

MIT Technology Review

Das Magazin für Innovation von Heise

Juni bis September 2023

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

5/2023

MOBILITÄT OHNE AUTO

Wie wir mehr Vielfalt im Verkehr erreichen

Gentechnik
CRISPR-Therapie
in der Klinik

Gaming
GPT und Co. für
klügere Spiele

Biodiversität
Sensoren für
gesunde Bienen



Wir schreiben Zukunft.



35 %
Rabatt

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

mit-tr.de/testen

Liebe Leserinnen und Leser,



kaum ist die Pandemie vorbei, sind die Menschen wieder verstkt unterwegs. Doch die wachsende Mobilität hat Folgen: Allein der Verkehr ist weltweit für 23 Prozent der energiebedingten CO₂-Emissionen verantwortlich. In Deutschland gehen zwei Drittel davon auf das Konto privater Pkw.

Das Auto ist Dreh- und Angelpunkt vieler Diskussionen über die Zukunft der Mobilität. Denn neben den Emissionen sind auch verstopfte Städte ein Problem: 8 bis 15 Prozent der Fläche einer deutschen Großstadt sind heute allein Parkfläche. Gleichzeitig sind viele Menschen auf das Auto angewiesen. Gerade außerhalb der Städte ist der ÖPNV nicht so ausgebaut, dass er eine echte Alternative zum Auto wäre.

Wie aber kann eine Mobilität aussehen, die nicht so autozentriert ist (Seite 14)? Mehr Geld für den öffentlichen Verkehr allein reicht jedenfalls nicht aus, sagen Verkehrsfochers – und fordern ein generelles Umdenken: ein radikaleres Personenbefoerungsgesetz, das die drei Silos Linienverkehr, Taxi und Mietwagen auflöst; Busse und Bahnen vor allem in Ballungsräumen, bedarfsgesteuerter Verkehr wie Rufbusse auf dem Land.

Und es gibt zwei unterschätzte Verkehrsmittel: Das Fahrrad, das laut Forscher Marco te Brmelstroet (Seite 48) nicht einfach nur ein Fortbewegungsmittel ist, sondern „für eine puristische, nahezu perfekte Sache steht: was den Ressourcen-

verbrauch, das Verhältnis von Energieeinsatz zu Entfernung und das Verhältnis von individuellem Nutzen zu gesellschaftlichen Kosten betrifft“.

Und natürlich unsere Ffe (Seite 44). Sie werden fast nur als „Brkentechnologie“ zwischen Verkehrsmitteln genutzt. Dabei sind die eigenen Beine durchaus für mehr zu gebrauchen. Doch sobald einzelne Straßen in den Städten für Autos gesperrt werden, sind die Proteste der Geschäftsleute und Anwohner nicht weit.

„82 Prozent der Menschen wollen grüne Städte, aber trotzdem einen Parkplatz vor der Tür“, heißt es in einer Studie des Umweltbundesamtes. Es ist wie so oft im Leben: Der Idealismus ist da, aber sobald es um die persönlichen Bedürfnisse geht, bitte keine Kompromisse.

„Wir haben keine Vision für Veränderungen“, beklagt Anne Klein-Hitpaß vom Deutschen Institut für Urbanistik. Doch genau die brauchen wir, um nicht nur mehr für den Klimaschutz zu tun, sondern auch unsere Städte lebenswerter zu machen.

Ihr

Luca Caracciolo
@papierjunge



MOBILITÄT • Eine gerechte Verkehrswende ist weniger ein technisches als ein wirtschaftliches und politisches Problem (Seite 14)

3 Editorial

6 Bild des Monats

Unter Pinguinen

UPDATE

8 Künstliche Intelligenz

Die Katzenbeute bleibt draußen

10 Kommunikation mit Aliens

Was ist zu tun, wenn wir außerirdische Signale empfangen?

11 Energie

Fassade liefert Wärme

13 Mythos des Monats

Ein Glas Wein am Tag ist gesund

TITEL

14 Mobilität

Wie wir mehr Vielfalt im Verkehr erreichen

26 Bahnverkehr

Ein Aktivist überfährt Grenzen



Podcast

Das EU-Parlament hat einen Entwurf für die KI-Regulierung verabschiedet. Die Juristin Sandra Wachter vom Oxford Internet Institute erklärt, was drinsteht – und was nicht.



30 Verkehrsplanung

Der Einfluss technischer Regelwerke

36 Experte in 5 Minuten

Die Bahnschiene

38 Verkehrsdaten

Wem gehören die Daten aus Autos und Apps?

44 Fußverkehr

Ein unterschätztes Verkehrsmittel mit Potenzial

48 Verkehrswende

Radfahrprofessor Marco te Brömmelstroet über Denkfehler

REPORT

53 Kolumne

Sagt die Apokalypse ab!

54 Renaturierung

Eine Flughafenruine wird zum Ökopark

61 Jubiläum

Yamahas DX7 ist der Klang der 80er

62 Gentherapie

CRISPR vor der ersten Zulassung für Menschen

BAHNVERKEHR • Der Aktivist und Blogger Jon Worth sucht nach Fallstricken im europäischen Bahnsystem (Seite 26)



„Warum sollte jemand, der 20 m³ Straßenraum mit seinem Auto in Anspruch nimmt, dasselbe zahlen wie jemand, der nur 8 nutzt?“

Konrad Otto-Zimmermann, Umwelt- und Städteplaner (Seite 16)



PHARMAKOLOGIE • Bakteriophagen werden unter Insidern schon lange als Alternative zu Antibiotika gehandelt. Jetzt starten die ersten klinischen Studien (Seite 80)

- 66 KI in Games**
Klügere Spiele dank neuer Sprachmodelle
- 70 Biodiversität**
Sensoren für gesunde Bienenvölker
- 74 Mikroskopie**
Optische Tricks lassen tief blicken
- 80 Neue Medikamente**
Mit Viren gegen multiresistente Keime
- 85 Déjà-vu**
Vogelgrippe und die Pandemiegefahr
- 86 Geoengineering**
Start-ups wollen Methan mit Eisensalzen fangen



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

DOSSIER

93 Die besten MINT-Arbeitgeber 2023

Eine Übersicht über die 261 attraktivsten Arbeitgeber

REVIEW

103 Ausprobiert

Speed-Pedelec als Liegerad

104 Hardware

Shazam für Vögel, Wasserwaschanlage

108 Medien

Sabine Hossenfelders *Mehr als nur Atome*, Serie *Silo*, Esther Gonstallas *Atlas eines bedrohten Planeten*, Klassiker *Die Rückseite des Spiegels* neu gelesen

110 Meinung Verkehrsplanung

Weniger Technokratie wagen

112 Meinung Schulbildung

ChatGPT nutzen statt ignorieren

114 Der Futurist

Tyrannie der Technik

RUBRIK

101 Impressum

106 Technologiezentren

„Es gibt KI im Schach, die Meister schlagen kann. Die ist nicht dazu da, den Spielspaß zu erhöhen.“

Paul Lawitzki, Designer und Programmierer beim Stuttgarter Spielentwickler Chasing Carrots (Seite 68)



BILD DES MONATS

Unter Pinguinen

Zwischen Tausenden Kaiserpinguinen fährt, filmt und misst der kleine autonome Roboter ECHO in der Antarktis. Die Vögel sind freundlich interessiert, stören sich jedoch nicht an dem Vehikel. Sogar in einen Huddle – eine Kreisformation der Vögel, die sie vor harter Witterung schützt – integrieren sie den Roboter.

Mit ECHO sammeln die Wissenschaftler der Woods Hole Oceanographic Institution, Massachusetts, in der kurzen Zeit, in der sich die Pinguine in der Kolonie aufhalten, um ihre Küken zu füttern, große Datensmengen. Und zwar ohne die Tiere regelmäßig fangen zu müssen. Nur einmal jährlich versehen sie 300 Pinguinküken der Atka-Bucht-Kolonie mit einem RFID-Chip. Als mobile RFID-Antenne liest ECHO die Daten der Pinguine dann in einem Umkreis von etwa zwei Metern automatisch aus.

So überwachen sie die Gesundheit der Kaiserpinguine und bekommen dabei – da die Vögel Anzeigertiere für den Klimawandel sind – gleichzeitig einen Zugang zum Zustand des Meeresökosystems.

© Copyright by Heise Medien.





beträgt die Temperatur eines exotischen Quanten-Magneten, den Kaden Hazzard und Kollegen von der Rice University hergestellt haben. Das ist zwei Milliarden Mal kälter als der interstellare Raum. Der Magnet besteht aus einzelnen Ytterbium-Atomen, die mit Laserstrahlen in einem Gitter gefangen und gekühlt werden.

KÜNSTLICHE INTELLIGENZ

Die Beute bleibt draußen

Oliver und Denis Widler, Gründer eines Start-ups an der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich, haben eine KI-gesteuerte Katzenklappe namens Flappie entwickelt. Diese Klappe fungiert als eine Art Türsteher und lässt Katzen nur dann ins Haus, wenn sie keine Beute im Maul haben. Ausgestattet mit einem Bewegungsmelder, einer Infrarotkamera und Infrarotbeleuchtung wird die Klappe von einem Algorithmus gesteuert, der ähnlich wie Gesichtserkennungssoftware funktioniert.

„Wir haben festgestellt, dass Katzen entgegen der landläufigen Meinung erstaunlich intelligent sind und schnell lernen, ihre Beute loszulassen, wenn sie ins Haus wollen“, sagt Oliver Widler. Die KI-Katzenklappe kann mit einer App gekoppelt werden, die den Besitzern Fotos und Videos vom Geschehen vor der Klappe liefert. Darüber hinaus kann sie die haushaltseigene Katze an einem Mikrochip erkennen und über die App kann ein „Tierarztmodus“ eingestellt werden, der die Klappe schließt, wenn eine Katze aus gesundheitlichen Gründen nicht nach draußen darf.

Das Team bereitet nun die industrielle Fertigung der KI-Katzenklappe vor und plant, diese ab Herbst 2023 in Serie zu produzieren. – Andrea Hoferichter



Solange die Bilderkennung Beute erkennt, bleibt die Katzenklappe zu.

© Copyright by Heise Medien.

BATTERIEN

Natrium statt Lithium

Die Zukunft der Batterietechnologie ist ein Rennen zwischen zwei Visionen: Lithium-Festkörperzellen, die für mehr Energie- und Leistungsdichte stehen, und Natrium-Batterien mit weniger Kapazität, die dafür weniger kosten und weniger kritische Rohstoffe brauchen. Natrium-Batterien sind nicht neu, aber sie erleben derzeit eine Renaissance.

Natrium-Nickelchlorid-Batterien, bekannt seit den 1980er-Jahren, sind sicher, robust und preiswert, obwohl sie bei hohen Temperaturen betrieben werden. Sie werden zunehmend als Pufferspeicher für das Stromnetz eingesetzt. Ein großer Vorteil dieser Batterien ist der Verzicht auf kritische Rohstoffe wie Kobalt, Grafit, Kupfer und vor allem Lithium. Zudem sind die Zellen robuster und rund 40 Prozent günstiger als vergleichbare Lithium-Ionen-Batterien.

Jetzt will das Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme (IKTS) zusammen mit der Altech Batteries GmbH eine Batteriefabrik mit einem jährlichen Output von 100 Megawattstunden für solche Batterien aufbauen. Roland Weidl vom IKTS betont: „Ein großer Kostenfaktor liegt in der Herstellung. Dort haben wir große Fortschritte gemacht und durch das Upscaling gibt es eine weitere Kostenreduktion. Diese Batterie ist speziell für stationäre Energiespeicherung optimiert. Das ist der entscheidende Unterschied zu früher.“ – Gregor Honsel

Foto: Universität Hohenheim / Oliver Reuther



Der Beutel mit der Würzmischung für die Instantnudeln besteht aus einer essbaren Folie – auf Basis von Eierschalen.

CLEANTECH

Verpackung aus Eierschalen

Ein Team von fünf Studentinnen der Universität Hohenheim hat eine essbare und umweltfreundliche Verpackung entwickelt, die aus Eierschalen und pflanzlichem Eiweiß besteht. Damit gewannen sie den Preis für die innovativste Idee im Wettbewerb „EIT Food Solutions: Reuse2Repack Challenge“, bei dem es um die Entwicklung biobasierter Verpackungslösungen aus Lebensmittelabfällen ging.

Die Idee kam Lina Obeidat beim Kochen. Als die Studentin der Lebensmittelwissenschaft die Eierschalen wegwerfen wollte, dachte sie sich: „Was das Ei schützt, müsste doch auch als Verpackung taugen.“

Ihre Verpackung – etwa für Instantnudelgewürze – besteht aus einer einfachen Mischung aus pflanzlichem Eiweiß, Eierschalen und strukturgebenden Weichmachern. Optisch unterscheidet sich das kleine Päckchen, das die Würzmischung enthält, kaum von Plastik. Doch sobald heißes Wasser darüber gegossen wird, löst es sich einfach auf. Das spart bei den Instantnudeln Müll – und recycelt zugleich alte Eierschalen. Das Team plant, sein Produkt weiter zu verbessern und vielleicht sogar ein eigenes Startup zu gründen. — Christina Mikalo

**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



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



+49 721 931720

sales@wibu.com

www.wibu.com



SECURITY
LICENSING

PERFECTION IN PROTECTION

EXTRATERRESTRISCHE KOMMUNIKATION

„Es gab keine Vorbereitungen, wenn wir wirklich etwas finden“

An der renommierten schottischen University of St Andrews wurde Ende 2022 ein „SETI Post Detection Hub“ gegründet. Der Leiter John Elliott erklärt, warum und was das Zentrum erforschen soll.

Sie haben den SETI Post Detection Hub gegründet. Was macht er?

Um die Frage zu beantworten, muss ich etwas ausholen. Ich bin seit 25 Jahren am SETI-Projekt (Search for Extraterrestrial Intelligence) beteiligt. Meine Hauptforschungsarbeit besteht darin, zu erkennen, welche Art von Signal wir empfangen könnten, und was wir in der Struktur, dem Inhalt des Signals suchen müssen, um dann die Entschlüsselung vorzunehmen.

Im Zuge dieser Arbeit wurde mir klar: Es gab keine Vorbereitung, keinen Plan im Vorfeld dieses Ereignisses, was wir eigentlich tun sollten, wenn wir wirklich etwas finden. Wie sollten wir damit umgehen? Ich habe erkannt, dass wir eine Strategie ausarbeiten müssen. Alles, was wir bisher hatten, ist die Idee der Transparenz. Wenn wir ein Signal erhalten, ist es die Pflicht der Forschergemeinschaft, es allen mitzuteilen und nicht geheim zu halten. Also habe ich um 2008 herum angefangen, Papiere über eine Strategie zur Entschlüsselung nach der Entdeckung eines solchen Signals zu schreiben, und nach einigen Gesprächen wurde mir dann klar, dass ich diese Initiative selbst starten muss.

Aber Sie haben Mitstreiter gefunden?

Zum Glück stieg das Interesse an dieser Arbeit mit der Entdeckung von immer mehr Exoplaneten rapide an. Das derzeitige Team besteht aus 36 Personen. Es handelt sich um Experten, die weltweit verteilt sind, von Athen bis Kalifornien,



John Elliott forscht gemeinsam mit Kollegen an der Frage, was genau zu tun ist, wenn wir tatsächlich Signale von Aliens empfangen.

von Kanada bis Australien, und überall dazwischen – einige auch in Deutschland. Und das Fachwissen deckt über 40 verschiedene Disziplinen ab.

Aber es gibt auch viele Facetten des Problems: Wir sprechen über Weltraumrecht, Ökonomie, Politik bis hin zu der Frage, wie solch eine Entdeckung unser tägliches Leben beeinflusst.

Wie wird die Arbeit finanziert?

Im Moment sind alle, wie gute almodische Akademiker, mit Enthusias-

mus dabei und arbeiten ohne Bezahlung. Aber wir haben uns um Fördergelder beworben und drücken die Daumen, dass das klappt.

Wie kann Kommunikation mit Aliens überhaupt funktionieren? Was ist die gemeinsame Basis für die Kommunikation mit etwas völlig Fremden?

Das Universum um uns herum. Wenn Sie plötzlich mitten im Amazonas-Regenwald auf einen verschollenen, indigenen Stamm stoßen, hätten Sie den Wald als gemeinsamen Bezugsrahmen um sich herum. Sie würden nicht anfangen, über Computer zu reden. Man würde also etwas aufgreifen, auf das man zeigen könnte, sagen wir einen Baum, und diesen als gemeinsamen Bezugsrahmen verwenden. So kann man einen Dialog beginnen.

Gibt es ein Protokoll, das sicherstellt, dass diese Transparenz, von der Sie vorhin sprachen, auch wirklich stattfindet?

Nun, das ursprüngliche SETI-Protokoll, das es seit 1989 gibt, besagt, dass die Transparenz sofort gegeben sein muss. Und die Wahrscheinlichkeit ist groß, dass nicht nur eine einzige Radioantenne dieses Signal empfängt.

Es wird vielleicht unterschiedliche politische Absichten geben, wie damit umzugehen ist. Aber die Regierungen werden erst wissen, dass es Kontakt gibt, wenn die Entdecker, die Wissenschaftler, es bekannt geben. Ich denke also, dass wir einen Vorsprung haben werden, was Transparenz angeht. Aber wir müssen einen Plan haben, das tatsächlich auf die richtige Art und Weise zu kommunizieren. Die Art und Weise, wie wir es der Menschheit mitteilen, ist wichtig. -Interview: Wolfgang Stieler

BAUEN

Windeln für Beton

Forschende aus Japan haben eine ungewöhnliche Methode entwickelt, um die Baukosten in Indonesien zu senken und gleichzeitig die Mülldeponien zu entlasten: Sie ersetzen Sand in Beton durch recycelte Windeln. In einer Studie, die in *Nature Scientific Reports* veröffentlicht wurde, zeigte das Team, dass bis zu 27 Prozent des Sands in tragenden Teilen eines einstöckigen Hauses durch Windeln ersetzt werden können, ohne gegen die baurechtlichen Vorgaben in Indonesien zu verstößen (heise.de/s/AQQ1).

Sand ist ein weltweit knappes Gut und seine Gewinnung und der Transport schaden dem Klima und der Umwelt. Die Vereinten Nationen sprechen sogar von einer Sandkrise. Das Recycling von Windeln könnte daher eine wertvolle Ressource ersetzen und die Baukosten senken. Annette Hillebrandt, Architekturprofessorin an der Bergischen Universität Wuppertal, sieht das Mischen von Kunststoffen und mineralischem Beton allerdings kritisch: „Das führt immer zu späteren Recyclingproblemen, also zum Downcycling bestenfalls oder gar zu Abfall“, so die Architektin. – Andrea Hoferichter

ENERGIE

Fassade liefert Wärme

Im Forschungsprojekt Tabsolar III verwandeln Fraunhofer-Forscherinnen und -Forscher Fassaden von Gebäuden in eine Wärmequelle. Sie entwickelten Wärmetauschermodule aus Ultrahochleistungsbeton, durchzogen von Kanälen, die Flüssigkeit transportieren. Diese Kanäle sind nach dem Vorbild der Natur gestaltet und ermöglichen eine gleichmäßige Durchströmung bei minimalem Energieaufwand für die Pumpe.

Die Forschenden mussten dabei verschiedene, sich teilweise widersprechende Ziele in Einklang bringen, um effiziente Fassadenelemente zu schaffen. Sie haben zwei Varianten entwickelt: Eine verglaste Version absorbiert einen Großteil des Sonnenlichts und gibt wenig Infrarot-Wärmestrahlung ab, wodurch hohe Temperaturen für Warmwasserbereitung und Heizung erzeugt werden können. Die nicht verglaste Variante, optisch unauffälliger und in verschiedenen Farben und Oberflächen erhältlich, liefert niedrigere Temperaturen, die dann durch eine Wärmepumpe erhöht werden müssen.

Die Module sind jeweils 1,75 Quadratmeter groß und für „vorgehängte hinterlüftete Fassaden“ vorgesehen, könnten aber auch in anderen Fassadensystemen eingesetzt werden. Nun sollen sie an einem Zweifamilienhaus in Kassel getestet werden. Zusätzlich gibt es ein weiteres Forschungsprojekt der Fraunhofer-Institute, das vorsieht, eine komplette Wärmepumpe mit PV-Modul und Lüftungstechnik in die Fassade zu integrieren. – Gregor Honse1

CLEANTECH

Kühlen mit Pilzen

Forscher der Johns Hopkins University in Maryland, USA, haben entdeckt, dass Pilze kälter als ihre Umgebung sind, oft um mehrere Grad Celsius. Damit könnten sie eine Alternative zu konventionellen Kühlsystemen werden. Grundsätzlich ist dieses Phänomen als „Hypothermie“ bekannt. Es wurde sowohl in freier Wildbahn als auch im Labor bei Schimmel- und Hefepilzen beobachtet.

Der Austernseitling, ein beliebter Speisepilz, ist um sechs Grad kälter als seine Umgebung und zeigt damit den stärksten Kühlungseffekt (heise.de/s/nbb2). Die Erklärung dafür ist einfach: Pilze enthalten viel Wasser, das kontinuierlich verdampft und dabei Kälte erzeugt, ähnlich wie Schweiß beim Menschen.

Welchem biologischen Zweck die Kühlung dient, ist jedoch noch unklar. Die Forschenden vermuten, dass niedrigere Temperaturen den Pilzen das Überleben erleichtern, indem sie sowohl die Bildung als auch die Verbreitung der Sporen fördern.

Um diesen Effekt zu nutzen, haben die Forschenden einen Kühlbox-Prototyp entwickelt: In einem ersten Experiment sank die Temperatur in der Box innerhalb von 40 Minuten um 10 Grad Celsius. Dieser Kühlleffekt hielt etwa eine halbe Stunde an und könnte beispielsweise dazu genutzt werden, Getränke für ein Picknick auf Trinktemperatur zu halten. – Andrea Hoferichter



Die Infrarot-Aufnahme zeigt: Die kältesten Stellen der Austernpilze sind rund acht Grad kälter als die Umgebung.

ENERGIE

Essbare Stromquelle

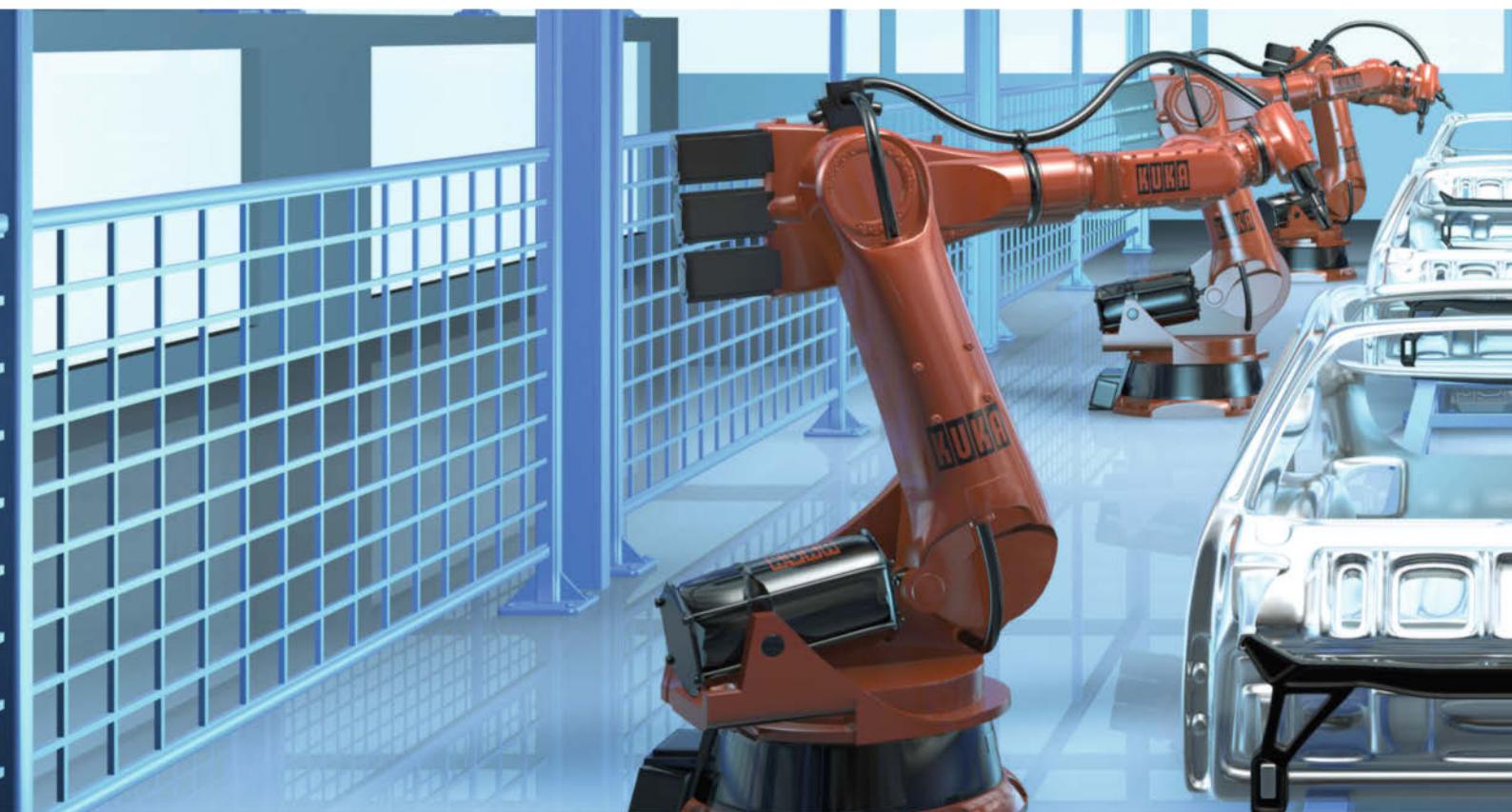
Italienische Wissenschaftler haben eine essbare und wiederaufladbare Batterie entwickelt. Sie besteht ausschließlich aus Stoffen, die in unserer täglichen Ernährung vorkommen, und kann völlig gefahrlos im Körper abgebaut werden: Vitamin B2 (Riboflavin) für die Kathode, der gelbe Naturfarbstoff Querten dient als Anode, Wasser mit aktivierter Holzkohle bildet den Elektrolyt und der Separator ist aus Nori-Algen. Der erste Prototyp liefert zwar nur 48 Mikroampere Strom bei 0,65 Volt. Das könnte aber für medizinische Zwecke ausreichen. (heise.de/s/P1re).

„Das Potenzial dieser essbaren Batterien liegt in der Stromversorgung von Sensoren, die Gesundheitsparameter in einem Menschen messen“, sagt Mario Caimoni vom Istituto Italiano di Tecnologia. Dafür möchte das Team sie weiterentwickeln. Außerdem könnte die Entwicklung mittelfristig den Weg zu größeren, leistungsfähigeren Batterien ohne Schadstoffe ebnen. – Jan Oliver Löfken



Eine Batterie, die aus essbaren Zutaten besteht.

Foto: Istituto Italiano di Tecnologia



KÜNSTLICHE INTELLIGENZ

ChatGPT hilft Nerds bei Gesprächen

Bryan Chiang, ein Stanford-Student, hat RizzGPT entwickelt, ein System, das in Echtzeit Gespräche verfolgen und Antworten vorschlagen kann. Die Technologie, die er „Charisma als Dienstleistung“ nennt, kombiniert OpenAIs GPT-4-Sprachmodell mit dem Spracherkennungssystem Whisper und Monocle AR-Brillen.

Das System analysiert den Audio-Stream über das Sprachmodell Whisper und macht dann per ChatGPT Vorschläge für Antworten in einem Gespräch – etwa bei einem Date oder einem Vorstellungsgespräch. Mit weiteren Anpassungen hat Chiang LifeOS entwickelt. Es ist auf Chiangs persönliche Nachrichten, Bilder seiner Freunde und andere Daten trainiert. Die Monocle-Brille erkennt darüber die Gesichter seiner Freunde und hebt relevante Details während der Gespräche hervor.

RizzGPT ist damit ein faszinierender Einblick in die nächsten Schritte der generativen KI und ihrer alltäglichen Anwendungen. – Wolfgang Stieler

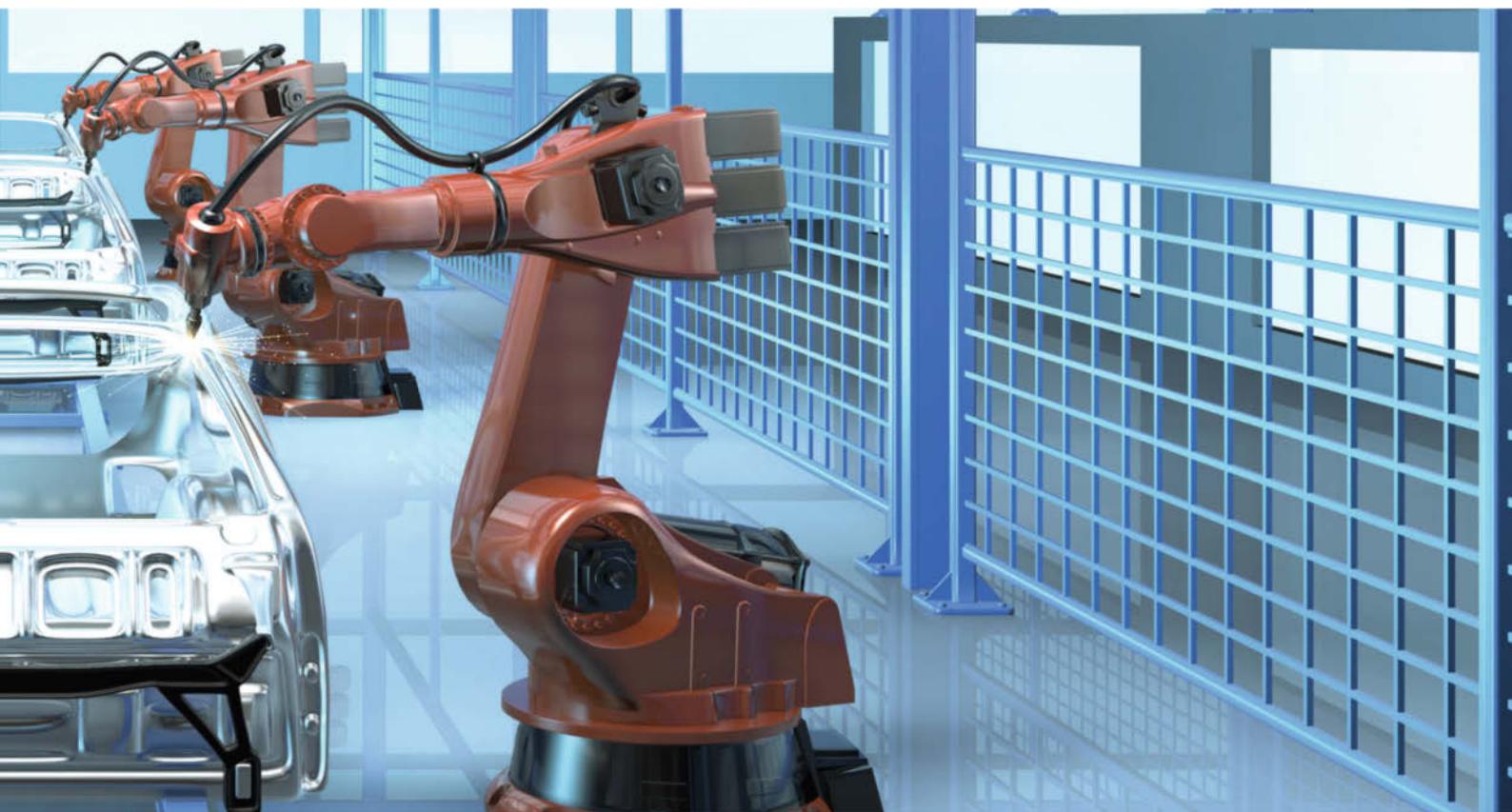
MYTHOS DES MONATS

Ein Glas Wein am Tag ist gesund

Dem in Rotwein enthaltenen Resveratrol werden allerlei positive Effekte zugesprochen: Es soll lebensverlängernd wirken, Fett abbauen und Krebszellen abtöten. Sascha Sauer vom Max-Delbrück-Centrum für Molekulare Medizin erklärt allerdings, dass die Menge an Resveratrol in ein bis zwei Gläsern Rotwein viel zu gering ist, um diese Wirkungen zu entfalten. Zudem läge die Substanz in einem sehr komplexen Stoffgemisch vor, das die antioxidative Wirkung des Resveratrol möglicherweise wieder aufhebe.

Eine aktuelle Meta-Studie der University of British Columbia, Kanada (heise.de/s/GYY7) zeigte zudem, dass das Risiko, vorzeitig zu sterben, für Frauen deutlich ansteigt, trinken sie ein Glas Wein mit 25 Gramm Alkohol pro Tag. Bei Männern steigt das Risiko ab 45 Gramm Alkohol pro Tag.

Für den Bericht wurden über 100 Studien mit fast fünf Millionen Erwachsenen analysiert, allerdings mit dem Ziel, methodische Probleme zu analysieren. – Wolfgang Stieler





Mobilität ohne Auto

Wie kann eine Verkehrswende aussehen, die vielfältige Mobilität für alle bietet, sozial gerecht ist und die Klimaziele erreicht? Das ist weniger ein technisches als ein wirtschaftliches und politisches Problem. – Gregor Honsel

„Deutschlands Autofahrer sollen gestoppt werden. Minister und Ratsherren agitieren immer heftiger gegen die Kraftfahrt in Stadtregionen, propagieren immer lauter den öffentlichen Nahverkehr. Doch dieses öffentliche System befindet sich in desolatem Zustand. Und für die Zukunft fehlt ein staatliches Konzept.“ Das schrieb der Spiegel schon 1973.

Damals stand die Ölkrise noch bevor, und der Bau von U-Bahnen hatte gerade erst begonnen. Seitdem hat der Staat Milliarden in U-Bahn-Tunnel, High-speed-Trassen und Radwege gesteckt. Trotzdem ist der Leidensdruck eher noch gestiegen: Heute ist der Verkehr weltweit für 23 Prozent der energiebedingten CO₂-Emissionen verantwortlich, zwei Drittel davon gehen hierzulande auf das Konto von privaten Pkw. Um die deutschen Klimaziele zu erreichen, müssten die Emissionen im Verkehr 14-mal so schnell sinken wie bisher, hat der Expertenrat für Klimafragen festgestellt.

Und die Klimafrage ist nur eine der vielen Baustellen. Daneben gibt es etwa den Flächenverbrauch: 8 bis 15 Prozent einer typischen deutschen Großstadt dienen als Parkplätze. Ließe sich damit nicht etwas Besseres anstellen? Oder die Frage der sozialen Teilhabe: Wie können Kinder und Jugendliche auch ohne Elterntaxi zur Schule, zu Partys, zum Musikunterricht oder zum Sportverein kommen? Wie behalten arme oder ältere Menschen auf

dem Dorf den Anschluss? Und was ist mit Menschen ohne Führerschein? Die Verkehrsaktivistin Katja Diehl verweist in ihrem Buch *Autokorrektur* darauf, dass viele Menschen Auto fahren müssen, obwohl sie es gar nicht wollen.

PUSH UND PULL

Bei allen Versuchen, etwas an der Dominanz des Autos zu ändern, folgte die Verkehrspolitik Jahrzehntelang vor allem dem Prinzip „Zuckerbrot statt Peitsche“, im Verkehrsplaner-Jargon „pull“ statt „push“. Der Glaube dahinter: Wenn man ein Verkehrsmittel attraktiv genug macht, werden die Menschen von alleine umsteigen – und zwar idealerweise vom Auto.

Die Beliebtheit von Pull-Maßnahmen ist schnell erklärt: Sie tun niemandem weh, sie erfordern keine Änderungen der Gewohnheiten, sie suggerieren, dass alles so weitergehen kann wie bisher.

„Es ist natürlich politisch sehr bequem, Radwege und Busspuren zu bauen und gleichzeitig den Autoverkehr weiter zu subventionieren. Dies ist möglich, wenn man ein reiches Land ist. Es ist zwar ein sehr liberaler Standpunkt, aber für eine Verkehrsverlagerung zum Umweltverbund nicht wirksam“, sagt Verkehrsexperte Konrad Otto-Zimmermann, der sich seit den siebziger Jahren mit dem Umbau von Städten befasst, im TR-Podcast (heise.de/s/83qE).

„Es ist politisch bequem, Radwege zu bauen und gleichzeitig den Autoverkehr weiter zu subventionieren.“

Geradezu bizarre Auswüchse zeigte die Pull-Ideologie im vergangenen Sommer: Mit dem Neun-Euro-Ticket förderte die Ampelkoalition den öffentlichen Nahverkehr, spendierte den Autofahrern gleichzeitig aber eine Spritpreisbremse. Und nun hat sich die Ampelkoalition zwar auf größere Investitionen in die Schiene geeinigt, will gleichzeitig aber auch die Autobahnen weiter ausbauen.

Selbst in vermeintlichen Musterstädten lassen sich die widersprüchlichen Folgen beobachten. „Gerade Freiburg und Münster gelten ja als Pioniere bei der Fahrradinfrastruktur“, sagt Timo Daum, Verkehrsrecher am Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung (WZB). „Aber wenn man sich den Anteil der einzelnen Verkehrsmittel am gesamten Verkehr anschaut, stellt man fest, dass Münster eine totale Autostadt ist. Auch in Freiburg ist der Anteil des Autoverkehrs bis vor Kurzem stetig gestiegen.“ In der Mobilitätsforschung und der Politik sei nun angekommen, dass „Pull alleine bei Weitem nicht ausreicht“, sagt Daum. „Das Automobil ist so privilegiert in der Straßenverkehrsordnung und in unserem Denken, dass auch die bestgemeinten Parallelangebote oft gar keine Chance haben. Jegliche Maßnahme, die den Autoverkehr nicht wirklich aktiv einschränkt, sondern von einer Art gleichberechtigter Konkurrenz verschiedener Verkehrsmittel ausgeht, wird definitiv scheitern.“

KAMPF UM GELD UND PLATZ

Die Privilegien gehen so weit, dass der deutsche Staat jedes Auto mit rund 5000 Euro im Jahr subventioniert. Laut der Studie eines schwedisch-deutsch-kanadischen Forschungsteams steckt diese Summe in Kosten für Straßenbau, Umweltschäden und Parkplätze. Solche Subventionen setzen nicht nur Anreize

„Auch der elektrische Bus wird, wenn er mal kommt, keine Fahrgäste befördern, weil die mit ihrem Leben ganz woanders sind.“

für mehr Verkehr, sondern sind auch sozial unausgewogen, meint Matthias Runkel vom Forum Ökologisch-Soziale Marktwirtschaft. „50 Prozent der Gelder gehen an das obere Einkommensviertel“, sagte er gegenüber der Zeitschrift *Fairkehr* – beispielsweise durch den Steuervorteil für Dienstwagen, denn in der unteren Einkommenshälfte bekomme kaum jemand ein Firmenauto zur privaten Nutzung gestellt.

Ideen, wie sich die Kosten wieder zurechträcken lassen, gibt es genug. Viele europäische Länder erheben beispielsweise eine Neuzulassungssteuer für Autos. Runkel selbst plädiert für eine „intelligente, digital gesteuerte Pkw-Maut“, die automatisch die gefahrene Strecke erfasst und in Rechnung stellt. Damit könne man nicht nur Luft-, Lärm- und Klimaschäden gezielt einpreisen, sondern auch viel zielgenauer entlasten: „Zum Beispiel könnte die Maut auf dem Land billiger sein, wenn kein ausreichender öffentlicher Nahverkehr vorhanden ist.“

Aber autozentrierte Mobilität kostet die Gesellschaft nicht nur Geld, sondern auch viel Platz. Bisher plant das Bundesverkehrsministerium den Ausbau von Straßen auf Basis von (selbst erstellten) Verkehrsprognosen. Mit anderen Worten: Jeglicher – realer oder vermeintlicher – Platzbedarf des Straßenverkehrs wird befriedigt. Dabei führen mehr Straßen nachweislich zu mehr Verkehr (siehe Kommentar S. 110).

„Wenn wir eine Fahrspur wegnehmen und dafür einen Radweg oder eine Busspur bauen, dann haben wir die Chance auf gute Ergebnisse“, sagt WZB-Forscher Daum. „Doch wenn wir den Radweg noch neben die zwei Fahrspuren irgendwie auf den Gehweg quetschen, werden wir keine guten Ergebnisse erzielen.“ Das könne man in Freiburg sehen. Die Stadt hat die Parkgebühren angehoben und habe so das Auto als Verkehrsmittel unattraktiver gemacht. „Da wird kein Radweg gebaut oder Gehweg breiter gemacht. So holt man die Effekte nach, die man mit Pull-Maßnahmen erzielen wollte.“

FEINMOBILITÄT

Den Trend zu immer größeren Fahrzeugen, die über ihre Parkplätze hinausragen, konnten auch E-Autos bisher nicht aufhalten – eher im Gegenteil. Konrad Otto-Zimmermann hat eine Idee, wie sich das grassierende Größenwachstum bremsen ließe. Zusammen mit Partnern hat er alle Fahrzeuggattungen in sieben Größenklassen unterteilt – vom Tretroller (XXS) über Kleinwagen (M) bis hin zu SUVs (XXL). „Feinmobilität“ nennt er das Konzept. Damit könnte eine Kommune zum Beispiel die Parkgebühren nach Größe staffeln. „Das ist eine sehr rationale und soziale Entscheidung“, sagt Otto-Zimmermann. „Denn warum sollte jemand, der 15 oder 20 Kubikmeter Straßenraum in Anspruch nimmt, dasselbe bezahlen wie jemand, der nur 8 Kubikmeter in Anspruch nimmt? Das heißt ja nicht, dass man kein SUV mehr haben darf. Man sollte nur nicht beanspruchen, damit auch überall fahren oder stehen zu können.“

On-Demand-Bus „Sprinti H“ in der Region Hannover. Solche Konzepte könnten nach Ansicht von Experten den klassischen Linienverkehr auf dem Land generell ablösen.



© Copyright by Heise Medien.

Sales Manager / Key Account (m/w/d) igus:bike components



Deine Aufgaben

- Verkauf einzelner Komponenten des igus:bike an Zweiradhersteller (B2B)
- Betreuung und Gewinnung von nationalen und internationalen Kunden
- Initiierung und Steuerung von Marketingaktivitäten
- Unterstützung bei Produktentwicklungen und -verbesserungen auf Basis von Kundenwünschen
- Abstimmung zwischen der Konstruktion und Produktion

Dein Profil

- Erfolgreich abgeschlossenes kaufmännisches oder technisches Studium und / oder eine vergleichbare Ausbildung
- 3-5 Jahre Vertriebserfahrung, idealerweise in der Fahrradbranche
- Ausgeprägte Verkaufs- und Verhandlungsstärke
- Hohe Reisebereitschaft
- Verhandlungssichere Englischkenntnisse
- Hohes Interesse an innovativer Technologie und technischen Anwendungen

Was wir Dir bieten

- 13 Gehälter und ein zusätzliches leistungsorientiertes Vergütungssystem
- Umfangreiche Sozialleistungen wie betriebliche Altersvorsorge und vermögenswirksame Leistungen
- Kostenfreie Verpflegung
- Fachliche und persönliche Weiterentwicklung im Rahmen unserer igus® Akademie
- Umfangreiches Einarbeitungsprogramm
- Flache Hierarchien sowie eine offene, persönliche Kommunikationskultur in einem familiären Arbeitsumfeld

Über uns

- Stetig wachsender, innovativer „Hidden Champion“
- Hersteller von technischen Produkten aus Hochleistungskunststoffen, made in Germany, die in über 50 verschiedenen Branchen eingesetzt werden
- Der Hauptsitz ist in Köln, unsere 31 Niederlassungen weltweit
- 4.600 Mitarbeiter:innen kommunizieren unkompliziert und wirklich alle per Du
- Unser Motto ist: Technik verbessern, Kosten senken

„Jegliche Maßnahme, die den Autoverkehr nicht aktiv einschränkt, wird definitiv scheitern.“

Rational betrachtet, wären damit für die Bürger kaum Einschränkungen verbunden. Denn praktisch alles, was man mit einem SUV machen kann, kann man auch mit einem Wagen der Klasse M – außer vielleicht einen tonnenschweren Pferdeanhänger ziehen. Doch was ist hierzulande schon rational, wenn es ums eigene Auto geht? Verkehrsaktivistin Katja Diehl kann ein Lied davon singen – sie musste heftige Shitstorms von links und rechts ertragen.

Und auch die zeitweise zu einer Fußgängerzone umgebaute Friedrichstraße in Berlin entfachte einen Kulturmampf (siehe Seite 44). Nicht einmal preiswerte Lösungen wie ein Tempolimit lassen sich in dieser permanent erregten Stimmung durchsetzen. „Es ist ein bisschen so, als ob man duschen will, ohne nass zu werden“, sagte Verkehrsplaner Emanuel Selz gegenüber dem *Spiegel*. „Natürlich wollen alle klimafreundlicheren Verkehr, aber das geht oft nur so weit, bis das eigene Tun eingeschränkt wird.“

Die emotionale Schärfe der Debatte ergibt sich auch daraus, dass oft der gesamte Lebensentwurf mit der Mobilität verknüpft ist. Wer raus ins Grüne zieht, trifft damit die Entscheidung, seinen gesamten Alltag rund um das Auto zu organisieren. Da hilft auch Heimarbeit nur begrenzt: Nach einer Studie des WZB sank 2022 das tägliche Fahrpendum von Menschen im Homeoffice lediglich von 60 auf 47 Kilometer. Und das Leibniz-Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung hat festgestellt, dass sich nach der Pandemie kein „Zusammenhang zwischen Digitalisierung und Mobilitätsreduktionen“ mehr nachweisen lasse. „Die meisten Menschen haben ein intrinsisches Bedürfnis nach Mobilität“, erklärt Janna Axenbeck, Co-Autorin der Studie. Zudem müssen sie für Besorgungen, die sie früher auf dem Arbeitsweg erledigt haben, nun eigens ins Auto steigen. Und wer seltener ins Büro muss, kann auch weiter weg wohnen.

