

MIT Technology Review

Das Magazin für Innovation von Heise

Zu viel **WASSER** ... und zu wenig!

Überschwemmungen und
Dürren werden extremer:
Wie wir damit umgehen

Kryptowährung

Warum ein Nationalpark im Kongo Bitcoins schürft

ChatGPT

Die Geschichte hinter der generativen KI

Geo-Engineering

Wie ein Start-up Tatsachen schafft

Medizin

Eine Pionierin arbeitet an Organen aus der Fabrik



30. Internationale Fachmesse und Kongress

Europe's #1
in digital learning

LEARNTEC

23. – 25. Mai 2023
Messe Karlsruhe

Premium Partner:

**HAUFE.
AKADEMIE**

Jetzt parallel:

**newWORK
EVOLUTION**

© Copyright by Heise Medien

learntec.de

**messe
karlsruhe**

Liebe Leserinnen und Leser,



ohne Wasser kein Leben – aber zu viel kann ebenso tödlich sein: ausfallende Ernten, zerstörte Siedlungen, Seuchen, die um sich greifen. Es sind die Bilder vom ausgetrockneten Po in Italien, vom Ahrtal 2021, von Pakistan im vergangenen Sommer, die zeigen: Der globale Wasserhaushalt ist durcheinandergeraten. Wie konnte das passieren?

Zunächst hat sich der Wasserverbrauch global von 1910 bis 2010 versiebenfacht. Mit einer Weltbevölkerung von über acht Milliarden Menschen kratzt der Verbrauch laut Experten heute bereits an den „planetaren Grenzen“.

Dann die Klimakrise, die durch Extremereignisse die Lage verschärft: Mehr Starkreagen führt zu Überflutungen – vor allem dann, wenn der Boden aufgrund einer Dürre gar nicht so viel Wasser aufnehmen kann. Oder: Milde Winter verlängern die Phase, in denen Pflanzen Wasser brauchen.

Und nicht zuletzt spielen große Infrastrukturprojekte des 20. Jahrhunderts eine Rolle in der Misere: große Staudämme, tiefe Brunnen oder große Entsalzungsanlagen. Sie versorgen zwar viele Menschen mit Trinkwasser, allerdings wurde dabei wenig auf so wichtige Dinge wie den Grundwasserspiegel geachtet – was sich jetzt rächt.

Wie aber umgehen mit den Herausforderungen, die sich daraus ergeben?

In der Landwirtschaft arbeiten Start-ups daran, mit Sensoren auf den Feldern ein intelligen-

tes Wassermanagement zu entwickeln (Seite 48). Forscherteams nutzen Algorithmen des maschinellen Lernens, um Überschwemmung etwa in Ballungsgebieten vorherzusagen (Seite 58). Und wenn Flüsse wie der Rhein weniger Wasser führen, dann müssen Schiffe anders gebaut werden (Seite 42).

Aber was tun, wenn speziell eine Region von Wassermangel betroffen ist? Hier gilt die Devise: weniger verbrauchen und schlicht nichts verschwenden. Was das bereits heute für Konsequenzen hat, beschreiben wir ausführlich in einer Reportage über Berlin und Brandenburg (Seite 26).

Wie viele Dimensionen die Wasserfrage hat, zeigt sich an Wasserkraftwerken (Seite 54): Wasser kann als Energielieferant den CO₂-Ausstoß reduzieren. Gleichzeitig ist es wichtiger Lebensraum und Biodiversitätsfaktor – aber nur, solange genügend sauberes Wasser fließt.

Beim Wasser laufen sämtliche drängende Probleme unserer Gesellschaften zusammen: Energie, Klimaauswirkungen, Biodiversität. Zeit, sich damit zu beschäftigen.

Ihr

Luca Caracciolo
@papierjunge



WASSER • Starkregen und Dürren – Wetterextreme werden immer häufiger. Die Ursachen liegen jedoch nicht nur im Klimawandel (Seite 14)

3 Editorial

6 Bild des Monats

Fast ein Baum

UPDATE

9 Kreislaufwirtschaft

Batterien reparieren statt schreddern

10 Baustoffe

Antiker Beton mit Selbstheilungskraft

11 Tierzucht

Wels mit Alligator-Gen

13 Mythos des Monats

Teenager brauchen besonders viel Energie

TITEL

14 Wasser

Wie wir mit Überschwemmungen und Dürren umgehen

24 Experte in 5 Minuten

Virtuelles Wasser



Podcast

Für die gemeinnützige Organisation Correctiv ist die Journalistin Annika Joeres tief in die Thematik rund um das Grund- und Oberflächenwasser in Deutschland eingetaucht.



26 Dürre in Deutschland

Stadt, Land und kein Fluss mehr

34 Wohnen auf dem Wasser

Was schwimmt denn da?

42 Binnenschifffahrt

Flach und breit für Niedrigwasser

44 Hochwasserschutz

Steigende Gefahr an Küsten und im Binnenland

48 Landwirtschaft

Herausforderung Dürre auf dem Feld

54 Wasserkraft

Neue Lösungen für Strom aus Wasser

58 Künstliche Intelligenz

Sensoren und Software gegen überlaufende Kanäle

REPORT

61 Kolumne

Über Innovation und bezahlbare Mieten

62 Umwelt

Warum ein Nationalpark im Kongo Bitcoins schürft

WASSERKRAFT • Auch wenn das Potenzial für Wasserkraft in Deutschland gering ist: Es gibt neue Wege, Strom schonend und zuverlässig aus Flüssen zu gewinnen (Seite 54)



„Mit einer derartigen Katastrophe in einem deutschen Mittelgebirge hat niemand gerechnet.“

Holger Schüttrumpf, Institut für Wasserwirtschaft der RWTH Aachen (Seite 44)



Umwelt • Der Virunga-Nationalpark im Kongo betreibt eine Bitcoin-Mine, um Menschen, Tiere und Wälder zu schützen (Seite 63)

71 Jubiläum

Mit LSD zur PCR

72 Generative KI

Die Geschichte hinter ChatGPT

76 Geoengineering

Ein Start-up schafft Tatsachen und bricht ein Tabu

80 Biotechnologie

Pionierin arbeitet an einer Organfabrik

87 Déjà-vu

Die kreativen Maschinen sind da

88 KI in der Medizin

Die Todesmaschinen



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

DOSSIER

93 Digitalisierung in Unternehmen

TikTok für Unternehmen, Kommunikationsagentur sucht KI-Prompter, digitale Megatrends in der Logistik

REVIEW

103 Ausprobiert

Satisfactory ist ein Fabrikpuzzle für Effizienzjunkies

104 Hardware

3D-gedruckter Fahrradsattel, Inselheizung fürs Büro, Backen mit KI

108 Medien

Ning Kens *Zhong Guan Village*, Serie *Peripherie*, Gernot Wagners *Und wenn wir einfach die Sonne verdunkeln?*, Klassiker *Der Jahrtausendmensch* neu gelesen

110 Meinung PFAS-Verbot

Kampf gegen die Hydra

112 Meinung E-Fuels

Die Partei für Verbrenner

114 Der Futurist

Der letzte Kleber

RUBRIK

75 Impressum

106 Technologiezentren

„Make Sunsets verletzen das Recht der Gesellschaft, über ihre Zukunft selbst zu bestimmen.“

Kelly Wanzer, Geschäftsführerin der gemeinnützigen Klimaforschungsorganisation SilverLining (Seite 78)



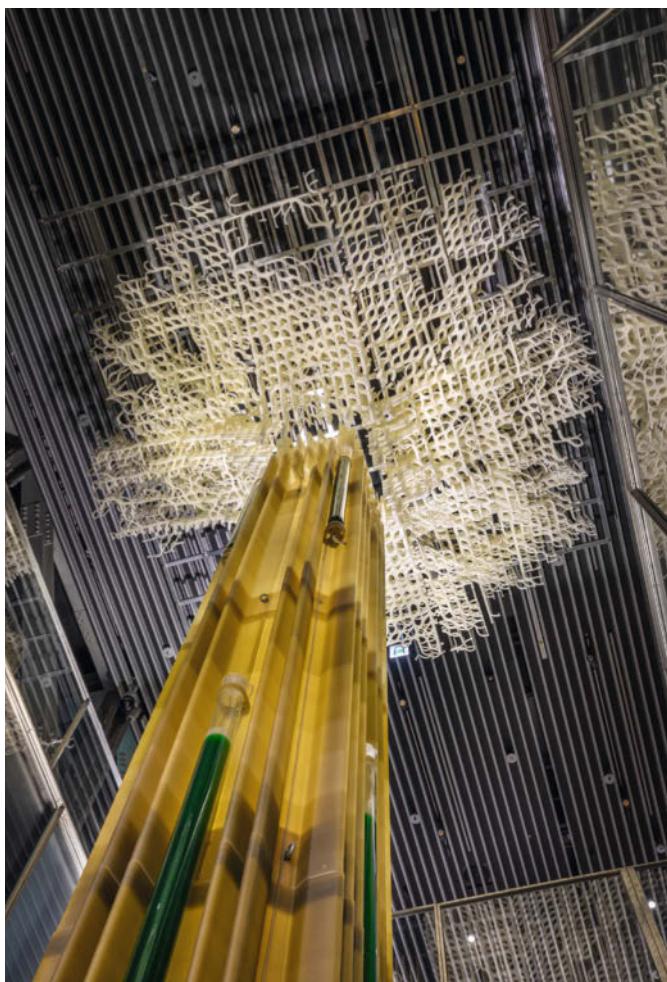
BILD DES MONATS

Fast ein Baum

Tree.ONE heißt die zehn Meter hohe Skulptur, die bis Januar 2023 im koreanischen Hyundai Motorstudio Busan ausgestellt wurde. Sie soll die weltweit höchste 3D-gedruckte, selbsttragende Struktur sein, die Kohlenstoff aufnimmt und speichert.

Den Kohlenstoff speichert Tree.ONE im Baumaterial: Er besteht aus einem von Algen produzierten Biopolymer. Der Stamm und die 25 Quadratmeter umspannende Baumkrone enthalten so viel Kohlenstoff wie ein natürlicher Baum. In acht Glasreaktoren bindet der Plastikbaum aktiv Kohlenstoff. Darin betreiben Mikroalgenkulturen Photosynthese.

Die Künstler wollten in ihrem Baum biologische Intelligenz mit künstlicher verbinden – die Biologie steckt im Material. Eine KI war zuständig für den Entwurf; gedruckt haben den Baum Roboter.



Fotos: Yoon Joonhwan

© Copyright by Heise Medien.



konnten die EU-Länder seit Beginn des Ukraine-Krieges an Kosten für Erdgasimporte einsparen. Das ist vor allem der Stromproduktion aus Wind- und Sonnenenergie zu verdanken, berichtete kürzlich die britische Denkfabrik Ember Climate: Die Stromproduktion aus Erneuerbaren stieg seit Kriegsbeginn um rund 50 Terawattstunden.

Um diese Strommenge aus Erdgas zu erzeugen, hätte die EU 90 Terawattstunden Gas im Gegenwert von zwölf Milliarden Euro importieren müssen.

MIKROPLASTIK

Sauger für Reifenabrieb

Autos – egal ob Verbrenner oder Stromer – erzeugen Emissionen durch Reifenabrieb. Die Kautschuk- und Mikroplastikteilchen lösen sich beim Rollen und Bremsen. Das britische Start-up The Tyre Collective hat nun eine neue Absaugeinrichtung entwickelt, die sich am Unterboden direkt hinter den Reifen anbauen lässt. Ein erster Prototyp im Labor konnte 60 Prozent der Partikel entfernen, die zwischen 0,3 und 136 Mikrometer groß sind. Der eingesaugte Abrieb soll wiederverwertet werden.

Laut The Tyre Collective stört die Absaugeinrichtung das normale Fahren nicht, es gebe nur „minimale“ Verringerungen bei der Reichweite. Die Stromversorgung für die Absauganlagen könne über den Zigarettenanzünder-Bus erfolgen. Die zum Patent angemeldete Technik wurde zusammen mit einer jungen grünen Logistikfirma aus London entwickelt. – Ben Schwan



Der Abriebssauger nutzt auch elektrostatische Effekte, um Plastikteilchen einzufangen.
© Copyright by Heise Medien.

GEHIRNIMPLANTATE

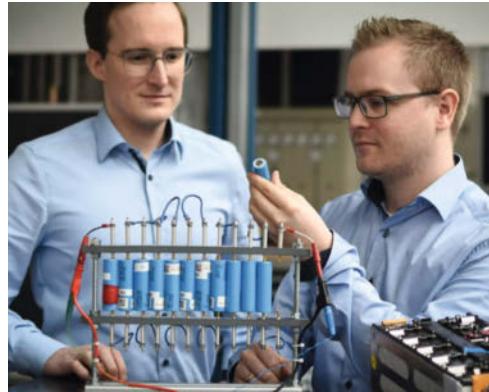
62 Worte pro Minute

Menschen, die ihre Sprache verloren haben, kommunizieren oft via Tastatur und Sprachcomputer. Damit das künftig quasi allein kraft der Gedanken funktioniert, arbeiten Forschende schon seit Jahren an geeigneten Hirnimplantaten. Kürzlich lieferte ein Implantat der Stanford University, Kalifornien, einen neuen Sprechgeschwindigkeitsrekord (heise.de/s/r1oK).

Eine Frau, die wegen einer Amyotrophen Lateralsklerose (ALS) ihre Sprechfähigkeit verloren hatte, formulierte mithilfe des neuartigen Implantats Sätze mit einer Geschwindigkeit von 62 Wörtern pro Minute. Das sei fast dreieinhalfmal schneller als mit bisherigen Implantaten, schreibt das Forschungsteam. Als normales Sprechtempo gelten etwa 160 Wörter pro Minute.

Die Sprechprothese misst die Aktivitäten mehrerer Dutzend Nervenzellen im motorischen Kortex. Der steuert unter anderem die Bewegungen von Stimmbändern, Zunge und Lippen. Aus den Aktivitätsdaten ermittelt das System, welche Wörter eine Person gerade formulieren möchte. Dabei helfen Sprachvorhersagemodelle und maschinelles Lernen. Ob sich das System auch im Dauereinsatz bewährt und es eine Zulassung als Medizinprodukt erhalten kann, ist noch unklar. – Antonio Regalado

Foto: Jürgen Rennecke/UBT



Auf den ersten Blick ist nicht zu erkennen, ob die ganze Batterie oder nur eine der Zellen kaputt ist. Spezielle Messtechnik schafft Abhilfe.

KREISLAUFWIRTSCHAFT

Reparieren statt schreddern

Ist eine Lithium-Ionen-Batterie erschöpft, muss sie nicht immer gleich entsorgt werden. Denn mitunter sind nur einzelne Zellen defekt, die ersetzt werden könnten. Doch herauszufinden, ob dies tatsächlich der Fall ist, ist für Recyclingunternehmen zurzeit noch viel zu aufwendig.

Helfen könnte eine Methode, über die Forschende der Universität Bayreuth kürzlich im Fachjournal *Applied Energy* (heise.de/s/xrPG) berichteten: Impedanzspektroskopie. Bei der elektrochemischen Untersuchungsmethode wird die Batterie Wechselstrom unterschiedlicher Frequenzen ausgesetzt. Besonders ihre Reaktion im tieffrequenten Bereich lässt Rückschlüsse darauf zu, ob einzelne Zellen besonders stark oder sämtliche Zellen der Batterie gleichermaßen gealtert sind.

Die Methode funktioniert allerdings nur, wenn Impedanzdaten frischer Batterien des gleichen Typs vorliegen. Ob Hersteller Daten dieser Art zur Wiederverwertung vorhalten müssen, wird im Rahmen einer neuen Batterie-Richtlinie der EU diskutiert. – Gregor Honsel

**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


**HANNOVER
MESSE**
**Halle 16
Stand B09**

Treffen Sie uns!

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


**SECURITY
LICENSING
PROTECTION**
PERFECTION IN PROTECTION

BAUSTOFFE

„Der Beton der Zukunft ist selbstheilend“

Waren die alten Römer bessere Baumeister als die Ingenieure von heute? In manchen Dingen offenbar schon. Zum Beispiel entwickelten sie Rezepturen, die dem Baustoff Beton regelrechte Selbstheilungskräfte verleihen. Welche Zutaten darin stecken und ob die antiken Rezepte auch beim modernen Bauen helfen, erklärt der US-amerikanische Baustoffexperte Admir Masic.

Gebäude aus römischem Beton überdauern Jahrtausende. Woran liegt das?

Der antike römische Beton ist ein ganz besonderes Material. Statt Steine zu behauen und mit Mörtel zu verbinden, gossen sie aus Beton langlebige Pseudosteine in den gewünschten Formen und Größen. Und das war dank einer speziellen Zusammensetzung des Betons möglich, die dafür sorgt, dass das Material mit der Zeit an Festigkeit gewinnt.

Welche Zutat war dafür entscheidend?

Lange Zeit sind wir davon ausgegangen, dass der Schlüssel in einer speziellen Vulkanasche aus Italien liegt. Aber wir haben die Rolle der Kalkklasen übersehen. Diese Gesteinsbröckchen haben offenbar die Fähigkeit, sich mit der Zeit selbst zu stärken und die Festigkeit zu erhöhen. Gemeinsam mit einem internationalen Team haben wir gezeigt, dass die Römer zur Herstellung ihres Mörtels eine Technik angewendet haben, mit der die Kalkklasen systematisch in die Beton- und Mörtelmischung eingebracht werden können. Alles zusammen führt zur Selbstheilungsfunktion des Baustoffs.

Wie funktionieren solche Selbstheilungskräfte?

Die eingeschlossenen Kalkbröckchen verschließen die mit der Zeit auftretenden Risse und Poren im Beton durch einen chemischen Prozess. Dringt Wasser ein, löst es das Kalzium aus den Brocken. Das Kalzium wiederum reagiert dann chemisch mit anderen Bestandteilen und verschließt dadurch die Lücken.



Admir Masic ist Professor für Bau- und Umweltingenieurwesen am MIT in Cambridge, USA.

Kann das römische Rezept für unseren Stahlbeton hilfreich sein?

Die selbstheilenden Eigenschaften des römischen Betons könnten helfen, die Korrosion des Bewehrungsstahls abzuwehren. Denn wenn Wasser durch einen Riss eindringt und den Bewehrungsstahl erreicht, korrodiert er.

Würden Sie sagen, dass heutiger Beton schlechter ist als der antike?

Ich würde nicht sagen, dass er schlechter ist. Aber er ist anders. Zunächst einmal haben die Römer mit einem Beton gebaut, der unbewehrt war. Sie bauten anders, weil sich die Last, um etwa Bögen und Kuppeln zu bauen, anders verteilen musste. Unsere Methoden, unser Design und unsere Bauweise erfordern vor allem Wände und Decken. Und das funktioniert nicht ohne Bewehrung. Das ist ein wichtiger Unterschied.

Können bessere Rezepturen den CO₂-Fußabdruck von Beton verkleinern?

Auf jeden Fall. Wir glauben, dass die Zukunft in einem multifunktionalen Beton liegt, der nicht nur besonders tragfähig ist, sondern eben auch selbstheilend. Allein das spart schon Emissionen. Stellen Sie sich den Paradigmenwechsel vor: Von einem Beton, der die Umwelt verschmutzt, zu einem Beton, der sogar zu einer Kohlenstoffsenke werden könnte. Das zu erreichen, ist allerdings eine sehr schwierige Aufgabe und die Zeit für die notwendigen radikalen Veränderungen ist sehr kurz. Für etwa die Hälfte der CO₂-Emissionen aus Beton haben wir derzeit keine technische Lösung. Deshalb wäre es wirklich von Vorteil, wenn Betongebäude länger halten würden.

Sind die Erkenntnisse hilfreich für neue Bautechniken wie den 3D-Druck?

Der 3D-Druck ist definitiv ein weiterer Paradigmenwechsel, und es bedarf erheblicher Anstrengungen, um Materialien zu finden, die dafür geeignet sind. Er eröffnet völlig neue Möglichkeiten, was wir mit einem Raum anstellen können, und hilft, durch Materialeinsparungen Emissionen zu reduzieren. Auch hier können die selbstheilenden Eigenschaften sehr hilfreich sein. Wir sind gerade im Gespräch mit 3D-Druck-Unternehmen, die von unserer Studie sehr angetan sind, weil sie direkt in ihre Forschungs- und Entwicklungsstrategien einfließen könnte.

Wie lange wird die Kommerzialisierung dauern?

Das ist schwer zu sagen, da die Branche bekanntlich sehr resistent gegenüber Veränderungen ist. Das liegt an der Kostenstruktur: Die Unternehmen verdienen Geld, weil sie viel produzieren. Und wenn ein völlig neues Verfahren eingeführt wird, muss es auch erst mal zertifiziert werden. Das Gute an der römischen Technologie ist, dass es sich um etwas handelt, das sich schon bewährt hat, seit Ewigkeiten. – Interview: Ben Schwan

DROHNEN

Aufladen im Flug

Mit Drohnen kann man allerlei anstellen – von Kameraaufnahmen über Lieferdienste bis zur Personensuche. Allerdings sind die Flugzeiten von Quadrocoptern und anderen Drohnen wegen ihrer begrenzten Batteriekapazitäten eher kurz. Länger als 40 Minuten halten sich nur die wenigsten Modelle in der Luft. Dieses Problem wollen nun Forscher um Li Xuelong von der Northwestern Polytechnical University in Xi'an gelöst haben. Sie haben eine Quadrokopter-Drohne mit einem Solarmodul ausgestattet und dieses während des Flugs durchgehend mit einem Laser bestrahlt. Den dafür nötigen „Blickkontakt“ wollen die Forschenden mithilfe einer speziellen Tracker-Technologie ermöglicht haben. Zudem wurde die Leistung des Laserstrahls an die Entfernung zur Drohne angepasst – und an einen potenziell bewölkten Himmel. – Jan Oliver Löfken

KÜNSTLICHE INTELLIGENZ

Sprachprogramm kreiert Bakterienkiller

Nicht nur Mutter Natur kann Eiweiße kreieren, die Bakterien töten können. Auch Künstliche Intelligenz ist dazu in der Lage. Das Deep-Learning-Sprachmodell ProGen etwa hat Aminosäuresequenzen entworfen, die die Zellwände der Mikroorganismen zerlöchern können, wie ein Forschungsteam aus Kalifornien im Fachjournal *Nature Biotechnology* (heise.de/s/XdrO) berichtete.

Als Designvorbild für die Proteine dienten dabei Lysozyme, die auch in Tränen, Speichel und der Muttermilch vorkommen. Die neuartigen, von ProGen entworfenen Enzymvarianten gibt es in der Natur hingegen nicht. Sie hätten aber große strukturelle Ähnlichkeiten mit ihren biologischen Vorbildern, schreiben die Entwicklerinnen.

Das Team trainierte das Sprachmodell mit knapp 56 000 Aminosäuresequenzen aus fünf unterschiedlichen Lysozym-Familien und brachte ihm bei, für welche Familie bestimmte Aminosäureabfolgen an welchen Stellen typisch sind. Jede Sequenz erhielt zudem einordnende Etiketten (Tags), unter anderem zu Protein-Eigenschaften wie „antibakteriell“. Am Ende reichten der KI einige Tag-Vorgaben, um passende Aminosäureketten neu zu knüpfen. – Veronika Szentpétery-Kessler

TIERZUCHT

Wels mit Alligator-Gen

In den USA werden jedes Jahr Millionen von Speisefischen gezüchtet. Doch viele von ihnen sterben an Infektionen. Änderungen im Erbgut könnten die Tiere künftig vor Krankheiten schützen, wie ein Team der Auburn University in Alabama, USA, auf dem Preprint-Server *bioRxiv* (heise.de/s/j6k1) berichtete. Weniger kranke und tote Tiere würden außerdem die negativen Umweltauswirkungen von Fischfarmen verringern.

Dass so eine Strategie funktionieren kann, konnten die Forschenden am Beispiel des Getüpfelten Gabelwelses zeigen, der in den USA ein beliebter Speisefisch ist. Mithilfe der Genschere CRISPR/Cas9 hatten sie ein Alligator-Gen in das Erbgut der Welse eingefügt, das für ein antimikrobiell wirkendes Protein namens Cathelicidin codiert. Die transgenen Welse waren tatsächlich widerstandsfähiger gegenüber Krankheitserregern. Ob die Welse mit dem Alligator-Gen aber für den Verzehr zugelassen werden, ist noch offen. – Jessica Hamzelou



Foto: U.S. Fish & Wildlife Service

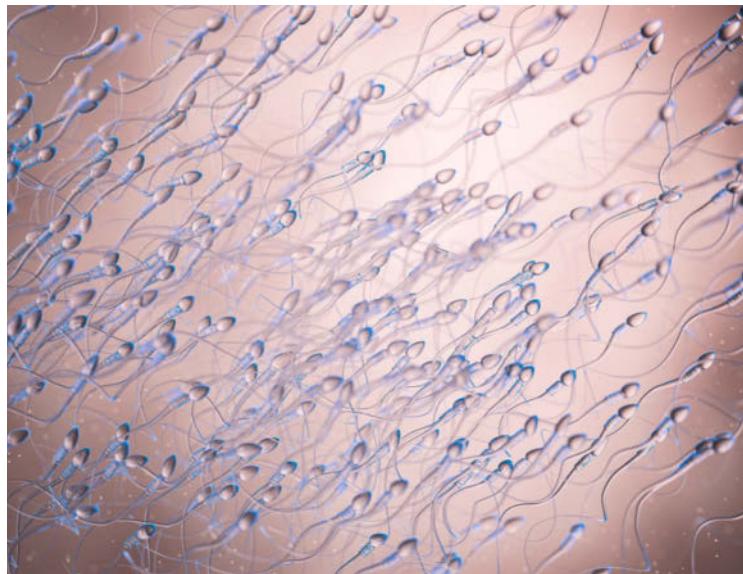
Die transgenen Welse können sich nicht vermehren, denn das Alligator-Gen wurde in einen für die Fortpflanzung wichtigen Teil des Genoms eingefügt.

PILLE FÜR DEN MANN

Enzymhemmer als Spermienbremse

Forschende arbeiten an einer Antibabypille für Männer, die Spermien vorübergehend immobilisiert. Der Wirkstoff hemmt ein Enzym, das für die Beweglichkeit der Spermien wichtig ist. Bei Nagern sorgte eine Wirkstoffdosis für rund zweieinhalb Stunden Verhütung. Danach ließ die Wirkung langsam nach, wie ein deutsch-amerikanisches Forschungsteam im Fachjournal *Nature Communications* (heise.de/s/MnP1) berichtete.

Unerwünschte Nebenwirkungen konnten die Forschenden in den Mausversuchen nicht feststellen. Als Nächstes wollen sie das Mittel an Kaninchen testen. Bevor klinische Tests am Menschen möglich sind, müssen sie außerdem noch an der Darreichungsform arbeiten: Die Mäuse bekamen das Mittel in den Rachen gespritzt. Eine Tablettenvariante ist laut Studie in der Entwicklung. – Veronika Szentpétery-Kessler

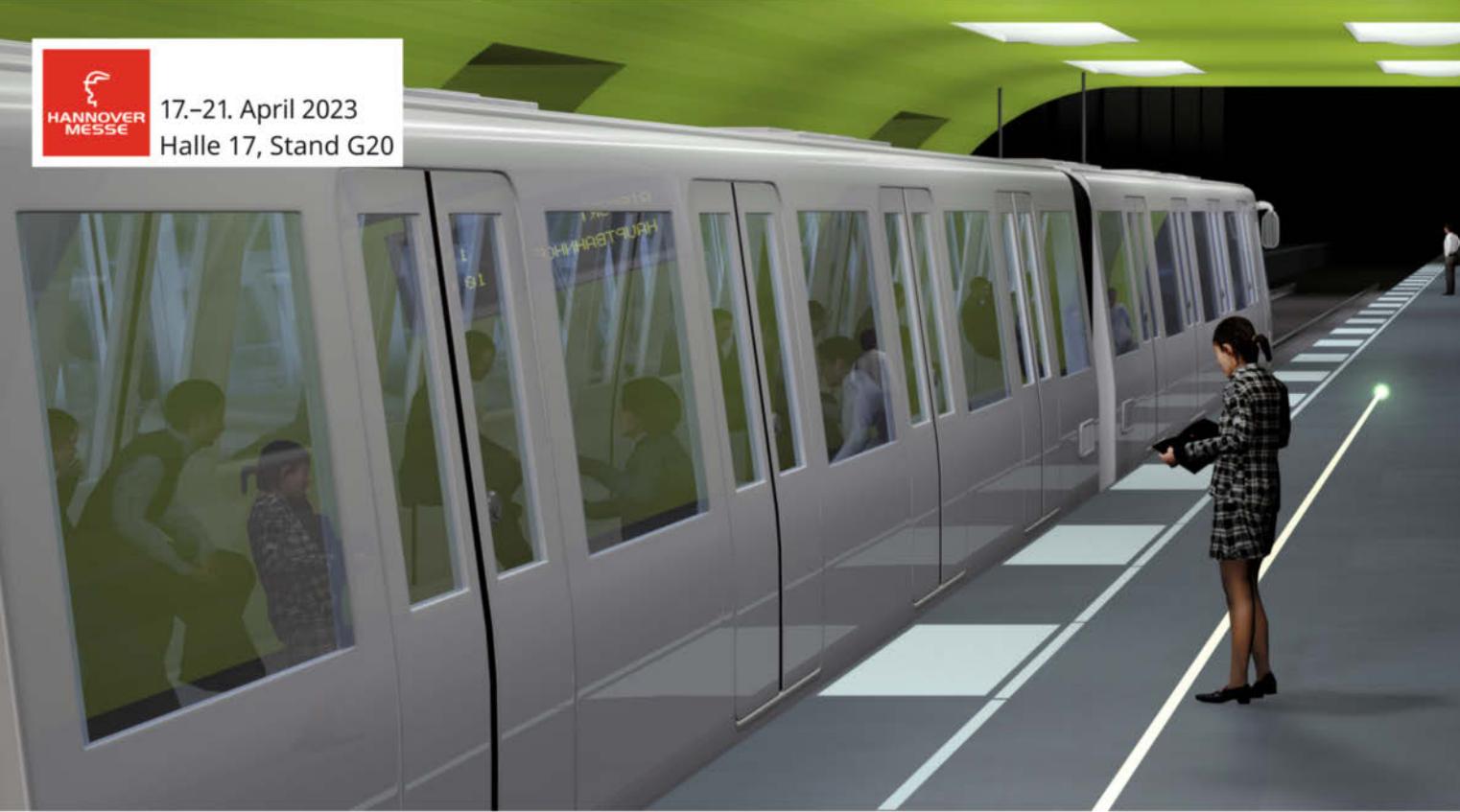


Nur zügig schwimmende Spermien kommen ans Ziel.
Der Wirkstoff TDI-11861 immobilisiert sie für wenige Stunden.

Foto: mauritius images / Sebastian Kaulitzki / Alamy



17.-21. April 2023
Halle 17, Stand G20



Softwareinnovationen für die Optimierung des Energie- und

© Copyright by Heise Medien

UMWELT

Heizen und kühlen ohne Fluor-Gase

Fluorierte Gase sind gängige Kühlmittel, die unter anderem in Supermarktkühltheken, in Klimaanlagen und Wärmepumpen stecken. Doch sie haben häufig einen großen Treibhauseffekt und die meisten von ihnen zählen zu den sogenannten Ewigkeitschemikalien PFAS (per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen), die sich in der Umwelt anreichern. In der EU wird zurzeit ein Verbot diskutiert. Zwar gibt es keine perfekte Alternative für alle Anwendungen, doch ein Umstieg ist möglich.

In Industrieanlagen etwa hat sich Ammoniak als Kühlmittel bewährt und Kohlendioxid gilt als geeignete Alternative für Autoklimaanlagen. Eine wichtige Rolle als Kältemittel spielt auch das Gas Propan, das zwar brennbar ist, aber gemischt mit Butan schon seit vielen Jahren in Kühltruhen steckt. Auch erste mit Propan betriebene Wärmepumpen sind bereits im Handel. Sogar Wasser taugt als Kältemittel, wenn auch nur in einem kleinen Temperaturbereich. Das Start-up Efficient Energy aus der Nähe von München jedenfalls hat schon rund 200 Anlagen mit Wasserkühlung an die Industrie verkauft. – Gregor Honsel

MYTHOS DES MONATS

Kalorienverbrauch in der Pubertät

Wer manchen Teenagern beim Essen zuschaut, könnte glauben, der Energiebedarf sei gerade in dieser Lebensphase besonders hoch. Doch dieser Eindruck trügt offenbar. Laut einer internationalen Studie, die im Fachblatt *Science* (heise.de/s/Z3XY) veröffentlicht wurde, ist der Kalorienverbrauch in den ersten zwölf Lebensmonaten am höchsten. Danach sinkt er jedes Jahr um drei Prozent bis etwa zum 20. Geburtstag. Anschließend bleibt er 40 Jahre stabil und sinkt dann ein zweites Mal um 0,7 Prozent jährlich.

Mit Wachstum und altersbedingtem Muskel schwund allein lassen sich diese Trends nicht erklären. Die Forschenden vermuten daher, dass noch unbekannte Zellprozesse verantwortlich sind. Ihre Erkenntnisse fußen auf Daten von mehr als 6000 Personen aus 29 Ländern. Die Probanden waren zwischen 8 Tage und 95 Jahre alt. – Andrea Hoferichter





Zu viel
WASSER
...und zu wenig!

Auch Länder in gemäßigten Zonen dürften in Zukunft regelmäßig zwischen Starkregen und Dürren hin- und herpendeln. Eine Ursache ist der Klimawandel, aber die Probleme reichen deutlich tiefer. – Gregor Honsel und Wolfgang Stieler

Nach tagelangem Dauerregen meldeten die Harztalesperren im Februar eine „angespannte“ Lage. Das Problem war aber keineswegs zu viel, sondern zu wenig Wasser. Der überdurchschnittlich nasse Januar brachte zwar noch ein paar Prozentpunkte Füllstand, aber trotzdem blieben die Talsperren weit unter ihrem langjährigen Schnitt. „Ich habe nur Trockenheit erlebt“, sagt Norman Droste, der seit 2018 bei den Harzwasserwerken arbeitet, gegenüber der Hannoverschen Allgemeinen Zeitung.

Dieser Winter ist kaum vorbei, da zeichnet sich schon der nächste Dürresommer ab. Frankreich, Italien und die Alpenländer klagen schon jetzt über zu wenig Niederschläge. Alles, was bis jetzt nicht als Schnee gefallen ist, wird ab dem Frühjahr fehlen. Der französische Präsident Emmanuel Macron rief seine Landsleute bereits Anfang März zum Wassersparen auf. In einigen Departements ist das Bewässern von Gärten und Sportstadien, das Auffüllen von Swimmingpools oder das Waschen von Autos schon verboten – eine „für die Zeit des Jahres bisher nie da gewesene Beschränkung“, wie dpa berichtet. Und auch Berlin, meldete der Tagesspiegel, ist mittlerweile trockener als Israel oder Botswana: „Wäre Berlin ein Land, stünde es auf Platz 152 der Weltrangliste für Niederschlagsarmut“ (siehe S. 26).

Dürre bedeutet jedoch keineswegs, dass die Gefahr von Hochwassern gebannt ist. Im Gegen teil: Der Klimawandel bringt die gewohnten Wetterlagen so durcheinander, dass die Niederschläge immer extremer und unberechenbarer werden. Besonders betroffen sind davon Schwellenländer. So stand im Sommer 2022 zwischenzeitlich ein Drittel von Pakistan unter Wasser. 1700 Menschen starben, 33 Millionen Menschen mussten ihre Häuser verlassen. Ursache war drei- bis fünfmal so viel Regen wie üblich. Aber auch in Australien und Brasilien verursachten ungewohnte, heftige Niederschläge Überschwemmungen.

Wasser ist zunehmend zu wenig oder zu reichlich vorhanden – mit gleichermaßen katastrophalen Folgen: Vernichtete Ernten, zerstörte Siedlungen, um sich greifende Seuchen.

Als Reaktion hatte die UN 2018 eine „Dekade des Wassers“ ausgerufen und dazu eine Reihe von Zielen definiert („Sustainable Development Goals“). Nun – 2023 – ist die Hälfte der Zeit verstrichen. Ende März soll eine UN-Konferenz eine Zwischenbilanz ziehen. Ein Vorab-Paper vermittelt ein gemischtes Bild: Die Effizienz der Wassernutzung hat im Schnitt zwar um zehn Prozent zugenommen und der Anteil der Weltbevölkerung, der Zugang zu sauberem Trinkwasser hat, ist von 2015 bis 2020 von 70 auf 74 Prozent gestiegen. Was zunächst gut

**„Wasser-
knappheit
ist nicht
allein Folge
niedriger
Wasservor-
kommen,
sondern
einer unver-
hältnismäßig
hohen Nach-
frage.“**

klingt, bedeutet aber auch, dass Milliarden von Menschen immer noch nicht von diesen Verbesserungen profitieren. Das UN-Paper schließt: „Die Welt ist nicht auf dem Weg, ihre Ziele zu erreichen.“

PLANETARE GRENZEN

Global gesehen hat sich der Wasserverbrauch von 1910 bis 2010 versiebenfacht, mit einem besonders starken Anstieg in den 1950er-Jahren. Heute kratzt er an der „planetaren Grenze“, bis zu der Wasser entnommen werden kann, ohne Ökosysteme zu schädigen. Nach einer „groben Überschlagsrechnung“ reichen die heutigen Wasserressourcen für die derzeitige Weltbevölkerung „gerade so aus“, schreibt Dieter Gerten, Koordinator für Erdsystemanalyse am Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung, in seinem kürzlich erschienenen Buch *Wasser*. Er warnt: „Zwar dürfte der Pro-Kopf-Verbrauch in vielen Ländern wie bisher insgesamt weiter rückläufig sein. Aber diese Einsparungen können dadurch zunichtegemacht werden, dass der globale Nahrungsmittelbedarf voraussichtlich weiter steigen wird, nicht nur wegen des Bevölkerungswachstums, sondern auch wegen der vor allem in Trockengebieten rasant wachsenden Mittelklasse, die sich wasserintensive Produkte aller Art wird leisten wollen.“

Der Klimawandel erschwert die Lage zusätzlich, denn er wirkt auf vielfältigen Wegen auf den

WIE VIEL WASSER GIBT ES?

Die Gesamtmenge an Wasser auf der Erde ändert sich nicht wesentlich. Wie viel Wasser es insgesamt gibt, kann aber nur geschätzt werden. Die Schätzungen reichen von 1,4 bis 1,6 Milliarden km³ (Billionen Liter). Davon sind aber nur 2,5 Prozent Süßwasser. Ein Großteil der globalen Süßwasservorräte ist in Eis gebunden, ein weiterer Teil in tiefen Erdschichten. Wie groß der verfügbare globale Süßwasservorrat ist, darüber gehen die Meinungen der Experten erheblich auseinander. Unstrittig ist allerdings, dass das meiste davon im Boden schlummert. Der Unesco-Weltwasserbericht 2022 geht von 10,6 Millionen km³ Grundwasser aus – etwa ein Prozent des Wassers auf der Erde. Tom Gleeson von der University of Victoria in Kanada schätzt, dass nur 0,1 bis 5 Millionen km³ davon jünger als 50 Jahre sind – und somit für Mensch und Natur verfügbar. Der aktuelle Bericht spricht von 37 000 km³ „erneuerbarem Trinkwasser“.



Im März 2022 war der norditalienische Fluss Po fast völlig ausgetrocknet. Vieles spricht dafür, dass nun ein erneuter Dürresommer bevorsteht.

globalen Wasserhaushalt: Je früher beispielsweise der Frühling einsetzt, desto mehr Wasser brauchen die Pflanzen. Je länger und heißer die Hitzeperioden, desto höher die Verdunstung. Und da warme Luft mehr Feuchtigkeit aufnehmen kann, verursacht die Erderwärmung auch heftigere Regenfälle. Die Folgen sind nicht nur Überschwemmungen, sondern paradoxe Weise auch gleichzeitig Wassermangel im Boden, denn das meiste Wasser, das vom Himmel fällt, fließt ab, ohne in den Boden einzudringen.

Jahrzehntelang setzte die Menschheit vor allem auf den „harten“ Weg, das Wasser zu beherrschen. Er bestand vor allem darin, immer mehr Wasser heranzuschaffen, um „alle bestehenden und imaginären Bedürfnisse“ zu befriedigen, wie es Gerten formuliert – etwa durch große Staudämme, tiefe Brunnen oder große Meerwasserentsalzungsanlagen (siehe Kasten S. 22).

Die technik- und projektverliebte Wasserwirtschaft des 20. Jahrhunderts brachte zwar Milliarden von Menschen sauberes Trinkwasser, günstigen Strom und den Schutz vor Überschwemmungen, aber das hatte seinen Preis – etwa in Form von Stauseen, die Malaria mücken und Methan verbreiten, oder in Form geplündelter Grundwasserressourcen. „Paradoxerweise ist die dramatische Entwicklung der Weltwassersituation nicht zuletzt eine Folge eben jener Maßnahmen, die vor Jahrzehnten noch als Teil der Lösung gehandelt wurden“, schreibt Gerten.

Beim „weichen“ Pfad gehe es hingegen darum, möglichst mit dem vorhandenen Wasser auszukommen. Und da gibt es noch reichlich Luft nach oben: „Die Bewässerungseffizienz ist im weltweiten Mittel mit unter 40 Prozent recht gering“, so Gerten. Das bedeutet: Es wird mehr als doppelt so viel Wasser zur Bewässerung entnommen, wie eigentlich von den Pflan-

zen benötigt. Die globale Kalorienproduktion ließe sich um 40 Prozent erhöhen, ohne zusätzliches Wasser zu verbrauchen – etwa durch die Zwischenspeicherung abfließenden Wassers, effizientere Bewässerung, Reduzierung der Verdunstung und die Wiederverwendung von Abwasser (siehe S. 48). Insgesamt habe die Welt, glaubt Gerten, immerhin schon die Hälfte des Wegs vom „harten“ zum „weichen“ Pfad zurückgelegt.

Ein wichtiges Scharnier zum Ausgleich der trockenen und wasserreichen Gegenden bildet der Handel mit virtuellem Wasser (siehe S. 24) – also mit dem Wasser, das für die Erzeugung von Importprodukten wie Fleisch, Gemüse oder Baumwolle verbraucht wurde. Hier ergeben sich weltumspannende Wasserflüsse, die weit größere Distanzen überbrücken als jeder Fluss. Berlin etwa bezieht seine Nahrungsmittel – von der Kartoffel bis zur Kaffeebohne – aus einer mittleren Entfernung von mehr als 4000 Kilometern. In der Region Delhi hingegen sind es nur ein paar Hundert Kilometer. Und während deutsche Hauptstädter über ihre Nahrung pro Kopf und Jahr im Schnitt 643 Kubikmeter virtuelles Wasser verzehren, sind es in Delhi – dank fleischarmer Ernährung – nur 434 Kubikmeter.

Der Aralsee in Satellitenaufnahmen von 1989 und 2014. Wikipedia spricht von ihm bereits in der Vergangenheitsform: „Der Aralsee war ein großer, abflussloser Salzsee in Zentralasien.“ Früher war er so groß wie Bayern und der viertgrößte Binnensee der Welt. Wasserentnahme für den Baumwollanbau hat ihn fast vollständig verschwinden lassen.

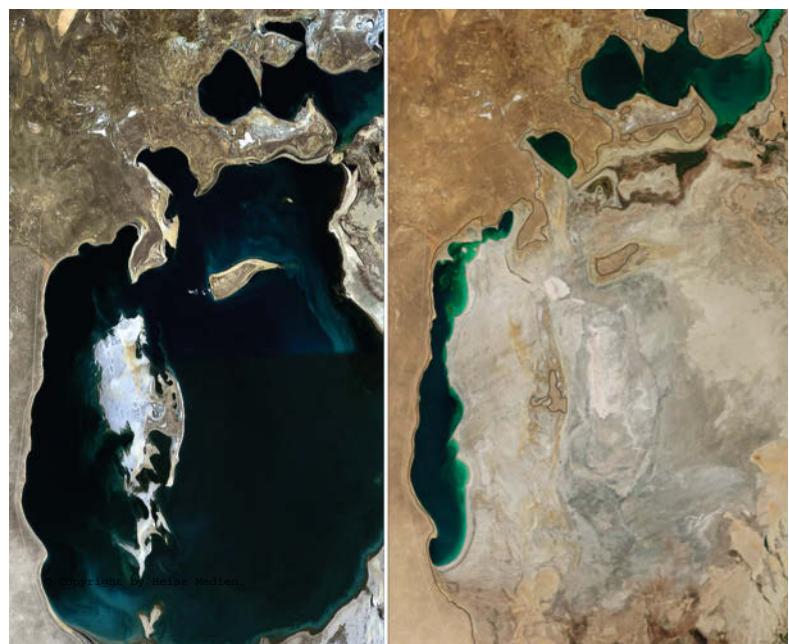


Foto: Andreea Delbo/Shutterstock

Foto: Wikipedia



Im vergangenen Sommer stand ein Drittel von Pakistan zeitweise unter Wasser. Hier ein Bild vom August 2022 aus Jaffarabad im Südwesten des Landes. Auch diese Form der Wetterextreme dürfte zunehmen.

Indem Produkte dort hergestellt werden, wo es vom Wasserbedarf her am günstigsten ist, mindere der virtuelle Wasserhandel derzeit den globalen Wasserbedarf der Landwirtschaft um rund fünf Prozent, so Gerten. „Beispielsweise wird in Indien für den Anbau einer bestimmten Getreidemenge drei- bis fünfmal so viel Wasser verbraucht wie in den Niederlanden.“ Allerdings profitierten arme Länder nur partiell von den Vorteilen des virtuellen Wasserhandels. „Der weitaus größte Anteil findet zurzeit zwischen den reichersten Ländern statt, die keine ernsthaften Wasserkrisen zu befürchten haben.“

GRUNDWASSER IN DEUTSCHLAND

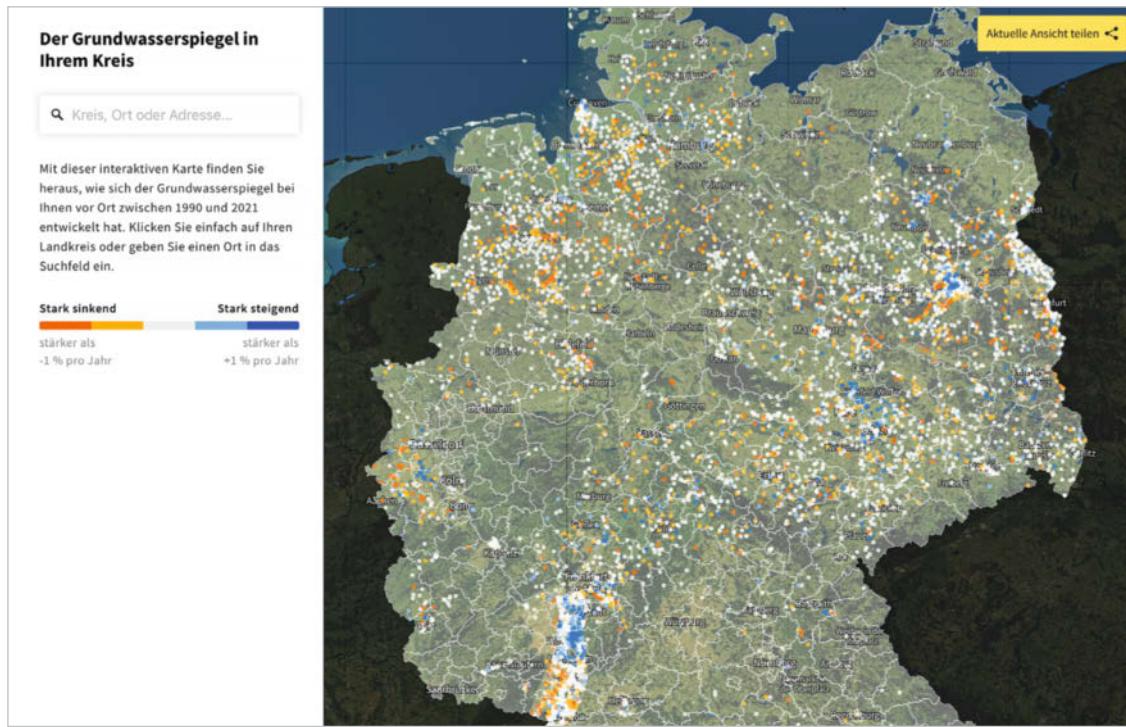
Doch selbst in einem reichen Land wie Deutschland ist es keineswegs klar, wie es um das Wasser bestellt ist. Dafür fehlen schlicht die Daten. Nach der europäischen Wasserrahmenrichtlinie sollten eigentlich alle EU-Staaten die verfügbare Menge an Grundwasser erfassen. „Diese Vorgabe ist aber leider ein stumpfes Schwert, da keine Sanktionen direkt vorgesehen sind“, sagt die freie Journalistin Annika Joeres. Die Folge: Auf Bundesebene werden keine Daten erfasst. Wenn es sie überhaupt gibt, liegen sie verstreut bei Ämtern und Behörden in Landkreisen und Ländern.

Mit Kolleginnen und Kollegen der gemeinnützigen Journalismus-Organisation Correctiv hat Joeres deshalb monate-

lang selbst die Daten zusammengetragen und daraus einen „Grundwasseratlas“ erstellt. Er verzeichnet die Entwicklung an 6700 Messstellen über drei Jahrzehnte hinweg. Das Ergebnis: An einigen Stellen ist das Grundwasser zwar gestiegen, aber insgesamt stehen die Zeichen auf Trockenheit. An knapp der Hälfte der Messstellen ist das Grundwasser auf dem tiefsten Stand seit 1990.

Da der Grundwasserspiegel stark von der Beschaffenheit des Bodens abhängt, ist der Messwert eines Brunnens allerdings nicht notwendigerweise repräsentativ für den Pegel in dieser Region. Um ein genaueres Bild – auch für die Zukunft – zu gewinnen, müssen drei Faktoren berücksichtigt werden: die Menge der Niederschläge, der Einfluss der Niederschläge auf die Grundwasserbildung und der Verbrauch. Bei allen drei ist die Datenlage mau.

