „einer der besten Tage meines Lebens“ in Erinnerung bleiben sollte. „Es war, als hätte jemand die Art und Weise, wie mein Verstand arbeitet, in Software übertragen“, sagt sie. 2015 schloss sie ihr Studium ab und gründete GoodLands mit 7000 Dollar aus ihrem Studienkredit, wobei sie die ersten Projekte pro bono übernahm und versuchte, der katholischen Führung das Potenzial ihrer Methode begreiflich zu machen.

BEDARF AN BILDUNG UND KATASTROPHENHILFE LOKALISIEREN

Und GoodLands hatte eine Menge zu bieten. Kombinierte Karten von Grundstücken in katholischer Hand und von öffentlichen Schulbezirken konnten beispielsweise katholischen Organisationen zeigen, wo eine neue Schule den lokalen Bildungsbedarf am besten decken würde. In Zukunft könnte GoodLands auch Hilfsorganisationen Hinweise geben, an welchen



Übersicht über den CO₂-Fußabdruck der katholischen Diözesen. Die Bistümer mit den höchsten Fußabdrücken sind blau dargestellt.

Der weltweite Landbesitz der katholischen Kirche wird auf 72 Millionen Hektar geschätzt, aber so genau weiß das niemand.

Orten Katastrophenhilfe benötigt wird, indem es die Daten miteinander kombiniert, wo es eine Kirche gibt und wo die größte Not herrscht.

Burhans Arbeit ist politisch vielleicht noch anspruchsvoller als technisch, sagt Steinitz: „Man muss unheimlich viel graben. Man muss sich mit Orten befassen, für die es keine Karten gibt und keine Eigentumsdefinitionen. Versuchen Sie mal, das in Zentralafrika zu machen.“ Außerdem, fügt er hinzu, sei Burhans als junge Frau in der katholischen Kirche, in der ältere Männer das Sagen haben, „die totale Außenseiterin“.

Dennoch hat sie sich auf diesen Ebenen Anerkennung verschafft. Nicht lange, nachdem sie mit der Kartierung begonnen hatte, veröffentlichte Papst Franziskus seine bahnbrechende Enzyklika *Laudato Si'*, die der Klimaaktivist und Schriftsteller Bill McKibben als „das wichtigste Dokument über den Klimawandel im letzten Jahrzehnt“ bezeichnete. Franziskus hat sich in den vergangenen Jahren den Beinamen „Klimapapst“ verdient, weil er sowohl innerhalb der Kirche als auch auf der Weltbühne eine führende Rolle bei diesem Thema spielt. So hat er bei den Vereinten Nationen vor den Staats- und Regierungschefs der Welt eindringlich auf die Notwendigkeit des Klimaschutzes hingewiesen.

Mit einem starken Gefühl gemeinsamer Werte rund um die „Sorge für unser gemeinsames Haus“ bat Burhans den Vatikan um eine offizielle Genehmigung für ihre Arbeit. 2018, nachdem sie mehrfach nach Rom gereist war, genehmigte ihr der Papst die Gründung eines Kartografie-Instituts. Das angebotene Budget war für eine Realisierung allerdings zu niedrig. Hätte Burhans das Angebot angenommen, wäre sie die erste Frau gewesen, die ein Institut irgendeiner Art im Vatikan leitet.

BEGRENZTES BUDGET UND „VORSEHUNG“

GoodLands arbeitete immer mit einem begrenzten Budget und unter wirtschaftlicher Unsicherheit – und mit dem, was ein guter Katholik „Vorsehung“ nennen würde. In den Anfängen, als Burhans’ Softwarelizenz für Studenten auslief, hörte Esri-Chef Dangermond von ihr und spendete Software im Wert von etwa drei Millionen Dollar (gefolgt von einer Einladung, als Gastforscherin ein Team bei Esri zu leiten, als sie gerade 26 war). Und als sie auf einer Reise nach Rom so pleite war, dass sie befürchtete, vor einem Treffen mit Ministerpräsidenten und Würdenträgern auf der Straße schlafen zu müssen, lud ein Mitarbeiter des Vatikans sie zur Übernachtung in die Domus Sanctae Marthae ein – wo Papst Franziskus selbst lebt.

Die internationale Anerkennung, die sie derzeit schon erlangt hatte, hätte ihr mit ziemlicher Sicherheit irgendwann einen „richtigen Job“ in einem großen Technologiekonzern verschaffen können. Aber Burhans wurde durch Nonnen und religiöse Persönlichkeiten wie Dorothy Day geprägt – Menschen, die sich der „freiwilligen Armut“ verschrieben haben.

ONE-WOMAN-SHOW

Trotz ihrer Bereitschaft, sich von Bohnen und Reis zu ernähren, könnte sie nun einen weiteren Akt der Vorsehung gebrauchen: Am Tag, als sie bei den Vereinten Nationen den renommiertesten Umweltpreis entgegennahm, musste sie ihre zehn Mitarbeiter entlassen, weil unerwartet eine Finanzierung ausfiel. Seitdem ist GoodLands nur noch „die Molly-Show“, ohne weitere Mitarbeiter – was sie, in Verbindung mit einer Reihe von familiären Todesfällen, Long Covid und den Folgen eines Vespa-Unfalls, deutlich ausgebremst hat.

Dennoch hat die Nachfrage nach den Diensten von GoodLands nicht nachgelassen: Es hat derzeit Projekte „über 14 Millionen Dollar in der Pipeline“, sagt Burhans. Aber ohne ein gewisses Vorschusskapital, mit dem sie ein Team einstellen kann, gibt es keine Möglichkeit, all diese Projekte voranzubringen – und Burhans ist nicht bereit, sich auf Investoren einzulassen, die ihre Mission durch das Streben nach einer schnellen Rendite gefährden könnten.

Burhans ist zuversichtlich, dass sie ihr Team wieder zusammenbekommt. Anschließend will sie GoodLands von einer gemeinnützigen Organisation in ein gewinnorientiertes Beratungsunternehmen umwandeln, das sowohl mit katholischen als auch mit weltlichen Organisationen zusammenarbeiten kann. Vor Kurzem hat sie auch den Traum wiederbelebt, ein Kartografie-Institut für den Vatikan zu gründen. Burhans glaubt an das immense Potenzial der Kirche, den Klimaschutz voranzutreiben, insbesondere unter der Leitung dieses klimabewussten Papstes. „Wir brauchen eine Politik, die von dort ausgeht“, sagt sie. „Ich sollte nicht die Ein-Frau-Geospatial-Intelligence-Agency der katholischen Kirche sein.“

Wie auch immer ihr weiterer Weg aussehen mag: Burhans möchte das Engagement des Vatikans für den Klimaschutz in jedem Grundstück der Kirche verankern. „Die Vision, die so viel größer ist als ich, ist diese: Der katholische Naturschutz soll im nächsten Jahrhundert die gleiche Größenordnung erreichen wie die katholische Gesundheitsfürsorge – als das größte Netzwerk, das die Welt je gesehen hat.“ ●

Automatisierung ist längst mehr, als Roboter und Fließbänder in Fertigungshallen zu steuern. Es geht darum, Prozesse miteinander zu verknüpfen. Chatbots, die auf Sprachmodellen wie ChatGPT basieren, werden dabei eine wichtige Rolle spielen. Auch in den Fertigungshallen.

Dossier

THEMA

AUTOMATISIERUNG IN DER INDUSTRIE

- 93 BÜROPROZESSE • Der Hype um Hyperautomatisierung
- 98 SCHULUNG • Ein Bot statt tausend Klicks
- 100 FABRIKAUTOMATISIERUNG • Chatten mit der Maschine

Der Hype um Hyper

Foto: Shutterstock / New Africa

Hyperautomatisierung sei das nächste große Ding in der Automatisierung – sagen Analysten. Damit ist eine umfassende Automatisierung aller Unternehmensprozesse gemeint. Doch die meisten Betriebe sind davon noch Jahre entfernt. – Bernd Müller

Wenn Sie beim Begriff Automatisierung an Maschinen, Roboter und Fließbänder in Fabriken denken: Bitte nicht weiterlesen! In diesem Beitrag geht es um die Automatisierung von digitalen Prozessen – das automatische Schreiben von Rechnungen oder das Übertragen von Daten von Excel ins ERP-System. Tagtäglich verplempern Menschen in Deutschland und weltweit wertvolle Zeit mit solchen repetitiven Tätigkeiten, die Programme genauso gut und viel schneller ausführen könnten. Die IT-Industrie hat dafür „Robotic Process Automation“ erfunden. Kleine Automatisierungen replizieren Routinetätigkeiten tausendfach in Sekundenschnelle. Der Clou: Die Einrichtung dauert meist nur wenige Stunden, der Mitarbeitende in der Fachabteilung, etwa der Controller oder die Personalerin, erstellt sie selbst, ohne Hilfe der IT-Abteilung.

Größere Unternehmen sind bereits auf den RPA-Zug aufgesprungen, kleine und mittelständische Unternehmen entdecken die Vorteile erst langsam. Die nächste Evolutionsstufe nach Automation soll nun Hyperautomation sein – das voll automatisierte, digitale Unternehmen, in dem nicht nur RPA-Prozesse entlang von Wertschöpfungsketten, intern wie extern, ineinander greifen wie in einem komplizierten Uhrwerk, sondern auch Compliance-Regeln abgebildet und mobiles Arbeiten ermöglicht werden.

Ist Hyperautomation das neue Buzzword im ewigen Rennen um den nächsten heißen Trend? Im Wortsinn bedeutet „hyper“ so viel wie „übertrieben“ und genau da liegt das Problem. Versprochen werden Vorteile, die selbst große Unternehmen erst in einigen Jahren erreichen werden, kleinere Betriebe eher nie. Inzwischen haben die Analysten von Forrester den Begriff „Automation Fabric“ in den Ring geworfen, womit eine Art Automatisierungsschleier gemeint ist, der sich über einzelne Digitalisierungsansätze legen soll.

Keine Frage: Hyperautomation – oder wie immer man diesen Trend nennen möchte – ist der nächste logische Schritt nach RPA. Doch auch RPA ist umstritten: In einer Abfolge aus langsamen Arbeitsschritten automatisieren und beschleunigen die Mitarbeitenden nur einen dieser Schritte. Doch diese Beschleunigung bringt nichts, wenn die Schritte davor und danach so langsam bleiben wie eh und je.

KLEINE SCHRITTE

Beim Einstieg in die Automatisierung empfiehlt es sich, erst mit einem kleinen Problem zu beginnen und sich von dort in Schritten den großen Brocken

zu nähern. So hat es eine Privatbrauerei in Österreich gemacht. Dort gab es Ärger mit unzähligen Excel-Dateien, die händisch befüllt wurden und Quelle von Fehlern waren. Das geschieht nun automatisiert und fehlerfrei. Ein weiteres Beispiel ist das Onboarding eines neuen Mitarbeitenden – ein komplexer Prozess, in den viele Abteilungen involviert sind. Warum nicht einzelne Schritte anstoßen, etwa die automatische Bestellung des passenden Computers oder eines Blumenstraußes für den ersten Arbeitstag?