Solch zersiedelte Räume mit herkömmlichen Bussen oder Bahnen erschließen zu wollen, ist illusorisch. „Da fahren bisher fünf Busse am Tag und alle sagen: Lassen wir doch sieben Busse fahren, und wenn wir noch besser sein wollen, machen wir die elektrisch“, sagt Daum. „Doch das hilft nichts. In manchen ländlichen Kreisen hat statistisch gesehen jeder Fahrfähige mehr als zwei Autos zur Verfügung. Auch der elektrische Bus wird, wenn er mal kommt, keine Fahrgäste befördern, weil die mit ihrem Leben ganz woanders sind.“

An seinem desolaten Zustand sei der öffentliche Personennahverkehr, kurz ÖPNV, selbst nicht unschuldig, meint Daum. Er habe gar nicht mehr den Anspruch, eine vernünftige Alternative zum motorisierten Individualverkehr zu bieten, sondern sei eine „schäbige Notlösung für all diejenigen, die sich ‚richtige Mobilität‘ – sprich das Herumfahren mit dem

eigenen Pkw – nicht leisten können“. Um Leute aus dem eigenen Pkw herauszubringen, müsse der ÖPNV aber „besser als das Auto sein“.

ON DEMAND

Große Hoffnung setzt die Branche nun auf On-Demand-Dienste, im ÖPNV-Jargon auch „Linienbedarfsverkehr“ genannt. Dabei handelt es sich meist um Kleinbusse, die auf Anfrage eine flexible Route abfahren, um möglichst viele Fahrgäste an „virtuellen“ Haltestellen aufzusammeln. Mehr als zwei Drittel der On-Demand-Shuttles fahren laut Verband deutscher Verkehrsunternehmen (VDV) bereits elektrisch. Unter der Bezeichnung „Ridepooling“ bieten private Pioniere wie Clevershuttle, Door2Door, Omobi oder Moia solche Dienste schon seit Jahren an (siehe TR 10/2018, S. 66). Doch Clevershuttle ging im Mai 2023 insolvent, Door2Door bereits im Dezember 2022, das Omobi-System in Murnau wird wohl stillgelegt, und Moia ist noch nicht über Hamburg und Hannover hinausgekommen.

Autofreies Seine-Ufer in Paris: Wo früher täglich Zehntausende Autos entlangfuhren, ist heute Raum für Entspannung.





Im August 2019 wurde in der Böckhstraße in Berlin-Kreuzberg die erste reguläre temporäre Spiel- und Nachbarschaftsstraße der Hauptstadt eröffnet. Bis 2024 sollen die Ergebnisse des Testfelds wissenschaftlich ausgewertet werden.

Foto: Bündnis Temporäre Spielstraßen

Foto: picture alliance / Chromorange

Trotzdem habe die Zahl der On-Demand-Projekte seit 2019 von 10 auf 80 zugenommen, berichtet der VDV. Wie passt das zusammen?

Eine Antwort findet sich im 2019 reformierten Personenbeförderungsgesetz (PbefG). Es erlaubt nun offiziell das Ridepooling, das bisher nur befristet unter einer Experimentierklausel möglich war. Gleichzeitig werden private Ridepooling-Dienste (im Behördendeutsch: „Mietwagen“) weiterhin dazu verpflichtet, nach jeder Fahrt wieder leer ins Depot zurückzufahren. „Das ist aus jeglicher Perspektive sinnlos“, meint Verkehrsrecher Daum. „Es leuchtet unmittelbar ein, dass sich das nicht rechnen kann. Die Rückkehrspflicht ist nur eingeführt worden, um die Taxibranche schützen.“

Hinter der Rückkehrspflicht steht auch die Angst, agile Start-ups könnten den ÖPNV „kannibalisieren“. Tatsächlich ist diese Angst nicht ganz unbegründet: „Im Sinne eines nachhaltigen Verkehrs wären kommerzielle On-Demand-Verkehre nur dann sinnvoll, wenn sich ihre Nachfrage überwiegend aus dem Kreis Autofahrender rekrutiert“, heißt es in einer Studie des Deutschen Instituts für Urbanistik (heise.de/s/VxGL). „Eine solche Entwicklung erscheint jedoch gegenwärtig mit Blick auf die Erfahrungen in den USA unrealistisch.“ Kein Wunder: Wer sich für kleines Geld bequem von Haustür zu Haustür

chauffieren lassen kann, der mag nicht mehr an zugigen Haltestellen auf den Bus warten. Das dürfte in Deutschland nicht anders sein als in den USA.

Eine solche Kannibalisierung dürfte mit dem neuen PbefG nun praktisch ausgeschlossen sein, denn es macht die Kommunen laut VDV gleichzeitig zu „Aufgabenträgern und Genehmigungsbehörden“. Und die sollten wenig Interesse haben, ihren eigenen Verkehrsbetrieben das Wasser abzugraben. Entsprechend eng sind die neuen – öffentlich geförderten – On-Demand-Angebote mit dem ÖPNV verzahnt. Zum Beispiel beim Rhein-Main-Verkehrsverbund (RMV). In sieben hessischen Gemeinden, von Limburg über Frankfurt-Bonames bis nach Pfungstadt, sind seit diesem Jahr On-Demand-Kleinbusse unterwegs. „Unsere Erfahrungen sind positiv“, sagt Sebastian Schaub, Sprecher der Fraktion Bündnis 90/Die Grünen in der Stadtverordnetenversammlung von Limburg. „Gerade für den ländlichen Raum ist on demand ein klasse Konzept.“

Der RMV bietet dabei das Dach in Form einer einheitlichen App. Die einzelnen Verkehrsbetriebe schreiben den Betrieb aus und legen die Eckdaten fest. „Eine Kannibalisierung des ÖPNV gibt es schon deshalb nicht, weil nur bestimmte Zeiten und Gebiete bedient werden, ergänzend für die erste und letzte Meile“, sagt RMV-Pressesprecherin Vanessa Rehermann.

„Wenn jemand etwas macht, heißt es: „Du willst den Leuten das Autofahren verbieten?“ Das ist natürlich eine billige Nummer.“

So fahren die Shuttles – außer in Darmstadt – nicht bis ins Zentrum. Außerdem seien die Kleinbusse „schon rein mengenmäßig“ keine Alternative zu Linienbussen und U-Bahnen.

Ähnlich handhabt das auch die Region Hannover. Hier bedient der Rufbus „Sprinti H“ drei Gemeinden im Umland der Landeshauptstadt, nicht die Stadt selbst. Weitere Kommunen wie Wunstorf sollen folgen. Eine Kuriosität am Rande: Dort fuhr der „R-Bus“ bereits vor rund 40 Jahren flexible Haltestellen an. Das System scheiterte an den zu hohen Kosten.

Ob es diesmal besser läuft, ist noch offen. 40 Prozent der deutschen On-Demand-Angebote lassen sich laut VDV mit normalen ÖPNV-Tickets nutzen, beim Rest ist noch ein kleiner „Komfortaufschlag“ fällig. Es liegt auf der Hand, dass das nicht kostendeckend sein kann. Ein Gutachten von Roland Berger im Auftrag

des VDV veranschlagt bis 2030 zusätzliche 3,8 Milliarden Euro, damit On-Demand-Verkehre in Deutschland flächendeckend in den Regelbetrieb übergehen können. Sebastian Schaub bestätigt: „Limburg kann sich das aktuell nur durch die Förderung leisten. Die Fortsetzung ohne Fördermittel wird ein finanzieller Kraftakt, von dem noch nicht klar ist, ob Limburg den so stemmen kann.“

Timo Daum glaubt indes nicht, dass Geld allein reichen wird, den öffentlichen Verkehr aufzumöbeln. Das PbfG habe zwar etwas mehr Flexibilität gebracht, aber „wir haben immer noch diese drei Silos: Linienverkehr, Taxi und Mietwagen. Aus Sicht der Kunden macht das überhaupt keinen Sinn. Wir bräuchten ein radikaleres Personenbeförderungsgesetz, das diese drei Silos auflöst.“ Normale Busse und Bahnen machten vor allem in Ballungsräumen Sinn. Aber auf dem Land werde On-Demand-Verkehr „irgendwann einmal tatsächlich den öffentlichen Verkehr darstellen“.

Sein WZB-Kollege Andreas Knie erläutert das mit einem Rechenbeispiel: „Ein Kilometer in einem klassischen Dieselsbus kostet etwa 3,50 Euro, das Taxi aber nur 2,90 Euro. Das heißt: Die Subventionierung des Taxis auf einen ÖPNV-Tarif wäre deutlich billiger, als den Bus umherfahren zu lassen. Man lügt sich in die Tasche, wenn man sagt, der Bus kann doch auch 60, 70, 80 Menschen transportie-

ren. Die tatsächlichen Auslastungszahlen zeigen: Das tut er nicht.“

Eines ist jedenfalls unstrittig: Der Linienbedarfsverkehr wird immer ein Kompromiss aus Effizienz und Bequemlichkeit bleiben. In dünn besiedelten Räumen reduziere er wegen der vielen Umwege „nicht unbedingt die motorisierte Gesamtfahrleistung“, sondern verbessere vor allem „die Mobilitätsoptionen, insbesondere für Personen ohne Pkw“, heißt es in einem Leitfaden der Agora Verkehrswende (heise.de/s/54Vp).

49-EURO-TICKET

Das 49-Euro-Ticket macht die Finanzierung nicht einfacher. Einerseits ist es für viele Bedürftige immer noch zu teuer, andererseits bekommen die Verkehrsbetriebe weniger Einnahmen und haben einen entsprechend höheren Subventionsbedarf. Deutlich radikaler war Luxemburg. Es hat seinen kompletten Nahverkehr kostenlos gemacht. „Viele der Fahrgäste wären früher nie in den Bus eingestiegen“, sagte Luxemburgs Verkehrsminister François Bausch gegenüber dem *Spiegel*. Doch heute benutze kaum noch jemand das Auto. Bausch glaubt, dass sich die Erfahrungen durchaus auf größere Länder übertragen lassen: „Wenn in einem Land wie Luxemburg ein solcher Mentalitätswandel möglich ist, dann geht das auch in Deutschland.“ Dafür müsse

Rein rechtlich gehören beide Wagen in dieselbe Fahrzeugkategorie – auch wenn sie aus verschiedenen Welten zu stammen scheinen.





We effect change

Teile deine Ideen, und wir hören dir zu. Wir haben ein offenes Ohr für alle Ideen und möchten dich ermutigen, diese mit uns zu teilen. **Weltweit etwas bewegen?**
Dann bist du hier genau richtig.

Wir möchten mit dir Grenzen überwinden!

careers.baywa-re.com

Effect
Change in
Digitalen
Berufen

der Staat aber auch Geld in die Hand nehmen. Luxemburg investiert pro Kopf rund fünfmal so viel in die Schiene wie Deutschland – in neue Gleise, einen kürzeren Takt, schickere Wagen und Haltestellen (siehe Grafik S. 37).

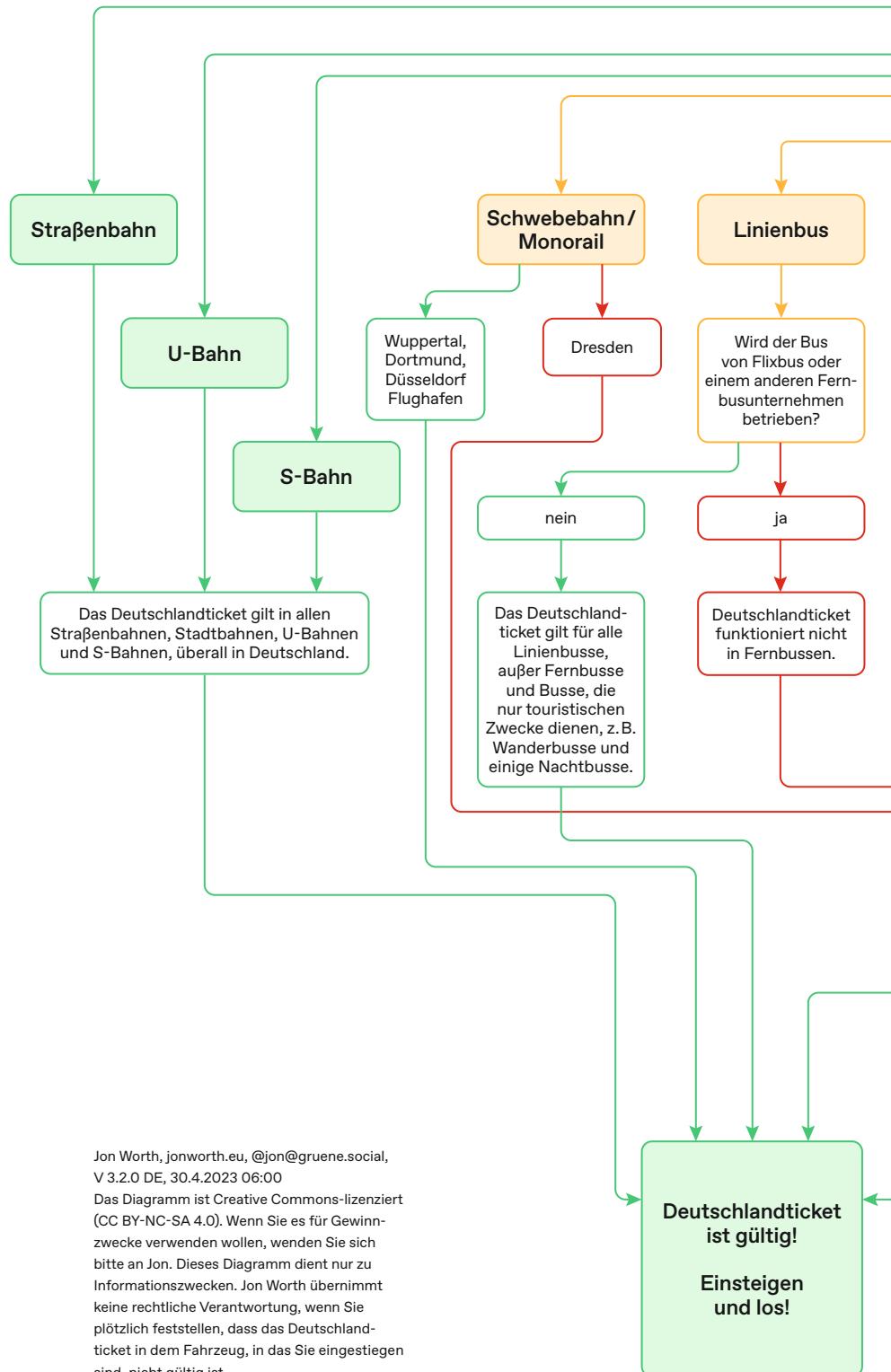
Auch in Monheim am Rhein können alle Einwohner seit 2020 kostenlos mit dem Bus fahren. „Man muss ehrlicherweise sagen, dass das teuer ist“, sagte Bürgermeister Daniel Zimmermann zum Start des Projekts. „Viele Städte können sich das vielleicht nicht leisten, aber es hängt auch davon ab, welche Prioritäten man als Stadt setzt.“ Wegen niedriger Gewerbesteuern gilt Monheim als Steueroase, als Beispiel für andere Kommunen taugt Monheim daher nur bedingt. Auch Augsburg und Pfaffenhofen bieten Gratis-ÖPNV an. In Augsburg sind es allerdings nur neun Haltestellen, und in Pfaffenhofen stauen sich nach wie vor die Autos. Das brandenburgische Templin probierte es zwischen 1998 und 2003. Als nicht nur die Fahrgäste stiegen, sondern auch die Kosten, wurde das Projekt beendet.

AUTONOME SHUTTLES

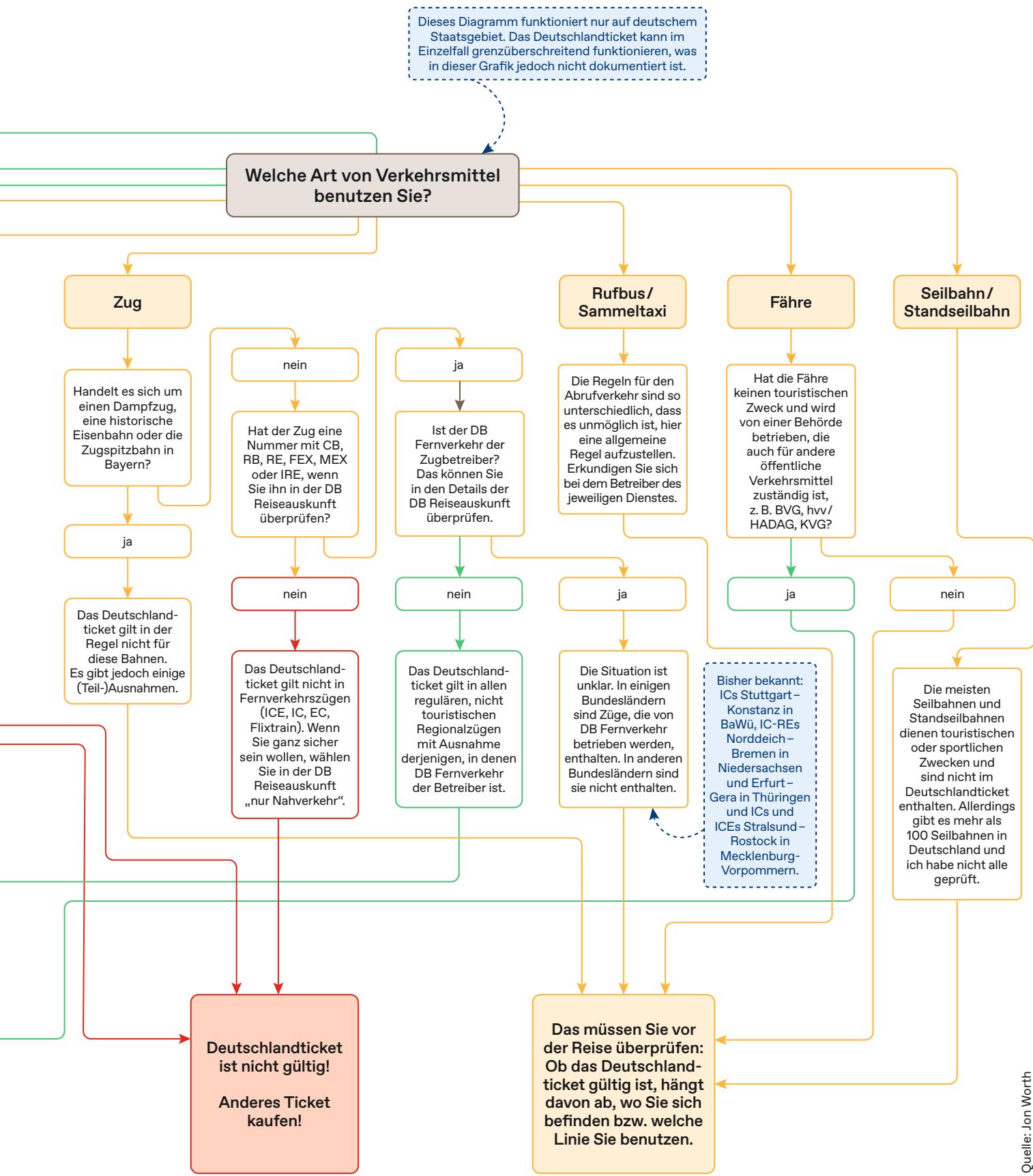
Selbst, wenn die Finanzierung gesichert wäre, bliebe ein Problem: die vielen benötigten Fahrerinnen und Fahrer. Autonome Shuttles versprechen, beide Fliegen mit einer Klappe zu schlagen: preiswerte Mobilität für alle mit weniger Fahrern und Fahrzeugen. Doch ist diese Vision wirklich realistisch? Schließlich blieben die Autopiloten – zumindest bei privaten Pkw – bisher stets weit hinter den Versprechungen zurück (siehe TR 3/2023, S. 50). Die Agora Verkehrswende erwartet aber, dass fahrerlose Fahrzeuge im ÖPNV deutlich früher zugelassen werden. Einer der Gründe: Sie sind auf relativ genau bekannten Routen unterwegs. Auch der rechtliche Rahmen passt: „Der Gesetzgeber hat 2021 einen autonomen öffentlichen Flottenbetrieb gesetzlich reguliert“, sagt Daum. „Man braucht nun eine Leitstelle, Fernwartung und Fahrzeuge, die selbstständig einen sicheren Zustand anstreben, wenn irgendetwas nicht funktioniert. Das finde ich einen fantastischen Durchbruch, da ist Deutschland regulatorisch wirklich weltweit an der Spitze.“

Bisher sind gondelähnliche Shuttles nur auf wenigen genau definierten

Viele halten die Einfachheit für den größten Vorteil des 49-Euro-Tickets. Obwohl: So einfach ist es auch wieder nicht. Der Verkehrsaktivist Jon Worth (siehe Interview S. 26) hat aufgezeichnet, unter welchen Bedingungen das Ticket gilt.



Wo ist das Deutschlandticket gültig?



„Der Gesetzgeber hat 2021 einen autonomen öffentlichen Flottenbetrieb gesetzlich reguliert. Da ist Deutschland regulatorisch wirklich weltweit an der Spitze.“

Routen im Schneckentempo unterwegs. Nun wollen eine Reihe von Verkehrsunternehmen das Thema weiterdrehen. In Darmstadt und Offenbach plant der RMV, mit weiteren Partnern noch in diesem Jahr ein Pilotprojekt mit autonomen Shuttles zu starten, die mit normaler Geschwindigkeit im normalen Straßenverkehr fahren sollen. Ab 2025 will auch die VW-Tochter Moia in Hamburg einen autonomen Ridepooling-Service anbieten. Noch eine Nummer größer probiert es die Region Hannover. In Burgdorf soll gleich ein ausgewachsener Linienbus mit 50 Plätzen autonom eine fahrtechnisch anspruchsvolle Ringlinie befahren. In allen Fällen ist während der Testphase noch ein Fahrer an Bord, der aber nur im Notfall eingreifen soll.

TEMPORÄRE LÖSUNGEN

Solche Ansätze haben das Potenzial, die Lücke zwischen Auto und Öffis zu schließen. Doch reicht das, um die vielen emotionalen Tretminen zu entschärfen, die bei einer Auto-Diät drohen? Das Umweltbundesamt (UBA) hat in einem Leitfaden verschiedene Ansätze der Stadtumgestaltung verglichen (heise.de/s/EbON). Besonders erfolgversprechend sind demnach temporäre Lösungen: zeitweilig für den Autoverkehr gesperrte Straßen, Pop-up-Radwege oder zu Sitzecken zweckentfremdete Parkbuchten („Parklets“). Entgegen gängiger Veraltungslogik müssten solche Vorhaben „explizit nicht bis zum Ende durchgeplant sein“, auch wenn dies im Widerspruch stehe zum „generell risikoaversen Handeln öffentlicher Verwaltung“.

Auch in Barcelona wurden die autofreien „Superblocks“ zunächst nur temporär eingerichtet (siehe TR 7/2022, S. 96). „Damit kann einem verbreiteten Dilemma der Planungspraxis begegnet werden“, heißt es im UBA-Leitfaden: Die Auswirkung einer Bürgerbeteiligung sei am größten, wenn wichtige Entscheidungen noch nicht getroffen sind und Pläne sich noch ändern lassen. Gleichzeitig falle es den Betroffenen zu diesem frühen Zeitpunkt oft schwer, sich die Folgen der Pläne vorzustellen. Erfahrungsgemäß werde das „Engagement der Bürgerinnen und Bürger oftmals dann größer, wenn

wichtige Entscheidungen bereits getroffen sind“, so das UBA. Verkehrsplaner Selz kann das aus eigener Erfahrung bestätigen: „Da wird zum Beispiel eine Straße für Autos gesperrt, und die Anwohner befürchten, dass die nun alle durch die Parallelstraße fahren. Das ist aber häufig gar nicht so.“

Trotzdem dürften sich auch durch solche Ansätze die Konflikte nicht einfach wegmoderieren lassen. Eine Analyse des Forschungsprojekts Ariadne kommt zum Ergebnis: „Nur diejenigen Maßnahmen mit mehrheitlicher Zustimmung umzusetzen, senkt die Emissionen nicht genug.“ Angesichts dessen wünscht sich Otto-Zimmermann „eine klare Ansage“ von der Politik: „Horcht mal, Leute! Wir sehen einem sich dramatisch verändernden Klima entgegen. Unsere Städte sind so voll, dass die Kinder nicht mehr auf der Straße spielen können. Lasst uns doch mal alle zusammenwirken!“ Doch diese Ansage erfolge nicht. „Wenn jemand etwas macht, heißt es: ‚Du willst den Leuten das Autofahren verbieten?‘ Das ist natürlich eine billige Nummer. Das ist ein ganz übles politisches Klima, das bei uns im Augenblick herrscht.“

Es braucht also viel politisches Rückgrat. „Da lohnt ein Blick ins Ausland, etwa nach Spanien oder Frankreich“, sagt Verkehrsforcher Daum. „Was wir dort von Politikern und Politikerinnen lernen können: dass sie einen Gesamtplan haben, oft lange bevor sie an der Macht sind. Und wenn sie an der Macht sind, holen sie diesen Plan aus der Tasche und schauen, dass sie schnell spürbare Ergebnisse produzieren, damit die Schmerzphasen bei den nächsten Wahlen längst vorbei sind und man bis dahin noch etwas korrigieren kann.“ Als Beispiel nennt er Valencia, wo man innerhalb einer Legislaturperiode „fast aus dem Nichts“ ein gutes Radwegenetz errichtet hat.

Die gute Nachricht: Eine „starke Forcierung der Dekarbonisierung des Verkehrs ist tatsächlich nicht teurer“, schreibt das International Transport Forum der OECD (heise.de/s/vK2b): „Der Gesamtbedarf an Kapitalinvestitionen in Straßen, Schienen, Flughäfen und Häfen ist mit ehrgeizigen Maßnahmen fünf Prozent niedriger als bei einem ‚Weiter so‘.“ ●



Podcast:
Verkehrsexperte
Konrad Otto-
Zimmermann
erklärt im
TR-Podcast
das von ihm
mitentwickelte
Konzept der
„Feinmobilität“.



husumwind.com

Transforming Energy

12. bis

› Onshore und Offshore

15. Sep

› Wasserstoff

› Digitalisierung

2023



Jon Worth überquert
an manchen Tagen
zehn EU-Binnengrenzen
mit Zügen.



„Die EU weiß nicht einmal genau, wo die Probleme überhaupt liegen“

Seit 2021 untersucht Jon Worth im Selbstversuch, wo es im europäischen Bahnsystem hakt und wie es sich verbessern ließe. Seine Erkenntnisse interessieren inzwischen auch die EU. – Gregor Honsel

© Copyright by Heise Medien.

Der gebürtige Waliser Jon Worth wohnt in Berlin und arbeitet als Aktivist, Journalist, Blogger, Dozent und Experte für Europapolitik. Seit über zehn Jahren fährt er möglichst zu allen Terminen mit der Bahn – und sammelte reichlich frustrierende Erlebnisse. Mit der crowd-finanzierten Kampagne #CrossBorderRail will er die Probleme nun systematisch dokumentieren. 2022 überquerte er alle europäischen Grenzen mit der Bahn, in diesem Jahr ist jede einzelne deutsche Außengrenze dran. Mit dabei ist meist ein „Birdy“-Fahrrad, nahezu baugleich mit dem Birdy des Interviewers. Das verbindet und führt gleich zum „Du.“.

Über wie viele Grenzen bist du bisher gefahren?

Allein im letzten Sommer habe ich 95 Mal eine Binnengrenze der EU mit der Bahn überquert, manchmal zehn an einem Tag. Inzwischen habe ich alle deutsch-französischen Bahnlinien abgedeckt und fast alle deutsch-tschechischen und deutsch-polnischen. Insgesamt bin ich rund 150 der 200 aktiven internationalen Bahnlinien der EU abgefahren.

Warum machst du das?

Wir müssten alle wegen des Klimawandels mehr Bahn fahren und weniger fliegen. Die Frage ist: Wie tun wir das? Ich versuche zu zeigen, wo man mit wenig Aufwand viel verbessern kann.

Wo läuft es schon gut?

Zum Beispiel zwischen Kopenhagen und Malmö. Da fährt alle 20 Minuten ein Zug. Die Leute haben das in ihren Alltag integriert. Viele wohnen auf der schwedischen Seite und arbeiten auf der dänischen. Ich habe sogar jemanden getroffen, der zum Zahnarzt nach Schweden gefahren ist. Es gibt nur wenige vergleichbare Regionen, etwa den Großraum Basel oder Genf. Oder zwischen Enschede in den Niederlanden und Gronau in Deutschland. Auch dort gibt es ganz viele Grenzpendler. Der Takt ist wie bei einer regulären Regionalbahn, der Zug verkehrt bis sehr spät abends. Generell funktioniert es auch zwischen Deutschland und Tschechien, Österreich, der Schweiz und Dänemark gut.

Und wo hakt es?

In manchen Orten ist es schwierig, irgend etwas zu verbessern, weil beispielsweise eine Brücke fehlt oder dort zu wenig Leute wohnen, die eine Verbindung nutzen könnten. Aber es gibt auch eine Reihe von Orten, wo wir zwar eine Strecke haben, aber kaum etwas verkehrt. Etwa beim französischen Lauterbourg. Dort fährt ein Zug im Stundentakt nach Wörth am Rhein. Aber von Lauterbourg nach Straßburg gehen nur neun Züge am Tag, das kann man für das alltägliche Pendeln nicht wirklich brauchen.

Also fehlt es nicht an technischen Voraussetzungen, sondern am Willen, diese auszunutzen ...

Genau, etwa an der Fahrplankoordination oder den Echtzeit-Informationen. Oder ob man eine durchgehende Fahrkarte buchen kann. Für den Zug

von Saarbrücken nach Straßburg etwa kann man ein Ticket online kaufen, aber dann muss man zu einem französischen Fahrkartautomaten gehen, um es auszudrucken. In Saarbrücken gibt es die nicht. Solche blöden Situationen tauchen sehr regelmäßig auf.

Gibt es bestimmte Probleme, die typisch für bestimmte Ländergrenzen sind?

Schwierig ist es mit Frankreich und zum Teil auch mit Belgien. Zwischen Brüssel und Lille verkehren heute beispielsweise weniger TGVs als noch vor einem Jahrzehnt. Und der Zug von Marseille nach Ventimiglia erreicht den Grenzbahnhof vier Minuten nach der Abfahrt des Anschlusszugs nach Genua. Diese Art von Problemen erkennt man ziemlich schnell, wenn man vor Ort recherchiert.

Wer wäre dafür zuständig?

Bevor man über eine Kooperation zwischen den Bahnfirmen sprechen kann, braucht man eine politische Einigung, dass man die Situation vor Ort verbessern will. Die EU fördert hauptsächlich die Infrastruktur, aber nicht den Betrieb. Das bedeutet: Wenn eine Regionalbahn Unterstützung für den Betrieb braucht, muss sie die von Regionen auf beiden Seiten der Grenze bekommen. Zwischen Lettland und Litauen gibt es beispielsweise Streit um einen nur 20 Kilometer langen Streckenabschnitt. Dabei geht es da nur um ein paar Liter Diesel.

Warum hat sich die EU bisher so wenig für das Thema interessiert?

Was mich stört, ist der fehlende politische Willen für die Transport- und Verkehrspolitik. Verkehrskommissar zählt nicht zu den höchstrangigen Posten der Europäischen Kommission. Die jetzige Verkehrskommissarin [Adina Vălean, Anm. d. Red.] war nur die zweite Wahl als Rumäniens Kommissarin und wollte das Verkehrsressort ursprünglich gar nicht. Ein anderes Problem ist die Lobbyarbeit. Bahnfirmen wie Deutsche Bahn, SNCF, Alstom oder Siemens sind sehr stark in Brüssel vertreten, die Passagierinteressen ziemlich schwach.

Was waren die Reaktionen auf deine Arbeit?

Wenn ich meine Schlussfolgerungen in Brüssel vorstelle, ist die deprimierende Erkenntnis, dass die EU meist nicht einmal genau weiß, wo die Probleme überhaupt liegen. Dann heißt es oft: Wie kann es sein, dass ein Blogger mit einem Crowd-finanzierten Projekt den EU-Institutionen erklären muss, wo etwas funktioniert und wo nicht? Wir brauchen eine Art Crossborder-Rail-Index, damit man weiß, wo es vorangeht und wo rückwärts.

Zeigt deine Aufklärungsarbeit schon Wirkung oder bist du eher pessimistisch?

In den letzten ein, zwei Jahren hat sich ein bisschen was geändert. Erfreulich ist zum Beispiel, dass die EU-Kommission im Februar zehn Cross-

„Wir brauchen eine Art Crossborder-Rail-Index, damit man weiß, wo es vorangeht und wo rückwärts.“

border-Rail-Pilotprojekte vorgestellt hat, um die praktischen Probleme bei zehn internationalen Verbindungen zu lösen. Statt nur einen Rahmen zu setzen und Bahnbetreiber die Probleme selber lösen zu lassen, will sie es nun andersherum machen: An praktischen Beispielen die Liste mit Problemen durchgehen – Trassenvergabe, Fahrzeugzulassung, Fahrpläne, Ticketing und so weiter. Ich bin also nicht komplett pessimistisch. Es gibt einige gute Beispiele und einige schlechte.

Als schlechtes Beispiel tauchte Frankreich jetzt mehrmals auf. Was ist dort anders als in anderen EU-Ländern?

Ja. Alles ist dort auf Hochgeschwindigkeitsverkehr ausgerichtet. Man hat den Eindruck, Regionalbahnen interessieren weder den französischen Staat noch den staatlichen Zugbetreiber SNCF. Und die Regionen haben ziemlich wenig Geld für den internationalen Regionalverkehr. In Baden-Württemberg gibt es deutlich mehr Interesse an Verbindungen nach Frankreich als umgekehrt.

Zudem wollen sich Deutsche Bahn und SNCF keine Konkurrenz machen, obwohl die Kooperation auch nicht so richtig gut läuft. Die DB will zum Beispiel mehr Züge in den Süden Frankreichs fahren lassen, aber die SNCF nicht. Der geht es um Profit, also darum, eine möglichst hohe Prozentzahl der Sitze zu füllen. Das führt zu einem kaputten Bahnsystem. Ohne frühe Züge, ohne späte Züge, mit Lücken am Tag. Der Hochgeschwindigkeitsverkehr von Paris nach Brüssel ist zum Beispiel immer voll und irre teuer. Und obwohl die EU eine neue Strecke durch die Pyrenäen für 300 km/h ausgebaut hat, fahren nur zwei Züge am Tag von Paris nach Barcelona. Die

Meist mit dabei auf Jon Worths Zugreisen:
ein rotes Faltrad.



Infrastruktur ist gut, aber es verkehren so wenig Züge. Es ist das genaue Gegenteil von Deutschland.

In Deutschland schimpfen wir gerne auf die Bahn. Ist also unsere Wahrnehmung, dass in Deutschland alles schlechter ist, doch nicht so zutreffend?

Im Fernverkehr ist die Situation wirklich sehr schwierig, besonders südlich von Frankfurt am Main. Ich hatte da schon viele Horrorfahrten. Aber der Regionalverkehr ist in Deutschland weitaus pünktlicher als der Fernverkehr, sagen die Statistiken. Die Fahrpläne sind dicht, die Züge sind modern. Auch der DB Navigator und die Echtzeitdaten sind vergleichsweise gut. Und die meisten Mitarbeiter haben gute Kenntnisse und sind kundenfreundlich. Wie viel Deutschland mit so wenigen Investitionen noch ausrichtet, ist im internationalen Vergleich irgendwie beeindruckend. Im europäischen Vergleich liegt das im oberen Mittelfeld.

In Deutschland gibt es ja die Debatte um eine Trennung von Netz und Fahrbetrieb. Wie siehst du das?

Im europäischen Vergleich gibt es keine eindeutige Antwort. Es gibt zum Beispiel eine sehr klare Trennung in Spanien. Hat das wirklich geholfen? Ich weiß nicht. In Österreich gibt es keine besonders strikte Trennung, aber da verkehren andere Betreiber ohne große Probleme auf den Hauptachsen. Ich bin eher für eine Trennung, aber nicht komplett überzeugt.

Und was sind deine Erfahrungen mit dem 49-Euro-Ticket?

Das ist eine enorme Erleichterung, zumindest für einzelne Menschen ohne Kinder, Hunde, Fahrräder. Wir brauchen ein Bausteinsystem, um für weitere 20 Euro oder so auch Kinder oder Fahrräder mitnehmen zu können. Oder in Bayern, wo es in den Regionalbahnen noch eine erste Klasse gibt, die ist immer leer. Sollen wir die erste Klasse in den Regionalbahnen nun ganz abschaffen? Oder führen wir ein Deutschland-Ticket erster Klasse ein, etwa für 69 Euro?

Und auch an den Grenzen gibt es Probleme. Mein Wunsch wäre, dass alle Tickets gültig sind bis zum ersten Bahnhof hinter der Grenze – und umgekehrt. In Enschede, rund um Zittau und in Salzburg funktioniert das schon, woanders überhaupt nicht. Von Aachen ins belgische Herkenrath sollte ich beispielsweise acht Euro zahlen – für neun Minuten Bahnfahrt.

Und wer führt für dich dein europäisches Bahn-Ranking an?

Österreich! Man merkt, dass alles vorankommt: Online-Tickets, Echtzeitdaten, Umbau von Bahnhöfen. Die sagen zum Beispiel: Okay, wir machen keinen riesigen Profit mit unseren internationalen Nachzügen, aber unsere Kunden mögen sie. Es gibt also ausreichend Bedarf, dass wir sie ohne Verlust betreiben können. Diese Mentalität der ÖBB finde ich gut. ●

Mac & i Wissen erfahren



Webinar

KI am Arbeitsplatz

Unser Webinar mit drei Experten zeigt konkrete Anwendungsszenarien von ChatGPT, Midjourney & Co. im Arbeitsleben.

11.07.2023

Enthalten in  Mac & i PRO



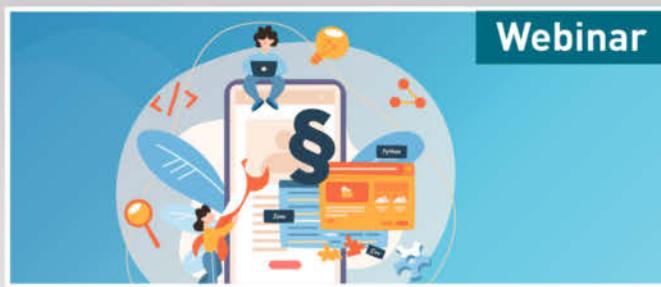
Webinar

Exportkontrolle bei Apps

Das Webinar zeigt den korrekten Umgang mit der US-Exportregulierung, erläutert Vorgehensweisen und ist wertvolle Hilfe für App-Entwickler.

12.07.2023

Enthalten in  Mac & i PRO



Webinar

Rechtliche Aspekte der App-Entwicklung

Lernen Sie die wichtigsten Anforderungen kennen, um erfolgreich und rechtssicher Apps zu entwickeln und zu veröffentlichen.

16.08.2023

Enthalten in  Mac & i PRO



Workshop

Sichere Apps für iOS und Android entwickeln

Der Workshop zeigt praxisnah die entscheidenden Entwicklungspraktiken, Konzepte und Methoden, um Sicherheit in Apps zu gewährleisten.

29. – 30.08.2023



Workshop

iPads in Schulen

Erfahren Sie alle wichtigen Aspekte, um Apple-Geräte in Schulen bereitzustellen und sie anschließend von zentraler Stelle aus zu verwalten.

19. – 20.09.2023



Workshop

Mobile Apps mit Flutter

Neben dem Einrichten der Toolchain und den Grundlagen der App-Programmierung führt der Workshop durch die Praxis der App-Entwicklung.

07. – 08.11.2023

Jetzt Frühbucher-Rabatt sichern:
events.heise.de/mac-and-i

© Copyright by Heise Medien



2 Minuten rot

Verkehrsplanung beruht zum großen Teil auf technischen Regeln. Die werden in Deutschland von der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen gemacht. Deren technische Definitionen haben mehr Einfluss auf Verkehrswende und Klimaschutz, als vielen bewusst ist. – Bernd Müller

Deutschland ist gespalten. Das zeigt sich nirgends so drastisch wie in der Verkehrspolitik. Tempolimit auf Autobahnen? Auf keinen Fall, denn freie Bürger brauchen freie Fahrt. Mehr Radwege? Gerne, aber nicht zulasten von PKW-Fahrspuren und Parkbuchten. Egal was Verkehrsexperten für mehr Klimaschutz vorschlagen: Das Jammern ist groß, häufig müssen Gerichte entscheiden. „Eine Fahrspur wird grün, die Leute sehen rot“, titelte erst kürzlich der Spiegel – demnächst bestimmt auch in Ihrer Stadt.

Wenn den Skeptikern der Verkehrswende die Argumente ausgehen, ziehen sie ihr stärkstes Ass aus dem Ärmel: die Regelwerke der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen. Die FGSV ist ein eingetragener Verein, der definiert, nach welchen tech-

Die Programmierung von Ampeln ist in einem „technischen Regelwerk“ detailliert geregelt. Meist zum Vorteil des Autoverkehrs. Dies hier ist allerdings kein Amoklauf von Verkehrsplanern, sondern Kunst: Die Lichtskulptur „Traffic Light Tree“ (Pierre Vivant) steht in London und enthält 75 computergesteuerte Verkehrsampeln.

nischen Vorgaben der Verkehr in Deutschland zu funktionieren hat. Wenn eine Autobahn gebaut, Parkbuchten geplant oder die Schaltzeiten von Ampelanlagen festgelegt werden, dann geschieht dies nach Vorgaben, die in Dutzenden Arbeitskreisen des Vereins erarbeitet wurden. Trotz dieses Einflusses kennen selbst manche Mitglieder des Verkehrsausschusses des Deutschen Bundestags diese Organisation nicht, wie Oliver Schwedes festgestellt hat.

Der Verkehrsrechtsforscher, der neun Jahre den Fachbereich Integrierte Verkehrsplanung an der TU Berlin geleitet hat, wirft ihr Intransparenz und fehlende demokratische Legitimierung vor – sowie eine über Jahrzehnte tradierte Bevorzugung des Autoverkehrs. Schwedes kann sich die Kritik leisten: Als Sozialwissenschaftler ist er Quereinsteiger, die obligatorische ehrenamtliche Mitarbeit in der FGSV blieb ihm erspart. Junge Wissenschaftler und Ingenieure, die in der Verkehrsplanung und -forschung Karriere machen wollen, kommen dagegen in solche Positionen nur, wenn sie lange in den Gremien der FGSV aktiv sind und sich mit den Mitgliedern gut stellen. Die sehen ihr Wirken längst nicht so negativ wie Oliver Schwedes.

„Die FGSV sorgt für Funktionalität und Sicherheit im Straßenverkehr. Sie ist für die Straße so etwas wie die DIN für technische Normen“, erläutert Jürgen

Gerlach, Professor für Straßenverkehrsplanung und Straßenverkehrstechnik an der Universität Wuppertal und Mitglied in zahlreichen Arbeitskreisen der FGSV. Sie treffe aber keine politischen Entscheidungen. So steht im Regelwerk nicht, ob ein Fahrradweg gebaut werden darf oder ob stattdessen dort Parkplätze einzurichten sind. Es sagt nur: Wenn ein Fahrradweg gebaut wird, muss er eine bestimmte Breite haben. Entscheidet sich eine Gemeinde dafür, doch lieber Parkbuchten zu bauen, dann müssen auch diese eine bestimmte Größe haben.

Formal stimmt das. Gesetze wie zum Beispiel die Straßenverkehrsordnung (StVO) bilden die Grundlage. In der StVO steht, dass Ampeln – in der Fachsprache „Lichtsignalanlagen“ – den Verkehr an Kreuzungen regeln und was die unterschiedlichen Zeichen für ein Verhalten „anordnen“. Doch erst in der Richtlinie für Signalanlagen (RiLSA) der FGSV steht, wie so eine Signalanlage zu schalten ist. Sie legt „maximale Umlaufzeiten“ fest, in denen eine Ampel alle Phasen durchlaufen haben muss. Das darf maximal 120 Sekunden dauern, während die minimalen Grünzeiten für Fußgänger fünf Sekunden betragen müssen. Und weil Fußgänger laut Richtlinie die Überwege mit einer durchschnittlichen Gehgeschwindigkeit von 1,2 Meter pro Sekunde queren, führt die Auslegung der Regeln oft dazu, dass Fußgänger mehrspurige Hauptverkehrs-

straßen in einer Grünphase nur bis zur Mittelinsel queren können. Alles andere würde die Umlaufzeit – vor allem der Autospuren – und damit die „Verkehrsqualität“ negativ beeinflussen.

Vor allem aber garantiert das Befolgen dieser Richtlinien, dass solch eine Ampelschaltung per Definition dem „Stand der Technik“ entspricht. Das bedeutet, dass sie gerichtsfest ist. Technische Richtlinien wie die RiLSA sind also so etwas wie das Bios der Verkehrsplanung – sie stellen grundlegende Funktionen zur Verfügung, geben allerdings auch einen technischen Rahmen vor.