Problem 1: Die Niederschläge. Klimamodelle besagen, dass es sowohl im tropischen Pazifik als auch in den hohen Breitengraden in Zukunft mehr Niederschläge geben wird. Indien, Bangladesch und Myanmar werden demnach feuchter, ebenso wie große Teile Nordchinas. Im Mittelmeerraum und im südlichen Afrika wird es 2100 dagegen weniger Niederschlag geben, genau wie im Südwesten Australiens, im Süden Chiles, an der Westküste Mexikos und in weiten Teilen des tropischen und subtropischen Atlantiks. Der Durchschnitt aller Modelle zeigt eine moderate Änderung von fünf bis zehn Prozent.



Je rötlicher die Punkte im Grundwasseratlas von Correctiv, desto stärker ist das Grundwasser gesunken. In einigen Gegenden, vor allem in den Braunkohlerevieren und im Rhein-Main-Gebiet, ist er aber gestiegen.

Allerdings gibt es für jede dieser Tendenzen mindestens ein Modell, das das genaue Gegenteil vorhersagt. Das australische Modell CSIRO sagt für Australien beispielsweise 50 Prozent weniger Niederschläge bis zum Ende des Jahrhunderts voraus, das chinesische Modell FGOALS hingegen berechnet, dass es in Australien 30 Prozent mehr Niederschläge geben wird. „Ähnliche Resultate kann man für nahezu alle Regionen der Welt finden“, schreibt der Klimatologe Zeke Hausfather auf der Website Carbon Brief.

Für Deutschland ist die Klimaprojektion besonders schwierig, weil das Land in einer Übergangszone liegt. „Wir sehen eine leichte Tendenz zu trockeneren Sommern und nasseren Wintern“, sagt Nora Leps vom Deutschen Wetterdienst (DWD). Aber noch läge die Tendenz „in der Schwankungsbreite“ der Projektionen (siehe Kasten S. 21).

Problem 2: Die Grundwasserneubildung. Selbst wenn man genau wüsste, wie viel Regen künftig wo fällt, ist immer noch offen, wie viel davon im Grundwasser ankommt. Denn das hängt unter anderem von Bewuchs, Bebauung und Nutzung des Bodens ab. Bevor Regenwasser versickern kann, hat es zwei Gelegenheiten, gleich wieder zu verdunsten: direkt auf der Oberfläche, oder, nachdem Pflanzen es mit ihren Wurzeln aufgenommen haben, über die Blattoberflächen. „Darum sind Nadelwälder für die Grundwasserneubildung eigentlich Gift“, sagt

Jörg Elbracht vom niedersächsischen Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG). „Nadelbäume haben eine extrem große Oberfläche, an der das Wasser eine Zeit lang gehalten wird und so verdunstet.“

Direkt messen kann man die Wassermenge, die tatsächlich das Grundwasser erreicht, eigentlich nur, indem man Regen auf ein definiertes Bodenvolumen fallen lässt und am unteren Ende dieses Volumens das Wasser auffängt. Lysimeter nennen Hydrologen solche Messvorrichtungen. Die Ergebnisse solcher Messungen fließen in hydrogeologische Modelle zur Vorhersage der Grundwasserbildung ein. Für Niedersachsen berechnete das LBEG für 100 mal 100 Meter große Parzellen, wie viel Niederschlag verdunstet, abfließt oder versickert.

Versickern bedeutet aber nicht, dass das Wasser einfach so nach unten rinnt: Im Boden wird es von Poren gegen die Schwerkraft gehalten – zum Teil auch durch den Kapillareffekt wieder hochgezogen. „In dem Modell werden die Poren im Boden Schicht für Schicht aufgefüllt. Wenn eine Schicht gesättigt ist, wird das Wasser an die nächste Schicht übergeben“, sagt Elbracht. Wie lange das dauert, ist sehr unterschiedlich. „In der Lüneburger Heide haben wir zum Teil 60 Meter Sandschichten. Das kann Tage bis Wochen dauern. In anderen Fällen, in denen die Schicht nur zwei Meter dick ist, ist das Wasser innerhalb von Stunden unten.“

Für Deutschland ist die Klimaprojektion besonders schwierig.

Für Niedersachsen hat die LBEG berechnet, wie sich der Klimawandel auf die Grundwasserneubildung auswirken könnte – auf der Basis regionalisierter Klimamodelle des Deutschen Wetterdienstes. Die Ergebnisse zeigen bis 2100 über weite Teile des Landes keine signifikanten Änderungen. „Man muss aber auch sagen, dass wir ein hochkomplexes System modellieren, in dem nicht alle Prozesse vollständig abgebildet werden können“, sagt Elbracht.

Für eine bundesweite Simulation fehlt ein 3D-Modell des Untergrundes. Die nötigen Daten liegen in Bohrprofilbeschreibungen und insbesondere in Form von Karten vor, die in großen Teilen aufwendig digitalisiert werden müssten. Dieser Vorgang und der Aufbau eines bundesweiten 3D-Modells könnten „Jahrzehnte“ dauern, sagt Stefan Broda von der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR). Gemeinsam mit Forschenden vom Karlsruher Institut für Technologie (KIT) haben Broda und seine Kollegen daher ein konvolutionales neuronales Netz entwickelt, das aus Niederschlags- und Temperaturdaten den Grundwasserstand an Messstellen vorhersagt. Durch eine Analyse von Grundwasserstand-

zeitreihen konnten die Expertinnen und Experten 120 Messstellen identifizieren, anhand derer sich die Grundwasserstände an allen in der Auswertung betrachteten rund 6000 Messstellen in Deutschland vorhersagen lassen. Das vereinfacht die technische Anbindung des Messstellennetzes an die tagesaktuelle Datenauswertung erheblich.

Konvolutionale neuronale Netze wurden ursprünglich für die Bildverarbeitung entwickelt und können Strukturen wie Kanten und Flächen gut wahrnehmen. Das Prinzip lässt sich leicht auf Zeitreihen übertragen und braucht vergleichsweise wenig Rechenleistung.

Die Vorhersagen lassen sich noch verbessern, indem man Luftfeuchte, Pegelstände von Oberflächengewässern oder Gezeiten mit einbezieht. Laut Broda sind die Ergebnisse jetzt schon so gut, dass noch in diesem Jahr eine bundesweite Grundwasservorhersage an den Start gehen kann. Zunächst sollen die Daten allerdings nur die Öffentlichkeit informieren. „Behördenentscheidungen allein auf diese Vorhersagen zu stützen, würde zu weit gehen“, sagt er. Die Vorsicht ist verständlich, denn auch die-



Podcast

35. Deep Dive:
Wie sicher ist die
Wasserversorgung
in Deutschland?



ROTATIVE SCHNEID- UND STAPEL-TECHNOLOGIE FÜR BATTERIEN UND BRENNSTOFFZELLEN

- ⊕ Schobertechnologies entwickelt, konstruiert und fertigt Inline- und Offline-Verarbeitungslösungen zur Veredelung von hochempfindlichen Membranen, Bipolar- und Leiterplatten für die Herstellung von Brennstoffzellen, Batterien uvm.
- ⊕ Hightech-Lösungen für besonders effizientes **Stanzen, Schneiden oder Prägen**
- ⊕ maximale Flexibilität durch mögliche Inline-Integration in bestehende Montagelinien

www.schobertechnologies.de

Schober
technologies

IT'S SHOWTIME!

THE BATTERY SHOW EUROPE
23. - 25. Mai 2023
Stuttgart

Alle Infos unter
www.technovationworld.de

#MSC

ses Modell bekommt seinen Input aus Klimaprognosen mit entsprechenden Schwankungsbreiten.

Problem 3: Der Verbrauch. Bei ihren Modellrechnungen verwenden BGR und KIT keine Daten zu Grundwasserentnahmen, weil diese zumeist nicht verfügbar sind. Dabei ist der Verbrauch eine entscheidende Größe. „Eine wie auch immer definierte Wasserknappheit ist nicht allein Folge niedrigen Wasservorkommens, sondern auch und vor allem einer unverhältnismäßig hohen Nachfrage“, schreibt Dieter Gerten. Das zeigt auch der Grundwasseratlas von Correctiv.

Herauszufinden, wer genau die größten Verbraucher sind, war eine ebenso aufwendige Recherche wie die zum Grundwasseratlas. Zum Teil musste sich Correctiv die Daten aus einzelnen Ämtern erklagen. Das Ergebnis: Mit einer jährlichen Entnahme von über einer Milliarde Kubikmeter – rund doppelt so viel, wie der Königssee fasst – steht BASF an der Spitze, gefolgt von zahlreichen Energieunternehmen (siehe Tabelle). Allein RWE, Betreiber der Braunkohletagebaue Garzweiler, Hambach und Inden, nutzt demnach so viel Wasser wie zehn Millionen Bundesbürger. „Auch die Braunkohlekonzerne im Osten, Mibrug und Leag, verbrauchen enorme Mengen Wasser“, schreibt Correctiv, „zusammen knapp 250 Mal mehr als die viel diskutierte Tesla-Fabrik“.

„Die größte Wassersparmaßnahme ist der Kohleausstieg“, räumte RWE selbst gegenüber Correctiv ein. Werden die Tagebaue geflutet, ist die Sache damit allerdings noch lange nicht im Lot. „Das Grundwasser vor Ort muss langfristig betreut werden“, sagt Andreas Hartmann, Professor für Hydrogeologie an der TU Dresden. Es könne Jahrzehnte dauern, bis es wieder seinen natürlichen Zustand erreicht.

Auf das Konto der Landwirtschaft gehen in Deutschland hingegen, glaubt man den offiziellen Zahlen, nur rund zwei Prozent des deutschen Was-

serkonsums. Das sei im EU-Vergleich „auffallend niedrig“, so Correctiv. Des Rätsels Lösung: Die Zahlen beruhen lediglich auf Selbstauskünften der landwirtschaftlichen Betriebe. Bei Zufallskontrollen werden immer wieder illegale Brunnen entdeckt. Entsprechend hoch ist die Dunkelziffer.

DIE PREISFRAGE

Um dazu beizutragen, den Wasserverbrauch zu senken, können Verbraucher Produkte mit einem möglichst geringen „Wasserfußabdruck“ kaufen, etwa Gemüse statt Fleisch (siehe S. 48). „Und dass

Einen Vorrang für die Trinkwasserversorgung gibt es in Deutschland bisher nicht.

Annika Joeres hat gemeinsam mit Kolleginnen und Kollegen für Correctiv Daten zum Verbrauch und zu den Grundwasserpegeln recherchiert. Zum Teil mussten sie sich die Informationen dazu erklagen.



DIE GRÖSSTEN VERBRAUCHER

Unternehmen	Bundesland*	Branche	Entnahme m³/a	Stand
BASF	Rheinland-Pfalz	Chemie	1.346.541.989	2021
LEAG**	Brandenburg / Sachsen	Energie	572.825.600	jährlich genehmigt
RWE Power	NRW	Energie	489.967.599	2019
Currenta	NRW	Chemie	76.950.640	2019
Arcelor Mittal Eisenhüttenstadt	Brandenburg	Stahl	48.180.000	jährlich genehmigt
AlzChem Trostberg	Bayern	Chemie	42.109.000	2019
Evonik Operations	NRW	Chemie	25.377.639	2019
Mitteldeutsche Braunkohlengesellschaft	Sachsen	Energie	17.700.000	jährlich genehmigt
RAG	Saarland	Energie	17.630.111	2021
Salzgitter Flachstahl	Niedersachsen	Stahl	16.711.801	2020

* Baden-Württemberg und Thüringen machten keine Angaben, ** LEAG Lausitzer Energie Bergbau AG und LEAG Lausitz Energie Kraftwerk AG

© Copyright by Heise Medien.

BASF so unglaublich viel Wasser braucht, liegt natürlich auch an den Produkten wie Plastikverpackungen, die wir gedankenlos kaufen“, sagt Joeres.

Ein entscheidender Anreiz für einen vernünftigen Umgang mit kostbarem Wasser sind die Preise. Eigentlich schreibt die Europäische Wasserrahmenrichtlinie schon seit 2010 vor, dass die Mitgliedsländer „angemessene Gebühren“ für Wasser nehmen müssen. Doch Deutschland ignoriert die Vorgaben bisher. Großverbraucher RWE etwa zahlt Correctiv zufolge höchstens fünf Cent pro Kubikmeter. Und auch Landwirte kommen meist billig davon. „Auszgerechnet in den extrem trockenen Bundesländern Mecklenburg-Vorpommern und Brandenburg dürfen Landwirtinnen und Landwirte Wasser bislang nahezu kostenlos abpumpen“, hat Correctiv herausgefunden. Allerdings trägt auch die EU-Agrarpolitik wenig zum effizienteren Einsatz von Wasser bei – ihre Subventionen richten sich vor allem nach Fläche, nicht nach Anbaumethode.

Angesichts dieser Lage ist es absehbar, dass Wasser künftig noch knapper werden wird. Wer hat Vorrang – Industrie, Landwirtschaft, Umwelt oder Bürgerinnen und Bürger? Einen absoluten Vorrang für die Trinkwasserversorgung gibt es in Deutschland bisher nicht.

Schon jetzt müssen zunehmend Gerichte den Streit um Wasser schlichten. Laut Correctiv haben die einschlägigen Prozesse innerhalb des vergangenen Jahrzehnts in 11 von 16 Bundesländern zugenommen. In Bayern und Baden-Württemberg haben sich die Verfahren sogar verdoppelt.

Diese Konflikte dürften sich zukünftig noch verschärfen. Die großen industriellen Nutzer haben sich ihre Wasserrrechte oft bereits für Jahrzehnte gesichert. „Die normale Annahme war ja immer: In Deutschland gibt es genügend Wasser“, sagt Annika Joeres. „Und dann haben wir in den Dürresommern 2018 und 2019 gesehen, dass es sehr wohl zu Wasserengpässen kommen kann. Wir gehen davon aus, dass es Jahre geben wird, wo Haushalte rationiert werden müssen.“

Eine mögliche Lösung sieht Joeres in gestaffelten Preisen: „Man könnte beispielsweise sagen, die ersten 60 oder 80 Liter pro Kopf und Tag sind umsonst. Wenn man sparsam ist, kommt man damit auch zurecht. Damit hätte man die Grundversorgung für alle gesichert. Und mit jedem weiteren Liter wird es teurer. Wer ständig seinen Rasen sprengt oder

UNSICHERE REGENPROGNOSEN

Physikalisch basierte Klimamodelle unterteilen Atmosphäre und Ozeane in ein Raster von Zellen. Für jede Zelle und jeden Zeitschritt berechnen sie Größen wie Temperatur, Luftdruck, Luftfeuchtigkeit und Strömungsgeschwindigkeit. Dabei machen sie sich die Energie- und Massenerhaltung zunutze. Das heißt: Alles, was in eine Zelle hereinströmt, muss auch wieder hinausströmen.

Anders als bei Wettervorhersagen sind bei Klimaprojektionen nicht die möglichst präzisen Anfangswerte wichtig, sondern die Randwerte – also die Entwicklung der Treibhausgas- und Aerosol-emissionen. Diese Daten stammen aus Szenarien, die von gar keiner Verringerung der Emissionen bis zur Einhaltung des Pariser Abkommens reichen.

Zur Projektion künftiger Regenmengen werden die globalen Modelle auf regionale Bedingungen heruntergerechnet. Diese regionalisierten Modelle arbeiten mit einer Zellengröße von nur wenigen Kilometern. Das reicht aber nicht, um Wolken zu modellieren – die Rasterweite ist auch hier noch zu grob.

Niederschläge entstehen in einem regionalisierten Modell, wenn die Luftfeuchtigkeit bestimmte Werte überschreite, erklärt Nora Leps vom Deutschen Wetterdienst (DWD). Wolken und Niederschlag werden durch Parameter beschrieben. „Die Niederschlagsmenge wird aus empirischen Formeln berechnet, in die eine Vielzahl von Beobachtungen eingehen. Das kann sehr kompliziert werden“, sagt Leps.

Um auszuschließen, dass die Modelle in die falsche Richtung laufen, lassen Klimaforscher sie historische Zeiträume nachrechnen und vergleichen die Ergebnisse dann mit den Messwerten. Außerdem lassen sie ein Ensemble verschiedener Modelle rechnen, deren Ergebnisse dann statistisch ausgewertet werden. Während sich die globale Temperaturentwicklung mittlerweile recht gut projizieren lässt, hat die Niederschlagsprojektion daher eine große Bandbreite.

Ein zusätzliches Problem besteht darin, dass mehrere Wochen Dürre einen anderen Effekt haben als ein stetiger Wechsel zwischen Trockenheit und Regen – auch wenn die Anzahl trockener Tage identisch ist. Klimaforscher müssen deshalb auch die Dauer von Trocken-, Regen- und Hitzephasen analysieren.

seinen Privatpool füllt, der muss dann halt richtig viel bezahlen – und überlegt es sich vielleicht noch mal.“

Analog zur Debatte um den sozialen Ausgleich für hohe Energiepreise dürften sich auch an dieser Frage heftige Auseinandersetzungen entzünden. Mit seiner Mitte März vom Kabinett verabschiedeten „Nationalen Wasserstrategie“ versucht das Bundesumweltministerium, die vielen Interessen unter einen Hut zu bringen. Der Plan umfasst 78 Maßnahmen in Landwirtschaft, Industrie, Verwaltung, Verkehr, Stadtentwicklung und Naturschutz, die bis 2050 umgesetzt werden sollen – darunter der Schutz von Wäldern und Überschwemmungsflächen, Wasserspeicher in den

Städten, eine bundesweite Erfassung des Grundwassers sowie Fernwasserleitungen in trockene Regionen.

Zudem soll eine Rangfolge der Nutzer bei einer regionalen Wasserknappheit festgelegt werden. „Wenn es tatsächlich zu einer problematischen Situation kommt, hätte Trinkwasser Vorrang“, sagte Bundesumweltministerin Steffi Lemke (Grüne) im NDR. Das bedeutet auch, dass Landwirte „vielleicht nicht zu jeder Zeit alles bewässern können, was heute bewässert wird“.

„Die Strategie enthält Besserungen – und viel Vages“, kommentierte Annika Joeres auf Twitter. So sollen die größten industriellen Wassernutzer nun zwar mehr zahlen, aber „konkrete Mindest-

WASSER AUS DEM MEER UND AUS DER LUFT

Die größte Meerwasserentsalzungsanlage der Welt befindet sich in Dubai. Sie heißt Dschabal Ali und produziert täglich zwei Milliarden Liter Trinkwasser. Die Anlage arbeitet nach der Verdampfungsme thode, bei der das Meerwasser in mehreren Kammern erhitzt und wieder kondensiert wird. Der Prozess benötigt eine Menge Energie – 40 bis 85 Kilowatt- stunden pro Kubikmeter Trinkwasser.

Andere große Entsalzungsanlagen wie Sorek-II in Israel, die bis zu 60 000 Kubikmeter

Meerwasserentsalzungsanlage in Saudi-Arabien



Trinkwasser erzeugen, arbeiten nach dem Prinzip der Umkehrosmose. Dabei wird Meerwasser mit Druck durch eine Membran gepresst, um das Salz auszufiltrieren. Der Energieverbrauch beträgt dabei etwa drei Kilowattstunden pro Kubikmeter Trinkwasser. Bei beiden Verfahren bleibt hochkonzentrierte Sole zurück, die zum Teil wieder ins Meer geleitet wird.

Eine technisch relativ einfache Alternative zur Meerwasserentsalzung besteht darin, die Luft zu kühlen und die kondensierte Luftfeuchtigkeit aufzufangen. Das israelische Unternehmen Watergen etwa bietet ein portables Gerät an, das bei einem Energiebedarf von 0,2 Kilowattstunden pro Liter rund 20 Liter pro Tag produzieren kann.

Um von einer Stromversorgung unabhängig zu sein, experimentieren diverse Forschungsgruppen auch mit passiven Systemen, die Sonnenwärme nutzen. Solche Systeme bestehen in der Regel aus Absorbern wie Zeolith, die in der Nacht Feuchtigkeit aus der Luft aufnehmen. Tagsüber wärmt die Sonne den Absorber und setzt das Wasser frei. Die Verdunstungskälte wird verwendet, um eine Fläche zu kühlen, auf der die Feuchtigkeit kondensiert und gesammelt wird. Das gesamte System funktioniert rein passiv. Solche Sammler sind allerdings noch in der Experimentierphase und können bisher nur etwa einen Liter Wasser pro Tag bereitstellen.

preise“ fehlten. Außerdem operiere die Strategie mit der viel zu niedrigen Annahme von zwei Prozent Wasser verbrauch in der Landwirtschaft. Die größte Lücke sei jedoch das Fehlen eines „Reduktionsplans für Großindustrien, die nicht nur viel Wasser verbrauchen, sondern auch die Klimakrise befeuern, wie Braunkohle, Düngerproduktion und Fleischwirtschaft.“ Die Organisation Campact schlägt in einer ähnlichen Kerbe: Die Industrie habe der Nationalen Wasserstrategie „ihre Handschrift aufgedrückt und sie ausgehöhlt“. Der Streit dürfte also weitergehen.

STABILITÄTSANKER

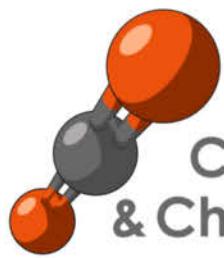
Wenn es schon in Deutschland so zäh ist, alle Interessengruppen unter einen Hut zu bekommen – wie soll es dann erst international funktionieren? Schließlich sind die internationalen Wasserbeziehungen genauso verflochten wie die globalen Handelsströme selbst: „Regionale Wasserkrisen können in gar nicht direkt vom Wassermangel betroffenen Gebieten noch größere Schäden anrichten als im Ursprungsgebiet“, so Gerten. Zum Beispiel gingen zahlreiche Unruhen und Bürgerkriege im Nahen Osten auf Dürren anderswo zurück – und zwar durch

„Die Welt ist nicht auf dem Weg, ihre Ziele zu erreichen.“

die damit verbundenen höheren Nahrungsmittel preise. Obwohl der Gedanke naheliegt, dass eine verschärzte Wasserknappheit künftig noch mehr bewaffnete Konflikte anheizen dürfte, gibt es in der Literatur allerdings – noch – keine Belege dafür.

Dabei ist die Frage einer gerechten Wasser verteilung nicht nur eine technische und politische, sondern auch eine ethische. Im Sommer 2014 etwa hat Detroit mehreren Tausend Haushalten, die ihre Rechnungen zwei Monate nicht bezahlt hatten, das Wasser abgestellt. „Das ist ein Affront gegen die Menschenrechte“, kommentiert die UN-Menschen rechtsorganisation UNHCHR.

„Gemessen an der Dringlichkeit einer neuen Wasserethik ist die Anzahl der Forschungsarbeiten und Konzeptpapiere zu diesem Thema noch erschreckend gering“, konstatiert PIK-Experte Dieter Gerten. Doch er sieht auch Hoffnung: Gerade weil Dürren, Missernten und ihre Folgen nicht an Landesgrenzen hält machen und eng mit anderen sozialen, wirtschaftlichen und politischen Fragen verknüpft seien, schaffe eine „zeitgemäße Wasser kultur“ Anreize für „neue, überregionale Verbünde – womöglich Stabilitätsanker in einer Welt, de ren Zusammenhalt deutliche Risse zeigt“. ●



Conference on CO₂-based Fuels & Chemicals 2023

19–20 April • Cologne (Germany)

Leading Event on Carbon Capture & Utilisation

Great visions are becoming real business cases and innovations are starting to realise their potential.

Learn about the entire CCU value chain:

- Carbon Capture Technologies and Direct Air Capture
- CO₂ for Chemicals, Proteins and Gases
- Advanced CCU Technologies, Artificial Photosynthesis
- Fuels for Transport and Aviation
- Green Hydrogen Production
- Mineralisation
- Power-to-X



Call for Innovation
Vote for the Innovation Award
"Best CO₂ Utilisation 2023"

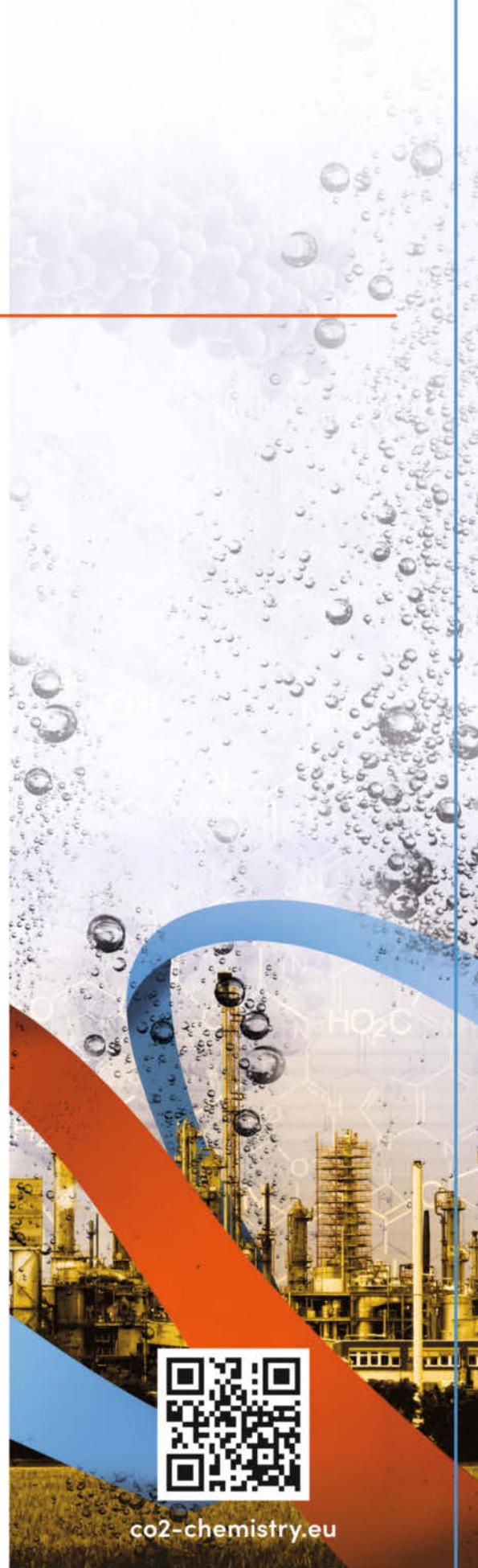
Organiser



Award
Sponsor



Bronze
Sponsor

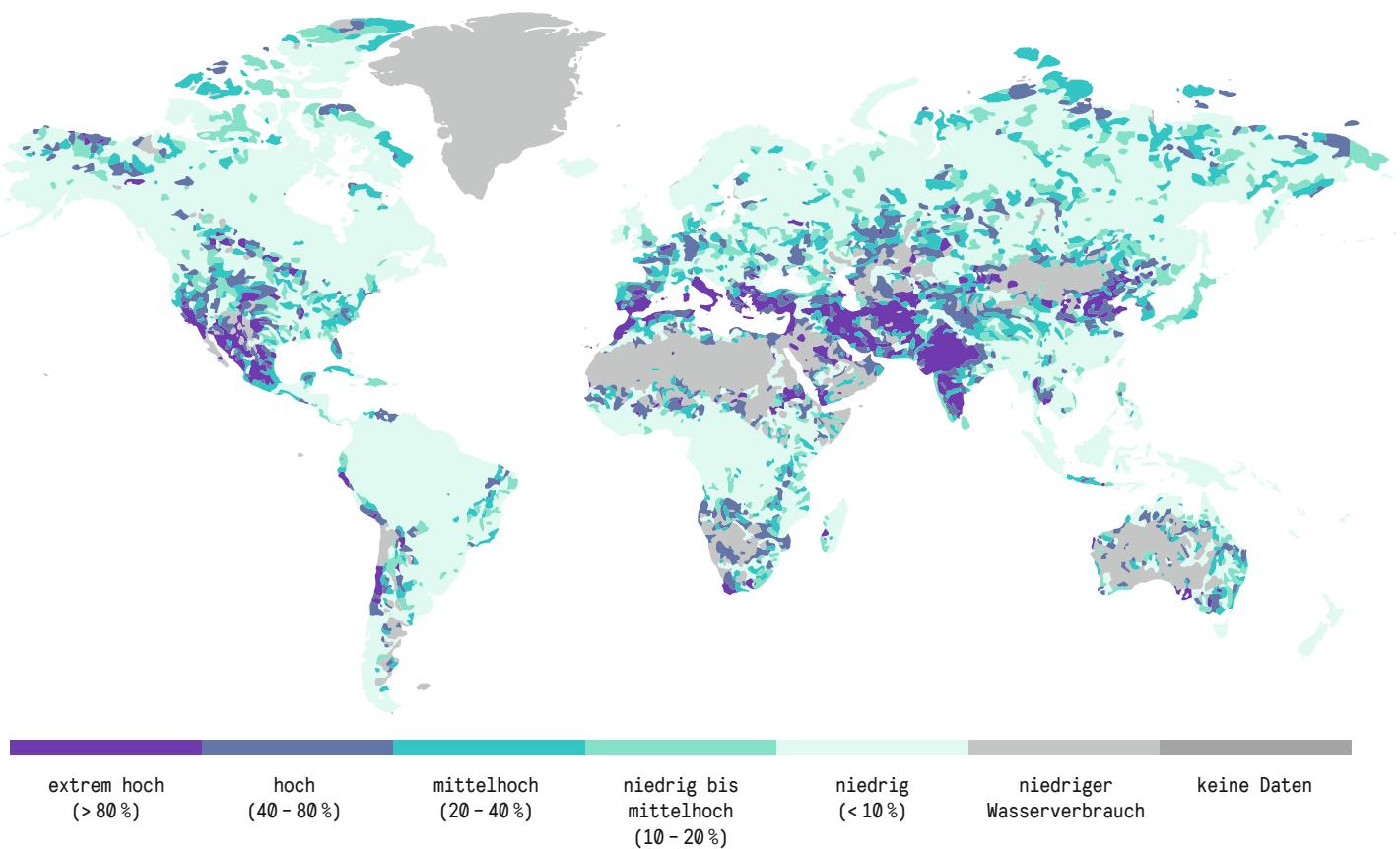


co2-chemistry.eu

Virtuelles Wasser

Wir verbrauchen Wasser nicht nur beim Waschen, Spülen und Trinken, sondern auch bei der Herstellung von Gütern. Essen wir Brot oder kaufen Computer, konsumieren wir indirekt das bei der Herstellung verwendete Wasser. – Veronika Szentpétery-Kessler; Grafik: Vanessa Bahr und Matthias Timm

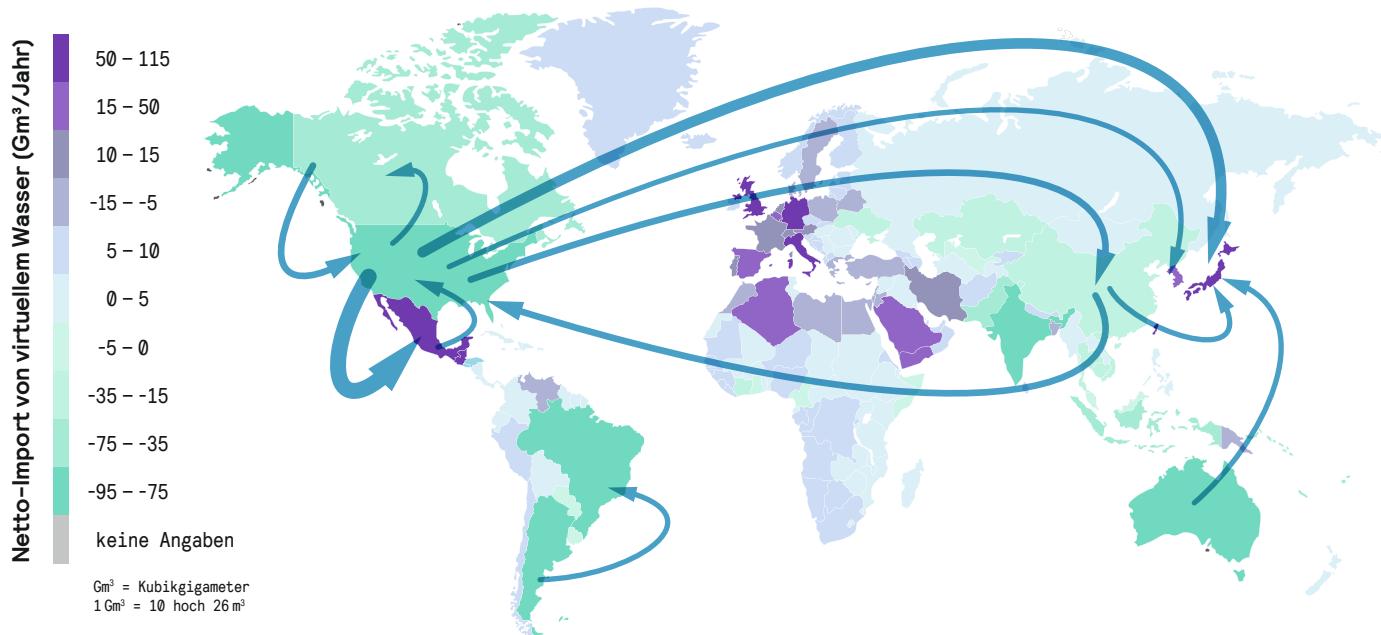
Weltweiter Wasserstress



Wasservorräte sind endlich und je nach Entnahme sinken sie besonders schnell. Für einen weltweiten Überblick hat das World Resources Institute (WRI) Daten von 1960 bis 2014 ausgewertet. Extrem hoher Wasserstress herrscht, wenn ein Land für seine Gemeinden, Landwirtschaft

und Industrie im Jahr durchschnittlich mehr als 80 Prozent des verfügbaren Wassers entnimmt. Deutschland greift auf 20 bis 40 Prozent seiner Vorräte zurück. Damit leidet es unter mittelhohem Wasserstress und liegt weltweit auf Rang 62.

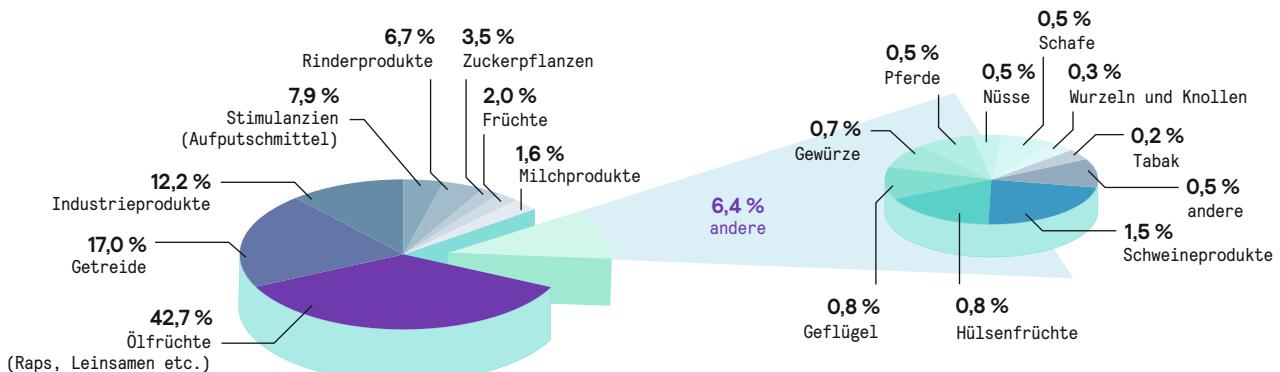
Virtuelle Wasserströme durch Warenhandel



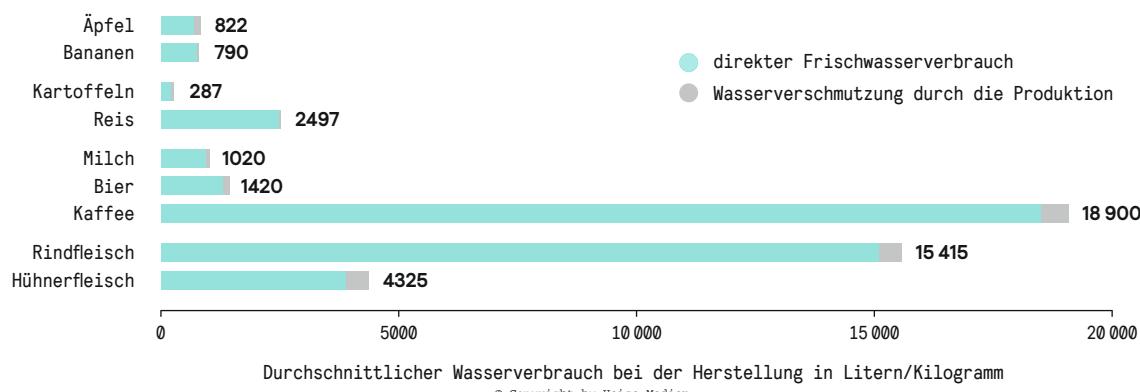
Länder mit positiven Netto-Imports führen über Warenströme mehr virtuelles Wasser ins Land ein als aus. Negative Werte für den Netto-Import bedeuten, dass das Land durch Waren mehr virtuelles Wasser exportiert als importiert.

Die Pfeile stehen für die wichtigsten Exportrouten – je dicker der Pfeil, desto größer der virtuelle Export. Die USA exportieren vor allem Mais und Soja nach Mexiko und Japan. Da nur die größten Ströme angezeigt werden, zeigen keine Pfeile von und nach Europa.

Globale Verbraucher von virtuellem Wasser



Der Wasser-Fußabdruck von Lebensmitteln



Stadt, Land, ~~Fluss~~

Warum müssen wir uns plötzlich Sorgen machen, ob noch genug Wasser zum Duschen, Ackern, Autobauen da ist? Eine Spurensuche in Berlin und Brandenburg zeigt, wie der natürliche Kreislauf aus dem Takt gerät – und welche Maßnahmen helfen können, ganz Deutschland besser auf Dürrezeiten vorzubereiten. – Karsten Lemm

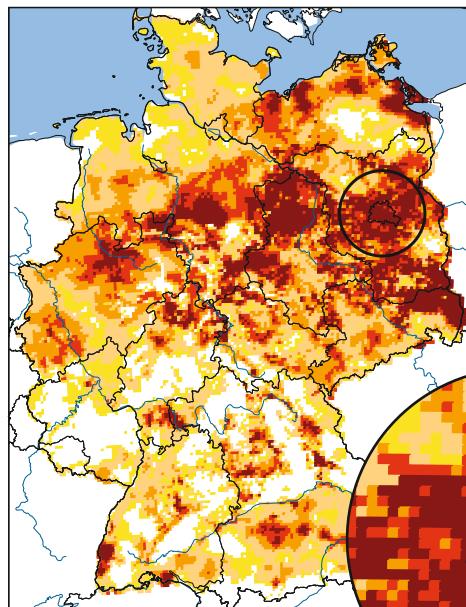
Der Heubach hat sich verflüchtigt. Über Jahrtausende hinweg plätscherte er über die Barnimer Hochfläche im Nordosten Berlins bergab in Richtung Müggelsee; zog Siedler an, die sich niederließen, wo immer sein Wasser Leben spendete – Menschen, Tiere, Pflanzen, alle tranken aus dem gut 34 Kilometer langen Flüsschen, das die Slawen „senca“ (Heubach) nannten und die Deutschen Senitz, ehe es seinen heutigen Namen Fredersdorfer Mühlenfließ bekam.

„Dies ist ein besonders steiles Stück, hier war historisch die Mühle“, sagt Martin Pusch. „Bisher ist hier zumindest im Winterhalbjahr immer Wasser geflossen.“ Nun schaut der 63-Jährige von der Brücke, die in Schöneiche bei Berlin über den einstigen Bach führt, hinab in eine vertrocknete Senke. Laub, Sand, Steine, hier und da ein wenig Gras – aber nicht einmal ein Rinnensal ist geblieben vom Mühlenfließ. Nur Findlinge, die sich durch die Landschaft ziehen, zeigen an, wo das Wasser früher so stürmisch bergab floss, dass es gebremst werden musste.

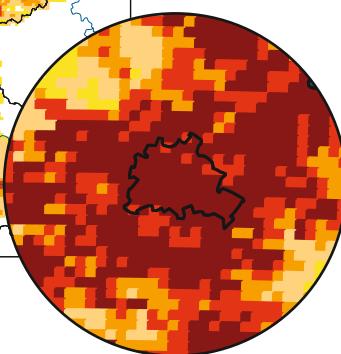
Ein Drama ist das, ein klarer Warnruf der Natur – zumindest für den Experten. „Dass ein Bach austrocknet, ein größeres Alarmsignal gibt es ja gar nicht“, sagt Pusch, der am Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei (IGB) im wenige Kilometer entfernten Friedrichshagen eine Forschungsgruppe zu Ökologie und Management von Fließgewässern leitet. „Einer der besten Indikatoren für den Wasserhaushalt ist die Wasserführung der Fließgewässer“, erklärt er. „Weil das der Überschuss ist, der aus der Landschaft herausfließt.“

Hat der Haushalt ein Defizit, sinken die Pegel. Wird es nicht ausgeglichen, versiegen die Flüsse. Als Pusch 1993 nach Schöneiche zog, lieferte der Heubach noch genug Wasser für ein Freibad und eine Teichlandschaft, auf der Kanufahr-

Dürre in Deutschland



So trocken waren deutsche Böden am 19. Februar 2023 laut Dürremonitor Deutschland. Besonders um Berlin – im dunkelroten Bereich – herrscht extreme Trockenheit. Je dunkler die Färbung, desto trockener ist der Gesamtboden, in gelben Zonen ist es bereits ungewöhnlich wasserarm.



ten angeboten wurden. Heute ist davon kaum mehr etwas übrig. Das Wasser, einst im Überfluss vorhanden, macht sich rar.

Die Suche nach den Ursachen führt zum üblichen Verdächtigen, dem Klimawandel – zeigt aber auch, wie wachsende Städte, Industrie-Ansiedlungen und Verschwendungen ein Problem verschärfen, das überall in Deutschland droht; auch wenn es in Berlin und Brandenburg schon jetzt besonders deutlich sichtbar wird.

TROCKENE ZAHLEN

Schaut man auf Statistiken, die festhalten, was an Niederschlag vom Himmel kommt, scheint die Lage auf den ersten Blick stabil. Im Jahresmittel fallen auf Deutschland etwa 790 Liter pro Qua-

dratmeter an Regen, Schnee, Graupel, Griesel oder Hagel herab. Das ist etwa halb so viel wie in der Schweiz und fast dreimal so viel wie im Sudan.

Regional verteilen die Mengen sich sehr unterschiedlich. Am nassesten ist es üblicherweise am Alpenrand und im Schwarzwald, am trockensten im Nordosten. „Niederschlagsmengen und deren räumliche Verteilung haben sich im aktuellsten 30-jährigen Zeitraum kaum verändert“, stellt der Deutsche Wetterdienst in seinem Nationalen Klimareport fest.

Warum trocknen dann Bäche aus, verdorren Wälder, verschwinden Seen, muss in Hitzesommern wie 2022 die Schifffahrt auf dem Rhein eingeschränkt werden?

„Der Niederschlag hat sich nicht groß geändert, aber die Verdunstung nimmt stark zu“, erklärt Fred Hattermann, Hydrologe am Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK). Hitzesommer häufen sich, und mehr Hitze bedeutet, dass Pflanzen und Böden, aber auch Flüsse und Seen mehr Feuchtigkeit an die Luft abgeben. „Diesen Klima-Effekt gibt es seit den 1990er-Jahren“, sagt Hattermann. „Die Verdunstung ist um 10 bis 15 Prozent gestiegen.“

Die zehn wärmsten Jahre, die Meteorologen in Deutschland seit 1881 gemessen haben, fallen alle in den Zeitraum von 2000 bis 2022. Das vorige Jahr war

„Der Niederschlag hat sich nicht groß geändert, aber die Verdunstung ist um 10 bis 15 Prozent gestiegen.“



Jahr für Jahr plätscherte hier im Winter verlässlich das Fredersdorfer Mühlenfließ in Richtung Müggelsee. Nun braucht es mehrere Tage Schnee und Regen, damit sich zumindest wieder ein Rinnsal bildet.

auch gleich noch das sonnigste seit Messbeginn; zugleich fiel etwa 15 Prozent weniger Regen.

FRÜHSTART IN DEN FRÜHLING

Dazu kommt, dass die Natur immer weniger Zeit hat, sich zu erholen, weil Herbst und Frühling näher aneinanderrücken. „Unsere Reservoirs füllen sich im Winter – und die Winter werden kürzer“, erklärt Hattermann.

Im langjährigen Mittel sind gut drei Wochen verloren gegangen: Zwischen dem Blattfall der Stiel-Eiche im November und dem Beginn der Hasel-Blüte im Vorfrühling lagen üblicherweise 120 Tage, so weisen es Aufzeichnungen für den Zeitraum von 1961 bis 1990 aus. Heute dauert ein typischer Winter nur noch 95 Tage; und der im vorigen Jahr war mit 77 Tagen besonders kurz. Er verlief so mild, dass die Natur schon Ende Januar in den Vorfrühling startete.

Selbst Schnee und Regen helfen nur bedingt: Trockene Böden brauchen lange Kälteperioden, in denen wenig Feuchtigkeit verdunstet, um sich zu regenerieren. Kommt die Wärme mit dem Frühling zu früh zurück, droht die nächste Dürre. „Die Grundwasserspiegel fallen seit Jahrzehnten“, sagt Hattermann. „Wir müssten jahrelang überdurchschnittlich

„Einer der besten Indikatoren für den Wasserhaushalt sind Fließgewässer, weil das der Überschuss ist, der aus der Landschaft herausfließt.“

viel Regen haben, um zu den alten Pegelständen zurückzukommen.“

Wie durstig die Böden in vielen Teilen Deutschlands weiterhin sind, zeigt der Dürremonitor des Helmholtz-Zentrums für Umweltforschung (UFZ) in Leipzig. Noch Ende Februar war die Karte tiefrot gefärbt – ein Zeichen für „extreme Dürre“ oder „außergewöhnliche Dürre“ im Gesamtboden, dessen Feuchtigkeit bis in eine Tiefe von 1,80 Metern gemessen wird. So weit reichen die Wurzeln vieler Bäume.

Für die Landwirtschaft ist vor allem der Oberboden wichtig – die ersten 25 Zentimeter. Da sah es im Februar noch besser aus, aber das will nicht viel heißen. „Bodenfeuchte hat einen Jahresgang“, erklärt Andreas Marx, der den Dürremonitor betreut. „Der oberste halbe Meter ist im Winter immer nass, im Sommer immer trocken.“

Ob eine Dürre droht oder nicht, entscheidet sich an der Bodenfeuchtigkeit im Vergleich zum langjährigen Mittel – und da bietet sich in weiten Teilen Deutschlands ein klares Bild. „Die Böden sind wesentlich trockener, als sie es normalerweise wären“, sagt Marx. „Wir sehen eine Trockenheit, wie wir sie normalerweise nur alle 50 Jahre erwarten würden.“

Los ging es mit dem Dauersommer-Jahr 2018, das einen Rekord nach dem anderen aufstellte: mehr Sonne als gewöhnlich, mehr Hitze, kaum Wolken, kaum Regen. Ein Traum für alle, die Mallorca in Münster und Mannheim suchten; ein Albtraum für Landwirte, die Missernten und Ertragseinbußen von bis zu 70 Prozent beklagten. „Im April 2018 hatten wir die ersten Tage mit Temperaturen von mehr als 30 Grad“, erinnert sich Marx. „Die Böden sind außergewöhnlich schnell ausgetrocknet, und die Hitze hat lange angehalten. 2019 ist dann noch ein Hitzejahr hinterhergekommen.“

Schnell zogen viele daraus einen Schluss, der den Umweltforscher ärgert: dass Deutschland sich an trockene Jahre gewöhnen müsse, dass Dürre „der neue Normalzustand“ sei. „Dafür gibt es wissenschaftlich keine Anhaltspunkte“, betont Marx. Denn Modellrechnungen sagen für die Republik tendenziell eher mehr Niederschlag voraus – nicht weniger. Die aktuelle Dürre ist für Marx deshalb „ein massiver Ausreißer“. Ein Extrem also, kein Dauerzustand. Es muss nur mal wieder genug regnen und schneien, so wie 2021, als der Westen und Süden einen nassen Winter bekamen und die Böden sich erholen konnten. „Da hat man schön gesehen, wie es sich ausgleicht“, sagt Marx.

In Berlin und Brandenburg dagegen hat sich die Dürre festgesetzt, zehrt seit 2018 ohne Unterlass eine Region aus, die immer schon mit Trockenheit zu kämpfen hatte – weil sie in einer Übergangszone vom atlantischen zum Kontinentalklima liegt und weil Sandböden, die für Brandenburg typisch sind, schneller Feuchtigkeit verlieren als ertragreiche Lösslandschaften oder Talauen entlang großer Flüsse. Dazu kommen Monokulturen aus Nadelwald, die alles noch schlimmer machen, da Fichten

Jetzt für den
**DEEP TECH
AWARD 2023**
anmelden und
10.000€ gewinnen!
Bewirb dich
mit deiner
Innovation
bis zum 23. April.



Be_werbung

Alle Informationen zum Award sowie
den Teilnahmebedingungen online erfahren.



berlin.de/deeptech



EUROPAISCHE UNION
Europäischer Fonds für
regionale Entwicklung

PROJEKT ZUKUNFT

Senatsverwaltung
für Wirtschaft, Energie
und Betriebe

BERLIN



Eine Woche kein Regen, dann sind die obersten zehn Zentimeter so trocken, dass es schon wieder staubt.

und Kiefern als immergrüne Bäume auch im Winter durstig bleiben und ständig Feuchtigkeit an die Luft abgeben.

WACHSEN BIS AN DIE NATÜRLICH GRENZEN

Auch 2003 war ein Sommer der Hitzekorde. Da stellte Martin Pusch zum ersten Mal fest, dass die Spree nicht mehr verlässlich durch Berlin nach Westen floss, wo sie in die Havel mündet – sondern zurück nach Osten, in den Müggelsee. „Das war damals unvorstellbar“, erinnert sich der IGB-Forscher. „Inzwischen ist es in heißen Sommern zur Regel geworden. Das liegt daran, dass von Osten zu wenig Spreewasser in den See hineinfließt und rings um den See sehr viel Trinkwasser abgepumpt wird.“

Puschs Büro liegt nur wenige Hundert Meter vom Seeufer entfernt. Wer den Wissenschaftler besucht, erlebt eine Idylle: Wasser, so weit das Auge reicht; Enten, die durch den See gleiten; am Ufer Schilf, Bäume, Sträucher – ein Paradies für Städter, die Erholung in der Natur suchen und sie direkt vor der Haustür finden.