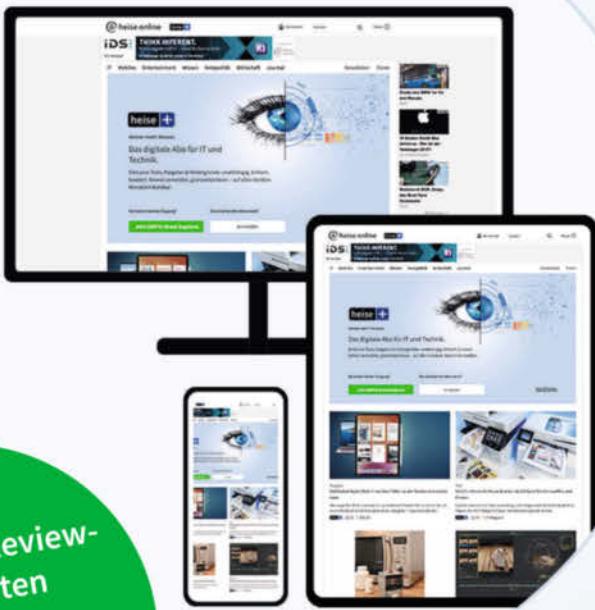
Hyperautomation braucht eine Strategie, die vom Management getragen wird, und sie braucht Koordination. Diese Rolle kann ein Center of Excellence übernehmen, das gemeinsam mit den Nutzern entscheidet, was automatisiert werden soll. Außerdem stellt es Regeln auf, etwa zur Cybersicherheit. Im Center of Excellence sind neben ITlern auch andere Fachbereiche vertreten, die meisten Mitglieder stammen aus den Geschäftsbereichen und sind mit den Businessprozessen vertraut.

Im Wortsinn bedeutet „hyper“ so viel wie „übertrieben“ und genau da liegt das Problem.

Viele Unternehmen haben ein ERP-System von SAP im Einsatz und wollen dort Prozesse automatisieren. Das geht, braucht aber aufwendige Anpassungen. Mit RPA können Kunden dagegen ein nicht angepasstes SAP verwenden und eine eigene Prozessorchestrierung darüberlegen. Der Controller oder die Personalerin bauen sich ihre Automatisierung selbst, nach den Regeln, die das Center of Excellence erarbeitet hat, die IT berät. Die Hürden sind niedrig. Für RPA braucht es keine teuren Softwarepakete, einfache Tools lassen sich meist aus dem Budget einer Abteilung finanzieren oder der Anwender greift gleich auf Microsoft Power Automate zurück, das einfache Workflows automatisiert und in Office-Abonnements enthalten ist.

Ohne die zentrale Koordination kann RPA – und mehr noch Hyperautomation – leicht aus dem Ruder laufen. Alexander Steiner von MetaProc, einem Unternehmen für Digitalisierung und Automatisierung, kennt Fälle bei Kunden, wo Mitarbeitende fleißig Automatisierungen bauten und die IT-Abteilung bewusst darüber im Unklaren ließen, weil es ihnen sonst zu lange gedauert hätte. „Die Dunkelziffer von unbekannten und undokumentierten RPAs ist hoch“, so Steiner. Doch damit baut das Unternehmen eine Schatten-IT mit vielen Tools und Automatisierungen auf, über die jeweils nur eine einzelne Person Bescheid wisst. Das kann funktionieren, muss aber nicht, etwa wenn mehrere Automatisierungen von unterschiedlichen Personen mit denselben Daten arbeiten und niemand weiß, ob der Datensatz aktuell ist oder über Nacht die Automatisierung eines Kollegen am Werk war. „Solche ver-

Technology Review-
Abonnenten
lesen bis zu
75%
günstiger



Das digitale Abo für IT und Technik.

Exklusives Angebot für Technology Review-Abonnenten:
Sonderrabatt für Magazinabonnenten

- ✓ Zugriff auf alle Artikel von heise+
- ✓ Alle Heise-Magazine online lesen:
c't, iX, MIT Technology Review,
Mac & i, Make und c't Fotografie
- ✓ Jeden Freitag exklusiver Newsletter
der Chefredaktion
- ✓ 1. Monat gratis lesen – danach jederzeit kündbar

Sie möchten dieses Exklusiv-Angebot nutzen? Jetzt bestellen unter:

heise.de/plus-testen

✉ leserservice@heise.de ☎ 0541 80009 120

IN SEKUNDEN ZUR ZOLLANMELDUNG

Wer schon mal mit dem Zoll zu tun hatte, weiß: Vergnügungssteuer zahlen muss man dafür nicht. Zollformalitäten sind mindestens unangenehm und zeitraubend, manchmal übertritt man auch unwillentlich das Gesetz, weil man sich im Dschungel der Regeln verirrt. So geht es den Mitarbeitenden in den rund 720 000 Unternehmen in Deutschland, die Importe oder Exporte anmelden müssen. 250 Millionen Anmeldungen bearbeitet der deutsche Zoll allein für Importe jedes Jahr. Das Ausfüllen der Formulare mit Warenwert und Logistikkosten dauert jedes Mal ein bis zwei Stunden, die Fehlerquote ist hoch, weil es Tausende Warengruppen mit unterschiedlichen Steuersätzen gibt. Wer sich bei den Steuersätzen vertut, wiegt sich in Sicherheit, das böse Erwachen kommt nach einigen Jahren bei einem Zollaudit, wo saftige Strafen und sogar Gefängnis drohen.

Da klingt die Forderung von Leonie Althaus geradezu aberwitzig: „Zollanmeldungen sollen Spaß machen“, findet die Mitgründerin von Traide AI. Das erst zwei Jahre junge Start-up unterstützt Unternehmen bei ihren Zollanmeldungen. Wo Rechnungen abgetippt und Briefe hin und her geschickt wurden,

greifen die Mitarbeitenden nun auf einen Datensatz mit den Stammdaten zu, in dem alle Infos zu Produkten und Logistik sowie die Zollformalitäten hinterlegt sind – zum ERP-System und zu Excel gibt es Schnittstellen. Traide AI ermittelt und prüft diese Stammdaten und hält sie stets aktuell.

Die Anmeldung nimmt der Betrieb dann mit der gewohnten Software vor, allerdings mit nur noch ein paar Mausklicks in wenigen Sekunden, Fehler sind so gut wie ausgeschlossen. Wiederkehrende Anmeldungen lassen sich einfach automatisieren. Mit Mitgründer Philipp Friebertshäuser ist auch ein KI-Experte bei Traide AI an Bord. Von ihm stammen Deep Learning Modelle, die Gesetzesekte interpretieren, sowie ein Chatbot, mit dem die Nutzer im Dialog neue Warengruppen anlegen oder Fragen zur Anmeldung stellen können.

Noch hat Traide AI nur 20 Kunden, die einige Tausend Zollanmeldungen pro Jahr machen. Aber das Potenzial ist riesig, findet der Hightech-Gründerfonds, der im August mit weiteren Wagniskapitalgebern mit einem siebenstelligen Betrag in Traide AI investiert hat.

The screenshot shows a user interface for 'traide Go'. On the left, there's a sidebar with product categories: 'Weiße Schokolade', 'Scarf Masua Tücher', 'Shorts Silvaplana Bermudas kurz 100%', 'Gewindemutter aus Kunststoff', and 'Bio Kräuteremischung'. A 'Neuer Tarifierungsfall' button is visible. The main area has a message from the AI: 'Hallo! Sie sprechen mit Ihrem persönlichen Zoll-Experten. Ich bin spezialisiert auf die Klassifizierung von Produkten nach dem EU-Zolltarif. Bitte geben Sie eine detaillierte Beschreibung Ihres Produkts ein, damit ich Ihnen bei der Ermittlung der passenden Tarifnummer behilflich sein kann.' Below this, a box contains text about a white chocolate bar: 'Die Tarifnummer für "weiße Schokolade" ist 17049030. Dies ergibt sich aus den Informationen in den Dokumenten "Con_ep1704-2*" und "DEBTI47544/21-1". In der Beschreibung der Ware in "DEBTI47544/21-1" wird explizit erwähnt, dass es sich um Zuckerware ohne Kakaogehalt handelt und dass es sich um weiße Schokolade handelt. Die Tarifnummer 17049030 bezieht sich auf "Zuckerware ohne Kakaogehalt; weiße Schokolade".' There are dropdown menus for '1704.90.30', 'vZTA DEBTI47544/21-1', and 'Erläuterungen Position 1704'. At the bottom, buttons include 'Anmerkungen und Erläuterungen', 'Passende vZTAs finden', 'Weitere mögliche Tarife anzeigen', 'Produkt erklären', 'Eigene Frage stellen...', and a large '>>' button. A '+ Neuer Chat' button is at the bottom left.

Zollanmeldung leicht(er) gemacht durch KI-gestützte Automatisierungssoftware

„Automatisierung macht aus einem ineffizienten keinen effizienten Prozess.“

borgenen Abhängigkeiten und falschen Daten in Folge von RPA finden wir immer wieder“, warnt Steiner.

AUTOMATISIERUNG MIT KI

Vom Schritt von RPA zu Hyperautomation sind viele Unternehmen noch fünf, wenn nicht sogar zehn Jahre entfernt. Für Alexander Steiner von MetaProc flacht der Hyperautomation-Hype sogar gerade schon wieder ab. „Das Geld fließt jetzt in KI.“ Doch auch dieser Hype werde sich irgendwann normalisieren und dann werde das Thema Prozessautomatisierung wieder wichtiger. In zehn Jahren, so glaubt Steiner, werden auch kleine und mittelständische Unternehmen stark automatisiert sein. Seine Empfehlung: „Erst digitalisieren, dann automatisieren – Automatisierung ist keine Abkürzung für schlechte Datenqualität.“ Und dann die Prozesse in den Griff bekommen. Denn: „Automatisierung macht aus einem ineffizienten Prozess keinen effizienten Prozess.“

Hier könnten die aktuellen Investitionen in KI auch der Automatisierung zugutekommen. Durch sogenanntes selbst-verstärkendes Lernen schaut die KI dem Nutzer über die Schulter und merkt selbsttätig, wo es hakt. Hat der Nutzer zum Beispiel Dutzende Male ein Pop-up-Fenster weggeklickt, erkennt die KI das und schließt das Fenster automatisch. Greift der Nutzer nicht ein, lernt die KI, dass dieser damit einverstanden ist und dass er das Pop-up nicht mehr sehen möchte. Die Königsdisziplin wäre für Steiner ein Mining-Tool, das alle Tätigkeiten einer Person verfolgt und selbsttätig Automatisierungen vorschlägt. Einzug halten werden auch Chatbots wie ChatGPT, die Automatisierungen erstellen, wenn man ihnen per Prompt mitteilt, was diese Automatisierung können und mit welchen Daten sie arbeiten soll.

Bleibt die alles überschattende Frage: Werden Wissensarbeiter durch Softwareroboter ersetzt, so wie Fabrikarbeiter durch mechanische Roboter? Darin sind sich alle Experten einig: So wie die Roboter in Fabriken stumpfsinnige Schwerarbeit übernommen, Menschen aber nicht ersetzt haben, wird auch die (Hyper-)Automatisierung mit Softwarerobotern Menschen nicht ersetzen. Sie entlasten Mitarbeitende von stumpfsinnigen Tätigkeiten, schaffen attraktivere Arbeitsplätze und mildern den Fachkräftemangel. „Menschen mögen repetitive Aufgaben nicht, sondern wollen etwas Sinnhaftes tun“, sagt Nico Bitzer vom Trainingsanbieter Bots&People im Interview mit TR (Seite 98). ●

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

Redaktionsassistentin: Carmen Lehmann

Mitarbeiter dieser Ausgabe: Rebecca Ackermann, Luigi Avantaggiato, Whitney Bauck, Hans Dorsch, Claire Evans, Alex Cameron Hall, Will Douglas Heaven, Bernward Janzing, Julia Kloiber, Martin Kölling, Jan Oliver Löfken, Jens Lubbadeh, Bernd Müller, Hajo Neubert, Benjamin Schneider, Klaus Sieg, Veronika Szentpétery-Kessler

Coverillustration: Matthias Timm

Infografiken: Vanessa Bahr, Steffi Martens, 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 GmbH & Co. KG, Rostock

Hergestellt und produziert mit Xpublisher: www.xpublisher.com

Xpublisher-Technik: Kevin Harte, Thomas Kaltschmidt, 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

Geschäftsleitung: 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., c/h/open und JUG Switzerland-Mitglieder gilt ein ermäßriger 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.