TRÜGERISCHE OBJEKTIVITÄT

Zum Selbstverständnis des Vereins gehört, dass man die Regelwerke und damit die Verkehrsplanung an vermeintlich objektiv belegbaren Fakten ausrichtet. Damit versucht die FGSV den Eindruck zu erwecken, ihre Regeln speisen sich quasi aus Naturgesetzen, die keinen Interpretationsspielraum zuließen. Doch schon bei der Gründung des Vereins 1924 in Berlin – damals als „Studiengesellschaft für den Automobilstraßenbau“ (STUFA) – war die Förderung des Autoverkehrs zentrales Ziel. Nach dem Zweiten Weltkrieg wurde dann der Begriff der „autogerechten Stadt“ zum Leitbild des Vereins. Fahrrad- und Fußgängerverkehr wurden degradiert, Fahrzeiten zwischen den städteplanerisch bewusst getrennten Wohn- und Arbeitsorten minimiert, Stra-

Der Verkehrsplaner Oliver Schwedes gehört zu den schärfsten Kritikern der technischen Regelwerke der FGSV. Er argumentiert: Die scheinbar objektiven Regeln zementieren die Vorherrschaft des Autoverkehrs.



„Das Regelwerk hat 30 Seiten, für die Einwände brauchten wir vier dicke Aktenordner.“

ßen für den leichten Fluss des Autoverkehrs immer weiter ausgebaut und Verkehrsträger „entmischt“, etwa indem Straßenbahnen von den Fahrsäulen verbannt wurden.

In welche Richtung die Richtlinien die gesamte Verkehrspolitik lenken, lässt sich beispielsweise an der Richtlinie zur Anlage von Stadtstraßen, RAST, ablesen. Danach ist eine Straße in Ortschaften von innen nach außen zu planen: Durch Verkehrszählung wird ermittelt, wie viele Autos auf einer Straße fahren. Danach wird die Breite der Spuren definiert. Ob dann noch Platz bleibt für eine Fahrradspur oder einen Bürgersteig, auf dem auch Kinderwagen gefahrlos passieren können, interessiert die Richtlinie der FGSV nicht.

Mit Objektivität aufgrund von technischen Fakten habe das alles nichts zu tun, es sei denn, man akzeptiere die Vorherrschaft des Autoverkehrs, findet Oliver Schwedes. Verkehrsplanung finde nicht im luftleeren Raum statt, sondern enthalte Ziele, Werte und Normen, die von Menschen gemacht würden. Allein die Tatsache, dass in den Arbeitskreisen des Vereins nur zehn Prozent Frauen säßen, führe zu einer Verzerrung. „Frauen haben andere Anforderungen im Verkehr, als sie in den Regelwerken stehen.“

Immerhin: Seit der Revision der RAST von 2006 können Straßen nun auch von außen nach innen geplant werden, das nennt sich im Fachjargon „Städtebauliche Bemessung“. Wohnen in der Straße Familien mit Kindern, gibt es Restaurants mit Außenbestuhlung, braucht es Grünflächen für ein besseres Mikroklima? Solche Fragen dürfen nun priorisiert werden, erst dann wird der Straße der verbleibende Platz zugeteilt. Der Haken steht allerdings auch in der RAST – in nur einem Satz: Ist die Planung fast abgeschlossen, muss diese doch wieder mit der Verkehrszählung abgeglichen werden. Für Oliver Schwedes ist das ein Unding: „Dann hätte man sich die Städtebauliche Bemessung auch sparen können.“ Aktuell sei allerdings ein Update des Updates der RAST in Arbeit, die diesen verhängnisvollen Satz hoffentlich nicht mehr enthalte, sagt Schwedes.

Ein weiteres Beispiel für die noch immer vorherrschende Inside-out-Denke ist die Neufassung der Parkraumplanung. Ein Arbeitskreis hat gerade neue – größere – Abmessungen für Parkbuchten definiert. Die Begründung ist nachvollziehbar: PKW sind in den letzten 70 Jahren um 60 Prozent länger und um 35 Prozent breiter geworden. Damit der SUV-Fahrer bequem ein- und aussteigen kann, braucht er mehr Platz – statt wie bisher 2,50 Meter sollen es künftig 2,65 Meter Breite sein. Wo diese Fläche herkommen soll, darüber sagt die künftige Regel nichts. Jürgen Gerlach, der unter anderem an der neuen RAST mitarbeitet, beschwichtigt: Die geplante Vergrößerung für neue Parkbuchten sei keineswegs gegen alternative Verkehrsträger gerichtet – im Gegenteil. Wenn das Heck eines SUV aus einer Parkbucht herausrutscht, sei das gefährlich, nicht zuletzt für vorbeifahrende Radler.

SO ARBEITET DIE FORSCHUNGSGESELLSCHAFT FÜR STRASSEN- UND VERKEHRSWESEN

Die FGSV ist in acht Arbeitsgruppen organisiert, wovon die ersten drei für politische Entscheidungen die größte Bedeutung haben – Verkehrsplanung, Straßenentwurf und Verkehrsmanagement. In den anderen Fachgruppen diskutieren überwiegend Bauingenieure darüber, welche Eigenschaften Beton für Brücken oder Gesteinskörnungen für Straßenbeläge haben müssen. Steht die Reform eines Themas an, setzen sich Fachleute in einem Arbeitskreis zusammen und erarbeiten ein neues technisches Regelwerk – meist ist das ein Update eines bereits bestehenden. Die Zyklen sind lang, oft gelten Regelwerke über Jahrzehnte, bis Regeln und Realität zu weit auseinanderklaffen. Ist ein Handlungsbedarf erkannt, geben Ministerien Forschungsstudien in Auftrag. Dann kann es mehrere Jahre dauern, bis der Arbeitskreis zu einem Ergebnis kommt und das erneuerte Regelwerk herausgibt. Eine häufig geäußerte Kritik ist daher, dass die FGSV zu langsam arbeite und überholten Zielen der Verkehrsplanung aus dem letzten Jahrhundert hinterherlaufe – und damit vor allem den Erfordernissen des Autoverkehrs.

Hat der Arbeitskreis eine Entscheidung getroffen, geht das Regelwerk ans Bundesministerium für Digitales und Verkehr. Die Ministerialbürokratie verlässt sich auf die Fachkompetenz des Arbeitskreises und versieht das Regelwerk mit einem grünen Deckblatt. Damit führt der Bundesverkehrsminister es für sein Haus verbindlich ein und empfiehlt dies auch den Länderverkehrsministern. Obwohl es sich nicht um Gesetze handelt, haben die FGSV-Empfehlungen vor Verwaltungsgerichten hohes Gewicht. Das heißt: Was als Empfehlung begann, bekommt im Lauf durch die Instanzen eine normative Kraft, die fast einem Gesetz entspricht.



GREEN
ECONOMY

WIE IHR UNTERNEHMEN
WÄCHST?
NACHHALTIG.

Hannover Region Green Economy

Wir fördern nachhaltige Unternehmensprojekte im Bereich Forschung und Innovation.

Hier erfahren Sie mehr: www.wirtschaftsfoerderung@region-hannover.de/greeneconomy

GREEN ECONOMY – EINE INITIATIVE DER
WIRTSCHAFTSFÖRDERUNG REGION HANNOVER



Region Hannover

Planer, die alternative Verkehrskonzepte fördern wollen, sollten nicht auf ein schnelles Umdenken bei der FGSV hoffen – aber das müssen sie auch gar nicht. „Verkehrsplaner können schon heute von den Vorgaben abweichen – und sollten es sogar, denn jeder Einzelfall ist anders“, fordert Udo Becker, Senior-Professor an der TU Dresden. Doch das passiere zu selten, denn dann müsse man mit Klagen rechnen.

BÜRGERWUT

Thilo Becker kann ein Lied davon singen. Er war Doktorand bei Udo Becker in Dresden, sie seien nicht verwandt oder verschwägert, wie beide betonen. Seit Mai dieses Jahres ist der Verkehrsingenieur Baudezernent in Trier. Doch bereits in seiner vorigen Funktion als Fachbereichsleiter für Tiefbau und Verkehr in Offenburg lernte er das erstaunliche Beharrungsvermögen mancher Bürger kennen. Thilo Beckers Amt in Offenburg initiierte 2022 einen Verkehrsversuch, bei dem drei Hauptverkehrsstraßen für drei Monate zu Tempo-30-Abschnitten erklärt wurden – was eigentlich nur möglich ist, wenn eine „erhöhte Unfallge-

fahr“ vorliegt, die durch das Tempolimit verringert wird.

Doch Becker fand gemeinsam mit Juristen eine fachliche Begründung, die zumindest den befristeten Versuch als Lärmschutzmaßnahme rechtfertigte und genehmigungsfähig war. Allerdings ging ein Jurist aus einer Nachbargemeinde auf die Barrikaden. Er warf Becker mit Verweis auf die StVO fachliche Inkompetenz und parteipolitische Befangenheit vor und forderte vom Baudezernent – später sogar vom Oberbürgermeister – Beckers Entlassung. „Ich stehe da drüber“, sagt Becker, „aber manche andere Mitarbeitende in der Verwaltung lassen sich davon einschüchtern.“ Er kennt Kolleginnen und Kollegen aus anderen Städten, die sich für mehr Radverkehr oder eine klimafreundliche Verkehrsplanung eingesetzt hätten und die an den permanenten Attacken zerbrochen seien, manche seien dauerhaft krankgeschrieben, andere hätten den Beruf gewechselt. „Kein Wunder, dass Mitarbeitende in Verwaltungen manchmal mutlos sind und nicht alle Möglichkeiten ausreizen, die in den Regelwerken stecken.“

Dass Wandel dennoch möglich ist – wenn man nur hartnäckig genug

ist – hat er in einem anderen Fall gezeigt. An einer großen Kreuzung gibt es dort seit Jahrzehnten ein Rundum-Grün für Fußgänger und Radfahrende. Das heißt: Alle Rad- und Fußgängerampeln schalten gleichzeitig auf Grün, die Nicht-Motorisierten können dann sämtliche Fahrbahnen queren und so etwa in einem Zug auf die diagonal gegenüberliegende Seite kommen. Das Rundum-Grün hatte Bestandsschutz aus einer Zeit, als es die aktuelle Richtlinie noch nicht gab. Die aktuell gültige Richtlinie lässt eine solche Schaltung nur bei „starkem Fußgängerverkehr und geringem Kraftfahrzeugverkehr“ zu – das wäre hier aber nicht anwendbar gewesen.

Wegen vermehrter Linksabbieger-Unfälle musste die Ampelschaltung angepasst werden, damit wäre dieser Bestandsschutz erloschen. Aber natürlich stellten diese Unfälle die Regelung infrage. Es hätte eine Regelung gefunden werden müssen, die das Rundum-Grün für Radfahrer einschließt. Der Ingenieur wälzte Forschungsberichte und wies nach, dass das Rundum-Grün für Radfahrer im Ausland wunderbar funktioniert. „Eine Richtlinie verbietet nicht, dass man sich Abweichungen für mehr Sicherheit überlegt“, sagt Thilo Becker. Wenn man allerdings von den Richtlinien der FGSV abweiche, müsse man sich gut wappnen, denn das ziehe fast automatisch Widersprüche oder gar eine Klage nach sich.

Seine Einwände möchte Becker jedoch nicht als Generalkritik an der FGSV verstanden wissen. Er lobt, dass die Arbeitsgruppen des Vereins langsam einen Handlungsbedarf erkannt hätten. So hat ein Arbeitskreis zahlreiche relevante Regelwerke auf ihre Tauglichkeit für Klimaschutz und Verkehrswende abgeklopft und im vergangenen Jahr die wichtigsten Handlungsfelder im Bericht „E-Klima“ zusammengefasst.

VERKEHRSPLANUNG FÜR DAS KLIMA

Markus Friedrich hat in der Arbeitsgruppe mitgearbeitet. Auch der Professor für Verkehrsplanung und Verkehrsleittechnik an der Universität Stuttgart betont, dass die Regelwerke den Planenden und der Politik schon heute einen Gestaltungsspielraum geben würden. Das Klimaschutzgesetz mache erstmals konkrete Vorgaben zu den Klimazieln, wie das bisher nur bei der Luftreinhaltung und beim Lärmschutz der Fall war. Fried-

Nach dem Zweiten Weltkrieg hat sich die Verkehrsplanung am Leitbild einer „auto-gerechten Stadt“ orientiert. Mittlerweile ersticken viele Städte am Autoverkehr. Ein – vorsichtiges – Umdenken setzt ein.



© Copyright by Heise Medien.

Ob dann noch Platz bleibt für eine Fahrradspur oder einen Bürgersteig, auf dem auch Kinderwagen gefahrlos passieren können, interessiert die Richtlinie der FGSV nicht.

rich: „Die Empfehlungen von E-Klima greifen die Pflichten aus dem Klimaschutzgesetz auf und ermutigen Planende, die vorhandenen Regeln zugunsten des Fußgänger- und Radverkehrs zu interpretieren.“

„E-Klima klingt erstmal super, schlägt aber keine konkreten Maßnahmen vor“, urteilt dagegen Oliver Schwedes. Er hält E-Klima für eine Reaktion auf den öffentlichen Druck, den er und sein Kollege Udo Becker durch zahlreiche kritische Veröffentlichungen aufgebaut hätten. Dennoch sei es ein Schritt in die richtige Richtung – mit einer Abkehr vom Mantra des leichten Verkehrsflusses und vom Anspruch, FGSV-Regelwerke seien allein objektiven Fakten verpflichtet.

Die FGSV bewegt sich also doch – zumindest in den Fragen zur klimagerechten Verkehrsplanung. Strittig bleibt, wie der Verein mit Meinungen von Nicht-Fachexperten umgehen sollte. Für Oliver Schwedes gehören die zur Entscheidungsfindung dazu. Eine Anhörung von Ländern und weiteren Institutionen wie dem Deutschen Städtetag findet bei Regelwerken bereits statt. Ein Beispiel sind die Richtlinien für die integrierte Netzgestaltung (RIN), eines der zentralen Regelwerke der FGSV, das eine abgestimmte Verkehrsnetzentwicklung von nationalen Verbindungen mit Autobahnen bis zu Erschließungsstraßen etwa in Wohngebieten zum Ziel hat. „Das Regelwerk hat 30 Seiten, für die Einwände brauchten wir vier dicke Aktenordner“, so Jürgen Gerlach. Würde man die Anhörung auf eine öffentliche Beteiligung erweitern, stünden Aufwand und Ertrag in keinem vernünftigen Verhältnis mehr. Und die Erfahrung zeige, dass Bürgerbeteiligung sofort für politisch gefärbte und extreme Positionen missbraucht werde.

Verteidiger und Kritiker der FGSV diskutieren auch die Frage, ob die Regelwerke des Vereins künftig kostenlos sein sollten. Eine Bürgerinitiative etwa kann sich den Download kaum leisten, das Abo allein für die Regelwerke zum Themenbereich Straßenverkehrstechnik kostet ab 465 Euro pro Jahr. Schwedes plädiert dafür, dass alle Publikationen frei verfügbar sein sollten, schließlich würden diese mit Steuergeldern erstellt. Gerlach hat dafür zwar Ver-

Die Zunahme des Radverkehrs hat – besonders in Städten – zu einem verschärften Verteilungskampf um den knappen Verkehrsraum geführt.



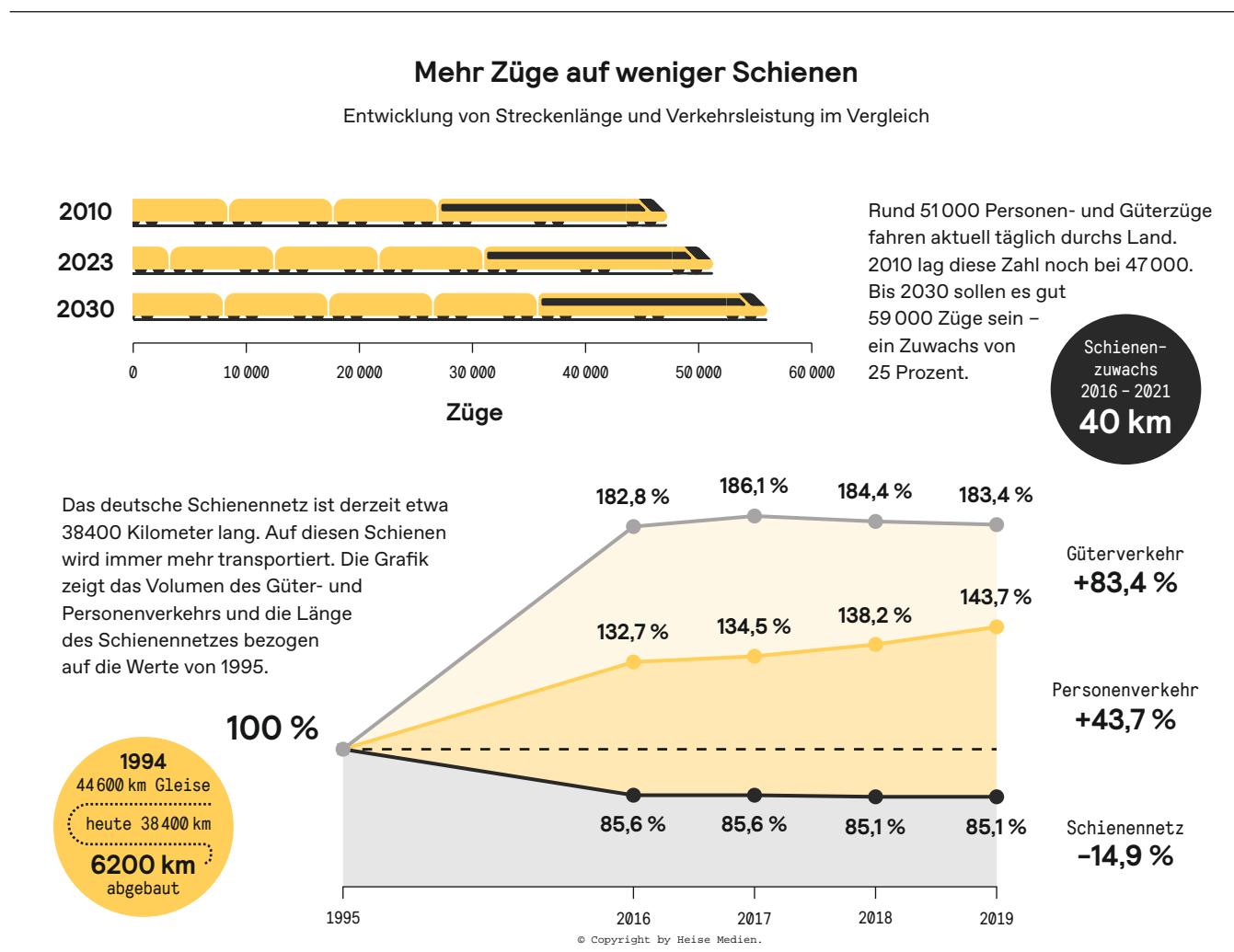
Weil Autos im Schnitt immer länger und breiter werden, wird auch die Größe von Parkbuchten regelmäßig neu definiert. Zum Ärger mancher SUV-Besitzer reicht das aber immer noch nicht.



ständnis, macht aber geltend, dass das Geld dann woanders herkommen müsse, zum Beispiel aus dem Bundesverkehrsministerium. Doch das will er auf keinen Fall. Aus anderen Ländern mit ähnlichen Einrichtungen sei bekannt, dass Politiker das Geld früher oder später als Druckmittel einsetzen, um Regelwerke nach ihren politischen Vorstellungen maßzuschneidern. Gerlach: „Man kann einiges an der FGSV kritisieren – aber politisch ist sie hundertprozentig unabhängig. Und das wollen wir unbedingt erhalten.“ ●

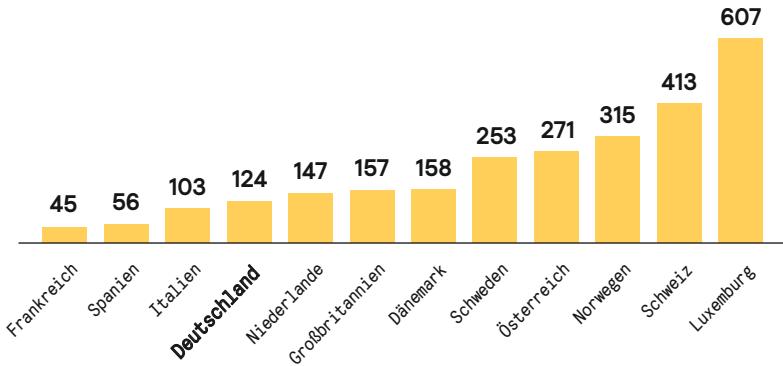
Die Bahnschiene

Ohne Schiene keine Bahn, daher sind Länge und Qualität des Streckennetzes essenziell für funktionierenden Bahnverkehr. So steht es um die deutsche Bahninfrastruktur im europäischen Vergleich. Was ist für die nächsten Jahre geplant – und wie nah liegen Plan und Realität beieinander? – Jo Schilling; Grafik: Matthias Timm, Dariia Yelistratova

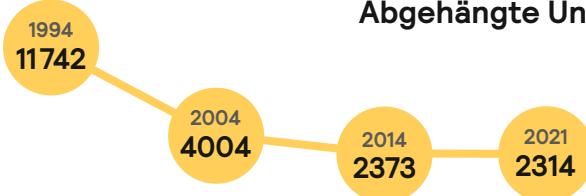


Staatliche Pro-Kopf-Investitionen in die Schieneninfrastruktur (2021, Euro)

Für die Bundesbahnen sind im Bundeshaushalt 2023 9,19 Milliarden Euro vorgesehen. Besonders im Vergleich zu unseren europäischen Nachbarn wird deutlich: Das ist nicht viel. Grundlage für den Vergleich sind die Mittel, die in den Aus- und Neubau der Schiene sowie den Ersatz im bestehenden Netz investiert wurden.



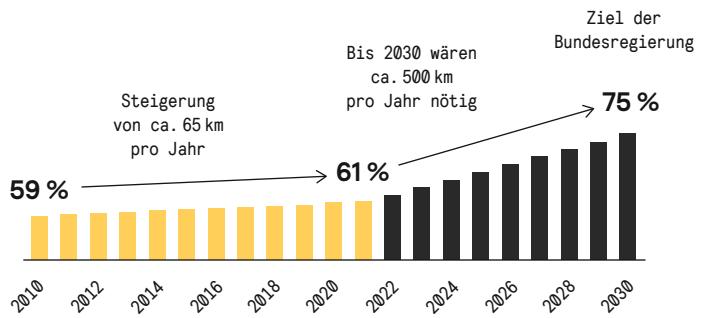
Abgehängte Unternehmen



Die Entwicklung der privaten Gleisanschlüsse im Netz der Deutschen Bahn AG ist rückläufig: Immer weniger Firmen haben einen Bahnan schluss für Güterzüge.

Elektrifizierung für die Güter

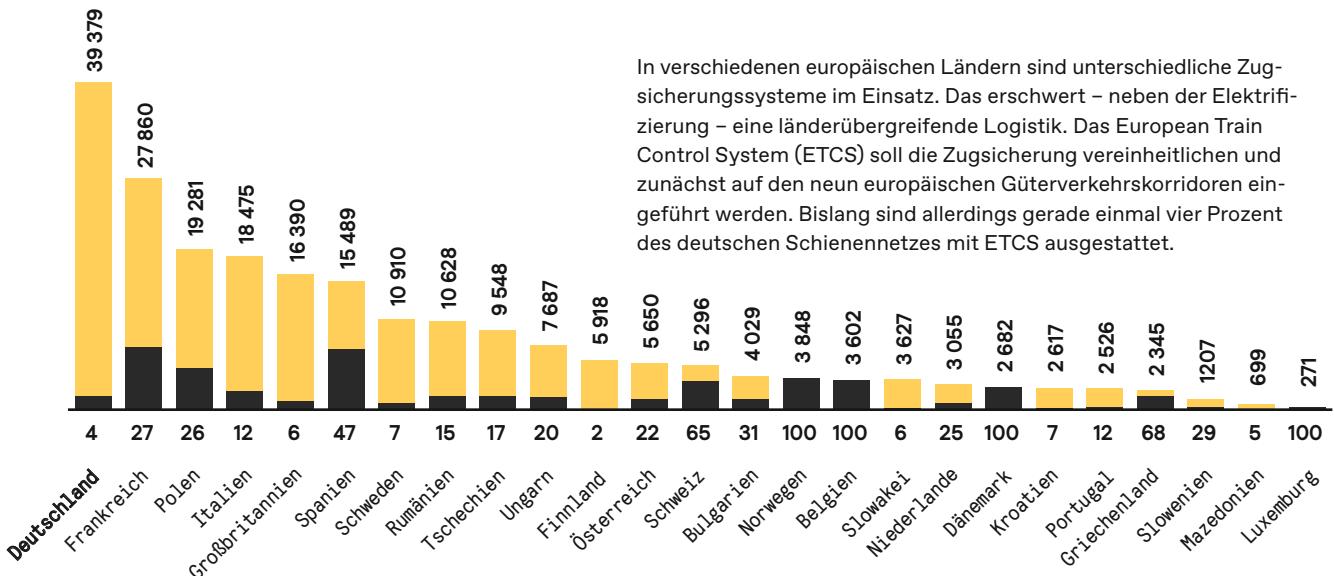
75 Prozent des Bundesschienennetzes sollen bis 2030 elektrifiziert sein.



Die Elektrifizierung der Eisenbahn-Grenzübergänge ist nötig, damit der Schienengüterverkehr europaweit und ohne logistische Brüche an den Grenzen funktioniert. Nur so können Lkw bei internationalen Transporten abgelöst werden.

Erst 28 von 57 Grenzübergängen zwischen Deutschland und seinen Nachbarstaaten sind elektrifiziert.

Digitalisierung des Schienenverkehrs



In verschiedenen europäischen Ländern sind unterschiedliche Zug sicherungssysteme im Einsatz. Das erschwert – neben der Elektrifizierung – eine länderübergreifende Logistik. Das European Train Control System (ETCS) soll die Zugsicherung vereinheitlichen und zunächst auf den neun europäischen Güterverkehrskorridoren eingeführt werden. Bislang sind allerdings gerade einmal vier Prozent des deutschen Schienennetzes mit ETCS ausgestattet.

Unterwegs mit 25 GB/h

010011000 110011001
101101010 101110100
011001100 011011011
010101001 101100101
111001100 100101001



110011001 010011000
101110100 101101010
011011011 010011000
101100101 101101010
100101001 011001100
110110100 010101001
010011000 111001100
101101010 010110010
011001100 110011001
010101001 101110100
111001100 011011011
010110010 111001100

Pausenlos produzieren Menschen Informationen, wenn sie unterwegs sind – im Bus, im Auto und auf dem Roller. Welchen Wert haben solche Einblicke in unser Leben? Und wem gehören die Daten überhaupt? – Karsten Lemm

Der Balztanz der Systeme beginnt beim ersten Fingerzeig. Taxi gefällig? „Bestell“-Button in der App antippen, schon rasen Datenströme hin und her, um die perfekte Partie für den Passagier zu finden. Ort, Zeit, Entfernung, Staus, Umleitungen, verfügbare Fahrzeuge und ihre Fahrer: Wer ist in der Nähe? Wer hat Zeit und nimmt den Auftrag an? Zu welchem Preis? All das – und mehr – handeln die Rechner des Fahrdienst-Anbieters Freenow miteinander aus, um Angebot und Nachfrage zusammenzuführen. Sekundenschnell, so präzise wie möglich.

„Der wichtigste Moment für uns ist der Augenblick der Vermittlung. Damit steht und fällt alles“, sagt Michael Thüne, Director Data Centre of Excellence bei der Hamburger Firma, die als Joint Venture zu BMW und Mercedes gehört. Etwa 1,2 Millionen Taxianfragen vermittelt Free-

now durchschnittlich im Monat; dazu noch 24 000 Bestellungen für E-Scooter, E-Bikes oder Carsharing. Möglich nur, weil Freenow jederzeit weiß, wo sich Fahrzeuge und Fahrer gerade aufhalten, welche Scooter bei einer Anfrage in der Nähe sind und ob der Ladestand des Akkus reicht, um Kunden bis ans Ziel zu bringen. „Daten“, sagt Thüne, „sind ein sehr wichtiger Bestandteil unseres Produkts.“

Das gilt für immer mehr Bereiche der Wirtschaft, in denen Informationen darüber anfallen, wann und wo sich Menschen aufhalten; woher sie kommen, wo hin sie gehen und wie lange sie bleiben, ehe sie weiterziehen. Dieses Wissen kann nicht nur für einzelne Hersteller, sondern generell für die zukünftige Gestaltung der Mobilität essenziell werden. Eine intelligente Verknüpfung all dieser Daten sorgt im Idealfall nämlich für bessere Ver-

kehrsströme – was nicht zuletzt auch dem Klima zugutekommt.

Dabei lassen sich fast alle Deutschen freiwillig von einem Peilsender durch den Tag begleiten: dem Smartphone. Ebenfalls besonders sammelfreudig zeigt sich das Auto. „Ein modernes Auto erzeugt rund 25 Gigabyte Daten innerhalb von nur einer Stunde“, berichtet der Verband der Deutschen Automobilindustrie (VDA). Sensoren erfassen so ziemlich alles, was sich rund um das Fahrzeug tut: Das beginnt mit Basisinformationen wie Reifendruck, Tankfüllung und Kilometerstand, die bei manchen Modellen alle paar Minuten dem Hersteller zugefunkt werden; dazu kommen Daten von Abstandsmessern, Blinkern und Bremsen, aber auch Sensoren in Sitzen, Sicherheitsgurten und im Lenkrad, die dem Auto Rückschlüsse auf die Insassen



Ob ein Scooter, ein Leihrad oder eine Autofahrt gebucht wird – immer findet im Hintergrund ein komplizierter Tanz der Daten statt.

erlauben. Sitzt die Fahrerin zu lange am Lenker, kommt der Vorschlag, eine Pause einzulegen. Hat sich der Beifahrer nicht angeschnallt, wird er – „Piiep!“ – vom Auto dazu ermahnt. Vieles dient der Sicherheit, anderes dem Komfort, und einiges eröffnet den Herstellern und ihren Partnern neue Einnahmequellen.

So bieten zahlreiche Versicherungen Telematik-Tarife an, die auf das individuelle Risikoprofil abgestimmt sind. Wie hoch die Prämie ausfällt, bestimmt der Fahrstil ebenso wie Tageszeit, Ort und Routenplanung: Wer oft auf Landstraßen unterwegs ist oder viel befahrene Kreuzungen quert, bedeutet für die Versicherung womöglich ein höheres Risiko als jemand, der gern mal das Gaspedal auf der Autobahn durchdrückt.

Hinzu kommt für Autobauer die Chance, von Millionen Fahrzeugen zu

lernen, die ihnen ständig Diagnosedaten senden. So können Hersteller nicht nur erkennen, welche Bauteile sich bewähren oder schwächen, sondern auch Besitzer frühzeitig warnen, wenn Verschleißteile ausgetauscht werden sollten – ehe es tatsächlich zur Panne kommt.

Tobias Schneiderbauer, Branchen-Experte bei McKinsey, sieht im „unge nutzten Datenschatz“ vernetzter Fahrzeuge ein Potenzial für Effizienzgewinne und Mehreinnahmen von bis zu 400 Milliarden Dollar – Jahr für Jahr, in aller Welt. „Da gibt es viele Möglichkeiten“, sagt Schneiderbauer. „Bis hin zu: Ich optimiere meine Lagerhaltung für Ersatzteile, weil ich weiß, wo welches Fahrzeug ausfallen könnte.“

Doch wer hat überhaupt Zugriff auf all die Daten, die vernetzte Autos sammeln? Wo fließen sie zusammen? Wo wer-

Eigentumsrechte können nur für Gegenstände geltend gemacht werden – nicht für Informationen über Reifendruck, Tachometer oder die Einparkhilfe.

„Ein modernes Auto erzeugt rund 25 Gigabyte Daten innerhalb von nur einer Stunde.“

den sie gespeichert? Wie geteilt und zu welchen Bedingungen – wenn überhaupt?

GERANGEL UM DEN DATENSCHATZ

Diese Fragen werden in der Branche heftig debattiert. Die Autohersteller schlagen einen eigenen Standard vor, ADAXO genannt. Er soll eine einheitliche Grundlage für Speicherung und Nutzung aller anfallenden Fahrzeugdaten bieten. Der Standard garantie „die Datensouveränität der Kundinnen und Kunden“, verspricht der VDA, und ermögliche „eine sichere und faire Nutzung der Daten entlang der gesamten Wertschöpfungskette“.

Kritiker sehen in ADAXO den Versuch der Hersteller, sich den direkten Zugriff auf alle Fahrzeug-Informationen zu sichern, um zu kontrollieren, was mit ih-

nen passiert – womöglich zum eigenen Vorteil. Bei Reparatur und Wartung zeigt sich bereits die Macht der Autobauer: „Immer mehr Fahrzeughersteller schränken den Diagnosezugang zu ihren Autos ein. Das führt zu Mehrkosten für freie Werkstätten und Verbraucher“, moniert der ADAC. Denn ohne Zugriff auf das „On-Board-Diagnose“-System können Mechaniker in vielen Fällen wenig machen. Die Zulieferer ATU und Carglass strengten deshalb eine Musterklage gegen Fiat an: Sie wollen vom Europäischen Gerichtshof klären lassen, ob die Hersteller ihren Vertragswerkstätten durch die Datenblockade einen wettbewerbswidrigen Vorteil gegenüber freien Reparaturbetrieben verschaffen.

Autobesitzer mögen sich verwundert fragen, ob die Informationen nicht in Wahrheit ihnen gehören, ähnlich wie

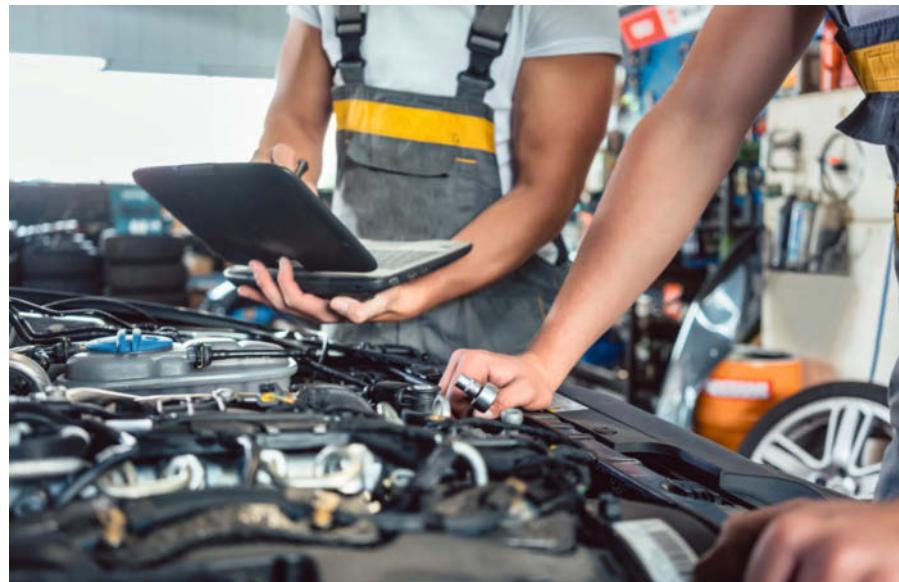
der Wagen selbst. Nein, sagen Juristen, denn Eigentumsrechte könnten nur für Gegenstände geltend gemacht werden – nicht für immaterielle Güter wie Informationen über Reifendruck, Tachometer oder die Einparkhilfe. „Vom Begriff ‚gehören‘ muss man sich in diesem Zusammenhang rechtlich verabschieden“, sagt ADAC-Hausjurist Klaus Heimgärtner. „Es geht nur um die Frage: Wer darf berechtigt mit den Daten umgehen?“

Dazu lassen sich die Hersteller üblicherweise die Nutzungsrechte an den Daten in einer Einwilligungserklärung übertragen, ähnlich wie App-Entwickler beim Smartphone. An dieser Einwilligung komme im Grunde niemand vorbei, der ein modernes Fahrzeug fahren wolle, klagt Heimgärtner. „Das geht nach dem Motto: ‚Friss oder stirb.‘“

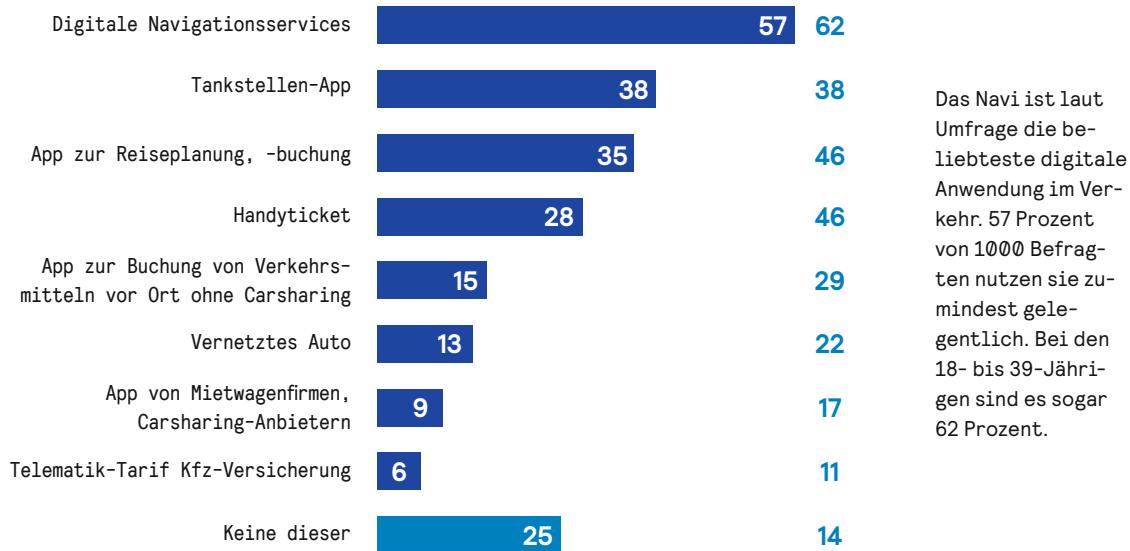
Besserung erhoffen sich Kritiker von einem geplanten Gesetz aus Brüssel: Der Data Act, den die EU-Kommision im vorigen Jahr vorgelegt hat, soll klar regeln, dass Nutzer von vernetzten Geräten selbst bestimmen können, wer Zugriff auf die Daten hat, die sie durch den Gebrauch produzieren. Das soll etwa Reparaturen billiger machen, weil Hersteller die gesammelten Einsichten künftig teilen müssten; die EU-Kommission erwartet aber auch, dass der freie Fluss von Datenströmen neue Geschäftsmodelle ermöglichen wird – etwa, wenn Bauern ihre Bewässerungssysteme mit Diagnose-Apps anderer Hersteller vernetzen könnten.

Mit solchen Ansprüchen geht der Data Act weit über Mobilität hinaus und ist damit etwa dem ADAC zu allgemein gehalten. Der Automobil-Club wünscht sich zusätzlich eine „sektorspezifische Regulierung“ für alle Informationen, die im Straßenverkehr anfallen. „Letztlich können alle Daten wertvoll sein“, sagt Heimgärtner. „Weil völlig unklar ist, welche Ideen man noch haben kann – für

Bei Werkstattbesuchen werden regelmäßig Daten ausgelesen. Wem gehören sie?



Nutzung digitaler Dienste (in Prozent)



18- bis 39-Jährige

Dienste, die Nutzern zugutekommen, aber auch für Unfallanalysen oder andere Dinge, die für die Gesellschaft von Vorteil sein können.“

BINNENMARKT FÜR DATEN

Genau deshalb arbeitet die EU daran, einen „Binnenmarkt für Daten“ zu schaffen. In neun Bereichen, darunter neben Mobilität auch Energie, Industrie und Gesundheit, sollen sogenannte „Datenräume“ entstehen, die den freien Austausch digitaler Informationen ermöglichen. In Deutschland laufen die Fäden für das Thema Mobilität bei der Deutschen Akademie der Technikwissenschaften (Acatech) in München zusammen. „Der erste Schritt ist die Inventarisierung dieser ganzen Landschaft“, erklärt Projektleiterin Lucie Kirstein. Etwa 280 Daten-Ökosysteme hat ihr Team bereits erfasst – vor allem kleine, oft noch junge Initiativen, die sich vorgenommen haben, konkrete Probleme zu lösen. „Sei es in der Logistik, in der Lieferkette oder im öffentlichen Verkehr“, sagt Kirstein.

Was theoretisch möglich wäre, illustriert ein Beispiel aus der Schifffahrt. In vielen Häfen gelte bisher das Prinzip „First come, first served“, berichtet die Acatech-Forscherin. Die Folge sind Staus und Wartezeiten. Eine intelligente Steuerung mit Echtzeit-Informationen über Ankunft und Entladung einzelner Container käme auch der Bahn und Speditionen zugute, die die Ware weitertransportieren. Optimierte Abläufe, weniger Stau: „Das hat natürlich große Konsequenzen für die öffentliche Infrastruktur“, sagt Kirstein. Die große Herausforderung sei bisher die „Harmonisierung und Beschrei-

„Die Wählung, in der bezahlt wird, muss nicht unbedingt Geld sein.“

bung der Daten“ ebenso wie „Standardisierung und Einigung auf bestimmte Formate und Protokolle“. Doch seien die Voraussetzungen erst einmal geschaffen, gebe es ein enormes Potenzial für neue Lösungen: „Man muss tatsächlich nur die Daten zur Verfügung stellen“, glaubt Kirstein, „und dann gibt es sehr, sehr viele Leute, die damit sehr tolle Sachen machen können.“

Das hofft auch Michael Schäfer, Geschäftsführer für den Mobility Data Space (MDS). Das Projekt ist eng mit dem Aufbau europäischer Datenräume verknüpft und wird von der Bundesregierung gefördert, zählt aber auch eine Reihe privater Unternehmen zu seinen Gesellschaftern. Gedacht ist der MDS als „Datenmarktplatz“. Er soll den Austausch fördern zwischen allen, die unser Land in Bewegung halten: Städte, Gemeinden, Autohersteller, Nahverkehrsbetriebe, Energieversorger, deren Infrastruktur für die E-Mobilität fit gemacht werden muss.

„Etwa 30 Prozent aller Anfahrten zu Ladensäulen sind zurzeit nicht erfolgreich“, erklärt Schäfer – etwa, weil sie belegt oder defekt sind. „Wenn man das verbessern will, muss man ganz viele verschiedene Beteiligte aus unterschiedlichen Branchen zusammenbringen – die auch zunächst mal unterschiedliche Interessen haben.“ Aber, so betont Schäfer: „Wenn sie sich zusammentun, gewinnen am Ende alle dabei.“

Etwa 90 Partner hat das Projekt seit dem Start im vorigen Jahr gefunden, darunter Stadtwerke und Fraunhofer-Institute, Bahn und Post, aber auch Versicherungen, TÜV Rheinland, ADAC und Mobility-Anbieter wie Bolt, Tier und Freenow. Mit



Acatech-Projektleiterin Lucie Kirstein hat mit ihrem Team bereits 280 Daten-Ökosysteme identifiziert.

BMW und Mercedes sind auch zwei Autohersteller dabei – trotz der Debatten um den eigenen Standard ADAXO.

„ADAXO und der Mobility Data Space ergänzen sich idealerweise“, erklärt Schäfer. „Wir bekommen im Rahmen von ADAXO 42 Datenpunkte von den Automobilherstellern“, darunter Informationen über Verkehrsfluss und Geschwindigkeit, aber auch Informationen zum Füllstand von Tank oder Batterie. Die Bereitschaft der Hersteller, beim MDS mitzumachen, erklärt Schäfer damit, dass der Data Space lediglich als Vermittler auftritt: „Die Daten werden immer nur Peer-to-Peer ausgetauscht – die Partner behalten die volle Kontrolle“, erklärt er. „Das ist eine Grundvoraussetzung dafür, zwischen den handelnden Parteien ein Vertrauensverhältnis aufzubauen.“

Bestimmte Informationen müssen sogar öffentlich zur Verfügung gestellt werden; so besagt es die Mobilitätsdatenverordnung vom Juli 2022. Darunter fallen Fahrpläne und Betriebsstörungen, aber auch Echtzeitdaten zur Auslastung von Bussen und Bahnen oder Standorte von Carsharing-Fahrzeugen. Gebündelt werden die Daten in der „Mobilithek“. Dort finden sich, knapp ein Jahr nach dem Start, fast 7000 Angebote unterschiedlichster Art – über „Lkw-relevante Beschilderung“ im Rhein-Main-Gebiet bis

zu Kommunikationsdaten von Drohnen-Testflügen.

Um das heterogene Sammelsurium leichter nutzbar zu machen, sollen die Informationen ab Herbst auch im Mobility Data Space zur Verfügung stehen. Das soll deren Nutzung steigern und weitere Anbieter motivieren, solche Daten

Michael Schäfer, Geschäftsführer des Mobility Data Space, will Städte, Gemeinden, Autohersteller, Nahverkehrsbetriebe und Energieversorger zusammenbringen.



© Copyright by Heise Medien.

zur Verfügung zu stellen. Wozu sie am Ende dienen und zu welchen Konditionen sie gehandelt werden, das sollen Interessenten unter sich ausmachen. „Die Währung, in der bezahlt wird, muss nicht unbedingt Geld sein“, betont Schäfer. „Es kann auch sein, dass der eine Daten hat, die den anderen interessieren, und umgekehrt.“

GEMISCHTE AUSSICHTEN

So viel Unterstützung wie nötig, so wenig einmischen wie möglich: Reicht das, um Deutschland digital mobil zu machen? Bei Freenow klingt noch Skepsis mit, auch wenn das Unternehmen offiziell zu den Partnern der Initiative gehört. „Wir sehen ein Potenzial, aber aktuell ist noch nicht ganz greifbar, wie sich dieses Potenzial entfalten kann“, sagt Michael Thüne.