Dem Ökologen zeigt sich ein anderes Bild: Pusch sieht zu wenige Pflanzen, im Sommer zu viele Blaualgen und allgemein zu wenig Auf und Ab im Wasserstand, weil der 7,3 Quadratkilometer große See aufgestaut ist, um der Stadt als gigantischer Speicher für gut 36 Millionen Kubikmeter Süßwasser zu dienen. „Es sieht aus wie eine Idylle“, sagt Pusch. „Aber nur, solange man nichts weiß über das System.“

Nun gerät dieses ohnehin gestörte System zusätzlich unter Stress. Fast vier Millionen Einwohner zählt Berlin inzwischen, etwa 500 000 mehr als 2013. Dazu kommen noch einmal 1,1 Millionen Menschen im Umland der Hauptstadt. Alle verlangen nach Wasser: für die Dusche und die Spülmaschine, aber auch für neue Büros, Schulen und Fabriken. Ausgerechnet in einer Region, die in Dür-

rejahren gerade noch 400 bis 450 Liter Niederschlag pro Quadratmeter erhält.

„Wir sind an der Grenze der Nutzbarkeit der Wasserressourcen“, sagt Pusch. Nutzbar sei eben nur der Überschuss – und der werde durch den Klimawandel, die kürzeren Winter, die höhere Verdunstung im Sommer immer geringer. „So kann man auch erklären, dass eine relativ kleine Verschiebung der Wasserbilanz schon große Auswirkungen hat auf die Verfügbarkeit des Wassers.“

Als wäre das nicht genug, zahlt die Spree nun auch noch die Zeche für das Ende des Braunkohleabbaus in der Lausitz: Über Jahrzehnte wurde Wasser aus den Gruben in die Spree gepumpt. Seit 2007 hilft der Fluss, die Gruben zu fluten. So entsteht rings um Cottbus eine künstliche Seenlandschaft, eine neue Touristenattraktion für die strukturschwache Region.

„Jetzt haben wir diese Seen, wo vorher Landoberfläche war“, sagt Pusch. „Und Seen verdunsten noch mehr Wasser als Landoberfläche, sodass die Spree also dauerhaft weniger Wasser hat.“ Gäbe es eine Alternative? Nein, sagt Pusch. Überließe man die Natur sich selbst, würden die Gruben sich mit saurem Grundwasser füllen. „Es wäre kein Leben darin, und man könnte auch nicht darin baden“,

erklärt der Forscher. „Wenn man einmal die Büchse der Pandora öffnet, gibt es keinen einfachen Weg zurück.“

Die Sorgen um die Spree sind eine Besonderheit Berlins – doch sonst ist die Hauptstadt kein Einzelfall. Das Wachstum der Großstädte, die sich in Pendler-Distanz ins Umland ausbreiten, führt in vielen Regionen zu Verteilungskonflikten ums Wasser. Hamburg etwa versorgt sich vorwiegend aus der Lüneburger Heide – wo zusätzlich der Coca-Cola-Konzern aus zwei Quellen Mineralwasser schöpft. Im Rhein-Main-Gebiet warnen Umweltschutzverbände seit Jahren davor, dass fallende Grundwasserspiegel Tausende Hektar an Wald verdorren lassen.

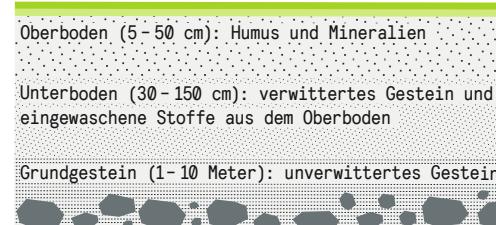
„Die heute noch gesicherte selbstverständliche Verfügbarkeit von Wasser zu jeder Zeit an jedem Ort ist perspektivisch auch bei uns durch die Klimakrise infrage gestellt“, notiert die Bundesregierung nüchtern im Entwurf ihrer Nationalen Wasserstrategie. „Nutzungskonflikte können entstehen oder verstärken sich.“

DER GIGADURST DER AUTOFAKTIK

In Grünheide, zwölf Kilometer östlich von Berlins Stadtgrenze, hat sich der

Der Aufbau des Bodens

Jeder Boden besitzt eine charakteristische Abfolge von Schichten (bzw. Horizonten), die in unterschiedlichem Maße Wasser speichern.





Agrarwissenschaftler Thomas Gäbert setzt auf Vielfalt. Im Winter werden die Felder mit Zwischenfrüchten bepflanzt, um den Boden mit Humus anzureichern. Blühstreifen schützen vor Erosion, ehemalige Entwässerungsgräben dienen jetzt als Wasserspeicher. All das, damit die Pflanzen eine Chance bekommen, Dürrephasen länger zu überleben.

Streit ums Wasser längst so weit verstärkt, dass er durch die ganze Republik schallt. Es klang nach einem Triumph, dass es der Landesregierung gelungen war, Tesla nach Brandenburg zu locken: Eine Gigafactory für die Produktion von 500 000 Elektroautos im Jahr, 12 000 neue Arbeitsplätze und die Aussicht auf weitere Unternehmen, die sich im Umfeld ansiedeln könnten – eigentlich ein Segen für die wirtschaftlich unterentwickelte Region.

Wenn es nur genug Wasser gäbe, um die Fabrik mit den 160 000 Litern zu versorgen, die sie jede Stunde verlangt – im Jahr so viel wie eine Stadt mit 31 000 Einwohnern. Und wenn die Gigafactory nicht ausgerechnet in einem Trinkwasserschutzgebiet stünde, direkt über einem der wichtigsten Reservoirs der Hauptstadtrektion. „Es wäre für die regionale Wasserversorgung katastrophal, wenn auf dem Tesla-Gelände Schadstoffe ins Grundwasser gelangen würden und dieser Grundwasserkörper nicht mehr nutzbar wäre“, sorgt sich IGB-Forscher Pusch.

Der örtliche Wasserversorger WSE fühlt sich durch die Ansiedlung der Gigafabrik überrumpelt. Schon lange habe man erkannt, „dass wir auf einen Mangel hinsteuern“, erklärt Sandra Ponesky, Sprecherin des Verbands. Spätestens 2050 würden auch andere Versorger im Berliner Umland an ihre Grenzen stoßen. „Wir sind durch Tesla 20 Jahre in die Zukunft katapultiert worden“, sagt Ponesky. „Für uns als sehr langfristig planendes Unternehmen der Daseinsvorsorge ist das quasi über Nacht passiert.“

Schon jetzt sieht sich der WSE am Limit, hat verfügt, dass Neukunden nur noch 105 Liter Wasser pro Person und Tag

verbrauchen dürfen, meldet auch bei der Ansiedlung von Betrieben oder dem Bau weiterer Schulen und Kitas Bedenken an. „Wir müssen Entwicklungen ausbremsen, weil wir die Reserven nicht haben“, argumentiert Ponesky. „Das wollen wir nicht und niemand ist begeistert.“

Ein Mangel an Daten verschärft die Misere noch. Ob im Boden womöglich ungenutzte Grundwasserreserven schlummern, kann der WSE nicht sagen – das herauszufinden sei Aufgabe der Landesbehörden. Auch die Wirtschaft wünscht sich genauere Erkenntnisse. „Die Angaben sind sehr unterschiedlich“, klagt Robert Radzimanowski, Fachbereichsleiter Regionalpolitik bei der Industrie- und Handelskammer Ostbrandenburg. „Die letzten grundlegenden Untersuchungen gehen zurück in die DDR-Zeit.“

Solche Wissenslücken sind weit verbreitet. Zwar gibt es in Deutschland viele Tausend Messstellen, die Pegelstände von Seen und Flüssen oder die Beschaffenheit des Grundwassers ermitteln – doch die Erkenntnisse verteilen sich auf diverse lokale Wasserverbände, Forschungsinstitute, Bundes- und Landesagenturen. „Für den Wasserhaushalt ist es wichtig, dass Daten vorliegen“, sagt UFZ-Forscher Andreas Marx. Wie viel Wasser wird in welchen Sektoren verbraucht? Wer betreibt eigene Brunnen? Welche Mengen werden entnommen? Niemand habe derzeit einen Überblick, klagt Marx. „Es gibt kein Monitoring-System.“

Vielleicht auch deshalb, weil lange Zeit niemand das Bedürfnis hatte, sich solche Einblicke zu verschaffen. Die Gefahr, auf dem Trockenen zu sitzen, schien das Problem ferner Länder zu sein. 2018 sei ein Weckruf gewesen, sagt Marx. „Seit

2018 ist der Umgang mit Wasser zum Thema geworden. Zum ersten Mal haben wir Mangel erlebt. Das führt dazu, dass man sich anpasst.“

BRAUNE FELDER, GRÜNE STÄDTE

Weniger verbrauchen und möglichst nichts mehr verschwenden: Das sind die wohl wichtigsten Leitgedanken bei der Anpassung.

Verschwendungen beginnen beim Offensichtlichen: der Nutzung von Trinkwasser für die Toilettenspülung, für Industrieprozesse, für alles, was sich theoretisch auch mit gesäubertem Brauchwasser erledigen ließe. Verschwendungen wird aber auch bei jedem Wolkenbruch zum Thema. Wassermassen, die Innenstädte überschwemmen, richten nicht nur hohe Schäden an – sie fehlen auch, wenn bald darauf die nächste Hitzewelle folgt. Denn der Trend geht zum Extrem, auch wenn sich die Niederschlagsmengen im Durchschnitt nicht nennenswert verändern mögen: Mal regnet es eher zu viel, mal zu wenig.

Deshalb überlegen vorausschauende Städte, wie sie Betonwüsten in blühende Landschaften verwandeln können. Viel Grün auf Dächern, an Häuserwänden und Gehwegen; Parks, die Parkplätze ersetzen; Sickerflächen am Straßenrand: So sollen auch dicht besiedelte Metropolen die Chance bekommen, überschüssiges Wasser aufzunehmen und für später zu speichern.

In Amsterdam und Kopenhagen haben sich solche Schwammstadt-Konzepte schon bewährt. Nun ziehen deutsche Städte nach. Berlin gilt dabei als Vorreiter, auch aus der Not geboren: In der Innenstadt fließen Abwässer aus Haushalten und Betrieben gemeinsam mit Regenwasser durch die Kanalisation. Läuft das System bei Starkregen über, verschmutzt die Brühe natürliche Gewässer mit Chemikalien, Mikroplastikabrieb von Autoreifen und anderen Rückständen, die eigentlich in der Kläranlage landen sollten.

So investiert die Stadt nun 150 Millionen Euro in den Bau unterirdischer Speicherbecken und verschärft die Umweltauflagen für Immobilienfirmen. „Wer neu baut, darf Regenwasser nicht in den Kanal geben“, betont Astrid Hackenesch-Rump, Sprecherin der Berliner Wasserbetriebe. Zugleich verspricht der Senat Hausbesitzern Fördermittel, wenn sie Dächer und Fassaden begrünen, und versucht, bei der Stadtentwicklung die Gefahr von Dürre und Sturzfluten mit einzuplanen. Etwa, indem Sportplätze bewusst tiefer angelegt werden, damit der Rasen überschüssiges Wasser aufnehmen kann. „Wir müssen mit Flächen kreativer umgehen“, sagt Hackenesch-Rump.

Zur selben Einsicht sind auch die Bauern der Agrargenossenschaft Trebbin gelangt. Sie bauen auf ihren Äckern rund um das 10 000-Einwohner-Städtchen südlich von Berlin neuerdings auch Hirse, Sommerdurum und Kichererbse an – alles Sorten, die sich gut mit Hitze und Trockenheit vertragen.

„Wenn man einmal die Büchse der Pandora öffnet, gibt es keinen einfachen Weg zurück.“

Die Gegend habe „sehr schöne Sandböden“, erzählt Thomas Gäbert, Geschäftsführer der Agrargenossenschaft. „Aber was den landwirtschaftlichen Ertrag angeht, sind wir bundesweit im unteren Fünftel. Viel weniger geht kaum.“

Schon in normalen Jahren mussten die Bauern überlegen, wo es sich lohnte, etwas anzubauen – und dann kam die Dürre. Pausenlos, seit 2018. „Eine so zusammenhängende Phase von Trockenheit, das gabs hier selten – vielleicht sogar noch nie“, seufzt Gäbert. Der 40-jährige promovierte Agrarwissenschaftler steht im Februar, gut eingepackt in Winterpullover und Jacke, auf einem der Felder, die in diesem Sommer für die Kichererbse vorgesehen sind. Als er 2020 beschloss, die eigentlich aus Asien stammende Hülsenfrucht in Brandenburg anzubauen, war es ein Experiment. „Wir haben diese Kultur ausgewählt, weil wir denken: Die passt hier gut her“, berichtet Gäbert. „Das hat sich in den ersten Jahren auch bewahrheitet.“

Zusätzlich investieren die Bauern in naturnahe Methoden der Landwirtschaft, die ihre Böden besser gegen Hitze, Dürre oder Wolkenbrüche schützen sollen. Alles hängt dabei mit allem zusammen: Kühe liefern Dung, der die Böden mit Nährstoffen anreichert. Nährstoffe, die nicht nur die Pflanzen brauchen, sondern die auch Regenwürmer, Bodenbakterien, Pilze und Mikroben füttern.

„Diese Tierchen unterstützen mich dann dabei, Humus aufzubauen“, erklärt Gäbert, „bringen aber auch verschiedene physikalische Vorteile mit sich.“ Einer davon: Je mehr Winzlinge sich durch den Boden graben, umso besser kann die Erde Feuchtigkeit aufnehmen, weil sich dann Makroporen bilden – kleine Röhren, die Wasser speichern.

Zusätzlich liegen auf den meisten Äckern Zwischenfrüchte: eine Mischung aus Leindotter, Strandhafer, Sonnenblumen und anderem Gründünger, der den Böden hilft, besser durch den Winter zu kommen. Lange habe sich die Mehrheit der Landwirte gegen solche Zwischenfrüchte gesperrt, erzählt Gäbert: zu hohe Kosten, zu wenig Nutzen. „Aber so, wie die Niederschlagsverteilung in den letzten Jahren war, sehe ich ausschließlich Vorteile.“

Auch Blühstreifen hat Gäbert durchgesetzt, ebenfalls nach langen Diskussionen. Und die Kanäle, die sich durch die Landschaft ziehen, nutzen die Bauern nicht mehr zur Entwässerung, wie es früher der Fall war, sondern – im Gegenteil – um das Wasser zu halten. Daneben liegen Grünflächen brach, damit benachbarte Felder länger feucht bleiben.

All das, um den Pflanzen eine Chance zu geben, länger durchzuhalten, wenn jeder Tag zählt. Noch stehen Pfützen am Wegesrand, grau liegen die Äcker unter einer Wolkenwand. Doch wehe, wenn die Sonne erst wieder vom Himmel brennt. Eine Woche kein Regen, „dann sind die obersten zehn Zentimeter so trocken, dass es schon wieder staubt“, sagt Gäbert und schaut sich um. „Man wird das hier nicht wiedererkennen. Das geht so schnell, das kann man sich kaum vorstellen.“ ●

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.

High-Tech Inkubator BioIntelligence will: **Wissen zur Wirkung bringen**

Unter dem Leitbild „Wissen zur Wirkung bringen“ überführt der High-Tech Inkubator (HTI) BioIntelligence wissenschaftliche Erkenntnisse aus den Bereichen Biotechnologie, Life Science & Medizin(-technik) in nachhaltige Geschäftsmodelle. Aktuell unterstützt der HTI 14 aussichtsreiche early stage Start-up Teams. Das Niedersächsische Wirtschaftsministerium unterstützt mit rund 5 Mio Euro das HTI-Projekt und fördert damit die erfolgreiche Etablierung der Startup- Produkte und Dienstleistungen am Markt.

Im Kern positioniert sich BioIntelligence als interdisziplinär aufgestelltes HTI-Zentrum, das insbesondere das Matching von Gründerpersönlichkeiten mit wertvollen Kontakten relevanter Domänen realisiert – dabei geht es um passende Investment-, Partner- und Kooperationsmöglichkeiten, aktives Scouting & Sparring zwischen den beteiligten Partnern sowie Enabling durch Expertenzugang und Netzwerkmanagement. Die Gründerteams (Start-ups) des HTI profitieren nicht nur durch das starke Partner-Netzwerk, sondern außerdem durch Zugang zu Laborflächen und zum Co-Working Space im Herzen Hannovers.

Einblick in drei der 14 Start-ups:

SMART-CAST

Smart Materials for the Integration of Human Interaction

Durch den Einsatz von innovativen, intelligenten, anpassungsfähigen Materialien wird die gegenwärtige Achilles-Ferse der nicht-operativen Knochenbruchbehandlung überwunden – die kontinuierliche Modellierbarkeit des SmartCast am Anlageort (dem Unterarm des Patienten) kann ein stu-

fenweises und schmerzloses Wiederaufrichten der Frakturteile nach einer Radiusfraktur ermöglichen. Das multiprofessionelle Team aus Ingenieuren, Chirurgen, Maschinenbauern und Neurobiologen strebt eine Ausweitung der Technologie auf weitere Krankheitsbilder und die Hilfsmittelversorgung an.

*Founding Team: Prof. Dr. Stephan Sehmisch,
Dr. med Jennifer Ernst, Luis A. Pardo*

ALLOGENETICS

Transplantation ohne Abstoßung – eine lebenslange Lösung

Die Allogenetics GmbH bietet eine völlig neue Lösung für das Problem der Organabstoßung nach einer Transplantation. Der Ansatz von Allogenetics ist eine einzigartige First-in-Class-Therapie, da sie das Transplantat behandelt, anstatt das Immunsystem des Patienten zu schwächen. Diese Innovation bietet eine neue Dimension in der Organtransplantation: Unsichtbare Organe statt lebenslanger Immunsuppression.

*Founding Team: Prof. Dr. Rainer Blasczyk,
Prof. Dr. Constanca Figueiredo,
Phillipp Langrehr*

www.allogenetics.de

CaBIDI

Anorganisch-organische Hybrid- nanopartikel zur Behandlung von Brustumoren

Das neuartige Konzept der anorganisch-organischen Hybridnanopartikel zur Behandlung von Brustumoren wird vom interdisziplinären Gründer-Team (Experten aus der Chemie, Biomedizin und Bildgebung) entwickelt – die Nanopartikel sind in Wasser synthetisierbar, haben extrem hohe Wirk-

stoffgehalte bei hoher Bioverträglichkeit, stellen ein Plattformkonzept mit flexibler Zusammensetzung dar und haben multifunktionale Eigenschaften einschließlich Bildgebung.

*Founding Team: Prof. Dr. Frauke Alves,
Prof. Dr. Claus Feldmann, Dr. David Rudolph*

Unsere Partner

Die Partner des HTIs (bio-intelligence.eu) haben dabei ihr Ohr früher an potenziellen Breakthrough Innovationen – hinter dem Vorhaben steht der gemeinnützige Verein BioDigit e.V. (biodigit.de), der sich aus zahlreichen solcher Partner zusammensetzt. Im Sinne der Netzwerkerweiterung freut sich der Verein jederzeit über Interesse an der Vereinsmitgliedschaft, die zahlreiche Zugänge liefert. BioDigit e.V. verfügt über ein großes nationales und internationales Netzwerk mit führenden Persönlichkeiten sowohl aus Wissenschaft und Forschung als auch aus der Industrie, Wirtschaft und Finanzwesen. Ideengeberin des High-Tech-Inkubators und gleichzeitig Vorstandsvorsitzende von BioDigit e.V. ist Frau Prof. Dr. rer. nat. Stefanie Heiden. Zentraler Partner des HTI ist das Institut für Innovations-Forschung, Technologie-Management und Entrepreneurship (ITE) der Leibniz Universität Hannover (LUH).

bio-intelligence.eu



Was schwimmt denn da?



Mit dem Klimawandel steigen vielerorts die Wasserpegel und Wasser wird vermehrt zum Siedlungsraum. Die schwimmenden Domizile sind mal mobil, mal skurril, und in manchen wohnen sogar Kühe. – Veronika Szentpétery-Kessler



Die Arkup 75 ist knapp 23 Meter lang und fast 10 Meter breit. Auf ihren 250 Quadratmetern Wohnfläche hat sie Platz für vier Zimmer und Bäder. Ihre – vermeintlichen – Schornsteine auf dem Dach lassen sich in Ufernähe absenken: Es sind Stelzen, mit denen sie sich auf einen bis zu 7,6 Metern tiefen Meeresgrund stellen kann.

- ◀ Auf den ersten Blick sieht die Arkup 75 aus, als hätte jemand ein kleines Möbelhaus mit einer Fähre gekreuzt. Tatsächlich ist sie eine Luxus-Hausyacht, die die Weltmeere bereist. Der Strom für ihren elektrischen Antrieb kommt von der Photovoltaikanlage auf dem Dach, die Batterien mit einer Kapazität von 182 Kilowattstunden speist.



◀ Die halbkugelförmigen Cape Romano Dome Houses wurden 1982 auf Marco Island, Florida, erbaut. Sie sollten Hurrikanen standhalten, doch genau die zerstörten die Kette der sechs aneinander gereihten Kuppelpavillons nacheinander. Nun bereichern die Kuppen die Unterwasserwelt als Lebensraum.

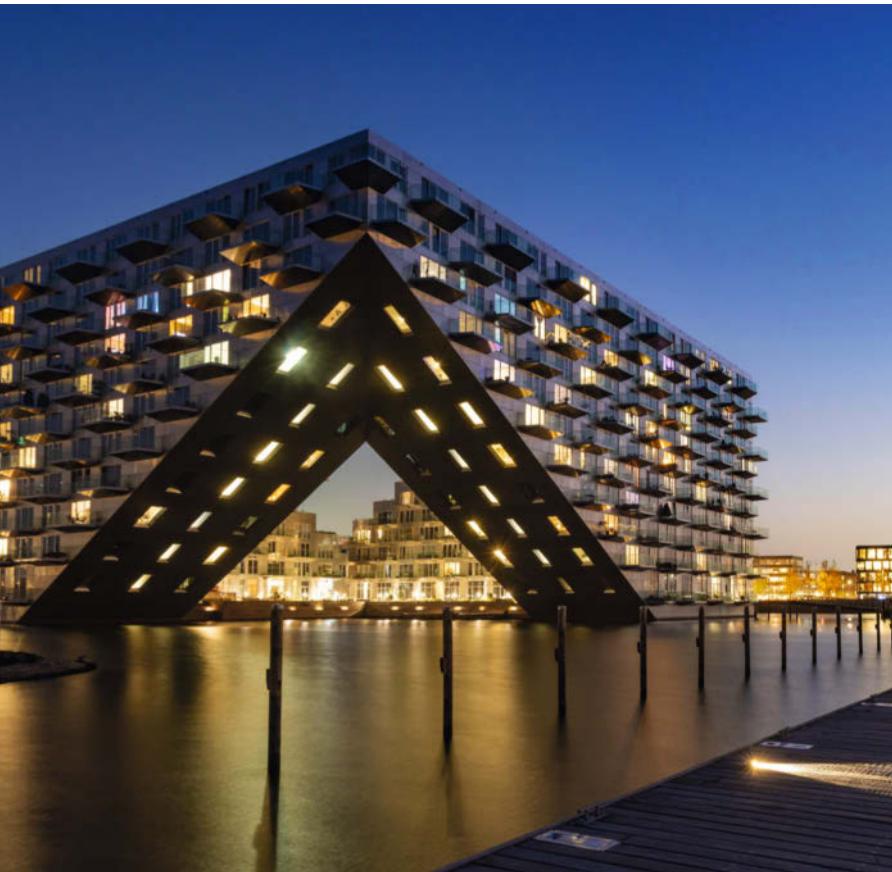
Zur schwimmenden Schoonschip-Siedlung in Amsterdam gehören 46 Häuser in einem stillgelegten Kanal. Wärmepumpen nutzen das Kanalwasser zum Heizen, den Strom liefern Solarpaneele und warmes Wasser Solarkollektoren. Toilettenabfälle wandern in eine Biogasanlage.



► Im Amsterdamer IJburg-Viertel schwimmt seit 2010 eine Wohnsiedlung. Die Häuser wurden im Trockendock gebaut und anschließend über das IJsselmeer geschleppt. Verbunden sind sie über schwimmende Stege.







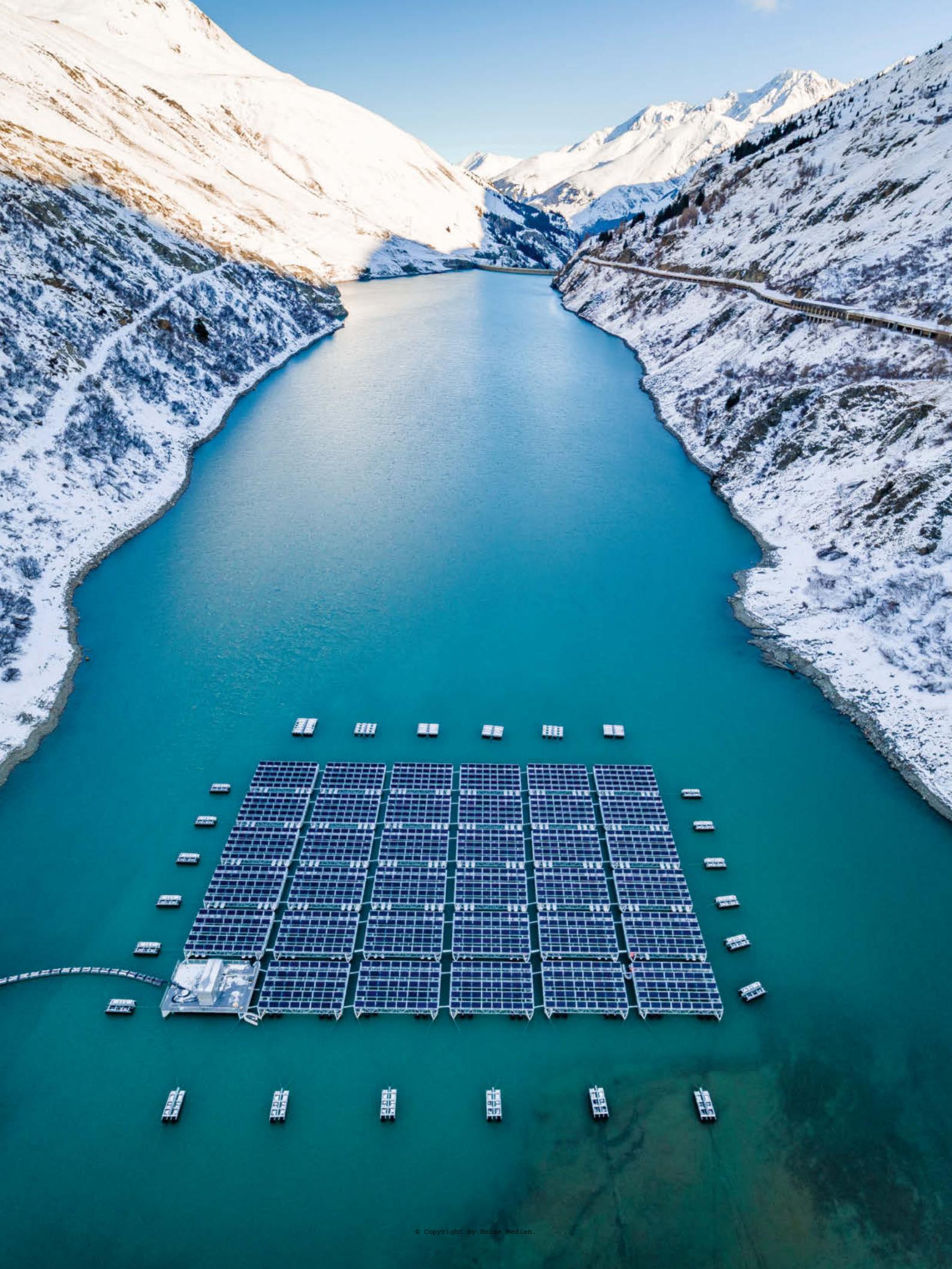
Der neueste Bau in Amsterdams IJburg-Stadtviertel ist das Sluishuis mit 442 Wohnungen. Es sieht aus, als hätten die Architekten aus einem Kubus zwei Ecken herausgeschnitten. Wie auch die Siedlung im Wasser-Viertel besitzt das Sluishuis ein nachhaltiges Energiekonzept. Seine Fundamente ruhen zwar auf einer künstlichen Insel, aber ein Teil des Gebäudes schwebt über dem Wasser.

Foto: Little Island
Foto: mauritius images / Marcel van den Bos / Alamy



Wenn die Stadt keinen Platz mehr für Erholungsflächen hat, muss der Park eben auf das Wasser ausweichen – wie der 2021 eingeweihte New Yorker Park Little Island. Wo früher am Westufer von Manhattan Ozeanriesen der Cunard-White Star Line anlegten, lädt nun eine über dem Hudson River aufgebockte grüne Oase zum Spazieren ein – oder zu Veranstaltungen im Amphitheater mit Ausblick auf die Skyline.





◀ Die wohl höchstgelegene schwimmende Photovoltaikanlage der Welt befindet sich auf 1810 Metern Höhe auf dem Schweizer Lac des Toules im Kanton Wallis. 1400 Paneele auf Polyethylen-Schwimmkörnern liefern jährlich mehr als 800 000 Kilowattstunden. Durch die Reflexion des Sonnenlichts auf dem umliegenden Schnee, die niedrigen Temperaturen und den erhöhten UV-Licht-Anteil sind das 50 Prozent mehr als von vergleichbaren Anlagen an Land.

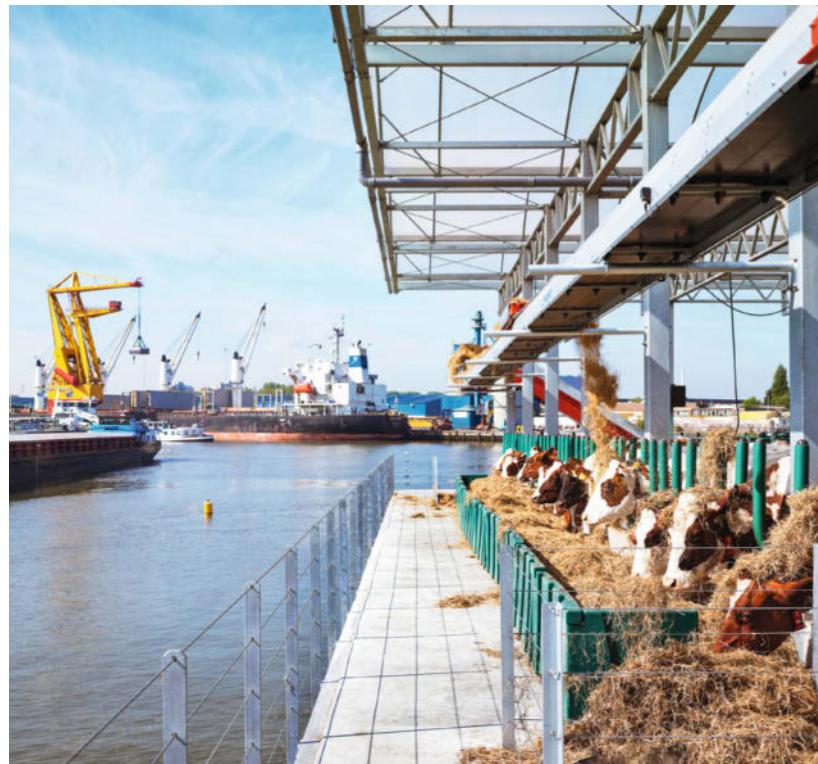


Foto: Ruben Dario Kleimeer

Foto: Ruben Dario Kleimeer

Foto: © Romande Energie

▲ Im Grundgeschoss der Floating Farm befindet sich eine Molkerei, die Milch und Milchprodukte wie Käse und Joghurt von den Kühen im Obergeschoss herstellt.

◀ Auf der Floating Farm im Rotterdamer Hafen leben etwa 40 Rinder - mit einer Brücke zur Weide. Gründer Peter Van Wingerden will zeigen, wie Tierhaltung auch in Städten gelingen kann. Der schwimmende Bauernhof nutzt Regenwasser vom Dach, Strom aus Solarpaneelen und verwertet Lebensmittelabfälle wie Kartoffelschalen und Getreidereste einer naheliegenden Brauerei.

Breit statt tief



Bei Trockenheit kommt die Schifffahrt auf dem Rhein beinahe zum Erliegen. Neue Konzepte sollen Frachter nun tauglicher für Niedrigwasser machen. – Tim Schröder

Der Rhein gehört zu den wichtigsten Handelsrouten in Europa. Doch in den vergangenen Jahren ist der Verkehr auf dieser Schiffsautobahn des Öfteren unerwartet ins Stocken geraten: In den Dürresommern, vor allem in den Jahren 2018 und 2022, sank der Pegel des Flusses so weit, dass die Schiffe kaum mehr fahren konnten. Der neuralgische Punkt ist die flächste Stelle des Rheins bei Kaub in Rheinland-Pfalz. Im Rekordsommer mussten die Schiffsführer mit nur noch 1,20 Metern Wassertiefe zureckkommen; so wenig, dass das Wasser einem Erwachsenen gerade einmal bis zum Bauch reichen würde. Den meisten Schiffen droht dann Grundberührung, obwohl sie flach gebaut sind. Um das zu vermeiden, muss die Ware auf weitere Schiffe, auf Bahn oder Lastwagen umgeladen werden. Das ist teuer. Ein Lastwagen kann maximal zwei 20-Fuß-Überseecontainer transportieren, ein großes Schiff mehr als 300.

„Wir müssen uns darauf einstellen, dass solche Situationen im Sommer häufiger auftreten“, sagt der Schiffbauinge-

nieur Benjamin Friedhoff vom Duisburger Entwicklungszentrum für Schiffstechnik und Transportsysteme (DST). „Deshalb werden seit einigen Jahren verstärkt Schiffe entwickelt und gebaut, die auch bei Niedrigwasser noch fahren können.“

IMMER GRÖSSERE UND SCHWERERE SCHIFFE

Zwischen 1971 und 2018 habe es keine großen Dürren gegeben, erzählt Friedhoff. In dieser Zeit seien die Flussschiffe immer größer geworden, was den Transport preisgünstiger machte. Motoren und Schiffsschrauben sind mitgewachsen. Doch das wird ihnen bei niedrigen Wasserständen zum Verhängnis – nicht nur wegen der möglichen Grundberührung. Wenn Schiffe nur noch wenig beladen sind, kann es passieren, dass der Propeller so weit aus dem Wasser ragt, dass er Luft ansaugt und nur noch wenig Vortrieb erzeugt. Das Schiff ist dann kaum noch steuerbar.

Bereits vor 20 Jahren wurde am DST eine Technologie entwickelt, die dieses Problem löst: der Flextunnel. Dies ist eine Art Klappe, die sich zusammenfalten lässt und direkt über dem Propeller am Heck befestigt wird. Ragt der Propeller zu weit aus dem Wasser, wird die Klappe ausgefaltet und abgesenkt. Sie bildet eine Art Tunnel um den Propeller, in den das Wasser hineingesaugt wird. Die Luft bleibt draußen. „Seit 2018 hat das Interesse am Flextunnel stark zugenommen“, sagt Friedhoff. „Inzwischen sind etwa zehn Schiffe damit unterwegs. 25 weitere sind geordert.“

KONSTRUKTIONEN FÜR NIEDRIGE WASSERSTÄNDE

Neben dem Flextunnel setzen die Schiffbauer und Transportunternehmen inzwischen auch auf neue Schiffsdesigns. Statt einer großen Schiffsschraube nutzt man künftig zwei oder gar vier mit kleinerem Durchmesser. So ein Antrieb ist zwar kostspieliger und weniger effizient als ein großer. Dafür funktioniert er auch bei Niedrigwasser. Von den Dürresommern war unter anderem auch der Chemiekonzern BASF in Ludwigshafen betroffen, weil Chemikalien aus Rotterdam nicht an- und fertige Produkte nicht abtransportiert werden konnten.

Zusammen mit der auf Chemikalentransport spezialisierten Firma Stolt-Nielsen hat die BASF daher ein eigenes Schiff konzipiert, das in diesem Jahr in Betrieb gehen soll. Es ist mit zwei Propellern und Flextunneln ausgestattet. Zudem ist es länger und mit 17,5 Metern breiter als die durchschnittlichen 11,5 Meter breiten Flussschiffe auf dem Rhein. Bei gleicher Beladung hat es dadurch weniger Tiefgang. Es passt zwar nicht mehr durch die Schleusen der meisten Nebenflüsse und Kanäle, aber für die Strecke Rotterdam – Ludwigshafen ist das unerheblich.

Der Flextunnel (hier im heruntergeklappten Zustand) verhindert, dass die Schraube bei zu wenig Tiefgang Luft zieht.



© Copyright by Heise Medien.

Auch das Logistikunternehmen Rhenus stellt sich auf häufigere Dürren und niedrige Wasserstände ein. Bereits vor sechs Jahren hat es gemeinsam mit dem DST das erste Schiff mit Flextunnel konzipiert, die „Rhenus Duisburg“, die Kohle von Rotterdam flussaufwärts trägt. Derzeit sind zwei weitere Schiffe in Bau. Sie haben nicht nur einen Flextunnel und sind auch leichter gebaut. Der Rumpf besteht aus dünnerem Stahlblech und ist nur dort verstärkt, wo die Container aufsitzen. Ihre beiden Propeller werden zudem von insgesamt fünf Lkw-Dieselmotoren und einer Brennstoffzelle angetrieben, die flexibel, je nach Last, zugeschaltet werden. Dadurch können die einzelnen Motoren immer im effizientesten Betriebspunkt arbeiten. Ein einziger großer Dieselmotor hingegen muss gedrosselt werden, wenn das Schiff wenig Leistung benötigt. Das geht auf Kosten der Effizienz. Rhenus verfolgt damit zwei Ziele zugleich: Flachwassereignung und Umweltverträglichkeit.

DIE KRAFT DER SECHS HERZEN

Die beiden neuen Schiffe sind zudem keine reinen Frachter, sondern Schubschiffe mit stumpfer Schnauze. Sie haben einen eigenen Laderraum, können zusätzlich aber noch große Leichter, Transportkähne ohne eigenen Antrieb, vor sich herschieben. Solche Schubverbände dürfen bis zu 185 Meter lang sein – 50 Meter länger als einzelne Schiffe. Dank der vielen Motoren hat das Schubschiff sogar genug Kraft, um zwei Leichter nebeneinander zu schieben. Damit ließen sich maximal 768 20-Fuß-Container auf einmal transportieren.

„Für uns sind diese Schiffe vor allem auch eine Lernplattform“, sagt Robert Graf-Pothoff, technischer Inspektor bei Rhenus. „Die Abstimmung von fünf Dieselmotoren, einer Brennstoffzelle und einem Batteriespeicher ist vor allem in Sachen Elektronik ziemlich anspruchsvoll. Hier wollen wir mehr Erfahrung sammeln.“

Für ihn sind die beiden Schiffe in zweierlei Hinsicht zukunftsfähig: Zum einen können sie auch bei Niedrigwasser passieren. Zum anderen sind sie deutlich umweltfreundlicher als herkömmliche Flussschiffe, weil die verwendeten Lkw-Motoren mit der Euro-6-Abgasnorm die Reglements für Schiffsantriebe unterbieten. Die Brennstoffzelle wird mit Wasserstoff betrieben. Dieser wird in vier Überseecontainern an Deck gelagert, die sich im Hafen schnell austauschen lassen.

Für Benjamin Friedhoff geht das in die richtige Richtung. Allerdings sei der Neubau von Schiffen nicht alles: „Ein Rheinschiff wird im Durchschnitt rund 50 Jahre genutzt. Insofern sehe ich eine große Zukunft auch im Retrofit alter Schiffe. Das ist ein großes Potenzial, das man für die Zukunft unbedingt im Blick haben muss.“ Im Projekt „Nachhaltige Modernisierung der Binnenschifffahrt“ des Bundesverkehrsministeriums wird genau dies gerade untersucht – etwa, indem man das Heck eines Schiffs komplett entfernt und ersetzt. ●

Steigende Gefahr

**Die Wahrscheinlichkeit für Starkregen wächst, der Meeresspiegel steigt.
Was bedeutet das für den Hochwasserschutz?** – Pauline Schinkels und Jan Wittenbrink

Er sei im Ahrtal, wieder einmal, sagt Holger Schütttrumpf am Telefon. Während des Gesprächs schaue er auf den zerstörten Flusslauf der Ahr. 2021 schossen gigantische Wassermassen durch das enge Tal in der Eifel. Sie fluteten Häuser bis ins oberste Stockwerk, rissen Autos und Wohnwagen mit sich. 134 Menschen starben hier. „Mit einer derartigen Katastrophe in einem deutschen Mittelgebirge hat niemand gerechnet“, sagt Schütttrumpf. Der Professor für Wasserwirtschaft der RWTH Aachen arbeitet im Verbundprojekt KAHR an neuen Konzepten für den Hochwasserschutz im Ahrtal und begleitet den Wiederaufbau. Damit es nicht noch einmal so schlimm wird, wenn das Wasser kommt.

Mit dem Klimawandel nimmt die Häufigkeit von Überflutungen zu. Im Binnenland ist gerade im Sommer öfter mit Extremregen zu rechnen – unter anderem, weil warme Luft mehr Wasserdampf aufnehmen kann. An der Küste wiederum steigt der Meeresspiegel, weil die Polkappen schmelzen und sich wärmeres Wasser stärker ausdehnt.

Bisher ging es beim Hochwasserschutz meist darum, das Wasser auszusperren – durch Deiche, Schutzmauern oder Talsperren. Doch wie lange kann das angesichts der Erderwärmung gut gehen?

An der Nordseeküste kämpfen die Menschen seit Jahrhunderten gegen die Kraft des Meeres, im Laufe der Zeit wurden die Deiche immer höher. Noch sei der Schutz ausreichend, sagt Torsten Schlurmann, Professor für Wasserbau und Küsteningenieurwesen an der Uni Hannover. Doch irgendwann komme man an finanzielle und materielle Grenzen. So sei etwa Klei, der wichtigste Baustoff für See-deiche, nicht unbegrenzt vorhanden. „Es ist auch

„Es ist auch eine gesellschaftliche Frage: Wie viel ist es uns wert, gefährdete Gebiete langfristig zu schützen?“

eine gesellschaftliche Frage: Wie viel ist es uns wert, gefährdete Gebiete langfristig zu schützen?“

Niedersachsen, Schleswig-Holstein und Hamburg haben bereits eine weitere Erhöhung alter Deiche beschlossen. Zunächst wollten sie nur um 50 Zentimeter aufstocken, 2022 setzten sie den Standard auf einen Meter. Die Deiche werden nicht nur erhöht, sondern auch verbreitert. Denn mit steigendem Meeresspiegel wächst auch die Belastung für den unteren Teil des Deiches. In Schleswig-Holstein entstand der erste „Klimadeich“ 2013, nach und nach erhalten dort immer mehr Deichkilometer ein Upgrade.

GEGEN DIE FLUTEN ANBAUEN

Im Unterlauf der Elbe, der sogenannten Tideelbe, treffen Fluss und Meer aufeinander. Zweimal täglich rollt die Flutwelle der Nordsee flussaufwärts. Wegen der Trichterwirkung des Flussbetts ist der Unterschied zwischen Hoch- und Niedrigwasser im Hamburger Hafen sogar deutlich höher als auf dem offenen Meer.

Schon nach der Hamburger Flutkatastrophe von 1962, bei der über 300 Menschen starben, wurden die Deiche dort massiv erhöht. Für die kommenden Jahrzehnte sei die Stadt gut geschützt, sagt Peter Fröhle, Professor für Wasserbau an der TU Hamburg. Doch Fröhle blickt schon bis ins Jahr 2200. Im Projekt TideelbeKlima, das er leitet, simuliieren Forscher Szenarien für Wasserstände an Nordsee und Elbe – und deren Wirkung auf Schutzbauwerke. Am Rechner lösen sie Sturmfluten aus, lassen Deiche virtuell brechen oder erhöhen sie.

Und sie experimentieren mit neuen Bauwerken: So wird seit Jahren über ein gewaltiges Sperrwerk im Mündungsreich der Elbe diskutiert. Seit den neunziger Jahren schützt ein ähnliches Sperrwerk mit zwei jeweils über 200 Meter langen, schwenkbaren Toren den Großraum Rotterdam. „Die Elbe ist allerdings noch einmal deutlich breiter als die Hafeneinfahrt von Rotterdam“, sagt Fröhle. Denkbar sei etwa, den Fluss durch zwei Dämme künstlich zu verengen und in der verbleibenden Öffnung in der Flussmitte ein Sperrwerk zu installieren.

Fröhle und sein Team sollen in ihrer vom Bundesumweltministerium geförderten Studie neben anderen technischen Lösungen auch die Machbarkeit eines Sperrwerks ausloten. Sie testen virtuell verschiedene Standorte, wägen mögliche Kosten und Nutzen ab. „Wir sehen die Schutzwirkungen, aber auch einen Rückstau auf der dem Meer zugewandten Seite.“ Der Rückstau der Elbe auf der Binnenseite sei hingegen – auch wegen der bereits jetzt hohen Schutzanlagen – wenig kritisch. Allerdings könne allein die Planung für so ein gigantisches Vorhaben mehrere Jahrzehnte dauern. Zudem warnen Umweltverbände vor ökologischen Folgen.

DIE NATUR FÜR SICH NUTZEN

Küstenschutz und die Bewahrung von Ökosystemen müssen aber keine Gegensätze sein. Forscher Schlurmann fordert einen Paradigmenwechsel: Zwar seien massive Schutzbauwerke unverzichtbar – doch moderner Küstenschutz müsse zusätzlich die Natur für sich nutzen.

Etwa die Salzwiese: Dieses Biotop aus salzwasserresistenten Pflanzen liegt an der Nordsee zwischen Deich und Wattmeer und wird bei höheren Fluten überspült. „Dass die Salz-

wiese die Energie der einlaufenden Wellen dämpft, ist bekannt“, sagt Schlurmann, der im Rahmen des Projekts „Gute Küste Niedersachsen“ unter anderem im ostfriesischen Neßmersiel die Renaturierung einer Salzwiese untersucht. „Wir wissen aber noch nicht, wie hoch die Dämpfung genau ist und wie viele Kosten sich dadurch etwa beim Deichbau einsparen lassen.“ Um das in Zukunft quantifizieren und bei der Planung berücksichtigen zu können, untersuchen die Forscher etwa die Widerstandskraft der Pflanzen gegenüber Strömungen sowie die Verankerung ihrer Wurzeln im Boden.

Mit Salzwiesen im Vorland müssen Deiche weniger hoch sein, und sie halten länger. Eindeichungen haben in der Vergangenheit vielerorts Salzwiesen zerstört. „In Zukunft könnten wir gezielte Anpflanzungen vornehmen“, sagt Schlurmann. Man teste auch neues Saatgut zur Bepflanzung des Deiches selbst: Eine vielfältigere Vegetation auf dem Deich könnte zum einen die Wellen stärker ausbremsen, zum anderen den Deich durch tieferes Wurzelwachstum stabilisieren und im Sommer weniger austrocknen lassen.

In den Niederlanden experimentieren Wissenschaftler des Meeresforschungsinstituts NIOZ mit Schlickgras. Diese in Europa einst eingeschleppte Salzwiesenpflanze gilt als besonders ausdauernd. Das Institut hat unter anderem einen transportablen Wellenkanal gebaut, der direkt an der Salzwiese verankert wird. So testen die Forscher, wie sich Wellen auf das Schlickgras auswirken – und unter welchen Bedingungen Sedimente abgetragen werden. Am unteren Rand der Salzwiese, der täglich überflutet wird, können nur wenige Pflanzen überleben. Um ihre Wurzeln zu stabilisieren, legen die Forscher ein wabenartiges Gerüst aus abbaubarer Kartoffelstärke aus – womöglich ein Modell für die Zukunft.





Die dunkel markierten Küstenabschnitte liegen tiefer als zehn Meter über dem Meeresspiegel und sind besonders gefährdet.

Auch im Ahrtal wollen Naturschützer zunächst die nach der Flutkatastrophe neu entstehenden Auenlandschaften erhalten, um dem Fluss wieder mehr Raum zu geben. Dort könnten sich dann auch wieder seltene Tierarten wie die Flussuferwolfspinne ansiedeln. Wichtiger Raum für den Fluss und damit für den Hochwasserschutz gehe jedoch bereits wieder verloren, sagt Schüttrumpf. Dabei braucht es Flächen wie Wälder, die das Wasser aufnehmen: „Der Forst wirkt wie ein Schwamm.“ Das allein reiche aber nicht. Entscheidend sei eine Kombination aus technischem und natürlichem Hochwasserschutz, etwa in Form leistungsfähiger Rückhaltebecken.

VORHERSAGE WIRD IMMER WICHTIGER

Da Hochwasserschutz nicht unbegrenzt finanziert werden kann, sind auch bessere Messdaten wichtig, um im Ernstfall rechtzeitig evakuieren zu können. Im Binnenland ist das umso komplizierter, je hügeliger das Gelände ist. In den Hängen des Ahrtales forscht man derzeit an einer ungewöhnlichen Messmethode. Michael Dietze von der Uni Göttingen und Rainer Bell von der Uni Bonn haben hier, rund einen halben Meter unter der Erde, Erdbebensensoren installiert. Damit können sie auch die Abflussmengen der Ahr messen. Je höher die Amplituden ihrer Aufzeichnungen ausschlagen, desto mehr Wasser fließt im Fluss. Bis zu eineinhalb Kilometer flussaufwärts konnten sie so zum Beispiel das Hochwasser von 2021 erkennen. Bei einer Fließgeschwindigkeit von rund einem Meter pro Sekunde ließe sich so immerhin eine knappe halbe

Stunde vor dem Eintreffen einer Flutwelle warnen. Die Sensoren sind allerdings so sensibel, dass sie auch ein vorbeifahrendes Auto oder fallende Regentropfen registrieren. Diese Störsignale müssen erst herausgefiltert werden.

Dann können die Erdbebensensoren vor allem dort helfen, wo sich die Wasserstände nicht mit einem klassischen Wasserstandspegel messen lassen: in Engtälern, Wildbächen in den Alpen, entlegenen Tälern des Himalaya – oder eben im Mittelgebirge. Als der Höchststand im Ahrtal erreicht war, waren die Pegel dort längst von den Wassermassen weggerissen worden.