Ein Bot statt tausend Klicks

Weniger repetitive Tätigkeiten, mehr Zeit für Wichtiges – das verspricht die robotergestützte Prozessautomatisierung (RPA). Nico Bitzer, Gründer und CEO von Bots&People, schult Mitarbeitende großer Unternehmen beim Einstieg in die Prozessautomatisierung – und sieht nur Vorteile. – Interview: Bernd Müller

Wird mein Job bald wegautomatisiert? – Das fragen sich bestimmt viele Arbeitnehmende. Was ist Ihre Antwort?

Ein aktueller Report von McKinsey geht davon aus, dass bis zu 70 Prozent aller Tätigkeiten in Unternehmen heute schon automatisiert werden können. 2017 waren es noch 50 Prozent. Die Möglichkeiten entwickeln sich also rasant. Wenn sich ein Prozess automatisieren lässt, dann trägt er nicht zur Wertschöpfung bei. Das heißt aber nicht, dass 70 Prozent der Leute überflüssig sind. Es bedeutet, dass Menschen von den vielen repetitiven Aufgaben entlastet werden und sie sich auf die wertschöpfenden Aufgaben konzentrieren können, die ihnen außerdem mehr Spaß machen.

Und was, wenn ein Mitarbeitender partout nicht von diesen repetitiven Aufgaben lassen möchte?

Das ist sehr, sehr selten. Die meisten Menschen mögen repetitive Aufgaben nicht, sondern wollen etwas Sinnhaftes tun. In unseren Kursen geht es meist um Upskilling, also den Erwerb von zusätzlichem Automatisierungs-Know-how, das im bestehenden Job nützlich ist. Reskilling – der komplette Wechsel des Jobs – ist die seltener Form von Weiterbildung. Mitarbeitende, die Automatisierung und Upskilling ablehnen, kommen nicht in unsere Kurse. Für sie müssen Unternehmen andere Tätigkeiten finden. Sie einfach mit den alten Prozessen weiterzubeschäftigen, ergibt unternehmerisch keinen Sinn.

Was ist das Neue an Automatisierungstechnologien?

Dass jeder Mitarbeitende ohne große Vorkenntnisse kleine, nervige Prozesse selbst automatisieren kann. Mit automatisierten Systemen kön-

nen eingehende Rechnungen sofort verarbeitet und überprüft werden. Diese werden mit Bestellungen oder Verträgen abgeglichen, und der zuständige Manager wird zur Genehmigung informiert. Das erleichtert und beschleunigt die Rechnungsbearbeitung erheblich.

Nico Bitzer ist Gründer und CEO von Bots&People und bringt Menschen die Prozessautomatisierung näher.

„Mitarbeitende, die Automatisierung und Upskilling ablehnen, kommen nicht in unsere Kurse.“



Was ist ein konkretes Beispiel für so eine Automatisierung?

Wir haben einen Kunden, der die Adressen von Verstorbenen sammelt und einmal im Quartal an E-Commerce-Unternehmen übermittelt. Dort sitzen dann Leute, die von Hand die Verstorbenen aus der jeweiligen Kundenliste löschen. Das kann man ganz einfach automatisieren.

Solche Skripte sind doch nichts Neues?

Das stimmt. Aber noch nie waren das Training und die Nutzung so einfach. Wir sprechen von Low-Code- und No-Code-Anwendungen, man braucht wenig bis gar keine Programmierkenntnisse und auch keine Hilfe von Software-Entwicklern.

Wenn jeder Mitarbeitende seine Prozesse selbst automatisieren darf: Besteht da nicht die Gefahr einer Schatten-IT?

Die selbst gebastelte Excel-Tapete ist auch eine Schatten-IT. Das muss nichts Schlechtes sein. Solange es nur um die Automatisierung einzelner Prozessschritte geht und nicht um die Automatisierung ganzer Prozessketten wie etwa das Onboarding neuer Mitarbeitender in der Personalabteilung. Allerdings ändert sich die Rolle der IT-Abteilung. Sie hat künftig die Rolle eines Ermöglichen von Geschäftsprozessen und coacht die Mitarbeitenden beim Erstellen ihrer Automatisierungen. Kritisch wird es, wenn Automatisierungen auf externe Prozesse zugreifen. Dann muss die IT für die Sicherheit sorgen, damit Hacker keine Lücken finden.

Was lernen die Teilnehmenden in Ihren Kursen?

Wir bieten Kurse für Einsteiger an, wo die Teilnehmenden die Potenziale von Automatisierungs-technologien, Low-Code und KI lernen. Darauf bauen Vertiefungskurse auf zur Nutzung von Tools wie Microsoft Power Platform oder UiPath. Die Kurse richten sich ausschließlich an Leute, die Automatisierungen für ihre eigenen Prozesse nutzen, also nicht an Personen mit technischem Know-how, die das für andere machen. Die Teilnehmenden sind während der Schulung an ihrem Schreibtisch und automatisieren direkt einen Prozess aus ihrer Arbeit.

Aus welchen Branchen und Funktionen kommen die Teilnehmenden?

Die Branchen sind querbeet, bei den Funktionen haben wir viele aus dem Controlling und Accounting, auch Personaler sind stark vertreten. Häufig geht es um Prozesse, wo früher Daten manuell gesammelt und in eine andere Software übertragen wurden.

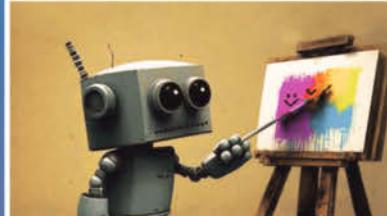
Lassen Sie mich raten: ChatGPT ist auch bei Ihnen in großes Thema?

Klar, da ist eine große Nachfrage. Die schnellen Entwicklungen im Bereich KI verändern die Art und Weise, wie wir aktuell in großen Unternehmen Prozesse automatisieren. ●



KI VERSTEHEN UND NUTZEN

21.11.23



Fantastische Bildwelten mit KI

Das zweistündige Webinar bietet praktische Einblicke in die Nutzung des KI-Bildgenerators Midjourney und gibt Tipps zum richtigen Formulieren von Prompts.

4.12.23



ChatGPT und KI-Textwerkzeuge in der Praxis

Das ct-Webinar hilft, die ChatGPT-Technik zu verstehen und ihren Einfluss auf Ihre Arbeit, Ihre Branche und Ihr Unternehmen einzuschätzen.

5.12.23



ChatGPT, Midjourney & Co. – Rechtliche Aspekte beim Einsatz von KI-Generatoren im beruflichen Umfeld

Wir erklären die bestehende Rechtslage und ihre Auswirkungen auf den beruflichen Alltag.

**Sichern Sie sich Ihren Frühbucher-Rabatt:
www.heise.de/ct/Events**

Chatten mit der Maschine

Jetzt revolutionieren Chatbots auch die Fabrikautomatisierung. Künftig können damit komplett Automatisierungsprojekte entwickelt, Programmcodes erstellt und Produktionsabläufe optimiert werden. – Bernd Müller

Softwareingenieure und Programmierer sind an sich schon selten. Noch seltener sind aber Spezialisten für Fabrik- und Prozessautomatisierung mit Kenntnissen in der Programmierung von speicherprogrammierbaren Steuerungen. Der Arbeitsmarkt für diese Experten ist leer gefegt, das bekommen viele Betriebe schmerhaft zu spüren. Sie wollen automatisieren, können aber nicht, weil es ihnen an Personal fehlt.

Genau hier kommt ChatGPT ins Spiel. Microsoft und Siemens entwickeln und testen derzeit einen Industrial Co-Pilot, der die Idee des lernfähigen Assistenten in die Automatisierungswelt bringt. Mit dem KI-basierten digitalen Assistenten sollen Automatisierungsingenieure beim Coding und bei der Fehlersuche Unterstützung bekommen – für maximale Zeitersparnis und weniger Stillstandszeiten.

Der Industrial Co-Pilot ist derzeit für zwei Anwendungsszenarien gedacht. Zum einen unterstützt er Programmierer beim Schreiben von PLC-Programmcode. Dabei generiert der Co-Pilot nicht nur den PLC-Code, er übersetzt ihn auch aus einer anderen Programmiersprache, dokumentiert und optimiert ihn. Etwa 80 Prozent der Automatisierungscodes sind Standardcode, der immer wieder in Automatisierungen auftaucht, aber jedes Mal aufs Neue programmiert wird und entsprechend Zeit kostet. Dank KI können sich Programmierer künftig auf die 20 Prozent konzentrieren, die den Unterschied machen.

Das zweite Szenario ist das Beheben eines Fehlers, wenn die Maschine streikt. Der Industrial Co-Pilot findet nicht nur Fehler, er macht auch Vorschläge, wie diese zu beheben sind. Der Wartungstechniker schildert im Chat das Problem, fragt nach Details, diskutiert Änderungsvorschläge – und das alles in natürlich geschriebener oder gesprochener Form wie bei ChatGPT oder dem Bing-Chatbot, gerade so, als würde man mit einem Kollegen diskutieren.