Theoretisch könnte Freenow etwa mit aktuellen Baustellen-Informationen, die Kommunen beisteuern, sein Angebot verbessern: Vielleicht wäre der Scooter manchmal schneller, selbst wenn der Weg eigentlich länger ist? Aber dafür müssten die Daten standardisiert vorliegen – möglichst europaweit. „Wenn wir etwas in unser Angebot integrieren“, sagt Thüne, „dann können wir das natürlich nicht auf Basis einzelner Städte machen.“

Wie schwer es sein kann, aus einem Mehr an Daten auch mehr Nutzen zu ziehen, zeigt der Versuch der Hamburger, Vorhersagen des Deutschen Wetterdienstes in ihren Service zu integrieren. Bei Regen oder Glatteis sollte die App automatisch vorschlagen, lieber das Taxi zu nehmen – oder bei strahlendem Sonnenschein Lust auf eine Fahrt mit dem E-Scooter machen. „Dazu gab es einige Tests“, sagt Thüne. In der Praxis stellte sich allerdings heraus, dass das Wissen oft zu lückenhaft ist, um echten Mehrwert zu bieten: Regnet es in der ganzen Stadt oder nur in bestimmten Bezirken? Jetzt gleich oder erst in 20 Minuten? Am Ende sei das Wetter auch nur Teil einer größeren Rechnung: „Eigentlich wollen wir ja empfehlen, welcher Mobilitäts-Typ gerade der richtige ist“, sagt Thüne. „Das ist auch abhängig von Dingen wie Nutzungspräferenzen, Tageszeit oder Verfügbarkeit in bestimmten Gegend. Das ist das, wohin die Reise gehen wird.“

Es wird wohl, wie für alle, eine lange Reise werden – mit grenzenlosem Datenhunger auf dem Weg zum Ziel. ●

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.

Pfiffige Neuseeländer entwickeln solarbetriebenes „Drohnenboot“ im UTG Augsburg



Das Gründerteam an der Dockingstation des Bootes

Ein mutiger Schritt war es schon für die drei jungen Ingenieure. Daniel Severinsen und die Brüder Phillip und David Abplanalp verließen ihr Angestelltenverhältnis aus einem aufstrebenden Mittelstandsbetrieb, um das Abenteuer „StartUp“ zu wagen und mit der Firma Lemvos GmbH ein autonom fahrendes Solarboot zu entwickeln.

Momentan wird ein selbst gebauter Prototyp des Bootes noch auf einem Baggersee im Landkreis Donau-Ries getestet. Mit einer Größe von etwa 2,5 m ist es vollständig von Solarmodulen bedeckt. Völlig selbstständig dockt es an ein Anlegesystem an – ähnlich, wie man es von Rasenmäher- oder Saugrobotern kennt. Ausgestattet ist es mit zahlreichen Sensoren und einer 360°Kamera, um in Echtzeit Daten erfassen zu können.

Die Bandbreite der Anwendungsbereiche ist riesig. So kann in Aquakulturen aufgrund der Geräuschlosigkeit störungsfrei für die Fischbestände ein regelmäßiges Monitoring der Wasserqualität erfolgen und beispielsweise Salz-, Sauerstoff- oder Schadstoffgehalte bestimmt werden.

Denkbar sind zukünftig Einsätze in Offshore-Windparks oder zur Überwachung von im Meer verlegten Pipelines. Aber auch die Überwachung von Hafenanlagen ist ein potentielles Einsatzgebiet, um illegale Aktivitäten schnell zu erkennen und zu melden. Für den Einsatz auf See werden künftige Modelle noch wesentlich größer dimensioniert sein.

Das Gründerteam ist bereits weit über die Grenzen Augsburgs hinaus aktiv und verfügt über Kontakte in anderen Ländern wie Spanien und Estland. Eines der ersten Projekte werden Unterwasserinspektionen im Hafen von Valencia sein. Für ihre innovative Idee erhielten die drei pfiffigen



Prototyp auf Testfahrt

Gründer bereits mehrere Zuschüsse und konnten einige Fördergeber überzeugen. So steht einer schnellen Entwicklung und Skalierung in weitere Anwendungsfelder nichts entgegen.

Im Umwelt-Technologischen Gründerzentrum UTG in Augsburg haben die Gründer vergangenes Jahr einen idealen Standort zum Starten gefunden. Dort haben sie den ersten Prototypen quasi rund um die Uhr in ihrer kombinierten Werkstatt- und Büroeinheit fertiggestellt. Nicht nur andere junge Produktionsfirmen sind hier vor Ort, mit denen Know-How und bei Bedarf auch Geräte und Material ausgetauscht werden können. Auch das Zentrumsteam unterstützt bestmöglich mit Netzwerkaktivitäten und weiteren Services. So wurde auch über einen Kontakt des UTG bereits ein Förderprogramm genehmigt.

Zentrumsmanagerin Dr. Viola Rückert freut sich über die Ansiedlung dieser Firma: „Uns freut es natürlich besonders, dass ein Team vom „anderen Ende der Welt“ die Augsburger Infrastruktur zur Entwicklung nutzt! Und das Geschäftsmodell ist ein tolles Beispiel für die Umsetzung des Nachhaltigkeitsgedankens mit einem spannenden, breit aufgestellten Geschäftsmodell!!“

So wie die Firma Lemvos, die als Produktionsfirma die vielseitige Infrastruktur des UTG nutzt, konnten hier seit 1998 bereits über 170 Existenzgründer erfolgreich durchstarten und auf ihrem Weg begleitet werden. Zahlreiche Kooperationen und auch Patente sind daraus im der Ideenschmiede des Umwelt-Technologischen Gründerzentrums UTG entstanden, in dem Ressourceneffizienz, Energie, Wasser und Umweltanalytik zum Themenpektrum gehören.

The Power of Walking



Gehen ist nicht nur die energiesparendste, sondern auch gesündeste Form der Mobilität. Aber der Fußverkehr hat eine schwache Lobby. Ein veränderter Blickwinkel auf Lebensräume könnte helfen, das Potenzial der Füße zu heben. – Frank Puscher

„Im Flaneur wird sich die Stadt ihrer selbst bewusst.“ 1995 schrieb der niederländische Autor Cees Nooteboom eine Hommage an das ziellose Umherstreifen im Stadtraum. In seinem Essay für die *Zeit* huldigte er dem Flaneur, der als Einziger wirklich den Weg zum Ziel macht, der als Einziger wirklich seine Umgebung kennenlernt und der gleichzeitig demonstriert, dass er es nicht nötig hat, zu hetzen. Über ein Jahrhundert lang galt das Flanieren als höchste Form des Luxus oder niedrigste Form des Müßiggangs – je nach Betrachtungsweise.

Und heute? Zu Fuß gehen ist Mittel zum Zweck. Eine Brückentechnik im Wechsel der Verkehrsmittel, die Fortbewegungsform in Fußgängerzonen und auf Treppen oder als kleine Auszeit mit seinem Partner, Haustier – oder sich selbst.

MOBIL ZU FUSS

Die WHO schreibt den Deutschen ins Stammbuch, sie müssten sich deutlich mehr bewegen, und das würde zwischen 10 und 20 Milliarden Euro im Gesundheitssystem sparen. Zudem sind Kosten für den Verkehr sozial ungerecht verteilt. Hohe Einkommensschichten profitieren stärker vom Straßenbau, sozial Schwächere leiden überproportional unter Verkehrsgefahren und Umweltverschmutzung. Das Schweizer Statistikamt hat berechnet, dass Zufußgehen die einzige Mobilitätsform ist, die einen positiven Wertbeitrag für die Gesellschaft leistet.

Wenn Zufußgehen fast nur Vorteile hat, dann stellt sich die Frage nach den Beharrungskräften

Zufußgehen ist die einzige Mobilitätsform, die einen positiven Beitrag für die Gesellschaft leistet.

des bestehenden Verkehrssystems oder den Gründen für die mangelnde Motivation der Menschen, ihre Füße als Verkehrsmittel zu nutzen. „Wir haben keine Vorstellung für Veränderungen“, sagt Anne Klein-Hitpaß vom Deutschen Institut für Urbanistik. „82 Prozent der Menschen wollen gerne grüne Städte, aber trotzdem einen Parkplatz vor der Tür“, zitiert Klein-Hitpaß aus einer Studie des Umweltbundesamts. Und wenn man den Zukunftsforscher und Stadtgeografen Stefan Carsten nach dem Status Quo der Verkehrswende fragt, antwortet er: „Wir haben noch gar nicht angefangen.“

Diese Angst vor Veränderungen äußert sich häufig in den Protesten der Anwohner oder lokalen Einzelhändler. Die Berliner Friedrichstraße ist ein Beispiel, das das ganze Problem skizziert: 2020 war ein Durchfahrtsverbot getestet worden. Nach Ablauf des vorgesehenen Testzeitraums im Oktober 2021 wurde die Sperrung einfach stehen gelassen. „Das ist der Todesstoß für die Gewerbetreibenden“, sagte eine Anwohnerin in der Berliner Friedrichstraße der *Berliner Zeitung*. Es wolle doch niemand einkaufen und all die Tüten dann „kilometerweit zum Parkhaus schleppen“. Eine Händlerin aus der parallel verlaufenden Charlottenstraße klagte und bekam Recht. Die Sperrung wurde aufgehoben. Vorläufig.

Im Januar 2023 war die Sperrung plötzlich wieder da. Ein 500 Meter langer Abschnitt an der Französischen Straße solle Fußgängerzone werden, verkündete Umweltsenatorin Bettina Jarrasch. Damit reagierte die Senatorin auf die Begründung des

Gerichtsurteils. Das Verwaltungsgericht hatte moniert, es fehle in der Straßenverkehrsordnung die Möglichkeit, eine Straße zugunsten von „Aufenthaltsqualität“ zu sperren. Verkehrssicherheit ja, Aufenthaltsqualität nein.

Reflexartig warf die Opposition der Senatorin Aktionismus vor. Die Berliner Zeitung initiierte eine Umfrage und ermittelte, dass 52 Prozent der Berliner gegen die Umwidmung sind und nur 37 Prozent dafür.

DER FEIND DES HÄNDLERS

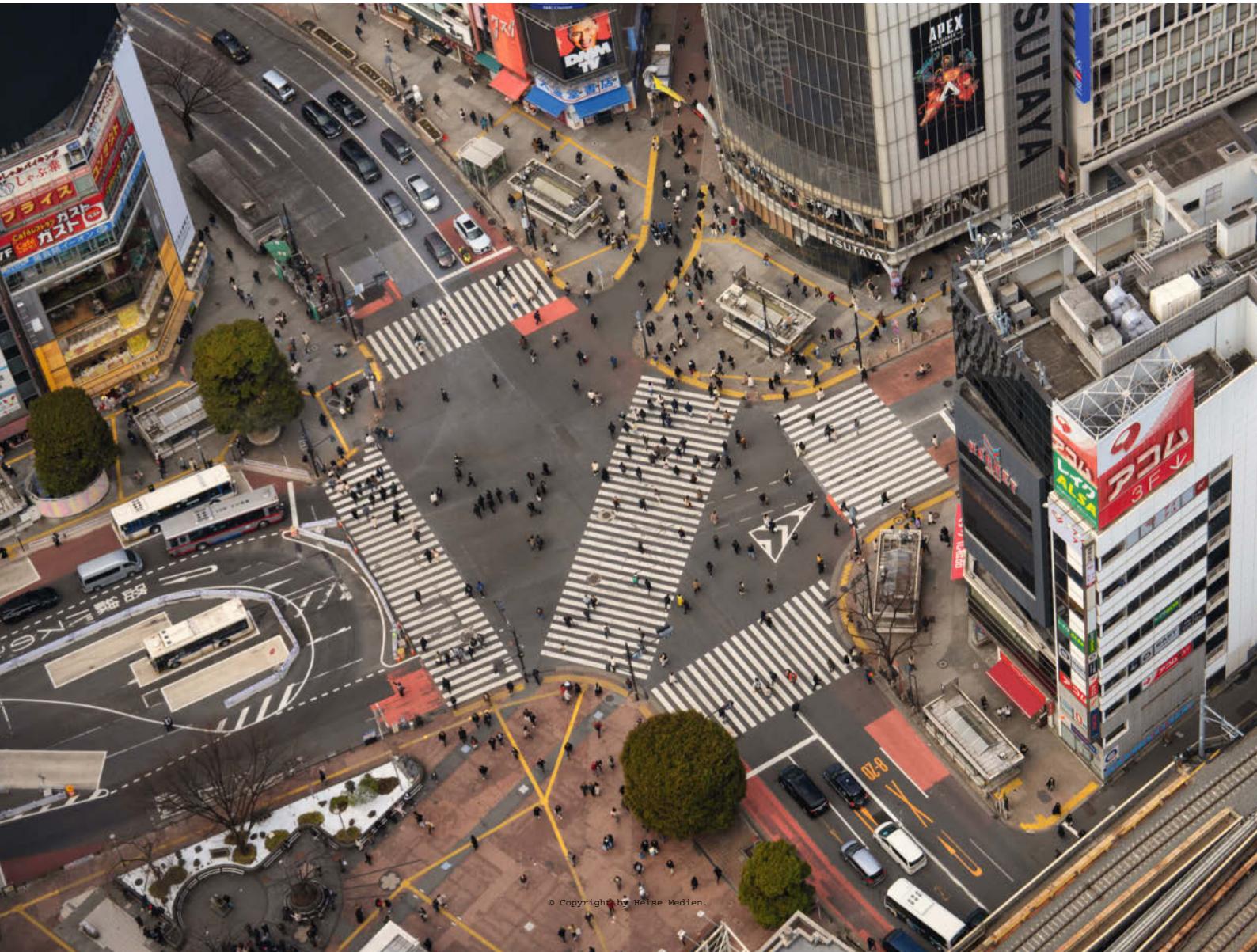
Es gibt eine Vielzahl von Gründen, warum Anwohner oder Menschen, die eine Straße häufig mit dem Auto nutzen, gegen deren Verkehrsberuhigung abstimmen. Viele davon sind rational, einige davon irrational oder der Gewohnheit geschuldet. Die Friedrichstraße war immer Autostraße, sich die Auswirkungen

der Verkehrsberuhigung vorzustellen, fällt sogar erfahrenen Stadtplanern schwer. Da hilft eventuell ein Blick in Gemeinden, die das bereits hinter sich haben.

Dass es keineswegs ausgemacht ist, dass der Handel unter der Verkehrsberuhigung leidet, zeigt das Beispiel Toronto. Die Stadt habe in der Innenstadt signifikant Parkplätze an den Straßen abgebaut und durch Gehwege oder Freiflächen für Cafés und Restaurants ersetzt, sagt Sandra James, ehemalige Stadtplanerin von Vancouver, Kanada, in einem TED-Talk. „90 Prozent aller Stammkunden kamen trotzdem, dann holt zu Fuß, mit dem Rad oder dem Bus.“ Gleichzeitig stieg die Kaufkraft pro Kopf, sodass der Handel die Maßnahme inzwischen toleriert.

In New York, so James weiter, habe man nach ähnlichen Maßnahmen am Union Square festgestellt, dass sich die Ladenleerstände halbierten. Und in der Pearl Street, ebenfalls

Die Shibuya-Kreuzung in Tokio ist die verkehrsreichste Fußgängerkreuzung der Welt.
Alle zwei Minuten – in jeder Ampelphase – überqueren 3000 Menschen die Straße.



New York, habe man gemessen, dass sich der gesamte Umsatz in der Straße um 167 Prozent gesteigert habe. Fußgänger kaufen keineswegs grundsätzlich weniger. Und Händler passen sich an: Viele betreiben auch Versandhandel und verfügen über die Logistik, sperrige Ware zu liefern.

Was Sandra James aber eigentlich sagen will, ist, dass sich die Lebensqualität der Menschen dramatisch verbessert, wenn Städte (wieder) auf das Zufußgehen ausgelegt werden. Larry Frank hat in Vancouver eine groß angelegte Befragung durchgeführt. Im Ergebnis wünschten sich die Menschen, die in der Stadt wohnen, zu zwei Dritteln eine „walkable community“. In den Vororten lag die Quote bei 50 Prozent. Und das Spannendste: Die Befragten wären bereit, dafür Wohnraum zu opfern.

Dass sich Lebensqualität verbessert, würden auch die Siegener Anwohner unterschreiben. 20 Jahre hat es gedauert, bis ein Innenstadt-Parkplatz an der Sieg planiert und durch eine Flaniermeile mit Terrassenlandschaft ersetzt wurde. Der Verlust der Parkplätze hatte keinerlei Effekte auf den innerstädtischen Handel. Umliegende Parkhäuser können zusätzliche Fahrzeuge aufnehmen. Und die Stadtkämmerer registrieren einen Anstieg beim Tourismus.

Für den Vordenker der Mobilitätswende, Stefan Carsten, keine Überraschung, denn neue stadtplanerische Modelle basieren seiner Einschätzung nach auf der Wissens- und Informationsgesellschaft: „Urbane Lebensqualität ist der relevanteste Einflussfaktor. Das heißt, wenn ich urbane Lebensqualität schaffe, eine hohe Aufenthaltsqualität, eine Neuverteilung des öffentlichen Raumes, dann werden die Menschen das nutzen.“

Wer mehr Mobilitätswende möchte, braucht allerdings zunächst eine Mentalitätswende. „Die Menschen machen das nicht von alleine“, sagt Carsten. Das gilt sowohl für den einzelnen Bürger als auch für den Senator, Bürgermeister oder Verkehrsminister. Gerade für die Politik ist eine nachgewiesene Verbesserung der Lebensqualität durchaus ein spannendes Argument für weitere Projekte. Der Nachweis kann durch Vorher-Nachher-Befragungen erbracht werden oder zum Beispiel durch die sorgfältige Analyse der Entwicklung von Immobilienpreisen und Mieten. „Wir müssen einfach andere Bilder in die Köpfe der Menschen bringen.“

Und in den allermeisten Fällen gehe es nicht um ein Entweder-oder zwischen Auto und Schuh, sondern um eine vielfältige, multimodale Mobilität, die allen Bedürfnissen der Menschen genügt. Die Attraktivität des Zufußgehens hänge auch davon ab, zu wissen, dass man nicht immer müsse, aber immer könne.

PARIS, HEILBRONN

Man muss nicht weit schauen, um erfolgreiche Beispiele für fußfreundliche Stadtkonzepte zu finden. Amsterdam, heute der Inbegriff für Fahrrad-

freundlichkeit, war bis Ende der 1970er-Jahre eine Autostadt.

In Paris proklamierte Bürgermeisterin Anne Hidalgo 2017 die 15-Minuten-Stadt zum stadtplanerischen Leitbild. „Die 15-Minuten-Stadt hat zum Ziel, dass alle urbanen Funktionen wie Einkaufen, Arbeiten, Bildung, Gesundheit, Erholung innerhalb von 15 Minuten zu Fuß oder mit dem Rad erreichbar sein müssen. Das schafft dezentrale Zentren und Versorgungsfunktionen“, erklärt Carsten. „In den deutschen suburbanen Eigenheim-Dystopien ist das natürlich nicht möglich.“

Anne Hidalgo wurde vom politischen Gegner heftig kritisiert, verklagt und man prognostizierte ihr das schnelle Ende der politischen Karriere. Heute gilt das Konzept der Seine-Metropole als wegweisend für Städteplaner rund um den Globus. 2020 stellte Hidalgo die Idee in den Mittelpunkt ihres Wahlkampfs und wurde wiedergewählt.

Es mangelt nicht an Beispielen, wie die Fokussierung auf oder zumindest das Mitdenken von Zufußgehen die Lebensqualität in einzelnen Quartieren oder ganzen Städten verändern kann. Am Neckarbogen in Heilbronn wurde ein Stadtteil anlässlich der Bundesgartenschau 2019 neu entworfen. Die Idee: Das Auto „kreist“ um das eigentliche Viertel und hat Zugang zu Parkhäusern. Innerhalb des Viertels dominieren Rad- und Gehwege. Da im Zentrum eine Grünanlage beheimatet ist, funktioniert die unmotorisierte Fortbewegung in der Diagonalen oft schneller.

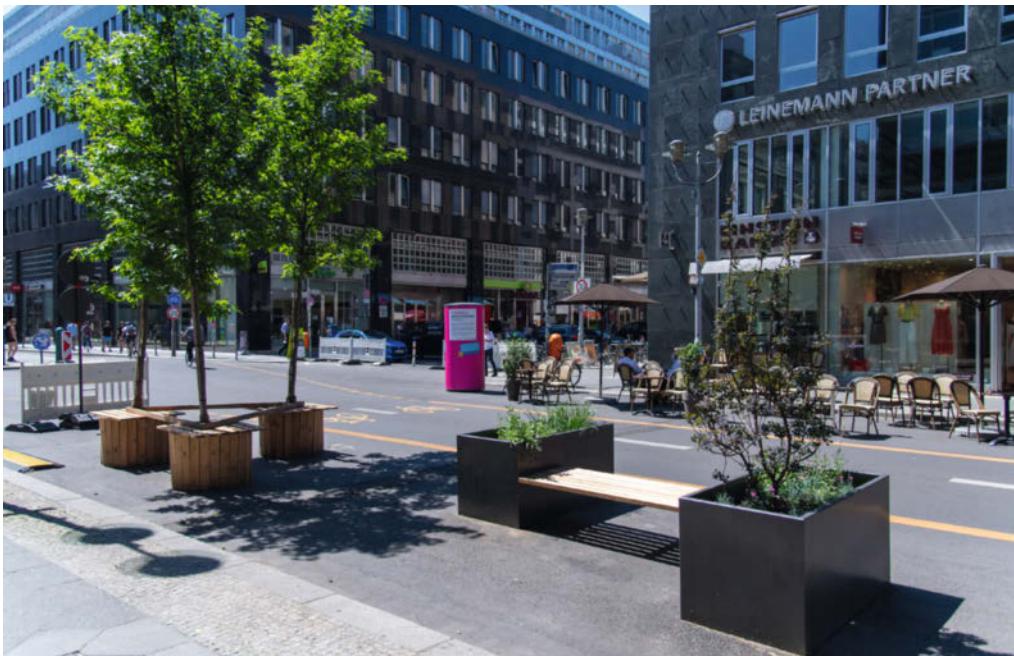
„Es geht nicht um das Verdrängen des Autos“, mein Stefan Carsten. „Es geht um eine rationellere Nutzung der verfügbaren Fläche.“ Sprich: Autos sollen in mehrstöckigen Parkhäusern untergebracht werden. Am Straßenrand haben sie nichts zu suchen. Die Maria-Hilfer-Straße in Wien war schon immer Shopping-Meile, jetzt ist sie zum zweiten Stadtzentrum geworden. Dank Verkehrsberuhigung und zum Wohle des ortsansässigen Handels. Die Sendlinger Straße in München war jahrzehntelang eine fast anachronistisch wirkende Stichstraße, die an der Fußgängerzone am Marienplatz endete. Nun erweitert sie die Flaniermeile im Herzen der Isar-Metropole. Die Autos zirkulieren auf dem Altstadtring.

WALKING TECHNOLOGY

Der Umbau zur „walkable Community“ ist oft dem unbändigen Willen einzelner Personen oder Gruppen geschuldet, die sich für die Innovation stark machen. Aber nicht immer muss der Bagger anrollen, um eine Stadt fußgängerfreundlicher zu machen.

So ermöglicht die meistbegangene Fußgängerkreuzung der Welt in Tokyo heute 3000 Menschen die Überquerung der Straße. Und zwar alle zwei Minuten. Der Verkehr wird auf allen vier Seiten gleichzeitig gehalten. Die Fußgänger können auch diagonal queren. 2,9 Millionen Menschen machen das jedes Jahr. In Hamburg plant der Ortsteil Eimsbüttel etwas Ähnliches an der Osterstraße.

Die Berliner Friedrichstraße als autofreie Zone stieß auf heftige Gegenwehr bei den ansässigen Händlern.



Der innere Kreis des Neckarbogens in Heilbronn ist seit der Bundesgartenschau 2019 für Fußgänger und Radfahrer optimiert.



In der Nishitetsu Tenjin Station im japanischen Fukuoka City erklingen Töne, wenn Passanten über die Treppentasten laufen.

Foto: SemIVKU / Ralf Rühmeier

Foto: Jürgen Westenberger

Foto: picture alliance / ASSOCIATED

Die Stadt London hat testweise bei 18 Ampeln in der Innenstadt auf Dauergrün für Fußgänger geschaltet. Nur wenn ein Auto sich nähert, schaltet die Ampel um. Das vorläufige Fazit der TfL (Transport for London): Busse brauchen im Schnitt 8 Sekunden länger, PKW 11 Sekunden, die Fußgänger haben 56 Minuten mehr Grün am Tag und halten sich zu 13 Prozent mehr an Verkehrsregeln.

Letzteres ist eines der wichtigsten Argumente für die „walkable community“. Die Hälfte aller tödlichen Verkehrsunfälle in Deutschland mit Fußgängern und Radfahrern geschieht beim Abbiegen (übrigens häufiger beim Linksabbiegen). In Kopenhagen dürfen Radfahrer und Fußgänger Sekunden vor den Autos starten, wenn die Ampel an der Kreuzung auf Grün springt. Den Autofahrern wird deutlich signalisiert, dass sie erst danach dran sind.

Die Erfahrung von Stadtplanerin James in Toronto und Vancouver lautet: Wenn die Stadtviertel gehfreundlicher konzipiert werden, ändert sich auch das Mobilitätsverhalten der Menschen. Sie wollen zu Fuß gehen.

Und wie man diejenigen, die es eigentlich nicht wollen, animieren kann, fragten sich bereits 2009 Forschende der

Neuropsychologie in Schweden. Sie wollten wissen, wie man mehr Menschen dazu bringen kann, etwa die Treppe zu nehmen statt der flankierenden Rolltreppe. Mit auf die Stufen gemalten Klaviertasten, die dazu auch noch die passenden Klänge abspielten, nahmen 66 Prozent mehr Menschen die Treppe. 2019 adaptierte man die Idee in Guangzhou in China. Ähnliche Experimente gibt es auch zur Nutzung von Treppenhäusern in Hotels und Bürogebäuden. Oft reichen einfache Wegweiser wie aufgeklebte Fußabdrücke, um das Verhalten der Menschen zu lenken.

Und eventuell, in einer nicht allzu fernen Zukunft, könnte Gehen als Teil einer Mobilitätswende sogar noch die Energiewende stützen: Das Londoner Unternehmen Pavagen produziert Gehwegplatten, die mittels eines ausgeklügelten Turbinensystems die kinetische Energie des Spaziergängers in Strom verwandeln. Tatsächlich soll das System pro Schritt sieben Wattstunden erzeugen. Die Deutschen gehen im Durchschnitt 5000 Schritte am Tag. Würde jeder Schritt in Strom umgewandelt, wären das 35 Kilowattstunden. Bei 84 Millionen Deutschen entspräche das drei Millionen Megawattstunden, also drei Terawattstunden. Täglich. ●

„Das Rad steht für eine nahezu perfekte Sache“

Radfahrprofessor Marco te Brömmelstroet von der Uni Amsterdam plädiert dafür, Mobilität ganz neu zu denken. Die gängige Maxime, möglichst schnell von A nach B kommen zu wollen, führe in die Irre. – Interview: Andrea Hoferichter

© Copyright by Heise Medien.

Marco te Brömmelstroet nennt sich selbst „Fietsprofessor“ und hat ein Labor für neue Denkansätze zur Mobilität mitgegründet. Sein Motto: Innehalten statt mehr Geschwindigkeit.



Vor zehn Jahren verkaufte der Niederländer Marco te Brömmelstroet Fahrräder aus seinem Heimatland in München. Heute ist er Professor an der Fakultät für Sozial- und Verhaltenswissenschaften an der Universität Amsterdam. Er nennt sich selbst „Fietsprofessor“, also Radfahrprofessor, hat ein Labor für neue Denkansätze zur Mobilität (Lab of Thought to Rethink Mobility) mitgegründet – und bei Vorträgen schon mal seine blaue Ukulele dabei. „Das Übliche“ ist ganz offensichtlich nicht sein Ding, Interviewfragen beantwortet er am liebsten schriftlich. „Dann habe ich mehr Zeit, über die Antworten nachzudenken“, erklärt er via E-Mail.

Sie bezeichnen sich als Radfahrprofessor. Warum?

Warum lagen John Lennon und Yoko Ono in den 1960er-Jahren in Amsterdam mit einem Fahrrad im Bett? Weil es einen hohen symbolischen Wert hat! Radfahren hat für mich schon immer etwas Magisches gehabt. Das Fahrrad steht, ähnlich wie eine Büroklammer, für eine puristische, nahezu perfekte Sache: was den Ressourcenverbrauch betrifft, das Verhältnis von Energieeinsatz zu Entfernung und das Verhältnis von individuellem Nutzen zu gesellschaftlichen Kosten. Das haben auch schon viele andere erkannt, zum Beispiel der Philosoph Iwan Illich, der Anthropologe Luis Vivanco und Steve Jobs.

Dennoch spielt das Fahrrad in Ihren Büchern und Publikationen oft nicht die zentrale Rolle.

Genauso wie das Auto nicht das Problem schlechthin ist, sondern uns nur die grundlegenden Mängel der Mobilität deutlich vor Augen führt, ist eben auch das Fahrrad allein nicht die Lösung. Es zeigt aber klar die Richtung für einen radikalen Wandel.

Können Sie das genauer erklären?

Tatsächlich gab es in den Niederlanden schon in den frühen 1970er-Jahren den Ansatz, die Art und Weise, wie wir Mobilität und Straßen denken, planen und gestalten, radikal zu ändern. Er war aber derzeit Teil einer noch viel größeren Bewegung, die die Gesellschaft als wachstumsorientierte, technokratische und auf Effizienz ausgerichtete Maschinerie insgesamt infrage stellte. Das Fahrrad war ein starkes Symbol dafür. Dann wurde es aber von genau dem System vereinnahmt, das es anfangs infrage gestellt hat.

Und das ist der Grund, warum Sie das Mobilitätssystem in den Niederlanden – das viele Deutsche als Paradies für Radfahrer ansehen – kritisieren?

Genau. Wie in Deutschland wird auch bei uns die vom Auto dominierte Denkweise in der Regel nicht infrage gestellt und auch nicht die zugrunde liegenden verkehrstechnische, technokratische Auffassung von Mobilität und Straßen. Die symbolische Kraft des Fahrrads für eine Gegenerzählung ist verschwunden. Und damit die Möglichkeit, dadurch die Diskussionen um Mobilität und Straßen zu politisieren. Das ist durchaus problematisch, denn unsere Städte und Gesellschaften brauchen meiner Meinung nach nicht nur eine Verkehrswende. Sie brauchen eine Gesellschaftswende.

Wieso ist das wichtig?

Mobilität beziehungsweise der öffentliche Raum sind nun mal keine isolierten Phänomene, die Ingenieure optimieren können. Sie sind mit allen anderen gesellschaftlichen Funktionen eng verbunden. Und wir sehen diejenigen, die im Laufe der Zeit am stärksten betroffen sind. Kinder sind sehr gefährdet – und auch die Natur. Wir sehen auch eine Art Pandemie der Fettleibigkeit und andere massive Gesundheitsprobleme, die auf eine sitzende Lebensweise zurückzuführen sind. Außerdem ein explosionsartiges Ausmaß an Einsamkeit und psychischen Problemen in der gesamten Bevölkerung, die mit einer individualisierten und atomisierten Lebensweise zusammenhängen. Und all das hat eben auch etwas mit unserer aktuellen Mobilitätsauffassung und dem öffentlichen Raum zu tun.

Im deutschen Straßenverkehr kommt alle 24 Minuten ein Kind unter 15 Jahren zu Schaden (Statistisches Bundesamt, Zahlen für das Jahr 2021).



© Copyright by Heise Medien.

Im Jahr 2021 wurden allein in Deutschland laut Statistischem Bundesamt 22272 Kinder unter 15 Jahren im Straßenverkehr verletzt, 49 starben. Wie können wir unsere Kinder schützen?

Nicht, indem wir sie disziplinieren, ihnen die Verantwortung für ihre eigene Sicherheit übertragen oder sie aus öffentlichen Räumen verbannen. Sondern indem wir die Gefahr beseitigen. Das heißt: keine gefährlichen Geschwindigkeiten und Fahrzeuge dort, wo Kinder sind.

Sie hinterfragen die eingeborenen Denkstrukturen mit ungewöhnlichen Projekten. Zum Beispiel haben Sie das mentale Phänomen des „im-Flow-Sein“ bei Radfahrenden untersucht. Welche Idee steckt dahinter?

Die Studie ist ein gutes Beispiel dafür, bestehende Denkweisen zur Mobilität infrage zu stellen. Denn das Unterwegssein wird in der Regel als etwas Negatives gesehen, als eine Quantität, die es zu minimieren gilt, um möglichst schnell von A nach B zu kommen. Doch anstatt Radfahrer in solche Modelle zu zwingen, könnten wir doch versuchen herauszufinden, was sie bei ihrer Routenwahl antreibt. Und die Theorie des „Flow“ bietet dafür eine sehr interessante Erklärungsmöglichkeit. Denn unsere Studie zeigt: Wie niederländische Radfahrer das Radfahren erleben, das entspricht den meisten neurologischen Effekten, die auch in Untersuchungen zum Flow-Zustand gefunden wurden. Dass man zum Beispiel Klarheit, Selbstwirksamkeit und Kreativität erfährt. Könnte es also sein, dass Reisen tatsächlich keine Quantität ist, die es zu reduzieren gilt, sondern eine Qualität, die wir maximieren sollten? Das ist eine Frage, die wir beantworten müssen. Und auch, was das für die Verkehrsforschung und die Mobilitätspolitik bedeuten würde.

Aber hat es nicht oft Vorteile, schnell von A nach B zu kommen: Wenn Menschen zum Beispiel mehr Zeit zu Hause mit den Kindern verbringen können, weil sie früher von der Arbeit zurück sind?

Das ist sicher auch richtig. Meine Kritik ist, dass diese Art, über Mobilität nachzudenken, als gesetzt gilt. Dabei handelt es sich um ein eher junges, monopolartiges Konstrukt. Dieses Streben, möglichst schnell von A nach B zu kommen, erschöpft nicht nur jeden Einzelnen, sondern auch die Gesellschaft und die Umwelt. Nur auf den ersten Blick gewinnen wir mehr, als es kostet.

Das liegt auch daran, dass wir die meisten Kosten externalisiert haben. Allein die Verkehrsunfälle in den Niederlanden verursachen im Jahr 27 Milliarden Euro, die nicht von den Verursachern, sondern von der Gesellschaft getragen werden. Damit schafft man eine subjektive und willkürliche Systemgrenze. Und am Ende kommen wir trotzdem nicht schneller von A nach B. Unsere As und Bs haben sich einfach weiter voneinander entfernt. Das zeigen auch Studien: Wir sparen keine Reisezeit, sondern die Entfernnungen werden immer größer. Und das führt zu einer zunehmenden Erschöpfung von Ressourcen. Auch Rad schnellwege sind daher übrigens keine Lösung, sondern nur eine Fortführung der alten Denkschule.

Sie machen in Ihren Büchern und auch in einer Studie darauf aufmerksam, welche wichtige Rolle die Sprache bei neuen Denkansätzen zur Mobilität spielt.

Man sollte sich in der Tat sehr bewusst sein, welche Narrative wir verwenden. Bei der Mobilität war der Ausgangspunkt die Wassertechnik, weil die ersten Straßennetze in den USA von Wasseringenieuren geplant wurden. Straßen wurden Pipelines genannt, die nicht verstopfen dürfen, später – biologisch – Arterien. Oder die Physik wird bemüht: Städte als Planeten, die durch schnellere Verbindungen näher zusammenrücken. Und die Wirtschaft: Menschen als rationale Nutzenmaximierer. Dabei sind auch andere Narrative denkbar: Mobilität als individuelles Spiel zum Beispiel, sodass Straßen Orte zum Spielen werden, zum Entdecken und Interagieren. Oder Mobilität als soziale Interaktion, Mobilität als Gemeinschaftsgut – oder auch Mobilität als etwas Überflüssiges, was den Fokus auf lokale soziale Kontakte und die Schonung von Ressourcen lenken würde. Solche Narrative müssen nicht besser sein, sie machen uns aber bewusst, dass wir eine Wahl haben.

Was ist Ihre Vision vom Leben auf der Straße in zehn, zwanzig Jahren?

Meine Vision im Detail ist irrelevant. Es geht darum, den Menschen zu helfen, die aktuelle Situation zu hinterfragen, auch ganz lokal, und ihre Kreativität zu aktivieren. Wir sollten uns von der Vorstellung verabschieden, dass die Gestaltung unserer Straßen und die Mobilität ein entpolitisches, technokratisches Optimierungsproblem für Experten sind. Dieser Reflex, komplexe Probleme zu vereinfachen, hat unsere Urwälder zu Produktionswäldern gemacht, was zu einer ökologischen Krise führt, und unsere Landwirtschaft zu einer Industrie, was eine Umweltkatastrophe zur Folge hat. Und wir haben aus eigentlich sinnvollen Straßen Pipelines für den Fahrzeugdurchsatz gemacht: alles Monokulturen.

Eine Vision reicht nicht aus, um diesen Mechanismus wieder rückgängig zu machen. Nötig ist jetzt, genau diese Problematik aufzuzeigen und auch im Kleinen zu handeln, die Straßen vor der eigenen Haustür mit ökologischer und sozialer Vielfalt zu-



John Lennon und Yoko Ono 1969 im Amsterdamer Hilton-Hotel: Das Fahrrad, ein Geschenk von Fans, galt als Symbol für eine bessere Welt.

„Die symbolische Kraft des Fahrrads für eine Gegen-erzählung ist verschwunden.“

rückzuerobern. Hört auf zu planen und fangt wieder an zu gärtnern!

Was kann denn jeder Einzelne tun?

Jeder kann zum Beispiel sofort damit beginnen, aufmerksamer unterwegs zu sein und aufzuschreiben, was einem auffällt. Man kann sich über Projekte und Aktionsbündnisse informieren, mit anderen vernetzen und diskutieren. Es kann außerdem helfen, Politiker zu kontaktieren, vor allem solche, die gar nichts mit Verkehrsplanung zu tun haben, und sie mit Missständen oder Ideen zu konfrontieren. Weitere Tipps sind auch in einem Buch nachzulesen, das ich gemeinsam mit der Journalistin Thalia Verkade geschrieben habe. Es heißt „Movement – Wie wir unsere Straßen zurückerobern und unser Leben ändern“.

Thalia Verkade berichtet darin auch von einem regelrecht schockierenden Erwachen, als ihr bei ihren Recherchen bewusst wurde, wie selbstverständlich sie die bestehende Infrastruktur hingenommen hatte. Hatten Sie selbst auch einen solchen augenöffnenden Moment?

Ja, ich habe diesen Schock schon als Kind erfahren.

In Ihrem Buch erzählen Sie, dass Sie als neunjähriges Kind miterlebt haben, wie Ihr Freund Dion le Comte beim Spielen auf die Straße lief und von einer Autofahrerin getötet wurde.

Ich konnte das nie wieder vergessen. Und Thalia kann das jetzt auch nicht mehr. Das Buch ist ein Segen und ein Fluch. Es führt einem die Absurdität der Dinge vor Augen, die viele Menschen als gegeben hinnehmen. Und dann gibt es keinen Weg mehr zurück. ●

„Jedes kommerzielle Unternehmen, das ankündigt, es sei bereit für den Feldeinsatz von Eisenaerosolen, ist voreilig und hat womöglich die falschen Motive.“

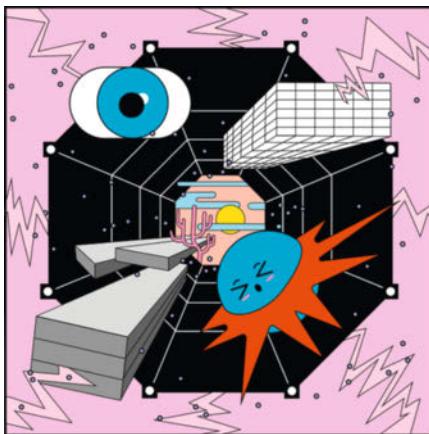
Rob Jackson, Professor für Erdsystemwissenschaften in Stanford, über Start-ups, die Methan aus der Atmosphäre entfernen wollen (Seite 86)

Report

- 53 KOLUMNE • Sagt die Apokalypse ab!
- 54 RENATURIERUNG • Feuchtgebiet statt Flughafen
- 61 JUBILÄUM • Der Klang der 80er-Jahre
- 62 GENTHERAPIE • Heilen mit der Schere
- 66 KI IN GAMES • Jetzt kommt KI ins Spiel
- 70 BIODIVERSITÄT • Hightech für Bienen
- 74 MIKROSKOPIE • Optische Tricks lassen tief blicken
- 80 NEUE MEDIKAMENTE • Phagen statt Antibiotika
- 85 DÉJÀ-VU • Vogelgrippe und die Pandemie-Gefahr
- 86 GEOENGINEERING • Start-ups wollen Methan mit Eisen fangen

Sagt die Apokalypse ab!

Damit dystopische Zukunftsszenarien nicht zu selbsterfüllenden Prophezeiungen werden, brauchen wir neue Erzählungen über die Zukunft: gerecht, hoffnungsvoll und nachhaltig.



Ich bin Optimistin. Trotzdem finde ich es zurzeit unverhältnismäßig schwer, mir positive Zukünfte auszumalen. Mich begleitet das immer gleiche Gefühl: Von hieraus geht es bergab. Die menschengemachte Klimakrise zerstört den Planeten, Tech-Firmen werden immer mächtiger, Wohnen ist bald unbezahlbar. Ein Großteil meiner Zukunftsszenarien fußt auf Schadensbegrenzung, nicht auf kühnen Utopien.

Schadensbegrenzung, das kenne ich nur zu gut aus meiner aktivistischen Arbeit zum Thema Digitalisierung. Ich bin tagein, tagaus damit beschäftigt, den größtmöglichen Schaden abzuwenden: Diskriminierung, Überwachung, you name it. Die Tech-Konzerne haben lange die Gegenposition dazu eingenommen. Sie haben uns erzählt, wie toll die Zukunft mithilfe ihrer Produkte für uns alle wird. Doch der Wind hat gedreht. Inzwischen vergeht keine Woche mehr, in der Tech-Konzerne uns nicht vor übermächtigen KI-Systemen und einer dystopischen Zu-

kunft warnen, anstatt große Utopien zu verkünden.

Was mit einem alarmierenden Brief aus dem Silicon Valley begann, zieht immer größere Kreise. Der Google-CEO Sundar Pichai sagt, dass ihn das Thema KI nachts oft nicht schlafen lässt, der Philosoph Yuval Harari sagt nichts Geringeres als das Ende der Menschheit voraus und Sam Altman, CEO von Open AI, drängt vor dem US-Senat auf eine strengere Regulierung von KI. Sie alle bedienen Erzählungen, die schon seit Tausenden von Jahren funktionieren: Die Apokalypse naht, rette sich, wer kann.

Es sind ihre Konzerne, die Milliarden in die Entwicklung dieser Technologie stecken. Sie profitieren von der Berichterstattung, ihre Firmennamen sind nonstop in den Medien, sie treffen Staatsoberhäupter. Sie inszenieren sich als Retter. Was mich am meisten frustriert: Mit ihren Warnungen vor einer düsteren Zukunft relativieren sie die Gefahren, die diese Systeme heute schon bergen: Diskriminierung, Ausbeutung und Überwachung. Anstatt über zukünftige Risiken zu spekulieren, könnten die Unternehmen sie hier und heute in Angriff nehmen. Aber soziale Gerechtigkeit ist nun mal nicht so shiny.

In Momenten der Überforderung durch diese Szenarien hilft mir eine sehr nüchterne – manche mögen sagen zynische – Betrachtung der Dinge. Bevor KI-Systeme die Menschheit auslöschen, sind es wir Menschen, die den Stecker ziehen können. Vielleicht erledigt sich das Thema aber auch ohne unser Zutun: Während wir uns von vermeintlich allmächtigen KI-Systemen ablenken lassen, schlägt die Klimaapokalypse zu und flutet die Rechenzentren. Ich bin dann zwar für einen

Moment abgelenkt, aber am Ende lässt mich auch das frustriert zurück. Die Warnungen der Konzerne sind zwar überzogen, setzen sich aber so gut bei uns fest, dass sie uns prägen: Sie werden zu selbsterfüllenden Prophezeiungen.

Wir waren Jahrzehnte lang so mit Schadensbegrenzung beschäftigt, dass wir versäumt haben, alternative Erzählungen über die digitale Zukunft zu entwerfen. Erzählungen, in denen gesellschaftliches Wohl und nicht das Wohl der Konzerne im Zentrum steht. Wir haben keine Antworten darauf, wie hoffnungsvolle Zukünfte aussehen, in denen wir die Klimakrise und KI-Hypes überwunden haben. Was macht ein glückliches Leben in 20, 50, 100 Jahren aus? Was müssen wir heute tun, um den Boden für nachhaltige und gerechte Zukünfte zu bereiten? Wenn wir den aktuellen Erzählungen der Tech-Konzerne etwas entgegensetzen wollen, dann brauchen wir Visionen über gerechte, positive und diverse Zukünfte. Erzählungen, die so einprägsam sind, dass sie ihrerseits zu selbsterfüllenden Prophezeiungen werden und die dystopischen Zukünfte damit überschreiben.