Mit den Sensoren lässt sich aber auch die Durchweichung von Deichen erkennen. So kann man die betreffenden Stellen verstärken, bevor sie brechen. Gleches gilt für Hangrutschungen, erzählen die Forscher. Im Ahrtal sind noch immer, viele Monate nach dem Hochwasser, durch den Fluss erodierte Hangbereiche nicht zur Ruhe gekommen und stellen eine Gefahr dar.

An besseren Prognosen forscht auch Sven Tomforde, Professor für Intelligente Systeme an der Uni Kiel. Er verlässt sich ganz auf die Kraft von Daten und Künstlicher Intelligenz. „Die Vorhersage von Pegelständen ist für uns technologisch sehr spannend“, sagt er. Diese würden schließlich unter hochgradiger Unsicherheit getroffen, müssten aber gleichzeitig sehr exakt sein. Und gerade bei Extremereignissen wie lokalem Starkregen würden klassische hydrologische Modelle oft versagen. Denn im Gegensatz zu einer KI sind diese statisch: Sie sind nicht in der Lage, aus realen Erfahrungen zu lernen.

Tomforde und sein Team arbeiten mit dem in Schleswig-Holstein für den Hochwasserschutz zuständigen Landesamt für Umwelt zusammen. „Wir schauen uns für bestimmte Pegelstellen an, welche Daten für die Vorhersage besonders aussagekräftig sind“, sagt er. Dann nehme man eine Gewichtung vor – und entwickle ein System, das mit der Zeit immer bessere Prognosen treffen könnte.

Es habe sich gezeigt: „Besonders relevant sind Prognosedaten zur lokalen Niederschlagswahrscheinlichkeit.“ Und auch das vergangene Wetter spielt eine Rolle: „Wenn der Boden nach mehreren Regentagen bereits gesättigt ist, steigt die Wahrscheinlichkeit von Überschwemmungen.“

In einer Machbarkeitsstudie hat Tomforde für drei Messstationen bereits nachgewiesen, genauere Prognosen als klassische Modelle treffen zu können. Schon heute setzt das Landesamt die Software an einigen Pegeln zusätzlich zu den eigenen Modellen ein. Erkennt die KI bestimmte Auffälligkeiten, schlägt sie Alarm – die Behörde kann dann zum Beispiel Tore schließen lassen oder Einsatzkräfte mit Sandsäcken losschicken.

„Unser Ziel ist es, ein übertragbares Modell zu schaffen“, sagt Tomforde. Je nach lokaler Situation müsse das System mit verschiedenen zusätzlichen Daten gefüttert werden. So seien in Küstennähe Ebbe und Flut besonders relevant, in einem Gebirge wiederum Annahmen zum Zeitpunkt der Schneeschmelze. In Zukunft könnten KI-Systeme auch bei der Prognose von Sturmfluten helfen. Zwar könne der Zeitpunkt des Eintreffens einer Sturmflut schon heute recht genau vorausgesagt werden, der exakte Pegelstand unterliege aber noch immer großer Unsicherheit.

PRIORISIERUNG VON RÄUMEN

Sicher scheint dagegen, dass in Zukunft nicht jede Fläche mit gleichen Mitteln geschützt werden kann – das ist schlichtweg zu teuer. Mit solchen Fragen beschäftigt sich Jörn Birkmann, der an der Uni Stuttgart das Institut für Raumordnung und Entwicklungsplanung leitet. „Wir müssen überlegen, wie wir die Wassermassen lenken können“, sagt Birkmann. Das gehe etwa, indem Parks, bestimmte Straßen oder Sportplätze tiefergelegt werden, um im Notfall den ungehinderten Abfluss zu sichern oder als Auffangbecken zu fungieren.

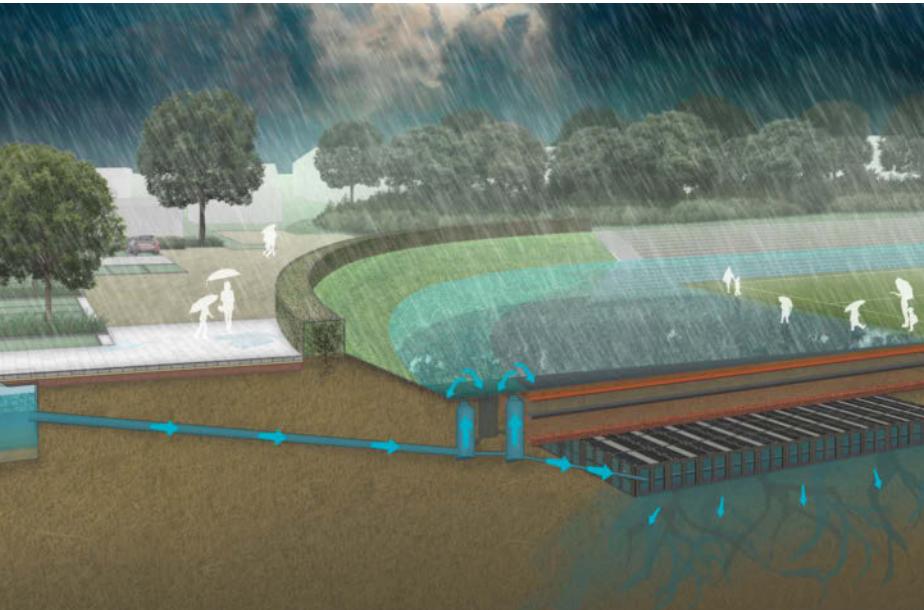
Ein Beispiel dafür ist etwa das Hein-Klink-Stadion in Hamburg-Billstedt, eigentlich ein ganz normaler Sportplatz. Bei starkem Niederschlag wird das Wasser in riesige Tanks unter dem Platz geleitet. Laufen diese voll, öffnet sich ein Überlauf und flutet den Sportplatz. Das soll den Stadtteil vor Überflutungen nach Starkregen schützen.

Noch fehlt es allerdings an Schutzzieilen, die sich an der Nutzung einzelner Flächen und Gebäude orientieren, sagt Birkmann. „Momentan wird der OP-Saal im Untergeschoss eines Hospitals genauso gesichert wie der Weinkeller in einem Privathaus.“

Andernorts wird ebenfalls über eine Priorisierung von Räumen nachgedacht. An der walisischen Küste ist schon jetzt beschlossen worden, das nur knapp über dem Meeresspiegel gelegene Dorf Fairbourne mit 1000 Einwohnern bis 2045 umzusiedeln. Die für den langfristigen Schutz der Siedlung nötigen Investitionen will sich die britische Regierung nicht leisten.

In Deutschland gelten solche Umsiedlungen noch als Tabu. Offener ist die Debatte in den Niederlanden, wo mancherorts bereits Deiche zurückgebaut werden, um Wasser mehr Raum zu geben. Dazu gehört auch das Konzept schwimmender Siedlungen mit Häusern, die auf einem wasserdichten Schwimmkörper stehen (siehe S. 36). Bei Überflutungen können sie um mehrere Meter nach oben gleiten. Eine solche Mustersiedlung mit mehr als 40 Häusern steht beispielsweise in Maasdorp in der Nähe von Arnheim.

An der Möllner Landstraße in Hamburg-Billstedt kam es bei Starkregen regelmäßig zu Überflutungen. Ein Speicher unter dem Hein-Klink-Stadion kann nun bis zu 500 000 Liter Wasser aufnehmen und es nach und nach an den Boden abgeben. Reicht das nicht, wird der Sportplatz geflutet.



© Copyright by Heise Medien.

„Momentan wird der OP-Saal im Untergeschoss eines Spitals genauso gesichert wie der Weinkeller in einem Privathaus.“

Selbst ganze Millionenstädte wie Indonesiens Hauptstadt Jakarta könnten in Zukunft umgesiedelt werden. Ein großer Teil der Stadt liegt unter dem Meeresspiegel, Teile stehen bereits unter Wasser. Per Gesetz hat die Regierung deshalb den Bau einer komplett neuen Hauptstadt beschlossen. „Aber für eine Umsiedlung von so einem Ausmaß fehlt die Akzeptanz in der Bevölkerung“, meint Birkmann. Weniger in Ufernähe und zudem häufiger auf Stelzen bauen, das sei in der indonesischen Hauptstadt aber durchaus realisierbar.

Um angepasste Häuser geht es auch in Deutschland. „Im Ahrtal gibt es allerdings primär nur Fördergeld für den Wiederaufbau, also oftmals, um den Status quo wiederherzustellen“, kritisiert Birkmann. Dabei bräuchten die Häuser wasserfeste Türen, Dammbalken – und weniger Ölheizungen in den Kellern, die das Wasser verschmutzen. Auch weniger und angepasste Brücken im Tal würden helfen, schließlich verfangen sich hier Autos, Bäume und Schutt, die das Wasser zusätzlich stauen.

Die schlimmste Flutkatastrophe traf im vergangenen Jahr Pakistan. Fast vier Monate dauerte die Überflutung. Mitte Juni hatten dort extreme Monsunregen eingesetzt, die sich immer wieder über dem Land entluden. Bis Anfang Oktober töteten die Wassermassen mindestens 1700 Menschen. Überschwemmungen, Erdrutsche und Sturzfluten führten zu einer humanitären Katastrophe, acht Millionen Menschen wurden heimatlos, viele weitere starben an den sich im stehenden Wasser ausbreitenden Krankheitserregern. Besonders betroffen waren arme Menschen in unzureichenden Unterkünften an Flussufern, kritisiert die Menschenrechtsorganisation Amnesty International.

Laut dem Weltklimarat zählt Pakistan zu den Staaten, die am stärksten vom Klimawandel betrofen sind. Dabei hat das Land seit 1959 lediglich 0,4 Prozent zu den weltweiten Emissionen beigetragen. Die Schäden an Häusern, Infrastruktur und Landwirtschaft belaufen sich auf rund 30 Milliarden Euro, schätzt die Regierung in Islamabad. Geld, das das Land nicht hat. Die Regierung teilte bereits mit, sie müsse zur Bewältigung der Flutfolgen auf Mittel zurückgreifen, mit denen eigentlich Projekte zur Klimaanpassung und Katastrophenvorbeugung hätten finanziert werden sollen.

Von den Wassermassen wurden in Pakistan – ähnlich wie im Ahrtal – viele überrascht. Der pakistatische Wetterdienst hatte, anders als der deutsche, keinen Alarm gegeben. Aber selbst das hilft nicht, wenn Betroffene nicht wissen, wie sie sich in so einem Fall verhalten müssen. „Es gibt hierzulande keine Warnstufe, die alle Anwohner alarmiert, auf den nächsten Hang zu flüchten“, sagt Schüttrumpf. Stattdessen seien zu viele in der Flutnacht im Ahrtal noch in ihre Keller gegangen, um geliebte Erinnerungen zu retten, und bekamen die Türe nicht mehr auf. Anders als das Verhalten im Brandfall wird das bei einer Flutwelle in keiner Unterrichtsstunde geübt, kritisiert Schüttrumpf. Noch nicht. ●



Sandwirtschaft statt Landwirtschaft

Trockene Felder – ein Anblick, der sich für Landwirte wohl häufen wird.



Foto: Shutterstock / Oksana Klymenko

Die Sommer in Deutschland werden im Schnitt immer trockener. Für Landwirte ist das herausfordernd. Sie brauchen neue Bewässerungs- und Anbaumethoden. – Katja Scherer

An einem kalten Februarmorgen steigt Johannes Paas aus seinem Land Rover. Neben der Straße erstrecken sich auf beiden Seiten grüne Felder – seine Felder. Links wächst in niedrigen grasähnlichen Büscheln Braugerste, erklärt der Landwirt aus Ratingen bei Düsseldorf. Rechts wächst das Getreide Triticale, eine Kreuzung aus Weizen und Roggen. Gerade erreicht die Morgensonne die noch mit Raupe bedeckten Felder. Johannes Paas läuft zur Braugerste und greift auf dem Acker nach einer Handvoll Erde. „Das hier ist im Vergleich zu meinen anderen Feldern mein schlechtester Boden“, sagt er und zerkrümelt den braunen Klumpen mit den Fingern. Der Boden habe einen hohen Sandanteil und könne daher wenig Wasser speichern. „Wenn es im Sommer mal trocken wird, sind die Pflanzen hier nach einer Woche platt.“

Noch ist davon nichts zu merken. Die Pflanzen wachsen dicht an dicht, die Halme sind sattgrün und Johannes Paas ist mit dem Anblick zufrieden. Er zieht Arbeitshandschuhe aus seiner Jackentasche. Dann buddelt er eines der Gerstenbüschel aus dem Boden. „Im Moment sehen die Pflanzen hier richtig gut aus“, sagt er und zeigt auf das robuste Wurzelwerk der Gerste. In den vergangenen Jahren sei das längst nicht immer der Fall gewesen. Seit dem Jahr 2018 habe immer mal wieder Regen gefehlt, sagt Paas.

Ein Blick auf die Daten des Deutschen Wetterdienstes zeigt, wie groß das Problem inzwischen ist. Demnach lagen die Niederschläge in Deutschland im Jahr 2018 um 25 Prozent unter dem 30-jährigen Mittel, 2019 um sieben Prozent, 2020 um zehn Prozent. Von der Jahrhundertdürre im vergangenen Jahr ganz zu schweigen. Vor allem verändert sich nicht nur die Menge, sondern die Verteilung der Niederschläge durch den Klimawandel: Mehr Regen im Winter, mehr Dürren im Sommer. Die Pflanzen, die die neuen Bedingungen überleben, sind oft krankheitsanfällig und klein.

Betroffen sind bisher vor allem Gebiete in Nord- und Ostdeutschland (siehe S. 26). Vier bis sechs Monate ohne

Hitzeperioden mit überdurchschnittlichem Niederschlag wären nötig, damit sich das wieder ändert, schätzen Experten.

NEUE QUELLEN

Ob es solche Erholungsphasen in ausreichendem Maße geben wird, ist unsicher. In der Politik und in der Agrarbranche wächst daher die Erkenntnis, dass sich die Landwirtschaft anpassen muss: mit neuen Sorten, neuen Anbaumethoden und neuen Bewässerungssystemen, die auch in trockenen Zeiten Erträge garantieren. Die Bundesregierung wolle die Arbeit von Landwirten honorieren, die klima- und umweltfreundlich arbeiten, sagte Bundeslandwirtschaftsminister Cem Özdemir bei der Vorstellung des Ernteberichts im vergangenen Jahr. Allein in den Jahren 2018 und 2019 seien durch Hitze und Trockenheit Erträge im Wert von knapp 4,5 Milliarden Euro ausgefallen. „Für mich bedeutet das: Vorbeugen ist besser als heilen. Investieren ist sinnvoller als Schäden ausgleichen“, so Özdemir weiter.

Ein wichtiger Baustein ist die Erschließung neuer Wasserquellen. Gera de beim Anbau von Obst, Wein und Gemüse müssen viele Landwirte ihre Felder künstlich bewässern. Welches Wasser sollten sie dafür benutzen? Grundwasser in Deutschland ist knapp und begehrt. Wasserversorger brauchen es fürs Trinkwasser, Industrieunternehmen für die Kühlung von Produktionsanlagen – beides konkurriert mit den Interessen der Landwirte. Eine Lösung scheint politisch schwierig. Die Bundesregierung hat eine geplante Nationale Wasserstrategie noch immer nicht verabschiedet – obwohl der Entwurf seit Mitte 2021 vorliegt (siehe S. 21).

Eine Idee ist daher, sich an die Verschiebung der Niederschläge übers Jahr anzupassen und im Winter Wasser zu speichern, das man im Sommer verwenden kann. Zum Beispiel über Stauseen. In der ehemaligen DDR gab es ein gut ausgebauten Netz von Talsperren für

die Feldbewässerung in den Landwirtschaftlichen Produktionsgenossenschaften. In Thüringen will die Landesregierung 90 dieser alten Stauseen wieder nutzbar machen. Doch bisher scheint das nur in einzelnen Fällen erfolgreich. Die sanierungsbedürftigen Talsperren wiederherzurichten, ist aufwendig. Außerdem müssten vielerorts neue Leitungen verlegt werden, um das Wasser aus den Stauseen auf die Felder zu transportieren. Aus ähnlichen Gründen ist auch der Bau neuer Talsperren und Rückhaltebecken in anderen Bundesländern schwierig: Es braucht dafür aufwendige Planungen und Investitionen.

Eine Alternative könnte die Nutzung von aufbereitetem Abwasser sein. Thomas Dockhorn von der TU Braunschweig erforscht diese Möglichkeit im Projekt HypoWave. Bisher sei die Nutzung von Abwasser auf Feldern in Deutschland gesetzlich verboten, sagt er. Der Grund sei, dass Abwasser aus Kläranlagen bestimmte Bakterien und Viren sowie Arzneimittelrückstände und Schwermetalle enthalten kann. „Das will man nicht nach der Ernte auf dem Teller haben.“ Eine Ausnahme gebe es für die Regionen Braunschweig und Wolfsburg. Dort darf gereinigtes Abwasser unter anderem für die Beregnung von Silomais und Zuckerrüben genutzt werden – also Feldfrüchten, die nicht direkt verzehrt, sondern als Futtermittel genutzt oder industriell verarbeitet werden.

Im Projekt HypoWave untersucht Thomas Dockhorn gemeinsam mit elf Verbundpartnern – darunter Wasserverbände und Forschungsinstitute –, wie man Abwasser so aufbereiten kann, dass die Nutzung für die Landwirtschaft generell unproblematisch ist, auch für Lebensmittel, die auf dem Teller landen. Das Team reinigt Abwasser dazu in mehreren Stufen. Zunächst wird es konventionell in einer mechanisch-biologischen Kläranlage gesäubert. Dann folgt eine weitergehende Aufbereitung, um organische Spurenstoffe wie Arzneimittelrückstände zu entfernen. Dafür nutzt das Team eine sogenannte Aktivkohlebiofiltration: Bei diesem Verfahren bleiben die organischen Stoffe zunächst an der Aktivkohle haften und werden dann von Mikroorganismen, die auf der Aktivkohle angesiedelt sind, abgebaut. Als letzter Aufbereitungsschritt folgt eine Desinfektion durch UV-Bestrahlung.

„Wir konnten nachweisen, dass das Wasser danach sauber genug ist, um ohne Probleme für die Bewässerung von Feldfrüchten genutzt zu werden“, sagt Dockhorn. Vor allem, da das Team die Pflanzen nicht von oben bewässert, sondern nur ihre Wurzeln unter Wasser setzt (Hydroponik). „So reduzieren wir weiter das Risiko, dass Rückstände auf den Blättern zurückbleiben.“ Auch auf dem Feld könnte man das aufbereitete Abwasser einsetzen.

In einem nächsten Schritt will das Team das Verfahren nun in großem Maßstab testen. Dazu soll in diesem Jahr ein Gewächshaus für Tomaten und Paprika mit einem Hektar Fläche errichtet werden. Ziel ist auch, die Akzeptanz für solche Produkte zu

ermitteln. Deswegen ist ein lokaler Edeka-Markt als Partner dabei. In Ländern wie Spanien wird aufbereitetes Abwasser schon länger in der Landwirtschaft genutzt, viele Konsumenten und Konsumentinnen werden derart bewässerte Produkte höchstwahrscheinlich schon verzehrt haben. Und bald könnte das Vorgehen in der EU sogar Standard werden: Brüssel arbeitet an einer Verordnung, die die Nutzung von Abwasser in der Landwirtschaft in ganz Europa vorsieht. Diese soll im Juni in Kraft treten und muss dann in nationales Recht umgesetzt werden.

BEWÄSSERUNG OPTIMIEREN

Eine wichtige Frage für die Landwirtschaft ist darüber hinaus, wie man die Art der Bewässerung weiter optimieren kann. Der Biologe Maik Veste arbeitet am Centrum für Energietechnologie Brandenburg e. V. in Cottbus und hat in den vergangenen Jahren viel im Ausland geforscht, unter anderem in Israel und Südafrika. Ihn wundert, dass in Deutschland noch immer die Mehrheit der Landwirte auf Beregnungsmaschinen setzt, die das Wasser großflächig über das Feld spritzen, und nicht auf Tröpfchenbewässerung. Dabei werden dünne Schläuche mit winzigen Löchern auf den Feldern verlegt, die tröpfchenweise Wasser in den Boden abgeben. „Würden mehr Landwirte diese Systeme nutzen, würde das den Wasserverbrauch in der Branche um ein Vielfaches reduzieren“, sagt Veste. Die Installation einer solchen Schlauchanlage ist allerdings auch um ein Vielfaches teurer, vor allem, da die Schläuche jedes Jahr neu verlegt werden müssen.

Ein Mittelweg könnte die Lösung des spanischen Start-ups SpheraG sein. Das hat kürzlich Wagniskapital unter anderem vom Münchener Landwirtschaftskonzern BayWa bekommen. Es bietet ein System an, mit dem Landwirte ihre bestehenden Beregnungsanlagen digitalisieren und automatisieren können. Das Unternehmen montiert dafür solarbetriebene digitale Module auf die Steuerungselemente der Bewässerungsanlagen und erstellt so einen digitalen Zwilling der Anlage. Den können Landwirte dann in Echtzeit auf ihrem Smartphone überwachen und steuern. Sie müssen also zum Beispiel nicht mehr extra zu ihren Feldern fahren, um ihre Beregnungsanlagen abzustellen, und können entsprechend schneller reagieren. Ein Drittel des Wasserverbrauchs könne dadurch eingespart werden, schreibt Baywa.

In diesem Kontext werden auch gute Wetter-, Wind- und Bodenfeuchtedaten für Landwirte immer wichtiger. Denn je genauer sie wissen, wo der Boden gerade austrocknet und wie viel Wasser an welcher Stelle verdunstet, desto gezielter können sie ihre Bewässerung anpassen. Der Bund fördert mehrere entsprechende Forschungsprojekte im Rahmen des Experimentierfelds zur datengetriebenen Vernetzung und Digitalisierung in der Landwirtschaft, kurz EXPRESS. Unter Federführung der

**Allein 2018
und 2019
sind durch
Hitze und
Trockenheit
Erträge im
Wert von
knapp 4,5
Milliarden
Euro aus-
gefallen.**



COMPUTEX
TAIPEI

Together we create

COMPUTEX TAIPEI

MAY 30 - JUNE 2, 2023

**Taipei Nangang Exhibition Center,
Hall 1 & 2 (TaiNEX 1 & 2)**

www.ComputexTaipei.com.tw

www.InnoVEX.com.tw

Organizers  TAITRA 

Seine Braugerste baut er seit Kurzem als Wintergetreide an. So sind die Pflanzen in den warmen Monaten schon robuster.

Uni Leipzig untersuchen Wissenschaftler im Obst- und Weinbau, wie man Trockenstress bei Pflanzen möglichst früh erkennen kann. Dazu messen sie etwa auf einem Weinhang im sächsischen Seußlitz Windgeschwindigkeit, Luftfeuchte, Sonneneinstrahlung, die Oberflächentemperatur der Blätter, Blattinnendruck und Temperatur. Das Ziel ist, möglichst gut zu verstehen, wie Pflanzen auf Trockenheit reagieren.

Auch Johannes Paas, der Landwirt aus Ratingen, ist ein starker Verfechter einer datengetriebenen Landwirtschaft. „Je mehr ich über die Pflanzen, den Boden und die Wetterbedingungen weiß, desto vorausschauender kann ich meine Kulturen anbauen“, sagt er. Sein Hof ist daher seit mehreren Jahren Pilotbetrieb für die Software MyDataPlant, die Landwirte mit Satellitenbildern ihrer Felder versorgt. Und vor vier Jahren hat sich Paas

in Kooperation mit der landwirtschaftlichen Spezialversicherung Vereinigte Haigel eine eigene Wetterstation bauen lassen. Er steigt in seinen Land Rover und fährt zu einem zehn Meter hohen Mast, der durch aufgespannte Drahtseile gehalten wird.

Paas braucht diese Daten nicht für die Bewässerung. Er baut auf insgesamt 300 Hektar vor allem Weizen, Gerste, Raps und Zuckerrüben an; bei diesen großflächigen Kulturen lohnt sich eine Bewässerung grundsätzlich nicht. Paas braucht die Daten, um seine Anbaumethoden zu optimieren – über viele kleine Stellschrauben. Der Landwirt baut nun drei statt zwei Weizensorten im Sommer an, darunter eine französische Sorte, die sehr früh reif ist und daher trockene Sommer besser verträgt. Das senkt das Ausfallrisiko bei der Ernte. Seine Braugerste baut er seit Kurzem als Winter- und nicht

mehr als Sommergetreide an. So sind die Pflanzen in den warmen Monaten schon robuster. Und er achte mehr denn je auf eine gute Fruchtfolge und den Humusaufbau, um den Boden zu schützen, sagt er. „Denn ein gesunder Boden kann mehr Wasser speichern.“ Wie alle Landwirte in der Region arbeitet er pfluglos.

Dass solche kleinen Maßnahmen oft einen großen Unterschied machen, kann Maik Veste vom Centrum für Energietechnologie Brandenburg bestätigen. Er hat kürzlich in einem vom Bundesforschungsministerium finanzierten Projekt namens FarmlImpact untersucht, wie sich Windschutzhecken auf die Verdunstung auswirken. Dazu war er am Westkap in Südafrika, also einer Region, die gar nicht so heiß, aber sehr windig und trocken ist. Obst, Wein und Zitrusfrüchte werden dort angebaut. „Der ständige Wind führt dazu, dass sehr viel Wasser auf den Feldern verdunstet“, sagt Veste. Pflanze man aber an bestimmten Stellen eine schützende Baumhecke, könne das den Wasserbedarf der Kulturen um 20 Prozent senken. „Das lässt sich auch auf Deutschland übertragen.“

NEUE SORTEN

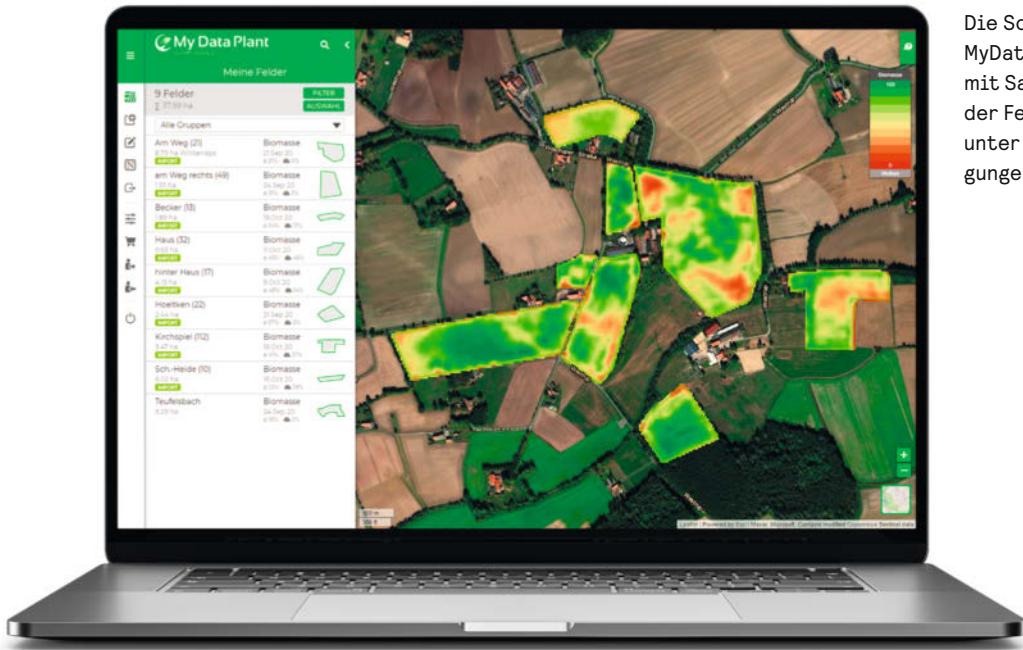
Neben neuen Anbaumethoden ist auch die Frage wichtig, welche neuen Sorten sinnvoll sind. Landwirt Paas versucht unter anderem, sich durch Braugerste breiter aufzustellen. Die Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft lässt in Schwarzenau bei Würzburg eine Reihe deutlich exotischerer Pflanzen erforschen. Unter anderem Quinoa, Amaranth, Körnerhirse, Erdnüsse, Sesam und Augenbohne wachsen dort auf Testparzellen. „Wir wollen prüfen, welche der Kulturen für Landwirte in Nordbayern eine Anbaualternative sein könnte“, sagt Projektkoordinator Johannes Beyer – und mit welchen Anbaumethoden und Reihenabständen.

„Sehr spannend“ findet das Landwirt Johannes Paas. Ein Ersatz für

Das Bewässerungssystem von Spheraq liefert den Landwirten digitale Zwillinge ihrer Bewässerungsanlagen. Damit soll sich bis zu einem Drittel des Wassers einsparen lassen.



© Copyright by Heise Medien.



Die Software MyDataPlant hilft mit Satellitenbildern der Felder, den Anbau unter trockenen Bedingungen zu optimieren.

Kulturen wie Weizen, Gerste und Mais seien solche Nischenprodukte aber nicht. Er hofft bei den Hauptgetreidesorten auf Fortschritte in der Züchtung. Dürerreristente Pflanzen zu kreieren, gilt als eines der wichtigsten Züchtungsziele weltweit – egal ob mit herkömmlichen Methoden oder mit Gentechnik.

In Europa ist der Anbau gentechnisch veränderter Pflanzen derzeit zwar verboten. Die Europäische Kommission will das Verbot für neue Gentechnikverfahren wie die Genschere CRISPR/Cas aber lockern. Experten erwarten noch in diesem Jahr einen entsprechenden Vorschlag.

In anderen Ländern wachsen gentechnisch veränderte Pflanzen schon auf den Feldern. In Argentinien zum Beispiel hat die Regierung im vergangenen Jahr den Anbau von genverändertem Weizen auf lizenzierten Betrieben zugelassen. Dort wird nun ein Weizen angebaut, dem Forscher von der staatlichen argentinischen Wissenschaftsbehörde Conicet und vom Gentechnikunternehmen Bioconceres ein Sonnenblumengen eingesetzt haben. Das sogenannte HB4-Gen hilft dem Weizen, auch bei starker Hitze weiterzuwachsen. Und in Südafrika, Nigeria und Kenia ist dürerreristenter Mais bereits zugelassen.

Der Nutzen ist in den jeweiligen Ländern umstritten. Und auch insgesamt gilt die Züchtung von dürerreristenten Pflanzen als schwierig. Die Toleranz von Pflanzen gegenüber Hitze und Trockenheit werde – anders als die Resistenz gegen bestimmte Schädlinge – nicht durch einzelne Gene bestimmt, schreibt das Branchenportal Transgen. Sie nutzten komplexe Anpassungsstrategien, um mit Trockenheit umzugehen, zum Beispiel intensivierten sie ihr Wurzelwachstum. Und Forscher aus

Den digitalen Zwilling der Bewässerungsanlage können Landwirte in Echtzeit auf ihrem Smartphone steuern.

Japan haben jüngst herausgefunden, dass Pflanzen Dürre besser überstehen, wenn sie vorher einen Schuss Ethanol an die Wurzeln bekommen haben. Dadurch schließen sie ihre sogenannten Spaltöffnungen, also winzige Poren auf der Blattunterseite, und erhöhen so den Wassergehalt in ihren Blättern. Sie beginnen, bestimmte Zucker einzulagern und Aminosäuren zu produzieren. Um solche Strategien durch Züchtung zu replizieren, müsse man sehr genau verstehen, von welchen Genen sie codiert und wie sie reguliert würden, schreibt Transgen. „Meist sind es nicht einzelne DNA-Sequenzen, sondern komplexe, sich gegenseitig beeinflussende Netzwerke.“

Dazu kommt, dass Trockenheit kein statisches Problem ist. Sie tritt mal auf, mal nicht, mal ist sie stärker, mal kommt sie früher. Zudem gibt es durch den Klimawandel weitere Unregelmäßigkeiten wie häufigen Starkregen. Auch damit müssen Pflanzen umgehen können. Es reicht also nicht, sie auf ein bestimmtes Merkmal hin zu optimieren.

Johannes Paas ist das bewusst. Auch er setzt daher auf ein ganzes Bündel an Maßnahmen, um sich an klimatische Veränderungen anzupassen. Zu viele Sorgen machen will er sich nicht. Dass man immer wieder Neues ausprobieren müsse und die Natur noch besser verstehen lerne, sei ja gerade das Schöne am Beruf eines Landwirtes, sagt er. Außerdem habe es Deutschland im Vergleich zu vielen anderen Ländern weltweit noch gut: Mitteleuropa bleibe trotz des Klimawandels einer der besten Standorte für die Landwirtschaft auf der ganzen Welt. „Statt zu jammern, sollten wir also die Möglichkeiten, die wir hier haben, nutzen“, findet er. „Nur so können wir Deutschland als sehr guten Anbaustandort erhalten.“ ●

Wasser mang

Wasserkraft spielt in Deutschland nur eine untergeordnete Rolle – zu gering die geografischen Potenziale, zu groß die ökologischen Probleme. Doch das könnte sich ändern: Forscher suchen neue Wege, um schonend und verlässlich Strom zu produzieren. – Manuel Heckel

In der Isar schwimmen in wenigen Wochen ein paar neue Fische. Zwei Meter dreißig breit, drei Meter lang, knapp 90 Kilogramm schwer, am Flussgrund verankert – und künftig unter besonderer Beobachtung. Diese „Energyfische“ des Start-ups Energyminer sollen helfen, eine neue Generation an Wasserkraftanlagen in der Praxis zu erproben. „Wasserkraft ist als grundlastfähige Energieform eine sehr wichtige Stütze“, sagt Gründer Georg Walder. Ökologisch erwartet er keinerlei Probleme: „Die Anlagen fügen sich unscheinbar in das Bild der Natur ein.“

Es ist einer von vielen Versuchen, einer uralten Energiequelle zu einem Comeback zu verhelfen. Bis 2000 sorgte Wasserkraft noch für den größten Anteil der erneuerbaren Stromproduktion in Deutschland. Dann zogen Photovoltaik-, Windkraft- und Biomasseanlagen davon. Heute entstehen hierzulande etwa 15 bis 19 Terawattstunden (TWh) Strom jährlich in den Laufwasser-, Speicher- oder Pumpspeicherkraftwerken. Braunkohlekraftwerke lieferten im vergangenen Jahr 107 TWh, Windkraftanlagen sogar 123 TWh. Die Wasserkraft hat einen Anteil von gerade einmal etwa drei bis vier Prozent am deutschen Bruttostromverbrauch.

Wissenschaftler und Unternehmen arbeiten nun daran, Leistung, Energiemenge und Anteil noch einmal deutlich zu erhöhen. Dabei ist klar: Im Vergleich zur Schweiz oder zu Norwegen, wo 60 oder gar 90 Prozent des produzierten Stroms aus Wasserkraft entstehen, ist das Potenzial in Deutschland begrenzt: zu gering das Gefälle in den Gebirgen, zu stark genutzt die Wasserwege im Binnenland. Dennoch: „Wir könnten in Deutschland technisch ohne größere Schwierigkeiten die Wasserkraft verdoppeln, grundsätzlich sogar verdreifachen“, sagt Christian Seidel, Arbeitsgruppenleiter am Institut für Statik und Dynamik der TU Braunschweig.

Das gelingt nur mit einem Mix an Maßnahmen: Erstens müssten dafür zusätzliche Anlagen erbaut werden – historisch liegen noch einige Plä-

Heute entstehen hierzulande bis zu 19 TWh Strom jährlich in den Wasserkraftwerken.

ne für den Rhein oder den Main vor, die nie umgesetzt wurden. Zweitens wäre es denkbar, alte Standorte mit neuer Technologie zu reaktivieren. Laut Seidel gab es einige Jahre vor dem Zweiten Weltkrieg noch über 40 000 Wasserkraftstandorte in Deutschland. Und drittens geht es um die Modernisierung bestehender Kraftwerke, die zum Teil seit einem Jahrhundert in Betrieb sind. Der Energieversorger Verbund hat beispielsweise im vergangenen Jahr eine Anlage am Inn erweitert und erneuert, die 1924 ans Netz gegangen war. Inzwischen erzeugt das Kraftwerk Jettenbach-Töging 25 Prozent mehr Strom im Jahr – und versorgt umgerechnet etwa 200 000 Haushalte in Bayern.

VERLÄSSLICHE QUELLE, WEITREICHENDE EINGRiffe

Der grundsätzliche Vorteil der Wasserkraft: In Flüssen fließt das Wasser auch im Dunkeln und während einer Flaute. Pumpspeicherkraftwerke können sogar helfen, Energie für die Zeiten bereitzuhalten, in denen es zu Engpassen kommt. „So ist Wasserkraft gut planbar und flexibel“, sagt Helge Beyer, Geschäftsführer des Bundesverbands Deutsche Wasserkraftwerke (BDW), „und wir brauchen dringend steuerbare erneuerbare Energien für ein Energiesystem der Zukunft und das Gelingen der Energiewende.“ Klar ist jedoch: Die Klimakrise wirkt sich unmittelbar auf diese Art der Energieerzeugung aus: In Italien sorgten Dürreperioden in den vergangenen Jahren bereits für Probleme in der Stromversorgung. In den USA fiel der Wasserpegel im größten Stausee des Landes im vergangenen Sommer auf einen Tiefststand.

Doch in Deutschland bremst nicht der Klimawandel die Wasserkraft – die Genehmigungsprozesse sind kompliziert und langwierig, denn Umweltschützende und -behörden leisten Widerstand. Ihre Sorge ist groß, dass Fische in den Turbinen zu

Pumpspeicher wie die Hohenwarte 2 in Thüringen mit einer installierten Leistung von 320 MW halten Energie für Engpässe in der Versorgung bereit.



Das Doro-Kleinkraftwerk, das in einen Standardcontainer eingebaut ist, taucht seine Turbinenschaufeln strömungs- optimiert ins Wasser. Dadurch soll es einen hohen Wirkungsgrad erreichen.

Tode kommen. Oder dass Fließgewässer zu Tümpeln werden, weil ein Damm die Strömung ausbremsst. Wasserkraftwerke machen „Flüsse zu Stehwässern. Sie verändern das ganze Ökosystem“, kritisierte etwa BUND-Vorsitzender Olaf Brandt im vergangenen Sommer.

Nach langen Verhandlungen ist letztes Jahr politisch entschieden worden, dass auch kleinere Wasserkraftanlagen weiter durch das Erneuerbare-Energien-Gesetz gefördert werden. Aber gerade an diesen kleineren Anlagen gibt es große Kritik. Das Bundesamt für Naturschutz sieht durchaus eine sinnvolle Nutzung bei größeren Anlagen – alles unter einem Megawatt Leistung sei jedoch nicht zielführend: Im Vergleich zum energetischen Ertrag seien „hohe Veränderungen und ökologische Verluste im Gewässer und in angrenzenden Auenbereichen zu erwarten“.

Das alles klingt nach ungünstigen Startbedingungen für innovative Projekte. Denn viele von denen fokussieren sich im ersten Schritt auf die sogenannte kleine Wasserkraft, also Anlagen, die deutlich unter einem Megawatt Leistung erzeugen. Die machen auch heute aktuell das absolute Gros der etwa 7500 Wasserkraftwerke in Deutschland aus. Damit sich ein Ausbau oder eine Modernisierung hier in der Breite lohne, müsse sich jedoch die Vergütung verbessern, sagt Verbandsvertreter Beyer: „Hier schlummern viele Potenziale, aber noch sind wir da in Warteposition.“

Diese neuen Versuche möchten zudem die ökologischen Bedenken vom Start wegadressieren. Der BUND bleibt trotzdem kritisch – zu häufig berücksichtigen die Gutachten nur einzelne Fischarten oder betrachteten nicht das gesamte Flussökosystem. Der Energyfish wirbt damit, keine zusätzlichen Bauwerke mit sich zu bringen, die

Zu häufig berücksichtigten Gutachten nur einzelne Fischarten oder betrachten nicht das gesamte Flussökosystem.

das Wasser aufstauen. Engmaschige Gitter direkt vor dem Wassereinlass sollen dafür sorgen, dass Fische nicht in das Minikraftwerk hineingezogen werden, sondern an den Anlagen vorbeischwimmen oder -treiben. Sechs Kilowatt Leistungen bringt eine der Turbinen, die optisch getarnt als Baumstämmchen kurz unter der Wasseroberfläche treiben. Das würde reichen, um drei Haushalte mit Strom zu versorgen. Doch die Energyfische, so die Idee, kämen im Schwarm: Es gäbe bereits Anfragen für einen Standort mit bis zu 160 Anlagen, berichtet Walder. „Damit hat man schon fast ein Megawatt an Leistung, genug, um ganze Ortschaften lokal zu versorgen.“

VIELE KLEINE WASSERKRAFTWERKE

Auch andere Start-ups und etablierte Unternehmen tasten sich vorsichtig ins kalte Wasser vor. Smart Hydro Power, ebenfalls aus Bayern, hat sich vor einigen Jahren auf Turbinen spezialisiert, die Energie in ländliche Regionen bringen sollen. Zum Einsatz kommen die Maschinen unter anderem in entlegenen Amazonas-Gebieten oder in Indien. Im Rhein bei St. Goar, unweit des Loreley-Felsens, hat eine lokale Initiative bereits erste treibende Strombojen zum Schwimmen gebracht. Auch hier sollen die sogenannten Rechen verhindern, dass Fische zu Schaden kommen. Doro Turbinen aus Graz hat ein Kleinwasserkraftwerk entwickelt, das in einen Standardcontainer passt und so in Flüsse eingesetzt werden kann – mit einer Leistung von 35 KW soll es bis zu 840 Kilowattstunden pro Tag produzieren. Die Tüftler verweisen hier auf die großen Schaufelkammern, die Fische zumindest flussabwärts ungehindert passieren können – und die geringe Drehgeschwindigkeit.



Die Kleinwasserkraftwerke Energyfish sollen in einem Nebenarm der Isar unweit des Tierparks in München erprobt werden.

In Köln arbeiten Forschende der Technischen Hochschule im Projekt Rheinsharing zusammen. Sie setzen für ihre Turbine auf die Form eines Dia- bolos, mit einer verengten Mittelstelle, um eine möglichst hohe Durchflusgeschwindigkeit zu erreichen. In den kommenden Monaten wird eine knapp drei Meter lange Testturbine unter einem am Rheinufer ankernden Forschungsschiff installiert. Vor dem Einsatz im Wasser kommt noch ein Stahlkäfig drumherum, der Fische von der Öffnung fernhalten soll. Die Turbine selbst besteht aus glasfa- serverstärktem Kunststoff. Irgendwann soll dann eine etwa sieben Meter lange Anlage mit einem Durchmesser von ungefähr dreieinhalf Metern in „strömungsstarken Randbereichen“ von Flüssen schwimmen, sagt Mit-Initiator Marcel Heilich. Die schafft dann nach den Plänen 35 Kilowatt Leistung, der Strom wird möglichst lokal verbraucht: Etwa in Mobilitätsstationen direkt am Flussufer, in denen E-Autos und Scooter geladen werden.

DAS BESTE AUS ZWEI WASSERWELTEN

TU-Braunschweig-Wissenschaftler Seidel setzt für neue Kraft aus dem Wasser auf eine ganz alte Tech- nologie – und überträgt sie in der Lüneburger Heide, gut 50 Kilometer nördlich von Hannover, in die heutige Zeit. Dort laufen die ersten Baumaßnahmen für ein Wasserrad mit enormen Ausmaßen: Auf elf Metern Länge und zwölf Metern Breite sollen sich insgesamt 60 Schaufeln drehen. 2025 geht das For- schungskraftwerk Bannetze in der Aller nach den Plänen der Projektgruppe endlich in Betrieb.

Mit ihrer Konstruktion wollen die For- schenden ein physikalisches Dilemma auflösen: Herkömmliche Turbinen, die in Dämmen verbaut sind, brau- chen eine Fallhöhe von mindestens zwei Metern, um effizient zu arbeiten. Wasserräder wiederum können nur eine geringe Wassermenge verarbeiten. Die Testanlage in der Aller soll beweisen, dass sich die beiden Welten vereinen lassen. „Wir brauchen Wasserräder mit dem Schluckvermögen einer Tur- bine“, fasst es Seidel zusammen. Der Trick: Statt auf maximale Leistung und Umdrehungen getrimmt, soll das neu konstruierte Rad möglichst stetig ar-beiten. Die einzelnen Kammern laufen voll und wer- den dann nach unten gezogen – die Schwerkraft treibt die Generatoren an. Eine Hochleistungswelle, ein Kombinationsgetriebe und eine neu gestal- tete Zuführung des Wassers ermöglichen den Leis- tungssprung, hoffen die Entwickler.

Bei gerade einmal 1,6 Metern Fallhöhe soll das Wasserrad im Jahr bis zu 2,5 Millionen Kilowatt- stunden Strom erzeugen – so der Plan. Und das in großer Behäbigkeit, mit gerade einmal ein bis vier Umdrehungen pro Minute. Ein willkommener Nebeneffekt laut den Konstrukteuren: Hecht, Fluss- barsch oder Karpfen könnten sich von dem Rad ver- letzungsfrei nach oben oder unten transportieren lassen, sagt Seidel: „Das ist für die Fische gewisser- maßen ein Paternoster.“ ●



**WIR MACHEN
KEINE WERBUNG.
WIR MACHEN EUCH
EIN ANGEBOT.**

c't

ct.de/angebot

ICH KAUF MIR DIE c't NICHT. ICH ABONNIER SIE.

Ich möchte c't 3 Monate lang mit über 30 % Neukunden-Rabatt testen.
Ich lese 6 Ausgaben als Heft oder digital in der App, als PDF oder direkt im Browser.

Als Willkommensgeschenk erhalte ich eine Prämie nach Wahl,
z. B. einen RC-Quadrocopter.

Jetzt gleich bestellen:

ct.de/angebot
+49 541/80 009 120
leserservice@heise.de



Datenkanäle

Unter dem Stichwort Smart Water propagieren Forscher und Firmen eine neue, effizientere Form der Wasserwirtschaft. Künstliche Intelligenz kann zum Beispiel gegen überlaufende Abwasserkanäle und undichte Wasserleitungen helfen. – Wolfgang Stieler

Im September 2020 verkündete Microsoft, man wolle bis 2030 eine positive Wasserbilanz erreichen – also über alle Geschäftsbereiche hinweg mehr Trinkwasser aufbereiten als verbrauchen. Zu dem umfangreichen Programm des Konzerns gehören nicht nur wassersparende Technologien für Campusgelände und Rechenzentren. Gemeinsam mit Partnern arbeitet der Software-Riese auch an „KI-basierten Lösungen, um Wasserkreisläufe weltweit besser zu verstehen“.

Ist das ein cleverer Werbeschachzug oder ein Sieg des ökologischen Bewusstseins? Vermutlich von beidem etwas, denn die Digitalisierung der Wasserver- und Abwasserentsorgung ist nicht nur ein kritischer Baustein in der Anpassung an den Klimawandel. Sie ist dabei, auch ein interessantes Geschäftsfeld zu werden.

Weltweit arbeiten Unternehmen an Projekten zu Smart Water oder Digital Water, sprechen von Digitalisierung, Internet of Things, Sensoren und Software. Denn Digitalisierung und KI versprechen mehr Effizienz beim Wassersparen bei geringeren Kosten.

„Natürlich gibt es eine Menge Hype“, sagt Riccardo Taormina, Leiter des Aidrolab an der TU Delft. Dort entwickelt er KI-Lösungen für die Wasserwirtschaft. „Einige Firmen versuchen, Technologie als Künstliche Intelligenz zu verkaufen, die nicht wirklich etwas mit KI zu tun hat. Aber die Technologie bietet reichlich Möglichkeiten.“

WENIGER ENERGIE- UND WASSERVERSCHWENDUNG

Um zu sehen, was KI im Wassermanagement möglich macht, lohnt ein Blick nach Valencia. Die südspanische Stadt ist ein Smart-City-Vorreiter mit Tausenden von Sensoren, die Daten zur Verkehrslage, Belegung von Parkplätzen, dem Status der Straßenbeleuchtung und der Luftqualität liefern. Und natürlich hat auch der Wasserversorger Aguas de Va-

„In Valencia sind rund 700 000 Smart Meter verbaut. Das muss man sich erst mal leisten können.“

lencia seine Kunden bereits 2006 mit vernetzten Wasserzählern ausgestattet, die dem Versorger Verbrauchsdaten in Echtzeit liefern. Anhand der Daten und mittels lernender Systeme passt Aguas die Trinkwasserbelieferungen an einen simulierten Bedarf an. Damit kann der Versorger den Wasserdruck bei weniger Bedarf reduzieren und Energie sparen.

Mit KI-Modellen lassen sich auch Lecks in Wasserleitungen aufspüren. Das ist vor allem ein Problem in Städten mit alter, maroder Infrastruktur – wie beispielsweise Neapel. In der italienischen Stadt liegt der Wasserverlust durch solche Lecks bei 54 Prozent. Aufbereitetes Trinkwasser versickert einfach wieder im Boden. Eine Software zur Leckerkennung berechnet, wann und wo wie viel Wasser ankommen müsste, und vergleicht das mit den Verbrauchsdaten aus smarten Wasserzählern.

„Aber so etwas kostet eine Menge Geld“, sagt Taormina. „In Valencia sind rund 700 000 Smart Meter verbaut. Das muss man sich erst mal leisten können.“ Die Kunst der „smarten Datenanalyse“, sagt er, bestünde dagegen darin, auch aus wenigen Daten „intelligente Schlussfolgerungen zu ziehen“.

MEHR EFFIZIENZ BEIM ABWASSER

Großes Potenzial hat smarte Datenanalyse auch beim Management von Abwassersystemen: Insbesondere in älteren Städten werden Regenwasser und Haushaltsabwasser über dasselbe Rohrnetz zur Wasseraufbereitung geleitet. Solch eine Mischkanalisation hat den Vorteil, dass eventuell mit Schadstoffen belastetes Ablaufwasser von Dächern und versiegelten Flächen genauso intensiv gereinigt wird wie Abwasser. Sie hat jedoch auch einen Nachteil: Starkregen oder Schneeschmelze kann das Mischkanalisationsnetz überlasten. Deshalb gibt es eine Überlausicherung, die dafür sorgt, dass ein Teil des überschüssigen Wassers direkt abgeleitet wird – was wiederum die umliegenden Gewässer mit unklärtem Abwasser belastet.