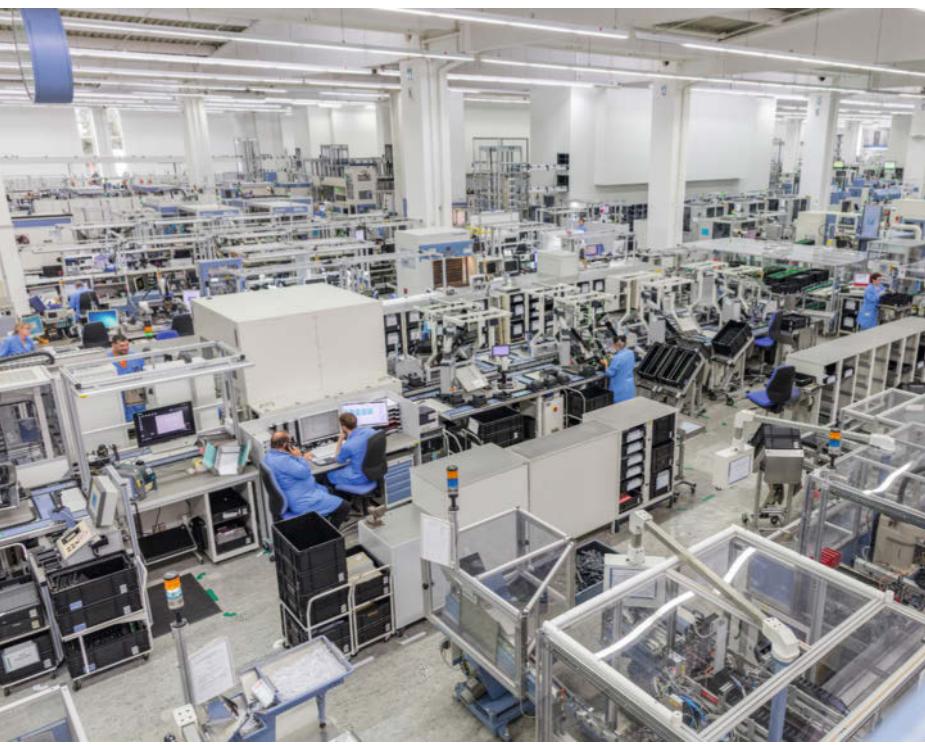
„Der Industrial Co-Pilot wird die Werkshallen revolutionieren.“

Mit ersten Pilotkunden wird dies nun unter realen Bedingungen getestet. Die Werke in Amberg und Erlangen, wo Siemens Automatisierungskomponenten herstellt, sind selbst hoch automatisiert – mit der eigenen Technik. Derzeit spielt ein Team dort einige Anwendungsfälle durch und evaluierter, welche Vorteile der Industrial Co-Pilot bringt. „Wir prüfen auch, ob man Diagnose und Fehlerbehebung mit dem Industrial Co-Pilot in eine Smartphone-App oder in die Bedieneroberfläche einer Maschine implementieren kann“, sagt Innovationsmanager Erik Scipanski bei Siemens in Nürnberg. „Wenn eine Maschine am Wochenende ausfällt, könnte der zuständige Techniker mit dem Co-Piloten chatten und eine Lösung einleiten – bequem vom Sofa zuhause.“

Auf der kommenden SPS-Messe in Nürnberg stellt Siemens einen gemeinsamen Anwendungsfall mit einem großen deutschen Automobilzulieferer vor. Dabei geht es nicht nur um den Programmiercode, sondern um den gesamten Prozess, vom Konzept über die Auslegung der Hardware und der Elektronik bis zur Software.

„Der Industrial Co-Pilot wird die Werkshallen revolutionieren“, prophezeit Kai Brasche, Vice President Global Strategic Alliances bei Siemens Digital Industries. Es handele sich hier um mehr als nur eine vielversprechende Technologie. Der KI-basierte digitale Assistent werde eine entscheidende Rolle dabei spielen, Automatisierungsprozesse effizienter und intelligenter zu gestalten, um langfristig wettbewerbsfähig zu bleiben.

Chatbots haben auch das Interesse der Forschung geweckt. Im Werk 150, einer Lernfabrik an der Hochschule Reutlingen, untersucht Daniel Palm den Einsatz von großen Sprachmodellen, vergleichbar mit ChatGPT, sowie anderen KI-Tools in der Produktion. Palm trainiert einen Chatbot mit Wissen über die Fabrik und einzelne Prozesse wie die Montage



Im Amberg Siemens-Werk stellen sich Automatisierungskomponenten gewissermaßen selbst her.



Im Werk 150, einer Lernfabrik der Hochschule Reutlingen, wird erforscht, wie sich Chatbots für die Fabrikautomation einsetzen lassen.

eines Tretrollers – oder über die Personalplanung. Per Prompt – künftig auch per Spracherkennung – können Ereignisse oder Zusammenhänge in der Fabrik hinterfragt oder analysiert werden. „Warum lagert an diesem Arbeitsplatz so viel Material?“, könnte eine Frage an den Chatbot lauten. Der antwortet mit möglichen Ursachen wie zum Beispiel: „Weil der Krankenstand heute besonders hoch ist“ oder „Weil zu viel Material angeliefert wurde.“

AUTOMATISIERUNG FÜR DEN MITTELSTAND

Im Projekt accelerateKI entwickelt das Team von Daniel Palm Ideen, wie auch kleine und mittelständische Unternehmen KI und Sprachmodelle in der Produktion einbinden können. Eine Idee setzt das Team mit AX Semantics um. Das Start-up in Stuttgart hat eine Sprachsoftware entwickelt, die aus strukturierten Daten Texte generiert – in 110 Sprachen. Ausgangspunkt kann eine Tabelle mit technischen Daten von Produkten sein. Der Textroboter erzeugt daraus in einem verständlichen Fließtext komplett, inhaltlich unterschiedliche Produktbeschreibungen für die Webseite eines Online-Händlers. Sie werden nicht übersetzt, sondern für jede Ausgabesprache individuell erzeugt.

In der Lernfabrik greift die Software von AX Semantics auf Informationen aus der sogenannten Verwaltungsschale (englisch: Asset Administration Shell – AAS) zu. Das ist eine standardisierte Datenstruktur, die zahlreiche Industriebranchenverbände wie VDMA, ZVEI und die Plattform Industrie 4.0 ins Leben gerufen haben. Sie enthält Informationen über ein Produkt, seine Merkmale, seinen Lebenslauf oder seine Einzelteile und ist ein digitaler Zwilling dieses Produkts – im Werk 150 existiert das beispielhaft für ein E-Bike. Das Ziel der Forschung ist es, Potenziale der Verwaltungsschale für die Erfassung und Verarbeitung produktbezogener Daten über deren gesamten Lebenszyklus aufzuzeigen – und daraus automatisiert Texte zu generieren. Am Beispiel des Elektrofahrrad-Demonstrators zeigen die Wissenschaftler, wie solche Daten genutzt werden können, um daraus Produktbeschreibungen, Serviceanleitungen, Eigentumsnachweise oder Vorschläge zur Wiederverwertung etwa der Batterie am Ende des Lebenszyklus des Fahrrads automatisiert zu erstellen.

In der Forschungsarbeit bei Daniel Palm untersucht Doktorand Maximilian Hentsch, wie detailliert Informationen in der Verwaltungsschale gespeichert werden müssen, um einen realistischen digitalen Zwilling zu ermöglichen. Jede einzelne Schraube? „Dafür braucht es keine digitale Repräsentanz“, sagt Hentsch. Doch wenn Komponenten später wiederverwendet werden sollen, hilft es, wenn ihre Historie und ihre Eigenschaften in der Verwaltungsschale hinterlegt sind. Hentsch: „Wir müssen die Welt nicht komplett digitalisieren, es kommt immer auf den Anwendungsfall an.“ ●

„Wer wirklich in großem Umfang Stromer auf die Straße bringen will, sollte alles nehmen, was er kriegen kann. Subventioniert jemand anderes die Wagen – umso besser.“

Gregor Honsel, TR-Redakteur, über geplante Strafzölle für E-Autos aus China (Seite 112)

Review

- 103 AUSPROBIERT • Keine Fahrradkette, kein Problem
- 104 HARDWARE • Upside-down-Plattenspieler • Kraftvoller Espresso
- 108 MEDIEN • *The Coming Wave*, Mustafa Suleyman • Podcast *Tatort Kunst*
- 110 MEINUNG • Die Robotaxis sind da • Schutzzoll, der nicht schützt
- 114 DER FUTURIST • Ausgeliefert

Keine Kette, kein Problem

Mit innovativem Herstellungsverfahren, verschleißfreiem Antrieb und vollständiger Vernetzung soll Mocci das Multifunktionsfahrzeug für Firmenfлотten werden. Wie fährt es sich in der Stadt?



Mocci: Futuristisches Design trifft auf unkonventionellen Antrieb.

„Schickes Rad!“ Ein junger Mann bewundert mein E-Bike vor einem Café im hippen Glockenbachviertel in München. Sein Fixie wirkt daneben fast unscheinbar. Nicht die erste solche Reaktion an diesem Tag. Ich bin mit dem Mocci unterwegs, einem Fahrrad wie eine Skulptur. Rahmen, Gabel, Sattelstütze, Parkstütze und Laufräder entstehen im Spritzguss aus Polyamid mit Glasfaser. Das ermöglicht nicht nur ein futuristisches Design, sondern macht auch Schweißen, Lackieren und manuelle Nachbearbeitung überflüssig. So ist eine industrielle Produktion mit gleichbleibender Qualität möglich.

Entscheidend am Mocci ist allerdings etwas anderes: Es besitzt weder Kette noch Riemen. Die Pedale treiben einen Generator an, der einen Akku speist, der den Radnabenmotor im Hinterrad mit Strom versorgt. Dieser „serielle Hybridantrieb“ von Schaeffler ist dadurch praktisch verschleißfrei.

Ich stelle den Sattel auf meine Größe ein und fahre los. Das Treten fühlt sich an wie bei einem normalen Rad. Ich komme an eine Baustelle: abbremsen, durch die Umleitung lenken, wieder beschleunigen. Schalten erledigt das Mocci automatisch. Es hat drei Unterstützungsmodi mit leicht unterschiedlichen Kraft- und Frequenzmustern. Die Software hält bei Steigungen und beim Beschleunigen die Trittfrequenz und -stärke konstant. Ich könnte zwar auch manuell schalten, dann wür-

den die Schaltstufen simuliert. Aber warum sollte ich das tun? Ohne macht das E-Bike-Fahren einfach mehr Spaß. Laut Mocci haben die meisten Menschen, die ihre Testfahrt mit der manuellen Schaltung gestartet haben, nach kurzer Zeit auf Automatik umgeschaltet und wollten nicht mehr zurück.

„Wir wollten ein wartungsarmes Multifunktionsfahrzeug für Werksverkehr, Last-Mile-Transporte und Lieferfлотten entwickeln“, erklärt Ralf Busse vom Hersteller CIP Mobility Group. Über zehn Jahre habe man zusammen mit dem Institut für Struktur und Leichtbau der Uni Chemnitz daran entwickelt. Das Ergebnis wirkt mit über 40 Kilogramm zwar nicht wirklich wie ein Leichtbau, aber die Räder der Deutschen Post wiegen rund 45 Kilo und gängige Sharing-E-Bikes bis zu 36 Kilo.

Weiter zum Olympiastadion. An den Hügeln teste ich die Motorkraft. Die Dauerleistung ist bei zulassungsfreien Pedelecs wie dem Mocci zwar auf 250 Watt begrenzt, die kurzfristige Maximalleistung aber nicht. So schieben mich 1300 Watt und 120 Newtonmeter souverän den Anstieg hoch. Und bergab rollt das Kunststoff-Fahrwerk fast wie auf Schienen.

Ralf Busse ruft an: „Du bist im Olympiapark, oder? Wir haben dich mit einem fast leeren Akku weggeschickt. Komm zurück, dann tauschen wir ihn.“ Das Mocci ist komplett vernetzt. Auf einem Dashboard können Flottenbetreiber den Standort und alle Sensordaten ihrer Räder verfolgen, einschließlich Batteriestand und Laufleistung. „Zu unseren Pilotkunden gehören auch Lieferdienste. Da ist ein Rad schon mal 160 Kilometer am Tag unterwegs und es ist wichtig, Service zu planen, statt zu warten, bis es Probleme gibt.“

Bis zum Serienstart im Mai 2024 kommt noch ein Diebstahlschutz dazu. Dann werden nach dem Abstellen Parkstütze und Motor über die Rider-App blockiert. Der Kaufpreis soll etwa 5000 bis 5500 Euro betragen, Leasing kostet inklusive Wartung ab 169 Euro monatlich.



Hans Dorsch, Technikjournalist, konnte bereits 2020 einen der ersten Mocci-Prototypen testen.