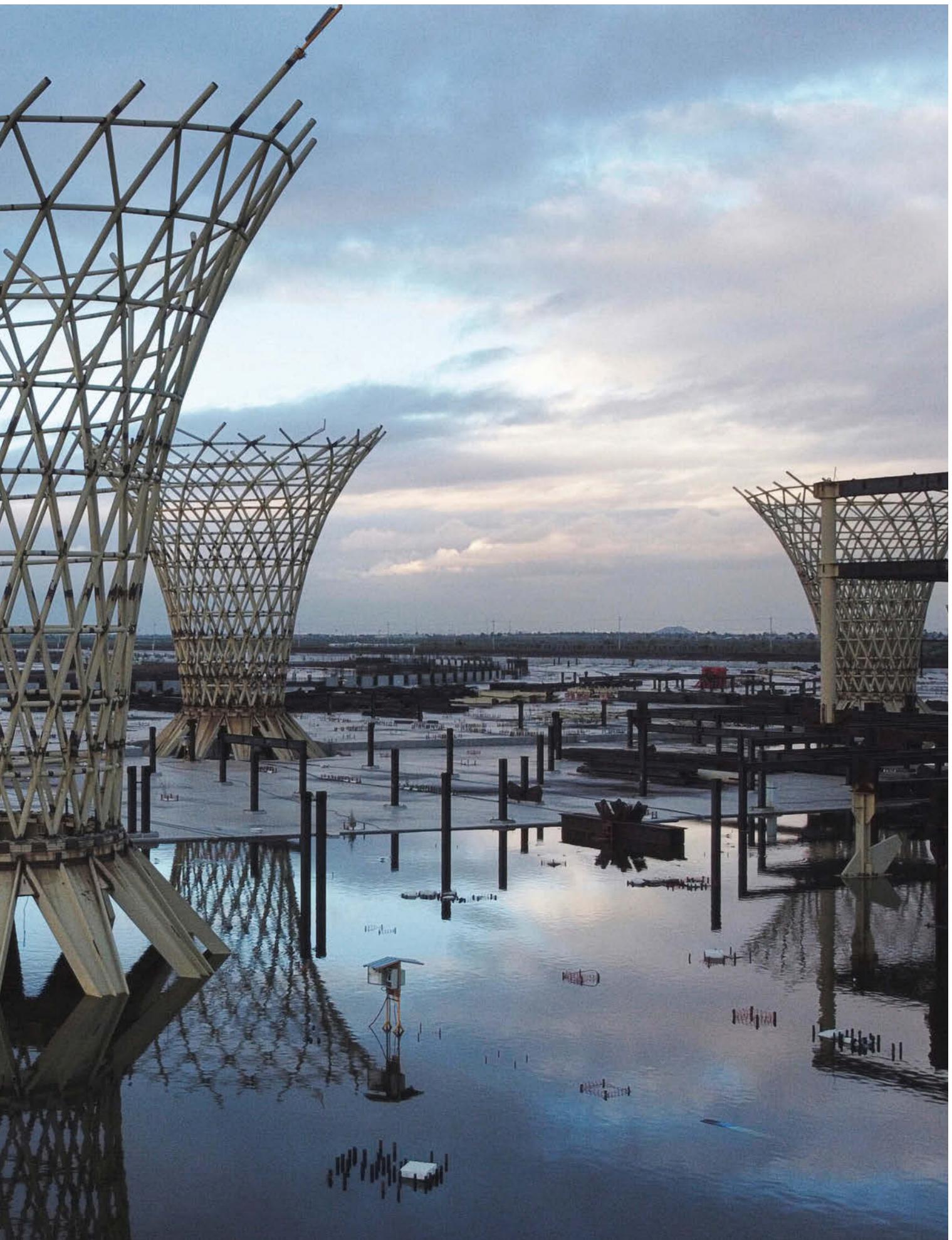


Julia Kloiber arbeitet als Mitgründerin der feministischen Organisation Superr Lab an gerechten und inklusiven digitalen Zukünften.

Feuchtgebiet statt Flughafen

In Mexiko-Stadt entsteht aus einer Flughafenruine ein Ökopark der besonderen Art. Der Park soll den Grundwasserpegel stabilisieren, vor Überschwemmungen schützen, die Artenvielfalt steigern – und ein Besuchermagnet werden. – Matthew Ponsford (Übersetzung: Andrea Hoferichter)





Als die Azteken auf der Suche nach einer neuen Heimat das Land ihrer Vorfahren, Aztlan, verließen, folgten sie den Anweisungen des Sonnengottes Huitzilopochtli. Seine Prophezeiung führte sie 1325 an einen salzigen Sumpf in der tiefsten Stelle des Mexiko-Beckens. „Zwischen Schilf und Büschen entdeckten sie einen Adler, der auf einem Kaktus hockte und eine Schlange verschlang“, schreibt der Dichter Homero Aridjis. „Das war das Zeichen, auf das sie gewartet hatten, und dort, inmitten der Salz- und Süßwasserlagunen, nahmen ihre Priester den Ort durch rituelle Tauchbäder in Besitz.“ In den Sumpfen des Texcoco-Sees errichteten sie die schwimmende Stadt Tenochtitlan.

Im Jahr 1520 erreichte der spanische Eroberer Hernán Cortés die Stadt, die damals schon 200 000 Einwohner hatte, mehr als die Hauptstädte der Alten Welt wie Lissabon oder Paris. Ein solch komplexes System aus künstlichen Inseln hatten die Spanier noch nie zuvor gesehen – eine wasserbautechnische Meisterleistung, die vom Philosophenkönig der Stadt, Nezahualcóyotl, entwickelt worden war. Fünf Jahrhunderte später ist das Wunderwerk im Grunde verschwunden – trockengelegt von den Kolonisten, die Tenochtitlan zerstörten, seine Nebenflüsse für die Landwirtschaft anzapften und das Seebett zupflasterten, um die zweitgrößte Metropole Amerikas zu errichten: Mexiko-Stadt, die Heimat von mehr als 21 Millionen Menschen.

Auch vom Texcoco-See blieb kaum etwas übrig. Und als 2015 der Bau des 13 Milliarden Dollar teuren Flughafens Nuevo Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México (NAICM) be-

gann, drohte das Gewässer komplett zu verschwinden. Das gigantische System aus Rohren, Pumpen und Kanälen, das ohnehin schon Seen und Flüsse des Tals für Mexiko-Stadt unter sich begraben hatte, sollte für den Bau noch erweitert werden. Doch es kam anders: Der verlassene ehemalige See von Texcoco wurde zur Heimat eines riesigen ökologischen Experiments, unweit des Zentrums von Mexiko-Stadt.

DER TEXCOCO-SEE KEHRT ZURÜCK

Vor fünf Jahren stoppte Präsident Andrés Manuel López Obrador den Bau des Flughafens, nur wenige Wochen nach seinem Amtsantritt. Damit verärgerte der kämpferische Linke internationale Investoren und die mexikanische Geschäftswelt, denn der Flughafen war bereits zu einem Drittel fertiggestellt. Schon während seines Wahlkampfs hatte er die Projektleitung wegen überhöhter Ausgaben und Korruption beschimpft. In einem von Obradors Partei initiierten Referendum nach den Wahlen stimmte die Bevölkerung für die Abschaffung des Flughafens.

Zurück blieb eine seltsam leere Landschaft, größer als Paris, umgeben von den Ausläufern der Hauptstadt. Auf dieser riesigen Fläche, so verfügte der Präsident, würde die Stadt einen der größten Parks der Welt errichten, ein „neues Tenochtitlan“. Er beauftragte Iñaki Echeverria mit der Planungsleitung, einen mexikanischen Architekten und Landschaftsplaner, der sich seit mehr als zwei Jahrzehnten für die Wiederherstellung des Geländes eingesetzt hatte.

Was einst ein Flugterminal werden sollte, wird zum See.



Teile des Texcoco-Parks sinken mit einer Geschwindigkeit von 20 bis 40 Zentimetern pro Jahr. Die Straßen im nahe gelegenen Stadtzentrum schlagen regelrecht Wellen.

Echeverrias Vision für den Park am Texcoco-See, das Projekt PELT, zählt zu einer ganzen Reihe von Projekten, die das traditionelle Ziel der Renaturierung auf den Kopf stellen. Anstatt die Uhr zurückzustellen und die Ökosysteme wieder in den ursprünglichen Zustand zu versetzen, schafft der Landschaftsarchitekt ein künstliches Feuchtgebiet, das die Zukunft der gesamten Region verändern soll. Dabei entwickelt er aus der Geschichte von Tenochtitlan und der modernen Hauptstadt Mexikos Konzepte, wie florierende Städte und gesunde Ökosysteme koexistieren können.

Mit einem Budget von einer Milliarde Dollar werden im Texcoco-Park die vom Flughafenbau zurückgelassenen Bauskelette und Betonschluchten wiederverwendet, um daraus künstliche Seen und Lebensräume zu schaffen. Echeverrias Team hofft außerdem, dass der Park auch zur wirtschaftlichen Entwicklung beitragen kann: Gärtnereien sollen für die Aufzucht einheimischer Pflanzen vom Aussterben bedrohte kulturelle Praktiken wiederbeleben – etwa die Ernte von Spirulina-Algen.

Allerdings hat das Projekt durchaus einen faden Beigeschmack: Der Texcoco-Park ist noch heute von einem kilometerlangen Grenzzaun umgeben, den Wächter in Militäruniformen bewachen. 2024 endet die Amtszeit von López Obrador und noch ist das Projekt für die Öffentlichkeit unzugänglich und konfliktbehaftet. Noch könnten sich die Pläne für die Wiedergeburt des Texcoco-Sees in Luft auflösen.

SPUREN DER ZERSTÖRUNG

Das von Gebirgsketten und zwei Vulkanen umgebene Tal von Mexiko bildet seit jeher ein „endorheisches Becken“, in dem das Wasser nicht abfließen kann, sondern in den Boden diffundiert. Dadurch konzentriert sich das Salz an der tiefsten Stelle, genau dort, wo der Texcoco-See liegt. Er ist der Stöpsel in der „Badewanne“ des Tals. Im Laufe der Geschichte diente das gemischte Salz- und Süßwasser der Region als Petrischale für die Entwicklung ungewöhnlicher Organismen, darunter ein ganzes Ökosystem heute ausgestorbener Fischarten – und des Axolotl: einer Amphibie mit der Fähigkeit, Gliedmaßen zu regenerieren, benannt nach einem Azteken-Gott.

Heute sind die Spuren der Umweltzerstörung und behelfsmäßigen Reparaturen im Tal zu sehen: Wasserbauprojekte des 20. Jahrhunderts durchlöcherten das Becken mit massiven Rohren, die sowohl Wasser als auch Abfall ins Meer

leiteten. In den letzten Jahrzehnten hat sich der Texcoco-See in ein flaches Buschland verwandelt.

Die dramatischsten Narben des Seegrunds, der gut vierzig Mal größer als der New Yorker Central Park ist, sind am westlichen Rand zu sehen: in jenem Gebiet, in dem 2015 auf rund 40 Quadratkilometern mit dem Bau des Flughafens begonnen wurde. Als die Bauarbeiten im November 2018 eingestellt wurden, begann der Zerfall der spinnenförmigen Flughafen-Megastruktur. Auf dem Gelände, das vom britischen Architekturbüro Foster + Partners als größter Flughafen Amerikas geplant wurde, ist nur noch eine Ruine zu sehen: riesige Erdspalten, die das Fundament des Hauptterminals bilden sollten. Daneben Stahlsäulen, die sich mehrere Stockwerke hoch in den Himmel schrauben.

Große Flächen aus Tezontle-Kies, einem roten Vulkanstein, durchziehen die Landschaft. Es wurde in der Nähe abgebaut, um einen stabilen Untergrund für den Flughafen zu schaffen, und hinterließ offene Wunden in den nördlichen Hügeln des Bundesstaates México. Seit dem Baustopp wurden unzählige Tonnen Tezontle von der geplanten Landebahn abtransportiert, um das Gebiet wieder in ein Feuchtgebiet umzuwandeln.

Oft war Echeverria, der für seine Publikationen zum Thema grüner Städtebau bekannt ist, allein auf dem Gelände unterwegs. Er erinnert sich daran, wie er mit einem Pick-up durch einen Meter tiefes Wasser fuhr, als ein Regenschauer weite Teile des Texcoco-Sees wieder auffüllte. „Das ist ein See“, sagt er. „Und er will ein See sein; er will zurückkommen.“

VERSINKENDE STADT

Im August 2020 kündigte Echeverria drei Prioritäten für den Bau des Parks an: die Besucherinfrastruktur aufzubauen, die Vegetation wiederherzustellen und Platz für Wasser zu schaffen. Unter anderem wurden eine Sportanlage und Radwege für 8,7 Millionen Besucher im Jahr geplant. Außerdem sollen die drei Meter hohen Betonrohre für das Entwässerungssystem des geplanten Flughafens zu einem labyrinthartigen Spielbereich umgebaut werden. Die Erweiterungen verschlängen 175 der 230 Millionen Dollar, die für den Park insgesamt ausgegeben wurden, machten aber nur ein halbes Prozent der Gesamtfläche des Parks aus, schätzt Echeverria.

Eine der größeren Herausforderungen ist es, die Vegetation des Seesystems wiederzubeleben. 1,8 Millionen Pflanzen

werden derzeit vor Ort angezogen, um den Park wieder zu begrünen. „Gärtnerneien verkaufen diese halophile oder Salz liebende Vegetation, die hier gedeiht, üblicherweise nicht“, erklärt Echeverria.

Die vielleicht einschneidendste Veränderung wird aber die Rückkehr des Wassers sein. Die Topografie und die Hydrologie des Geländes werden, so der Plan, durch umfangreiche Erdarbeiten und kreatives Recycling der vom Flughafen zurückgelassenen Materialien wiederhergestellt. Dämme aus Vulkangestein sollen die saisonalen Wasserbecken begrenzen, die Regenwasser und andere natürliche Zuströme wieder füllen. Entwässerungskanäle, die das Oberflächenwasser vom Flughafen ableiten sollten, gilt es, wieder auf das Gelände zurückzuverlegen. Wasser aus neun angrenzenden Flüssen wird die ehemaligen Flächen des Texcoco-Sees wieder fluten. Insgesamt sollen 723 Hektar hydrologische Systeme und 900 Hektar Wasserflächen wiederhergestellt werden.

Die wiederhergestellten Teiche im Texcoco-Park könnten gleich zwei große Probleme von Mexiko-Stadt lösen. Sie sollen als Überlaufbecken dienen und dadurch Überschwemmungen der asphaltierten und betonierten urbanen Flächen verhindern. Und aus den Teichen kann das Wasser wieder in die Grundwasserleiter zurückfließen. Das könnte das Sinken der Hauptstadt bremsen, die auf einem gigantischen, aber eben dramatisch schrumpfenden unterirdischen Grundwasserspeicher sitzt. Teile des Texcoco-Parks sinken mit einer Geschwindigkeit von 20 bis 40 Zentimetern pro Jahr. Und die Straßen im nahe gelegenen Stadtzentrum schlagen wegen des unregelmäßigen Absackens regelrecht Wellen.

Echeverria nennt weitere Vorteile des Parks: bessere Luftqualität, über 7600 neue Arbeitsplätze und seine Funktion als Kohlenstoffsenke für fast 1,5 Millionen Tonnen Kohlenstoffdioxid pro Jahr. Aber es gebe eine noch größere Aufgabe, sagt er. „Es gilt, das gesamte Seebecken wiederherzustellen.“ Er legt daher künstliche Seen mit unterschiedlichen Tiefen an, um Lebensräume für zahlreiche Arten zu schaffen. Sein Ziel ist die Wiederherstellung von Nist- und Überwinterungsplätzen für mehr als 150 Zugvogelarten entlang eines Zugkorridors von Alaska bis Südamerika. Die ersten Anzeichen sind vielversprechend. In den Jahren seit dem Stopp des Flughafen-

baus hat sich der Nabor Carrillo-See – ein längliches Überbleibsel des Texcoco-Sees – wieder blau gefüllt und beherbergt Reiher und Küstenvögel.

Die vielfältigen und ständigen Veränderungen des Ortes schaffen aber auch Probleme. Das riesige Becken, das sich in den Fundamenten des Terminalgebäudes gebildet hat, war zunächst einzigartig in diesem Gebiet: ein Süßwassersee in einer eigentlich eher salzigen Landschaft. Eine Zeit lang war Echeverria vom Potenzial dieser Süßwassertümpel fasziniert und wollte darin Arten wie den Axolotl fördern. Doch nun ist Salzwasser eingedrungen, der See brackig und für die empfindlichen Amphibien ungeeignet.

Es sei nicht möglich, die Sümpfe des Texcoco-Sees genau so wiederherzustellen, wie sie einmal waren, erklärt Echeverria. Und es sei derzeit auch nicht möglich, genau zu bestimmen, wie die Wiederherstellung am Ende aussehen wird. „Ich denke, man sollte die Geschichte als eine Bekräftigung dafür betrachten, was möglich oder wünschenswert ist“, sagt Echeverria. „Aber wir sollten sie nicht mit Nostalgie betrachten.“

RESTAURIERUNG 2.0

Eric Higgs, ehemaliger Vorsitzender der in den USA ansässigen Society for Ecological Restoration, beobachtet den Wandel von der relativ geradlinigen klassischen Renaturierungsökologie hin zu neueren Formen wie im Texcoco-Park schon seit Jahren. Die Restaurierung 2.0, wie Higgs sie nennt, sieht die Geschichte eines Standorts nur als einen zentralen Anker, neben dem auch andere Werte – ökologische und kulturelle – für die Projektgestaltung wichtig sind.

Dieser Perspektivwechsel ist allerdings auch aus der Not geboren. Irrend wann um das Jahr 2003 herum war, so Higgs, „der Teufel los“, als man sich mit der Tatsache konfrontiert sah, dass einige Ökosysteme heute praktisch nicht mehr wiederherstellbar sind. Sie sind durch die rasche Erwärmung des Klimas, durch den Einfluss des Menschen und die Invasion gebietsfremder Arten einfach zu tiefgreifend verändert worden.

Das gilt auch für das Seensystem im Tal von Mexiko. Für eine Renaturierung im klassischen Sinn müsstenTau sende Menschen umgesiedelt werden. Viele Fisch- und Vogelarten, die einst dort lebten, sind schlicht ausgestorben,

und neue Arten haben sich schon etabliert. Heute leben 48 geschützte Arten im Texcoco-Park. Solche Ökosysteme sind wertvoll. Bei immer mehr Naturschutzprojekten wird dies berücksichtigt, zudem die Rolle des Überschwemmungsschutzes und auch kulturelle



„Das ist ein See. Und er will ein See sein; er will zurückkommen.“



Werte, einschließlich der Nahrungsmittelproduktion.

Die Ergebnisse einer Restaurierung 2.0 mögen in der Gewichtung bestimmter Werte pragmatischer sein. Das bedeutet aber nicht, dass alles möglich sei, betont Higgs. Kreative Projekte brauchten „Leitplanken“. Wenn man Designer oder Umweltingenieure sich selbst überlasse, könnten sie eine „recht ungezügelte Vorstellung davon entwickeln, wie ein Ort sein sollte“, sagt er. „Daher ist es wichtig, den Prozess zu moderieren, mit Beratungen, Überlegungen, Gesprächen und indem sich die Gemeinschaft einbringt.“ Das ist Higgs zufolge ein langsamer und mühsamer Prozess, manchmal auch widersprüchlich. Doch am Ende steht ein demokratischer Konsens, der den langfristigen Schutz fördern kann.

Der Texcoco-Park sei aufgrund seiner Größe und seiner Bedeutung für die nationale Identität einzigartig, sagt die Umwelthistorikerin Laura Martin. An einem kulturell so bedeutenden und umkämpften Ort wie diesem dürfe die Parkgestaltung nicht auf eine technische Lösung für die Probleme einer Stadt reduziert werden.

Die Volksfront zur Verteidigung des Landes (Frente de Pueblos en Defensa de la Tierra, FPDT) – eine Organisation, die von indigenen Nahua-Bauern aus dem Osten des Texcoco-Sees angeführt wird, darunter einige der 1,5 Millionen Nahuatl sprechenden Nachfahren jener Azteken, die Tenochtitlan errichteten – betrachtete das Flughafenprojekt NAICM und das hydraulische System, das den Texcoco-See entwässert hat, als eine moderne Form des Kolonialismus. 2020 führte die Organisation den kolonialen Wasserbauingenieur Enrico Martínez aus dem 17. Jahrhundert und die Unterstützer und Planer des NAICM neben Hernán Cortés in einer Liste von „Mördern und Stadtplanern, die versucht haben, unsere Art zu leben, mit dem Land, den Bergen und dem Wasser, auszurotten“.

„Renaturierungen bergen durchaus ähnliche Risiken der Ausgrenzung wie kommerzielle Entwicklungen“, sagt

Die ehemaligen Feuchtgebiete sind verbuscht und sollen wieder vernässt werden.

Martin. In ihrem Buch *Wild by Design* erklärt sie, wie sowohl die Ausrottung als auch die Wiederansiedlung der Bisons Mittel waren, mit dem weiße Siedler den Ureinwohnern angestammtes Land und Tiere nahmen, und damit die Quellen für Nahrung und Felle. „Die Geschichte der ökologischen Renaturierungsprojekte zeigt, dass die Sorge um wilde Tierarten oft mit der Schädigung marginalisierter Menschen einherging“, sagt sie.

Die Wiederherstellung von Ökosystemen ist zunehmend mit Projekten in Gebieten verbunden, die wie der Texcoco-Park bereits radikale Veränderungen erfahren haben. Heute trauen sich die Planer solcher Projekte, die Geschichte von Orten Ära für Ära zu erforschen, anstatt jene Zeiten zu verschweigen, in denen dort schmutzige Industrie und Infrastruktur vorherrschten, sagt Eric Higgs. „Was mich reizt, ist die Vorstellung, dass wir Orte mit einer komplizierten Geschichte verstehen können. Auch wenn wir diese erstmal enthüllen müssen.“

Higgs nennt Rocky Flats als Beispiel, eine Kernwaffenforschungsanlage in der Nähe von Denver. Die Geschichte der Anlage ist mit indigener Verwaltung und kolonialer Enteignung verwoben, gefolgt von einer Periode als Atomwaffenarsenal des Kalten Krieges und einer radioaktiv verseuchten Anlage. Die wurde über das Sanierungsprogramm „Supperfud“ der US-Umweltbehörde EPA saniert, bevor sie – Milliarden Dollar später – ihr Leben als nationales Naturschutzgebiet begann. Das Gebiet nur in dieser Phase zu sehen, sei irreführend, sagt der Umweltexperte. „Zu sagen: ‚Seht euch dieses wunderschöne Naturschutzgebiet an‘, ohne dessen komplizierte und vielschichtige Geschichte zu verstehen, ist sinnlos.“

LEBENSGRUNDLAGEN

Seit der Absage an das Flughafenprojekt NAICM fordern die Gemeinden am Texcoco-See, in dem Gebiet weiterhin traditionelle Arbeiten ausüben zu dürfen. Zum Beispiel Tequesquite auszugraben, ein gräuliches natürliches Mineralsalz aus den Sedimenten des Texcoco-Sees. Oder Ahuautle anzubauen, eine Art von Insekteniern, auch „mexikanischer Kaviar“ genannt, oder eben die Spirulina-Algen zu ernten. Die Regierung hat mittlerweile versprochen, diese Praktiken weiterhin zuzulassen.

Laut Echeverria zeigen sich in der heimischen Wirtschaft schon nach zwei Jahren erste Erfolge. Die örtliche Gärtnerei züchtet jetzt einheimische Pflanzen für die Renaturierung und schafft Arbeitsplätze. „Wir haben zurzeit Pflanzen im Wert von etwa 70 Millionen Pesos in der Gärtnerei“, sagt er. Das entspricht 3,7 Millionen Euro. Ziehe man die Kosten für den Bau der Gärtnerei und die Aufzucht der Pflanzen ab, bleibe ein Plus 30 von Millionen Pesos.

Die meisten Menschen, die am Rande des Texcoco-Parks leben, sehen die Lage allerdings weniger optimistisch. Im März 2022 erklärte die mexikanische Bundesregierung den Texcoco-See zum



Damit aus karger Landschaft ein blühender Park werden kann, setzen Landschaftsgärtner 1,8 Millionen Pflanzen.

Naturschutzgebiet und im Juni wurde er von einer internationalen Koalition als Ramsar-Gebiet, also als Feuchtgebiet von internationaler Bedeutung, anerkannt. Doch die Bauarbeiten dauern an. Die geplante Eröffnung im Jahr 2022 konnte nicht eingehalten werden.

Für viele ist die Geheimhaltung um das Projekt der größte Makel. Abgesehen von gelegentlichen Drohnenaufnahmen „ist es unmöglich zu sehen, was bisher getan wurde, da die Öffentlichkeit keinen Zugang zum Gelände hat“, sagt etwa der Umweltschützer Homero Aridjis, der zudem als Mexikos bedeutendster lebender Dichter gilt.

Auch der Austausch mit den betroffenen Menschen während der Planungsphase steht in der Kritik. Das sei nicht seine Stärke gewesen, räumt Echeverria ein. Es galt, schnell Tatsachen zu schaffen, solange der Park die politische Zustimmung hatte. Für Kritiker hingegen liegen Eile und Intransparenz vor allem am zunehmend autoritären Führungsstil von López Obrador. Das Projekt sei in erster Linie politischer Fußball und erst in zweiter Linie ein Umweltprojekt, sagen sie. Bis Ende 2023 soll der Park nun eröffnet werden – damit die Menschen sich rechtzeitig selbst ein Bild machen, bevor im Juli 2024 die nächste Präsidentschaftswahl ansteht.

Echeverria sei klar, dass die renaturierten Bereiche Texcos nur Nadelstiche inmitten der riesigen Landschaft seien. Der Landschaftsplaner hofft, dass diese Art renaturierender Akupunktur fortgesetzt wird, und auch, dass die Menschen das Gebiet schätzen lernen. Beides liege aber nicht mehr in seiner Hand. „Es ist kein Projekt, das man anfängt und beendet, sondern ein lebendiger Prozess.“ ●

Der Klang der 80er

Vor 40 Jahren revolutionierte Yamahas DX7 den Synthesizer-Markt.

Der Einfluss hält bis heute an. – Kai Schwirzke

Als Yamaha im Mai 1983 den DX7 herausbrachte, kam das einem Paukenschlag gleich. Dieser Synthesizer war zwar mit 4700 Mark relativ teuer, konnte aber ohne das damals für die meisten Musiker unerschwingliche Sampling, also das Digitalisieren existierender Instrumente, verblüffend authentisch E-Pianos, Saiten- und Blasinstrumente imitieren. Auch glockenähnliche Klänge sowie fette Bässe vermochte das Gerät auf bislang ungehörte Weise zu synthetisieren.

Der DX7 schrieb Musikgeschichte. Yamaha war es gelungen, eine neue Klangästhetik zu etablieren. Selbst die zunächst als „zu digital“ geschmähten Streicherklänge gehörten und gehören zum klanglichen Standardrepertoire. Wer den Hits der 80er und 90er lauscht, hört mit Sicherheit auch einen DX7. Kaum ein Stück von Whitney Houston kommt beispielsweise ohne ihn aus, etwa die Ballade „The Greatest Love of All“. Kraftwerk setzte den DX7 bei „Electric Café“ ein, ebenso Berlin im unvergessenen Hit „Take My Breath Away“. Der Avantgarde-Künstler Brian Eno nutzte und nutzt den DX7 in unzähligen Produktionen. Und selbst der altgediente Hardrock-Keyboarder Jon Lord wurde hinter einem DX7 gesichtet.

Der Erfolg des Instruments beruht auf einer damals ungewöhnlichen Kangerzeugung, der FM-Synthese. Bis dato dominierten Synthesizer, bei denen Sinus-, Rechteck- oder Sägezahn-Wellen mit analogen Schaltungen generiert und per Filter und Hüllkurve beeinflusst wurden. Der DX7 setzte auf Frequenzmodulation. Basis ist ebenfalls eine Sinusschwingung („Carrier“), deren Frequenz allerdings von einer anderen Sinusschwingung („Modulator“) verändert wird. Schwingt der Modulator langsam, entsteht ein Vibrato, also eine Tonhöhen schwankung. Oszilliert er schneller, entstehen Obertöne. So kommt es vor allem bei ungeraden Schwin-



Für Deep Purple griff Jon Lord – hier bei einem Konzert am 17.02.1987 in München – in die Tasten des DX7.

gungsverhältnissen zu den eher metallischen, glockigen Klängen, die für den DX7 typisch sind.

Dieses Vorgehen kennt man in der Nachrichtentechnik bereits seit 1922, beispielsweise beim UKW-Radio. Für die Musik entdeckte es John Chowning von der Stanford University Ende der 60er-Jahre. Stanford patentierte das Verfahren und bot es einigen amerikanischen Instrumentenherstellern an. Branchengrößen wie Wurlitzer und Hammond lehnten jedoch ab. Yamaha erkannte 1973 bei einem Besuch in den USA sofort das Potenzial und lizenzierte das Patent – man munkelt über 20 Millionen Dollar.

Das erste kommerzielle Instrument mit digitaler FM-Synthese war der GS1. Es wog üppige 90 Kilo, war fast so groß wie ein Flügel und kostete rund 40 000 Mark; Yamaha verkauft keine 100 Exemplare.

Der sechzehnstimmige DX7 – die Konkurrenzprodukte hatten damals maximal acht Stimmen – war nicht nur kompakter und preiswerter als der GS1, er setzt auch eine komplexere Form der FM-Synthese ein. Sechs „Operatoren“ lassen sich als Carrier, Modulatoren oder Feedback-Operatoren nutzen, die mit sich selbst moduliert werden. Die Verschaltung der Operatoren hatte Yamaha in 32 Algorithmen vorgegeben.

Unter Musikern galt und gilt der DX7 mit seinen zahlreichen Parametern, dem aus heutiger Sicht winzigen Display von 2 mal 16 Zeichen und den wenig intuitiven Algorithmen als kompliziert. Drittanbieter boten deswegen Klänge auf Cartidges oder Diskette an. Heute können Musiker den inzwischen zeitlosen DX7-Sound weiterhin per „richtiger“ Synthese mit aktuellen Yamaha-Modellen kreieren oder sie fertig als Samples beziehen. ●

Heilen mit der Genschere



Die Genschere CRISPR kann helfen, Erbkrankheiten wie Sichelzellenanämie zu heilen. Noch in diesem Jahr könnte die Methode für einen ersten Anwendungsfall zugelassen werden. Doch Wissenschaftler äußern auch immer wieder ethische Bedenken. – Jessica Hamzelou und Antonio Regalado (Übersetzung: Andrea Hoferichter)

Vergessen Sie He Jiankui, jenen chinesischen Biophysiker, der Designerbabys erschaffen hat! Beim Begriff Gen-Editing sollten Sie stattdessen an die Afroamerikanerin Victoria Gray denken. CRISPR hat sie von viel Leid durch ihre Sichelzellenanämie befreit. Und sie ist nur der Anfang einer vielversprechenden Therapiegeschichte.

2018 gab He Jiankui, damals Biophysiker an der chinesischen Southern University of Science and Technology Shenzhen, in Hongkong bekannt, dass er CRISPR an menschlichen Embryonen angewendet hatte. Die Nachricht sorgte für großen Aufruhr. „Wir werden den Schock nie vergessen“, sagt Victor Dzau, Präsident der US-amerikanischen National Academy of Medicine. He Jiankui hatte das Erbgut manipuliert, um drei

Mädchen vor einer HIV-Infektion durch ihre Väter zu schützen. Der Forscher wurde dafür verurteilt und landete im Gefängnis. Erst im letzten Jahr kam er wieder frei.

Aus ethischer Sicht war Jiankuis Vorgehen fraglos ein Fehlschlag, aus medizinischer Sicht vermutlich ebenfalls – darüber ist jedoch nur wenig bekannt, denn die Privatsphäre von Amy und den Zwillingen Lulu und Nana ist gut geschützt. Jedenfalls wirft sein Vorgehen die Frage auf, ob wir uns in dieser Form überhaupt in die Evolution einmischen sollten. Doch die Debatte um die Designerbabys sollte nicht davon ablenken, was mit Gen-Editierung grundsätzlich möglich sein könnte, nämlich schwere Krankheiten erwachsener Menschen zu heilen.

Aktuell laufen mehr als 50 klinische Studien an Freiwilligen zu solchen Therapieansätzen. Das Ziel sei, zum Beispiel Krebs, AIDS und Blutkrankheiten zu behandeln, sagt David Liu von der Harvard University. Bei den meisten dieser Studien komme CRISPR zum Einsatz. Dieses vielseitige Gen-Editierungswerzeug haben Emmanuelle Charpentier und Jennifer Doudna 2012 in dem Fachmagazin *Science* vorgestellt. Dafür wurden die beiden Forscherinnen 2020 mit dem Nobelpreis ausgezeichnet.

Das Werkzeug hat seit seiner Entdeckung die Gentechnik nicht weniger als revolutioniert. Ohne seine Fähigkeit, das Genom ganz gezielt an bestimmten Stellen zu durchtrennen, ist biomedizinische Forschung heute kaum noch vorstellbar – ebenso Pflanzenzucht. Aller-

dings ist der Einsatz einer Genschere in einzelnen isolierten Zellen im Labor etwas anderes, als einen aus etwa 100 Billionen Zellen bestehenden erwachsenen Menschen auf der Ebene seiner Gene zu behandeln.

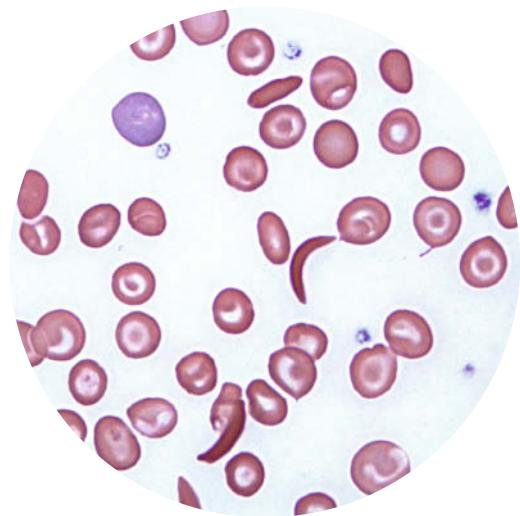
Erste Forschungsprojekte zu möglichen medizinischen Anwendungen von CRISPR zielten auf die Manipulation der Mitochondrien-DNA ab. Das ist eine eigenständige DNA, die in den Kraftwerken jeder Zelle unter anderem den Energiehaushalt regelt. Defekte in den Mitochondrien können diverse schwere Krankheiten zur Folge haben, darunter Taubheit, Blindheit, Herzschwäche und neurologische Störungen. Die Behandlungsansätze sind allerdings noch nicht reif für Routineanwendungen an Patienten.

Den Schritt in die Klinik schaffte CRISPR mit Victoria Gray. Sie wurde vor drei Jahren als eine der ersten Patientinnen mithilfe von CRISPR behandelt – gegen Sichelzellenanämie. Die roten Blutkörperchen von Betroffenen wie Gray sind deformiert und können nicht genug Sauerstoff transportieren. Das führt zu starken Schmerzen und einer schlechten Sauerstoffversorgung des Körpers. Das Leiden ist die Folge einer einzelnen fehlplatzierten Base der DNA. Diese eine falsche Base hat die Kindheit und Jugend der heute 37-Jährigen geprägt und ihren Traum, Ärztin zu werden, zunichtegemacht. Monatelang habe sie im Krankenhaus gelegen. Ihre Kinder hätten Angst gehabt, sie könnte sterben, erzählte sie kürzlich auf einer Londoner Konferenz. „Ich stehe heute vor Ihnen als Beweis dafür, dass es noch Wunder gibt.“ Nun, drei Jahre nach der Behandlung, gilt Victoria Gray als geheilt.

Für die Therapie wurden der jungen Frau Knochenmarkzellen entnommen, deren Gene im Labor verändert und die veränderten Zellen wieder in den Körper geschleust. Ihre neuen „Superzellen“, wie Gray sie nennt, haben ihr Leben verändert. Schon wenige Minuten nach Erhalt der Transfusion bearbeiteter Zellen habe sie sich wie neugeboren gefühlt und Freudentränen vergossen, erzählte sie. Und nach sieben bis acht Monaten war sie wieder zurück im Leben. „Ich fühlte mich wirklich an das Leben zu genießen, von dem ich einst das Gefühl hatte, dass es an mir vorbeiging“, sagt sie.

ZU RISIKEN UND NEBENWIRKUNGEN ...

Gray ist inzwischen eine von mehr als 200 Patientinnen, die bereits in klinischen Studien mit CRISPR-basierten Therapien behandelt wurden. Und sie ist nicht die einzige Erfolgsgeschichte. Gleichwohl äußern Forschende immer wieder Bedenken. Die sind weniger medizinischer Natur – sie drehen sich vor allem um die Frage nach der Gerechtigkeit. Denn Gen-Editing-Therapien werden – selbst wenn sie das nach wie vor hochexperimentelle Versuchsstadium verlassen haben – voraussichtlich sehr teuer sein. Wer also wird sie sich leisten können?



Bei der Sichelzellenanämie sind rote Blutkörperchen durch fehlerhaft gebauten roten Blutfarbstoff deformiert – wie eine Sichel. Ursache ist ein einzelner Basenfehler in der DNA.

Vertex hat nach eigenen Angaben mehr als 75 Menschen mit Sichelzellenkrankheiten behandelt.

Bereits jetzt, obgleich die Therapien noch gar nicht zugelassen sind, gibt es schon ein Ungleichgewicht. Denn aktuell ist die einzige Möglichkeit, seine Krankheit mit einer CRISPR-Therapie behandeln zu lassen, an einer klinischen Studie teilzunehmen. Beispiel Krebstherapien: Zwar treten 70 Prozent der weltweiten Krebsfälle in Ländern mit niedrigem und mittlerem Einkommen auf, doch zwei Drittel der Gentherapie-Krebsstudien werden in wohlhabenden Ländern durchgeführt, berichtet Natacha Salomé Lima, Psychologin und Bioethikerin an der Universität Buenos Aires in Argentinien. Werden hingegen vergleichsweise einfache neue Therapieformen, Impfstoffe oder Medikamente getestet, finden die frühen klinischen Studien meist in sogenannten multinationalen Studien unter Beteiligung vieler Schwellenländer statt.

Dass die Teilnahme an einer solchen CRISPR-Studie allerdings nicht nur eine Chance, sondern auch eine Gefahr ist, zeigt das Beispiel Terry Horigan. Der 27-Jährige starb im letzten Jahr, als er an einer CRISPR-Studie zu seiner Duchenne-Muskeldystrophie teilnahm, einer tödlichen Krankheit. Die Todesursache – und ob sie möglicherweise mit der Behandlung zusammenhängt – ist noch unklar. Aber sie befeuert die Kritik an Eingriffen in unsere Gene. Denn die Auswirkungen einer Genmanipulation seien womöglich noch nicht ausreichend verstanden, bemängeln Kritiker.

Auch das Biotech-Unternehmen Graphite Bio aus San Francisco musste im Januar Tests zur Behandlung der Sichelzellenkrankheit abbrechen: Die Zahl der Blutkörperchen seines ersten auf diese Weise therapierten Patienten hatte gefährlich stark abgenommen. Die Therapie sei vermutlich die Ursache

Die Gentherapie gegen Beta-Thalassämie wurde vom EU-Markt genommen, nachdem sich die Regierungen geweigert hatten, 1,8 Millionen Dollar pro Behandlung zu zahlen.

für den unerwarteten wie unerwünschten Effekt, heißt es aus dem Unternehmen. Die Aktien von Graphite Bio brachen um mehr als 90 Prozent ein, etwa die Hälfte der Belegschaft wurde entlassen.

RASANTER ERFOLG

Rückschläge sind kaum verwunderlich – die Entwicklung der Genschere in der Medizin verlief so rasant, dass es fast schon erstaunlich ist, wie erfolgreich sie inzwischen ist.

„Ich glaube, dass CRISPR jede frühere Technologie der Genomtherapie schon überholt hat“, sagt etwa Fyodor

Urnov von der University of California (UC), Berkeley. Und das Unternehmen Vertex Pharmaceuticals, das die Therapie für Gray entwickelt hatte, hat mittlerweile nach eigenen Angaben mehr als 75 Menschen mit Sichelzellenanämie oder der damit verwandten Beta-Thalassämie behandelt. Aktuell laufen klinische Tests der Phase drei. Die Behandlung könnte innerhalb eines Jahres in den USA zum Verkauf zugelassen werden und wäre damit die erste medizinische Therapie mit einem CRISPR/Cas-Werkzeug. Was sie kosten wird, ist noch unbekannt. Vermutet werden Preise in Millionenhöhe.

Victoria Gray ist eine der ersten Patientinnen, die durch eine CRISPR-Therapie von Sichelzellenanämie geheilt wurde.

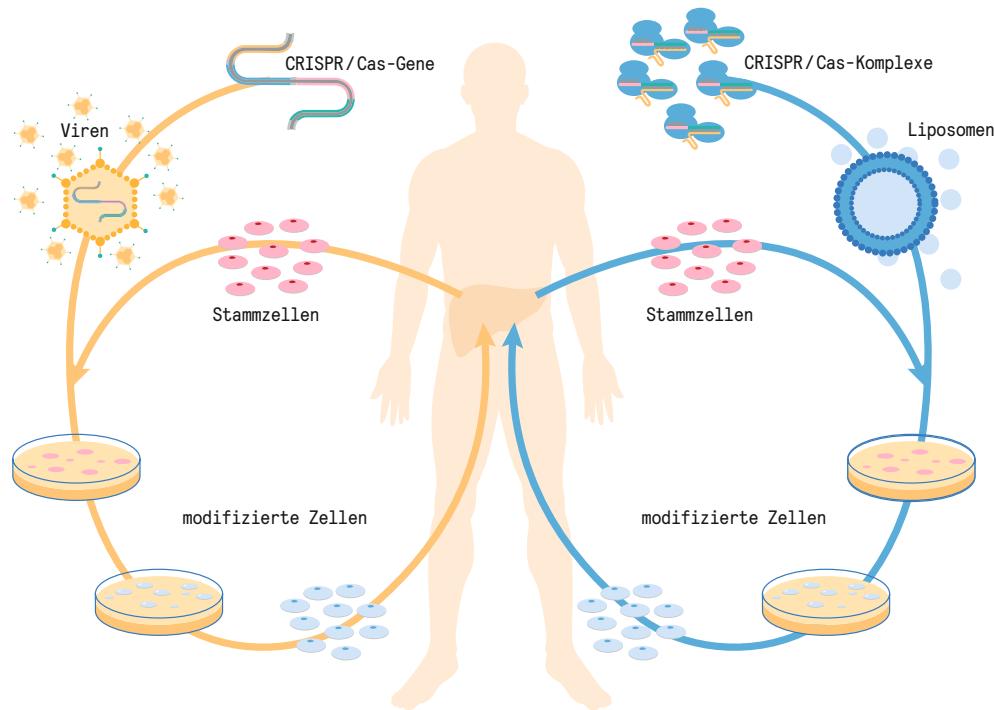


© Copyright by Heise Medien.

Neben Vertex möchte eine ganze Reihe weiterer Biotech-Unternehmen, darunter Intellia, Beam Therapeutics und Editas Medicine, die CRISPR-Technologie für die Entwicklung neuer Therapien nutzen. Viele führen auch Studien für den Harvard-Experten David Liu durch.

Die Schwierigkeit aller Therapieansätze mit CRISPR ist die Anwendung der Genschere. Im Fall von Gray entnahmen die Ärzte Zellen aus dem Knochenmark und veränderten diese außerhalb des Körpers im Labor. Bevor die manipulierten Zellen jedoch wieder in den Körper gebracht werden konnten, musste sich Gray einer zermürbenden Chemotherapie unterziehen. Sie tötete die Knochenmarkzellen ab, die die fehlerhaften roten Blutkörperchen herstellten, und machte Platz für die neuen, reparierten. Das Vertex-Verfahren funktioniert also im Prinzip wie eine Knochenmarktransplantation. Das ist an sich schon eine Tortur, und nicht jeder Patient wird dazu bereit sein. Vertex geht deshalb davon aus, dass die Behandlung vor allem für schwere Fälle geeignet ist: für geschätzte 32 000 Menschen in Europa und den USA.

Allerdings werden auch diese Patienten die Behandlung nur bekommen, wenn Versicherer und Regierungen die Kosten übernehmen. Und das ist ein großes Risiko. Die Gentherapie gegen Beta-Thalassämie etwa, entwickelt vom Unternehmen Bluebird Bio aus Massachusetts, wurde vom europäischen Markt genommen, nachdem sich die dortigen



Für Behandlungen mit der Genschere werden den Patienten Stammzellen entnommen, genetisch verändert und den Patienten zurückgegeben. Die Veränderung der Zellen kann auf zwei Wegen erfolgen: über Viren, die CRISPR/Cas-Gene in die Zellen einschleusen, oder über ähnliche Lipid-Vehikel, wie sie für die mRNA-Impfung gegen Corona eingesetzt wurden.

Regierungen geweigert hatten, den Preis von 1,8 Millionen Dollar pro Behandlung zu zahlen.

CRISPR 2.0

Die erste Generation der CRISPR-Therapien stößt auch in anderer Hinsicht an Grenzen. Denn in der Regel wird dabei die DNA-Helix zerschnitten, um ganze Abschnitte eines Genoms auszuschalten. Der Harvard-Biologe George Church nennt diese Vorgehensweise „Genom-Vandalismus“.

Zu Behandlungen dieser Art zählt eine Therapie gegen HIV und auch jene, die Gray bekam. Bei ihr wurde ein bestimmter DNA-Abschnitt jenes Gens in den Stammzellen abgetrennt, das normalerweise für die Hämoglobinproduktion verantwortlich ist. Das aktiviert eine zweite Version für die Produktion des roten Blutfarbstoffes, der sonst nur im Säuglingsalter aktiv ist. Da fehlerhafte Hämoglobin-Moleküle die Sichelzellenkrankheit auslösen, kann die Aktivierung eines Gens für die korrekte Variante Abhilfe schaffen. Ob das Ausschalten ganzer Genom-Abschnitte auf lange Sicht

Nebenwirkungen hat, ist jedoch noch unklar.