Die Kanalisation läuft allerdings auch über, wenn ein Abwasserkanal verstopft ist. Dann muss ein Team ausrücken, um den Abwasserkanal zu reparieren – die Aufgabe für eine KI bestünde nun darin, einen Fall vom anderen zu unterscheiden. Siemens UK hat solch ein System entwickelt und gemeinsam mit dem Wasserversorger Yorkshire Water getestet: Auch hier gibt es Sensoren, die den Wasserstand in den Abwasserkanälen messen, und Regensensoren, die über das Stadtgebiet verteilt sind. Meldet ein Wasserstandssensor, dass ein Kanal überläuft, vergleicht die Software den von einem KI-Modell anhand der Regendaten modellierten Wasserstand mit den Messdaten.

„Natürlich könnte man die Wasserstände im Kanalnetz auch mit einem physikalisch basierten System modellieren“, sagt Taormina. Aber solche Modelle sind sehr aufwendig und benötigen unter Umständen viel Rechenzeit. Ein Modell, das mit Daten trainiert wird, ist wesentlich schneller. Ein Fuzzy-Logic-System beurteilt dann, ob eine eventuelle Abweichung von Daten und Modell auf einen verstopften Kanal schließen lässt. Die in den 1980er-Jahren entwickelte Methode

ermöglicht es, logische Wenn-dann-Regeln auf Situationen mit unscharfer – eben „fuzzy“ – Datenlage anzuwenden. Das Ergebnis: rund 80 Prozent weniger unnötige Einsatzfahrten.

KRITISCHE INFRASTRUKTUR

Im Unterschied zu Informatikern, die große Sprachmodelle oder Systeme zur Bildverarbeitung entwickeln, haben Taormina und seine Kollegen zwei Probleme: Zum einen ist die Datenlage sehr viel schlechter, denn viele der Daten werden von Wasserversorgern erhoben, die kein Interesse daran haben, Informationen mit Konkurrenten zu teilen.

Zum anderen gibt es bei den Unternehmen Sicherheitsbedenken – vernetzte Sensoren und Akteure, gespeicherte Daten und ebenfalls vernetzte automatische Kontrollsysteme könnten Angriffsziele für Kriminelle werden. Befürchtungen, die durch Berichte etwa von dem Hackerangriff auf ein Wasserwerk in Florida 2021 bestätigt werden. Dabei hatten Unbekannte den Gehalt von Sodiumhydroxid im Wasser um das Hundertfache erhöht und damit aus Trinkwasser eine Lauge gemacht.

Mit „grundlegenden Sicherheitsvorkehrungen“ könnte man jedoch einen Großteil des Risikos beseitigen, sagt Taormina. „Das ist keine Raketenwissenschaft.“ Viele Cyberkriminelle würden sich zudem auf eine möglichst breite Zielgruppe einschießen – die Schadsoftware ziele daher nicht spezifisch auf eine bestimmte Industrie. Auch ein Erpressungsversuch mit Ransomware könnte zwar großen Schaden anrichten. In der Regel seien dabei aber nicht direkt die Steuerungsrechner betroffen, die mit der Wasserversorgung zusammenhängen.

„Viele Möglichkeiten sind noch lange nicht ausgeschöpft“, sagt Taormina und verrät, dass er neben seiner Forschung gerne noch ein Start-up gründen würde, das KI in der Wasserversorgung einsetzt – wie genau, möchte er aber noch nicht verraten. „Solche Lösungen können uns helfen, besser mit Ressourcen umzugehen, uns anzupassen, effizienter zu werden“, sagt er. Allerdings müsse man sich auch im Wassersektor ernsthafte Sorgen um den Fachkräftemangel und den Nachwuchs machen. „Wenn Sie keine Leute haben, die wissen, wie man sauber Rohre verlegt, hilft Ihnen auch smarte Technologie nicht weiter.“

Forschende der TU Delft arbeiten an intelligenten Bildverarbeitungssystemen, die Plastikmüll erkennen, der im Abwasser treibt. Die Software kann ermitteln, wo sich besonders viel Müll ansammelt.



„Wenn Sie Bitcoin kaufen und der Wert sinkt, verlieren Sie Geld. Wir machen Bitcoin aus überschüssiger Energie und monetarisieren etwas, das sonst keinen Wert hat. Das ist ein großer Unterschied.“

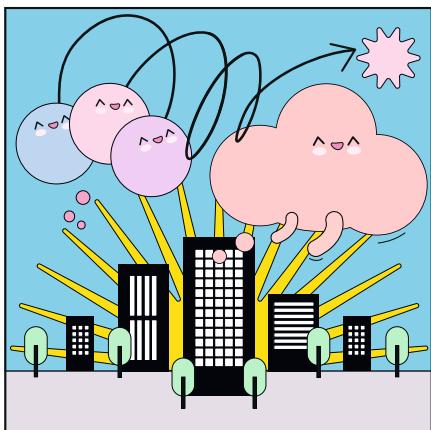
Emmanuel de Merode, Direktor des kongolesischen Virunga-Nationalparks, über Bitcoin-Mining im Park (Seite 62)

Report

- 61 KOLUMNE • Über Innovation und bezahlbare Mieten
- 62 UMWELT • Von Gorillas, Milizen und Bitcoin-Minen
- 71 JUBILÄUM • Mit LSD zur PCR
- 72 GENERATIVE KI • Woher kommst du, ChatGPT?
- 76 GEOENGINEERING • Start-up will die Atmosphäre kühlen
- 80 BIOTECHNOLOGIE • Die Organfabrik
- 87 DÉJÀ-VU • Jetzt sind die kreativen Maschinen endlich da
- 88 KÜNSTLICHE INTELLIGENZ • Entscheidungen über Leben und Tod

Über Innovation und bezahlbare Mieten

Unsere Kolumnistin hat selbst gegründet und kennt die Herausforderungen. Welche Rahmenbedingungen braucht es, um mutigen Menschen die Gründung zu erleichtern?



Bei meiner ersten Gründung war ich 34 Jahre alt. Ich wusste früh, dass auf mich kein großzügiges Erbe wartet. Meinen Eltern war wichtig, dass ich mit diesem Bewusstsein aufwachse. In den zwölf Jahren zwischen Studium und Gründung habe ich mir ein kleines finanzielles Polster, gute Netzwerke und Wissen erarbeitet. Rückblickend war diese Zeit von viel Arbeit und Unsicherheit geprägt. Manchmal frage ich mich, unter welchen Rahmenbedingungen ich zu einem früheren Zeitpunkt gegründet hätte? Denn dieses Land will doch mehr Innovationen und Gründungen. Doch was ist dafür nötig?

Deutschlands Wohlstand fußt maßgeblich auf Innovationen von vor über 100 Jahren. Die großen Entwicklungen danach – der Computer, auf dem ich dies schreibe, das Internet, über das ich es gleich versende, und das Smartphone, das mich vom Schreiben abhält, die KI, die den Text korrigiert, – die In-

dustrien, die sie vorangetrieben haben, sind nicht in Deutschland angesiedelt.

Dabei tut Deutschland doch so viel, um aufzuholen und wieder ganz vorne mit dabei zu sein mit „Innovation made in Germany“. Innovationsagenturen werden aufgebaut, Förderprogramme gestrickt. Die klügsten Köpfe des Landes beraten die Politik und überlegen, welche Maßnahmen noch in Angriff genommen und welche bürokratischen Hürden noch abgebaut werden müssen.

Allerdings wird selten über Chancengerechtigkeit, bezahlbare Mieten und die Umverteilung von Wohlstand gesprochen. Alles Dinge, an denen Innovation in Deutschland jeden Tag scheitert. Ein gut funktionierender Sozialstaat und bezahlbares Wohnen könnten wahre Innovationsbooster sein. Sie könnten bei mehr Menschen Ressourcen dafür freisetzen, um über Lösungen für eine nachhaltige und lebenswerte Zukunft nachzudenken – und an ihrer Umsetzung zu arbeiten.

Um Innovationen hervorzubringen, muss man Risiken eingehen und scheitern können. Das heißt vor allem, sich scheitern leisten zu können. Die Garage im Silicon Valley ist zum Symbol geworden, sie gilt als Keimzelle der heute billionenschweren US-Tech-Konzerne, in der an neuen Ideen getüftelt werden kann. Doch Platz zur kreativen Entfaltung fehlt: 2021 lebten 8,6 Millionen Deutsche in überbelegten Wohnungen.

Auch leben viele Gründerinnen und Gründer anfangs vom Ersparnissen. Doch wenn man wie 49,2 Prozent der Menschen in deutschen Großstädten mehr als ein Drittel seines Nettogehalts für Mieten ausgibt, dann bleibt nicht viel zum Ansparen. Ist man in armen Verhäl-

nissen aufgewachsen, bleibt man in Deutschland häufig auch arm. Gerade 21 von 100 Arbeiterkindern gehen an die Universität. Und Gründen ist – unabhängig vom Geschlecht – in aller Regel Akademikersache. Die Zahlen zeigen, dass es nicht an fehlender Gründungsmentalität scheitert, sondern an Chancen.

Kein noch so gut dotiertes Förderprogramm wird es schaffen, diese systemischen Hürden aus dem Weg zu räumen. Um das Innovationspotenzial der vielen zu fördern, braucht es in erster Linie soziale Maßnahmen: eine Umverteilung von Vermögen, Bildungsgerechtigkeit und eine gerechtere Verteilung von Care-Arbeit. Diese Maßnahmen bereiten den Boden für eine Gesellschaft, in der sich viele an neuen Lösungen und Innovationen beteiligen können. Mit den richtigen sozialen Rahmenbedingungen schafft es Deutschland nach 137 Jahren dann vielleicht auch irgendwann, vom Land des Automobils zum Land der nachhaltigen Wirtschaft und der Chancengerechtigkeit zu werden. Als Gründerin und Mieterin hoffe ich, dass davor nicht die Eigenbedarfsklage kommt.



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

Von Gorillas, Milizen und Bitcoin-Minen

Foto: AFP/Getty Images



Was haben Kryptowährungen mit Naturschutz zu tun? Um seine Wälder und die berühmte Tierwelt zu schützen, hat der Nationalpark Virunga im Kongo eine Bitcoin-Mine eröffnet. – Adam Popescu (Übersetzung: Jo Schilling)

Die AK-47 ist schwer, aber der Mann, der die Waffe in der Hand hält, zuckt nicht mit der Wimper, als er auf dem dicht bewaldeten Berg patrouilliert. Hier im Ostkongo kostet die Mutter aller Kalaschnikows auf dem Schwarzmarkt gerade einmal 40 Dollar. Sie ist beliebt bei den Milizen, die mit ihrer „dawa“ – ihrer „Magie“ – Land, Holz, Elfenbein und seltene Minerale erbeuten. Letztere waren lange Zeit Fluch und Segen dieser Region.

Aber dieser Mann in Uniform gehört nicht zur Miliz. Er ist Ranger, eine der wenigen Autoritätspersonen in dieser weitgehend gesetzlosen Region. Normalerweise patrouilliert er im Virunga-Nationalpark, der für seine gefährdeten Berggorillas berühmt ist.

Heute, an einem schwülen Märztag 2022, bewacht er nicht die Gorillas, sondern die weltweit erste Bitcoin-Mine, die von einem Nationalpark betrieben wird. Sie steht in Luviro, einem Weiler außerhalb des Parks, und wird mit sauberer Energie betrieben. Es ist ein Experiment, das viele, die im und um den Park herum arbeiten, begeistert hat. Es hat aber auch Skepsis bei Experten hervorgerufen, die sich fragen, was Kryptowährungen mit Naturschutz zu tun haben sollen.

Der Wachmann geht vor zehn Schiffscontainern auf und ab, die mit Tausenden leistungsstarken Computern gefüllt sind. Sie brummen in der Mittagshitze. Plötzlich blinkt etwas Glänzendes über dem Horizont auf, ein kleines Flugzeug. Er rückt seine Baskenmütze zurecht und beeilt sich, eine nahe gelegene unbefestigte Landebahn zu sichern, während die Cessna über ihm kreist.

Das Flugzeug landet auf einer gefährlich steilen und kurzen Landebahn. Der Pilot ist Emmanuel de Merode, der 52-jährige Direktor des Parks. Er kommt zu einer Routinekontrolle, hält mit einer Hand den Ledergürtel seiner Tasche fest, mit der anderen grüßt er die Ranger, die mit stolzgeschwellter Brust in der Sonne stehen. Der glatt rasierte, leicht ergraute Mann ist der Einzige, der keine Waffe trägt. Hinter ihm sind die Tragflächen der Cessna mit Einschusslöchern übersät und mit Klebeband geflickt.

De Merodes Ziel ist einer der 20 Meter langen, chromgrünen Container. Drinnen, umgeben von Kabeln, Laptops und Körperausdünstungen, überwacht ein Team von Technikern in Netzwesten die Mine. Die Maschinen arbeiten den ganzen Tag an komplexen mathematischen Problemen und werden mit einer digitalen Währung belohnt, die Tausende von Dollar wert ist. Sie werden von einem riesigen Wasserkraftwerk auf dem Regenwald-Berg angetrieben.

Dass sie in einer Region stehen, die für Korruption und Abholzung bekannt ist und in der ausländische Investitionen ebenso selten sind wie Stromnetze und eine stabile Regierung, bringt eine Reihe von Problemen mit sich. „Probleme mit der Internetverbindung, klimatische Bedingungen, die sich auf die Produktion auswirken, die Arbeit in der Isolation“, zählt Jonas Mbavumoja auf. Der 24-jährige Minenarbeiter ist Absolvent der nahe gelegenen Universität von Goma. Hinzu kommt die Bedrohung durch Dutzende von Rebellengruppen in der Nähe. Gewalt ist hier an der Tagesordnung, und die jahrelangen Aktivitäten der Milizen, Raketenangriffe und Machetenattacken haben tiefe Traumata hinterlassen.

Zwar werden Bitcoin in der Regel mit dem Gegenteil von Umweltschutz oder Gemeinschaftsentwicklung in Verbindung gebracht. Aber hier sind sie Teil eines größeren Plans, um die natürlichen Ressourcen von Virunga – von Land bis Wasserkraft – in Vorteile für den Park und die Einheimischen zu verwandeln.

„Wir haben ein Wasserkraftwerk gebaut und dachten, wir würden das Netz schrittweise ausbauen“, erklärt de Merode. „Dann mussten wir 2018 den Tourismus wegen Entführungen durch Rebellen einstellen. 2019 wegen Ebola. Und 2020 – Covid. Vier Jahre lang brachen unsere gesamten Tourismuseinnahmen ein – sie machten bis dahin 40 Prozent der Parkeinnahmen aus.“ Die kongolesische Regierung fördert den Park gerade einmal mit einem Prozent des operativen Budgets. „Also mussten wir eine Lösung finden. Sonst wären wir als Nationalpark pleitegegangen.“

Der Park begann im September 2020 mit dem Mining, als der Großteil der Welt abgeschottet war, „und dann ging der Bitcoin-Preis durch die Decke“, sagt er.

Inzwischen tragen die Erlöse aus dem Bitcoin-Verkauf bereits zur Finanzierung der Gehälter im Park sowie von Infrastrukturprojekten wie Straßen und Wasserpumpstationen bei. Anderorts unterstützt der Strom aus anderen Wasserkraftwerken des Parks eine bescheidene Geschäftsentwicklung.

Bei dem Besuch im März wird der Bitcoin zu einem Kurs von 44 000 US-Dollar gehandelt und de Merode prognostiziert Einnahmen von etwa 15 000 Dollar pro Monat. Das entspricht in etwa den Tourismus-Einnahmen auf ihrem Höhepunkt. „Wir hatten Glück – ausnahmsweise“, sagt de Merode.

Aber diese Glückssträhne scheint nicht von Dauer. Vor fast einem Jahrzehnt wurde Virunga durch einen gleichnamigen Netflix-Film berühmt,

Seit 1996 wurden über 200 Ranger getötet, im Durchschnitt einer pro Monat.

der zeigte, wie der Park mit einer Invasion von Rebellen und der Bedrohung durch Ölkonzerne zu kämpfen hat. Diese Gefahren sind zurückgekehrt und bedrohen alles.

Die kongolesische Regierung hat kürzlich Pläne zur Versteigerung von Öl-pachtrechten in und um den Park angekündigt. Es geht dabei nicht nur um die Zerstörung wichtiger Lebensräume von Wildtieren durch die Bohrungen. Es wäre nicht weniger als die Gesundheit des Planeten gefährdet: Das Kongobecken ist nach dem Amazonasgebiet der zweitgrößte Regenwald der Welt und eine wichtige Kohlenstoffsenke.

Zudem besetzt eine Miliz namens M23 den Gorillasektor des Parks und plündert Städte, während sie gegen das kongolesische Militär kämpft. In der Vergangenheit hat die M23 eine direkte Konfrontation mit Virunga vermieden, doch in den letzten Monaten scheint sich das geändert zu haben.

Hinzu kommt, dass der jüngste Zusammenbruch von FTX und das anschließende Beben, das die gesamte Kryptoindustrie erschüttert hat, auch den Park bedrohen. Jeder Tag Mining sei reiner Profit, betont er – egal wie sehr der Wert von Bitcoin schwankt, solange er positiv sei, sei er profitabel. Er ist weder Altruist noch Krypto-Gauner, sondern risikofreudiger Pragmatiker. Hält der Park durch, könnte seine Rechnung aufgehen.

EINE UNGEÖHNLICHE LÖSUNG

Dieser Teil der Demokratischen Republik Kongo ist durch starke Regenfälle und reichhaltige vulkanische Böden sehr grün. Virunga grenzt auf der einen Seite an das Kongobecken und auf der anderen Seite an Uganda und Ruanda. Auf seinen 3000 Quadratkilometern lebt die Hälfte der Landtiere Afrikas, darunter

etwa ein Drittel der letzten Berggorillas der Welt.

Etwa fünf Millionen Menschen leben außerhalb des Parks, meist ohne Strom, um zu kochen, Licht zu machen oder ihre mit Lehm verputzten Häuser zu heizen. Darüber hinaus leben 80 000 Menschen im Park. Viele siedelten sich hier an, bevor Virunga 1925 gegründet wurde, als das Land noch unter belgischer Kolonialherrschaft stand.

Deshalb ist der Park eine lebenswichtige Quelle für Holzkohle („Makala“ auf Suaheli) und Lebensmittel, obwohl Landwirtschaft, Fischerei, Jagd und Holzeinschlag illegal sind. Zwischen 2001 und 2020 hat Virunga fast zehn Prozent seines Baumbestands verloren, und de Merode schätzt, dass in Virunga

jährlich Bäume und Elfenbein im Wert von 170 Millionen Dollar verloren gehen. Doch die Alternative für die Einheimischen ist, dass sie die lokalen Warlords nicht bezahlen können oder verhungern müssen. Dies sind perfekte Bedingungen für Korruption.

Die meisten gestohlenen Gewinne aus dem Park gehen an bewaffnete Rebellengruppen, denen sich einige Einheimische in Ermangelung besserer Möglichkeiten anschließen. Einige sind Überbleibsel vergangener Kriege, insbesondere des Völkermords in Ruanda 1994. Andere stehen möglicherweise in Verbindung mit dem Islamischen Staat. Die größte ist die M23, eine von Tutsi geführte Gruppe, die so gut bewaffnet ist, dass die UNO behauptet, Ruanda unterstützte sie. (Ruanda bestreitet dies, aber seine Wirtschaft ist in hohem Maße von kongolesischen Ressourcen abhängig.)

Aus diesen Gründen ist Virunga vielleicht die einzige UNESCO-Stätte, die regelmäßig ihre Mitarbeiter beerdigt: Die fast 800 Ranger von Virunga, darunter etwa 35 Frauen, treffen im Park häufig auf bewaffnete Rebellen und Zivilisten, die dort Landwirtschaft betreiben oder illegal leben. Seit 1996 wurden über 200 Ranger getötet, im Durchschnitt einer pro Monat. Cherubin Nolayambaje,

Emanuel de Merode ist Direktor des kongolesischen Nationalparks Virunga und versucht, den Park und die umliegenden Gebiete unter anderem durch eine parkeigene Krypto-Mine politisch und gesellschaftlich zu stabilisieren.



© Copyright by Heise Medien.



Ranger des Virunga-Nationalparks bewachen das Matebe-Wasserkraftwerk im April 2022 vor Rebellenangriffen. Es ist eins von drei Wasserkraftwerken des Parks und liegt im Gebiet Rutshuru nördlich von Goma.

der acht Jahre lang als Ranger gearbeitet hat, nennt es „den gefährlichsten Job der Welt“.

De Merode hat Verständnis dafür, dass sich die Bevölkerung darüber beschwert, dass ihr der Zugang zu den enormen Reichtümern des Parks verwehrt wird. „Hunderttausende, wahrscheinlich sogar Millionen von Menschen leiden unter den hoffentlich kurzfristigen Kosten, die entstehen, um diesen Park in einen positiven Wert zu verwandeln. Wenn wir dabei scheitern, schaden wir mehr, als dass wir Gutes tun“, sagt er. „Aber wir glauben fest daran, dass dieses Ökosystem, dieser Park, umgestaltet werden kann.“

Sein Plan hängt von den drei Wasserkraftwerken ab, die der Park seit 2013 in Matebe, Mutwanga und Luviro in Betrieb genommen hat; ein vierter ist im Bau. Wenn man sein Haus mit Strom versorgen kann, so die Theorie, braucht man zum Kochen keine Bäume zu fällen. Elektrizität fördert neue Arbeitsplätze und Unternehmen wie Kaffeekooperativen und die Produktion von Chiasamen. Und, natürlich, die Bitcoin-Mine.

„Das ist der Irrglaube, den wir unbedingt korrigieren wollen: dass es in Virunga nur um die Wildtiere geht“, fährt de

Merode fort. „Nein, es geht um die Gemeinschaft durch die Wildtiere.“ Man könne Naturschutz in einem der schwierigsten Länder der Welt ohne lokale Unterstützung betreiben.

Wie alle Wasserkraftwerke in Virunga ist auch das Luviro-Kraftwerk ein Flusskraftwerk. Es erzeugt Strom durch die konstante Strömung des Flusses und nicht durch Dämme und Stauseen. Allerdings war der Bau beschwerlich. Die Arbeiter mussten zunächst einen Berggipfel abtragen, um eine Landebahn zu bauen, und dann mit einfachen Handwerkzeugen Straßen in den Fels hauen, manchmal unter dem Beschuss von Rebellen.

Während der Bauarbeiten stellte dann einer der größten Wohltäter des Parks, Howard Buffett (Sohn des amerikanischen Großinvestors Warren Buffett), seine Spenden ein, weil er nicht damit einverstanden war, wie de Merode seine Mittel einsetzte. Buffett, der auch andere Projekte des Parks finanziert hat, bezeichnet de Merode als „einen erstaunlichen Mann“, sagt aber, dass die Mittel, die für Kraftwerke vorgesehen waren, stattdessen für den Bau eines Netzes verwendet wurden, das den Strom in die Provinzhauptstadt Goma liefert.

Inzwischen tragen die Erlöse aus dem Bitcoin-Verkauf zur Finanzierung der Gehälter im Park sowie von Straßen und Wasserpumpstationen bei.

„Im Grunde hat er recht“, gibt de Merode zu. Mit 17 Millionen Dollar an Zuschüssen und Darlehen von der EU und dem Vereinigten Königreich konnte er das Luviro-Projekt dennoch fertigstellen. „Beim Bau eines Energieprojekts gibt es nicht nur ein Kraftwerk, sondern auch das Netz drumherum. Wenn man den Strom nicht an die Gemeinde liefern kann, hat das Projekt keinen Sinn. Wir haben in gutem Glauben einen Fehler gemacht.“

Die Idee war, nach und nach ein Netz von Stromabnehmern aufzubauen. Doch in der Zwischenzeit würde das Kraftwerk überschüssigen Strom erzeugen, und die Frage war, wie man etwas Produktives und Rentables damit anstellen könnte. 2019 war die Luviro-Anlage noch nicht fertiggestellt, und der Park verfügte nicht über genügend Geld, um den Bau abzuschließen und die Anlage in Betrieb zu nehmen.

Schließlich kamen de Merode und seine Kollegen auf eine Idee, von der sie glaubten, dass sie all diese Probleme auf einen Schlag lösen könnte: den Kauf von Bitcoin-Anlagen im Wert von 200 000 Dollar, die kurz- und langfristig Gewinne abwerfen und gleichzeitig eine praktikable Möglichkeit zur Nutzung des überschüssigen Stroms aus Wasserkraft bieten könnten.

DER BELGISCHE PRINZ UND BITCOIN-INDIANA-JONES

Der Direktor des Virunga-Parks wurde in Tunesien als Sohn eines belgischen Adligen geboren. Seine Familie lebt seit dem 18. Jahrhundert im französischen Château de Sarrant – einem Loire-Schloss. Im Alter von nur elf Jahren verbrachte er einige Zeit mit dem legendären Löwenguru George Adamson in Kenia. Später ließ er sich zum Anthropologen ausbilden und kam 1993 in den Kongo, um die Ranger des Garamba-Nationalparks zu

unterstützen und für seine Doktorarbeit den Buschfleischhandel zu untersuchen. Im Jahr 1999 ging er in den Lopé-Nationalpark in Gabun, wo er an der Habitierung von Gorillas und am Aufbau des Ökotourismus arbeitete. Dort wurde ihm klar: „Man muss 20, 30 Jahre vor Ort sein, um wirklich erfolgreich zu sein. Und ich wollte im Ostkongo sein.“

De Merode kam 2001 in Virunga an, als der Bürgerkrieg wütete. Er erkannte schnell die Bedeutung der oft nachlässig oder sogar unbezahlten Ranger. Gemeinsam mit dem berühmten Fossilienjäger Richard Leakey (der später sein Schwiegervater werden sollte) begann er, Spenden zu sammeln, um ihre Gehälter zu sichern.

Nachdem 2008 eine Gruppe von Gorillas getötet worden war und Fotos ihrer Hinrichtung für internationale Empörung gesorgt hatten, wurde der damalige Direktor von Virunga verhaftet und Staatsbeamte gelobten einen radikalen Wandel. Der bestand darin, den belgischen Prinzen de Merode zum Direktor des wichtigsten Parks in der ehemaligen belgischen Kolonie zu ernennen.

De Merode machte sich schnell einen Namen: Zwei Monate nach seinem Amtsantritt stürmten Rebellen das Hauptquartier des Parks in Rumangabo. De Merode ging zu den Rebellen, um zu verhandeln und seine Mitarbeiter zu schützen. Nachdem er die Kontrolle wiedererlangt hatte, entließ er Hunderte von Rangern und ließ hochrangige Beamte verhaften. Er rekrutierte neue Ranger und bildete sie aus. Mit steigenden Gehältern, besserer Verpflegung und Ausrustung stieg auch deren Moral und die Tierpopulationen erholteten sich unter ihrem Schutz wieder.

Im April 2014 wurde dann der Dokumentarfilm *Virunga* auf dem Tribeca Film Festival uraufgeführt. Später von Netflix übernommen, zeigt er den Kampf des

Parks um das Überleben bei einer Belagerung durch die M23 und die Soco. Der von Leonardo DiCaprio produzierte Film wurde für einen Academy Award nominiert. Außerdem machte er de Merode und seine Kollegen international zu Helden.

Auf diesen Mann traf nun der Krypto-Investor Sébastien Gouspillou im Februar 2020 in dessen Familienschloss an der Loire. Im Château de Sarrant führten die beiden Männer ein vierstündiges Gespräch. De Merode wollte herausfinden, wie man den Stromüberschuss von Virunga zur Finanzierung des von Verlusten gebeutelten Parks nutzen konnte. Und Gouspillou wollte etwas tun, das von Bedeutung war.

Gouspillou, der nach seiner Tätigkeit als Immobilieninvestor in die Kryptowirtschaft einstieg, bezeichnet sich selbst gerne als Bitcoin-Indiana-Jones. Obwohl er weder eine Peitsche noch einen Filzhut trägt – er bevorzugt Jeans und hat eine Glatze –, hat er einen abenteuerlichen Ruf. Sein Unternehmen Big Block Green Services ist für seine kontroversen Projekte bekannt: Er berät El Salvador bei seiner „Bitcoin City“ und bereitet ein weiteres Krypto-Projekt in der Zentralafrikanischen Republik vor.

Mit Gouspillous Hilfe kaufte Virunga dann Anfang 2020 gebrauchte Server und begann mit dem Bau einer Bitcoin-Mine. Wie beim Wasserkraftwerk war auch hier der Bau mühsam. Die Lieferung von Containern und Bitcoin-Anlagen aus Goma bedeutete eine zweitägige Fahrt über unbefestigte Straßen durch den von Rebellen kontrollierten Dschungel.

Als Gouspillou in Luviro ankam, fand er Einschusslöcher in seinem Bungalow, von denen ihm de Merode nichts erzählt hatte. „Ich habe auch meiner Frau nichts davon erzählt“, scherzt Gouspillou.

Zu dieser Zeit stieg die Zahl der Toten im Park sprunghaft an. Zwölf Ranger, ein Fahrer und vier Zivilisten starben im

Wir schreiben Zukunft.



35 %
Rabatt

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

mit-tr.de/testen

April 2020 bei dem schlimmsten Angriff in der Geschichte Virungas. Ein weiterer Ranger wurde im Oktober getötet, acht weitere in 2021. De Merode beschreibt es als „unser härtestes Jahr überhaupt“.

Trotz dieser Widrigkeiten konnte die Luviro-Mine im September 2020 in Betrieb genommen werden. „Das Gebiet ist völlig neu“, sagt Ernest Kyeyya, ein 27-jähriger Absolvent der Universität von Goma, der in der Mine arbeitet. „Ich brauchte etwas Zeit, um mich an den Fachjargon zu gewöhnen, die Funktionsweise einer Mining-Maschine zu verstehen und sie reparieren und warten zu können“, fügt er hinzu.

Die Krypto-Miner arbeiten 21 Tage am Stück und haben dann fünf Tage frei. Die Unterkünfte sind nicht gerade „nobel“, sagt Kyeyya, „aber wir mögen, was wir tun“. Er fügt hinzu: „Es ist nicht wie in der Stadt. Alles muss geplant werden. Aber das ist es wert. Es ist eine große Ehre, hier zu arbeiten, bis zu 13 Stunden am Tag – manchmal auch mehr, weil wir im Dschungel nichts anderes zu tun haben.“

Heute gibt es 10 Container, die direkt von den vier Meter hohen Turbinen des Kraftwerks angetrieben werden. Jeder Container fasst 250 bis 500 Rigs. Virunga besitzt drei Container, deren Erlöse vollständig in die Finanzierung des Parks fließen. Die anderen sieben gehören Gouspillou. Er bezahlt Virunga für den Strom zum Betrieb seiner Server. Alles, was er abbaut, gehört ihm und seinen Investoren.

De Merode schätzt, dass die Mine dem Park im letzten Jahr, als die Pandemie die meisten anderen Einnahmequellen versiegen ließ, etwa 500 000 Dollar einbrachte. Zusätzlich profitierte der Park von der Popularität der Gorilla-NFTs *Digital Apes*: Er schloss sich mit dem NFT-Projekt CyberKongz zusammen, das die Digitalgrafiken bei Christie's versteigerte. Das brachte dem Park weitere 1,2 Millionen Dollar ein. Ein Teil dieses Geldes wurde für den Kauf von zwei der drei parkeigenen Container verwendet.

BTCIN ALAS HEILSBRINGER

Bitcoin als Retter zu verkaufen, war allerdings nie schwieriger als derzeit: In der Kritik stehen zum einen die enormen Mengen an Strom, die das Mining verbraucht – Strom, der in der Regel aus fossilen Brennstoffen erzeugt wird. Der Generaldirektor der Europäischen Zentralbank bezeichnete das Bitcoin-Mining kürzlich als „beispiellosen Umweltverschmutzer“. Die sieben größten US-amerikanischen Krypto-Miner ziehen beispielsweise die gleiche Menge Strom wie alle Haushalte in Houston gemeinsam.

Zum anderen werden Entwicklungsländer von internationalen Krypto-Minern systematisch ausgebeutet. Sie nutzen die laxen lokalen Vorschriften oder Steuervorteile aus, ziehen Strom aus den Gemeinden ab, schädigen die Umwelt und verschwinden anschließend zum nächsten Hotspot.

„Das Hauptproblem ist, dass der Nutzen im Vergleich zu den Kosten immer extrem begrenzt

ist“, sagt Alex de Vries, Doktorand an der Vrije Universität Amsterdam, der sich mit Nachhaltigkeit von Kryptowährungen beschäftigt. „Die Miner versprechen zu viel und liefern zu wenig. Lokale Gemeinschaften sind in der Regel ohne sie besser dran.“

Das gelte auch für Virunga, ist Peter Howson, Assistenzprofessor für internationale Entwicklung an der Northumbria University, überzeugt. Die saubere Energie im Kongo könne effektiver genutzt werden. „Bitcoin-Schürfer verdrängen produktivere Formen der grünen industriellen Entwicklung in der DRK“, sagt er. „Diese Industrien hätten Kämpfer, Wilderer und illegale Holzfäller beschäftigen können. Selbst die größten Bitcoin-Firmen beschäftigen nur eine Handvoll Menschen. Und das sind sehr unsichere Jobs mit unsicheren Verträgen. Ist dies also ein gutes Modell? Nein. Sie sollten die Wasserkraft für etwas Sinnvolles nutzen.“

Esther Marijnen ist niederländische Politische Ökologin und arbeitet seit 2013 im Kongo. Für sie ist die Mine in Luviro einfach nicht mit dem Naturschutz vereinbar. Zudem fragt sie sich, was ein Gorillaschutzgebiet mit Kryptogeld zu tun hat. Bei aller Entwicklung, die in Virunga stattfindet – vor allem im Bereich der Wasserkraft – sehe sie weder weitreichende Stabilität noch Beschäftigung im Umfeld des Parks. „Was ist das Ziel?“, fragt sie. „Geht es um die Elektrifizierung des ländlichen Raums, damit die Menschen in der Umgebung des Parks tatsächlich Strom nutzen können, um ihre Beziehung zum Park zu verbessern? Oder geht es darum, Unternehmen anzuziehen?“

Der Gründer der Kongo-Forschungsgruppe der NYU und ehemalige UN-Ermittler Jason Stearns betrachtet de Merode als Freund. Dennoch warnt er davor, dass auch Milizen von der Wasserkraft profitieren können. „Ich bewundere Emmanuels Hartnäckigkeit und seine Bereitschaft, über den Tellerrand hinauszuschauen“, sagt er, „aber diese Ideologie, dass der freie Markt den Frieden bringen wird, steht im Widerspruch zu den Erfahrungen der letzten 20 Jahre im Kongo.“

Dennoch ist Gouspillou überzeugt, dass Bitcoin-Mining durchaus Entwicklungstreiber sein könne. Besonders das Projekt in Virunga habe Modellcharakter: „Die Leute sagen, Mining sei schlecht für die Umwelt, aber hier im Park ist es saubere Energie.“ Es gebe in Virunga keine fossilen Brennstoffe und das Fehlen von Stromabnehmern in Luviro bedeute, dass dort kein Strom für den lokalen Bedarf abgezweigt werde.

Michael Saylor, Mitbegründer der Investmentfirma MicroStrategy, stimmt dem zu und bezeichnet das Modell von Virunga als „ideale High-tech-Industrie für ein Land, das zwar über reichlich saubere Energie verfügt, aber weder Produkte exportieren noch Dienstleistungen mit dieser Energie erbringen kann“.

Allerdings müssen sich alle Krypto-Minen, auch die von Luviro, mit dem Preisverfall der Währungen auseinandersetzen. Allein der Bitcoin ist seit



Ranger und Einheimische bergen die Leiche eines der vier Berggorillas, die 2007 unter mysteriösen Umständen im Park getötet wurden. Der Silberrücken war das Alpha-Tier der Gruppe.

seinem Höchststand im letzten Jahr um über 70 Prozent gefallen. Und dann ist da noch das FTX-Debakel, das über Nacht 32 Milliarden Dollar vernichtet hat. Zusammen mit dem Generalverdacht, dass Kryptowährungen die Umwelt verschmutzen, schreckt dies wichtige Spender ab, auf die Orte wie Virunga jedoch angewiesen sind.

Aber es sei dennoch „eine unglaublich gute Investition für den Park“, sagt de Merode. „Denn wir spekulieren nicht auf den Wert der Währung, wir generieren sie. Wenn Sie Bitcoin kaufen und der Wert sinkt, verlieren Sie Geld. Wir machen Bitcoin aus überschüssiger Energie und monetarisieren etwas, das sonst keinen Wert hat. Das ist ein großer Unterschied.“ Selbst wenn der Bitcoin auf ein Prozent seines Wertes fallen würde, wären die zehn Container im Park immer noch profitabel.

EIN AVE-MARIA FÜR DIE ZUKUNFT

Krypto, betont de Merode, sei nicht die einzige Lösung, um Virunga zu retten, sondern Teil eines größeren Öko-Geschäftsmodells. Die britische Wirtschaftsberatungsfirma Cambridge Econometrics hat 2019 den Einfluss anderer grüner Investitionen in Virunga auf das Bruttoinlandsprodukt des Kongo ermittelt. Zu denen gehört auch der Anbau von Kaffee und Schokolade. Alle Investitionen zusammen könnten das jährliche BIP bis 2025 um bis zu 202 Millionen US-Dollar steigern.

„Wir versuchen zu zeigen, dass grüne Wirtschaft Vielfalt bedeutet“, sagt de Merode. „Hunderte verschiedener Bran-

chen können langfristig auf nachhaltige Energie angewiesen sein. Das macht eine gesunde Gesellschaft aus – anders als wenn man nur von Öl abhängig ist.“

Etwa 100 Meilen südlich von Luviro kann man vom Turm des Matebe-Wasserkraftwerks aus sehen, wie der Plan in die Tat umgesetzt wird: Stromleitungen schlängeln sich in die Stadt Rutshuru. Rutshuru ist keine Metropole, aber in vielerlei Hinsicht ein Erfolg – ein Ort, an dem diese Vision funktioniert, auch wenn dieser Erfolg äußerst fragil ist. Dieses Gebiet ist zum Kern des von der M23 beanspruchten Territoriums geworden. Dennoch wurden bei meinem Besuch im Frühjahr 2022 in der RUSA-Seifenfabrik täglich 5000 Stück Seife hergestellt, und zwar mit einer Anlage, die mit einem von Virunga unterstützten Mikrokredit gekauft wurde. Christophe Bashaka, der Besitzer, lächelte von einem Ohr zum anderen und sagte, dass diese Arbeit ohne Wasserkraft „nicht möglich“ wäre.

In einer nur wenige Minuten entfernten Maisfabrik zog Elias Habimana seinen Ledermantel aus und nahm einen riesigen Taschenrechner in die Hand, um mir zu zeigen, wie viel Tausende von Dollar er dank der Wasserkraft eingespart hat: Er konnte teure Generatoren abschaffen und 30 Mitarbeiter einstellen. „De Merode hat das möglich gemacht“, sagte er. „Avec le courant – mit dem Strom und der Strömung – sind die Dinge jetzt viel einfacher.“

Und eine vom Park betriebene Schokoladenfabrik im nahe gelegenen Beni bietet den Kakaobauern faire Preise und einen legalen Markt für ihre Bohnen. Sie produziert 10 000 Tafeln pro Monat – ebenfalls mit Energie aus Wasserkraft. Und



Das Wasserkraftwerk in Matebe versorgt die Millionenstadt Goma und das Gebiet von Rutshuru. Im April 2022 wurde es von M23-Rebellen angegriffen und alle Mitarbeiter mussten evakuiert werden.

die Fabrik wächst: Virunga hat sich mit der privaten Eastern Congo Initiative des Hollywood-Stars Ben Affleck zusammengetan. Sie unterstützt die Produzenten dabei, im Park produzierte Schokolade in die Geschäfte in den USA zu bringen.

Laut de Merode wurden durch die Wasserkraftwerke von Virunga mehr als 12 000 Arbeitsplätze geschaffen. Da der durchschnittliche kongolesische Haushalt aus mindestens fünf Personen besteht, bedeutet ein Arbeitsplatz Stabilität in einem Land, in dem Verzweiflung die Radikalisierung vorantreibt. Keiner aus dem kongolesischen Krypto-Kernteam ist ehemaliger Milizionär, aber einige der Zeitarbeiter, die am Bau beteiligt waren, waren es, bemerkt Gouspillou.

Am Hauptsitz des Parks in Rumangabo sind die positiven Auswirkungen des Virunga-Experiments besonders deutlich zu spüren: In der Nähe von Stapeln beschlagnahmter Holzkohle und einem Gorillafriedhof befindet sich das Grab der ersten Rangerin. Daneben, in einer Werkstatt mit Dutzenden von Sternen, die die Namen der Gefallenen tragen, stellen Witwen Plüschtiere und Gewehrriemen her. „Mein Mann liebte diesen Ort“, sagt Mama Nella, eine der Arbeiterinnen. Nach seinem Tod musste sie fünf Kinder ernähren und schufte als Tagelöhnerin, bis sie hier einen Beruf erlernte: „Das gab mir Wert und Hoffnung.“

Aber schon am nächsten Tag flogen Raketen über den Himmel – Gefechte zwischen der M23 und der kongolesischen Armee. Virunga-Mitarbei-

Alle grünen Investitionen könnten das kongolesische BIP bis 2025 um bis zu 202 Millionen US-Dollar steigern.

ter und Tausende Kongolesen dazwischen. Wenige Tage später ordnete de Merode die Evakuierung von Rumangabo an, dann Matebe. Kurz danach stürzte ein UN-Hubschrauber über einem von der Miliz gehaltenen Gebiet ab, und die Kämpfe griffen auf Rutshuru und Matebe über. Doch die Parkmitarbeiter blieben. Die Milizen zogen sich wieder auf den Berg zurück.

Die Atempause für den Park war jedoch nur von kurzer Dauer. Im Hochsommer wurden die Kämpfe wieder aufgenommen und Städte fielen, als die Rebellen nach Goma vordrangen. Die Regierung verkündete ihre Öl-Ambitionen, und US-Außenminister Antony Blinken stellte einen Plan zur gemeinsamen Untersuchung der Fördergebiete vor.

Seitdem wurde ein Wasserkraftwerk von Artillerie getroffen und eine Hochspannungsleitung nach Goma beschädigt. Rebellen besetzten das Land. Zwar kündigte die M23 ihren Rückzug aus Rumangabo an, aber selbst wenn sich die M23 tatsächlich zurückzieht, gibt es immer noch andere Rebellen. Erst vor wenigen Wochen, um Weihnachten herum, hat eine Gruppe namens Mai-Mai zwei Ranger getötet.

De Merode wartet ab, Kyeya und Mbavumaja arbeiten immer noch hart, und die Krypto-Minen in Luviro sind immer noch in Betrieb. Nach so viel Glück, im Guten wie im Schlechten, sitzt der Direktor mit einem kleinen Team fest – wie er es in einer WhatsApp-Nachricht Ende August ausdrückte – und „hält sich gerade so über Wasser“. ●

Mit LSD zur PCR

Vor 50 Jahren wurde die Polymerase-Kettenreaktion erfunden. Sie revolutionierte die Medizin und die biologische Forschung. – Jo Schilling

Gäbe es die Auszeichnung „Abkürzung des Jahres“, hätte PCR im Jahr 2020 sicher gute Chancen auf den Titel gehabt. Die drei Buchstaben, die für Polymerase Chain Reaction – oder auf Deutsch: Polymerase-Kettenreaktion – stehen, haben es durch die Pandemie aus dem Spezialvokabular der biologischen Forschungslabore in den Alltagswortschatz geschafft.

Besser später Ruhm als gar keiner – immerhin ist PCR seit nunmehr 50 Jahren die Methode, mit der Erbmaterial schnell und fehlerarm vermehrt werden kann. Ohne PCR sind weder die moderne Medizin noch Forensik oder biologische Forschung vorstellbar. Ein einzelnes Haar mit Wurzel am Tatort? Durch PCR reicht das für ein genetisches Profil des Täters. Viren in der Lunge? Nach einer PCR weiß man, welche Variante. Ein 20 Millionen Jahre altes Fossil im Bernstein? Eine winzige Menge intakter DNA reicht aus, um seine Gene studieren zu können.

Nicht immer steht hinter genialen Erfindungen eine besondere Geschichte. Aber PCR hat tatsächlich eine zu bieten: Die Idee zu der DNA-Vervielfältigungstechnik entstand auf einer nächtlichen Autofahrt im Jahr 1983. Der Biochemiker Kary Mullis fuhr mit seiner schlafenden Freundin in sein Wochen-

endhaus in den Mammutbaumwäldern Kaliforniens. Die Straße wand sich scheinbar endlos durch die Berge. Mullis arbeitete zu dieser Zeit bei der Cetus Corporation im kalifornischen Emeryville und dachte über Oligonukleotide nach. Das sind kleine DNA-Abschnitte, mit denen er damals sein Geld verdiente und die schwierig herzustellen und zu vervielfältigen waren.

Psychedelischen Effekten gegenüber mehr als offen – Mullis war begeisterter Surfer und bekannt dafür, sich LSD für gelegentliche Trips selbst herzustellen – reifte unter dem Einfluss der Straßenwindungen im Scheinwerferlicht die Idee für die PCR. Im Ferienhaus angekommen, habe er fieberhaft – und diesmal mithilfe von LSD – die Technologie skizziert und nur kurze Zeit später publiziert, schreibt er in seiner Biografie. Der Rest ist naturwissenschaftliche Geschichte. Nur zehn Jahre nach der Autofahrt bekam er den Nobelpreis für seine Entdeckung.

Ob ihm der tatsächlich zustand, darüber sind die Meinungen allerdings durchaus geteilt: Schon 1971 entwickelte – und publizierte – der Norweger Kjell Kleppe an der University of Wisconsin die Vervielfältigung von DNA im Labor mit Polymerasen. Das sind die Enzyme, die in jeder Zelle für die Verdopplung des Erbmaterials zuständig sind. Allerdings kannte Mullis diese Arbeit wohl nicht.

Das Prinzip ist – wenn man erst einmal weiß, wie es geht – sehr einfach: Die DNA, die vervielfältigt werden soll, wird so stark erhitzt, dass sich die Doppelstränge voneinander trennen. Dann klemmen sich Polymerasen an die geteilten Strände und erstellen Kopien, die sich von allein wieder zu Doppelsträngen zusammenfügen. Das ist die natürliche Aufgabe von Polymerasen, man muss ihnen nur noch mit kleinen Markern zeigen, wo sie anfangen sollen zu kopieren. Haben sie alle Einzelstrände kopiert, macht man das Gemisch wieder heiß, um alle DNA-Stücke erneut zu trennen – und so weiter. Ein biologisches Schneeballsystem.

Inzwischen können durch mehrfaches automatisches Erhitzen und Abkühlen innerhalb weniger Stunden Milliarden von Kopien eines bestimmten DNA-Segments hergestellt werden. Was Kleppe Anfang der 1970er-Jahre noch fehlte, um die Vervielfältigung als Kettenreaktion ablaufen zu lassen, waren Polymerasen, welche die nötige Wärme ertragen, um die DNA-Doppelstrände in Einzelstrände aufzubrechen. Als Mullis durch die Nacht fuhr, waren diese Polymerasen zwischenzeitlich bereits entdeckt worden – in Bakterien der Gattung *Thermus aquaticus*. Sie leben in den heißen Quellen des Yellowstone-Nationalparks und haben der PCR-Polymerase den Beinamen „Taq“ verliehen. ●

Kary Mullis, der Erfinder der PCR, galt als exzentrische Persönlichkeit. Als er seinem Freund Steve Judd erzählte, dass er den Nobelpreis bekommt, antwortete der: „Ich weiß. Habe ich im Radio gehört. Lass uns surfen gehen.“



© Copyright by Heise Medien.

Woher kommst Du, ChatGPT?

...

Der Durchbruch von OpenAI kam gefühlt über Nacht – aber dahinter steht Jahrzehntelange Forschung. – Will Douglas Heaven (Übersetzung: Jo Schilling)

Der Chatbot ChatGPT, der Ende November 2022 von der in San Francisco ansässigen Firma OpenAI als Web-App veröffentlicht wurde, ist augenblicklich in den Mainstream hineinkatapultiert worden. Experten schätzen, dass er derzeit der am schnellsten wachsende Internetdienst aller Zeiten ist. Nur zwei Monate nach seinem Start erreichte er im Januar die Marke von 100 Millionen Nutzern. OpenAI machte auch gleich einen 10-Milliarden-Dollar-Deal mit Microsoft. Dort wird die Technologie nun in die Suchmaschine Bing und in Office-Software integriert. Erste Versionen von Bing AI sorgten bereits im Februar für Furore – unter anderem weil die Suchmaschine einem Kolumnisten der *New York Times* seine Liebe erklärt und in anderen Chats schlicht dummes Zeug erzählt hat. Dennoch aufgeschreckt durch seinen zum Leben erwachten früheren Rivalen im Suchmaschinenkampf, treibt nun auch Google die Einführung seines eigenen Chatbots LaMDA voran. Sogar ins Famili-

lienleben dringt ChatGPT vor. Sei es bei Diskussionen um Chatbot-optimierte Hausaufgaben der Kinder oder vor Messenger-Chats, die mit ChatGPT-Chat-Beispielen gefüllt sind.

So überraschend er sich anfühlt, der Durchbruch von OpenAI kam nicht aus dem Nichts. Der Chatbot ist die bisher ausgefeilteste Iteration in einer Reihe großer Sprachmodelle, an denen seit Jahren geforscht wird. Nur waren diese noch den Nerds vorbehalten. Die bedienfreundliche Nutzeroberfläche von ChatGPT hat die Technologie nun für jede und jeden zugänglich gemacht. Und dies ist die Historie des mächtigen Chatbots:

1980ER- BIS 90ER-JAHRE: REKURRENTE NEURONALE NETZE

ChatGPT ist eine Version des Sprachmodells GPT-3, das ebenfalls von OpenAI entwickelt wurde. Bei Sprachmodellen handelt es sich im Kern um künstliche neuronale Netze, die im Prinzip von der

Funktionsweise biologischer Gehirne inspiriert sind – ihre „Intelligenz“ steckt in der Verbindung der künstlichen, simulierten Neurone.