UNTERHALTUNGSELEKTRONIK

Upside down

Der Wheel 2 Turntable ist ein handgefertigter Plattenspieler mit besonderem Gimmick: Er spielt die Platten von der Rückseite ab – der Tonabnehmer bleibt unsichtbar unter der rotierenden Scheibe verborgen. Er tönt sowohl im Liegen als auch im Stehen und kann wie eine Uhr an die Wand gehängt werden. Die verbauten Motoren ändern ihre Geschwindigkeit jede Millisekunde, während sich die Platte gegen den Uhrzeigersinn dreht. So sollen auch Platten, die bereits Alterungsspuren zeigen, stets mit der korrekten Geschwindigkeit abgespielt werden. Der Vorverstärker ist direkt im Plattenspieler verbaut und soll laut Miniot durch den sehr kurzen Signalweg Störgeräuschen und Verzerrungen vorbeugen. Der Sound wird über eine 3,5-mm-Klinke ausgegeben.



Produkt:
Wheel 2
Hersteller:
Miniot
Preis:
ab 1999 Euro



Produkt: Flipper Zero
Hersteller: Flipper Devices
Preis: ab 169 Euro

ELEKTRONIK

Tamagotchi für Hacker

Das Aussehen des Flipper Zero mutet wie ein Spielzeug an, aber der Schein trügt: Im Gehäuse dieses digitalen Multitools verbergen sich unter anderem Funk-Antennen, ein NFC-Chip, Bluetooth, eine Infrarot-Schnittstelle und GPIO-Pinouts für den Anschluss von Erweiterungsplatinen. Diese Werkzeuge erlauben es dem Nutzer beispielsweise, mit den Funk-Antennen Garagentore zu öffnen oder mit dem NFC-Chip Zugangskarten zu klonen. Eine große Community und vielfältige Dokumentation erleichtern den Einstieg in die Welt des Flippers.

KAMERAS

Alles im Blick

Die Nacht zum Tage macht die Überwachungskamera MS-500 von Canon. Sie soll rauschfreie Farbvideos in Full HD selbst bei Umgebungslicht von 0.001 Lux aufnehmen – weit weniger als in einer mondlosen Nacht. Der neuartige SPAD-Sensor (Single-photon avalanche diode) fängt jedes Lichtteilchen ein und verstärkt es um den Faktor eine Million. Der verbaute B4-Objektivmount erlaubt die Montage von Ultra-Teleobjektiven, um Objekte über Kilometer hinweg zu erfassen. Entwickelt wurde die Kamera eigentlich, um kritische Infrastruktur zu überwachen – etwa Seehäfen, Kraftwerke oder Grenzzäune. Dementsprechend hoch ist auch ihr Preis mit 25 000 Euro. Die Aufnahmen speichert die Kamera nicht lokal, sondern in einem Netzwerk.



Produkt: MS-500
Hersteller: Canon
Preis: 25 000 Euro



Produkt: GW-5000U-1
Hersteller: Casio
Preis: ab 240 Euro

UHREN

G-Shock-Revival

Casio legt den robusten Uhrenklassiker G-Shock neu auf. Die GW-5000U-1 verspricht den gleichen Schutz vor Stößen, Staub und Wasser wie das UrmodeLL vor 40 Jahren. Die Neue hat allerdings ein Metallgehäuse. Ein Solarpanel lädt die Uhr während der Nutzung konstant auf. Casio verspricht bei voller Batterie bis zu zehn Monate Laufzeit in völliger Dunkelheit. An den Fähigkeiten der G-Shock hat sich zum UrmodeLL sonst nicht viel geändert: Ein segmentiertes LCD-Display mit LED-Beleuchtung zeigt die Uhrzeit an. Weiter enthalten sind eine Stoppuhr, bis zu fünf Wecker, ein Timer und ein Kalender.

Produkt: Superkop
Black/White/Red
Hersteller: Superkop
Preis: 799 Euro



HAUSHALT

Kraftvoller Espresso

Gemahlene Kaffeebohnen und aufgegossenes heißes Wasser – mehr benötigt die rein mechanische Espressomaschine von Superkop nicht. Den erforderlichen Druck zum Auspressen des Espressopulvers baut die Maschine nicht wie sonst üblich mit Wasserdruck, sondern über ein mechanisches Ratschensystem an der Pumpe auf. So bleibt auch der benötigte Kraftaufwand beim Auspressen des Espressos überschaubar. Montiert wird die Maschine entweder auf einem mitgelieferten hölzernen Standfuß oder an der optional erhältlichen Wandhalterung. Superkop bietet eine große Bandbreite an Ersatzteilen an, damit die Maschine über viele Jahre hinweg verwendet und repariert werden kann.



UNTERHALTUNGSELEKTRONIK

Videochat mit Oma

Mit einem besonders simplen Bedienkonzept will Enna Senioren die Teilnahme am digitalen Familienleben erleichtern: einer Dockingstation für Tablets, die sich mit Bedienkarten steuern lässt. Die Bedienelemente sind simpel: zwei Tasten – vor und zurück – sowie eine Auflagefläche für NFC-Karten. Sie sind das Herzstück von Enna, denn das Auflegen einer Karte löst genau eine Aktion aus – einen Videoanruf bei den Enkeln, das Abspielen eines Hörbuches oder Podcasts, die Wettervorhersage oder die Anzeige des Familienkalenders. Die Enna-App bietet Hunderte Karten zum Kauf an, darunter Livestreams, Fernsehsendungen und personalisierte Karten mit Fotoalben. Enna ist mit allen modernen Android- und iOS-Tablets kompatibel, eine Version für iPads mit Lightning-Anschluss soll bald folgen.

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



35394 Gießen

u.a. Biotechnologie, IT, Kreativwirtschaft, Social Entrepreneurship, Umwelt- und Nachhaltigkeit, Kommunikation u. Marketing

Technologie- und Innovationszentrum Gießen GmbH

Büro-, Labor- und Lagerflächen für Startups, Beratung, Weiterbildung, Events, Coworking, Foto- und Videostudio, Prototyping, Makerspace, kostenfreie Seminarräume und Parkplätze.

Tel.: +49 641 948226-0

Fax: +49 641 948226-29

E-Mail: info@tig-gmbh.de

www.tig-gmbh.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

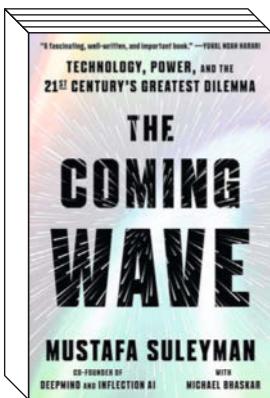
Umweltschutz/-technik, Technische Dienstleistungen, Informationstechnologie, Produktions- und Verfahrenstechnik
Technologie- und Innovationszentrum Ansbach
 Individueller Ausbau – Büros ab 16 m²
 Tel.: 0981 953838-0
 Fax: 0981 953838-38
 E-Mail: info@tiz-ansbach.de
www.tiz-ansbach.de

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.

Mustafa Suleyman, Mitgründer von DeepMind, diskutiert überraschend differenziert, wie KI und synthetische Biologie gezähmt werden könnten. – Wolfgang Stieler

Die Kunst, die Welt zu retten



Mustafa Suleyman:
*The Coming Wave, Technology,
Power, and the Twenty-first
Century's Greatest Dilemma*,
Crown, 352 Seiten, 32,99 Euro
(E-Book 15,02 Euro)

Eigentlich ist das Szenario mittlerweile ziemlich langweilig: Der geniale Gründer und Firmenlenker tritt mit großer Geste auf und erzählt, wie mächtig seine neuen Technologien sind und welches Gefahrenpotenzial darin steckt. Um dann wahlweise – wie etwa Bill Gates – zu erklären, dass uns die potenziellen Gefahren auf gar keinen Fall bremsen dürfen, weil nur technischer Fortschritt die Menschheit retten kann. Oder er erzählt uns – wie beispielsweise Sam Altman –, dass nur er selbst die Welt vor dem zerstörerischen Potenzial dieser Technologie retten kann. Wozu er natürlich mehr Geld für Forschung und mehr Einfluss auf die politischen Rahmenbedingungen benötigt.

Mustafa Suleyman ist eine dieser Gründer-Lichtgestalten: 2010 gründete er gemeinsam mit Demis Hassabis und Shane Legg das Start-up DeepMind, das sich vor allem auf eine Kombination aus Deep Learning und Reinforcement Learning konzentrierte. 2016 machte das Unternehmen weltweit Schlagzeilen: Zum einen schlug seine Software AlphaGo erstmals einen hochrangigen Profi-Spieler – Lee Sedol – in einem Go-Turnier. Zum anderen präsentierten die Deepmind-Entwickler Alphafold, eine Software, die das Problem der Proteinfaltung lösen sollte. 2022 stieg Suleyman aus und gründete Inflection AI, das mit seinem Chatbot Pi ganz vorne in der Liga generativer KI spielt.

Tatsächlich schreibt auch Suleyman in seinem neuen Buch *The Coming Wave*, dass die unmittelbaren Gefahren generativer KI noch immer unterschätzt würden. Bereits die nächste Generation dieser Software werde nicht nur harmlose Gespräche führen, sondern sei in der Lage, aktiv zu handeln, um Aufgaben zu erledigen (Interview Seite 78). Dazu kä-

men rasante Fortschritte in der synthetischen Biologie. Die beiden Technologien, die sich gegenseitig in ihrer Wirkung verstärken, „können eine existentielle Bedrohung für die Nationalstaaten darstellen – Risiken, die so groß sind, dass sie die derzeitige geopolitische Ordnung stören oder sogar stürzen. Sie eröffnen Wege zu immensen KI-gesteuerten Cyberangriffen, automatisierten Kriegen, die Länder verwüsten könnten, künstlich erzeugten Pandemien und einer Welt der unerklärlichen und doch scheinbar allmächtigen Kräfte.“

Natürlich hat auch dieses Buch seine Schwächen: Etwa wenn Suleyman für meinen Geschmack etwas zu eindrücklich die rasante Dynamik des technischen Fortschrittes bei KI und synthetischer Biologie beschreibt. Denn die Beispiele, die er anführt, sind sorgfältig ausgewählt, während er prinzipielle Grenzen, technische Schwierigkeiten und Fehlschläge eher ausklammert. So entsteht zwar das von Suleyman beabsichtigte Gefühl der Bedrohlichkeit. Eine objektivere Darstellung des Standes der Technik hätte dem Buch aber nicht geschadet.

Trotzdem lohnt es sich, dieses Buch zu lesen. Denn Suleyman ist weder ein „Doomer“ – ein Prophet des Weltuntergangs – noch ein reaktionärer Techno-Libertärer, für den nur Unternehmen in der Lage sind, die Zukunft zu gestalten. Vielmehr diskutiert Suleyman überraschend differenziert, welche Risiken sich aus den aktuellen technischen Entwicklungen ergeben. Und unter welchen Bedingungen demokratische, pluralistische Gesellschaften in der Lage sein könnten, die kommende Welle so zu regulieren, „dass sie nicht über unseren Köpfen zusammenschlägt.“

PODCAST

True Crime auf dem Kunstmarkt

Einen Tech-Bezug hat der Podcast *Tatort Kunst* streng genommen nicht – die Macher begeben sich zwar auf die Suche nach der Herkunft umstrittener Kunstwerke. Wenn aber etwa eine Farbanalyse des doppelten August-Macke-Bildes ansteht, verlassen sie sich auf die Statements von Expertinnen.