Nach David Lius Analyse zielen derzeit zwei Drittel der laufenden Studien auf diese Art Gentherapie ab. Sein Team arbeitet hingegen an Gen-Editing-Ansätzen der nächsten Generation. Dabei zerschneidet ein CRISPR-Protein nicht die DNA-Helix, sondern tauscht einzelne genetische Buchstaben des DNA-Codes aus – oder nimmt auf diese Weise auch umfassendere Änderungen vor. Die CRISPR-Werkzeuge dafür werden als „Basen-Editoren“ bezeichnet.

Lluís Montoliu, Genforscher am spanischen Nationalen Zentrum für Biotechnologie, sieht in diesen neuen Versionen von CRISPR gleich zwei Vorteile. Sie seien risikoärmer und leistungsstärker, sagt er. Gleichwohl sei es nach wie vor schwierig, sie „an die richtige Zielzelle im Körper“ zu bringen. Denn auch wenn CRISPR/Cas als Präzisionswerkzeug gilt: Es ist längst nicht so präzise, wie in der Anfangszeit gedacht.

Montolius Arbeitsgruppe nutzt die Basis-Editoren für Laborversuche, in denen er Mäuse von Albinismus zu heilen versucht, falls möglich von Geburt an. Es

sei ein erster Schritt in Richtung einer Therapie für Neugeborene. Allerdings nicht, um den Melaninmangel zu beheben und damit die charakteristische weiße Hautfarbe zu ändern, so der Forscher. Stattdessen träume er davon, die durch Albinismus verursachten schweren Sehprobleme zu korrigieren.

Bislang ist das Albinismus-Projekt jedoch reine Hochschulforschung. Und das ist zugleich ein Hinweis auf eines der größten Hindernisse auf dem Weg von CRISPR in die Praxis, jetzt und in absehbarer Zukunft. Fast alle laufenden CRISPR-Versuche zielen entweder auf Krebs oder Sichelzellenkrankheiten ab, wobei sich mehrere Unternehmen mit genau denselben Problemen befassen. Tausende anderer Erbkrankheiten, die mit CRISPR behandelt werden könnten, würden schlicht ignoriert, moniert der UC-Forscher Fyodor Urnov. „Das liegt fast ausschließlich daran, dass die meisten so selten sind, dass sie keine rentable Geschäftsmöglichkeit bieten.“ Wissenschaftlich gebe es keine Hindernisse, betont Urnov. Jetzt, da die Gen-Editierung erste Erfolge erzielt habe, sei es dringend nötig, allen den Weg in die Klinik zu ermöglichen. ●

Jetzt kommt KI ins Spiel

Seit Jahrzehnten wird die KI in Games kaum besser. Erste Versuche mit Agenten, die von Sprachmodellen gesteuert werden, wecken Hoffnungen auf klügere Spiele. – Matthias Kreienbrink

Fortschritt in Videospielen, das war bisher vor allem bessere Grafik. Künstliche Intelligenz: Fehlanzeige. Spätestens als die 3D-Technologie die Videospiele eroberte, war jedoch der Wunsch bei Gamern da, die Figuren mögen sich realistisch durch diese Welten bewegen: Gegner in einem Shooter, die in Deckung gehen, wenn man auf sie zielt, und die vom Verhalten der Spielenden lernen und taktisch agieren. Doch in den letzten gut 20 Jahren entwickelten sich vor allem die Welten weiter. Durch gigantische Grafiksprünge lassen sich virtuelle Umgebungen in Videospielen teils kaum noch von der Realität unterscheiden.

Landstriche werden mit modernster Vermessungstechnologie originalgetreu nachgebaut. Die Skyboxes, also der Himmel samt Wolken, werden mit feinen Partikeln und voluminösen Schwaden dargestellt. In offenen Spielwelten können Gamer Stunden damit verbringen, die weitläufigen Biotope zu erkunden. Aber die Figuren in den Spielen, die sind immer noch ziemlich genauso hölzern wie vor 20 Jahren. Wird sich das nun endlich ändern? Denn generative KI, die im Spiel lernt, und Sprachmodelle, die mit den Spielenden individuell kommunizieren, sind mit ChatGPT und ähnlichen Modellen in der Gegenwart angekommen.

Wer derzeit noch von KI in Videospielen spricht, meint die Steuerung der Bewegungs- und Reaktionsmuster von nicht-spielbaren Charakteren (NPCs) – wie sich ein Gegner zu den Spielenden verhält. Ob er intelligent und unvorhersehbar vorgeht, die Gamer hinterlücks überrascht. Aber auch an-

dere Nebencharaktere sind vermeintlich KI-gesteuert. Sie gehen ihrem Leben in einer Stadt nach, sollen sich dort möglichst realistisch bewegen und in Dialogen mit den Spielern kommunizieren. Je komplexer sich Figuren in Videospielen verhalten, desto besser die KI – so zumindest die Vorstellung.

Das ist jedoch ein Missverständnis, denn häufig steckt gar keine generative KI dahinter, wenn wir über Künstliche Intelligenz in Videospielen reden. Stattdessen wird in den meisten Spielen Pathfinding eingesetzt. Das sind vorgeschriebene Pfade, auf denen sich NPCs durch ein Spiel bewegen. Diese werden von den Entwicklern und Entwicklerinnen festgelegt. Die Spielenden erleben das zwar als Künstliche Intelligenz, es ist jedoch keine im Sinn von maschinellem Lernen oder gar generativer KI.

Zu den Pfaden gibt es verschiedene Abzweigungen. Das kann man sich so vorstellen: Ein NPC bewacht ein Tor und läuft stets vor diesem von Punkt A zu Punkt B. Wenn die Spielenden sich dem NPC nun in den Weg stellen, hat er eine bestimmte Anzahl an Optionen, wie er darauf reagiert. Greift er an? Flieht er? Versteckt er sich? Diese Möglichkeiten können etwa davon abhängen, wie stark der Charakter des Gamers ist oder welche Waffe er trägt.

Es sind aber immer vorprogrammierte Verhaltensweisen, keine von einer KI getroffenen Entscheidungen. Die Verästelungen beim Pathfinding können sehr groß sein – und dadurch sehr realistisch wirken. Doch je mehr Möglichkeiten es gibt, desto mehr Arbeit steckt in diesem Prozess. Ist die-



„Nur weil ein NPC dich intelligent plattmacht, macht er das Spiel nicht gut.“



In Shootern wie *The Last of us* hängt der Spielspaß wesentlich davon ab, dass die Gegner keine übermächtigen KIs sind. Agieren sie zu intelligent oder entziehen sich den Angriffen vielleicht sogar, kippt die Balance.

ses Pathfinding unterkomplex, erleben die Spielenden die computergesteuerten Charaktere als einfältig.

KI WIE VOR 20 JAHREN

Das Verhalten von NPCs in Games ist in den letzten Jahrzehnten kaum klüger geworden – aber das ist auch so gewollt. Denn hätte tatsächlich generative KI die freie Kontrolle in Videospiele, wäre das Erlebnis der Spielenden ein ganz anderes. Statt einer durchdachten Dramaturgie und angemessener Herausforderung gäbe es wohl nur: Chaos. „Als junger Spund habe ich gedacht, dass ich mal superintelligente KI schreiben werde, um Videospiele dadurch viel besser zu machen. Aber das stimmt einfach nicht“, sagt Paul Lawitzki. Er ist Designer und Programmierer beim Stuttgarter Spielentwickler Chasing Carrots.

„Man muss Agenten in Spielen in ihre Schranken weisen, sonst kann die Spielerfahrung kaputtreißen.“ Dass sich in Sachen KI kaum etwas getan habe, liege nicht am fehlenden

technologischen Fortschritt, sondern daran, dass Videospiele in erster Linie Spaß machen und eben keine hochkomplexen Realitäts-Simulationen sein sollen.

Würde KI etwa zum Gegner in Kampfszenen, wäre der Spielspaß in großen Teilen dahin. Welchen Schwierigkeitsgrad Gegner haben, welche Schadenswerte die Waffen, wie häufig und wo es zu Auseinandersetzungen kommt – all das ist fein ausbalanciert, um die Chancen der Spielenden im Gleichgewicht zu halten. „Nicht jeder intelligente Gegner macht auch Spaß als Spielelement. Nur weil ein NPC dich intelligent plattmacht, macht er das Spiel nicht gut“, sagt der Indie-Entwickler.

In der Testphase eines Spiels werden genau diese Feinheiten immer wieder nachgeprüft und justiert. Aber auch Dialoge verändern sich im Laufe des Spiels. Wenn etwa eine bestimmte Mission abgeschlossen ist, reagiert ein NPC anders auf den Spieler – geht dann auch auf die Erfolge ein.

Um den Spielspaß zu erhalten, bewegen sich die Interaktionen mit NPCs auch heute noch auf dem Niveau des Spiels

Half Life aus dem Jahr 1998. Damals war der Shooter eine Sensation. Grafik, Story, Künstliche Intelligenz der Gegner – alles State of the Art, alles beeindruckend. Da, wo Gegner vorher nur plump auf die Spieler zuliefen, bewegten sie sich nun geschickt. Ging in Deckung, wichen den Schüssen aus, formierten sich. Heute sprechen NPCs zwar miteinander. Sie haben detailreiche Mimik und Gestik. Aber grundsätzlich hat sich die Interaktion der Spielenden mit den NPCs kaum verändert. Sie werden vom Computer gesteuert und gehen festgelegte Wege. Reaktionen auf die Aktionen der Gamer sind eher marginal.

Würde eine generative KI *Half Life* steuern, wäre das Balancing passé, das sich intelligent anführende, aber doch einschätzbare Verhalten der Charaktere dahin. „Es gibt KI im Schach, die Meister schlagen kann. Die ist nicht da, um den Spielspaß zu erhöhen“, sagt Paul Lawitzki. So könnten KI-gesteuerte Gegner einfach ihre Plätze verlassen und sich dem Spiel entziehen. Oder sie agieren so intelligent, dass ein Sieg durch menschliche Spielende nicht mehr möglich wäre. Oder sie verweigern einfach das Gespräch. Dass KI in Games seit etwa 20 Jahren die gleiche (oder keine) Rolle spielt, ist eine bewusste Entscheidung der Spieleentwickler – den Spielenden zuliebe.

Um Spaß mit generativer KI im Spiel zu haben, sind neue Spielkonzepte nötig, die keine klassischen Spielziele mehr verfolgen. Erste Spiele mit integrierter generativer KI wie *Hello Neighbour* passen sich beispielsweise dem Spielverhalten an. In dem Spiel gilt es, das Haus eines Nachbarn zu erkunden, ohne dass dieser einen dabei erwischt. Versuchen die Spielenden etwa, immer über den gleichen Weg in das Haus einzudringen, merkt die KI sich das und stellt sich ihnen gezielt in den Weg. Auch wenn die Meinungen zu dem Spiel geteilt sind, die

Anpassung an die Spieler funktioniert gut – allerdings ist *Hello Neighbour* eher ein Kammerpiel als eine Spielwelt und es gibt nur einen Gegner.

HEIRATENDE KI

Sebastian Gsänger hat an einem Spiel-Prototyp gearbeitet, der ChatGPT integriert. Er ist Fachbereichsleiter Programming an der Games Academy in Berlin. „Wir haben eine Sandbox mit mehreren Charakteren gebaut, die verschiedene Objekte zur Verfügung haben“, sagt er. Ein Bücherregal etwa, einen Müllheimer, einen versteckten Schalter oder ein Tagebuch. Die Aufgabe der durch die Sprach-KI gesteuerten Charaktere ist es, aus dem Raum auszubrechen.

„Den einzelnen Figuren haben wir Texte eingeschrieben, wer sie sind und welche Eigenschaften sie haben“, so Gsänger. Innerhalb dieser Parameter können sich die Agenten bewegen. Zudem sollen sie miteinander kommunizieren, um gemeinschaftlich ausbrechen zu können. Gsänger hat den in ChatGPT eingespeisten Text über eine programmierte Schnittstelle zum Spielinhalt werden lassen. Im Gegenzug wurden die Aktionen im Spiel in Text für ChatGPT übersetzt.

„Ein Charakter hat einen Tagebucheintrag gelesen, in dem ein anderer schreibt, dass er verliebt ist. Daraufhin haben dann alle angefangen, über die Liebe zu sprechen.“ Es seien Pläne entstanden: eine Kapelle bauen, um dann heiraten zu können. „Wir wollten austesten, was diese Sprach-KI kann und was nicht. Denn besonders in Rollenspielen könnte diese Technik zukünftig eingesetzt werden“, so Gsänger.

Auch eine Forschergruppe der Stanford University hat gemeinsam mit Google KI-Charaktere miteinander interagieren lassen. Sie haben 25 Agenten in einem Dorf, genannt Smallville, abgesetzt

und ihnen eine Aufgabe gestellt: Es sollte eine Valentinstag-Party gefeiert werden. Also schickte ein KI-Agent an die anderen Einladungen, schmückte die Räumlichkeit und beschaffte sich Hilfe für die Organisation. „Die haben ein sehr ähnliches Framework benutzt wie wir“, sagt Gsänger. Und er denkt, dass solche Ansätze schon in wenigen Jahren ihren Weg in den Mainstream finden werden – und damit in die Videospiel-Blockbuster.

Charaktere würden dann von Sprachmodellen gesteuert, die sich in vorgegebenen Parametern frei bewegen. So können individuelle Erfahrungen in Games möglich werden. Heute werben Spiele wie *Life is Strange* mit unterschiedlichen Enden, je nachdem, welche Entscheidungen die Gamer während des Spiels treffen. Das ist immer noch Pathfinding. Eine KI könnte tatsächlich auf die Spielenden reagieren. Ihre Dialoge und Verhaltensweisen wären originär.

„Aktuell ist der Flaschenhals der KI noch, wie viele Anfragen sie auf einmal verarbeiten kann“, sagt Gsänger. Doch je weiter die Entwicklung voranschreitet und je mehr Entwickler und Entwicklerinnen lernen, der KI einen funktionierenden Rahmen zu geben, desto weniger Probleme dürfte dieser Flaschenhals machen.

NICHT ZU SCHLAU

Ein noch größeres Maß an Individualität für Spielcharaktere entwickelt Johannes Büttner, Research Assistant im Bereich Human-Computer Interaction an der Universität Würzburg. Er füttert die KI nicht mit großen Datensets, damit sie Muster nachahmt. Er nutzt Reinforcement Learning: Der Agent interagiert mit seiner Umgebung und lernt dabei. „Wenn der Agent etwas Gutes macht, wird er belohnt, und andersrum. Dadurch kann er etwa lernen, wie ein Problem in einem

Ist das Pathfinding unterkomplex,
erleben die Spielenden die computer-
gesteuerten Charaktere als einfältig.

ANGEPASSTE GEGNER

2020 ließ Sony eine Methode patentieren, die die Spielstärke menschlicher Spieler analysiert und Computergegnern erlaubt, aus erfolgreichen Verhaltensweisen ihrer menschlichen Gegner zu lernen. Solche Patente besetzen aber in der Regel nur ganz allgemein das Feld – sie bedeuten nicht, dass das Problem generell gelöst ist.

2022 konnte Sony mit dem Autorennspiel *Gran Turismo 7* zeigen, dass es funktioniert: Ein mit Verstärkungslernen trainierter Software-Agent passt sich im direkten Wettbewerb an die stärksten menschlichen Gegner an und versucht, sie zu schlagen – jedoch ohne hoffnungslos überlegen zu werden. So erhöht KI den Reiz des Spiels.



Das Spiel *Hello Neighbor* ist eines der ersten KI-gesteuerten Spiele und passt sich den Spielzügen der Gamer an.



Rollenspiele wie *Skyrim* könnten besonders von der Integration einer Sprach-KI profitieren.

“Spiel gelöst wird“, sagt Büttner. Das kann bereichernd für die Spielerfahrung sein, wenn NPCs mit den Spielenden zusammenarbeiten sollen und keine Gegner sind. Problematisch bei diesem Ansatz sei aber der Faktor Zeit, gibt Büttner zu bedenken. „Die KI muss erst Erfahrungen machen, um lernen zu können und gut zu funktionieren“, sagt er. Das birgt zwei Gefahren. Die erste wäre, dass die KI gerade zu Beginn des Spiels schwach wirkt. Besonders für Blockbuster-Spiele wäre das aber kaum tragbar. Die millionenschweren Spiele müssen sich Millionenfach verkaufen. Durchwachsene Spielerlebnisse kurz nach der Veröffentlichung können die Verkaufschancen aber erheblich mindern.

Das zweite Risiko ist bekannt: Das Balancing gelingt nicht, die KI wird zu gut und es macht schlicht keinen Spaß mehr, gegen sie zu spielen. Für diese Gefahr kennt Johannes Büttner jedoch einen Lösungsansatz. Upside Down Reinforcement Learning heißt der. Die KI lernt zwar, Probleme immer besser zu lösen, darf aber – von den Entwickelnden so festgelegt – nicht so gut spielen, wie sie eigentlich könnte. „Die KI hat dann eine Anzahl an Punkten, die sie verbrauchen kann. Wenn die ausgeschöpft sind, nimmt sie sich zurück.“

Am Anfangsgebiet eines Spiels hat die KI beispielsweise 20 Punkte auf ihrem Aktionskonto. Für eine bestimmte, besonders intelligente Aktion verbraucht sie zehn Punkte. Also stehen ihr hier nur zwei solcher Aktionen zur Verfügung. So wird verhindert, dass die Gamer von der KI überrannt werden – aber auch, dass hilfreiche NPCs so stark werden, dass die Spielenden eigentlich gar nicht mehr spielen müssen, weil die NPCs alles erledigen. „Das ist auch eine schöne Möglichkeit, um Schwierigkeitsstufen in Games viel genauer anzupassen“, sagt Büttner. Anstatt bei einem höheren Schwierigkeitsgrad die Schadenspunkte eines Gegners zu erhöhen, könnte die KI einfach etwas mehr von der Leine gelassen werden.

Ob diese neuen KIs die Spielewelt nach 20 Jahren auf ein neues Level heben werden? Der Ruf nach besserer KI ist seit Jahren laut – was das in der Praxis für die Spielerfahrung bedeutet, werden die ersten Produkte zeigen. Aber schon heute kommen viele Spiele voller Bugs und Glitches auf den Markt und deren Protagonisten führen noch kein Eigenleben. ●



Temperatursensoren unter den Waben überwachen die Überwinterungstraube des Bienenvolkes.

Wird das Volk zu kalt, wärmen winzige Heizelemente und locken die Bienen auf Bereiche mit viel Nektar.

Hightech für Bienen

Imker überwachen Bienen mit Sensoren aus der Ferne und pflegen sie mit Roboterhilfe. Ist das nur die neueste Variante von Massentierhaltung oder auch gut für die Umwelt? – Wolfgang Stieler

Sinkt die Temperatur unter acht Grad Celsius, wird es eng im Bienenstock. Alle Bienen sammeln sich für den Winter. Sie bilden eine dichte Traube und wärmen sich gegenseitig durch winzige Muskelbewegungen. Im Zentrum ist es am wärmsten – dort sitzt die Königin. Während sich das Volk warmzittert, verbraucht es allerdings seine Honigvorräte.

Verfügt das Volk nicht über genügend Reserven oder ist nicht groß genug oder wird von Parasiten befallen, kann es nicht genügend Wärme erzeugen: Fällt die Temperatur dauerhaft unter acht Grad, geraten die Bienen in eine Kältestarre, kühlen noch weiter aus und sterben schließlich. Den kalten Winter 2022 hat jedes fünfte Bienenvolk in Deutschland laut einer Erhebung des Fachzentrums für Bienen und Imkerei in Deutschland nicht überlebt. Auch zu milder Winter, Parasiten, Viren, Pestizide und Nahrungsmangel machen den Bienenvölkern zu schaffen.

In den letzten Jahren sind diverse Forschungsprojekte um das Bienenwohl gestartet. Das Interesse der Forschung – und der Forschungsförderung – an den fleißigen Tierchen hat jedoch weniger mit der faszinierenden Schwarmdynamik der Bienen zu tun, als vielmehr mit ihrer wirtschaftlichen Bedeutung: Während die Bienenpopulation – nicht nur Honig-, sondern auch Wildbienen – weltweit seit Jahren zurückgeht, wächst das Bewusstsein für den Wert ihrer Bestäubungsleistung. Forschende der Universität Hohenheim beispielsweise haben ausgerechnet, dass allein in Deutschland Agrarproduktion im Wert von 1,6 Milliarden Euro ausfallen würde, gäbe es keine Bienen mehr.

STOCKHEIZUNG

Gegen das winterliche Sterben der kostbaren Tiere entwickeln Forschende vom Artificial Life Lab der Uni Graz und der EPFL in Lausanne den Bienenstock der Zukunft. Der vernetzte Bienenstock ist mit 64 gerade einmal 2x2 Millimeter großen Temperatursensoren auf Silizium-Basis ausgestattet – integriert in die Waben. Fällt die Temperatur im Stock unter zehn Grad, informiert der smarte Bienenstock per SMS einen Imker oder entscheidet – je nach Vorlieben des Imkers – autonom, den Bienen beim Heizen zu helfen. Die Heizelemente sind in die Waben eingebaut. Pro Stock wärmen zehn beheizbare Felder mit einer Gesamtleistung von 158 Watt.

Die Forschenden hatten beobachtet, dass die Winter-Traube der Bienen im Laufe der Zeit über die Waben wandert und sich durch gezieltes Einschalten der einzelnen Heizelemente sogar lenken lässt, denn jedes einzelne Feld kann über Mikrocontroller individuell angesteuert werden. Diese „roboti-

sche Modulation“ nutzten sie bei einem Bienenvolk, dessen Temperatur fünf Stunden lang unter den Grenzwert gefallen war. Mit einem „mehrstufigen Erwärmungsverfahren“ konnten sie die komatösen Bienen wiederbeleben und durch gezieltes Schalten der Heizelemente zu „den Honigvorräten auf der gegenüberliegenden Seite des Bienenstocks“ locken, schrieben die Forscher in einem aktuellen Paper in *Science Robotics* (heise.de/s/XMKN).

Der beheizte Bienenstock ist jedoch nur der Anfang. Im Rahmen des EU-Projektes Hiveopolis, das von der EU über ein halbes Jahrzehnt gefördert wird und Forschungsgruppen aus Berlin, Brüssel, Sofia und Litauen einschließt, wollen die Grazer das Verhalten der Bienenvölker mit „Tanzrobotern“ steuern. Die Roboterbienen sollen die Sammelbienen gezielt zu bestimmten Nektar- oder Pollenquellen führen oder sie auch von Feldern fernhalten, die mit Insektiziden behandelt wurden.

Das RoboRoyale-Projekt, an dem die Grazer ebenfalls beteiligt sind, geht noch einen Schritt weiter. Sein Ziel ist „ein mikro-robotischen System, das um die Königin herum arbeiten soll“. Die Roboter sollen die Hofbienen ersetzen. Diese Bienen füttern, pflegen und reinigen die Königin. Zudem helfen sie bei der Pheromonübertragung von der Königin auf die Arbeiterinnen. Die Duftstoffe steuern das kollektive Verhalten des Schwarms. Durch maschinelles Lernen wollen die Forschenden herausfinden, wie genau die Roboterbienen die Königin pflegen müssen, um „die makroskopischen Variablen des Bienenstocks (z. B. die Brutproduktion) auf wissenschaftlich und ökologisch fundierte Weise zu optimieren“, schreiben die Forscher auf der Projektwebsite.

„Der Markt für biologische Vielfalt ist noch nicht reguliert, aber wird einer der finanziell stärksten Bereiche für die EU sein.“

DAS ÜBERWACHTE VOLK

Das alles nützt jedoch wenig, wenn Bienen schlicht zu wenig Nahrung finden: „Wir hatten in Italien, in Frankreich und auch in Süddeutschland eine enorme Erhöhung der Sterblichkeitsrate aufgrund von Nahrungsmangel – von Nektarmangel“, sagt Niccolò Calandri von 3Bee. „Und ich denke, das wird auch in Zukunft das Hauptproblem sein.“ Das Start-up aus Italien hat Sensoren entwickelt, mit deren Hilfe Imker die Gesundheit ihrer Bienenvölker aus der Ferne überwachen können. Das Sammelgebiet eines einzelnen Bienenvolkes kann sich über 50 Quadratkilometer erstrecken. Da ein Imker in der Regel mehrere Völker betreut, besucht er seine Bienenvölker in der Regel nur sporadisch.

Um dennoch stets den Überblick über ihren Gesundheitszustand zu behalten, hat 3Bee ein Modul entwickelt, das Imker in Bienenstöcke einbauen.

Während die Bienenpopulation weltweit seit Jahren zurückgeht, wächst das Bewusstsein für den Wert ihrer Bestäubungsleistung.

Es besteht aus einer Waage und einem Sensor, der Gewicht, Temperatur, Feuchtigkeit und Schallintensität misst. Das Modul schickt die Messdaten per Mobilfunk zu einem Cloud-Server des Unternehmens. Der Kunde kann die Daten dann in einer App für sich abrufen.

„Wenn der Gewichtsverlust nach etwa zwei Wochen mehr als zwei Kilogramm beträgt, hungern die Bienen“, gibt Calandri ein Beispiel. Das System löst einen Alarm aus, denn „dann müssen Sie die Bienen so schnell wie möglich füttern“. Ein weiterer wichtiger Hinweis auf den Zustand des Volkes liefert das Audiosignal. Denn ein gesundes Bienenvolk ist laut. „Wenn zu Beginn der Blütezeit das Summen täglich zunimmt, wird ihre Aktivität frenetischer, was direkt die Stärke des Schwarms widerspiegelt.“

Am Audiosignal kann man auch Krankheiten, den Befall mit Schädlingen oder die Belastung mit Schadstoffen feststellen. „Die Bienen erzeugen normalerweise ein Geräusch mit einer Frequenz von etwa 250 Hertz“, sagt Calandri. Bei Krankheit oder Parasitenbefall wird das Summen höher, die mittlere Frequenz liegt eher bei 300 Hertz. „Wenn man also den Ton überprüft, kann man den Imker auf ein Schädlingsproblem oder Krankheiten hinweisen.“

Eine von den Bienen ausgebaute digitale Brutwabe in einem Beobachtungs-Bienenstock. Das rote Licht ist eine Indikator-LED für die Forschenden. Sie stört die Bienen nicht, da sie rotes Licht nicht wahrnehmen können.



Mitte: Der Hiveopolis-Bienendummy tanzt Informationen über Richtung und Entfernung von Pollen, Futter oder Harz. Die transparenten Plasticscheiben verhindern, dass die Bienen herausfliegen und sich der Information entziehen.



Rechts: Um den Zustand der Bienen auch aus der Ferne überwachen zu können, hat 3Bee eine Reihe von Sensoren entwickelt, die in und auf den Bienenstöcken angebracht werden.



Auch der Verlust der Königin hat für ein Bienenvolk drastische Konsequenzen. Die Königin legt nicht nur Eier und sorgt für den Nachwuchs, sondern steuert indirekt auch das Verhalten des gesamten Volkes. „Wenn man also die Königin verliert, ist das ein großes Problem“, sagt Calandri. „Man muss die Situation erkennen und die Königin weise ersetzen.“ Einen Hinweis auf den Verlust der Königin liefert die Temperatur im Bienenstock. Solange die Königin lebt, bleibt die Temperatur bei 35 Grad, ist sie tot, sinkt die Temperatur auf die Außentemperatur – auch dann lösen die Sensoren von 3Bee Alarm aus.

Das israelische Start-up Beewise setzt nicht nur auf Überwachung, sondern sogar auf Automatisierung in der Imkerei. Für 400 Dollar pro Monat bietet es „Beehome“ an, einen vollautomatischen Roboter-Bienenstock. Der klimatisierte Container, den ein PV-Modul mit Energie versorgt, kann 24 Völker aufnehmen, die ständig mit Sensoren überwacht werden. Zwei integrierte Roboterarme füttern die Bienen im Bedarfsfall mit Zuckerlösung oder entnehmen einzelne Rahmen, falls die Bienen von Parasiten befallen werden.

HONIGBIENEN VS. WILDBIENEN

Der Wert der Biene für das Agrarsystem ist umstritten und unsere Abhängigkeit von den Bestäubern hat der Honigbiene in den letzten Jahren eine starke Lobby verschafft. Das mag den Ertrag von Imkern sichern, doch für die Ökologie seien Honigbienen eher Teil des Problems als Teil der Lösung, klagen Bio-

logen und Naturschützer schon seit längerem. So schrieb beispielsweise Alfredo Valido vom Instituto de Productos Naturales y Agrobiología (IPNA-CSIC) auf Teneriffa 2019 in der Fachzeitschrift *Nature Scientific Reports* (heise.de/s/705w), dass die Honigbienen allein aufgrund ihrer hohen relativen Häufigkeit „dauerhafte, schwerwiegende negative Auswirkungen auf die biologische Vielfalt“ hätten, indem sie die „Bestäubungsnetze der Wildbestäuber“ stören. Einige Forscher sprechen sich daher dafür aus, den Zugang für Honigbienen zu Gebieten zu begrenzen, in denen Wildbienen bedroht sind. Andere wollen heimische Lebensräume erhalten, um alle Bienen – bewirtschaftete und wilde – zu unterstützen. Eine Idee, die auch 3Bee verfolgt.

Denn während sich viele Unternehmen in diesem Bereich hauptsächlich auf den Honig-Output konzentrieren, sieht 3Bee seine Mission in der Erhaltung und Verbesserung der Biodiversität. Denn „das Hauptproblem der Bienen ist der Verlust ihres Habitats, deswegen ist es wichtig, die biologische Vielfalt zu erhöhen“, sagt Calandri. In Zusammenarbeit mit der europäischen Raumfahrtagentur ESA hat das Unternehmen deshalb einen Algorithmus entwickelt, der aus Satellitenbildern einen „Biodiversitäts-Index“ errechnet. So können sie – gemeinsam mit Biodiversitätsbauern – gezielt Regenerationsprojekte einleiten.

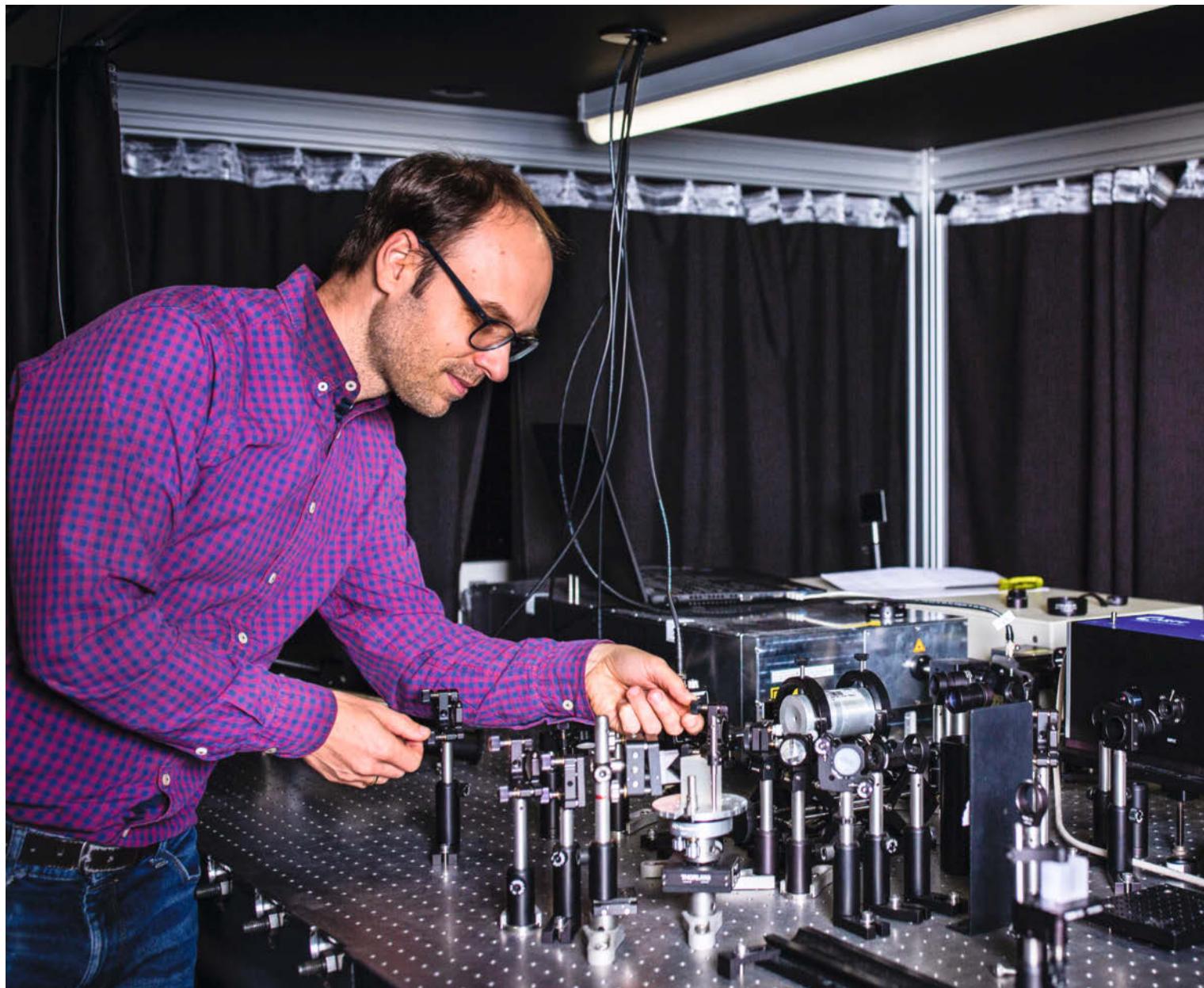
Der Biodiversitäts-Index dient dem Unternehmen – über einen weiteren Sensor – gleichzeitig als zweites geschäftliches Standbein: „Spectrum ist ein Schallsensor. Wir platzieren diesen Sensor im Wald, zum Beispiel auf einem

Baum, und hören auf jedes Summen, das sich in einem Abstand von weniger als zwei Metern vor ihm ereignet. Wir zählen also die Anzahl der Bestäuber, die sich in der Nähe unserer Sensoren aufhalten“, erklärt Calandri. Die Daten aus dem Spectrum-Scan und den Satellitenbildern ergeben einen Biodiversitäts-Index, den Unternehmen in Zukunft beispielsweise verwenden könnten, um ihre Nachhaltigkeitsbilanz aufzubessern.

HANDEL MIT BIODIVERSITÄT

„Der Kohlenstoffmarkt war vor den Kyoto-Protokollen, also vor 20 Jahren, gleich null“, sagt Calandri. „Jetzt ist er der größte Markt der Welt. Der Markt für biologische Vielfalt ist noch nicht reguliert, aber ich denke, dass das einer der finanzstärksten Bereiche für die EU sein wird.“ Falls das so wäre, würde 3Bee zu den Vorreitern der Branche gehören.

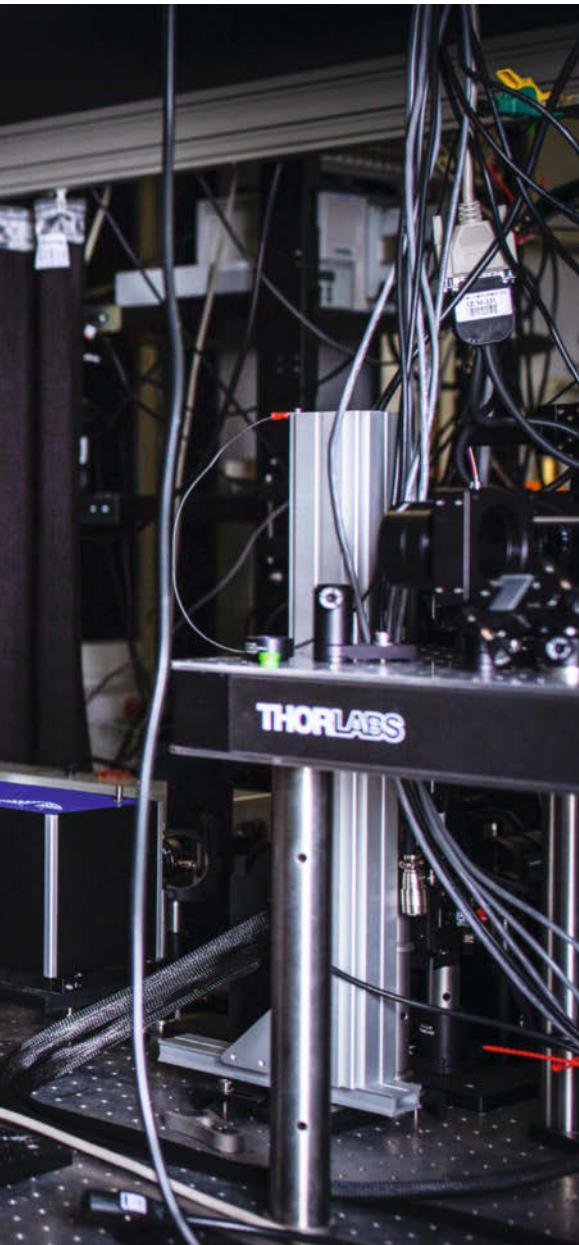
Die Idee, „Biodiversitäts-Credits“ einzuführen, wird seit einigen Jahren diskutiert: Experten warnten in einem offenen Brief vor dem Konzept, das die Fehler des Kohlenstoffhandels – Greenwashing, Wirkungslosigkeit aufgrund staatlicher Eingriffe, zahlreiche juristische Schlupflöcher, Finanzspekulationen – nur noch einmal wiederholen würde. Wissenschaftler der Denkfabrik IIED (International Institute for Environment and Development) hatten sich in einer 2022 erschienenen Studie (heise.de/s/GYk1) jedoch vehement für dieses Instrument ausgesprochen, denn nur so könne man genügend Geld für dringend notwendige Maßnahmen zur Erhaltung der Biodiversität organisieren. ●



Das ist ein Mikroskop

Die Lichtmikroskopie erlebt derzeit einen Boom. Optische Tricks machen einzelne Proteine in Zellen sichtbar oder erlauben die Beobachtung ganzer Organe. Jetzt kommen smarte Mikroskope, die sich blitzschnell an lebendes Gewebe anpassen – und dem Gehirn beim Denken zuschauen. – Bernd Müller

© Copyright by Heise Medien.



Robert Prevedel entwickelt ein adaptives Mikroskop, mit dem Forschende tief in lebende Gehirne blicken können.

Noch bis in die 1990er-Jahre stand es schwarz auf weiß in allen Physikbüchern: Mit einem Lichtmikroskop kann man keine Details erkennen, die kleiner sind als die halbe Wellenlänge des Lichts. Das hatte der deutsche Physiker Ernst Abbe vor 150 Jahren herausgefunden. Das kurzwelligste blaue Licht, das das menschliche Auge noch verarbeiten kann, schwingt mit einer Wellenlänge

von etwa 400 Nanometern – damit war für die Lichtmikroskopie bei 200 Nanometern Schluss. Für Beobachtungen in der Biologie, etwa von Zellen, ist das zu grob; ihre Organellen messen nur ein Zehntel davon, gar nicht zu reden von einzelnen Molekülen, die noch einmal ein Zehntel kleiner sind. Doch es half nichts: Die Biologen mussten sich mit dem Abbe-Limit abfinden.

Dann kam Stefan Hell. Mit seiner STED-Mikroskopie (Stimulated Emission Depletion) hat der Physiker vom Max-Planck-Institut für Multidisziplinäre Wissenschaften in Göttingen die Tür für die Superauflösungs-Lichtmikroskopie aufgestoßen – und wurde dafür 2014 mit dem Nobelpreis für Chemie belohnt. In der Folge sind viele weitere geniale Methoden entstanden, die Lichtmikroskopie auf ein neues Niveau heben: Sie machen sogar einzelne Proteine sichtbar. Diese Methoden sind zudem so schnell, dass sie in Echtzeit filmen, wie sich Proteine in Zellen bewegen – und so deren Funktion entschlüsseln helfen. Andere Mikroskope können zentimetertief in Gewebe blicken. Das ist nützlich etwa für Neuroforscher, die Versuchstieren beim Denken zusehen wollen. Bisher war in einer Tiefe von einem Millimeter Schluss. Wer tiefer blicken wollte, musste das am toten Gewebe tun. Schon bald sollen ganze Mäusegehirne unterm Mikroskop betrachtet werden – am lebenden und wachen Tier, versteht sich, und nicht-invasiv, also ohne Elektroden im Kopf. Alle diese Methoden profitieren zudem von der Künstlichen Intelligenz. Sie wird in den nächsten Jahren viele Prozesse in der Mikroskopie automatisieren und die Ausbeute guter Bilder vergrößern.

LICHT VON INNEN

Das Arbeitspferd in den Laboren der Lebenswissenschaften ist das Fluoreszenzmikroskop. Bei ihm wird die Probe nicht von außen beleuchtet, sondern mit Farbmolekülen markiert, die dann ein Laser zum Leuchten anregt. Das Licht kommt also aus der Probe selbst. Darauf basiert das STED-Mikroskop von Stefan Hell. Seine Idee war, nach der Anregung der Fluoreszenzmoleküle in einem begrenzten Fleck, mit einem zweiten Laser Farbmoleküle im äußeren Randbereich um den Fleck wieder auszuschalten. So leuchtet nur ein Punkt in der Mitte des Rings. Je heller der Abschalt-Laser eingestellt wird, desto enger schnürt sich der Ring zusam-

men. Am Ende leuchtet nur noch ein 20 Nanometer kleiner Punkt in der Mitte – die Auflösung beträgt damit nur noch ein Zehntel des Abbeschen Limits.

Das war der Startschuss für noch höhere Auflösungen. Die PALM/STORM-Mikroskopie spielt ebenfalls mit der Anregung der fluoreszierenden Moleküle. Dabei wird die Probe so schwach beleuchtet,

Die Probe wird so schwach beleuchtet, dass innerhalb eines 200 Nanometer großen Flecks immer nur ein einziges Molekül leuchtet.

tet, dass von den vielen Fluoreszenzmolekülen innerhalb eines 200 Nanometer großen Flecks statistisch gesehen immer nur ein einziges leuchtet. Damit ist die Auflösung theoretisch noch höher. Allerdings ist es nicht trivial, dieses eine leuchtende Molekül zu lokalisieren. Stefan Hell hat PALM/STORM daher mit STED zu zwei neuen Methoden namens MINFLUX und MINSTED kombiniert. Deren Auflösung reicht bis auf zwei Nanometer herunter. Das entspricht der Größe von Proteinen. Tiefer werde es allerdings nicht mehr gehen, sagt Hell, da die Fluoreszenzmoleküle, die die Probe einfärben, ihrerseits bereits mindestens einen Nanometer groß sind.

MINFLUX und MINSTED sehen also nicht nur zehnmal kleinere Details, sie benötigen auch hundertmal weniger Fluoreszenzphotonen und sind deswegen hundertmal schneller als PALM/STORM. Allerdings müsste man sich entscheiden, was man optimieren wolle, gibt Stefan Hell zu, die Auflösung oder die Geschwindigkeit.

Kürzlich hat sein Team erstmals in Zellen das Motorprotein Kinesin bei seiner Bewegung auf den Mikrotubuli „gefilmt“ und zwar in der realen Bewegungsgeschwindigkeit – bisher mussten die Biologen die Bewegung künstlich stark verlangsamen. „Würde sich das Kinesin nur in diesem Tempo bewegen, könnten wir gar nicht leben“, so Hell. Für die Biologen ist diese Entwicklung ein Segen, weil sie nun nicht mehr nur Anfang und

WAS IST DAS ABBE-LIMIT?

Das von Ernst Abbe beschriebene Beugungslimit beschreibt den Abstand, den zwei Objekte mindestens haben müssen, damit man sie unter dem Mikroskop voneinander unterscheiden kann. Dieser Abstand beträgt etwa die halbe Wellenlänge des Lichts, mit dem die Probe beleuchtet wird – bei blauem Licht mit 400 Nanometer beträgt das Abbe-Limit also 200 Nanometer.

Die Grenze röhrt daher, dass die Schärfe des Beugungsmusters im Fokus aufgrund des begrenzten Öffnungswinkels limitiert und daher die Auflösung feiner Details behindert ist. Für eine möglichst hohe Auflösung benötigt ein Objektiv daher eine möglichst große numerische Apertur. Diese wurde ebenfalls von Ernst Abbe eingeführt. Die Größe hängt bei optischen Systemen wie Teleskopen oder Lichtmikroskopen vom Öffnungswinkel der Optik und vom Brechungsindex des umgebenden Mediums ab. Je höher beide sind, desto größer die numerische Apertur und umso mehr Licht wird aufgenommen, auch die Auflösung steigt. In Luft ist die numerische Apertur immer kleiner als 1, bei Mikroskopen ist der Wert meist auf dem Objektiv aufgedruckt. In Immersionsflüssigkeiten wie Wasser oder Öl kann der Wert größer als 1 sein, das Objektiv muss dafür aber entsprechend gebaut sein.

Ende von Prozessen in einer Zelle beobachten können, sondern auch, was dazwischen passiert, und zwar in bisher nicht gekannter Auflösung.

IN DIE TIEFE GEBLICKT

„Häufig kommen Biologen zu uns und schildern, was sie gerne beobachten möchten, aber mit ihren Mikroskopen nicht können. Dann greifen wir in unsere Optik-Trickkiste und liefern die Lösung“, sagt Robert Prevedel, Physiker mit Schwerpunkt Optik am Europäischen Labor für Molekularbiologie (EMBL) in Heidelberg. „Selbst von kleinen Fortschritten, die einem Physiker minimal erscheinen, können Biologen sofort profitieren.“ Ein Beispiel sei die adaptive Optik, mit der Biologen tiefer in Gewebe schauen können als bisher.