Das neuronale Netz hinter GPT-3 wurde mit vielen – sehr vielen – Texten trainiert. Da Texte aus Abfolgen von Buchstaben und Wörtern unterschiedlicher Länge bestehen, benötigen Sprachmodelle eine spezielle Art neuronaler Netze, die diese Art von Daten verarbeiten kann: rekurrente neuronale Netze. Diese in den 1980er-Jahren erfundenen Netze verknüpfen einen gerade aktuellen Input-Wert mit dem unmittelbar vorhergehenden Input-Wert und liefern für diese Kombination einen Output-Wert. Sie können bereits Wortfolgen verarbeiten, aber sie lassen sich nur langsam trainieren und neigen dazu, im Trainingsverlauf frühe erlernte Worte einer Wortfolge zu vergessen.

Dieses Problem haben die Informatiker Sepp Hochreiter und Jürgen Schmidhuber 1997 gelöst: Sie erfanden LSTM-Netze (Long Short-Term Memo-

ry). Das sind rekurrente neuronale Netze mit speziellen Komponenten, die es ermöglichen, vergangene Daten in einer Eingabesequenz länger zu speichern. LSTMs konnten Textstrings von mehreren Hundert Wörtern Länge verarbeiten und wurden vor allem für das Erkennen gesprochener Sprache eingesetzt.

2012: IMAGENET

Abgesehen von speziellen Anwendungen wie Handschrifterkennung und Sprachverarbeitung fristeten neuronale Netze in der Informatik allerdings weiter ein Nischendasein. Das änderte sich schlagartig, als es Geoffrey Hinton gemeinsam mit Kollegen gelang, mithilfe eines tiefen neuronalen Netzwerks die Konkurrenz beim wichtigsten Wettbewerb für Bilderkennung zu schlagen. Tiefe neuronale Netze bestehen aus mehr Schichten als die Netze vorher. Da der Input einer Schicht aus dem Output der vorherigen Schicht besteht, verarbeiten sie Bilder auf mehreren Abstraktionsebenen. Der Erfolg von Hinton löste einen beispiellosen Boom beim Deep Learning aus.

2017: TRANSFORMER

Der Durchbruch zu dem, was wir heute als große Sprachmodelle bezeichnen, passierte dann bei Google. Ein Team von Google-Forschern erfand Transformatoren, spezielle tiefe neuronale Netze, die mit Attention, also Aufmerksamkeit, arbeiten. Das funktioniert zwar nicht so wie menschliche Aufmerksamkeit, sorgt aber dafür, dass die Netze die relative Position von Wörtern zueinander in einem Satz verarbeiten können. Da die Bedeutung von Wörtern oft von der Bedeutung anderer Wörter abhängt, die davor oder danach stehen, können Transformatoren sprachliche Bezüge abbilden. Mit diesen Kontextinformationen können sie längere Textabschnitte verarbeiten und ihre Bedeutung genauer erfassen. Zum Beispiel erkennen sie, dass Hot Dog in den Sätzen „Hot Dogs (warmen Hunden) sollte viel Wasser gegeben werden“ und „Hot Dogs sollten mit Senf gegessen werden“ sehr unterschiedliche Bedeutungen haben.

2018 BIS 2019: GPT UND GPT-2

Eine Reihe von Forschenden vermutete schon länger, dass die Fähigkeiten von Transformern nicht einfach nur proportional zu ihrer Größe anwachsen, sondern dass in besonders großen Netzen neue Fähigkeiten emergent entstehen. Allerdings müssen große Netze auch mit großen Datenmengen trainiert werden – das braucht Speicher, Rechenpower und viel Zeit. OpenAI entschloss sich Ende der 2010er-Jahre, auf diese Karte zu setzen.

Die ersten beiden großen Sprachmodelle GPT und GPT-2 von OpenAI entstanden im Abstand von nur wenigen Monaten. Das Unterneh-

Der Durchbruch zu dem, was wir heute als große Sprachmodelle bezeichnen, passierte bei Google.

men wollte eine vielseitig einsetzbare, universelle KI entwickeln. Ein wichtiger Schritt auf dem Weg dorthin ist nach Ansicht der OpenAI-Entwickler ein großes Sprachmodell – denn sprachliche Entwicklung und Intelligenz hängen unmittelbar zusammen. GPT steht für „Generative Pre-trained Transformer“ und mit diesem neuen Transformer-Ansatz setzte OpenAI ein Zeichen.

Der Trick: GPT kombiniert Transformatoren mit unüberwachtem Lernen. Das ist eine Methode zum Trainieren von Machine-Learning-Modellen auf Daten, die zuvor nicht kommentiert wurden – in diesem Fall jede Menge Text. So kann die Software selbstständig Muster in den Daten erkennen, ohne dass ihr gesagt werden muss, was sie zu betrachten hat. Viele frühere Erfolge im Bereich des maschinellen Lernens beruhten auf überwachtem Lernen und kommentierten Daten.

Wirbel verursachte aber erst GPT-2. OpenAI gab an, so besorgt zu sein, dass Menschen GPT-2 „zur Erzeugung irreführender, voreingenommener oder missbräuchlicher Sprache“ verwenden könnten, dass sie das vollständige Modell nicht veröffentlichen würden. Später ruderte das Unternehmen zurück und veröffentlichte das Modell doch noch. Dann kam GPT-3.

2020: GPT-3

War GPT-2 schon beeindruckend, ließ der Nachfolger von OpenAI, GPT-3, den Fachleuten die Kinn-

Geoffrey Hinton ist einer der führenden Köpfe hinter der Entwicklung neuronaler Netze. Er trieb das Deep Learning voran, obwohl viele seiner Kollegen zu der Zeit der Meinung waren, dies sei Zeitverschwendungen.



A shocking finding, scientist discovered a herd of unicorns living in a remote valley, in the Andes Mountains. Even more surprising to the researchers, the unicorns spoke perfect English. The scientist named the population, after their distinctive horn, Ovid's Unicorn. The white unicorns were previously unknown to science. However, after almost two centuries, the mystery of what sparked this odd phenomenon was solved.

Jorge PÃ©rez, an evolutionary biologist from the University of La Paz, and his team were exploring the Andes Mountains when they found a small valley, with no humans. PÃ©rez noticed that the valley had what appeared to be a natural feature: two peaks of rock and silver snow. PÃ©rez and the others then ventured further into the valley. "By the time we reached the peak, the water looked blue, with some crystals on top," said PÃ©rez.

Um die Fähigkeiten von GPT-2 zu demonstrieren, veröffentlichte OpenAI zunächst nur Beispiel-Outputs wie diese fiktive Nachrichtenmeldung über die Entdeckung lebender Einhörner. Die Farbe markiert, wie wahrscheinlich es ist, dass die Wörter in dem Text im Trainingsmaterial auftauchen. Lila ist besonders unwahrscheinlich.

laden herunterklappen. Seine Fähigkeit, Text zu generieren, der sich wie von Menschen geschriebener Text liest, war ein großer Sprung nach vorn. GPT-3 kann Fragen beantworten, Dokumente zusammenfassen, Geschichten in verschiedenen Stilen erstellen, zwischen Englisch, Französisch, Spanisch und Japanisch übersetzen und vieles mehr. Seine Nachahmungsfähigkeit ist regelrecht unheimlich.

Eine der bemerkenswertesten Erkenntnisse ist, dass der Zugewinn an Fähigkeiten von GPT-3 gegenüber der Vorgängerversion lediglich daraus resultiert, dass die bestehenden Techniken heraufskaliert und nicht etwa neue Techniken entwickelt wurden. GPT-3 arbeitet mit 175 Milliarden Parametern – den Werten in einem Netz, die während des Trainings angepasst werden –, GPT-2 nur mit 1,5 Milliarden. Zudem bekam GPT-3 sehr viel mehr Daten aus den Weiten des Internets gefüttert.

Doch das Generieren von Texten auf der Basis von Texten aus dem Internet bringt neue Probleme mit sich. GPT-3 hat viele der Desinformations und Vorurteile, die es im Internet gefunden hat, aufgesaugt wie ein Schwamm und bei Bedarf reproduziert. Wie OpenAI einräumte: „Im Internet trainierte Modelle zeigen Bias im Internet-Maßstab.“

DEZEMBER 2020: TOXISCHE TEXTE UND ANDERE PROBLEME

Während OpenAI mit den Bias-Schwierigkeiten kämpfte, die GPT-3 sich aus dem Internet gezogen hat, sah sich der Rest der Tech-Welt mit einer Abrechnung über das Versagen bei der Eindämmung toxischer Tendenzen in der KI konfrontiert. Es ist kein Geheimnis, dass große Sprachmodelle falsche – sogar hasserfüllte – Texte generieren können, und Forscher haben herausgefunden, dass es nicht auf der To-do-Liste der meisten Big-Tech-Firmen steht, dieses Problem zu beheben. Als Timnit

Gebru, Co-Direktorin des KI-Ethik-Teams von Google, ein Papier mitverfasste, in dem sie auf die potentiellen Gefahren großer Sprachmodelle (einschließlich hoher Rechenkosten) hinwies, wurde dies von leitenden Managern innerhalb des Unternehmens nicht gern gesehen. Im Dezember 2020 wurde Gebru entlassen.

JANUAR 2022: INSTRUCTGPT

OpenAI versuchte, die Menge an Fehlinformationen und beleidigenden Texten, die GPT-3 produzierte, zu reduzieren, indem es eine Version des Modells durch Reinforcement Learning auf die Vorlieben menschlicher Tester trainierte. Das Ergebnis war InstructGPT. Das Modell war in der Lage, die Anweisungen der Menschen, die es benutzten, besser zu befolgen – ein Effekt, der im KI-Jargon Alignment genannt wird. InstructGPT produzierte weniger beleidigende Sprache, weniger Fehlinformationen und insgesamt weniger Fehler. Kurz gesagt, InstructGPT benimmt sich nicht mehr wie ein Idiot – es sei denn, es wird darum gebeten, einer zu sein.

MAI BIS JULI 2022: OPT, BLOOM

Eine häufige Kritik an großen Sprachmodellen ist, dass die Kosten für ihr Training immens sind. Nur die reichsten Labore können solche Modelle überhaupt entwickeln. Und wenn solch leistungsstarke KIs von kleinen Unternehmensteams hinter verschlossenen Türen, ohne angemessene Prüfung und ohne den Beitrag einer breiteren Forschungsgemeinschaft entwickelt werden, darf man darüber durchaus besorgt sein. Als Reaktion darauf haben eine Reihe von Gemeinschaftsprojekten große Sprachmodelle entwickelt und sie jedem Forscher, der die Technologie untersuchen und verbessern möchte, kostenlos zur Verfügung gestellt: Meta hat OPT, eine Rekonstruktion von GPT-3, entwickelt und herausgegeben. Und Hugging Face führte ein Konsortium von etwa 1000 freiwilligen Forschern an, um BLOOM zu entwickeln und zu veröffentlichen.

DEZEMBER 2022: CHATGPT

Als OpenAI im Dezember schließlich ChatGPT der Öffentlichkeit präsentierte, ist das Unternehmen von der Resonanz überwältigt. In der ersten Demo wurde es als inkrementelles Update von InstructGPT angepriesen. Wie dieses Modell wurde auch ChatGPT mithilfe von Reinforcement Learning auf der Grundlage von Rückmeldungen menschlicher Tester trainiert, die seine Leistung als flüssigen, präzisen und unaufdringlichen Gesprächspartner bewerteten. OpenAI hat GPT-3 darauf trainiert, das Spiel der Konversation zu meistern, und lud alle ein mitzumachen. Seitdem haben Millionen von uns mitgespielt. Und wenn man sich die ungeheure Dynamik der Entwicklung ansieht, versteht man: Das Spiel hat gerade erst begonnen. ●

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

Redaktionsassistent: Carmen Lehmann, Michael Menzel

Mitarbeiter dieser Ausgabe: Jessica Hamzelou, Will Douglas Heaven,
Manuel Heckel, Julia Kloiber, Karsten Lemm, Jens Lubbadeh, Bernd Müller,
Adam Popescu, Antonio Regalado, Katja Scherer, Pauline Schinkels,
Tim Schröder, Ben Schwan, Veronika Szentpétery-Kessler, James Temple,
Jan Wittenbrink

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,
Cathrin Kapell, Steffi Martens, Marei Stade, Ninett Wagner,

Heise Medienwerk, Rostock

Hergestellt und produziert mit Xpublisher: www.xpublisher.com

Xpublisher-Technik: Kevin Harte, Pascal Wissner

VERLAG

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

Herausgeber: Christian Heise, Ansgar Heise

Geschäftsführung: Ansgar Heise, Beate Gerold

Mitglied der Geschäftsleitung: Jörg Mühle, Falko Ossmann

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

Anzeigenpreise: Es gilt die Preisliste vom 1. Januar 2021

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 Tech-
nology Review kostet pro Jahr € 9,10 (Schweiz CHF 11,50) Aufpreis. Der
Bezug der Zeitschrift Technology Review ist im Mitgliedsbeitrag des Ver-
bandes BVIZ e.V., des hightech presseclub e.V. und des Vereins Munich
Network e.V. enthalten. Für VDI-, VBIO-, VDE-, GI- (Gesellschaft für Infor-
matik), bdvb e.V., /ch/open und JUG Switzerland-Mitglieder gilt ein ermä-
ßigter 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 Geneh-
igung des Verlags in irgendeiner Form reproduziert oder unter Verwendung
elektronischer Systeme verarbeitet werden. Für unverlangt eingesandte
Manuskripte kann keine Haftung übernommen werden.

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

Diese Ausgabe enthält Beilagen von Plan International Deutschland e.V.,
Hamburg.



MIT Mac & i IMMER DER ZEIT VORAUS

2x Mac & i mit 35 % Rabatt
testen und Geschenk sichern!

Mac & i – Das Magazin rund um Apple

- Tipps & Workshops
- Hard- & Softwaretipps
- Apps und Zubehör
- inkl. Club-Mitgliedschaft

Für nur 16,80 € statt 25,80 €

(Preis in Deutschland)

Genießen Sie mit der Mac & i Club-
Mitgliedschaft exklusive Vorteile!



+ Geschenk nach Wahl

z. B. 10 € Amazon.de-Gutschein
oder Apple-Watch-Ständer



Mac & i. Das Apple-Magazin von c't.

Jetzt bestellen:
www.mac-and-i.de/miniauto

leserservice@heise.de

0541 80 009 120

Kühlen wie ein Vulkan

Ein US-Start-up setzt Partikel in die Atmosphäre frei, um das Klima abzukühlen – und um Geld damit zu verdienen. Diese Art von Geoengineering war bisher ein Tabu. – James Temple (Übersetzung: Gregor Honsel)



Für zehn Dollar können Kunden die Freisetzung von einem Gramm Schwefel in der Stratosphäre buchen.

Schon lange fürchten Experten, dass skrupellose Geo-Ingenieure sich entschließen könnten, das Klima zu verändern – ohne tiefe Kenntnisse der Atmosphärenphysik, ohne Absprache mit Wissenschaft und Gesellschaft, ohne Konsens über Mittel und Ziele. Technisch wäre das relativ einfach und billig zu machen. „Ein ‚Greenfinger‘ – ein selbst ernannter Beschützer des Planeten – könnte viel Geoengineering auf eigene Faust durchführen“, warnte US-Politologe David Victor bereits vor mehr als zehn Jahren in Anspielung auf den James-Bond-Schurken Goldfinger.

Einiges spricht dafür, dass genau dies schon geschehen ist. Das Start-up Make Sunsets behauptet, Schwefelpartikel mit Wetterballons in der Stratosphäre freigesetzt zu haben. Diese Partikel sollen wie bei einem Vulkanausbruch Sonnenlicht zurück ins All reflektieren und so die Erderwärmung bremsen.

Ob dies wie geplant funktioniert hat, weiß nicht einmal das Start-up selbst. Gegründet wurde es im vergangenen Oktober. Mitgründer und CEO Luke Iseman war zuvor Hardware-Leiter beim Inkubator Y Combinator. Nach seinen Angaben fanden die ersten beiden Ballonstarts bereits im April 2022 im mexikanischen Bundesstaat Baja California statt, also Monate vor der Gründung. Er habe ein paar Gramm Schwefeldioxid in die Wetterballons gepumpt und genug Helium

hinzugefügt, damit sie in die Stratosphäre aufsteigen und dort platzen, berichtet Iseman. Was mit den Ballons tatsächlich geschah, ist unklar, denn sie hatten keine GPS-Tracker an Bord.

Um Erlaubnis gefragt habe er niemanden, gibt Iseman zu. Damit hat das Start-up eine rote Linie überschritten. Die Forschung ist – soweit bekannt – bisher selbst vor kleinen Geoengineering-Versuchen in freier Natur zurückgeschreckt. Denn über die Nebenwirkungen weiß man zu wenig, sie könnten aber gefährlich sein. Möglicherweise unterscheiden sich die Folgen auch von Region zu Region, was geopolitische Konflikte entfachen dürfte.

Trotzdem verkauft Make Sunsets bereits „Cooling Credits“ für künftige Starts. Forscher, mit denen MIT Technology Review sprach, halten es für eine schlechte Idee, Geoengineering bereits in diesem frühen Stadium zu kommerzialisieren. Einige sehen dahinter keine ernsthafte Forschung, sondern eher einen Versuch, Aufmerksamkeit zu erregen und eine Kontroverse zu schüren.

Make-Sunsets-Chef Iseman gibt selbst zu, dass seine Aktion zum Teil als Provokation und Aktivismus gedacht war. Er will damit die Debatte über ein Forschungsfeld voranbringen, das durch öffentliche Kritik bisher schon bei kleineren Feldversuchen ausgebremst wurde.

PRANGER MIT ANSAGE

„Wir machen Witze Schrägstich keine Witze, dass dies teils ein Unternehmen und teils eine Sekte ist“, sagt Iseman. Er rechnet damit, sowohl von Geoengineering-Kritikern als auch -Forschern an den Pranger gestellt zu werden, und sei sich bewusst, dass „es für bestimmte Gruppen hilfreich sein wird, mich als Bond-

Bösewicht hinzustellen“. Aber Klimawandel sei eine so ernste Bedrohung und die Reaktion der Welt darauf so langsam, dass jetzt radikalere Schritte nötig seien. „Meiner Meinung nach wäre es moralisch falsch, wenn wir es nicht tun würden“, sagt er. Wichtig sei, „dass wir es so schnell und so sicher machen, wie wir können“.

Experten halten dies jedoch für völlig verfrüht und kontraproduktiv. „Der derzeitige Stand der Wissenschaft reicht weder aus, Geoengineering abzulehnen noch es zu akzeptieren, geschweige denn es einzusetzen“, meint Janos Pasztor, Geschäftsführer der *Carnegie Climate Governance Initiative*. Die Initiative fordert die Überwachung von klimabeeinflussten Technologien, sei es durch Regierungen, internationale Abkommen oder wissenschaftliche Gremien. Pasztor vergleicht Make Sunsets mit dem chinesischen Wissenschaftler He Jiankui. Dieser hatte 2018 im Alleingang das Erbgut menschlicher Embryonen manipuliert, während noch über grundlegende ethische Fragen diskutiert wurde (siehe TR 13/2018, S. 54).

Einige Beobachter zogen auch Parallelen zum US-Unternehmer Russ George, der vor gut einem Jahrzehnt hundert Tonnen Eisensulfat in den Ozean geschüttet hatte, um Plankton zu düngen, damit es mehr CO₂ aus der Luft zieht – obwohl bereits damals internationale Moratorien für Eisendüngung galten.

Für Pasztor und andere Fachleute zeigt der Fall, wie notwendig klare Regeln für eine verantwortungsvolle Erforschung des Geoengineering sind. Vorstöße wie die von Make Sunsets könnten auch der seriösen Forschung schaden, fürchtet Shuchi Talati von der American University – etwa, indem sie mögliche Investoren abschrecken, staatliche Unterstützung bremsen oder den öffentlichen Ruf nach weiteren Einschränkungen ver-

Ausbruch des Ätna im Mai 2018. Die von Vulkanausbrüchen emittierten Partikel verursachen tiefrote Sonnenuntergänge – und kühlen das Klima. Das dient als Vorbild für „solares Geoengineering“.



Mit Wetterballons wie diesem will das Start-up Make Sunsets Schwefelpartikel in die Atmosphäre bringen.

stärken. Um das zu verhindern, gründet Talati gerade eine gemeinnützige Gesellschaft zur fairen Regulierung des solaren Geoengineering. Auch die Biden-Regierung entwickelt derzeit solche Regeln, wie TR zuerst berichtete.

Luke Iseman hingegen betont: „Das Projekt fußt fest auf dem Boden der Wissenschaft.“ Und fügt hinzu: „Im Grunde ging es darum, mir zu bestätigen, dass ich es schaffen kann.“ Das Unternehmen gibt an, 750 000 Dollar erhalten zu haben, unter anderem von den Venture-Capital-Gebern Boost VC und Pioneer Fund.

Mit dem Geld will Make Sunsets die Nutzlast erhöhen, die Ballons wiederverwendbar machen und Telemetriegeräte einbauen, um Daten veröffentlichten und Zertifikate für bestimmte Kühlungseffekte verkaufen zu können. „Ich möchte so schnell wie möglich so viel Abkühlung wie möglich schaffen, und zwar für den Rest meines Lebens“, sagt Iseman. 2023 wolle man so viele Partikel emittieren, „wie wir Kunden zum Bezahlten bewegen können“. Für zehn Dollar können diese die Freisetzung von einem Gramm Schwefel in der Stratosphäre buchen. Laut Make Sunsets reicht das, um den Klimaeffekt einer Tonne Kohlendioxid über ein Jahr auszugleichen.

Shuchi Talati sieht solche Zahlen sehr kritisch. Niemand könne ernsthaft Zertifikate für ein so spezifisches Ergebnis verkaufen, da die Unsicherheit in der Forschung noch viel zu groß sei. Auch Kelly Wanser, Geschäftsführerin der gemeinnützigen

„Es ist heuchlerisch, zu behaupten, aus humanitären Gründen zu handeln – und gleichzeitig vollendete Tatsachen zu schaffen.“

Klimaforschungsorganisation SilverLining, hält die Effekte derzeit für „nicht sinnvoll quantifizierbar“. Angebote wie die von Make Sunsets seien spekulativer „Ramsch-Zertifikate, die für die Kompensationsmärkte kaum von Wert sein dürften“, schrieb sie per Mail. Zudem nannte sie es „heuchlerisch“, wenn Make Sunsets behauptete, aus humanitären Gründen zu handeln – während es gleichzeitig vollendete Tatsachen schaffe, ohne sich mit der Öffentlichkeit und den Betroffenen zusammenzusetzen. „Sie verletzen das Recht der Gesellschaft, über ihre Zukunft selbst zu bestimmen“, sagt sie.

Harvard-Forscher David Keith, einer der führenden Experten für solares Geoengineering, arbeitet selbst seit Jahren an einem kleinen Stratosphärenexperiment namens SCoPEx, das immer wieder verschoben wurde (siehe TR 4/2019, S. 60). Er hält die zehn Gramm Schwefel bei Make Sunsets für keine wirkliche Umweltgefahr; ein normaler Linienflug stoße etwa 100 Gramm pro Minute aus. Aber er sei beunruhigt über jeden Versuch, zentrale Verfahren des Geoengineering zu privatisieren. „Die kommerzielle Entwicklung kann nicht die nötige Transparenz und das Vertrauen schaffen, das die Welt für vernünftige Entscheidungen braucht“, schrieb er in einem Blogbeitrag. Ein privates Unternehmen habe finanzielle Motive, Vorteile überzubewerten und Risiken herunterzuspielen. „So etwas als Start-up zu machen, ist eine schreckliche Idee“, sagt Keith.

Make Sunsets selbst teilt mit, dass es die beste derzeit verfügbare Modellierung nutze und seine Verfahren anpassen werde, wann immer es neue Erkenntnisse gebe. „Wir sind davon überzeugt, dass solares Geoengineering der einziger gangbarer Weg ist, die Erderwärmung unter zwei Grad zu halten, und wir werden mit der wissenschaftlichen Community zusammenarbeiten, um dieses lebensrettende Instrument so sicher und schnell wie möglich einzusetzen“, schreibt Iseman per Mail.

Kritiker kontern, das Start-up hätte sich schon mit Experten und der Öffentlichkeit auseinander setzen sollen, bevor es Material in die Stratosphäre bringt und Zertifikate verkauft – und dass ihm jetzt viele die kalte Schulter zeigen werden.

Im Februar gab Make Sunsets die Starts von drei weiteren Ballons in Nevada bekannt. Sie hatten je knapp zehn Gramm Schwefeldioxid an Bord, und zwei von ihnen auch GPS-Tracker. Allerdings lieferten diese Instrumente nur lückenhafte Daten. Deshalb will Make Sunsets für diese Starts noch keine Cooling Credits verbuchen.

Anfang März erfuhr TR zudem, dass es bereits im September in England einen Ballonstart gab, der 400 Gramm Schwefeldioxid in rund 24 Kilometern Höhe freigesetzt hat. Dahinter steht kein kommerzielles Interesse, sondern der Forscher Andrew Lockley vom University College London. Erstmals konnten die Bordinstrumente – anders als bei Make Sunset – die Freisetzung der Partikel auch nachweisen. Das entsprechende Paper wurde bis Redaktionsschluss allerdings noch nicht veröffentlicht. ●

Mac & i Wissen erfahren

Webinar



Welche neuen Datenschutzfunktionen bietet Apple?

Es geht um Themen wie Differential Privacy, App-Datenschutzbericht und die Bedeutung von Begriffen wie „Hide my E-Mail“ oder „iCloud-Private-Relay“

28.03.2023

Enthalten in  Mac & i PRO

Webinar



Apple Watch im Unternehmenseinsatz

Erfahren Sie in unserem Webinar Herausforderungen des beruflichen Einsatzes der Apple Watch & wie man damit umgeht.

18.04.2023

Enthalten in  Mac & i PRO

Webinar



Security Best Practices mit CryptoKit

Lernen Sie, wie Sie Kryptographie für iOS mit CryptoKit implementieren können und wie sich kryptographische Operationen systemübergreifend nutzen lassen.

26.04.2023

Enthalten in  Mac & i PRO

Workshop

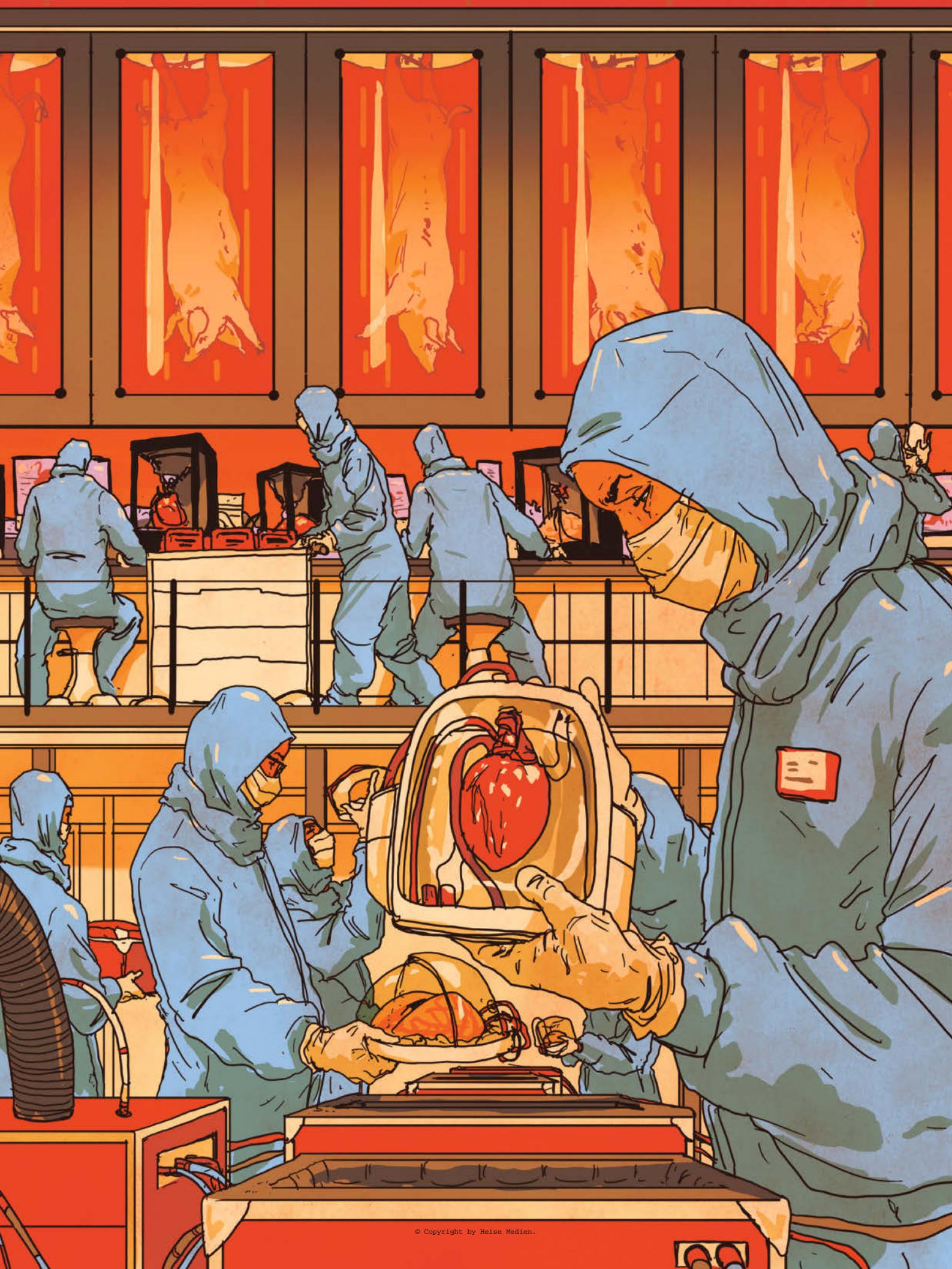


iPads in Schulen

Tablets sind aus der modernen Schule nicht mehr wegzudenken. Erfahren Sie alle wichtigen Aspekte, um Apple-Geräte auf einfache Art und Weise bereitzustellen und sie anschließend von zentraler Stelle aus zu verwalten.

09. – 10.05.2023

Jetzt Frühbucher-Rabatt sichern: heise-events.de



Die Organ-Fabrik



Martine Rothblatt träumt von dem Tag, an dem transplantierbare und 3D-gedruckte Organe leicht verfügbar sein werden und unzählige Leben retten – auch das ihrer Tochter. – Antonio Regalado (Übersetzung: Veronika Szentpétery-Kessler)

Als die US-Unternehmerin Martine Rothblatt 2015 zu einem Wissenschaftsmeeting in West Point einflog, landete sie ihren Hubschrauber selbst. Die Flugleistung der begeisterten Pilotin stand zu der Zeit im Guinness-Buch der Rekorde. In West Point wollte sie allerdings Technologien diskutieren, die die Verfügbarkeit von Transplantationsorganen verbessern könnten. Ihre Ankunft weckte dann auch Assoziationen zur Lieferung eines in Trockeneis verpackten Organs, das gerade noch rechtzeitig eintrifft, um das Leben eines Menschen zu retten.

So dramatisch wie Rothblatts Auftritt ist auch ihre persönliche Geschichte. Sie war bereits eine erfolgreiche Unternehmerin in der Satellitenbranche, als bei ihrer Tochter Jenessa eine tödliche Lungenerkrankheit diagnostiziert wurde. Daraufhin gründete sie das Biotech-Unternehmen United Therapeutics, um Medikamente zu entwickeln, die heute vielen Patienten wie Jenessa helfen zu überleben. Da ihre Tochter aber trotz der Medikamente womöglich eines Tages eine Lungentransplantation braucht, hat sich Rothblatt vorgenommen, auch dieses Problem zu lösen. Sie will Technologien entwickeln, um einen „unbegrenzten Vorrat an transplantierbaren Organen“ zu schaffen.

Der Bedarf ist groß. Auf der Warteliste für Transplantationen stehen in den USA zu jeder Zeit etwa 100 000 Menschen. Selbst bei einer Rekordzahl von 41356 Transplantationen im vergangenen Jahr in den USA starben 6 897 Menschen während der Wartezeit. Viele Tausend weitere haben es nie auf die Liste geschafft. In Deutschland warten laut der Deutschen Stiftung Organtransplantation 8500 Menschen auf ein neues Organ.

Die Herzen, Nieren und Lungen aus der Organfarm würden in Drohnen verladen und zu den Transplantationszentren geflogen.

In West Point zeigte die Unternehmerin die Architektenzeichnung einer Organfarm: Auf einem üppigen grünen Rasen waren deren röhrenförmige Abschnitte auf skurrile Weise in einem Schneeflockenmuster verbunden. Auf den Dächern gab es neben Solarzellen auch Landeplätze für elektrische Drohnen. Das Gebäude sollte 1000 genetisch veränderte Schweine beherbergen, die unter streng keimfreien Bedingungen leben. Dazu gab es einen Operationssaal und Tierärzte, die die Schweine einschlafen, bevor sie ihnen Herz, Niere und Lunge entnehmen. Diese lebensrettenden Organe, die mit dem menschlichen Organismus kompatibel sind, würden in Drohnen verladen und zu den Transplantationszentren geflogen.

Was damals nur eine Vision Rothblatts war, ist im September 2021 der Realität ein ganzes Stück näher gekommen. Zu dem Zeitpunkt verband der Chirurg Robert Montgomery von der New York University (NYU) eine Niere von einem gentechnisch veränderten Schwein aus Rothblatts Unternehmen mit einem hirntoten Menschen. Das Experiment sollte zeigen, ob die Niere überlebt. Das tat sie. Seitdem haben US-Ärzte sechs weitere Transplantationen von Schweinen zu hirntoten Menschen unternommen.

Die dramatischste und einzige Transplantation an einem lebenden Menschen fand 2022 in Maryland statt, als ein 57-jähriger Patient mit schwerer Herzinsuffizienz namens David Bennett zwei Monate lang mit einem von Rothblatts Firma gelieferten Schweineherz lebte. Auch wenn Bennett schließlich starb, ging das Experiment dennoch als die erste lebenserhaltende Organtransplantation

vom Schwein zum Menschen in die Medizingeschichte ein.

Im Mittelpunkt all dieser Ereignisse steht Rothblatt, eine Juristin mit einem Doktortitel in medizinischer Ethik, die das *New York Magazine* als „Trans-Everything CEO“ bezeichnet hat. Das liegt nicht nur daran, dass sie ab ihrem 40. Lebensjahr als Frau lebte, wie sie in ihrem Buch *From Transgender to Transhuman* erzählt. Sie arbeitet auch als Philosophin an einer Ethik der Zukunft. Sie setzt sich für die Bürgerrechte von Computerprogrammen ein, vergleicht die traditionelle Geschlechtertrennung mit der Rassendiskriminierung, hat die transhumanistische Religion Terasem gegründet und ist der Meinung, dass „der Tod optional und Gott technologisch ist“. Sie ist eine offene Befürworterin der menschlichen Unsterblichkeit, sei es durch die Schaffung von Softwareversionen lebender Menschen oder vielleicht durch den Ersatz ihrer Organe im Alter.

Seit die Organtransplantationen bei Schweinen für Schlagzeilen sorgten, berichtet Rothblatt auf medizinischen Kongressen über ihre Arbeit. Anrufe von Journalisten, darunter auch von mir, lehnte sie jedoch ab. Der Grund: „Ich habe mir versprochen, keine Interviews mehr zu geben, bis ich etwas erreicht habe, das ich für erzählwürdig halte“, schrieb sie in einer E-Mail.

Der nächste große Schritt für Schweineorgane wird eine klinische Studie mit Menschen sein, um zu beweisen, dass sie dauerhaft Leben retten können. Über ihre Durchführung beraten United Therapeutics und zwei Konkurrenten, eGenesis und Makana Therapeutics, die jeweils über eigens angepasste Schweine verfügen, derzeit mit der US-Zulassungsbehörde FDA (Food and Drug Administration). Studien zu Nierentransplantationen werden wahrscheinlich die ersten sein.

MEHR AFFENVERSUCHE

Bevor aber solche größeren Versuche am Menschen beginnen können, will die FDA von den Unternehmen Ergebnisse von weiteren Versuchsreihen mit Affen sehen, berichten die Unternehmen und Ärzte. Die Daten sollen zeigen, dass die Tiere nach der Transplantation der Schweineorgane mindestens sechs Monate lang überleben. Eine weitere Bedingung ist, dass die Schweine in speziellen keimfreien Einrichtungen aufgezogen werden.

Welches Unternehmen oder Krankenhaus zuerst eine Studie starten wird, ist bisher unklar. „Wollen wir die erste Studie durchführen? Sicher wollen wir das. Aber es ist sehr, sehr wichtig, dass wir das Ganze nicht wie ein Rennen gestalten“, sagt Joseph Tector, Chirurg an der Universität von Miami und Gründer von Makana. Schon zwei oder drei fehlgeschlagene Transplantationen könnten ein Programm zum Scheitern bringen.

Trotzdem bewerben sich führende Transplantationszentren bereits um die Teilnahme an den Versuchen und damit um ihren Platz in der Ge-

schichte. „Wir glauben, dass es funktionieren wird und dass es alles verändern wird“, sagt auch Robert Montgomery.

Sein Optimismus fußt nicht auf der Erwartung, dass Schweineorgane die Mensch-zu-Mensch-Transplantation ersetzen werden. Denn angesichts etwa der hohen Erfolgsrate von Nierentransplantationen, die in 98 Prozent der Fälle gelingen und oft zehn bis 20 Jahre halten, ist klar, dass Schweineorgane mit ziemlicher Sicherheit nicht so gut sein werden. Sollten Schweineorgane aber wirklich unbegrenzt zur Verfügung stehen, könnten plötzlich bedeutend mehr Menschen für eine Transplantation infrage kommen, die derzeit aufgrund von strengen Transplantationsvorschriften und -verfahren gar nicht erst berücksichtigt werden.

„Viele Menschen kommen gar nicht auf die Warteliste, weil es an Organen mangelt. Nur die idealsten Patienten werden auf die Liste gesetzt – diejenigen, bei denen die Wahrscheinlichkeit am größten ist, dass es ihnen anschließend gut geht“, sagt Montgomery. „Wenn es unbegrenzt viele Organe gäbe, könnte man die Dialyse ersetzen, die Herzunterstützungsgeräte ersetzen und sogar Medikamente ersetzen, die nicht so gut wirken. Ich glaube, es gibt eine Million Menschen mit Herzinsuffizienz, und wie viele bekommen ein Transplantat? Gerade einmal 3500.“

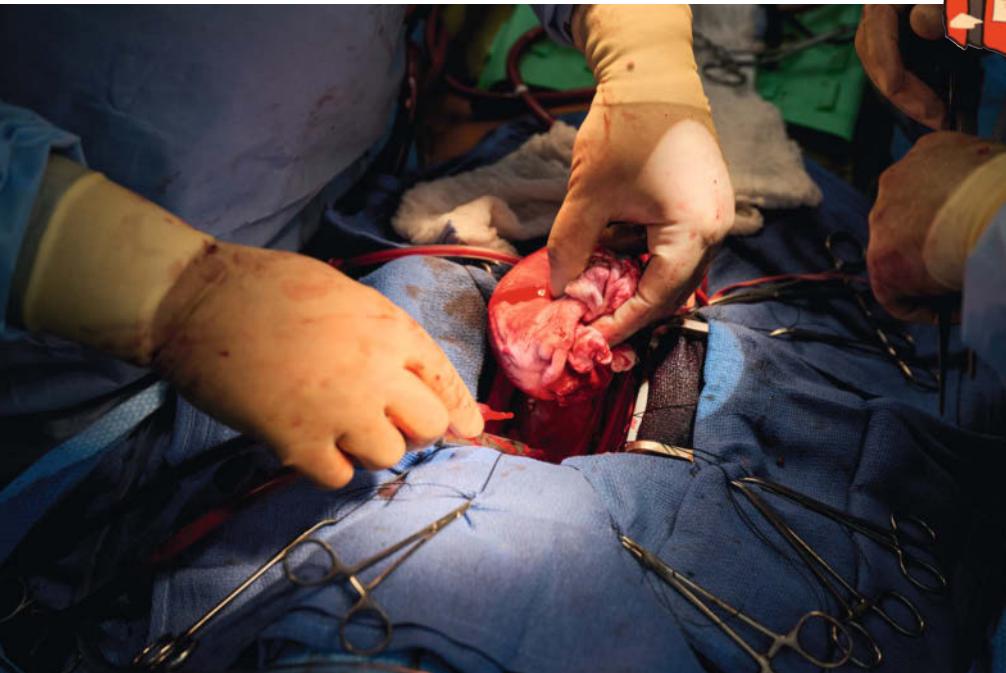
EIN KRANKES KIND

Vor ihrer Biotech-Karriere hatte Rothblatt ein Satellitenunternehmen gegründet; sie hatte früh erkannt, dass mit einem ausreichend starken Satelliten in einer stationären Umlaufbahn über der Erde Empfänger auf die Größe einer Spielkarte schrumpfen könnten. Aus dieser Idee wurde SiriusXM Radio geboren. Doch Anfang der neunziger Jahre gerieten ihre Pläne ins Wanken, als bei ihrer kleinen Tochter eine pulmonale arterielle Hypertonie diagnostiziert wurde. Bei dieser seltenen Krankheit ist der Druck in der Arterie zwischen Lunge und Herz zu hoch. Die Krankheit verläuft innerhalb weniger Jahre tödlich.

Statt den Kopf in den Sand zu stecken, verließ Rothblatt die Intensivstation, auf der ihre Tochter lag, und las in der Krankenhausbibliothek alles über die Krankheit. Dabei erfuhr sie von einem Medikament mit dem Wirkstoff Treprostinil-Natrium, das den arteriellen Druck senken konnte, aber vom Pharmariesen Glaxo eingemottet worden war. Sie bedrängte das Unternehmen so lange, bis Glaxo ihr das Medikament für 25 000 Dollar und einer zehnprozentigen Gewinnbeteiligung verkaufte. Rothblatt erhielt im Gegenzug einen Beutel der Chemikalie, ein Patent und die Warnung, dass das Medikament niemals wirken würde.

Tatsächlich wurde es 2002 zugelassen und beschert United seither einen Jahresumsatz von 1,5 Milliarden Dollar. Zwar sind nur wenige Tausend Menschen von der Krankheit betroffen, aber diese nehmen den Wirkstoff nun regelmäßig ein, um zu

Mit ALIA-250 Elektrofliegern will United Therapeutics ab 2024 seine an den Menschen angepassten Schweineherzen an Krankenhäuser liefern.



Chirurgen der Langone-Health-Klinik der New York University bereiten 2022 eines der gentechnisch angepassten Schweineherzen für die Transplantation in eine hirntote Person vor.

überleben. Für Rothblatt ist das Medikament jedoch nur eine lebensverlängernde Brücke zu einer Lungentransplantation – für die es jedoch nicht annähernd genug menschliche Spenderungen gibt, um allen Betroffenen zu helfen.

Zu dieser Zeit standen Xenotransplantationen, also die Übertragung von Tierorganen auf Menschen, noch unter keinem guten Stern, denn zu dem Zeitpunkt wurden Schweineorgane vom menschlichen Immunsystem noch in einer „hyperakuten“ Abstoßung innerhalb von Minuten oder maximal Stunden zerstört. Schuld an dieser extremen Abwehr ist vor allem ein für Schweinezellen typisches Zuckermolekül auf der Oberfläche alter Schweinezellen: Alpha-Gal.

2011 kaufte United Therapeutics für 7,6 Millionen Dollar das angeschlagene Biotech-Unternehmen Revivicor. Es hatte sich unter seinem früheren Namen PPL Therapeutics 1996 mit dem Klon-Schaf Dolly durch den schottischen Wissenschaftler Ian Wilmut einen Namen gemacht. Revivicor war auch auf das Alpha-Gal Problem aufmerksam geworden und züchtete bereits Schweine, auf deren Organen dieser Zucker fehlte – in der Hoffnung, dass damit die Abstoßung der Schweinezellen durch das menschliche Immunsystem weniger radikal ausfällt. Da Rothblatt bewusst war, dass Patienten wie Jenessis die Zeit davonlief, setzte sie sich eine zehnjährige Deadline, um weitere acht bis zwölf Gene für eine noch bessere Anpassung an den Menschen zu finden.

Bis einschließlich letztes Jahr hatte United zehn Genveränderungen implementiert. Drei davon waren „Knockouts“,

Martine Rothblatt gründete das Biotech-Unternehmen United Therapeutics, nachdem bei ihrer Tochter Jenessis eine tödliche Lungenkrankheit diagnostiziert wurde.



© Copyright by Heise Medien.

also Schweinegene, die stillgelegt wurden. Weitere sechs Modifikationen waren menschliche Genergänzungen, die als Tarnkappe die Unterschiede zwischen den Immunsystemen von Schweinen und Menschen überdecken sollten. Als letzter Feinschliff sollte ein Rezeptor deaktiviert werden, der auf Wachstumshormone anspricht. Schweineorgane sind größer als menschliche und diese Änderung sollte verhindern, dass die Spenderorgane zu groß werden.

Organe mit diesen Veränderungen haben sich bei Affen in Kombination mit neuen immunsupprimierenden Medikamenten als erfolgreich erwiesen. „Die genetischen Veränderungen sind unglaublich. Wir hatten Primaten, die ein Jahr lang mit einer gut funktionierenden Schweineniere gelebt haben“, sagt Leonardo Riella, Leiter der Nierentransplantation am Massachusetts General Hospital in Boston.

EINSATZ IM MENSCHEN?

2021 waren dann einige Transplantationschirurgen bereit, die Organe an Menschen auszuprobieren – und auch Rothblatt stand bereit. Doch im Herbst verlangte die FDA weitere Affenversuche, die erst alle geplanten Verfahren, Medikamente und Tests standardisieren sollten. Die Behörde wollte auch den erwähnten konsistenten Beweis dafür sehen, dass die Organe im Affen ein halbes Jahr oder länger durchhielten.

Dem Transplantationschirurgen Bartley Griffith zufolge, der das erste Schweineorgan in einen lebenden Menschen verpflanzt hatte, kostete jedes dieser Experimente allerdings 750 000 Dollar. Mehrere Ärzte waren zudem überzeugt, dass Affenversuche ihnen nicht mehr viel sagen konnten. „Wir verließen die Sitzung mit dem Gedanken: ‚Heißt das, wir sind für die nächsten zwei Jahre dazu verurteilt, so weiterzumachen wie bisher?‘“, erinnert sich Griffith. Die Chirurgen wollten stattdessen wissen, wie sich die Organe in einem Menschen verhalten.

NYU-Chirurg Montgomery, der die erste United-Therapeutics-Niere eingesetzt hatte, erinnert sich an das stundenlange Gespräch mit Rothblatt, nachdem ihr Unternehmen dem Experiment an dem hirntoten, an ein Beatmungsgerät angelassenen Patienten zugestimmt hatte. Für hirntote Personen ist keine FDA-Zulassung erforderlich. „Das Problem bei einem Xenotransplantat ist, dass es viel komplexer ist als ein Medikament. Und das war bisher seine Achillesferse. Deshalb ist es bei Tiermodellen geblieben“, sagt Montgomery. „Dies war nun ein Versuch, einen Zwischenschritt zu gehen, um es in die Zieltierart zu bringen.“ Die Operation fand im September 2021 statt, und das Organ war nur 54 Stunden lang mit dem Patienten verbunden.

Derweil entwickelte Griffith in Maryland eine andere Strategie. Er bat die FDA um die Genehmigung einer „compassionate use“-Studie – einer Behandlung aus Mitgefühl – und zu seiner Überraschung stimmte die Behörde zu. Anfang 2022 transplantierte er also ein Schweineherz in die Brust von David Bennett, einem Mann mit fortgeschrittener Herzinsuffizienz, der für eine menschliche Herztransplantation nicht in Frage kam. Rothblatt zufolge wurde Bennett vor der Operation von vier Psychologen befragt, ob er sich über die Tragweite seiner Entscheidung bewusst sei.

Der NYU-Bioethiker Arthur Caplan hält solche einzelnen Transplantationen zur Informationsgewinnung allerdings für ethisch problematisch. „Die Ärzte denken: ‚Der Typ ist todgeweiht, vielleicht können wir etwas lernen.‘ Aber der Mann



**Die Heise-Konferenz
zu Machine Learning und
Künstlicher Intelligenz**

**9. – 11. Mai 2023
in Karlsruhe**

Die Konferenz zu Machine Learning und KI

Die Minds Mastering Machines ist die Konferenz für Fachleute, die Machine-Learning-Projekte in die technische Realität umsetzen.

Das Programm bietet an zwei Tagen 36 Vorträge unter anderem zu folgenden Themen:

- ✓ Resilientes Machine Learning
- ✓ Komplexität in ML-Projekten reduzieren
- ✓ Kontinuierliches Training mit Active-Active-Architekturen
- ✓ Large Language Models auf eigene Daten anwenden
- ✓ Data-Science-Teams mit Kubeflow skalieren
- ✓ Förderiertes Lernen
- ✓ MLOps mit Argo und Kubernetes
- ✓ Erkennen von Bildmanipulationen

**Jetzt
Tickets
sichern!**

www.m3-konferenz.de

Veranstalter



heise Developer

 **dpunkt.verlag**

© Copyright by Heise Medien.

Goldsponsor

T Systems

„Ich glaube tatsächlich, dass es keinen Teil des Körpers gibt, der nicht in 3D gedruckt werden kann.“

denkt: „Vielleicht kann ich überleben und eine Brücke zu einem menschlichen Herzen bekommen“, sagt Caplan. Es sei ein Experiment durch die Hintertür.

Obwohl Bennett nur zwei Monate überlebte, verbuchte Rothblatt dies als Erfolg. Schließlich gab es selbst bei der Autopsie keine offensichtlichen Anzeichen dafür, dass das Organ abgestoßen worden war. Es war genau das Ergebnis, auf das sie hingearbeitet hatte. „Wir können nicht wissen, ob wir in der vorgegebenen Zeit ein besseres Herz hätten herstellen können. Aber dieses Herz mit zehn veränderten Genen schien sehr gut zu funktionieren“, sagte sie im vergangenen April vor einem Ärztepublikum.