Und dennoch: Die vom Deutschlandfunk produzierten Aufnahmen können sich – pardon! – hören lassen, denn sie folgen streng wissenschaftlich Thesen, um die Wahrheit hinter zweifelhaften Kunstgeschäften aufzudecken. In einer unterhaltsamen Mischung aus Gespräch und Investigativ-Beitrag, inklusive Papierrascheln und Türenöffnen beim Besuch bei Christie's, führen die beiden Hosts Stefan Koldehoff und Rahel Klein durch Rätsel des Kunstmarktes. Die erste Staffel von *Tatort Kunst* erzählt fünf Fälle in sieben Episoden. Dabei fehlen weder Cliffhanger noch der deutsche Kunstfälscher Wolfgang Beltracchi. So eröffnet sich ein originelles Werk im Genre „True Crime“. – Jennifer Lepies



Tatort Kunst,
Dlf-Audiothek,
deutschlandfunk.
de/tatortkunst



Reid Hoffman:
Ideen auf Knopfdruck, Plassen,
240 Seiten,
17,90 Euro (E-Book
9,99 Euro)

GENERATIVE KI

Mehr als eine Textmaschine

Silicon-Valley-Insider Reid Hoffman war einer der ersten Investoren von OpenAI. In *Ideen auf Knopfdruck* rollt er in – teilweise witzigen – Dialogen mit GPT-3 und -4 auf, welches Potenzial in Large Language Models (LLM) steckt. Ein gedrucktes Buch über LLMs – wirklich? Ja, denn was Hoffman über den Einsatz von LLMs in Bildung, Kunst, Justiz oder im Arbeitsalltag entwickelt, hat durchaus eine längere Halbwertszeit. Er begnügt sich nicht mit der Aufzählung möglicher Anwendungsfelder, sondern versucht deutlich zu machen, dass er diese Form der KI als digitalen Kollaborateur versteht, der Menschen bei ihrer Arbeit unterstützt und sie nicht ersetzt. Hoffman widmet sich zudem ausführlich den ethischen und gesellschaftlichen Auswirkungen von KI und führt damit zusammen, was über LLMs in vielen Bruchstücken durch das Netz wabert. Wer eine Idee davon bekommen möchte, was mit LLMs gehen könnte, der sollte das Buch lesen. Und er sollte Glühbirnen-Witze mögen. – Jo Schilling

KLASSIKER NEU GEHÖRT

Tee und 42

Arthur Dent, Brite, liegt vor einem Bulldozer und versucht, den Abriss seines Hauses zu verhindern. Es soll einer Umgehungsstraße weichen und Arthur hat davon leider bis zu diesem Zeitpunkt nichts mitbekommen. So beginnt das skurrile und hochgradig amüsante Radiohörspiel: *The Hitchhiker's Guide to the Galaxy* aus der Feder von Douglas Adams.

Die Idee zu dieser Science-Fiction-Komödie soll ihm gekommen sein, als er sturztrunken auf einem österreichischen Feld liegend im Reiseführer *The Hitchhiker's Guide to Europe* blätternd in den Sternenhimmel schaute. 1978 strahlte BBC Radio 4 das Hörspiel erstmals aus. Später folgten das Buch und diverse Medienadaptionen.

Arthur wird im Folgenden von seinem (außerirdischen) Freund Ford Prefect vom Bulldozer weggeLOCKT, im nächsten Pub alkoholisiert und damit konfrontiert, dass die Erde in den nächsten Minuten gesprengt werden wird, um Platz für eine Hyperraumumgehungsstraße zu schaffen. Fortan trampen Arthur und Ford durch die Galaxis – immer dabei der *Hitchhiker's Guide to the Galaxy*, auf dessen Cover steht: Don't Panic.

Man kann Arthurs und Fords Reise durch das Universum auf verschiedene Arten hören: als nach wie vor aktuelle gesellschaftskritische Satire, die Bürokratie, Religion und diverse gesellschaftliche Phänomene humorvoll kritisiert. Man kann es aber auch einfach als Meisterwerk der britischen Unterhaltungskunst hören und auch heute noch Tränen lachen über absurde Charaktere wie Zaphod Beeblebrox, den zweiköpfigen Präsidenten der Galaxis, Trillian, die menschliche Astrophysikerin, oder Marvin, den depressiven Roboter.

Wer den *Hitchhiker's Guide* gehört hat, wird Handtücher fortan mit anderen Augen sehen. Die Zahl 42, die der Computer Deep Thought – Namensähnlichkeiten mit DeepMind sollen zufälliger Natur sein – nach 7,5 Millionen Jahren Rechenzeit als Antwort auf die „ultimative Frage nach dem Leben, dem Universum und dem ganzen Rest“, ausspuckt, wird stets ein Grinsen auslösen. Und er wird eine gute Tasse Tee zu schätzen wissen.

Die deutsche Adaption hat den unglücklichen Namen: *Per Anhalter ins All*, wurde 1981 erstmals ausgestrahlt. Wer sich mit dem britischen Humor im Original schwertut, ist auch mit der deutschen Fassung gut bedient. Sie ist nur ein wenig schriller. – Jo Schilling



Douglas Adams:
The Hitchhiker's Guide to the Galaxy, BBC 4 Radio,
antiquarisch als CD oder
Streaming über Audible

Ihr Robotaxi ist da

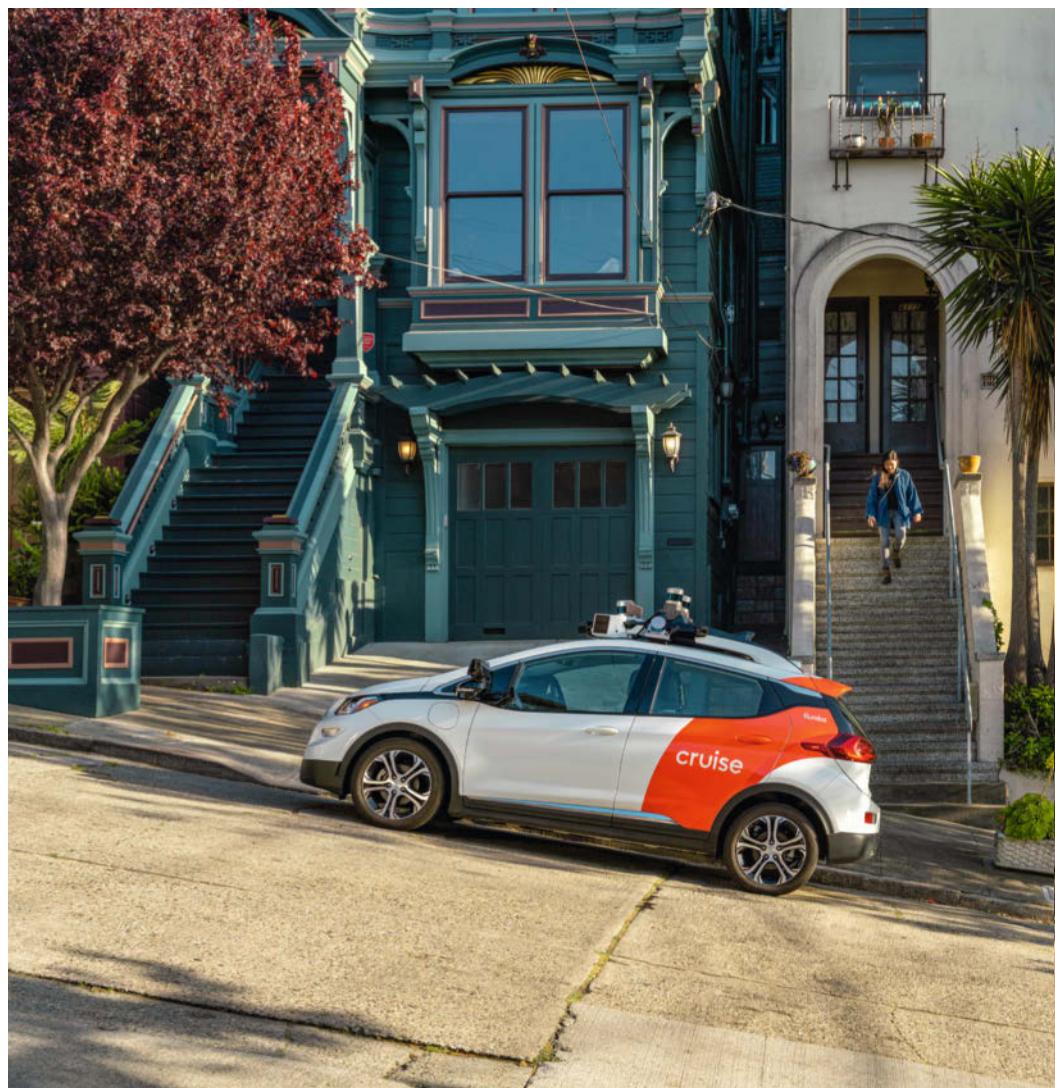
Autonome Taxis sind in den USA längst im Straßenverkehr angekommen. Jetzt ist es nötig, die Zukunft mit ihnen aktiv zu gestalten und nicht nur abzuwarten.

In einigen Stadtvierteln von San Francisco scheint es zu bestimmten Zeiten in der Nacht, als säße in jedem zehnten Auto kein Fahrer am Steuer. Das sind keine experimentellen Testfahrzeuge, und es handelt sich nicht um eine Übung. Viele dieser gespenstischen fahrerlosen Autos in San Francisco sind kommerzielle Robotaxis, die mit Taxis, Uber und Lyft sowie dem öffentlichen Nahverkehr konkurrieren. Sie sind ein echter, wenn auch noch marginaler Bestandteil des städtischen Verkehrssystems. Und die Unternehmen, die sie betreiben – Cruise und Waymo –, scheinen bereit, ihre fahrerlosen Dienste in den kommenden Monaten in San Francisco, Austin, Phoenix und vielleicht sogar Los Angeles weiter auszubauen.

Ich habe im vergangenen Jahr für den *San Francisco Examiner* über Robotaxis berichtet und bin in den letzten Monaten fast ein Dutzend Mal in fahrerlosen Autos von Cruise mitgefahren. Dabei ist mir die fehlende Aufmerksamkeit der Öffentlichkeit, das Fehlen eines Diskurses über Robotaxis, aufgefallen. Ich bin überzeugt, dass sich die meisten Menschen, einschließlich vieler einflussreicher Entscheidungsträger, gar nicht bewusst sind, wie schnell sich diese Branche entwickelt und wie schwerwiegend die kurzfristigen Auswirkungen auf die Arbeitswelt und den Verkehr sein könnten.

Ob es uns gefällt oder nicht, die Robotaxis sind da. Jetzt kommt die schwierige Aufgabe, zu entscheiden, was mit ihnen geschehen soll. Aber enorm wichtige Entscheidungen über Robotaxis werden in relativer Unkenntnis von ernannten Behörden wie der California Public Utilities Commission getroffen. Die rechtlichen Rahmenbedingungen sind nach

In San Francisco gehören die fahrerlosen Taxis von Cruise bereits zum normalen Straßenbild.



wie vor völlig unzureichend: In Kalifornien haben die Städte keine Regulierungsbefugnis für die Robotaxis, die auf ihren Straßen fahren, und die Polizei kann sie rechtlich nicht für Verkehrsverstöße vorladen.