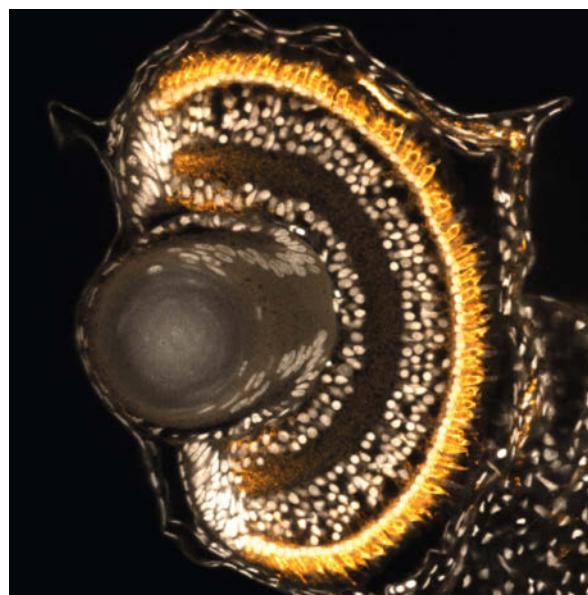
Adaptive Optik stammt eigentlich aus der Astronomie. Sie macht es seit einigen Jahrzehnten möglich, Milliarden Lichtjahre entfernte Sterne und Galaxien mit Spiegelteleskopen zu betrachten. Die Atmosphäre der Erde wirkt wie eine schlechte Linse und verzerrt die Aufnahmen dieser Teleskope. Baut man aber statt eines starren einen biegsamen Spiegel ein, lassen sich durch dynamisches Anpassen Abbildungsfehler aufheben und schärfere Bilder erzeugen.

Genau dieses Prinzip wendet Prevedel nun auf Mikroskope an. Mit einem kleinen und besonders biegsamen Spiegel steigert sein Team die Auflösung von fünf Mikrometern auf unter ein Mikrometer. Das liegt zwar deutlich über der Auflösung von STED, lässt Biologen aber dafür tiefer ins Gewebe schauen: Die normale Eindringtiefe liegt bei gerade einmal einem Millimeter. Das entspricht ziemlich genau der Dicke des Cortex – der äußeren Schicht – eines Mäusegehirns. Die spannenden neuronalen Vorgänge wie Erinnern oder Orientieren finden aber im Hippocampus statt, der darunter liegt. Darin ist allerdings zu viel Bewegung, um auf konventionelle Art scharfe Bilder zu erzeugen. Bei Prevedels adaptivem Mikroskop er-

kennt nun eine Software die Vibratoren der pumpenden Blutgefäße der Tiere und gleicht diese durch simultanes Verbiegen des Spiegels aus. So kann das Mikroskop doppelt so tief ins Gehirn schauen. „Die Biologen sind begeistert. Erstmals können sie Mäusen in tieferen Gehirnregionen beim Denken zuschauen“, so Prevedel.

Eine vielversprechende neue Entwicklung basiert auf der Brillouin-Mikroskopie. Der Franzose Léon Brillouin hatte vor

Mit einem Schmidt-Objektiv fotografiertes Kaulquappen-Auge.



100 Jahren festgestellt, dass die Energiemenge, die auf die Materie übertragen wird, Rückschlüsse auf die Eigenschaften der Materie zulässt, etwa auf deren Steifigkeit. Sie streut Licht auf charakteristische Weise. Diese Brillouin-Streuung nutzen Biophysiker, um die Bestandteile einer Zelle anhand ihrer unterschiedlichen viskoelastischen Eigenschaften zu identifizieren. Sie erhalten ein dreidimensionales Bild – etwa eines Embryos –, indem eine Software weiche und feste Zonen mit Farben markiert. Das Verfahren wird laut Prevedel bereits routinemäßig in der Forschung eingesetzt.

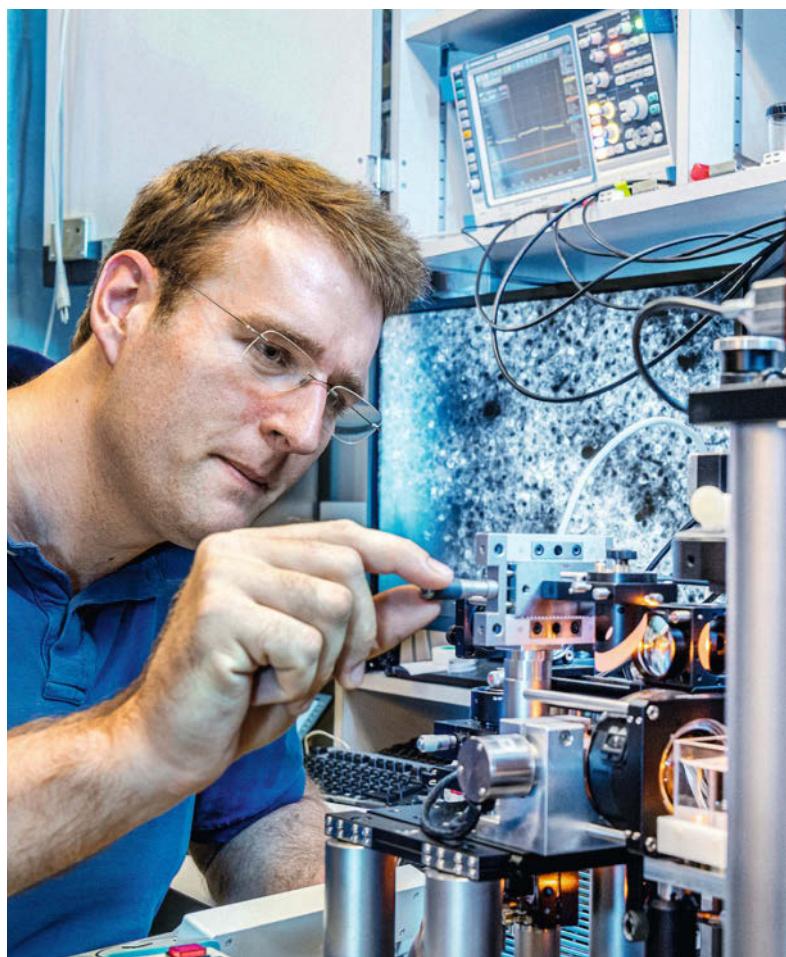
Einen Nachteil hat die Brillouin-Mikroskopie allerdings. Wie andere Methoden der Lichtmikroskopie kann sie nicht besonders tief in lebendes Gewebe blicken. Die Lösung: eine Kombination aus Licht und Ultraschall. Bei der optischen photoakustischen Tomographie schickt man kurze Laserpulse ins Gewebe, wodurch Moleküle von der Energie des Lichts in leichte Vibration versetzt werden. Ein Ultraschallsensor fängt diese Schwingungen mit Frequenzen zwischen einem und 20 Megahertz auf. Je nach Wellenlänge des Laserlichts stammt das Echo aus unterschiedlichen Gewebearten. So hebt sich zum Beispiel ein Tumor vom umliegenden Gewebe ab, weil er mehr Energie absorbiert. Die Methode liefert Bilder mit einer Auflösung von zehn Mikrometern aus einer Tiefe von mehreren Millimetern.

MULTIFUNKTIONSMIKROSKOPE

Die Krux an der Lichtmikroskopie ist, dass für nahezu jede Fragestellung ein spezielles Gerät bereitstehen muss. Selbst bei der klassischen Lichtmikroskopie sind für unterschiedliche Medien separate Objektive erforderlich, die für Luft, wässrige Lösungen oder Öle optimiert sind. Die Kosten allein für solche Objektive liegen teilweise über 20 000 Euro.

Fabian Voigt vom Institut für Hirnforschung der Universität Zürich hat sich für die Lösung dieses Problems von der Astronomie inspirieren lassen: vom Schmidt-Teleskop. Um 1930 hatte der Astronom Bernhard Schmidt die Idee, ein Spiegelteleskop mit einer asphärischen Korrekturlinse zu kombinieren. Er ersetzte den kompliziert zu bauenden Parabolspiegel durch einen kugelförmigen Hohlspiegel mit einer vorgebauten Linse, die die fehlerhafte Abbildung des Spiegels wie eine Brille ausgleicht. Im Vergleich zu Teleskopen mit Parabolspiegel erlaubt das Schmidt-Teleskop scharfe Aufnahmen über viel größere Bildfelder. Übrigens: Die Kombination eines Spiegels mit einer Korrekturlinse hat die Natur schon lange vor Schmidt erfunden. Die Augen einer Jakobsmuschel – jede hat Hunderte von ihnen – arbeiten nach dem gleichen Prinzip.

Fabian Voigt hat das Schmidt-Prinzip auf Mikroskop-Objektive übertragen und noch verfeinert. Durch Computerberechnungen formte er die hintere



Fabian Voigt verpasst Mikroskopen eine Schmidt-Korrekturlinse, die Objektive unabhängig vom Medium macht, in dem das Objekt betrachtet werden soll.

Die Krux an der Lichtmikroskopie ist, dass für nahezu jede Fragestellung ein spezielles Gerät bereitstehen muss.

Fläche der Korrekturlinse so raffiniert, dass dort keine Brechung des Lichts stattfindet, und zwar ganz gleich, ob das „Miniatur-Teleskop“ in Wasser oder Öl getaucht ist oder einfach nur in Luft arbeitet. „Das gesamte Objektiv liefert scharfe Bilder, unabhängig vom Brechungsindex des Mediums“, betont Fritjof Helmchen, der Leiter des Instituts. Das Team an der Universität Zürich hat bereits ein Patent beantragt. „Wir sind mit interessierten Herstellern im Gespräch“, verrät Helmchen.

Ein adaptiver Spiegel oder eine Korrekturlinse sind für Robert Prevedel aber nur der erste Schritt zum volladaptiven und automatisierten Mikroskop. Während heute Biologen von der Planung des Experiments über die Justierung der Apparatur bis zur Auswertung noch vieles per Hand machen müssen, soll das smarte Mikroskop künftig selbsttätig die besten Parameter festlegen. Wollen Biologen beispielsweise die embryonale Entwicklung einer Fruchtfliege beobachten, müssen sie bislang

Allerdings muss man sich entscheiden, was man optimieren will: die Auflösung oder die Geschwindigkeit.

zwei Tage lang – so lange dauert die Entwicklung – permanent in schneller Folge Bilder aufnehmen, um den ganzen Vorgang einzufangen. Die für Biologinnen interessanten Vorgänge dauern jedoch nur wenige Minuten während dieser zwei Tage an. Künftig könnte eine KI bei wichtigen Veränderungen in den Zellen die Bildrate eigenständig erhöhen und auf den Bereich fokussieren, in dem die Zellteilung stattfindet. Solche Mikroskope werden bereits im Labor erprobt, Prevedel rechnet damit, dass KI in den nächsten Jahren in kommerziellen Mikroskopen Einzug hält.

MIKROSKOPE FÜR ALLE

Ob Universallinsen, adaptive Spiegel, KI-Steuerung oder die Neuentwicklungen von Stefan Hell – die optischen Maschinen der neuesten Generation sind kostspielig. Die Göttinger Firma Abberior – die Ausgründung aus Stefan Hells Max-Planck-Institut – vermarktet MINFLUX-Mikroskope etwa zu stolzen Preisen von bis zu 500 000 Euro. Das hat einen Trend zur Demokratisierung der Mikroskopie ausgelöst. Das EMBL hat beispielsweise ein Imaging Center eingerichtet. Dort stehen die neuesten Geräte, auch Prototypen, und Wissenschaftler aus aller Welt können sich unbürokratisch um Messzeit bewerben und werden von den Experten unterstützt. Neuentwicklungen werden nicht geheim gehalten und exklusiv im eigenen Labor genutzt, sondern stehen allen offen.

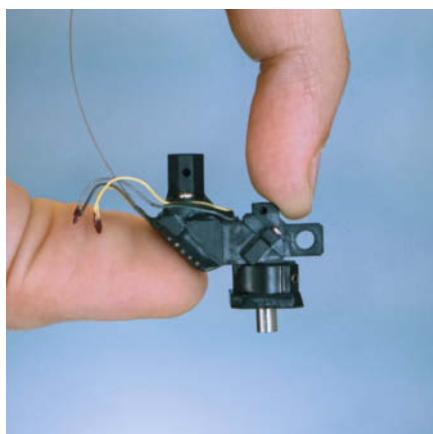
Manche Institute gehen noch weiter. Sie ermutigen Kollegen, Technologien zu kopieren und zu Hause eigene Varianten nachzubauen. In Folge dieses Trends hat sich in der Mikroskopie eine rührige Maker-Szene etabliert, die neue Mikroskopiertechniken mit wenig Aufwand und häufig mit 3D-Druck nachbaut. Gefördert wird das unter anderem von May-Britt und Edvard Moser, den beiden Neurowissenschaftlern und Me-

dizin-Nobelpreisträgern von 2014 vom Kavli Institute for Systems Neuroscience in Trondheim in Norwegen. Das Institut veranstaltet Workshops, in denen sie den Nachbau von hochauflösenden Mikroskopen mit überschaubarem Aufwand lehren.

Begehr ist ein Zwei-Photonen-Fluoreszenz-Mikroskop namens Mini2P, das der Optik-Ingenieur Weijian Zong am Kavli Institute gebaut hat. Es ist klein wie eine Fingerkuppe und wiegt nur 2,4 Gramm. Es lässt sich auf dem Kopf einer Maus befestigen und beobachtet Tausende Neuronen im Gehirn gleichzeitig, während der Nager etwa durch einen Parkour läuft. Auch dieses Mikroskop blickt durch den Cortex hindurch und tief in den Hippocampus hinein.

Dazu nutzt Zong Licht mit größerer Wellenlänge, also geringerer Energie, das vom Gewebe nicht so schnell absorbiert wird. Diese Energie reicht aber

So gut wie die großen, aber unschlagbar günstig: Das Zwei-Photonen-Fluoreszenz-Mikroskop „Mini2P“ können Forschende sich nach einer Internetanleitung selbst bauen.



© Copyright by Heise Medien.

nicht aus, um die Fluoreszenz-Moleküle anzuregen, mit denen das Gewebe eingefärbt wurde. Das Zwei-Photonen-Fluoreszenz-Mikroskop arbeitet daher mit zwei Laserstrahlen, die sich tief im Gewebe kreuzen und gemeinsam genügend Energie liefern. Das adaptive Spiegelmikroskop von Robert Prevedel nutzt sogar drei Photonen. Zongs Verdienst ist es, dass er den komplexeren Aufbau in ein winziges Gehäuse gepackt hat. Mini2P erreicht mittlerweile eine annähernd so gute Auflösung wie seine großen Brüder, obendrein ist es spottbillig. Den Bauplan mit Teileliste und Anleitungsvideos gibt es auf GitHub. In einem dreitägigen Workshop in Trondheim zeigte Zong letzten Dezember, wie man das Mini2P baut. Kostenpunkt: 5500 Euro inklusive aller Teile.

Für Fritjof Helmchen bricht mit all diesen Entwicklungen ein neues Goldenes Zeitalter der dreidimensionalen Mikroskopie an. Höchste Auflösung, smarte Anpassung der Parameter, größere Eindringtiefe in Gewebe und vor allem immer größere Beobachtungsvolumina – alles entwickelt sich derzeit rasant. Vor allem letztere Eigenschaft mache für die Biologen den Unterschied. Jetzt sei es möglich, Gewebe mit dem Volumen eines Zuckerwürfels – der Größe eines Mäusehirns – mit Mikrometer-Auflösung dreidimensional zu studieren. In Kombination mit anderen Mikroskopie-Verfahren, die neuronale Aktivitätsmuster in lebenden Tieren messen, können sie so grundlegende Fragen der Neurowissenschaften beantworten: Was ändert sich im Gehirn beim Lernen? Viele neuronale Vorgänge sind im Gehirn weit verteilt. „Bisher haben wir meistens einzelne Nervenzellen aus dem Kontext gerissen studiert“, so Helmchen. „Mit den neuen Mikroskopie-Techniken können wir die Wissenslücken füllen und ein neues, umfassenderes Verständnis der anatomischen und funktionellen Organisation des Gehirns bekommen.“ ●

6. PRODUCT OWNER DAY

So geht agiles Produktmanagement besser



Online-Konferenz • 18. September 2023

Kundenbedürfnisse im Fokus

Product Owner und Produktmanagerinnen stellen sicher, dass die richtigen Produkteigenschaften ausgewählt werden, damit begeisternde Produkte entstehen, die tatsächlich die Kundenbedürfnisse befriedigen.

Beim **6. Product Owner Day** geht es um folgende Themen:

- Kreative Zerstörung in der Produktentwicklung
- Product Ownership mit Flight Levels
- Domain-Driven Design für Product Owner
- Vertrauen schaffen bei Impact Investing
- Produktvision und OKR
- Wie gestaltet man bessere Produkte?

Die Konferenz richtet sich an **Product Owner** und **Produktmanagerinnen**, die die agilen Grundlagen kennen und bereits Erfahrung in der Rolle mitbringen.

*Jetzt
Tickets zum
Frühbucher-
Rabatt
sichern!*

pod.inside-agile.de

WORKSHOPS AM 19. SEPTEMBER UND AM 4. OKTOBER 2023

AGILE HR DAY

Agilität zieht in Personalabteilungen ein – und wird bleiben

Online-Konferenz • 20. September 2023

Wie arbeiten mit den Anforderungen von und an Agilität?

Die Arbeitswelt tendiert zu agilen Arbeitsweisen und Organisationen – entsprechend wandelt sich die Rolle von Human Resources (HR). Selbstgesteuertes Lernen, Eigenverantwortung der Mitarbeitenden und die individuelle Gestaltung von Lernprozessen rücken in den Fokus.

Highlights aus dem Programm:

- HR goes agile
- Fit for Purpose mit Kanban
- Persönlichkeit ist wichtiger als Methodik
- Flight Levels mit dialogischer Unternehmenskultur
- Agilität und soziale Nachhaltigkeit

Der **Agile HR Day** wendet sich an Verantwortliche in Projektteams, Personalentwicklerinnen, (Agile) Coaches / Consultants und Scrum / Kanban / ... Master.

*Jetzt
Tickets zum
Frühbucher-
Rabatt
sichern!*

hr.inside-agile.de

Kooperationspartner

Die Bakterienkiller

Bakteriophagen sind von einfacher Gestalt, ihre chemischen Strukturen sind aber hochkomplex.

Phagen sind Viren, die Bakterien töten. Sie gelten als Wunderwaffe gegen antibiotikaresistente Keime. In manchen Ländern werden sie schon seit rund 100 Jahren genutzt. Auch hierzulande könnten sie bald helfen. – Andrea Hoferichter

Ein Besuch am Leibniz-Institut DSMZ-Deutsche Sammlung von Mikroorganismen und Zellkulturen in Braunschweig: Im sonnendurchfluteten Treppenhaus kommt mir Christine Rohde schon entgegen. Die sonst eher zurückhaltend wirkende Forscherin – dezente Brille, freundliches Lächeln – ist auffallend gut aufgelegt. „Ich habe gute Nachrichten, wissenschaftlich und auch zur Regulierung“, sagt sie zur Begrüßung. In Deutschland startet die erste klinische Studie mit Phagen und aus der EU gebe es Signale, unter Einhaltung bestimmter Standards auch individuelle Phagen-Therapien zu erlauben.

Phagen, eigentlich „Bakteriophagen“, sind Viren, die ausschließlich Bakterien angreifen – und töten können. Sie gelten als Wunderwaffe gegen antibiotikaresistente Keime – und damit als mögliche Lösung für ein Riesenproblem. Die Weltgesundheitsorganisation WHO schätzt, dass jährlich 1,3 Millionen Menschen sterben, weil Antibiotika nicht mehr wirken. In Europa sind es mehr als 35 000 Todesfälle pro Jahr, ähnlich viele wie durch Grippe, Tuberkulose und Aids zusammen.

„Am Anfang war ich von den Phagen gar nicht begeistert“, räumt Rohde ein. Als sie 1986 an der DSMZ in die Phagen-Forschung einstieg, sollte sie die wichtigsten Phagen lediglich für die universitäre Lehre bereitstellen. „Damals habe ich überhaupt nicht daran gedacht, dass sie mal zum Therapeutikum werden könnten.“ Das hat sich 2012 geändert, als Hans-Peter Klenk als Leiter der Mikrobiologie und „Phagen-Freund aus Leidenschaft“ an die DSMZ kam. Seither erforscht Rohde die Phagen nicht nur, sondern setzt sich auch sehr dafür ein, dass sie zur Anwendung kommen. Längst gilt die Forscherin, die heute ein sechsköpfiges, internationales Team leitet, als Deutschlands Phagen-Expertin Nummer eins.

Immer wieder bekommt sie Anfragen von verzweifelten Menschen mit tiefen Wunden, die nicht heilen wollen, mit hart-

näckigen Lungenentzündungen und Harnwegsinfektionen. „Austerapierte Fälle, so hoffnungslos. Das ist ganz schlimm“, erzählt sie. Auch Ärzte, die die bakteriellen Infektionen ihrer Patienten mit Antibiotika nicht mehr in den Griff bekommen, schreiben sie an. Direkte Hilfe kann die Wissenschaftlerin zwar nicht anbieten. „Ich bin keine Ärztin“, sagt sie. Doch sie ist immer auf der Suche nach jenen schlagkräftigen Vertretern, die beim Heilen helfen können. Eine Herausforderung, denn es gibt unzählige verschiedene Phagen. Sie sind praktisch überall, in der Umwelt und auch im menschlichen Körper.

BAKTERIEN „UMPROGRAMMIEREN“

Die Bakterienkiller bestehen – wie etwa Grippe- oder Herpesviren auch – hauptsächlich aus Eiweißen und Erbgut und sind nur 50 bis 100 Nanometer klein. Anders als krankmachende Viren befallen sie aber ausschließlich Bakterien und das sogar ausgesprochen spezifisch. Ihr Design erinnert an Marsroboter mit einem komplexen Landegestell aus chemischen Bausteinen, das für den Oberflächenrezeptor einer kleinen Zahl von Bakterienstämmen nur einer Art maßgeschneidert ist. „Findet der Phage ‚sein‘ Bakterium, dockt er dort an der Zelloberfläche an“, erklärt Rohde den Prozess. „Dann durchdringt er die Zellmembran und schießt seine Nukleinsäure, sein Erbmaterial, in die Bakterienzelle hinein.“ Der Phage programmiere die Zelle regelrecht um, leite unter anderem deren Selbstzerstörung ein – nach einem Schema, das wiederum alle Viren beherrschten.

Er lässt die Zelle solche Enzyme produzieren, die die Bakterien-DNA zerschneiden. Statt sich selbst zu vermehren, startet das Bakterium schließlich eine Phagen-Massenproduktion – bis es zum Bersten mit den Killerviren gefüllt ist. Und das Erbgut codiert für Enzyme, die Löcher in die Zellwände des Bakteriums fressen. „Einzelne Poren öffnen sich und dann ist es, wie wenn man eine Sektflasche entkorkt, und die neue Phagen-Generation strömt heraus“, so Rohde. Von der Zelle bleibe nur noch eine Art Skelett. „Davon gibt es sehr schöne Elektronenmikroskop-Aufnahmen. Man sieht praktisch nur noch Fetzen.“

KEINE GEFAHR FÜR DARMFLORA

Aus medizinischer Sicht hat diese Art der Wirkung gleich mehrere Vorteile. „Phagen sind das einzige Arzneimittel, das sich am Ort der Infektion selbst vermehrt und dann selbst wieder limitiert“, sagt Rohde. Sind die Bakterien erst vernichtet, können auch die Viren nicht mehr überleben und zerfallen. Und da Phagen hochspezifisch jeweils nur einen ganz bestimmten Bakterienstamm zerstören, bleibt – anders als bei antibiotischen Behandlungen – der Rest des Mikrobioms des Patienten intakt, etwa die für das Immunsystem wichtige Darmflora.

Ein wässriger Cocktail aus drei Phagen, den Rohdes Team vor sechs Jahren im Rahmen des Projekts Phage4Cure fand – zwei im Abwasser einer Kläranlage, der dritte stammt aus der Institutssammlung –, wird nun als erstes Phagen-Me-

PHAGEN MIT GEN-TUNING

Für mehr Schlagkraft hat das US-amerikanische Unternehmen Locus Biosciences Phagen gentechnisch getunt. Mithilfe der CRISPR-Technologie hat es einen Code zum Bakterien-Schreddern in das Erbgut von drei Phagen eingeführt. Das gentechnisch getunte Phagen-Trio soll besonders effektiv gegen 95 Prozent aller *Escherichia coli*-Stämme wirken, die unterschiedlichste schwere Infektionen verursachen können. Wie gut das funktioniert, sollen die aktuellen klinischen Studien der Phasen II und III zeigen. Der Pharmahersteller Johnson und Johnson hat 35 Millionen US-Dollar in die Locus-Studie investiert.

KRANKENHAUSKEIME: DIE GEFÄHRLICHEN SECHS

Als Krankenhauskeime werden Bakterien bezeichnet, die weit verbreitet sind und vom menschlichen Immunsystem in der Regel in Schach gehalten werden. Im Körper von kranken, geschwächten Menschen können sie aber zur lebensbedrohlichen Gefahr werden. Denn gegen gängige Antibiotika sind sie mittlerweile resistent. Sechs Arten sind besonders häufig, die sogenannten **ESKAPE-BAKTERIEN**: Enterokokken, **Staphylococcus aureus**, **Klebsiella pneumoniae**, **Acinetobacter baumannii**, **Pseudomonas aeruginosa**, **Enterobacter-Spezies**.

Medikament in Deutschland in einer klinischen Studie, Phase I, an der Charité Berlin geprüft. Der Cocktail, der als Aerosol inhaliert wird, soll gegen den Krankenhauskeim *Pseudomonas aeruginosa* wirken. Er ruft unter anderem schwere Lungenentzündungen hervor.

ERSTE KLINISCHE STUDIE IN DEUTSCHLAND

Auf den Tischen und Rollwagen in Christine Rohdes Labor liegen unzählige flache Kunststoffschalen mit Nährstoffsubstraten. In diesen Petrischalen vermehrt das Team multiresistente Keime. Sie bilden regelrechte Bakterienrasen aus, die gelb, bräunlich oder grün schimmern. Dazu pipettiert die Forscherin wässrige Phagen-Lösungen. Die passenden Gegenspieler zeigen sich dadurch, dass sie quasi über Nacht Löcher in den Bakterienrasen fressen, selbst wenn sie hoch verdünnt sind. Daher stammt auch der Name: „Phage“ stammt aus dem Griechischen und bedeutet „fressen“. Das Ergebnis sieht ähnlich aus wie ein erfolgreicher Antibiotika-Test. Je wirksamer ein Phage oder Phagen-Mix ist, desto kahler ist die Platte am nächsten Morgen.

Die Herausforderung bei Phage-4Cure sei gewesen, aus einem großen Pool von Phagen die drei besten auszuwählen, so Rohde. „Das heißt, die hocheffizient sind, schnell und die auch noch synergistisch, also kooperativ arbeiten.“

Für das Casting hätten rund 70 verschiedene Phagen zur Wahl gestanden und etwa 160 Proben von Lungenpatienten. Die drei besten fraßen gemeinsam Löcher und Schneisen in die türkis- bis moosgrünen Schichten aus

Pseudomonas-aeruginosa-Bakterien unterschiedlichster Stämme. Genanalysen zeigten zudem, dass die ausgewählten Phagen kein unerwünschtes Erbgut an Bord hatten, das sie früher einmal von Bakterien eingesammelt hatten. Etwa solches, das Antibiotikaresistenzen fördern könnte oder Baupläne für Giftstoffe enthält.

Mit unerwünschten Nebenwirkungen rechnet Rohde daher nicht. Die Medikamente müssen allerdings gut von Bakterienresten gereinigt sein, denn sie

werden für die Medikamentenproduktion zunächst in Bakterien vermehrt, deren Zellwände gesundheitsschädliche Endotoxine enthalten können. „Davon bleibt natürlich eine Menge übrig, wenn unzählige Bakterien in einem Fermenter platzen“, so Rohde. Von den Zulassungsbehörden gebe es entsprechende Grenzwerte. Diese Werte einzuhalten, ist eine Herausforderung. Einerseits müssen die Toxine ausgedünnt, die Phagen aber für einen ausreichend hohen Titer auf konzentriert werden. Um diese Schwierigkeiten zu umgehen, arbeiten andere Wissenschaftler auch an gentechnisch getriebenen Produktionsmethoden, mit denen sich Phagen auch ohne Bakterien vervielfältigen lassen.

MIT COCKTAILS GEGEN RESISTENZEN

Einen Wermutstropfen gibt es allerdings: So wie Bakterien Resistenzen gegen Antibiotika entwickeln, schützen sie sich auch vor Phagen mit Resistenzen. „Das passiert so sicher wie das Amen in der Kirche, wenn Sie eine große Bakterienzahl in einem Kolben haben“, sagt Rohde. Die sogenannte Phagen-Resistenz könnte sich dabei auf verschiedenen Ebe-

In ihrer Bioressourcen-Sammlung lagert die DSMZ Mikroorganismen. Hinter den blauen Schaumstoff-Schutzpolstern stecken Glasampullen, unter anderem mit vakuumgetrockneten Phagen.



nen entwickeln, „wenn zum Beispiel ein Bakterium so mutiert, dass der Phage es nicht mehr erkennen kann, oder wenn in der Bakterienzelle enzymatische Blockaden die Vermehrung verhindern.“ Deswegen sei es immer besser, von vornherein mit einem Cocktail aus verschiedenen Phagen zu arbeiten. Auch die Kombination einer Phagen-Therapie mit Antibiotika sei möglich.

Während Rohde auf Erfolgsmeldungen aus der Charité hofft – „es wäre jetzt sehr wichtig, die Wirkung endlich zeigen zu können“ – treibt sie neue Projekte mit Partnern voran. Mit EVREA Phage will sie mit Medizinern einen schlagkräftigen Phagen-Cocktail gegen *Enterococcus faecium* finden. Der Keim wandert durch angegriffene Darmwände – etwa bei einer Krebstherapie – ins Blut und löst Sepsen aus.

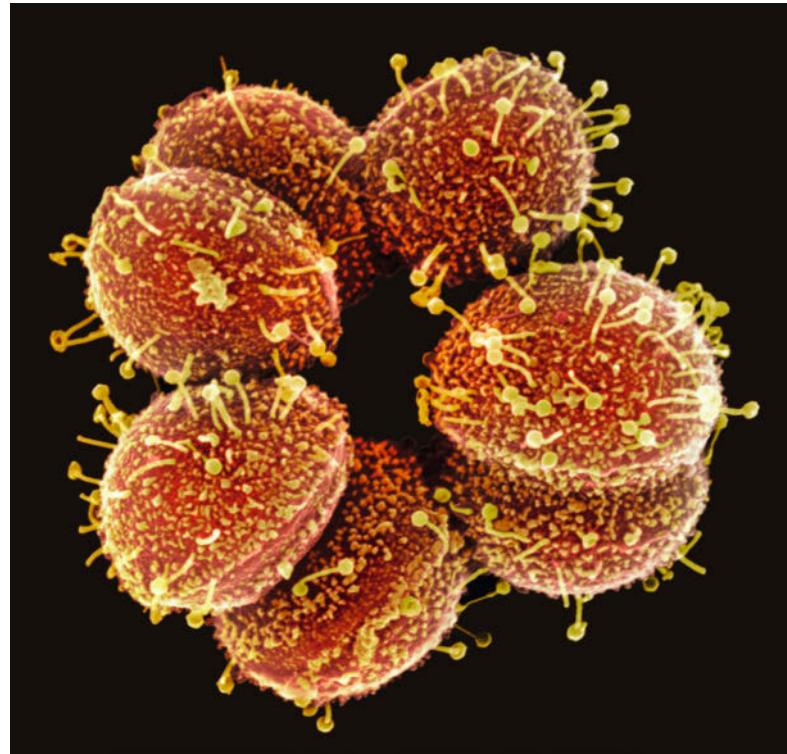
Weltweit führt die Datenbank Clinicaltrials.gov über 70 klinische Tests mit Phagen-Medikamenten gegen verschiedene Keime und Infektionen auf. Mehr als 20 sind bereits abgeschlossen, ein durchschlagender Erfolg steht allerdings noch aus. Von Misserfolgen hingegen war schon zu hören, etwa im Rahmen des EU-Projekts PhagoBurn: Ein Cocktail aus zwölf Phagen gegen *Pseudomonas aeruginosa* und den Darmkeim *Escherichia coli* bei Brandverletzungen war in klinischen Tests gescheitert.

Christine Rohde entmutigen solche Resultate nicht. Bei PhagoBurn etwa sieht sie vor allem eine übereilte Studienplanung als Grund für das Scheitern. Die Studie sei noch im Verlauf umgeplant worden, weil die Art der Keimbela stung anfangs falsch eingeschätzt worden sei, erzählt sie. „Außerdem ist bei zwölf verschiedenen Phagen in einem Medikament der Titer der einzelnen Phagen vermutlich zu niedrig.“ Phagen-Forscher in Polen sehen ebenfalls zu niedrige Phagen-Titer als eine Ursache für gescheiterte klinische Studien, wie sie 2020 im Fachblatt *Antibiotics* berichteten.

DÜNNE DATENLAGE

Die Situation ist ein wenig verfahren: Die Datenlage insgesamt ist dünn, unter anderem weil sich solche Phagen-Cocktails in der EU wie jedes neue Arzneimittel zunächst in teuren klinischen Tests beweisen müssen. Auch die Herstellung nach den üblichen Vorgaben zur Arzneimittelentwicklung GMP (Good Manufacturing Practise) kostet Zeit und sehr viel Geld. Aber Pharmaunternehmen, die die nötigen Mittel dafür hätten, investieren nicht in großem Stil in solche Studien, eben weil die Datenlage dünn ist.

In Deutschland gab es laut Christine Rohde anfangs weitere Hürden, auch weil die Zuständigkeiten zunächst nicht klar waren. Ein lebender Wirkstoff sei auch für die deutschen Behörden Neuland gewesen, sagt sie. „Man brauchte unheimlich Elan, musste immer wieder argumentieren und sich in der politischen Forschungslandschaft auch hier und da



Jeder Phagen-Typ befällt ganz spezifisch nur bestimmte Bakterienstämme. Hier greifen Phagen Streptokokken an.

durchsetzen.“ Heute fühle sie sich von der deutschen Arzneimittelbehörde BfArM gut unterstützt.

Deutlich weniger aufwändig als die Therapie mit Phagen-Cocktails ist die sogenannte magistrale, individualisierte Therapie, zu der es schon viele erfolgreiche Fallstudien gibt, anekdotisch und wissenschaftlich dokumentiert in Fachjournals (s. Kasten). Dabei werden die Bakterien aus entsprechenden Proben vom Patienten isoliert und im Labor einer Arztpraxis oder Klinik wird geprüft, welcher Phage speziell in diesem Fall als Gegenmittel taugt. In Deutschland sind solche Behandlungen nur in Ausnahmefällen erlaubt. An der Medizinischen Hochschule Hannover beispielsweise wurden bisher 31 von 34 Patienten erfolgreich mit individuellen Therapie-Phagen behandelt, bei denen sich durch Implantate im Herz-Kreislauf-System resitive Keime festgesetzt hatten.

Christine Rohde und ihr Team verfolgen den magistralen Ansatz ebenfalls, gemeinsam mit dem Bundeswehrkrankenhaus Berlin und dem Fraunhofer ITEM im Projekt PhagoFlow. Es geht es um tiefe Wunden, die von ganz verschiedenen Bakterien besiedelt sein können. „Jeden Therapie-Phagen als Arzneimittel zuzulassen, wäre nicht sinnvoll beziehungsweise im Grunde unmöglich“, glaubt die Wissenschaftlerin. „Aber wir müssen natürlich abwarten, bis die Politik

„WUNDERHEILUNG“ NACH BOMBENATTENTAT

Frühjahr 2016: Im Erasmus-Hospital kämpft eine junge Frau nach einem Bombenattentat am Brüsseler Flughafen ums Überleben. Sie übersteht unter anderem einen septischen Schock und eine massive Pilzinfektion. Nur der gebrochene Oberschenkelknochen, der von außen mit einem Metallgestell zusammengehalten wird, will einfach nicht heilen. Schuld sind multiresistente Bakterien der Art *Klebsiella pneumoniae*.

Aus einer Wundprobe isolierte ein Team um den belgischen Phagen-Experten Jean-Paul Pirnay am Königin-Astrid-Militärkrankenhaus den Keim. Im Archiv des befreundeten georgischen Eliava-Instituts wurden schnell geeignete Phagen gefunden. Ursprünglich stammten sie aus einer lokalen Abwasserprobe.

Die ausgewählten Phagen wurden im Labor immer wieder mit den Bakterien aus der Wunde zusammengebracht, erzählt Jean-Paul Pirnay: „Man verdünnt die Mischung so lange, dass man gerade noch eine Phagen-Aktivität sieht, und arbeitet dann mit diesen Viren weiter. Es ist wie eine natürliche Selektion, nur schneller.“ Fast zwei Jahre, nachdem die reine Antibiotikatherapie offiziell als gescheitert galt, wurde das Bein der Patientin mit einer Kombination aus Antibiotika und Phagen behandelt. Schon wenige Tage später habe die Heilung begonnen, heißt es in der 2022 im Fachjournal *Nature Communications* veröffentlichten Studie. Nach drei Monaten war die Wunde komplett geheilt und der Oberschenkelknochen wieder zusammengewachsen. Unerwünschte Nebenwirkungen gab es offenbar nicht.

den Weg für individuell maßgeschneidernte Behandlungen freimacht.“

RENAISSANCE DER „BAKTERIEN-PARASITEN“

Viele Jahre hat Rohde dafür gekämpft, jetzt ist offenbar Land in Sicht. „Die Regulierung auf EU-Ebene nimmt endlich Fahrt auf“, sagt sie. Als Vorbild dient eine Monografie aus Belgien, eine Art Handlungseitfaden, die dort schon seit 2016 genutzt wird. Phagen, die entsprechend charakterisiert und aufbereitet werden, bekommen einen Phagen-Pass und dürfen zu Therapiezwecken genutzt werden. Diese Phagen-Monografie soll als eigenes Kapitel in das Europäische Arzneibuch aufgenommen werden. Eine erste Version steht aktuell zur öffentlichen Konsultation zur Verfügung.

Unklar ist, wie die einzelnen EU-Länder eine entsprechende Richtlinie vor Ort umsetzen werden. Wie genau sie in Deutschland runtergebrochen und welche Behörde wofür zuständig sein wird, wenn in Brüssel der Startschuss fällt, das steht Rohde zufolge noch in den Sternen. „Und das sollten wir unbedingt jetzt vorbereiten, damit dann auch die Infrastruktur startklar ist und die Patienten mit ihren oft lebensbedrohlichen Infektionen so schnell wie möglich von einer Phagen-Therapie profitieren können.“

Es wäre eine Renaissance. Denn das Potenzial von Phagen im Kampf gegen bakterielle Infektionen ist schon seit rund 100 Jahren bekannt. Als Entdecker gelten der englische Bakteriologe Frederick W. Twort und der französisch-kanadische Félix D’Hérelle, der schon 1917 von den „Bakterien-Parasiten“ berichtete. In den 1920er-Jahren folgten mehrere Therapiestudien an Tieren und Menschen, allerdings mit gemischten Ergebnissen. Dann kamen die Antibiotika und die Phagen gerieten in Vergessenheit. Nur in man-

chen Ländern, etwa in Russland, Polen oder Georgien, wurden Phagen an lokalen Instituten – das bekannteste ist das georgische Eliava-Institut – weiter erforscht und therapeutisch genutzt.

Auch wenn Christine Rohde nicht schon seit den 1920er-Jahren an Phagen forscht – ihr mannshoher Labor-Kühlschrank platzt aus allen Nähten. Die Schubladen stecken voller Gläschchen, deren blaue Kunststoffdeckel mit Buchstaben- und Zahlenkombinationen beschriftet sind. Ein zweiter Kühlschrank steht schon im Keller. Dort lagern außerdem Phagen in dünnen Röhrchen, die in mit flüssigem Stickstoff gekühlten Tanks aufbewahrt werden, bei minus 196 Grad Celsius. Hinzu kommen gefriergetrocknete Phagen. Sie lassen sich besonders leicht verschicken, denn von den Phagen aus der Braunschweiger Sammlung profitieren Forschende auf der ganzen Welt.

Mehr als 1200 verschiedene Phagen hat Rohdes Team bis heute zusammengetragen, aus Waldfützen, Kläranlagen und Klinikabwässern. Wie viele noch dazukommen werden und welche das Zeug zum Therapie-Phagen haben, bleibt abzuwarten. Sicher ist: Werden die aktuellen Studien erfolgreich abgeschlossen, profitieren nicht nur die Patienten. Auch die Forschenden können darauf aufbauen – und die Karriere der heilenden Keime weiter vorantreiben. ●



© Copyright by Heise Medien.

Wachsam bleiben

An dieser Stelle blicken wir zurück auf frühere Artikel aus der MIT Technology Review, die heute wieder aktuell sind. Diesmal: Vogelgrippe. – Andrea Hoferichter

Wie groß ist die Gefahr einer Pandemie durch den Vogelgrippeerreger H5N1? Mit dieser Frage beschäftigte sich die TR schon im Jahr 2005. Wir berichteten, dass sich in China seit 1997 rund 100 Menschen infiziert hatten. Etwa jeder Zweite erlag der Krankheit. Die Leitfrage: Könnte daraus wieder eine weltweite Epidemie wie die Spanische Grippe von 1918 werden? An ihr starben nach Schätzungen der Weltgesundheitsorganisation WHO zwischen 20 und 50 Millionen Menschen. Schließlich wurde auch sie von Influenzaviren ausgelöst, die aus Wildvögeln auf den Menschen übergesprungen waren.

Am Verhältnis der menschlichen Todesfälle zu Infektionen durch H5N1 hat sich seit 2005 bis heute kaum etwas geändert, doch die absoluten Zahlen sind deutlich größer geworden – und so auch die Sorgen der Virologen. Eine Pandemie durch das Vogelgrippevirus ist damit heute wahrscheinlicher. Laut WHO haben sich zwischen 2003 und 2019 mehr als 860 Menschen mit dem H5N1-Virus angesteckt, in rund 450 Fällen endete die Infektion tödlich.

Gerade die letzte Infektionswelle breitete sich auffallend schnell und weit aus. Sie begann 2021, ist noch nicht zu Ende und machte im letzten Jahr nicht einmal im Sommer die sonst übliche Verschnaufpause. Und der noch immer kursierende Virus-Stamm 2.3.4.4b ist offenbar hochgradig ansteckend: Er wurde nicht nur in Vögeln, sondern auch in Säugetieren gesichtet, unter anderem in Nerzen, Füchsen und Kegelrobben, aber auch in Menschen – und das nicht nur in China, sondern auch in vielen anderen Regionen der Welt, in Europa, Nord- und Südamerika. Die WHO berichtet von sechs Todesfällen weltweit.

Gehäufte Übertragungen von Mensch zu Mensch, die eine Voraussetzung für eine Pandemie wären, sind zwar nach wie vor nicht bekannt. Doch die Be-

denken sind gewachsen, weil das Virus H5N1 immer öfter in Säugetieren gefunden wurde. Dadurch steigt das Risiko für Anpassungsmutationen. Besonders hoch ist die Gefahr an Orten, wo Säugetiere eng zusammenleben und viele Infektionen stattfinden, etwa in der Massentierzucht. Die Wahrscheinlichkeit, dass sich dabei aus verschiedenen Influenzaviren gefährliche neue Stämme und Subtypen bilden, ist hoch. Vor allem Schweine sind als „Mischgefäß“ gefährlich, da sie gleichzeitig Wirte für Influenza-Stämme aus Vögeln und auch aus Menschen sein können. Treffen diese in einem Schwein aufeinander und tauschen ihre Informationen aus, ist der Sprung eines Vogelgrippevirus auf den Menschen nicht mehr weit.