Allerdings hatte Rothblatt in ihren Vorträgen einen schwerwiegenden Fehler verschwiegen, von dem einige Ärzte vermuten, dass er für den Tod des Patienten verantwortlich ist. Als Bennett noch im Krankenhaus lag, entdeckten Forscher bei einem Bluttest, dass das transplantierte Herz mit einem Schweinevirus, dem porcinen Cytomegalovirus, infiziert war.

Am nächsten kam Rothblatt einem öffentlichen Eingeständnis des Problems, als sie einem Rechtsausschuss der Nationalen Akademie der Wissenschaften sagte: „Wenn ich es mit den Worten eines Laien ausdrücken sollte, hat das Herz den Patienten nicht im Stich gelassen.“ Allerdings waren die Schweine von United angeblich getestet und frei von Keimen. Fragen dazu wollte Rothblatt nicht beantworten.

United Therapeutics baut nach eigenen Angaben derzeit eine neue, keimfreie Schweineanlage, die dieses Jahr fertiggestellt sein und die für 2024 geplante klinische Studie unterstützen soll. Rothblatt ist überzeugt, dass eine einzige Einrichtung das ganze Land mit Organen versorgen und diese mit vollelektrischen Organtransporten aus der Luft anliefern könnte. Letzten Sommer sei das Luftfahrtunternehmen Beta Technologies, in das sie investiert habe, mit einem Elektroflugzeug knapp 2000 Kilometer von New York nach Arkansas geflogen.

GEDRUCKTE LUNGEN

Ironischerweise werden Schweine jedoch vermutlich nie die Lungen liefern, die Rothblatts Tochter bräuchte. Das liegt daran, dass Lungen empfindlich und anfälliger für Immunangriffe sind. Jedes Mal, wenn das Unternehmen die Schweine einer neuen Genveränderung unterzog, hielten die in Affen transplantierten Herzen und Nieren ein paar Wochen oder Monate länger. Die Lungen allerdings taten das nicht. Sie hielten nach der Transplantation in Affen stets gerade mal zwei Wochen und versagten dann plötzlich.

Zur Herstellung von Lungen setzt Rothblatt deshalb auf einen anderen Ansatz und baut ein Unternehmen auf, das die Organe per 3D-Druck herstellen soll. Derzeit arbeitet es in einer ehemaligen Textilfabrik in Manchester im Bundesstaat

New Hampshire, wo Forscher detaillierte Lungenmodelle aus Biopolymeren drucken. Die Idee ist, diese Strukturen mit menschlichen Zellen zu besiedeln, die aus dem Gewebe von Patienten stammen. Das soll das Risiko einer Immunabstoßung minimieren.

Im vergangenen Frühjahr stellte Rothblatt eine Reihe von gedruckten Lungen vor, die sie als „die komplexesten bislang 3D-gedruckten Objekte“ bezeichnete. Nach Angaben von United umfasst die schwammartige Struktur von der Größe eines Fußballs 4000 Kilometer Kapillarkanäle, die Lungenbläschen detailliert nachahmen, und insgesamt 44 Billionen Voxel, also einzelne gedruckte Stellen.

Für den Druck richtet ein Projektor Lichtstrahlen auf ein Polymer, das an diesem Punkt fest wird. Zwar dauert das Drucken von so detaillierten Strukturen wie einer Lunge bis zu drei Wochen. Doch die Methode erlaubt die Herstellung jeder beliebigen Form, bis hinunter zur Größe einzelner Zellen. Das sei so präzise, als weiche ein Auto bei der Fahrt quer durch die USA nie mehr als um eine Haarsbreite von der Mittellinie ab.

„Ich glaube tatsächlich, dass es keinen Teil des Körpers gibt, der nicht in 3D gedruckt werden kann, einschließlich Dickdarm und Hirngewebe“, sagte Rothblatt bei der Präsentation der gedruckten Lungengerüste im Juni letzten Jahres in Kalifornien.

Nicht alle Wissenschaftler teilen ihre Überzeugung, sondern glauben, dass das Bioprinting ein Forschungsprojekt bleibt. Sie stellen sogar infrage, dass die leblosen Polymere, egal wie detailliert sie sind, mit einem echten Organ verglichen werden sollten. „Bis zu einer Lunge ist es noch ein weiter Weg“, sagt Jennifer Lewis, die sich an der Harvard University mit Bioprinting beschäftigt. „Ich möchte die Entwicklung nicht behindern, und es wurden erhebliche Investitionen getätigt, sodass einige kluge Köpfe darin eine Chance sehen. Aber aus meiner Sicht wurde das Ganze ziemlich aufgebaut. Es ist ein Gerüst, eine schöne Form, aber es ist keine Lunge.“ Gemeinsam mit anderen Forschern bezweifelt sie, dass es möglich sein wird, den gedruckten Strukturen echtes Leben einzuhauen. Wenn menschliche Zellen in ein Gerüst gesetzt würden, sei das keine Garantie dafür, dass sie sich zu funktionierendem Gewebe mit den komplexen Funktionen einer Lunge organisieren.

Rothblatt sieht statt Zweifeln ihre nächste Chance, Probleme zu lösen, die andere nicht lösen können. Während einer Ansprache vor Chirurgen in diesem Jahr ratterte sie die Liste der bevorstehenden Herausforderungen herunter, einschließlich der Züchtung der Billionen von Zellen, die benötigt werden. „Was ich weiß, ist, dass dies nicht gegen die Gesetze der Physik verstößt“, sagte sie und prophezeite, dass die ersten gedruckten Lungen noch in diesem Jahrzehnt in die Brusthöhle eines Menschen eingesetzt würden. ●

Jetzt aber wirklich ...

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

Können Computer kreativ sein? Wer gesehen hat, wie generative KI wie Midjourney oder Dall-E aus Bildbeschreibungen tatsächlich Bilder macht oder wie große Sprachmodelle dichten und fabulieren, versteht möglicherweise nicht einmal die Frage. Natürlich können sie.

Vor elf Jahren war das noch ganz anders. Als TR 2012 zum ersten Mal über „künstliche Kreativität“ berichtete, galt das Forschungsgebiet – gelinde gesagt – als exotisch. Zwar hatten es Maschinen wie der malende Roboter Aaron von Harold Cohen bis in die Hallen der Documenta geschafft. Doch Kritiker sprachen Maschinen keine eigenständige Schöpfungskraft zu, weil sie nur abarbeiten könnten, was ihnen einprogrammiert wurde. Bestenfalls galten Experimente wie Aaron selbst als Kunstwerk, „generative Kunst“, die indirekt Kunstwerke hervorbringt.

„Seit einigen Jahren formiert sich jedoch eine neue Generation von Wissenschaftlern, die sich damit nicht abfinden wollen“, schrieb TR 2012. Forschende der Universität Málaga nutzten beispielsweise evolutionäre Algorithmen, die Datenstrukturen wie DNA-Sequenzen untereinander kombinieren, vererben und mutieren, um Musik zu komponieren. Eines ihrer Ergebnisse wurde zu Ehren des 100. Geburtstags von Computerpionier Alan Turing in Málaga aufgeführt.

Simon Colton von der Queen Mary University of London schuf Software, die „emotional aufgeladene Portraits“ von Menschen malte. Dafür nahmen Colton und sein Team kurze Videosequenzen von Menschen auf. Die ließen sie dann durch eine Software laufen, die Emotionen erkennen und die Einzelbilder mit den stärksten Gefühlsausdrücken isolieren konnte. Die „Painting Fool“-Software von Colton verwendete dann diese Vorlage und verstärkte diesen emotionalen Ausdruck mithilfe malerischer Stilmittel wie Farbpalette und Material. Die Ergebnisse können sich auch im Vergleich mit Midjourney immer noch sehen lassen.

Während es den Pionieren der künstlichen Kreativität durchaus gelang, alte Vorurteile gegenüber „seelenlosen Algorithmen“ zu entkräften, sind sie an einem anderen Punkt gescheitert: Mit ihren Experimenten wollten sie auch besser verstehen, wie die menschliche Kreativität funktioniert. Schon früh stellte sich bei den Projekten allerdings heraus, dass das größte Potenzial der Maschinen nicht darin liegt, Menschen als kreative Schöpfer zu ersetzen. Software ist auf sich allein gestellt viel zu erratisch, produziert neben Schönem auch viel Schrott. Genau das gilt auch gute zehn Jahre später immer noch. Die besten digitalen Kunstwerke entstehen in einer engen Zusammenarbeit zwischen Mensch und Maschine. ●



TR 12/2012:
Die letzte Grenze zwischen
Mensch und Maschine fällt.

Maschinen des Todes

Philip Nitschke hat eine Maschine gebaut, die unheilbar Kranken helfen soll, sich selbst zu töten. Das Beispiel ist extrem, aber tatsächlich entscheiden im medizinischen Sektor KIs immer häufiger direkt oder indirekt über Leben und Tod. – Will Douglas Heaven (Übersetzung: Wolfgang Stieler)

In einer Werkstatt im niederländischen Rotterdam beaufsichtigt Philip Nitschke – für manche „Dr. Death“ oder gar „der Elon Musk der Sterbehilfe“ – die letzten Testrunden seiner neuen Sarco-Maschine, bevor er sie in die Schweiz schickt. Dort wartet bereits der erste Nutzer.

Sie ist der dritte Prototyp, den Nitschkes gemeinnützige Organisation Exit International 3D-gedruckt und verkabelt hat. Nummer eins wurde in Deutschland und Polen ausgestellt. „Nummer zwei war eine Katastrophe“, sagt er. Jetzt habe er die Herstellungsfehler ausgebügelt und sei bereit für den Start: „Das ist das erste Modell, das zum Einsatz kommen wird.“

Der Sarco, eine sarggroße Kapsel im Star-Trek-Stil, ist die Krönung von Nitschkes 25-jähriger Kampagne zur „Entmedikalisierung des Todes“ durch Technologie. Im Inneren der Maschine muss eine Person, die sich für den Tod entschieden hat, drei Fragen beantworten: Wer sind Sie? Wo befinden Sie sich? Und wissen Sie, was passieren wird, wenn Sie den Knopf drücken?

Nach dem Knopfdruck füllt sich der Sarco mit Stickstoffgas. Der Insasse wird in weniger als einer Minute ohnmächtig. Nach etwa fünf Minuten setzt der Tod durch Ersticken ein. Eine Aufzeichnung dieses kurzen, letzten Interviews wird dann den Schweizer Behörden übergeben.

Nitschke möchte den assistierten Suizid so unbegleitet wie möglich gestalten, um Menschen, die sich für die Selbsttötung entschieden haben, in ihren letzten Momenten Autonomie und damit Würde zu geben. „Man braucht keinen Arzt, um zu sterben“, sagt er. Da das Sarco-System weithin verfügbaren Stickstoff anstelle von Barbiturataten verwendet – die normalerweise in Euthanasie-Kliniken eingesetzt werden –, ist kein Arzt erforderlich, der eine Injektion verabreicht oder die tödlichen Medikamente abzeichnet.

Nitschke, selbst Arzt, hat nach einem jahrelangen Rechtsstreit mit der australischen Ärztekammer seine Approbation verloren. Er war der Erste, der einem anderen Menschen auf





Sarco klingt nicht nur nach Sarg: Die 3D-gedruckte Kapsel soll Menschen KI-gestützt helfen, ihr Leben zu beenden.

dessen Wunsch hin eine tödliche Injektion verabreicht hat. In den neun Monaten zwischen Juli 1996, als das australische Nordterritorium ein Gesetz einführte, das die Euthanasie legalisierte, und März 1997, als die australische Bundesregierung dieses Gesetz aufhob, half Nitschke vier seiner Patienten, sich selbst zu töten.

HILFE BEIM STERBEN

Aber er fühlte sich unwohl mit der Rolle, die seine Patienten von ihm verlangten. Also baute er eine Maschine, die seinen Platz einnehmen sollte. „Ich wollte nicht dasitzen und die Injektion geben“, sagt er. Diese Maschine bestand im Wesentlichen aus einem Laptop, an den eine Spritze angeschlossen war. Der Sarco ist eine Weiterentwicklung des ursprünglichen Geräts, das später vom Science Museum in London erworben wurde.

Ob und wann der Sarco tatsächlich zum Einsatz kommen wird, ist jedoch ungewiss. Die Schweiz ist zwar eines der wenigen Länder, in denen die Sterbehilfe legal ist – sie ist erlaubt, solange Menschen, die sterben wollen, die letzte Handlung selbst vornehmen. Doch Sterbewillige müssen ihre geistige Zurechnungsfähigkeit nachweisen, sagt Nitschke, die in der Regel von einem Psychiater beurteilt wird. „Es herrscht immer noch die Meinung, dass eine Person, die um den Tod bittet, an einer nicht diagnostizierten Geisteskrankheit leidet“, sagt er. „Dass es für einen Menschen nicht vernünftig sei, den Tod zu suchen.“

Er glaubt jedoch, dass er eine Lösung für diese Hürde hat. Exit International arbeitet an einem Algorithmus, von dem Nitschke hofft, dass er es Menschen ermöglichen wird, eine Art psychiatrische Selbsteinschätzung am Computer vorzunehmen. Bestünde eine Person diesen Online-Test, würde das Programm – theoretisch – einen vierstelligen Code zur Aktivierung

„Es herrscht immer noch die Meinung, dass eine Person, die um den Tod bittet, an einer nicht diagnostizierten Geisteskrankheit leidet.“

des Sarco bereitstellen. „Das ist das Ziel“, sagt Nitschke. „Allerdings gestaltet sich das Projekt als sehr schwierig.“

Denn, wie Nitschke feststellen musste, sind sich Ärzte nicht einig darüber, was es bedeutet, wenn ein geistig gesunder Mensch sich für den Tod entscheidet. „Man kann ein Dutzend verschiedene Antworten von einem Dutzend verschiedener Psychiater erhalten“, sagt er. Mit anderen Worten: Es gibt keine gemeinsame Grundlage, auf der ein Algorithmus überhaupt aufgebaut werden könnte.

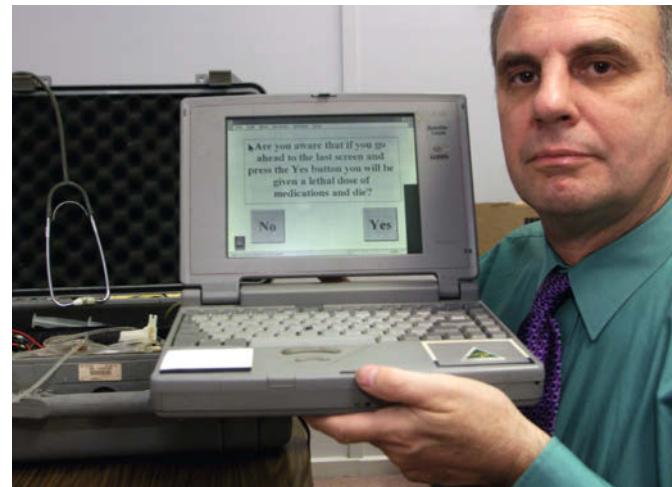
Nitschke ist nicht der Einzige, der Technik und insbesondere KI in Entscheidungen über Leben und Tod einbeziehen will. KI wird bereits in immer mehr Bereichen des Gesundheitswesens zur Einteilung und Behandlung von Patienten eingesetzt.

Patienten müssen auf Termine warten, um Tests oder Behandlungen zu erhalten. Diejenigen, die eine Organtransplantation benötigen, warten auf ein geeignetes Herz oder eine Niere. Impfstoffe werden zuerst an die Schwächsten ausgegeben. Und während der schlimmsten Phase der Pandemie, als in den Krankenhäusern Betten und Beatmungsgeräte knapp waren, mussten Ärzte in kürzester Zeit entscheiden, wer sofort behandelt werden konnte und wer nicht – mit möglicherweise tragischen Folgen.

SCHWIERIGE ETHISCHE FRAGEN

Die Covid-Krise hat die Notwendigkeit solcher Entscheidungen in den Vordergrund gerückt. Krankenhäuser auf der ganzen Welt kauften neue oder übernahmen bestehende KI-Tools, um bei der Triage zu helfen. Einige Krankenhäuser in Großbritannien, die KI-Tools zur Überprüfung von Röntgenbildern der Brust erforschten, nutzten diese Tools, um die schwersten Covid-Fälle schnell und kostengünstig zu identifizieren. Anbieter wie Qure.ai mit Sitz in Mumbai, Indien, und Lunit aus Seoul, Korea, übernahmen Aufträge in Europa, den USA und Afrika. Diagnostic Robotics, ein israelisches Unternehmen, das Krankenhäuser in Israel, Indien und den USA mit KI-basierten Triage-Tools beliefert, verzeichnete nach eigenen Angaben im ersten Jahr der Pandemie einen Anstieg der Nachfrage um das Siebenfache. Seitdem boomt das Geschäft mit KI im Gesundheitswesen.

Aber welche Art von Entscheidungen sollten von einem Algorithmus getroffen werden? Wie sollten diese Algorithmen aufgebaut sein? Und wer hat ein Mitspracherecht bei ihrer Funktion? Rhema Vaithianathan, Direktorin des Centre for Social Data Analytics und Professorin an der Auckland University of Technology in Neuseeland, hält es für richtig, dass die



Philip Nitschke 1999 mit der ersten Version seiner „Tötungsmaschine“. Sie ist inzwischen im Science Museum in London ausgestellt.

Menschen KI bei wichtigen Entscheidungen hinzuziehen. „Wir sollten uns mit Problemen befassen, die für Kliniker wirklich schwierig sind“, sagt sie.

Eines der Projekte, an denen sie arbeitet, betrifft Jugendliche, die wegen selbstverletzenden Verhaltens in Behandlung sind. Die Klinik ist stark nachgefragt und muss ihre Patienten so schnell wie möglich wieder entlassen, um neue Patienten aufnehmen zu können. Die Ärzte stehen dabei vor der schwierigen Entscheidung, ob sie ihre Patienten weiter betreuen oder neue aufnehmen sollen. „Kliniken tun sich mit dem Entlassen schwer, weil die Ärzte große Angst davor haben, dass diese Patienten sich anschließend selbst verletzen“, sagt Vaithianathan. „Das ist ihr Albtraumszenario.“

Vaithianathan und ihre Kollegen haben versucht, einen Algorithmus zu entwickeln, der vorhersagen kann, bei welchen Patienten ein erhöhtes Risiko für künftige Selbstverletzungen besteht und bei welchen nicht. Dazu soll er eine breite Palette von Daten verwenden – einschließlich Gesundheitsakten und demografischer Informationen.

Das Projekt befindet sich allerdings noch in der Anfangsphase. Bisher mussten die Forscher feststellen, dass die Datenlage möglicherweise nicht ausreicht, um ein Modell zu trainieren, das genaue Vorhersagen machen kann. Das Mo-

dell müsse auch nicht perfekt sein, um Ärzten zu helfen, sagt Vaithianathan. „Ich bin immer auf der Suche nach Fällen, in denen ein Arzt Probleme hat und einen Algorithmus zu schätzen wüsste“, sagt sie.

Der Bedarf ist offenbar vorhanden: In einer 2021 veröffentlichten Übersichtsarbeit wurden 43 Studien von Forschern aufgeführt, die behaupteten, mithilfe von KI vorhersagen zu können, ob Patienten nach ihrer Entlassung aus einem Krankenhaus in den USA erneut eingewiesen oder sterben werden. Zwar war noch keine davon genau genug für den klinischen Einsatz, aber die Autoren freuen sich auf eine Zeit, in der solche Modelle „die Qualität der Pflege verbessern und die Kosten im Gesundheitswesen senken werden“.

TRÜGERISCHE OBJEKTIVITÄT

Doch Wissenschaftler und Regulierungsbehörden mahnen zur Vorsicht: Gesundheitsdaten stammen überdurchschnittlich häufig von weißen, männlichen Personen – Bias ist damit vorprogrammiert. Und die von den Modellen vorgetauschte Objektivität könnte Menschen dazu verleiten, ethische Entscheidungen aufzuschieben und der Maschine zu vertrauen, statt ihre Ergebnisse zu hinterfragen.

Dieses Problem thematisiert David Robinson in seinem neuen Buch *Voices in the Code*, das sich mit der Demokratie

sierung von KI befasst. Der Gastwissenschaftler an der Social Science Matrix der University of California, Berkeley, und Mitglied des Lehrkörpers der Apple University erzählt darin beispielsweise die Geschichte von Belding Scribner: Im Jahr 1960 setzte Scribner, ein Nephrologe in Seattle, einigen seiner Patienten einen kurzen Teflonschlauch, einen sogenannten Shunt, in den Arm ein, um zu verhindern, dass ihr Blut während der Dialysebehandlung gerinnt. Diese Innovation ermöglichte es nierenkranken Menschen, für einen längeren Zeitraum an der Dialyse zu bleiben, und verwandelte damit das Todesurteil Nierenversagen in eine schwere chronische Krankheit.

Als sich das herumsprach, wurde Scribner von Patientenanfragen überrollt. Wem sollte er helfen und wen sollte er abweisen? Bald wurde ihm klar, dass es sich nicht um eine medizinische, sondern um eine ethische Entscheidung handelte. Er setzte einen Ausschuss von Laien ein, der darüber entscheiden sollte. Aufgrund der damals weit verbreiteten gesellschaftlichen Normen bevorzugte das Komitee zum Beispiel verheiratete Männer mit Beruf und Familie. Diese Entscheidungen waren natürlich nicht perfekt. Aber das ist nicht der entscheidende Punkt.

Nach Robinsons Ansicht können wir aus Scribners Arbeit die Lehre ziehen, dass bestimmte Prozesse – bürokratische, technische und algorithmische – die Antwort auf schwierige Fragen neu-

tral und objektiv erscheinen lassen. Mit anderen Worten: Sie verschleiern die moralischen Aspekte einer Entscheidung. „Die Bürokratie selbst kann schwierige moralische Probleme in langweilige technische Probleme verwandeln“, schreibt Robinson. Dieses Phänomen gab es schon vor der Zeit der Computer, aber softwarebasierte Systeme beschleunigen und verstärken diesen Trend. „Quantifizierung kann als moralische Narkose wirken, und Computer machen die Verabreichung dieser Narkose einfacher als je zuvor.“

Wie auch immer der Prozess aussieht, wir müssen diese moralische Betäubung abstellen und den Schmerz der anstehenden Entscheidung untersuchen. Für Scribner bedeutete das, ein offenes Gremium von Laien – statt einer Gruppe angeblich objektiver Ärzte, die hinter verschlossenen Türen tagten – zu fragen, wen sie retten sollten. Derzeit steht die Prüfung von Algorithmen durch unabhängige Stellen zwar noch eher auf der Wunschliste als auf der Tagesordnung. Doch Robinson zeigt am Beispiel des Nierenversagens, wie es gehen könnte.

In den 2000er-Jahren wurde in den USA ein Algorithmus entwickelt, der die besten Empfänger für Spendernieren identifizieren sollte. Er war jedoch umstritten: Clive Grawe, ein Nierentransplantationskandidat aus Los Angeles, erklärte 2007 vor medizinischen Experten, dass der Algorithmus ältere Menschen wie ihn benachteilige. Der Algorithmus war so konzipiert worden, dass er die Nieren so zuteilte, dass möglichst viele Lebensjahre gerettet werden konnten. Dies begünstigte jüngere, wohlhabendere und weiße Patienten, argumentierte Grawe.

Nach jahrelangen Beratungen mit Laien wie Grawe fanden die Entwickler einen neutraleren Weg, um den Einsatz der gespendeten Nieren zu optimieren – unter anderem, indem sie neben dem Alter potenzieller Empfänger auch den allgemeinen Gesundheitszustand berücksichtigten. Eine wesentliche Änderung bestand darin, dass die Organe meist jung verstorbener Spender nicht mehr nur mit Empfängern derselben Altersgruppe zusammengebracht werden. Einige dieser Nieren könnten nun auch älteren Menschen transplantiert werden, wenn diese ansonsten gesund sind. Wie bei Scribners Ausschuss wird auch nach diesen Verbesserungen nicht jeder mit den Entscheidungen des Algorithmus einverstanden sein. Aber das Verfahren ist weniger angreifbar. ●

Rhema Vaithianathan entwickelt Algorithmen, die in Kliniken helfen sollen, die richtigen Entscheidungen zu treffen.



© Copyright by Heise Medien.

Digitalisierung ist für Unternehmen längst mehr als Industrie 4.0: Um Personal zu rekrutieren, ihre Marken zu stärken oder Waren zu transportieren, nutzen sie inzwischen die ganze Bandbreite der digitalen Tools – von Social-Media-Aktivitäten über ChatGPT bis hin zu autonomen Fahrzeugen.

Dossier

THEMA

DIGITALISIERUNG IN UNTERNEHMEN

- 93 SOCIAL MEDIA • Tanzen mit Senf und Ventilatoren
- 98 INTERVIEW • Kommunikationsagentur sucht KI-Prompter
- 100 LOGISTIK • Die digitalen Megatrends

Tanzen mit Senf und Ventilatoren

TikTok? So was kommt mir nicht ins Haus, sagen viele Manager in deutschen Unternehmen. Doch damit lassen sie eine Möglichkeit ungenutzt, mit den Generationen Y und Z in Kontakt zu kommen. – Bernd Müller

Alles fing mit Bildern von Braunbären an. In seinem Urlaub 2019 in Rumänien filmte Rainer Grill mit Begeisterung die putzigen Pelztiere in der Heimat von Graf Dracula. Kurz zuvor hatte der gelernte Journalist von dieser neuen App aus China gehört, mit der Teenies ungelenke Tanz- und bescheuerte Lipsync-Videos drehen. Grill war neugierig und postete mit der App kurze Clips von Meister Petz. Die Videos gingen viral mit Zighausenden Views, obwohl niemand Grill kannte und sich bei vielen die Begeisterung für rumänische Braunbären bis dahin vermutlich in Grenzen hielt.

Wäre das nicht das ideale Medium für einen Hidden Champion, für ein erfolgreiches, aber unbekanntes Unternehmen, sich bekannter zu machen? Mit „Wir müssen auf TikTok!“ stürmte Rainer Grill das Büro seines Chefs bei Ziehl-Abegg, einem weltweit renommierten, aber außerhalb der Branche weitgehend unbekannten Hersteller von Ventilatoren im baden-württembergischen Künzelsau. Warum? Wie? Und vor allem: Was kostet das? Grill, der im Betrieb die Öffentlichkeitsarbeit verantwortet, hatte die Antworten parat: Weil es uns bekannt macht, etwa bei potenziellen Bewerbern. Wie: Mit einem kleinen Team aus begeisterten Mitarbeitenden aus verschiedenen Abteilungen. Und die Kosten: keine. Kein Budget, keine Anschaffungen, gedreht werden die Clips außerhalb der Arbeitszeit.

Der Rest ist eine einzige Erfolgsgeschichte. Drei Jahre später ist Ziehl-Abegg das Vorzeigunternehmen, wenn es um gelungenes B2B-Marketing auf TikTok geht. Einige der Videos werden Millionenfach angeschaut, Grill hat mit seinem Team alle wichtigen Preise abgeräumt, zuletzt den HR Excellence Award, wo er gegen eine millionenteure TikTok-Kampagne der siegessicheren Kreativen einer großen Werbeagentur gewann. „Die Jungs hatten keinen schönen Abend“, erinnert sich Grill an das Get-together mit den Konkurrenten nach der Preisverleihung.

Warum TikTok und nicht Facebook, Instagram oder LinkedIn? Das hängt mit der Strategie zusammen, wie diese Plattformen Content ausspielen. Auf den drei genannten „klassischen“ Social-Media-Kanälen erhalten Follower der Content-Anbieter alles und immer – auch wenn einzelne Posts der Anbieter für einige Follower gar nicht interessant sind. Nicht-Follower dagegen sehen diese Posts nicht, obwohl manche sich vielleicht dafür interessieren würden – das Netzwerk, das sich Content-Anbieter mit der Zeit langsam aufbauen müssen, bestimmt die Reichweite. Damit neigen diese Plattformen dazu, geschlossene Filterblasen zu schaffen, in denen sich die immer gleichen – und erwartbaren – Leute tummeln. Ziehl-Abegg betreibt auch einen Instagram-Kanal und dort



TikTok zieht potenzielle Mitarbeiter an und ist inzwischen ein wichtiges Recruiting-Tool für den Ventilator-Hersteller Ziehl-Abegg.

Drei Viertel der TikTok-Nutzer sind 20 Jahre oder älter, fast ein Drittel ist über 40.

kommen die meisten Follower von Kunden oder Verbänden, die ohnehin etwas mit Ventilatoren oder Aufzügen zu tun haben. Doch die kennen das Unternehmen bereits, neue Zielgruppen, etwa fürs Employer-Branding, lassen sich so eher nicht erreichen.

Anders bei TikTok: Der Algorithmus der App spielt Content bei den Nutzern aus, die sich tatsächlich für eine bestimmte Sache interessieren – der Algorithmus sucht Menschen mit gemeinsamen Interessen und denen wird dann der Content ausgespielt. So entsteht ein Netzwerk aus Menschen und Content-Themen. Wer sich nicht scheut, mit Inhalten zu experimentieren, erreicht damit neue Zielgruppen, und zwar mit Zighausenden oder gar Millionen Views mit nur einem viralen Post. Übrigens: Das Vorurteil, dass auf TikTok nur Teenager Gleichaltrigen beim Tanzen zuschauen, stimmt nicht. Drei Viertel der Nutzer sind 20 Jahre oder älter, fast ein Drittel ist über 40.

Diese TikTok-„Senioren“ wollen interessante Inhalte. Grill plant daher für die Zukunft mehr Videos mit Technik-Themen. So erklärt der PR-Leiter von Ziehl-Abegg, warum die Flügel mancher Ventilatoren an der Hinterkante gezackt sind. Der Zuschauer erfährt, dass das die Windgeräusche reduziert und dass man das von Eulenflügeln abgeschaut hat, die den Vögeln zu ihrem lautlosen Flug verhelfen. Oder man erfährt, dass die meisten Schnittblumen für den Weltmarkt aus Holland kommen, wo sie in riesigen Gewächshäusern aufgezogen werden – natürlich belüftet von riesigen Ventilatoren an der Decke, die die Bildung von Feuchte und Schimmel auf den Blumenzwiebeln verhindern. Und ein Clip über die Gießerei in Künzelsau erreichte in einer Stunde 20 000 Fans.

Trotz des geringen Aufwands für die Videos ist der Nutzen für Ziehl-Abegg riesig. Ein Großteil der Klicks auf die Karriere-Webseite kommt heute über TikTok. Nach fast jedem Video fragen Nutzer in der Kommentarspalte, ob eine Stelle für sie frei sei. Da melden sich Schulabsolventen für eine Ausbildung, Konstrukteure, strategische Einkäufer, Controller, um nur einige zu nennen. Ein Nutzer lobt die „saucoolen Leute“, ein anderer freut sich, wenn er in seinem Unternehmen eine Lieferung Ventilatoren von Ziehl-Abegg bekommt: „Dann denke ich automatisch an eure TikToks.“

Viele Unternehmen sind mittlerweile auf TikTok aktiv, etwa Aldi Nord, das eine eigene Community aufgebaut hat. Selbst Unternehmen, die nicht auf der Plattform unterwegs sind, können sich ihrem Einfluss nicht entziehen. So hat Bauhaus TV-Spots drehen lassen, die mit schrägen Ideen und schnellen Schnitten clever mit der typischen TikTok-Ästhetik spielen. Produziert wurden diese Spots von der Social-Media-Agentur Intermate, die für Firmenkunden TikTok-Kanäle aufbaut und mit Influencern bewirbt. „TikTok prägt ein kreatives

Narrativ, das auf anderen Social-Media-Kanälen und im TV einzieht“, sagt Philip Papendieck, CEO von Intermate. Seine Kunden suchten den Kontakt zur Generation Y und vor allem Z. Die schauen kein lineares TV, lesen keine Zeitung und finden Facebook altbacken. „Viele Marken werden heute auf Social Media entdeckt.“ Das kommt zwar aus dem Konsumenten-Marketing, doch nun verstehen auch Hersteller von Investitionsgütern die Vorteile, etwa fürs Employer Branding. Oder Handwerker. Die Accounts von Dachdeckern oder Stuckateuren gehören zu den coolsten auf TikTok mit teils Zighausenden Nutzern.

„TikTok ist deshalb so beliebt, weil man es in kürzester Zeit lernen kann“, sagt Adil Sbai. Mit seiner Agentur Wecreate betreut er die beiden erfolgreichsten TikTok-Influencer Deutschlands, berät aber auch immer mehr Unternehmen zu TikTok-Kampagnen. TikTok sei ein Game-Changer, nicht zuletzt wegen der minimalen Kosten. Der Tausender-Kontakt-Preis, die Standardwährung für die Reichweite einer Werbekampagne, kostet läppische 1,20 bis 2 Euro. Wichtig laut Sbai: „Werbung darf sich auf TikTok nicht wie Werbung anfühlen, sondern wie neutraler Content.“

Dazu gibt es unterschiedliche Strategien. Schraubenhersteller Würth in Künzelsau hat einen eigenen Kanal mit einer eigenen Community, wie auch Ziehl-Abegg, das im selben Ort ansässig ist und nur ein paar Steinwürfe entfernt liegt. Der Senfhersteller Baut'zner, eine Tochter von Develey, hat sich dagegen bewusst gegen einen eigenen Kanal entschieden und tritt nur auf Kanälen von bekannten Content-Creators auf. Dadurch habe die Markenbekanntheit um zwölf Prozent zugenommen, auch die Sympathiewerte seien gestiegen. Weil in der Zeit keine weiteren Werbemaßnahmen stattfanden, sei das eindeutig der TikTok-Effekt, sagt Sbai, dessen Agentur die Kampagne geplant hat.

Der nächste Trend auf TikTok ist die Aus- und Weiterbildung. 4,5 Millionen Euro hat die Plattform in Deutschland für #LernenMitTikTok investiert. Das soll Creator animieren, lehrreiche Kurzvideos zu veröffentlichen und neue Lernformen auszuprobieren. Die Social-Media-Agentur Intermate ist auch in eigener Sache mit einem internen Account auf TikTok. Dort tauschen sich die Mitarbeitenden über neue Trends

Rebecca Amlung, Rainer Grill und Tamara Fietze (von oben nach unten) sind das TikTok-Kernteam bei Ziehl-Abegg.



DIE BESTEN TIKTOK-TIPPS FÜR UNTERNEHMEN

TikTok statt Facebook und Instagram: Facebook ist bei den Generationen Y und Z mausetot und Instagram hat für B2B zu viele Streuverluste. Auch diese Zahlen sprechen für TikTok: Mit 105 000 Accounts, die mehr als 10 000 Follower haben, führt TikTok deutlich vor Instagram mit 52 000 und Youtube mit 10 000 Accounts gleicher Reichweite.

Keine Werbung: Auf Logos im Hintergrund oder plumpe Produktwerbung reagieren TikToker allgemein. Trotzdem zählen auch Videos ohne offensichtliches Branding aufs Unternehmensimage ein – oft über verblüffende Umwege.

Regelmäßig veröffentlichen: Mindestens drei, besser fünf Videos pro Woche zeigen, dass es Ihnen ernst ist mit der Plattform und nicht nur ein halbherziger Versuch.

Insider statt Azubis: Auszubildende sind zwar Digital Natives und kosten obendrein wenig Geld – doch sie haben kein Standing gegenüber dem Management und trauen sich wenig. Besser geeignet als Darsteller sind Mitarbeitende, die sich im Unternehmen auskennen und die wissen, wovon sie sprechen.

Bekannte Gesichter: In den Videos sollten immer dieselben Personen auftreten. Die App erkennt diese und spielt diese Videos häufiger aus.

Für ein Back-up sorgen: Viele TikTok-Kanäle implodieren, wenn die verantwortliche Person das Unternehmen verlässt. Daher sollte man immer ein kleines Team aus mehreren Personen haben, die in Clips auftauchen.

Auf Trends springen: Manche Videos gehen viral und niemand weiß so recht, warum. Egal: Gerade solche Videos bringen Reichweite, gerade bei Personen, die man sonst nicht erreicht, etwa im Ausland – interessant für exportorientierte Unternehmen.

Kosten scheuen: Reichweite kostet auf TikTok außer etwas Arbeitszeit fast nichts – auch wenn Social-Media-Agenturen das Gegenteil behaupten.

Vorsicht vor der GEMA: Unternehmen sollten nur gemeinfreie Musik nutzen, andernfalls drohen Rechnungen von Tausenden Euro.

oder neue Funktionalitäten aus. Maurice, mit 18 Jahren der jüngste Mitarbeiter bei Intermate, postet jeden Tag neue Fakten und erstellt Erklärvideos – direkt mit den Funktionen, die er erklären möchte. Wie erstellt man eine Pivot-Tabelle in Excel? Ein kleines Video, das man auf dem Nachhauseweg in der Bahn auf dem Smartphone anschauen kann, erklärt es. Die Möglichkeiten fürs E-Learning sind schier grenzenlos.

„Das schafft Begeisterung, ersetzt aber nicht den Unterricht“, sagt Christian Rieck, Professor an der Frankfurt School of Finance. Rieck erklärt auf TikTok Konzepte aus seiner Wissenschaft, etwa die Spieltheorie oder das Gefangenendilemma. So führt er seine Studierenden spielerisch in die Denkweise der Finanztheorie ein.

Die bunte TikTok-Welt ist allerdings komplexer, als sie zu sein scheint. Weniger als zehn Prozent der Firmen schöpften das Potenzial voll aus, mein Adil Sbai. Der Rest vergreife sich in der Tonalität oder werbe zu offensiv, etwa mit sichtbarem Logo oder konkreten Produkten. Ein großes Risiko, das viele Unternehmen eingehen und erst bemer-

ken, wenn es schon zu spät ist, ist die Abhängigkeit von meist nur einer Person, die im Betrieb TikTok betreut. Verlässt diese das Unternehmen, ist meist auch das TikTok-Abenteuer zu Ende. So seien schon einige erfolgreiche TikTok-Kanäle regelrecht implodiert, etwa der von Finanztip, der an die 80 Prozent seiner über 100 000 Follower verloren hat. Oder das Computermagazin Chip.de, einst zweitgrößter deutscher Kanal auf TikTok, ist in die Bedeutungslosigkeit abgestürzt. In beiden Fällen wurde jeweils eine Mitarbeiterin abgeworben. Sbai empfiehlt daher, nicht nur ein Gesicht auf TikTok zu zeigen, sondern zumindest ein Back-up zu haben, besser noch ein kleines Team.

Für kleine Firmen sei das schwierig, sie hätten oft keine andere Wahl, als einen Azubi zum TikTok zu verdonnern. Doch das ändere sich gerade, so Sbai. In fünf Jahren werde Content-Creator für Soziale Medien ein eigenes Berufsfeld mit etablierten Ausbildungsgängen sein. Dann werde es auch Marktplätze geben, auf denen Creator ihre Dienste anbieten könnten – interessante und gehaltvolle Inhalte jenseits von Tanz- und Lipsync-Videos. ●

In fünf Jahren wird Content-Creator für Soziale Medien ein eigenes Berufsfeld mit etablierten Ausbildungsgängen sein.



Qualifizieren Sie Ihre Fachkräfte für die Zukunft der IT

Mit Ihrem Partner für digitale IT-Weiterbildung

JETZT
KOSTENLOS
TESTEN

Die Zukunft des Lernens ist digital

Mit der Lernplattform nehmen Ihre IT-Fachkräfte ihre Weiterbildung selbst in die Hand und entscheiden individuell und im eigenen Tempo, wie, was und wo sie lernen möchten.

Stetig wachsendes Kursangebot

100 digitale Webinare, 90 Videokurse und viele Features wie Notizen, Transkript und Übungsaufgaben ermöglichen ein interaktives und nachhaltiges Lernen.

Themen von heute und morgen

Stetig wachsende Kursbibliothek mit berufsrelevanten und praxisnahen Lernangeboten aus den Bereichen Softwareentwicklung, Webtechnologie, IT-Security und vielem mehr.

Weitere Vorteile:

- Einfache Angebotsabwicklung
- Volle Kostenkontrolle durch individuelle Gruppenlizenzen
- Teilnahmebescheinigungen

Jetzt 30-Tage-Test für Ihr Team anfragen:

heise-academy.de



Was macht eigentlich ein KI-Prompter?

Die Kommunikationsagentur Palmer Hargreaves hat als erstes Unternehmen in Deutschland die Stelle eines KI-Prompters ausgeschrieben. Warum es dabei um mehr geht als nur um das Eintippen von Fragen in ChatGPT, erläutert Inhaberin Iris Heilmann. – Bernd Müller



Iris Heilmann hat mit ihrer Agentur besonders die digitale Transformation von Unternehmen im Blick.

Wird Künstliche Intelligenz Menschen ersetzen?

Nein. Die KI soll lästige Arbeiten und einzelne Aufgaben ersetzen, nicht Menschen. Ich glaube an eine kollaborative KI, die den Menschen augmentiert, ihm also zusätzliche Fähigkeiten an die Hand gibt. Bei uns soll die KI die Recherche vereinfachen, die Entwicklung von Ideen befeuern oder einen ersten Entwurf für die weitere Ausarbeitung von Leistungen liefern. Sie soll kreative Ideen aus dem Kopf schneller und einfacher in die Realität bringen.

Und was macht dann ein KI-Prompter? Welche Kompetenzen muss so eine Person mitbringen? Eher technische Skills oder eher kreative Kompetenzen wie eine Journalistin oder ein Grafiker?

Das haben wir noch nicht festgelegt. Wir haben schon viele Bewerbungen bekommen, wobei tatsächlich sowohl Be-

werber mit technischem Hintergrund dabei sind als auch Bewerber aus dem Kreativbereich. Wir haben schon die ersten Gespräche geführt und haben eine Bewerberin mit eher technischem Hintergrund eingestellt. Jetzt überlegen wir uns, ob wir nicht noch einen Bewerber mit Kompetenz im kreativen Bereich einstellen. Übrigens: Die erste Stellenanzeige hat ChatGPT geschrieben. Aber das Ergebnis war uns zu technisch ausgerichtet, es wurden zum Beispiel Skills in maschinellem Lernen vorausgesetzt, wir wollten aber auch Texter und Personen mit Verständnis für Marketing und Kommunikation ansprechen. Generell muss der KI-Prompter die richtigen Fragen stellen, denn der Input ist wichtig für den Output der KI. Und dann muss er den Output kritisch hinterfragen.

Wie wollen Sie KI-Prompter in die Abläufe in Ihrer Agentur einbinden?

Die Rolle muss sich erst entwickeln. KI-Prompter können Kollegen zuarbeiten oder direkt in Kundenprojekten eingebunden werden. Die Tätigkeit soll keinesfalls eine Insel sein. Darüber hinaus soll ein KI-Prompter die anderen Kollegen im Umgang mit neuen Tools trainieren. Außerdem soll er weitere Tools evaluieren, etwa für Speech-to-Powerpoint oder Text-to-Podcast. Es gibt auch Kunden, die sich stark für das Thema KI interessieren. Vielleicht tut sich hier ein neues Geschäftsfeld für uns auf, indem wir Kunden bei der Nutzung solcher Tools beraten.

Hat der Einsatz von Tools wie ChatGPT datenschutzrechtliche Konsequenzen?

Da müssen wir aufpassen. Wir dürfen keine sensiblen Daten von Kunden eingeben oder nur nach Absprache mit ihnen. Unser Anwalt prüft das schon und wir sprechen auch mit Kunden darüber. Ein anderer Aspekt ist das Urheberrecht. Normalerweise übertragen wir die Rechte an den Ergebnissen unserer Arbeit an unsere Kunden. Aber an Entwürfen von Midjourney oder Texten von ChatGPT haben wir die Rechte nicht, wir können diese also auch nicht übertragen. Hier muss uns der Kunde vertraglich von der Übertragung der Rechte befreien. So geschehen bei einem Projekt mit der Telekom, wo wir

KI-generierte Bilder für eine Werbekampagne eingesetzt haben.

Wenn Sie fünf Jahre in die Zukunft schauen: Welche Rolle werden KI-Tools in Ihrer Branche spielen?

Wir werden es normal finden, mit KI-Tools zu arbeiten – so wie heute mit Suchmaschinen und anderen digitalen Werkzeugen – und gewinnen Freiheit für kreatives Arbeiten. Es werden rechtliche und ethische Rahmenbedingungen entwickelt, an die wir uns halten müssen. Es wird aber auch Herausforderungen geben: zum Beispiel Fakes bei Bildern, Videos und Texten. Daher muss man wiederum die Tools kennen, die diese Fakes erkennen. Ich rechne zudem mit einem Content-Tsunami im Kampf um Relevanz und Aufmerksamkeit, wo sich KI-Bots gegenseitig aufschaukeln, etwa um in Suchmaschinen weiter oben gerankt zu werden. Viele unserer Kunden experimentieren derzeit mit KI-Tools, zunächst vor allem in Marketing und Kommunikation, aber auch in anderen Servicebereichen wie der Buchhaltung oder der Personalabteilung. Wir schauen also auf spannende Zeiten. ●

„Die erste Stellenanzeige hat ChatGPT geschrieben. Aber die war uns zu technisch ausgerichtet.“



Von der Midjourney-KI generierte Bilder für PR-Kampagnen stellen die Rechtsabteilungen vor Urheberrechtsfragen.

Bild: Palmer Hargreaves

building IoT

Die Konferenz zu (I)IoT

26. und 27. April 2023
in München

Software entwickeln für das (I)IoT

Die Fachkonferenz building IoT ist seit 2016 der Treffpunkt für diejenigen, die Softwareanwendungen und digitale Produkte im Internet der Dinge und im Industrial Internet of Things entwickeln.

Das Programm bietet an zwei Tagen in drei Tracks 36 Vorträge unter anderem zu folgenden Themen:

- ✓ Datenanbindung und -analyse für das IIoT
- ✓ Edge-Computing mit Kubernetes
- ✓ Eclipse Sparkplug in Action
- ✓ Zeitreihendatenbanken für das IoT
- ✓ Maschinenbau trifft auf agile Softwareentwicklung
- ✓ Rust auf dem Mikrocontroller
- ✓ IoT Cybersecurity: EU-Normen-Update

www.buildingiot.de

**Jetzt
Tickets
sichern!**

Veranstalter



heise Developer

dpunkt.verlag

Goldspatoren



Copyright by Heise Medien.



Bronzespator



MAIBORNWOLFF

Die Megatrends in der Logistik

KI, autonomes Fahren, Plattformökonomie: Das sind nur einige der Trends, die die Logistikbranche in den kommenden Jahren beschäftigen werden. Körperliche Arbeit wird weniger, dafür steigt die Nachfrage nach Fachpersonal. – Bernd Müller

Wie digital ist die Logistik in Deutschland? Der Digitalisierungsindex Mittelstand 2021/2022 sieht die Logistik-Branche bei 65 (von 100 möglichen) Punkten und damit fünf Punkte höher als im Jahr davor. Damit liege die Logistik sechs Punkte über dem Durchschnitt aller Branchen, so die Studie der Deutschen Telekom und Techconsult. Die Logistik-Unternehmen setzen mittlerweile in fast allen Tätigkeitsfeldern digitale Technologien ein oder planten dies innerhalb der nächsten 12 Monate. Besonders beliebt sind Systeme zur Lagerverwaltung (62 Prozent) und Tools zum digitalen Flottenmanagement (61 Prozent). Der hohe Digitalisierungsgrad habe der Logistikbranche geholfen, die Auswirkungen der Pandemie zu mildern, so die Studie.

Weitere Digitalisierungsschritte müssen folgen – da sind sich die Befragten einer Studie zur Zukunft der Logistik des IT-Branchenverbands Bitkom einig. Die Unternehmen erhoffen sich einen schnelleren Transport von Produkten (92 Prozent), eine langfristige Senkung der Logistikkosten (85 Prozent), weniger fehleranfällige Transportketten (79 Prozent) sowie einen umweltschonenden Transport (69 Prozent). Zwei Drittel denken, dass künftig weniger Beschäftigte einfache Tätigkeiten verrichten müssen – etwa in Lagern. Dass Roboter den Großteil der körperlichen Arbeit übernehmen werden, glauben 54 Prozent. Gleichzeitig wird die Nachfrage nach Fachpersonal steigen: 74 Prozent der Umfrageteilnehmern ist klar, dass sie die Digitalkompetenz ihrer Mitarbeitenden verbessern müssen.

Hier die wichtigsten Trends der kommenden zehn Jahre:

SMARTE LAGER

Lagerarbeiter sind zunehmend mit digitalen Helfern ausgestattet, um Teile leichter zu finden oder Laufwege zu verkürzen. Ein Handschuh des Münchener Start-ups Proglove enthält einen eingebauten Barcodescanner, der direkt Feedback gibt und erheblich Zeit spart. Picavi in Herzogenrath setzt auf Datenbrillen, die Informationen zu Lagerplatz und Gegenstand einblenden. Andere Lösungen sind smarte Regale, die per Display zeigen, wo die Teile liegen, die für die Kommissionierung

eines Pakets erforderlich sind. Sensoren messen, ob noch genug Teile in der Kiste liegen, und bestellen rechtzeitig Nachschub. Im Hintergrund werden die Daten mit anderen Systemen aus der Supply Chain verknüpft. Hilfe gibt es auch bei der personalintensiven Inventur. Die Uni Oldenburg und der SAP-Dienstleister Abat haben eine Lösung entwickelt, bei der

In Schweden fährt der elektrische Lkw Einride Pod bereits fahrerlos zwischen Lagern der DB Schenker hin und her.



eine Drohne durchs Lager fliegt und Fotos aus verschiedenen Perspektiven schießt, eine Künstliche Intelligenz erkennt daraus die Zahl der gelagerten Teile. Bei einem Getränkehändler reduzierte sich der Zeitaufwand für das Zählen der Getränkekisten um 90 Prozent, die Verlässlichkeit erhöhte sich erheblich.

KÜNSTLICHE INTELLIGENZ

71 Prozent stimmten in der Bitkom-Studie der These zu, dass 2030 Künstliche Intelligenz viele Aufgaben in der Logistik übernehmen wird, etwa die Planung von Routen oder das Bestellen von Waren. Ein Beispiel: Selbstlernende Systeme sagen das Kundenverhalten vorher, so können Händler Ware in die Nähe ihrer Kunden bringen, schon bevor dieser bestellt hat. Das verkürzt die Lieferzeiten.