Nach jahrelangen falschen Versprechungen ist nun allgemein anerkannt, dass der Traum vom eigenen Schlaf-/Spiel-/Schminkmobil noch Jahre, wenn nicht Jahrzehnte, entfernt ist. Aber Robotaxis unterscheiden sich deutlich von privaten autonomen Fahrzeugen. Sie können in einem streng begrenzten Gebiet eingesetzt werden, für das sie gut trainiert sind. Ihr Einsatz kann von dem Unternehmen, das sie entwickelt hat, genau überwacht werden. Und sie können bei schlechtem Wetter oder einem anderen Problem sofort von der Straße abgezogen werden.

Die Medienberichterstattung über Robotaxis war dennoch zu Recht skep-

Foto: Craig Lee / The Examiner



tisch. Journalisten (mich eingeschlossen) haben über das seltsame Verhalten der Robos, Softwarefehler und die mangelnde Transparenz der Daten von Cruise und Waymo berichtet. Insbesondere die fahrerlosen Fahrzeuge von Cruise zeigten eine alarmierende Tendenz, aus unerklärlichen Gründen mitten auf der Straße anzuhalten und den Verkehr für längere Zeit zu blockieren. Die Behörden von San Francisco haben in nur sechs Monaten mindestens 92 solcher Vorfälle dokumentiert, darunter drei, bei denen Rettungskräfte behindert wurden.

Diese kritischen Geschichten sind zwar wichtig, verdecken aber den allgemeinen Trend, der sich stetig zugunsten der Robotaxi-Industrie entwickelt: In den letzten Jahren haben Cruise und Waymo mehrere wichtige regulatorische Hürden genommen, sind in neue Märkte expandiert und haben jeweils über eine Million relativ ereignislose, wirklich fahrerlose Meilen in amerikanischen Großstädten zurückgelegt.

Leider gibt es keinen standardisierten, von der US-Regierung genehmigten Rahmen für die Bewertung der Sicherheit autonomer Fahrzeuge. In einem Bericht über die erste Million fahrerloser Kilometer verzeichnete Waymo zwei polizeilich gemeldete Unfälle (ohne Verletzte) und 18 geringfügige Kontakteneignisse, von denen etwa die Hälfte auf das Konto eines menschlichen Fahrers ging, der mit einem stehenden Waymo zusammenstieß. Das Unternehmen warnt vor direkten Vergleichen mit menschlichen Fahrern, da es kaum analoge Datensätze gibt. Cruise hingegen behauptet, dass seine Robotaxis während der ersten Million fahrerloser Kilometer 53 Prozent weniger Kollisionen hatten als der typische menschliche Fahrer in San Francisco und 73 Prozent weniger Unfälle mit einem bedeutenden Verletzungsrisiko.

Meine letzte Cruise-Fahrt im April war zwar nicht perfekt, aber dem Erlebnis einer Fahrt mit einem verantwortungsvollen menschlichen Fahrer so nahe, dass ich kurzzeitig vergaß, dass ich in einem Robotaxi saß. Allein die Tatsache, dass diese Fahrzeuge so programmiert sind, dass sie sich automatisch an die Verkehrsregeln und die Geschwindigkeitsbegrenzung halten, vermittelt das Gefühl, sicherer zu fahren als ein großer Prozentsatz der Menschen im Straßenverkehr.

Es bleibt abzuwarten, ob Robotaxis für einen Einsatz in großem Umfang bereit sind. Aber wenn es nicht zu einer

signifikanten Verschiebung der Dynamik kommt – durch einen wirtschaftlichen Einbruch, eine schreckliche Tragödie oder eine dramatische politische Wende –, haben sich Robotaxis für ihren Siegeszug positioniert. Das reicht aus, um eine umfassendere Diskussion darüber anzustoßen, wie sie Städte und Gesellschaft verändern werden.

Cruise und Waymo stehen kurz davor, die Genehmigung für einen ganztägigen kommerziellen Robotaxi-Service in praktisch ganz San Francisco zu erhalten. Das könnte sofort erhebliche wirtschaftliche Auswirkungen auf die Taxi- und Ride-Hailing-Fahrer in der Stadt haben. Das Gleiche gilt für jede andere Stadt, in der sich Cruise und Waymo niederlassen. Die Aussicht auf die Automatisierung von Berufskraftfahrern ist nicht mehr theoretisch. Sie ist eine sehr reale Möglichkeit in der nahen Zukunft. Sollten Arbeitnehmer vor Verdrängung geschützt oder in irgendeiner Weise entschädigt werden, wenn sie verdrängt werden?

Robotaxis können auch enorme unmittelbare Auswirkungen auf die Verkehrspolitik haben. Diese Technologie könnte den Autoverkehr so billig und einfach machen, dass sich die Menschen dazu entschließen, mehr statt weniger Fahrten mit dem Auto zu unternehmen. Das würde zu mehr Staus führen und könnte den öffentlichen Nahverkehr untergraben. Sollten Autos in den am stärksten überlasteten, für den Verkehr zugänglichen Teilen der Städte freie Fahrt haben? Sollten Elektrofahrzeuge weiterhin von der Benzinsteuern befreit werden, die für die Instandhaltung der Straßen verwendet wird?

Wenn sich die Technologie beschleunigt, sollte auch die Politik mit ihr Schritt halten. Aber um Schritt zu halten, muss die Öffentlichkeit einen klaren Blick dafür haben, wie schnell die Zukunft kommen könnte. (Übersetzung: Jo Schilling)



Benjamin Schneider, freier Journalist in New York, hält die Auswirkungen von autonomen Taxis für massiv unterschätzt.

Schutzzoll, der nicht schützt

Die EU-Kommission erwägt, Strafzölle für chinesische Elektroautos einzuführen. Damit würde sie der europäischen Industrie mehr schaden als nutzen.

Es klingt zunächst fair: Staatlich subventionierte E-Autos aus China machen europäischen Autobauern das Geschäft kaputt, also müssen Gegenmaßnahmen her. Im September kündigte die EU-Kommission deshalb an, die chinesischen Zuschüsse überprüfen und gegebenenfalls „Antisubventionszölle“ erheben zu wollen.

Doch die Entscheidung wäre falsch – sowohl auf einer pragmatischen als auch auf einer grundlegenden Ebene. Fangen wir mit der pragmatischen an: Gerade deutsche Hersteller sind viel stärker vom chinesischen Markt abhängig als umgekehrt. Entschließt sich also die chinesische Regierung zu Revanche-Subventionen, würde dies besonders die hiesige Autobranche treffen. Danke für nichts, Brüssel!

Zudem ist die Industrie so international verflochten, dass die Strafzölle auch europäische Hersteller wie Renault und BMW treffen könnten, weil sie, etwa durch dortige Kooperationen, womöglich auch von chinesischen Subventionen profitiert haben. Wenn man sich schon entschließt, Protektionismus zu betreiben, sollte man wenigstens sicher sein, die Protegierten auch wirklich zu schützen.

Und was ist eigentlich mit den USA? Nach derselben Logik müssten auch alle Produkte, die durch den Inflation Reduction Act gefördert werden, ebenfalls auf die schwarze Liste der EU. Solch ein Handelskrieg würde die Lage aber für alle schlechter und für keinen besser machen.

Die grundlegenderen Bedenken gegenüber „Antisubventionszöllen“ betreffen jedoch den Zielkonflikt zwischen Klima- und Standortpolitik. Schon immer war es eine Illusion, beides unter einen Hut bringen zu können. Das zeigt die Photovoltaik. Selbstverständlich war es ein großes politisches Versagen, die deutsche Solarbranche in den frühen 2010er-Jahren verhungern zu lassen. Doch für den Ausbau der Erneuerbaren zählen vor allem Preis und Masse. Dank günstiger Module der staatlich gepäppelten chinesischen Solarindustrie steuern wir gerade auf eine neue Ausbau-Rekordmarke zu: Im laufenden Jahr wurden hierzulande bereits bis Mitte Oktober knapp 9 Gigawatt an PV-Leistung installiert. Im bisherigen Spitzenjahr 2011 waren es nur 7,9 Gigawatt.

Übertragen auf die Autobranche heißt das: Wer wirklich in großem Umfang Stromer auf die Straße bringen will, sollte

alles nehmen, was er kriegen kann. Subventioniert jemand anderes die Wagen – umso besser.

Dazu kommt, dass sich die europäischen Hersteller immer mehr vom Kleinwagengeschäft verabschieden. Ford Fiesta, VW up, Renault Zoe, Smart Fortwo – alles Geschichte. Zwar ist es eine Fehl wahrnehmung, dass die Chinesen gerade mit günstigen Kleinwagen den Markt überrollen – im Moment ist ihr Preis-Leistungs-Verhältnis keineswegs besser als das der etablierten Konkurrenz. Doch sie haben offenbar eine steile Lernkurve. Möglicherweise haben preis- und klimabewusste Käufer bald kaum noch Alternativen zu E-Autos aus dem Reich der Mitte.

Damit kommen wir zum entscheidenden Argument für protektionistische Maßnahmen: Zwar ist die drohende Abhängigkeit von anderen Ländern, wenn die eigene Industrie durch subventionsgetriebene Dumpingpreise in diesen anderen Ländern ausgehöhlt wurde, zweifellos eine große Gefahr. Im Moment mehr denn je. Allerdings ist eine Zollschanke nicht der richtige Weg, gegen solche Abhängigkeiten vorzugehen. Die Abhängigkeiten beginnen schon sehr viel früher in der Wertschöpfungskette. Rohstoffe wie Seltene Erden, Graphit, Lithium oder Silizium gibt es weltweit im Prinzip reichlich. Allerdings existieren die Fabriken für bestimmte Zwischenprodukte oder Verarbeitungsschritte fast nur in China. Mit Einfuhrschränken und den dadurch provozierten Gegenreaktionen würde man die Knappheit nur verstärken. Gezielt solche Flaschenhälse aufzuspüren und zu beseitigen, das wäre die Aufgabe einer wirklich schlauen Standortpolitik.



Gregor Honsel, TR-Redakteur, würde sich auch ein chinesisches Auto kaufen. Wenn er denn ein Auto haben wollte.

SOZIALE NETZE

Wird Bluesky das neue Twitter?

Die Piazza des globalen Dorfes X, ehemals Twitter, scheint Geschichte. Immer neue Eskapaden von Elon Musk vertreiben nicht nur Werbekunden, sondern auch die Nutzer. Nach Mastodon ist zurzeit besonders bei deutschsprachigen Usern Bluesky das neue Ziel. Die Plattform wirkt auf den ersten Blick wie das frühe Twitter – nur ohne Werbung, algorithmische Feeds, Trolle, Hass und Desinformation. Neue User auf Bluesky atmen erleichtert auf: Hach, ist das schön ruhig und zivilisiert hier.

Hat das Drama um Twitter damit ein Happy End gefunden? Ja und nein. Auf der einen Seite entzieht der Exodus den Demagogen und Trollen auf X das, was sie am dringendsten brauchen: Reichweite. Auf der anderen Seite hat der Niedergang von Twitter zur weiteren Zersplitterung der Online-Öffentlichkeit geführt. Jeder richtet sich jetzt in seiner eigenen Blase ein: Die Libertären, die alten und die neuen Rechten verstärken sich gegenseitig bei X. Das linksliberale, sich selbst irgendwie als fortschrittlich definierende Publikum geht zu Mastodon und Bluesky.

Wird das so bleiben? Die Experten sind sich uneinig. Manche meinen, auch in diesem Fall werde der Netzwerk-Effekt zuschlagen. Soll heißen: Je größer ein soziales Netz wird, desto mehr User finden sich ein und umso attraktiver wird es für neue Nutzer. Früher oder später würden sich also mehr oder weniger alle wieder auf einer Plattform einfinden. Andere sind

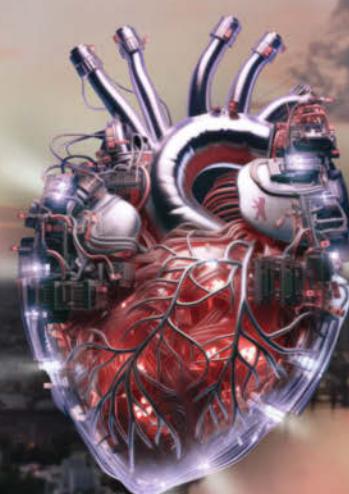
da pessimistischer. Sie sehen einen ohnehin schon vorhandenen Trend zur Fragmentierung der Öffentlichkeit, der sich nun auch in den sozialen Netzen fortsetzt.

Das wäre schade. Weil Twitter in seinen besten Zeiten ein Medium war, in dem sich Politiker, Unternehmen und Forscher ungeschminkt und direkt geäußert haben. Und weil dort Linke wie Rechte, Technik-Kritiker wie Techno-Optimisten, Marktradikale genauso wie Sozialisten vertreten waren, haben sie sich natürlich gegenseitig kräftig befeuert. Das war nicht nur unterhaltsam. Es hatte auch einen hohen Nachrichtenwert. Eine Plattform, auf der alle immer nur im Konsens sind, ist dagegen vor allem eines: langweilig.



Wolfgang Stieler, TR-Redakteur, findet zu viel Konsens ermüdend.

BERLINS INDUSTRIE PULSIERT



Berlins Herz schlägt für innovative Lösungen. Zusammen mit 19 führenden Industriepartnern entwickeln wir nachhaltige und sichere Technik, zukunftsweisende Medizin und sorgen für eine ökologische Energieversorgung.

#BerlinProduziertErfolg

Erlebe unsere kostenfreie
3D-Ausstellung im Herzen Berlins.

Eröffnungsevent | 28.11.2023 | 18-22 Uhr
Studio Mondial, Kurfürstendamm 47

Ausstellung | 01.12.-30.12.2023
BIKINI Berlin, Budapest Str. 38-50

wir.berlin/industriekampagne

BERLIN



Ausgeliefert

Pünktlich um 10 Uhr klingelte es. Eva öffnete die Tür und blickte in das lächelnde Gesicht des freundlichen Lieferando-Mitarbeiters.

„Guten Morgen, Frau Demain. Ich bringe Ihre Tageslieferung.“

„Ach, David“, seufzte sie und setzte sich neben ihn aufs Sofa, während der Bringdienst alles auspackte und an seine Stelle legte. „Es ist so herrlich, dass man sich um nichts mehr kümmern muss.“

„Möchten Sie ein Mittagessen?“, fragte der Mitarbeiter. „Worauf haben Sie Lust? Ich kann Ihnen das Lamm Mutton empfehlen. Und vielleicht Sushi zum Abendessen?“

„Klingt gut. Das nehmen wir.“

Was für ein Leben! Alles, was sie brauchten, egal ob Butter, Brot oder Toilettenpapier, wurde von den freundlichen Lieferando-Mitarbeitern still und geräuschlos aufgefüllt. Auf Wunsch bekamen sie Hauptmahlzeiten geliefert. Und extra Miete für das Haus zahlten sie nicht. Alles war im Abonnement enthalten. Einzige Bedingung: Sie mussten nach Lieferandorf umziehen, eine neue Siedlung, die der Konzern angelegt hatte, um seine Kunden besser versorgen zu können.

Nach einigen Wochen hatte Eva aber doch mal wieder Lust, richtig shoppen zu gehen. Sie fuhren in die nächstgelegene Stadt. Als sie gerade den dortigen Karstadt betreten hatten, klingelte Davids Handy. Verwundert nahm er ab. Es war der Lieferando-Kundendienst.

„Herr Demain, wir haben registriert, dass Sie ein Kaufhaus betreten haben. Wir möchten Sie der Sicherheit halber auf Paragraf 15, Absatz 3 Ihres Vertrags hinweisen.“

Er hatte den Vertrag irgendwo in seinen E-Mails als Anhang abgelegt. Nach einer Weile hatte er das Dokument gefunden und scrollte durch die vielen Seiten, die er natürlich nie sorgsam gelesen hatte. Er fand die Stelle: „... verpflichtet sich der Vertragspartner“, murmelte er, „alle seine Waren exklusiv bei Lieferando zu erwerben. Ein Kauf bei einem anderen Anbieter zieht eine Vertragsstrafe von 15 000 Euro nach sich.“

Eva fiel die Kinnlade runter. „Wie bitte?“

David las die Passage immer und immer wieder. Er rief noch einmal den Kundendienst an. Es stimmte: Sobald sie auch nur ein Brötchen bei einem Bäcker kauften, müssten sie eine drakoni-

sche Vertragsstrafe zahlen. Noch schlimmer: Der Kundendienst wies ihn auch auf die Mindestvertragslaufzeit von fünf Jahren hin.

Sie würden nirgendwo mehr shoppen, in keinem Restaurant mehr essen können. Und: Urlaub war nur noch in den zwanzig Ländern möglich, in denen Lieferando aktiv war. Sie waren geliefert.

Sie waren nicht die Einzigen: Im Internet erfuhren sie, dass es den Einwohnern von Getirsburg, Bringmeisterdam, Flinkfurt und Gorillastadt genauso erging. Tausende von Menschen hatten sich leichtsinnig durch Knebelverträge an Lieferdienste gekettet. Was sollten sie nun tun?

David und Eva waren klar: Sie mussten hier raus, koste es, was es wolle. Irgendwann fand David einen Kündigungsdienst, der sich auf Opfer von Bringdiensten spezialisiert hatte: „Ausgeliefert“ versprach „freies Shoppen für freie Bürger“.

David zögerte nicht lange und klickte den „Beauftragen“-Knopf. Wenige Minuten später erhielt er eine E-Mail, in der ihm mitgeteilt wurde, dass er ab dem nächsten Tag wieder bedenkenlos einkaufen gehen konnte. Allerdings mussten er und Eva auch aus dem Haus in Lieferandorf ausziehen.

Am nächsten Morgen standen sie in der Bäckerei im Nachbarort und bestellten zwei Croissants. Als David bezahlte, starrte er nervös auf sein Handy. Aber es kam kein Warnanruf. Jubelnd verließen sie die Bäckerei und gingen erst einmal einkaufen.

Am nächsten Tag bekam David eine SMS: „Wir beglückwünschen Sie zu Ihrer lebenslangen Mitgliedschaft bei ‚Ausgeliefert‘. Ab sofort werden Sie über unseren Dienst jedes Vertragsverhältnis umgehend beenden können, auch Ehen und Lebenspartnerschaften sind in Ihrem Vertrag inkludiert. Der Vorsicht halber weisen wir Sie darauf hin, dass bei einer Kündigung außerhalb von ‚Ausgeliefert‘ eine Vertragsstrafe in Höhe von 50 000 Euro fällig wird.“ – Jens Lubbadeh



© Copyright by Heise Medien.

Online-Konferenz – 23. November 2023



TEAM UP!



Teamentwicklung in Zeiten von Remote-Work

... denn Remote-Teamentwicklung schafft neue Herausforderungen

- Wie kann erfolgreiche Teamentwicklung speziell in Remote- und Hybrid-Umfeldern gelingen?
- Wen oder was braucht es dafür?
- Und wie lässt sich das neue Verhalten nachhaltig verankern?

Für viele dieser Fragen haben sich in der Remote-Arbeit Lösungsansätze bewährt, die im Zentrum dieser Online-Konferenz stehen. Ausgewiesene Experten und Expertinnen zeigen erfolgreiche Wege, mit denen Teams ihre Ziele klar definieren und umsetzen können. Team Up! wendet sich an Führungskräfte und Verantwortliche in Projektteams, an (Agile) Coaches & Consultants und an Personalentwicklerinnen.

Jetzt
Frühbucher-
rabatt
sichern!

teams.inside-agile.de

+++ Außerdem Online-Workshops am 24./25. November, 29./30. November und 7. Dezember 2023 +++

Veranstalter



Online-Konferenz – 28. November & 5. Dezember 2023



AGILE LEADERSHIP CONFERENCE

So werden agile Teams besser

Kaum ein Unternehmen kommt heute noch ohne **agile Arbeitsweisen** aus. Der **Leadership Day (28.11.)** und der **Self Leadership Day (5.12.)** behandeln aktuelle Herausforderungen von Führung und Management:

- Wie führt man selbstorganisierte Teams und wieso ist dabei die Selbtführung entscheidend?
- Wie kann man Mitarbeitende beurteilen, wenn die Teamleistung im Fokus steht?
- Braucht es überhaupt noch disziplinarische Führungskräfte?

Die Konferenz richtet sich an **Gruppen-/Team-/Abteilungsleiterinnen und -leiter** sowie erfahrene **Scrum Master/Agile Coaches**.

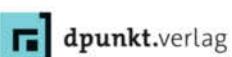
Wer teilnimmt, sollte ein agiles Grundverständnis mitbringen.

Jetzt
Frühbucher-
rabatt
sichern!

alc.inside-agile.de

+++ Außerdem Online-Workshops am 29. November und 8. Dezember 2023 +++

Veranstalter



Kooperationspartner



Agile Academy

© Copyright by Heise Medien



SPRECHEN Wir schreiben Zukunft.

Hören Sie die MIT Technology Review als Podcast.

Unsere Podcast-Formate:

Weekly

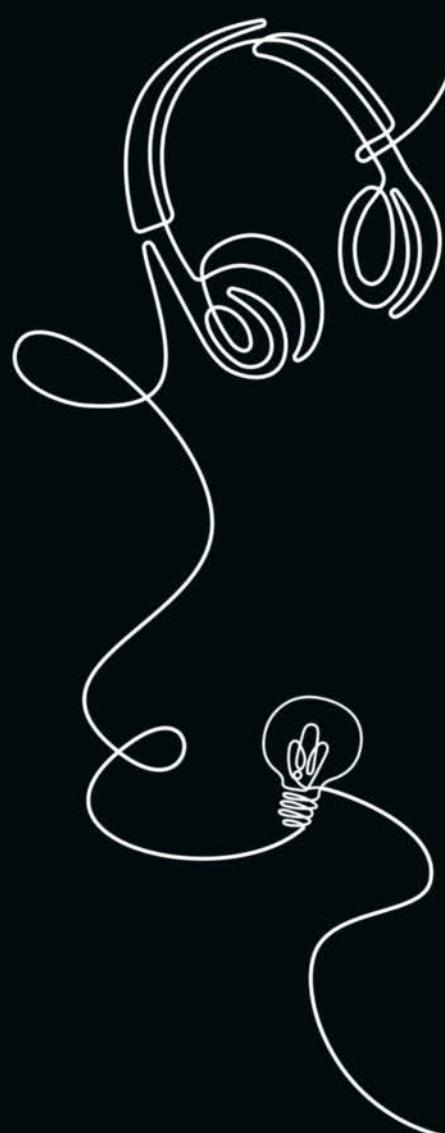
Einmal in der Woche ordnen wir Nachrichten aus den Bereichen Wissenschaft und Technik ein. Was sind echte technische Durchbrüche und was nur Hype?

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

Copyright by Heise Medien.