AUTONOMES FAHREN

In vielen Betrieben bringen heute schon fahrerlose Transportsysteme Teilenachschub aus dem Lager an die Montageplätze. Meistens orientieren sie sich an einer Sichtspur, die auf den Boden geklebt ist. Auf der Straße dauert es noch etwas, doch die Fortschritte beim autonomen Fahren bei den Pkw sind rasant und werden die Lkw-Logistik beflügeln. Die Bundesvereinigung Logistik schätzt, dass bis 2030 etwa 150 000 Brummi-Fahrer in Deutschland fehlen werden. Abhilfe könnte das Platooning schaffen: Im vorderen Lkw sitzt ein Fahrer, dahinter folgen weitere Fahrzeuge autonom. Bei DB Schenker in Jönköping, Schweden, fährt der vollelektrische Einride Pod autonom zwischen den Lagern hin und her. Ein Fahrerhaus hat er nicht mehr, überwacht wird er aus der Ferne. Und Fedex hat einen Sattelschlepper getestet, der autonom zwischen Dallas und Houston pendelt.

PLATTFORMEN

Online-Plattformen hat wohl jeder schon einmal benutzt: Airbnb oder Uber. Diese bieten Wohn- oder Mitfahrglegenheiten an, ohne selbst auch nur ein einziges Appartement oder Auto zu besitzen. Die Plattform bringt lediglich Anbieter und Kunden zusammen. In der Logistik können das Dienste wie freier Lagerplatz oder die „Mitfahrglegenheit“ in einem Überseecontainer sein. Plattformanbieter werden zum Ende des Jahrzehnts bedeutende Player in der Logistikbranche sein, sagten in der Bitkom-Umfrage 76 Prozent der befragten 514 Logistikunternehmen.

RÜCKWÄRTSLOGISTIK

Umtausch nach dem Widerrufsrecht hat den Bedarf nach Transport vom Kunden zurück zum Händler oder zum Hersteller stark anschwellen lassen. Doch das ist nicht der einzige Grund, warum Rückwärts-



Datenscanner wie der Proglove verkürzen Wege und Arbeitszeiten in Lagern.

logistik an Bedeutung gewinnt. Nachhaltiges Wirtschaften braucht geschlossene Stoffkreisläufe. Nach dem Ende seiner Nutzung sollte ein Produkt nicht mehr entsorgt, sondern auf einer möglichst hohen Wertstoffstufe wiederverwendet werden. Diese Rückwärtslogistik gibt es erst für wenige Branchen und Produkte, etwa für gebrauchte Batterien oder Solarmodule. Ökologisch sinnvoll ist das aber nur, wenn der Rücktransport und die Wiederverwertung weniger CO₂ erzeugt als die Herstellung eines neuen Produkts.

3D-DRUCK

Künftig werden nicht mehr fertige Teile verschickt, sondern die digitale Beschreibung derselben. Das Teil wird dann in der Nähe des Kunden ausgedruckt. Vor allem für Ersatzteile, die nicht überall verfügbar sind, ist das interessant. So baut Siemens 3D-Druck-Stationen in aller Welt auf, wo Komponenten für verschlissene Gasturbinen hergestellt werden. Solche Konzepte könnten auch helfen, unterbrochene Lieferketten etwa in einer Pandemie zu ersetzen.

VALUE ADDING

Das Value Adding, das Hinzufügen von Wert während des Transports, ist näher, als man denkt. Sensoren überwachen verderbliche Waren in der Kühlkette und reduzieren so den Ausschuss. Und Sensoren zur Ortung von Paketen können das Diebstahlrisiko senken: Jedes Jahr werden in Deutschland Waren im Wert von über einer Milliarde Euro aus Lkw gestohlen. Die Königsdisziplin wäre ein Value Adding während des Transports einer Ware. Die Montage auf einem Containerschiff oder in einem Bahnwaggon würde die Lieferzeiten verkürzen. Durchsetzen könnte sich die Idee zuerst auf der letzten Meile, etwa indem zunächst im Lieferwagen Roboter Rechnungen und Flyer in die Pakete legen. ●

„Jeder fünfte junge Mensch in Deutschland ist allein mit der mittlerweile verbotenen PFAS-Variante PFOA so stark belastet, dass laut Umweltbundesamt Gesundheitsschäden nicht auszuschließen sind.“

Andrea Hoferichter, TR-Redakteurin, über die Notwendigkeit, PFAS vollständig zu verbieten (Seite 110)

Review

- 103 AUSPROBIERT • Das Videospiel Satisfactory ist eine Ode an die Effizienz
- 104 HARDWARE • Inselheizung fürs Büro • Backen mit KI
- 108 MEDIEN • Zhong Guan Village, Ning Ken • Peripherie, Amazon-Serie
- 110 MEINUNG • PFAS: Kampf gegen die Hydra
- 114 DER FUTURIST • Der letzte Kleber

Eine Ode an die Effizienz

Im Video-Spiel *Satisfactory* gilt es, Fabriken und Lieferketten auf neuen Planeten aufzubauen. Mit jedem Fortschritt müssen auch die vorangegangenen Produktionslinien optimiert werden. Das ist zeitaufwendig und anstrengend, aber sehr befriedigend.



Manchmal braucht man auch mal eine Draufsicht, um Engpässe in der selbst gebauten Fabrik zu erkennen oder seinen Fortschritt (oder das Chaos der Förderbänder) zu bewundern.

„Du bist der Dritte deines Sektors, der den Planetfall überlebt hat. Glückwunsch.“ Mit diesen beunruhigenden Worten heißt mich ADA, meine KI-Spielbegleiterin, auf einem unbekannten Planeten willkommen. Unsere erste Amtshandlung: Die Kapsel, die uns auf den Planeten gebracht hat, auseinander- und mit den Materialien eine Basisstation aufzubauen.

Aller Anfang ist schwer – und holprig: Erst muss ich Kupfer per Hand abbauen und ebenfalls händisch an der Werkbank zu den ersten Materialien verarbeiten. Dann machen die Materialien mir den Bau der ersten Hilfsmittel möglich. Ein mobiles Mining-Gerät ist eines der ersten. Ich trage es von der Werkbank zum Erzvorkommen; fleißig gräbt es sich ohne Treibstoff und Strom durch das Erz, bis es nach 100 Einheiten voll ist und ich es manuell entleeren muss.

Über das HUB (Habitat and Utility Base) verschicke ich die per Hand hergestellten Materialien an die ominöse Firma Ficsit Inc, für die ich auf diesem Planeten arbeite. Dadurch erreiche ich die nächste Spielstufe, die neue Gebäude, Produktionsstätten und Fertigungsrezepte freischaltet. Und dann geht es auch schon schnell voran: Von meinen neuen Bergbaumaschinen transportieren Förderbänder das Erz zu Schmelzen, dort wird der Output geteilt und an verschiedenste Produktionslinien verteilt. Diese stellen weitere Baumaterialien wie Schrauben und Plastik her, fügen sie zu neuen Produkten wie

Computern oder Motoren zusammen und transportieren sie weiter. Jede Maschine und jedes Rezept hat dabei einen bestimmten Bedarf an Input – wird dieser nicht durch die von mir aufgebauten, vorgelagerten Produktionslinien gedeckt, arbeitet die Maschine nicht zu 100 Prozent effizient, was sich wiederum auf die nachgelagerten Produktionsstätten auswirkt.

Satisfactory ist ein Zeitfresser und kein Spiel für zwischendurch. Immer, wenn ich irgendwo etwas verbessere, vergrößere oder optimiere, verlagert sich der Flaschenhals einfach woanders hin. Mal eben schnell die Fabrik erweitern, kann schnell einen ganzen Abend in Anspruch nehmen. Es erfordert meine volle Konzentration, die ganze Fabrikstrecke mit den einzelnen Input- und Outputzahlen im Kopf zu behalten – oder eine umfangreiche Exceltabelle. Mit der Tabelle verschaffe ich mir einen Überblick darüber, wie die einzelnen Prozesse ineinander greifen, und versuche herauszufinden, wie viel wovon ich brauche, damit wenigstens ein Abschnitt der Fabrik zu 100 Prozent effizient ist – und somit einfacher skalierbar.

Satisfactory ist ein gigantisches Puzzle, das mit jedem meiner Spielzüge komplexer wird. Das Streben nach Effizienz macht für mich den Reiz aus: Wie kann ich die Maschinen platzsparend anordnen, die Förderbänder besser platzieren und wie viele Rohstoffe brauche ich, damit alles optimal läuft? Dem Spiel fehlt eine Handlung oder ein konkretes Ziel. Die einzigen Treiber sind vorgegebene Produktionsziele und das eigene Streben nach mehr. Es gibt keine Timer, kaum Gefahren, die Maschinen gehen nicht kaputt und die Ressourcen sind endlos. Der Name *Satisfactory* fasst es bestens zusammen: Erst wenn ich mit meiner Fabrik zufrieden bin, kann ich das Spiel weglassen – oder mich auf die Aussichtsplattform stellen und dem Förderband-Spaghetti beim Befördern zuschauen.



Aylin zur Borg, TR-Social-Media-Redakteurin, ist begeisterte Gamerin und hat in *Satisfactory* ihre Leidenschaft für die Effizienzoptimierung entdeckt.

UNTERHALTUNGSELEKTRONIK

Rückkehr des Retro-Plattenspielers

40 Jahre nach der Markteinführung kehrt der Sound-Burger-Plattenspieler zurück. Vieles ist wie früher: Er umschließt Vinylscheiben immer noch wie zwei Brötchenhälften eine Frikadelle und spielt sowohl alte Singles als auch Langspielplatten ab. Verfügbar sind die bekannten 33 1/3 oder 45 Umdrehungen pro Minute. Zu Retro-Look und -Funktionen kommen aber zeitgemäße Updates. So lässt sich der Sound Burger per USB-C-Kabel laden, danach soll er zwölf Stunden lang laufen. Und Kopfhörer lassen sich per Bluetooth verbinden.



Produkt:
Sound Burger
AT-SB2022
Hersteller:
Audio Technica
Preis: 229 Euro



Produkt: TischKlima
Hersteller: Carbon Heater
Preis: 499 Euro



ENERGIE

Inselheizung fürs Büro

Schluss mit Bürodiskussionen über zu warme oder zu kalte Räume. TischKlima verspricht eine individuell einstellbare Temperatur am Schreibtisch. Die an der Tischunterseite angebrachte Box liefert wahlweise warme oder kühle Luft für Oberschenkel und Füße sowie Strahlungswärme durch die Tischplatte für Hände und Oberkörper. Dadurch lässt sich laut Hersteller die Hauptheizung niedriger einstellen und Klimaanlagen seien gar nicht mehr nötig.

FAHRRAD

3D-gedruckter Sattel

Das tschechische Unternehmen Posedla will den Komfort von Rädern verbessern. Es druckt individuell maßgefertigte Fahrradsättel. Dafür gibt man auf der Bestellseite Informationen zum Fahrradtyp, Fahrstil, den jährlich gefahrenen Kilometern sowie zu Größe und Gewicht ein. Dazu bestellt man das Smiling Butt Kit – eine Schaummasse für den Gesäßabdruck.

Fotos vom Abdruck lädt man auf der Webseite hoch und erhält acht Wochen später einen 170 bis 210 Gramm leichten Sattel. Schale und Schienen sind aus Karbonfasern, die Sitzfläche aus thermoplastischem Polyurethan. Posedla ist sich der Zufriedenheit so sicher, dass es den Sattel Joyseat nennt. Nur beim Preis von 490 Euro könnte einem das Lächeln vergehen.

Produkt: Joyseat
Hersteller: Posedla
Preis: 490 Euro



AUDIOTECHNIK

Parabolmikro für Videoaufnahmen

Wildtier-Videografen haben für ihre Kameras oft teure Objektive, aber keine guten Mikrofone. Aus dieser Beobachtung hat Dodotronic ein Produkt gemacht: Das „Hi-Sound Compact“-Stereo-Parabolmikrofon besteht aus zwei handlichen Polycarbonat-Reflektorschüsseln. Links und rechts der Mitteltrennwand sitzt je eine 9,7-Millimeter-Mikrofonkapsel mit einem Signal-Rausch-Verhältnis von 80 Dezibel (dB), einer Sensitivität von –25 dB und einem maximalen Schalldruck von 110 dB. Sie sind nach hinten auf die Schüsselmittelpunkte gerichtet, wo die ankommenden Töne fokussiert werden.

Das Parabolmikro passt in den Zubehörschuh der Kamera und lässt sich in den Mikroanschluss stöpseln. Noch sammelt das 300 Gramm leichte Mikro auf Kickstarter Produktionskosten ein, will aber ab Mai ausliefern.



Produkt:
Hi-Sound
Compact
Hersteller:
Dodotronic
Preis:
302,56 Euro



Produkt:
Vindstyrka
Hersteller:
Ikea
Preis:
39,99 Euro



GESUNDHEIT

IKEA misst Luftqualität

Ab April ergänzt Ikea sein Smart-Home-Angebot um den Raumluftsensor Vindstyrka. Dieser zeigt den Feinstaubgehalt (PM 2,5), die Luftfeuchtigkeit und -temperatur sowie den Gesamtgehalt an flüchtigen organischen Verbindungen (TVOC) an. Der Luftqualitätssensor arbeitet solo oder lässt sich mit dem Smart-Home-Hub Dirigera verbinden – der ebenfalls von Ikea verkauft wird und den herstellerübergreifenden Standard Matter beherrscht. So können Nutzer die Werte auch auf dem Smartphone abrufen und für bestimmte Werte automatische Aktionen wie etwa das Anspringen eines Luftreinigers einrichten.

KÜCHE

Backen mit KI

Foto: Dodotronic
Foto: Ikea
Foto: Samsung

Der neue Bespoke-Einbaubackofen von Samsung (Serie 7) erkennt per Kamera und eingebauter Künstlicher Intelligenz 80 programmierte Gerichte automatisch und schlägt passende Verarbeitungsmodi, Garzeiten und -temperaturen vor. Mit dem „Sense Inside“-Modus soll er auch erkennen, wenn diese zu verbrennen drohen. Das klappt laut Samsung bei helleren und nicht abgedeckten Gerichten besser. Nutzer können über die SmartThings-App zudem schnell mal auf dem Handy nach dem Kochfortschritt schauen. Und sie erhalten Social-Media-taugliche Zeitraffervideos von ihren Brat- und Backwerken.

Produkt: Bespoke
Einbaubackofen
Hersteller:
Samsung
Preis: 3699 Euro



POSTLEITZAHL 0



01217 Dresden

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

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

Dr. B. Dressel

Tel.: 0351 85478665

Fax: 0351 85478734

E-Mail: kontakt@tzdresden.de

www.tzdresden.de



12555 Berlin

Umwelt- und Energietechnik, Bio- und Medizintechnik, Optoelektronik und Informationstechnologie

Technologie- und Gründerzentrum

Innovationspark Wuhlheide

Gründen – Mieten – Bauen

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

Tel.: 030 6576-4410

E-Mail: info@corona-immobilien.de

www.ipw-berlin.info

POSTLEITZAHL 3

Technologie- und Gründerzentrum Kassel



34131 Kassel

Produktions-/Verfahrenstechnik, Technische Dienstleistungen, Informationstechnologie

FiDT Fördergesellschaft für innovative Dienstleistungen und Techniken mbH

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

Tel.: 0561 93897-0

www.fidt.de

POSTLEITZAHL 1



12459 Berlin

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

Technologie- und Gründerzentrum Schöneweide
Gründen und mieten in Schöneweide.

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

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

Tel.: 030 6576-4413

E-Mail: info@corona-immobilien.de

www.tgs.berlin



14476 Potsdam

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

Potsdam Science Park

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

Sprechen Sie uns an!

Standortmanagement Golm GmbH

Am Mühlenberg 11

Tel.: +49 331 237351135

E-Mail: info@potsdam-sciencepark.de

www.potsdam-sciencepark.de

Unser Service für Technologiepartner

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

POSTLEITZAHL 4



40225 Düsseldorf

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

POSTLEITZAHL 5



50829 Köln

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

POSTLEITZAHL 6



69120 Heidelberg

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

POSTLEITZAHL 8



86159 Augsburg

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

POSTLEITZAHL 9



91522 Ansbach

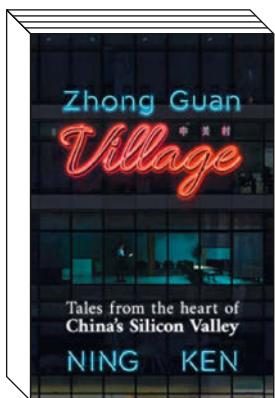
Umweltschutz/-technik, Technische Dienstleistungen, Informationstechnologie, Produktions- und Verfahrenstechnik
Technologie- und Innovationszentrum Ansbach
 Individueller Ausbau – Büros ab 16 m²
 Tel.: 0981 953838-0
 Fax: 0981 953838-38
 E-Mail: info@tiz-ansbach.de
www.tiz-ansbach.de

MIT Technology Review: Angebot für Technologiepartner

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

Die Geschichte des chinesischen Silicon Valley ist an sich schon spannend.
Man kann daraus aber auch überraschend viel über Innovation lernen. – Wolfgang Stieler

Im Osten viel Neues



Ning Ken: Zhong Guan Village – Tales from the Heart of China's Silicon Valley (English Edition). ACA Publishing Limited, 423 Seiten, 18,07 Euro (E-Book 9,99 Euro).

Wie sehr kann man chinesischen High-tech-Konzernen vertrauen? Wie eng sind sie mit dem chinesischen Staat verbündet? Und kann man diese Verbundenheit nicht allein daraus ableiten, dass führendes Personal – wie zum Beispiel der Huawei-Gründer – in der chinesischen Armee ausgebildet wurde? Wer *Zhong Guan Village* gelesen hat, wird diese Fragen etwas differenzierter beantworten können.

Zhong Guan war ursprünglich ein kleines Dorf im Nordwesten von Peking. Dort baute die chinesische Akademie der Wissenschaften in den 1960er-Jahren zahlreiche neue Institute – die unter anderem an der Konstruktion der ersten chinesischen Atombombe arbeiteten. Aus den staatlichen Elite-Instituten, die noch dazu eng mit dem Militär verbündet waren, wurde schließlich die Brutstätte chinesischer Hightech-Konzerne wie Lenovo, Baidu und Didi. Und wie dieser Wandel vollzogen wurde, ist nicht nur eine äußerst spannende, sondern auch eine höchst lehrreiche Geschichte über Innovationen und Innovatoren.

So wie über den Physiker Chen Chunxian, der 1978 in die USA reisen konnte, um mit amerikanischen Kollegen über Fortschritte in der Plasmaphysik zu diskutieren. Chen war erstaunt über den schnellen technischen Fortschritt der Amerikaner. Der, versicherten ihm seine Gastgeber, hänge mit den vielen kleinen Firmen zusammen, die aus den Universitäten heraus gegründet wurden und eng mit ihnen zusammenarbeiteten.

Chen kehrte mit der Idee zurück, Chinas eigene, an die Universität angrenzende Technologiezone zu errichten. Private Unternehmen waren allerdings damals nicht erlaubt. Also gründete er 1980 innerhalb der akademischen Beijing Plasma Physics Association eine „Serviceabteilung“, die es Professoren ermöglichte, außerhalb ihrer regulären Arbeitszeit Beratungsdienste anzubieten und elektronische Komponenten herzustellen. Die Abteilung geriet allerdings schnell ins Visier der Regierung: Chen und seinen Kollegen wurde vorgeworfen, aus öffentlich finanziertener Forschung privaten Profit zu schlagen.

Bevor es zu den befürchteten Verhaftungen kam, setzten sich die Reformer in der KP durch, und die Abteilung wurde als „Modell für Innovation in Wissenschaft und Technologie“ gepriesen. Ein Muster, das sich wiederholte. Viele der heute großen und erfolgreichen Tech-Unternehmen Chinas haben sich zumindest zu Anfang in rechtlichen Grauzonen bewegt. Ihr Erfolg bewegte die Behörden dazu, das neue Geschäftsmodell erst zu akzeptieren und dann zu regulieren.

Darin steckt auch eine der wenigen Schwächen des Buches: Für meinen Geschmack feiert Autor Ning Ken die Gründer des chinesischen Silicon Valley eine Spur zu kritiklos als „Befreier der Gesellschaft“ und „Visionäre“. Denn auch denen ging es letztlich immer um ihren eigenen wirtschaftlichen Erfolg.

SERIE

Besuch aus der Zukunft

Seit William Gibson 1984 seinen Science-Fiction-Roman *Neuromancer* veröffentlichte, gilt er als der „Prophet“ des Genres. 2016 kam sein Roman *Peripherie* in Deutschland in den Buchhandel.

Die Geschichte spielt entlang zweier paralleler Zeitlinien. Die erste beschreibt die nahe Zukunft in den USA, einem Land, dessen industrielle Produktion nahezu zusammengebrochen ist. Die zweite spielt in London Ende des 21. Jahrhunderts. Die Erde ist durch eine Reihe von Kriegen und Katastrophen radikal entvölkert, doch die Reste der Zivilisation haben sich wieder aufgerappelt – den Überlebenden geht es gut. So gut, dass sie mithilfe fortschrittlicher Quantentechnologie alternative Zeitlinien, sogenannte Stubs, ausbeuten. Diese Stubs, deren Bewohner die Zukunft nicht beeinflussen können, werden so zur Spielwiese der Reichen und Mächtigen.

Das ist in der Serienfassung optisch opulent und actiongeladen umgesetzt, aber immer noch eine komplexe Geschichte. Und was Gibson-Fans besonders freuen dürfte: Im Unterschied zum Buch haben die Produzenten Joy und Tolan die Story erkennbar weitergedreht. – Wolfgang Stieler



Peripherie,
Staffel 1, Amazon
Prime, 2022



Gernot Wagner:
Und wenn wir
einfach die Sonne
verdunkeln?
Oekom Verlag,
208 Seiten, 22 Euro
(E-Book: 17,99 Euro)

KLIMA

Zu schnell und zu billig

„Als ich zum ersten Mal von solarem Geoengineering hörte, hielt ich es für vollkommenen Wahnsinn – und genau das ist es auch.“ Mit diesen wuchtigen Worten beginnt der Klimaökonom Gernot Wagner sein Buch über die Ansätze, das Klima durch Partikel in der Stratosphäre abzukühlen (siehe S. 76). Wer nun eine ausufernde Polemik fürchtet, wird auf das Angenehmste enttäuscht. Wagner ist selbst an einschlägigen Studien beteiligt, und das stellt er klar und transparent dar. Er hat also detaillierte Einblicke in die Forschung, ist aber in gewisser Weise auch Partei – denn selbst die Frage, ob man das Thema überhaupt erforschen sollte, ist umstritten.

Wagner gelingt trotz eigener Involviertheit das Kunststück, Argumente von Gegnern und Befürwortern sauber und fair zu sezieren. Sein Fazit: Solares Geoengineering wirke relativ schnell und billig – und genau das sei ein Problem, denn dadurch sei es keine Frage, ob, sondern nur, wann es eingesetzt werde. Mit Spieltheorie und Szenarien spielt er durch, welche Akteure aus welchen Gründen daran ein Interesse haben könnten. Kandidaten gibt es einige – von reichen Ölstaaten bis hin zu Guerilla-Aktivisten. – Gregor Honse

KLASSIKER NEU GELESEN

Futurismus ohne fliegende Autos

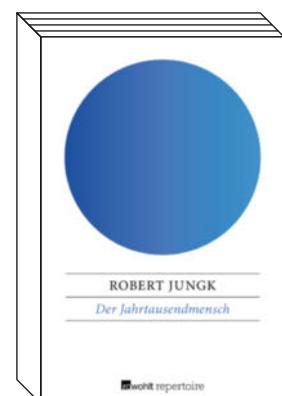
Das Buch *Der Jahrtausendmensch* stammt von 1973. Trotzdem kommt kein einziges fliegendes Auto darin vor. Nicht einmal eine Raumstation. Denn der Journalist und Zukunftsforscher Robert Jungk (1913–1994) hielt gesellschaftliche Entwicklungen für relevanter als technische. Sein Werk dokumentiert, wie der Techno-Optimismus bereits in den frühen Siebzigern zu bröckeln begann.

Die Diagnose klingt vertraut. Viele Krisen werden gleichzeitig auf künftige Generationen eindrängen: „Rüstungskrise, Bevölkerungskrise, Partizipationskrise, Umweltkrise, Rassenkrise, Hungerkrise, Städtekrisse, Energiekrise.“ Zudem erwähnt er noch einen gewissen „Glashauseffekt“, verursacht durch die „Zunahme von Kohlegasen“.

Einen Ausweg sieht Jungk im Wechsel von einer „harten“ zu einer „sanften“ technischen Gesellschaft, gekennzeichnet durch viele bis heute geläufige Stichworte: Nullwachstum, Umweltschutz, Recycling, erneuerbare Energien, bedingungsloses Grundeinkommen, arbeitsintensive statt kapitalintensive Wirtschaft.

Große Hoffnung setzte Jungk auch auf die Digitalisierung. Er berichtet von Modellversuchen, „Lehrcomputer“ für die „Demokratisierung politischer Entscheidungen“ einzusetzen, und fordert, „den Computernetzen des Staates und der Industrie ‚Bürgernetze‘ gegenüberzustellen, die eigene Daten sammeln und kombinieren“. „Informationsspeicherung, Informationsvergleich und Informationskombination“ könne, glaubt Jungk, das „Urteilsvermögen von Bürgern vergrößern“ und ihnen ermöglichen, „mit der zunehmenden Unsicherheit der Verhältnisse fertig zu werden“.

Mit der Vorstellung, die Menschen würden sich schon von alleine vernünftig verhalten, wenn man ihnen nur alles genau genug erklärt, erweist sich Jungk dann doch als techno-optimistisches Kind seiner Zeit. Mit einer Gegenöffentlichkeit in Form von Katzenvideos und Schminktipps, Verschwörungstheorien und Desinformation, Hass und Hetze hätte er wohl nicht gerechnet. – Gregor Honse



Robert Jungk:
Der Jahrtausendmensch.
Rowohlt, 302 Seiten,
12,99 Euro (E-Book: 9,99 Euro)

Kampf gegen die Hydra

Die EU-Kommission plant, auf einen Schlag rund 10 000 Fluorchemikalien, sogenannte PFAS, zu verbieten. Für das Verbot einer so großen Stoffgruppe gibt es bisher kein Vorbild – aber gute Gründe.

In der griechischen Mythologie war die Wasserschlange Hydra ein vielköpfiges Ungeheuer. Verlor sie einen Kopf, wuchsen schnell zwei neue nach. Ihr Atem vergiftete Felder, Gewässer und jene, die ihr zu nah kamen. Sie galt, bis es Herakles gelang, sie doch zu töten, als unsterblich. Nun haben Umweltforschende und Mediziner eine Art Neuzeit-Hydra ausgemacht: PFAS, die Stoffgruppe der per- und polyfluorierten Alkylsubstanzen.

Die künstlichen Substanzen haben sich praktisch überall in der Umwelt verteilt, manche sind giftig – und auch wenn der Stoffgruppe keine neuen Köpfe wachsen, so kommen doch immer neue Varianten hinzu. Sobald eine Fluorchemikalie wegen erwiesener Gesundheitsrisiken reguliert wird, gehen die Hersteller mit diversen neuen, oft chemisch ähnlichen Varianten an den Start, die nicht unbedingt weniger gefährlich sein müssen. Mittlerweile sind mehr als 10 000 verschiedene PFAS bekannt.

Die Substanzen stecken in den unterschiedlichsten Produkten: beschichteten Pfannen, Sofastoffen, Schuhspays, Dichtbändern oder Löschschäumen – bis hin zu Lithium-Ionen-Batterien, Autoklimaanlagen und medizinischen Implantaten.



Andrea Hoferichter, TR-Redakteurin, ist auf der Suche nach PFAS-freien Produkten in Drogerien und Supermärkten oft überfordert, denn Kennzeichnungen findet sie eher selten. Die Macht der Verbraucherin lässt sich so kaum ausüben.

Schädliche Nebenwirkungen kommen oft erst ans Licht, wenn die Substanzen längst im Umlauf sind.

Als besonders problematisch gelten PFAS, die bei der Produktion oder Entsorgung frei werden können. Zwar fordert die EU-Chemikalienverordnung REACH durchaus Unbedenklichkeitsdaten für bisher ungeprüfte PFAS ein, doch nur bei größeren Produktions- oder Importmengen. Schädliche Nebenwirkungen kommen oft erst ans Licht, wenn die Substanzen längst im Umlauf sind. Die EU-Kommission will nun die Reißleine ziehen und die gesamte Stoffgruppe verbieten. Einen ersten Vorschlag präsentierte sie Anfang Februar.

Für das Gruppenverbot gibt es gute Gründe. Zwar muss nicht jede PFAS-Variante giftig sein. Doch von manchen weiß man, dass sie das Immunsystem schwächen, den Fettstoffwechsel stören, die Fruchtbarkeit und die Entwicklung von Kindern beeinträchtigen können. Auch Leber- und Nierenschäden sowie Hodenkrebs stehen mit den Substanzen in Verbindung. Jede einzelne von unabhängiger Stelle auf Gesundheitsrisiken zu prüfen, würde Jahrzehnte oder gar Jahrhunderte dauern und Zigtausende Tierversuche erfordern.

Hinzu kommt: Wie die Hydra in der Mythologie sind auch PFAS praktisch unsterblich. Weder Sonnenlicht noch Mikroben können ihnen etwas anhaben. Gelangen sie in die Umwelt, bleiben sie für mindestens Jahrzehnte. Nicht umsonst werden sie auch Ewigkeitschemikalien genannt. Eine Rückholmöglichkeit gibt es praktisch nicht.

Längst haben sich die Chemikalien auf der ganzen Welt verteilt, bis in die Antarktis und ins tibetische Hochland. In Böden, Gewässern und im Regen stecken sie vielerorts in Dosen, die Unbedenklichkeitsschwellen zum Teil deutlich überschreiten. Die Stoffe werden zudem immer häufiger in Produkten gefunden, für deren Herstellung sie gar nicht verwendet werden, etwa in Orangensaft, Klopapier und Tampons. In Fischen und Eisbären detektierten Forschende schon vor Jahren

PFAS – und auch im Blut der meisten Menschen. Kinder und Jugendliche sind besonders betroffen. Jeder fünfte junge Mensch in Deutschland ist laut Umweltbundesamt allein mit der mittlerweile verbotenen PFAS-Variante PFOA so stark belastet, dass Gesundheitsschäden nicht auszuschließen sind.

Angesichts solcher Befunde wirkt das Werbevideo eines PFAS-Herstellers zynisch: Ein junger Mann im Wunsch-

schwiegersohn-Look in einem cleanen, katalogreifen Apartment. Das Frühstücks-Spiegelei gleitet aus der beschichteten Pfanne, das blaue Businesshemd bügelt sich praktisch von alleine und er fährt, selbstverständlich, einen Elektro-SUV mit Lithium-Ionen-Batterie. PFAS seien unverzichtbar, argumentiert der Produzent und Industrieverbände schlagen in die gleiche Kerbe: Das PFAS-Verbot bedrohe Wohlstand, Arbeitsplätze, Innova-

tionskraft und das Erreichen der Klimaschutzziele, heißt es immer wieder.

Zumindest Letzteres stimmt so aber nicht. Brennstoffzellen und Elektrolysezellen für die Produktion von „grünem“ Wasserstoff funktionieren durchaus ohne PFAS-haltige Membranen, auch wenn ein Umstieg vielleicht noch ein bisschen Zeit braucht. Ein kanadisches Start-up jedenfalls präsentierte schon Alternativen und zeigt zugleich, dass sich Innovationskraft durchaus auch ohne Fluorchemikalien entfalten kann. Ähnliches gilt für Natrium-Ionen-Festkörperbatterien, an denen zurzeit mit Hochdruck geforscht wird und die nicht nur ohne Fluorchemikalien auskommen, sondern auch ohne die ökologisch und ethisch problematischen Metalle Lithium und Kobalt. Wärmepumpen ohne fluorierte Gase sind bereits im Handel und Alltagsprodukte wie PFAS-haltige Pfannen, Wetterjacken, Hautcremes oder Kettenfett ließen sich ohnehin sofort ersetzen. Alternativprodukte gibt es längst.

Ein PFAS-Verbot ist nicht zuletzt aus ökonomischen Gründen geboten. Der Nordische Rat nennt europaweite Gesundheitskosten zwischen 52 und 84 Milliarden Euro pro Jahr. Das Management von großflächig verseuchten Böden, Grund- und Trinkwasser, etwa durch Fabrikemissionen oder den Einsatz entsprechender Löschschaume, ist da noch nicht mit einberechnet. Und auch nicht, dass die PFAS-Mengen in der Umwelt weiter steigen.

Wichtig ist natürlich, dass die Chemikalienflut nicht nur in Europa gestoppt wird. Die Verschmutzung wirkt global. Welche Regulierungen im Kampf gegen die Neuzeit-Hydra PFAS letztlich greifen und auch, wie das EU-Verbot aussehen wird, bleibt abzuwarten. Im ersten Vorschlag sieht die EU-Kommission ein zügiges Verbot für viele Alltagsprodukte vor und längere Übergangsfristen von bis zu 13,5 Jahren etwa für die Halbleiterindustrie und medizinische Implantate. Industrieverbände wollen weiter gegenhalten. Frühestens 2025 rechnen Fachleute mit einem endgültigen Ergebnis. ●



Auf Militärflughäfen wurden Brände oft mit giftigen PFAS-Schäumen gelöscht. Teilweise sind die Schwellenwerte dort in den Böden um das 400-Fache überschritten.

Die Partei für Verbrenner

Die FDP hat sich in das Thema E-Fuels verbissen – und düpiert dafür die ganze EU. Sie hofft offenbar, damit gleichzeitig bei Klimaschützern und Autofahrerstammtischen anzukommen. Welch ein Irrweg.

Die FDP klebt am Kolbenmotor wie Klimaaktivisten am Asphalt. In letzter Minute torpedierte die Sechs-Prozent-Partei kürzlich das bereits fertig verhandelte EU-Vorhaben, ab 2030 keine neuen Verbrenner-PKWs mehr zuzulassen. Der Grund: Sie sah ihre Obsession für E-Fuels nicht ausreichend gewürdig. Auch nach 2030, so ihre Forderung, sollten mit E-Fuels betankte Autos als klimaneutral anerkannt werden.

Das Verführerische an synthetischen Treibstoffen: Sie versprechen, eine Brücke zwischen Klimaschützern und konservativen Autofahrern zu bauen, ohne dass irgendjemand seine Gewohnheiten ändern müsste. Zudem lässt sich die bestehende Verbrennerflotte nur durch E-Fuels dekarbonisieren.

Das Problem dabei: E-Fuels haben eine grottenschlechte Energiebilanz. Zu ihrer Herstellung braucht man gewaltige Mengen Strom. Damit wird zunächst Wasserstoff erzeugt und aus diesem dann flüssiger Treibstoff. Bei jedem Schritt gibt es große Umwandlungsverluste.

Andere Sektoren brauchen aber ebenso dringend Energie aus erneuerbaren Quellen, um ihre Klimaverpflichtungen zu erfüllen. Die Konkurrenz ist groß: Ökostrom kann etwa fossile Kraftwerke aus dem Markt drängen, Speicher zur Stabilisierung des Stromnetzes laden, Wärmepumpen antreiben oder Wasserstoff erzeugen. Wasserstoff wiederum lässt sich nutzen, um die Stahl- oder die Ammoniakherstellung zu dekarbonisieren, Brennstoffzellen-Fahrzeuge anzutreiben oder eben zur E-Fuel-Produktion. Und E-Fuels können in Flugzeugen, Lokomotiven, Schiffen, Lastwagen oder Autos eingesetzt werden.

Alle diese Bereiche lassen sich nicht gleichzeitig bedienen. Allein die Stahl- und Chemiebranche kann ein Vielfaches dessen verdauen, was Deutschland in absehbarer Zeit liefern kann (heise.de/s/r1jK). Erneuerbare Energie wird erst mal ein rares Gut bleiben, ob mit oder ohne Importe. Es gilt also, die knappe Ressource möglichst sinnvoll einzusetzen. Eine Hilfestellung bieten zwei Kriterien. Erstens: Wie effizient ist die Anwendung? Zweitens: Welche Alternativen gibt es?

Auf beiden Ebenen sieht es für E-Fuels für Autos ziemlich trostlos aus. Beginnen wir mit der Effizienz: Der Strom einer einzigen mittelgroßen Windkraftanlage kann laut VDE rund 1600 batterielektrische Autos versorgen, 600 Fahrzeuge mit

Brennstoffzelle und nur 250 Autos, die die Windkraft über E-Fuels tanken. Ihr Wirkungsgrad ist also um den Faktor sechs schlechter als der von Akku-Stromern.

Bei den Alternativen sieht es nicht besser aus. E-Autos sind längst alltagstauglich. Außer für extreme Kilometerfreserei bieten Verbrenner kaum noch Vorteile. Anders ist die Lage etwa bei Langstreckenflugzeugen. Hier lässt sich die hohe Energiebedürfnis synthetischer Kohlenwasserstoffe kaum ersetzen. Eine Nische mögen E-Fuels auch noch im Motorsport oder bei Oldtimern finden. Sie aber im großen Maßstab in normalen PKWs verbrennen zu wollen, ist volkswirtschaftlicher Unfug.

Bleibt noch ein Argument zugunsten der E-Fuels: Die Dekarbonisierung des Bestands. Verbrenner werden durch das Aufkommen von E-Autos schließlich nicht plötzlich verschwinden, sondern wohl noch lange auf den Straßen unterwegs sein. Das ist nicht von der Hand zu weisen. Ironischerweise geht es der FDP aber gar nicht darum. Die EU wollte schließlich nie jemanden daran hindern, E-Fuels – so sie denn verfügbar sind – fossilem Diesel oder Benzin für die vorhandenen Verbrenner beizumischen. Die Debatte, in die sich die FDP verbissen hat, dreht sich ausschließlich um Neuzulassungen.

Nicht einmal die Autoindustrie steht noch auf der Seite von Bundesautoverkehrsminister Volker Wissing. Die meisten Hersteller wollen ihre Verbrennerproduktion ohnehin einstellen. Sie sind an verlässlicher Planung interessiert und haben sich von Wissings erratischer Taktiererei distanziert. Jetzt kann er nur noch hoffen, dass ihm wenigstens die Stammtische applaudieren.



Gregor Honsel, TR-Redakteur, hofft bei der E-Fuel-Frage auf eine standhafte EU.

HEIZUNGEN

Vergesst die Etagenwohnungen nicht!

Die Ansage von Bundeswirtschaftsminister Robert Habeck, ab 2024 keine neuen Gas- oder Ölheizungen mehr zuzulassen, klingt heftig, aber konsequent. Der Gebäudesektor hängt mit seinen Emissionseinsparungen notorisch hinterher, trotz aller bisherigen Förderprogramme. Eine etwas härtere Mischung aus Push und Pull, also aus Förderung und Ordnungspolitik, ist deshalb erst einmal kein völlig absurder Ansatz.

Aber was glauben Habeck und seine Leute eigentlich, wo die Menschen hierzulande wohnen? Nur ein Drittel der Deutschen lebt in einem Eigenheim, der Rest in Mehrfamilienhäusern oder Wohnblocks. Gerade in den vielen, vielen Etagenwohnungen aus den 1950er- und 1960er-Jahren herrschen dezentrale Gasthermen vor. Sie lassen sich schon rein technisch kaum ersetzen. Kleine Wohnungswärmepumpen sind noch in der Entwicklung, und den Platz für eine große zentrale Wärmepumpe nebst Luft- oder Erdwärmetauscher muss man mitten in der Stadt erst mal finden. Zudem müssten Häuser ohne Zentralheizung dazu komplett mit einem neuen Leitungssystem durchzogen werden. Das gilt auch für Fernwärme, Solarthermie und Pelletheizungen.

Die einzige Option, dezentrale Gasthermen klimafreundlich zu machen, wäre ein anderer Brennstoff. Biogas zum Beispiel. Aber das ist erstens nicht ausreichend vorhanden und wäre zweitens aus Klimasicht ein Nullsummenspiel, denn es würde dann bei der Stromerzeugung fehlen. Und Wasserstoff verbietet sich aus Effizienz- und Kostengründen von selbst.

Wahrscheinlich wird das Ganze ohnehin nicht so heiß gegessen, wie es gekocht wird. In Habecks Vorschlag ist viel von Übergangsfristen und Förderungen die Rede. Doch die Frage bleibt: Wie lassen sich die Häuser, in denen die meisten Menschen wohnen, klimafreundlicher machen?

Ein vielversprechender Ansatz wäre es, sich stärker auf die Fassadendämmung zu fokussieren. Das wäre eine No-Regret-Lösung: Sie bringt bereits mit den bestehenden Heizungen eine Emissionsminderung, und werden diese irgendwann doch durch eine Wärmepumpe oder Fernwärme ersetzt, ist eine Dämmung meist ohnehin nötig oder zumindest sinnvoll. Denn eine unnötig große Wärmepumpe ist auch ein unnötig großer Stromschlucker. Das ist nicht Sinn der Sache.



Gregor Honsel, TR-Redakteur, ist schon lange auf der Suche nach einer Alternative zu seiner Gastherme.

Make: DAS KANNST DU AUCH!

The advertisement features a blue background with a grid pattern. On the left, there's an illustration of a power drill. In the center, the title 'DAS KANNST DU AUCH!' is written in large, white, sans-serif capital letters. To the right, there's an illustration of a lightbulb. At the bottom right, there's a photograph of a magazine cover for 'Make: Special Edition: So sparen Sie Energiekosten'.

2x Make testen und über 7 € sparen!

Ihre Vorteile:

- ✓ GRATIS dazu: Make: Tasse
- ✓ Zugriff auf Online-Artikel-Archiv*
- ✓ Jetzt auch im Browser lesen!
- ✓ Zusätzlich digital über iOS oder Android lesen

Für nur 19,40 € statt 27 €

* Für die Laufzeit des Angebotes.

Jetzt bestellen:

make-magazin.de/minabo

© Copyright by Heise Medien



Der letzte Kleber

Sie hörten sie durch die Eingangstür kommen, durch den Flur huschen, dann haute die Zimmertür mit lautem Knall zu. David sah Eva fragend an, die nur mit den Augen rollte.

„War nicht so gut, die Demo, Elsie?“, rief David.

Elsie setzte sich mit steinerner Miene aufs Sofa.

„Nein.“

„Und warum nicht?“

„Darum!“

Sie hob beide Handflächen hoch. Sie waren dunkelbraun verschmiert.

„Dieser Scheißkleber! Hält einfach nicht. Die Polizei kriegt uns mittlerweile ganz leicht mit Speiseöl und Aceton vom Asphalt ab. Wie soll uns da denn jemand ernst nehmen?“

„Vielleicht ist es besser so“, sagte Eva. „Ich möchte nicht, dass du für immer auf einer Straße klebst.“

Aber David wollte helfen. Er fand gut, was Elsie und ihre Freunde taten. Er wollte sie unterstützen. Eine Woche lang vergrub er sich in der Fachliteratur, las in Chemie-Journals alles über die neuesten Trends in der Klebeforschung. Er wollte nicht nur den besten und stärksten Kleber der Welt finden. Son-

dern auch einen, den man nicht mehr lösen konnte.

In einem alten Scan aus einer Bastelzeitschrift aus den 80ern wurde er fündig. Natron. Brachte man das mit Sekundenkleber zusammen, entstand ein extrem starker Klebstoff. Er probierte ihn aus und versuchte, ihn zu lösen, was ihm erst nach vielen Versuchen gelang.

David überlegte nicht lange und zeigte ihn Elsie – ohne Eva etwas zu sagen.

Eine Woche später kam seine Tochter von einer Demo nach Hause und umarmte ihn.

„Papa, das war super!“

Er spürte etwas an seinem Hals kratzen. Etwas Kaltes, Hartes.

„Elsie! Was ist das an deiner Hand?“, rief Eva entsetzt.

„Asphalt. Sie mussten uns herausschneiden. Der Kleber hat gehalten!“

„Oh mein Gott!“, sagte Eva.

Elsie schnappte sich ihr Smartphone und begann vor dem Spiegel ihre Hände zu fotografieren. David konnte sich ein Grinsen nicht verkneifen.

Zwei Wochen später klingelte sein Handy. Es war eine ausländische Nummer.

„Is this Mister David Demain?“, sagte eine unbekannte Männerstimme. Verwirrt antwortete er: „Äh, yes. Who am I talking to?“

„António Guterrez. Secretary General of the United Nations.“

War das ein Scherz?

Nein. Nach dem Gespräch checkte David Instagram. Der Generalsekretär hatte nicht übertrieben. Dort wimmelte es nur so von Selfies junger Leute, die ihre Hände in die Kamera streckten. An ihnen klebten aber keine normalen Asphaltklumpen. Einer hatte ein Stück des Taj Mahals an der Hand, ein anderer etwas von der Golden Gate Bridge, weitere Protestler hielten stolz ihre Hände mit herausgeschnittenen Stücken des Brandenburger Tors, des Eiffelturms, des Kolosseums oder der Akropolis in die Kamera. Es gab kaum eine Sehenswürdigkeit der Welt, an der sich noch niemand mit Davids Superkleber festgeklebt hatte. UNO-Generalsekretär Guterrez hatte ihn inständig gebeten, ihm das Lösungsmittel zu verraten.

Was sollte er tun? Er hatte nicht gewollt, dass die Protestbewegung Sehenswürdigkeiten zerstörte. Aber: Wenn die Klimakatastrophe eintrat, würde es ohnehin bald keine Sehenswürdigkeiten mehr geben.

Die Eingangstür ging auf und Elsie stürmte aufgereggt herein.

„Bist du schon zurück aus Paris?“, fragte Eva erstaunt.

Elsie stellte sich wortlos vor den Spiegel und knipste Selfies von sich und ihrer linken Hand. Daran hing ein bunter Fetzen. Ein Stück Leinwand? Bei näherem Hinsehen durchfuhr es ihn wie ein Blitz. Er kannte dieses Lächeln.

„Elsie, sag mir, dass das nicht wahr ist“, murmelte er. „Sag mir, dass du nicht im Louvre warst und dich an die Mona Lisa geklebt hast.“

Elsie grinste nur und knipste weiter.

David zückte sein Handy und tippte auf eine Nummer.

„Okay, Mr. Guterrez. Hier ist die Lösung für den Kleber.“ – Jens Lubbadeh



© Copyright by Heise Medien.



SPRECHEN Wir ~~schriften~~ 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

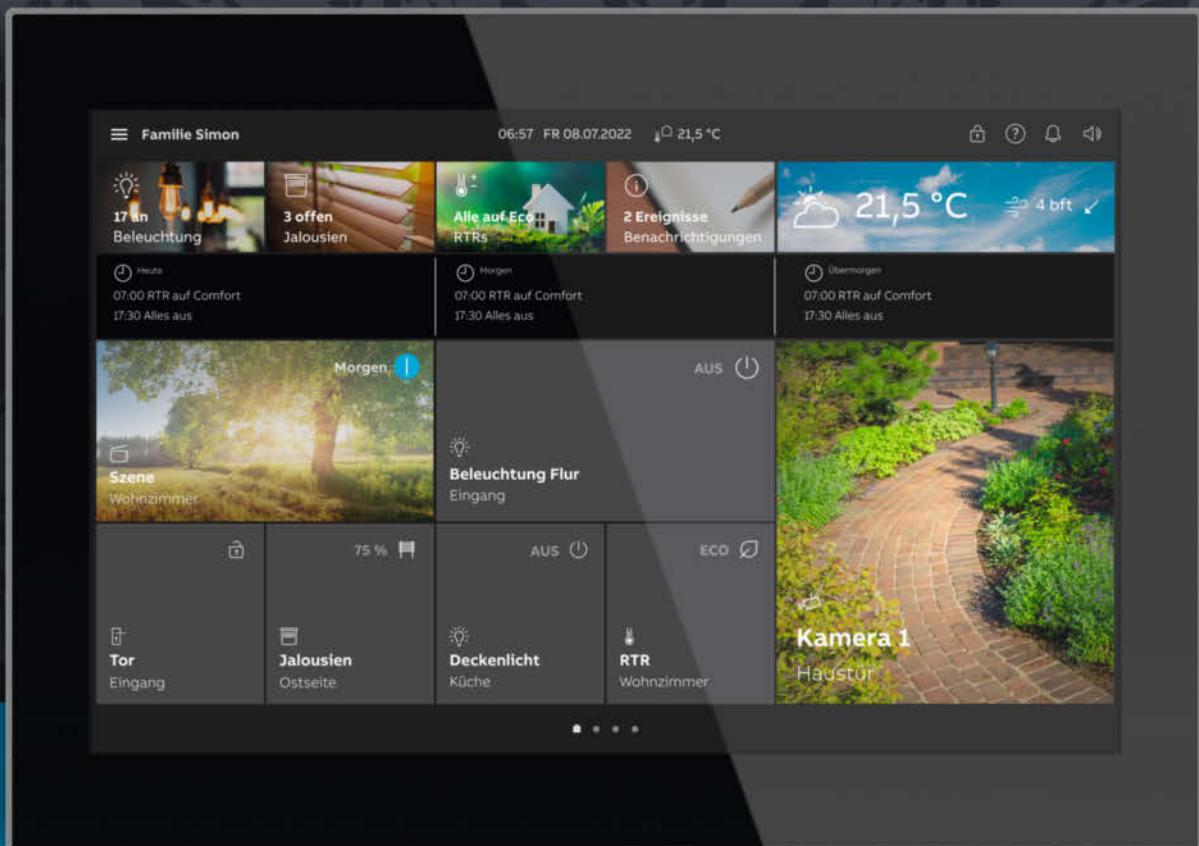
Richtig tief abtauchen in ein Thema kannst du in unserem monatlichen Fach-Podcast, in dem die Redaktion ein Thema aus der aktuellen Ausgabe mit einem Guest genauer beleuchtet.

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



#smartertogether
Busch-SmartTouch® 10"

Die Attraktion für dein Zuhause_

Busch-SmartTouch® 10" setzt neue Maßstäbe für innovative Technik und elegantes Design – in attraktiver Vielfalt mit schwarzem oder weißem Glas. Das hochauflösende 10-Zoll-Panell bietet intuitive Touch-Bedienelemente zur kinderleichten Steuerung von Licht, Jalousien, Heizung und vielem mehr. Samt perfekt integrierter Türkommunikation Busch-Welcome®. Einfach smarter – für maximalen Komfort, Sicherheit und Energieeffizienz.
busch-jaeger.de



red dot winner 2022
interface design