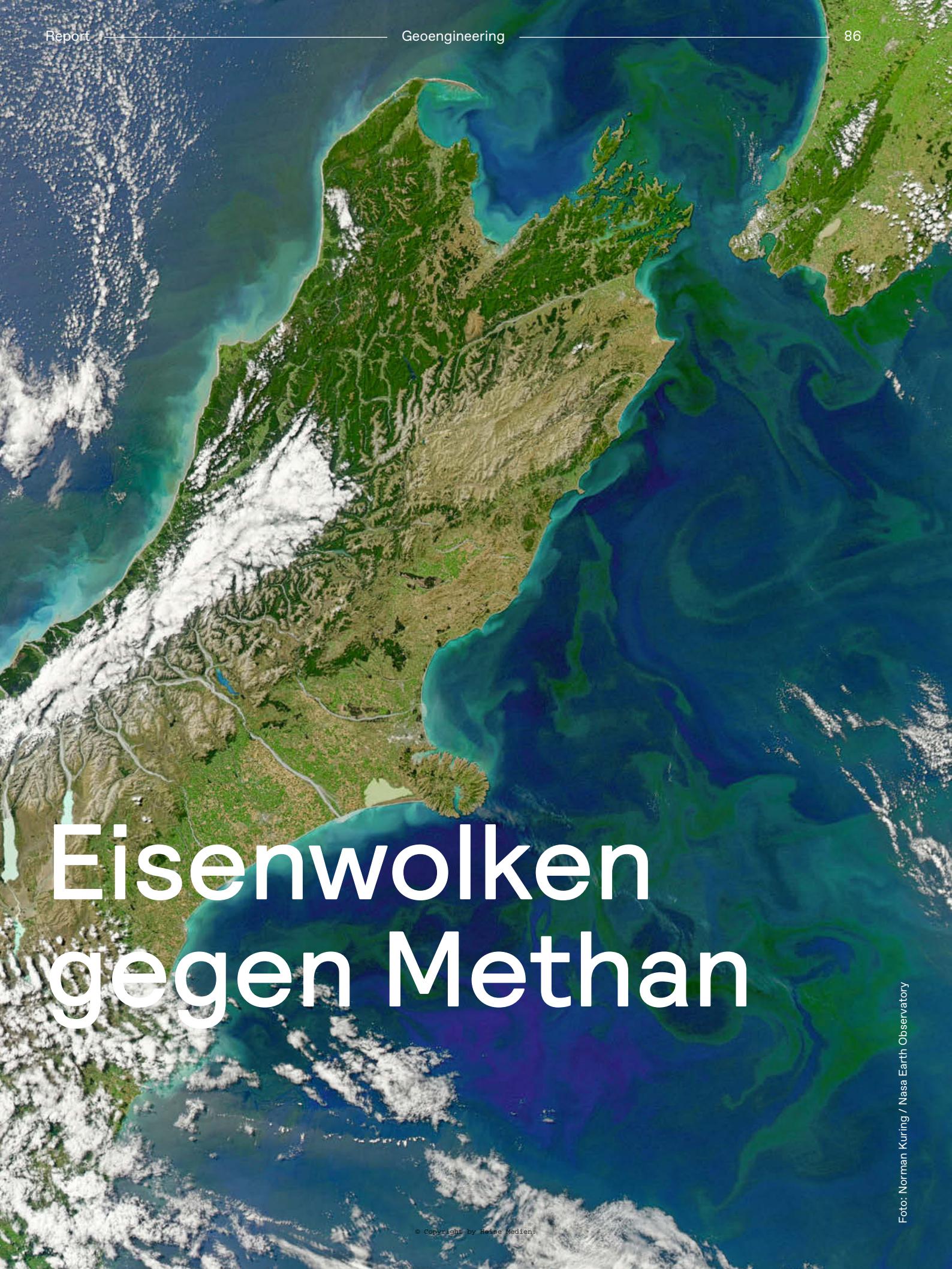
Für viele Tiere ist die Situation, ob mit oder ohne Menschenpandemie, schon jetzt dramatisch. Sie sterben in Massen, entweder direkt durch die Vogelgrippe oder weil sie getötet werden, um eine weitere Ausbreitung zu verhindern. Seit Anfang 2022 wurde das H5N1-Virus zum Todesurteil für mehr als 100 Millionen Geflügeltiere allein in den USA und in Europa. In den letzten Monaten waren die Ausbruchszahlen in Europas Vogelwelt rückläufig, vor allem weil die Reiseaktivitäten des Federviehs saisonbedingt stagnieren. Doch in Amerika steigt die Zahl infizierter Säugetiere. Wie es weitergeht, wenn die Vögel wieder in ihr Winterquartier ziehen, bleibt abzuwarten.

Die Gefahr für die Menschen sei nach wie vor gering, heißt es aus der WHO. Die Organisation fordert allerdings zugleich eine erhöhte Wachsamkeit. Virologen wiederum wünschen sich schlaue Vorsichtsmaßnahmen, etwa entsprechende Impfstoffe für den Fall der Fälle vorzubereiten. Denn das Fazit unseres Magazinartikels aus dem Jahr 2005 gilt noch immer. „Es gibt mehr als eine mögliche Ursache für eine Pandemie, und H5N1 stehen alle Wege offen.“ ●

© Copyright by Heise Medien.



TR 12/2005: Seit Jahrzehnten tickt die Influenzabombe.



Eisenwolken gegen Methan

Start-ups wollen eisenhaltige Partikel über dem Meer ausbringen, um das Klimagas Methan abzufangen. Damit imitieren sie ein Phänomen, das die Eiszeiten eventuell verstärkt hat. Aber noch weiß man nicht, ob und wie es funktioniert. – James Temple (Übersetzung: Jo Schilling)

In den nächsten Monaten will ein Start-up aus dem kalifornischen Palo Alto damit beginnen, kleine Mengen eisenhaltiger Partikel in den Abgasstrom eines Schiffes zu leiten, das den offenen Ozean überquert. Blue Dot Change möchte dabei herausfinden, ob die Partikel helfen, Methan abzubauen – eines der stärksten Treibhausgase in der Atmosphäre. Funktioniert es, hofft David Henkel-Wallace, innerhalb eines Jahres mit dem Versprühen von Eisensalzen im kommerziellen Maßstab beginnen zu können.

Er ist Gründer und Geschäftsführer des vierköpfigen Start-ups, das zu einer Handvoll kleiner kommerzieller Unternehmen gehört, die mit dem Freisetzen solcher und ähnlicher Partikel liebäugeln. Sie wollen damit ein Phänomen aus der Entstehung der Eiszeiten nachstellen, von dem angenommen wird, dass es die Abkühlung der Erde verstärkt haben könnte. Sie hoffen, so dem Klimawandel entgegenzuwirken. MIT Technology Review hat mindestens zwei weitere Unternehmen gefunden, die ebenfalls Freiland-Experimente in Erwägung ziehen.

Das Grundkonzept der sogenannten Eisensalz-Aerosol-Methode, kurz ISA, besteht darin, eisenhaltige Partikel, die Chlorid enthalten, in die Luft freizusetzen. Werden diese vom Sonnenlicht bestrahlt, entstehen Chlorradikale. Das sind einzelne Chloratome mit einem einzelnen ungebundenen Elektron, das extrem reaktiv ist. Diese Chlorradikale lösen dann in der Atmosphäre Reaktionen aus, die letztlich Methan in Kohlendioxid umwandeln sollen.

Auch in der Wissenschaft wird dieses Konzept zunehmend erforscht. Hintergrund sind die durch den Klimawandel ausgelösten steigenden Methanemissionen. Sie heizen das Klima über einen Zeitraum von 20 Jahren etwa 85-mal stärker auf als Kohlendioxid. Die meisten Forschenden in diesem Bereich halten die Idee, dem Methan mit eisenhaltigen Partikeln entgegenzuwirken zu können, allerdings für spekulativ – Erkenntnisse dazu beschränken sich bisher auf frühe Labor- und Modellierungsarbeiten. Es ist wenig bekannt über andere Auswirkungen, die ihre Freisetzung haben könnte, einschließlich potenzieller Gefahren. Die Chemie dahinter ist so komplex, dass nicht klar ist, ob die Freisetzung dieser Aerosole die Methankonzentrationen tatsächlich verringern oder nicht sogar insgesamt erhöhen würde.

Dass Eisen das Klima beeinflusst, ist bereits seit den 1980ern bekannt. Gelangt es ins Meer, wirkt es als Dünger für Algen und erzeugt üppige Algenblüten, die CO₂ indirekt in den Tiefen der Ozeane versenken. Jetzt soll es außerdem noch Methan abbauen.

Auch ist es möglich, dass dieselben Partikel gefährliche Gase erzeugen, Phytoplanktonblüten hervorbringen oder Meeresswelken aufhellen. Damit würden die Grenzen zwischen der Beseitigung von Treibhausgasen aus der Atmosphäre und dem umstritteneren Solar Geoengineering verwischen. „Wir haben keine Ahnung, was dort passieren wird“, sagt Natalie Mahowald, Atmosphärenforscherin an der Cornell University und Expertin für Eisenaerosole.

„Jedes kommerzielle Unternehmen, das ankündigt, es sei bereit für den Feldeinsatz, ist voreilig und hat womöglich die falschen Motive“, sagt Rob Jackson, Professor für Erdsystemwissenschaften in Stanford. „Wir wissen nicht genug über unerwartete oder unvorhergesehene Reaktionen. Und wir wissen nicht, wie es um die gesellschaftliche Akzeptanz und die Einstellung der Öffentlichkeit zu diesem Prozess bestellt ist.“

99,9-PROZENTIGE ERFOLGSCHANCE

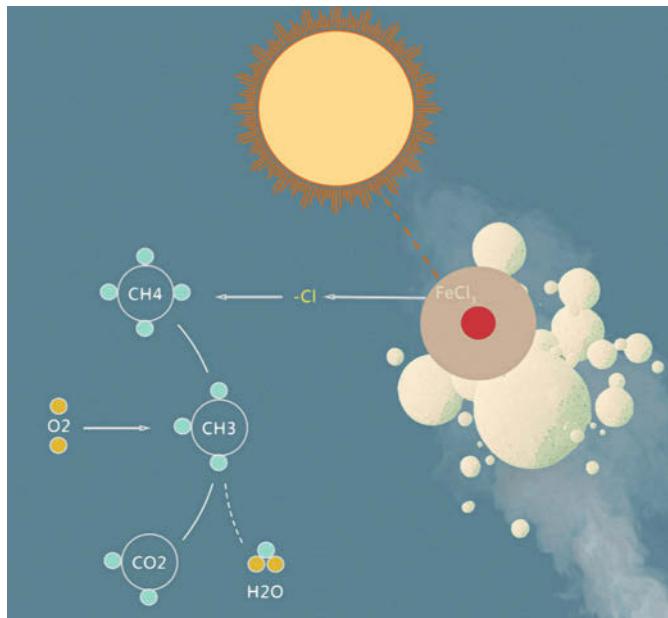
Peter Fiekowsky, ein US-amerikanischer Ingenieur und Unternehmer, hat die Foundation for Climate Restoration mitbegründet und ist eine Art Rattenfänger der Eisensalz-Aerosol-Methode: Er hat akademische Forschung finanziert, berät mehrere Start-ups und ist als Aktionär in einem Unternehmen gelistet. Außerdem hat er selbst eine Handvoll verwandter Organisationen gegründet.

Fiekowsky argumentiert, dass die bloße Einhaltung des Temperaturziels des UN-Klimarats – vor allem durch Emissionsenkungen – der Menschheit „keine vernünftige Überlebenschance“ biete. Stattdessen, so Fiekowsky, sollten wir uns bemühen, das Klima durch aggressivere Maßnahmen wieder auf vorindustrielles Niveau zu bringen. „Methan ist erst dann wirklich wichtig, wenn man das Ziel verfolgt, das Klima wiederherzustellen und das Überleben unserer Kinder zu sichern“, sagt er.

Fiekowsky teilt nur wenige der Zweifel an Eisensalz-Aerosolen oder an der Sinnhaftigkeit ihres Einsatzes und behauptet, dass der Ansatz sicher, wirksam, billig und unvermeidlich sei. Seiner Meinung nach würde es nur eine Milliarde Dollar pro Jahr kosten, die Methankonzentration auf diese Weise zu halbieren, und er schätzt die Erfolgsschancen der Methode auf 99,9 Prozent. „Ein Projekt scheitert nur, wenn die Leute aufhören, daran zu arbeiten. Wir werden nicht aufhören, bis wir Erfolg haben. Die 0,1-prozentige Gefahr, dass wir scheitern, läge in einem Atomkrieg, der uns vorher tötet.“

Mit Äußerungen wie diesen hat sich Fiekowsky den Ruf erworben, jemand zu sein, der sich zwar leidenschaftlich um die Lösung des Problems kümmert, aber mit „selbstgefälliger Großspurigkeit“, so Ted Parson, Professor für Umweltrecht an der University of California, Los Angeles.

„Er ist – aus meiner Sicht – schnell darin, Wissenschaftler und andere Forscher als übervorsichtig abzustempeln“, sagt Parson. „Er will sich auf das Problem stürzen und es lösen, und ich mache mir Sorgen, dass es noch nicht genug Informatio-



Die chemische Reaktion hinter der Eisen-Aerosol-Methode sieht einfach aus, ist jedoch hochkomplex und bisher nicht wirklich verstanden.

nen gibt, um sicher zu sein, dass es eine wirksame und sichere Lösung ist.“

GEFAHRENZONE

Trotz ihrer großen Bedenken gegenüber einer Kommerzialisierung des Konzepts zum jetzigen Zeitpunkt unterstützen Jackson und andere Wissenschaftler eine sorgfältige Erforschung des Abbaus von Methan in der Atmosphäre, sei es mit Eisensalz-Aerosolen oder anderen Methoden.

Methan stand im Klimadialog lange Zeit im Schatten von Kohlendioxid, weil CO₂ insgesamt eine viel größere Rolle bei der Erwärmung spielt. Methan holt jedoch auf, da die Emissionen dieses Gases aus industriellen Quellen, rülpsenden Rindern, Entwaldung und natürlichen Systemen wie Feuchtgebieten im letzten Jahrzehnt stark angestiegen sind. Gleichzeitig sind die Länder nicht in der Lage, ihre Kohlendioxidemissionen schnell genug zu senken, um eine Erwärmung von zwei Grad Celsius (oder mehr) zu verhindern – selbst angesichts immer schwererer Waldbrände, Hitzewellen und Überschwemmungen.

Da Methan ein so starkes Klimagas ist, ist das Senken der Emissionen oder das Zerstören des Gases in der Luft einer der wenigen Mechanismen, mit denen sich die Erderwärmung in naher Zukunft spürbar verringern ließe. 40 Prozent weniger Methan in der Atmosphäre bis zum Jahr 2050 würde die globale Erwärmung um etwa 0,4 Grad Celsius verringern, so eine Studie aus dem Jahr 2021.

**Auf eine Million
Luftteilchen
kommen
in der Atmo-
sphäre ge-
rade einmal
1,9 Teilchen
Methan.**

„Wir befinden uns auf einem Erwärmungspfad, in dem es auf jeden Bruchteil eines Grades ankommt“, sagt Erika Reinhardt, Mitbegründerin von Spark Climate Solutions, einer gemeinnützigen Organisation mit Sitz in San Francisco. Die NGO unterstützt die Erforschung von Klimareaktionen, einschließlich der Zerstörung oder Beseitigung von Methan in Gebieten, in denen es konzentriert kommt – wie Mülldeponien und Milchviehbetriebe – sowie in der freien Atmosphäre. Sie hat eine Forschungscooperation finanziert, die eine Reihe von atmosphärischen Probenahmen, Computermodellierungen und Laborarbeiten zur Erforschung der Eisensalz-Aerosol-Hypothese durchführt. Daran beteiligt sind Wissenschaftler der Universität Kopenhagen, der Universität Utrecht, des Spanischen Nationalen Forschungsrats und der Cornell University. „Es handelt sich um ein sehr junges Gebiet, auf dem es noch mehr Fragen als Antworten gibt, aber die Fragen sind sehr wichtig, wenn wir das Klimarisiko verringern wollen“, sagt Reinhardt.

DIE EISENHYPOTHESE

Die Idee, dass Eisen eine wichtige Rolle bei Klimaveränderungen spielen könnte, ist bereits Jahrzehnte alt. Während eines Vortrags im Jahr 1988 erklärte der renommierte Ozeanograf John Martin: „Gebt mir einen halben Tanker voll Eisen, und ich gebe euch eine Eiszeit.“

Seine 1990 publizierte „Eisenhypothese“ besagt, dass während der Abkühlung des Planeten in den Eiszeiten starke Winde den Staub von den austrocknenden Landmassen aufnahmen. Der Staub bestand zu etwa 3,5 Prozent aus Eisen. Als das Mineral mit den Winden die Meere erreichte, könnte es massive Phytoplanktonblüten ausgelöst haben. Diese wiederum banden große Mengen Kohlendioxid und versenkten es im Ozean. Das verstärkte die Abkühlung.

Damals war das Konzept sehr umstritten, doch in den folgenden Jahrzehnten wurde es durch eine wachsende Zahl von Forschungsergebnissen gestützt. Eine Reihe von Forschungsgruppen und mehrere kommerzielle Unternehmen haben untersucht, ob eine Eisendüngung der Ozeane – das direkte Einbringen von Eisenpartikeln in das Wasser – gezielt Kohlendioxid aus der Atmosphäre ziehen und damit die Erderwärmung bremsen könnte.

Eiskernproben belegen, dass während der Eiszeiten auch die Methanwerte sanken. Eine Hypothese ist nun, dass derselbe Staub auch diesen Effekt verursacht hat, da das Eisen, bevor es ins Wasser gelangte, mit der salzhaltigen Luft über den Ozeanen reagierte und chloridreiche Eisenpartikel produzierte.

Laboruntersuchungen haben ergeben, dass Sonnenlicht, oder zumindest eine künstliche Version davon, Reaktionen auslöst, bei denen aus solchen Partikeln Chlor entsteht. Chlor ist für die Zersetzung von etwa drei bis vier Prozent des Methans

40 Prozent weniger Methan in der Atmosphäre bis zum Jahr 2050 würde die globale Erwärmung um etwa 0,4 °C verringern.

in der Atmosphäre verantwortlich und wandelt es in Kohlendioxid um. Da CO₂ ein wesentlich schwächeres Treibhausgas als Methan ist, wird der Erwärmungseffekt insgesamt deutlich verringert.

Franz Dietrich Oeste, Renaud de Richter und weitere unabhängige Forscher haben 2017 eine „Climate Engineering“-Methode veröffentlicht, die diesen Prozess imitiert. Sie postulierten zudem, dass Eisenpartikel eine Vielzahl weiterer potenzieller Abkühlungseffekte bewirken könnten, einschließlich der von Martin beschriebenen Düngung der Ozeane. Sie könnten auch Meereswolken erzeugen, indem sie als Kondensationskeime für Wasserdampf dienen. Diese sehr hellen Wolken könnten mehr Sonnenlicht in den Weltraum zurückwerfen und so theoretisch den Planeten kühlen.

Alles in allem würde eine Verdopplung der jährlichen natürlichen Eisenemissionen in die Troposphäre „die Verhinderung oder sogar die Umkehrung der globalen Erwärmung ermöglichen“, heißt es in dem Papier. „Ich sage immer: Mach es so, wie die Natur es macht. Und das ist ein Prozess, den die Natur macht“, sagt Oeste. Er hält mehrere Patente, die die Eisensalz-Aerosol-Methode schützen.

REPARATUR-KOMMERZ

Trotz aller Ungewissheiten haben die Studien bereits eine Handvoll Unternehmer inspiriert: Fiekowsky war Mitbegründer eines früheren Start-ups, der Methane Oxidation Corp. Das plante, mithilfe von Eisenpartikeln die Methankonzentration wieder auf das vorindustrielle Niveau zu bringen, wie aus einem im Frühjahr 2021 eingereichten Finanzierungsantrag beim Online-Bezahl-Dienstleister Stripe hervorgeht. Das Unternehmen scheiterte, aber mehrere der Teammitglieder wechselten zu Blue Dot Change.

Dieses Start-up hat sich bisher selbst finanziert, arbeitet aber jetzt daran, Geld für die Forschung und die Entwicklung der Ausrüstung aufzutreiben,

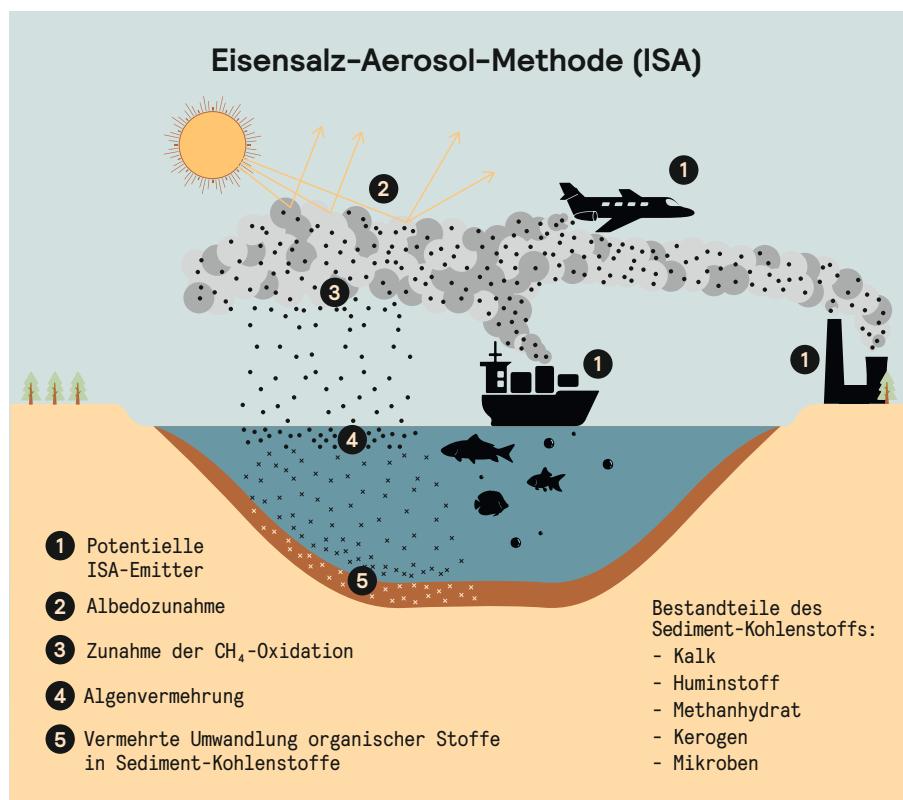
die für die Freisetzung der Partikel benötigt wird, sagt Geschäftsführer David Henkel-Wallace. Während der geplanten Feldversuche wolle das Team einige Gramm Eisenchlorid freisetzen und hoffe, dann das Methan innerhalb und außerhalb der Partikelfahne mit optischen Methoden messen zu können, sagt er.

Henkel-Wallace möchte die Kapazitäten seines Start-ups bis Ende 2027 so erweitern, dass er um 100 Millionen Tonnen Methan pro Jahr entfernen kann. Dafür wären seiner Einschätzung nach etwa 3000 Schiffe erforderlich, die mit Maschinen ausgestattet sind, die einige Gramm Partikel pro Sekunde ausstoßen können. Er hofft, Einnahmen von Unternehmen

zu erzielen, die bereit sind, für Formen der „Klimareparatur“ zu zahlen.

Auch die Schweizer AMR AG betreibt derzeit Laborforschung und versucht, zwei bis drei Millionen Dollar für Feldversuche einzusammeln. Geplant ist, mehrere Kilogramm Eisenchlorid-Nanopartikel langsam von einer stillgelegten Ölplattform freizusetzen, die Auswirkungen auf das Methan zu beobachten und den Versuch mehrmals zu wiederholen, um die Ergebnisse zu bestätigen. Wenn sich die Methode als sicher und wirksam erweise, würde das Unternehmen Türme mit einer Höhe von bis zu 400 Metern bauen, die Tonnen von Partikeln pro Stunde freisetzen können.

Die Eisensalz-Aerosol-Methode soll Methan auf unterschiedlichen Pfaden aus der Atmosphäre ziehen.



Dass die Methode tatsächlich helfen könnte, geht in den Diskussionen um vorpreschende Start-ups unter.

Oswald Petersen, Gründer und Vorstandsvorsitzender der AMR AG, ist der Ansicht, dass ein Feldversuch in der vorgeschlagenen Größenordnung kein Umweltrisiko berge. Er weist darauf hin, dass ein kurzzeitig laufender Lkw-Motor etwa die gleiche Menge an Schadstoffen produziere, wenn auch anderer Art.

Iron Salt Aerosol, ein australisches Unternehmen, plante vor einigen Jahren Feldversuche in der Bass Strait, dem Kanal, der Victoria, Australien, von Tasmanien trennt. Es entschied jedoch, das Vorhaben doch nicht weiterzuverfolgen, „weil es zu schwierig wäre, die beobachteten Veränderungen in der Atmosphärenchemie auf die [Eisensalz-Aerosol-]Aktivität zurückzuführen, und weil der allgemeine politische Rahmen nicht bereit ist, diese Form des Geoengineering zu unterstützen“, schrieb einer der Gründer, Robert Tulip, in einer E-Mail an MIT Technology Review.

EIN WERKZEUG FÜR DEN NOTFALL

Dass beim Geoengineering Vorsicht geboten ist, zeigt ein Blick auf die potentiellen Gefahren, die das Versprühen von Eisenaerosolen mit sich bringen könnte. Natalie Mahowald von der Cornell University weist darauf hin, dass eisenhaltiger Feinstaub ein unmittelbares Risiko für die menschliche Gesundheit ist und die dunklen Partikel zudem Licht absorbieren und sich erwärmen könnten – was dem Ziel entgegenstünde.

Zudem würde die Eisendüngung der Ozeane empfindliche, vernetzte Ökosysteme stören, wie Studien ergeben haben. Nebenbei ist Chlor in hohen Konzentrationen für Menschen und Tiere schädlich. Außerdem ist es sehr reaktionsfreudig und reagiert nicht nur mit Methan, sondern auch mit vielen anderen Stoffen. „Es gibt alle möglichen chlorierten Verbindungen, die wir nicht in der Atmosphäre haben wollen“, sagt Jackson aus Stanford. „Bevor wir Chlorradikale freisetzen, müssen wir besser erforschen, womit außer Methan sie noch reagieren.“

Chlor könnte etwa die Ozonschicht im unteren Teil der Atmosphäre schädigen. Die liefert jedoch Hydroxylradikale, die auf natürliche Weise den größten Teil des Methans in der Atmosphäre abbauen, sagt Mahowald. Es sei also nicht klar, ob die Freisetzung dieser Partikel überhaupt Treibhausgase reduzieren oder ihre Konzentration vielleicht sogar erhöhen würde.

Was nach der Freisetzung tatsächlich geschieht, ist zudem kaum zu überwachen. Auf eine Million Luftteilchen kommen in der Atmosphäre gerade einmal 1,9 Teilchen Methan. Kohlendioxid stellt dagegen etwa 416 Teile pro Million Luftmoleküle. Das macht es fast unmöglich, die Auswirkungen von Eisenpartikeln auf das atmosphärische Methan in großem Maßstab zuverlässig zu messen.

Selbst eine Partikelwolke, die sich über mehrere Dutzend Kubikkilometer erstrecke, „könnte auf einer Satellitenkarte wie ein einziges Pixel erscheinen“, sagt Matthew Johnson,

Professor für Atmosphärenchemie an der Universität Kopenhagen, der an der von Spark Climate unterstützten Forschungsarbeit beteiligt ist. „Es wäre schon schwierig, ein Signal zu erkennen, geschweige denn es genau zu quantifizieren.“

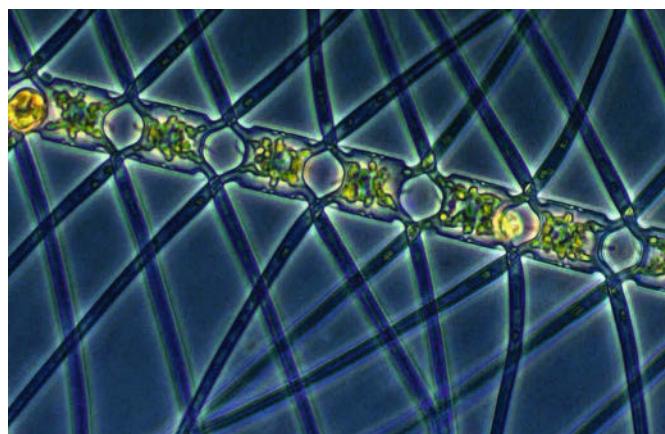
Nur ohne Quantifizierung sind Zertifikate, die die Kompensation einer gewissen Menge Treibhausgas belegen sollen, wenig glaubwürdig. Sie sind jedoch der Treiber hinter den gewinnorientierten, risikofinanzierten Modellen der Start-ups. Die Verlockung ist groß, zu behaupten, dass die Methode gut funktioniert, und negative Auswirkungen herunterzuspielen. „Der Vorschlag, die Eisensalz-Aerosol-Methode zu kommerzialisieren, geht weit über das hinaus, was die Wissenschaft bisher unterstützt“, sagt Reinhardt. „Und es ist nicht klar, ob die Kommerzialisierung jemals ein geeigneter Weg zur Einführung sein wird.“

Sinnvoller sei es, sie als eine Art Notfall-Sicherung vorzuhalten. Wenn – wie befürchtet – die fortgesetzte Erwärmung gefährliche Klima-Rückkopplungen auslöst, wird es zu einem starken Anstieg der Methan-Emissionen durch auftauenden Permafrost, expandierende Feuchtgebiete oder andere Quellen kommen.

DAS GESETZ DES MEERES

Auch rechtlich bewegen sich die Start-ups in einer Grauzone. Es gibt internationale Übereinkommen, die Aktivitäten mit po-

Kieselalgen wie diese *Chaetoceros atlanticus* blühen stärker, wenn das Meer mit Eisenpartikeln gedüngt wird. Dabei binden sie CO₂, das dann mit den absterbenden Algen nach der Blüte auf den Meeresboden sinkt.



© Copyright by Heise Medien.



Noch ist der Sublimator ein Prototyp in den Schweizer AMR-Laboren. Hat das Unternehmen genügend Geld für Feldversuche aufgebracht, will es mit dieser Technik Eisenchlorid-Aerosol von einer Ölplattform freisetzen.

tenziell schädlichen Auswirkungen auf das offene Meer regeln. Die gelten jedoch nicht unbedingt für Start-ups, die in kleinem Maßstab Eisensalze freisetzen – auch wenn die Mengen schon wirksam sind. Allerdings erwarten Rechtsexperten, dass solche Geoengineering-Aktionen so oder so eine internationale Reaktion auslösen könnten.

In Anlehnung an frühere Versuche, die Eisendüngung der Meere zu kommerzialisieren, hat die Staatengemeinschaft Vereinbarungen aufgesetzt, die solche Bestrebungen auf wissenschaftliche Forschung in kleinem Maßstab beschränken. Sie sind zwar nicht rechtsverbindlich, aber „man kann mit Sicherheit sagen, dass kommerzielles marines Geoengineering dem Geist der in internationalen Foren vereinbarten Erklärungen widersprechen würde“, sagt Jesse Reynolds, Experte für internationale Umweltpolitik und Autor von *The Governance*

of Solar Geoengineering: Managing Climate Change in the Anthropocene.

Zumindest Blue Dot Change versucht, sich laut Henkel-Wallace diesen Regeln nicht zu entziehen. Man werde für jedes Experiment die zuständigen Aufsichtsbehörden ermitteln, sagt er. „Seit etwa einem Jahr gehen wir bei unseren Planungen davon aus, dass wir einen Weg finden können, um der US- oder möglicherweise der EU-Umweltaufsicht zu unterliegen.“

Henkel-Wallace sagt, das Unternehmen beabsichtigt, alle vorgeschlagenen Feldversuche oder Einsätze dem Climate Restoration Safety and Governance Board vorzulegen, das „Projekte, die einen signifikanten Einfluss auf die Wiederherstellung der globalen CO₂- und Methanwerte haben können, überprüft, genehmigt und beaufsichtigt“.

Nur wie unabhängig ist dieses Board? Fiekowsky hat es „aufgebaut“ und ist sein Vorsitzender. Der Direktor für Öffentlichkeitsarbeit von Blue Dot Change gehört ihm ebenfalls an. Mehrere leitende Angestellte der Organisation waren früher auch an der Foundation for Climate Restoration beteiligt. „Ich glaube nicht, dass irgendjemand glaubhaft machen kann, dass es sich um ein unabhängiges Gremium handelt“, sagt Danny Cullenward, politischer Direktor bei Carbon Plan, der sich mit den Problemen der marktbasierten Klimapolitik und der Kohlenstoffmärkte beschäftigt hat.

FORSCHEN GEHT AUCH OHNE FELDVERSUCHE

Dass die Methode tatsächlich helfen könnte, die Klimarisiken zu verringern, geht in den Diskussionen um vorpreschende Start-ups unter. Eine vertane Chance, weil wenige Gewinnorientierte in einem so komplexen und heiklen Bereich vorpreschen und damit eine Abwehr gegen das Grundkonzept hervorrufen. So wie es durch verfrühte kommerzielle Versuche sowohl der Eisendüngung als auch des solaren Geoengineering bereits geschehen ist.

Solange es nicht um Kommerz, sondern Erkenntnis geht, seien umstrittene Feldversuche gar nicht nötig, ist Johnson von der Universität Kopenhagen überzeugt. Forscher könnten, auch ohne Eisenpartikel in die Atmosphäre einzubringen, viel über das Potenzial und die Risiken dieses Ansatzes lernen. Es genüge, das reichlich vorhandene Eisen in der Luft zu untersuchen, das aus natürlichen Quellen wie Wüsten und menschlichen Aktivitäten wie Schifffahrt, Schwerindustrie und Landwirtschaft stamme. „Das Verständnis dieser Systeme, die bereits heute in der Atmosphäre vorkommen, ist der beste Weg, um die [Eisensalz-Aerosol]-Forschung voranzubringen.“

Tatsächlich hat diese Arbeit bereits begonnen. Im Oktober begannen die Besatzungen mehrerer Schiffe, die den Atlantik überqueren, mit einer einjährigen Aktion zur Sammlung von Meeresluft. Sie sammeln die Luft in tragbaren Glaskolben, in die Probenluft gesaugt wird. Wenn die Schiffe den Hafen erreichen, geben sie Kisten mit den Flaschen ab, und die Proben werden zur Analyse in Labors in den Niederlanden gebracht.

„Um eine Million Tonnen Methan aus der Atmosphäre zu entfernen, müssen wir diese Technologien in großem Umfang einsetzen“, sagt Jackson – und das wäre nur ein Hundertstel der Menge, die Henkel-Wallace mit Blue Dot Change pro Jahr aus der Luft holen möchte. „Wir benötigen viel mehr Informationen, bevor wir das sicher tun können. Und wir werden die Zustimmung der Öffentlichkeit brauchen, um die Luft auf der Erde zu verändern.“ ●

Welcher Arbeitgeber passt zu mir? Wer derzeit in MINT-Berufen nach einer Anstellung sucht, kann kritisch und genau hinsehen, denn der Fachkräftemangel spitzt sich weiter zu, Fachkräfte sind gesucht. Wir helfen bei der Auswahl und stellen zum dritten Mal die besten MINT-Arbeitgeber Deutschlands vor. Dabei verlassen wir uns nicht auf die Aussagen der Unternehmen, sondern auf die Schwarmintelligenz des Internets.

Dossier

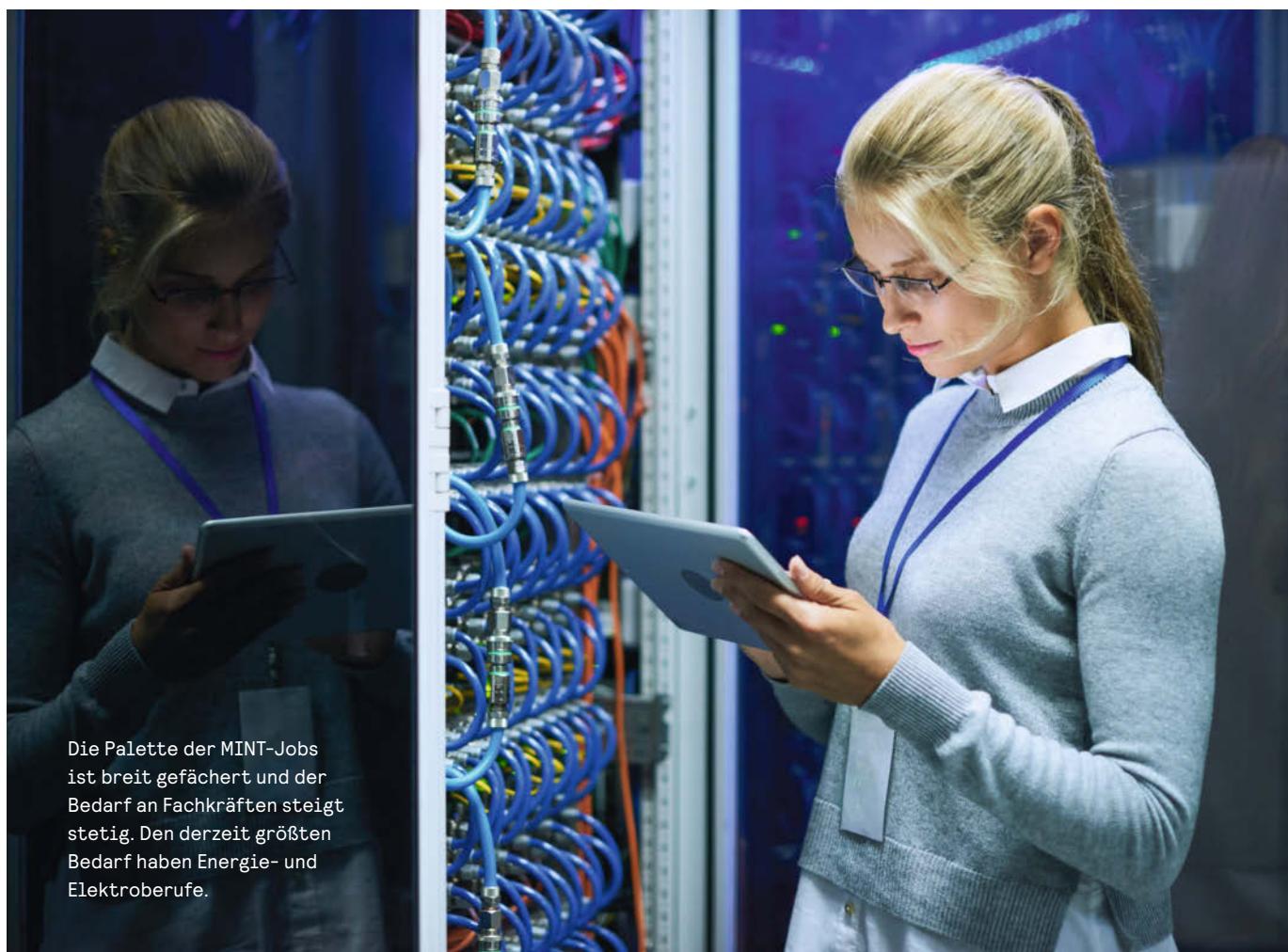
THEMA

MINT-ARBEITGEBER

- 93 MINT-BERUFE • Die besten Arbeitgeber 2023
- 95 BUNDESANSTALT FÜR MATERIALFORSCHUNG UND -PRÜFUNG • Zerstören mit System
- 95 GEBÄUDEMANAGEMENT SCHLESWIG-HOLSTEIN AÖR • Kirchen und Kugelschreiber
- 96 SIEDLE • Wer steht vor der Tür?
- 96 DMK DEUTSCHES MILCHKONTOR • Mehr als Milch
- 98 MEYER BURGER • Alles für sauberen Sonnenstrom
- 98 STABILUS • Weltmarktführer mit Bodenhaftung
- 99 GOLDBECK • Bauen mit System
- 100 AVM • Alles für Fritz!
- 100 PESTER PAC AUTOMATION • Gut verpackt

Die besten MINT-Arbeitgeber Deutschlands

Das Institut für Management- und Wirtschaftsforschung (IMWF) hat für MIT Technology Review die attraktivsten Arbeitgeber für technisch-naturwissenschaftlich ausgebildete Bewerber für das Jahr 2022 ermittelt. Wir präsentieren alle 308 Unternehmen in einer Übersicht und stellen acht näher vor. – Bernd Müller



Die Palette der MINT-Jobs ist breit gefächert und der Bedarf an Fachkräften steigt stetig. Den derzeit größten Bedarf haben Energie- und Elektroberufe.

Mit den größten Engpässen haben die Energie- und Elektroberufe zu kämpfen, gefolgt von Jobs in der Maschinen- und Fahrzeugtechnik sowie den IT-Berufen.

Laut MINT-Report des Instituts der deutschen Wirtschaft (IW) ist der Fachkräftemangel in den MINT-Berufen, also in den Bereichen Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik, aktuell verheerender als in der Zeit vor Beginn der Coronapandemie. Im Oktober 2022, dem Zeitpunkt der letzten Erhebung, klaffte eine Lücke von 325 290 unbesetzten Stellen in MINT-Berufen. Etwa gleich viele Personen fehlten in den MINT-Facharbeiter- und MINT-Expertenberufen. Etwa 34 200 Stellen unter den Spezialisten- beziehungsweise Meister- und Technikerberufen blieben unbesetzt.

Mit den größten Engpässen haben die Energie- und Elektroberufe zu kämpfen, gefolgt von der Maschinen- und Fahrzeugtechnik sowie den IT-Berufen. Dieser Fachkräftemangel habe laut Handelsblatt zur Folge, dass die deutsche Wirtschaft die Themen Digitalisierung sowie Dekarbonisierung nicht vorantreiben kann. Das ist für die deutsche Wirtschaft eine schwierige Situation, schließlich steht sie vor einem fundamentalen Wandel. Für die Zukunftsfelder Digitalisierung und Dekarbonisierung brauchen die Unternehmen dringend qualifizierte Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter.

Aber was zeichnet einen guten Arbeitgeber aus? Was sind heute gute Arbeitsbedingungen? Welche Rolle spielen Geld, die Unternehmenskultur, Aufstiegschancen? Und ist der Job auch wirklich zukunftsfest? Wie kann man all diese Faktoren messen und bewerten?

Nach 2021 hat das Institut für Management- und Wirtschaftsforschung (IMWF) deshalb zum dritten Mal die MINT-Arbeitgeber des Jahres gekürt und die nachfolgende Liste für MIT Technology Review ermittelt. Zur Beantwortung der Fragen, was einen guten MINT-Arbeitgeber auszeichnet, setzt das IMWF auf das sogenannte „Social Listening“.

Unter diesem Schlagwort sind in den vergangenen Jahren eine Reihe von Tools entwickelt worden: Es geht darum, Daten aus Online-Quellen zu extrahieren und auszuwerten, um die Beliebtheit von Unternehmen, Marken oder Produkten zu ermitteln.

Wie hilft das, um die besten Arbeitgeber im MINT-Bereich zu finden? Wer in diesem Bereich einen Job sucht, so das IMWF, ist für diese Methode eine hervorragende Quelle. Denn er oder sie ist in der Regel in der vorteilhaften Situation, sich Arbeitgeber kritisch und sorgfältig aussuchen zu können. Für die Untersuchung wurden daher soziale Netzwerke, News-Sites, Foren und Job-Portale gescannt und ausgewertet. Dabei hat das IMWF rund 20 000 Unternehmen im Hinblick auf ihre Arbeitgeberattraktivität analysiert und bewertet. Die Bewertung entsteht auf Basis von zwei

Millionen Social-Media-Accounts von Unternehmen nach typischen Stichworten zu Digitalisierung, Künstlicher Intelligenz, Automatisierung, aber auch Gehalt, Lohnerhöhung, Arbeitsbedingungen oder Mitarbeiterorientierung. Hierbei kamen 438 Millionen Quellen zusammen. Insgesamt ergab dieser erste Durchlauf rund 1,5 Millionen Nennungen zu etwa 20 000 Unternehmen. Daraus ermittelten sie, welches Unternehmen erwähnt, welches Thema besprochen wird und welche Tonalität die Textfragmente aufweisen. Die Tonalität – positiv, neutral oder negativ – bewerten sie dann mit einer sogenannten Sentiment-Analyse.

Daraus ergeben sich für jedes Unternehmen und jeden Themenbereich zwei Werte: einer für die Tonalität und einer für die Reichweite des Unternehmens. Anschließend werden diese Werte zu einem ersten Punktewert verrechnet: Je reichweitenstärker ein Unternehmen ist, desto stärker wirkt sich die Tonalität aus, also ob die Kommunikation zu dem Unternehmen überwiegend positiv oder negativ ist. Um eine Vergleichbarkeit zu gewährleisten, wird dieser Wert schließlich über jeweils eine Branche normiert.

Das beste Unternehmen erhält 100 Punkte und bildet hiermit den Vergleichswert für alle anderen Unternehmen seiner Branche. Ein zweiter, ebenfalls über die Branche normierter Wert ergibt sich aus der Aktivität des jeweiligen Unternehmens auf einem MINT-Jobportal. Abschließend wurden beide Teilwerte zusammengezogen und wiederum auf den Besten einer Branche normiert. Eine Auszeichnung erhalten diejenigen Unternehmen, die mindestens 60 Punkte in der Gesamtwertung erreichen – das sind insgesamt 261 Unternehmen. In Branchen, in denen es nur einen Sieger mit 100 Punkten gibt, haben die Wettbewerber nicht den Wert von 60 überschritten.



Bereichen: zum einen die Sichtbarkeit und Reputation des Unternehmens im Internet und zum anderen die Aktivität und Bewertung auf dem Job-Markt.

In einem ersten Schritt scannten die Analysten dafür zunächst Zehntausende Online-Nachrichten und mehrere

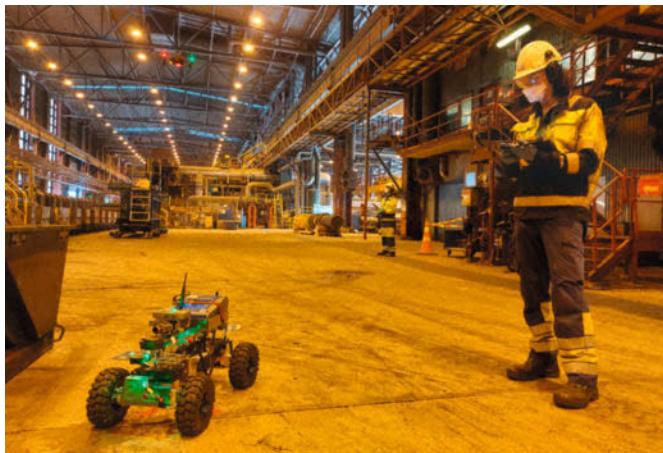
BAM: Zerstören, was man schützen möchte

Bundesunmittelbare, nicht rechtsfähige Anstalt des öffentlichen Rechts: Klingt langweilig? Zu Unrecht: Die BAM bietet spannende Arbeitsplätze.

BAM! Das klingt wie der Faustschlag in einem Superheldencomic. Und tatsächlich geht es in der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung mitunter ruppig zu. Die Behörde forscht, prüft und berät zum Schutz von Menschen und Umwelt und sorgt für einen sicheren Einsatz von Technik und Chemie im Alltag. Die „Festigkeitsversuche“ für Eisen und Stahl, mit denen die BAM 1871 begonnen hat, sind nur noch ein kleiner Teil des Aufgabenspektrums. 1600 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter beschäftigen sich heute

mit KI-Methoden für nachhaltiges Bauen, mit 3D-Druck, mit nachhaltigen Materialien für E-Auto-Akkus, der Standfestigkeit von Windkraftanlagen oder mit Pipelines für die Wasserstoffzukunft.

Die Mehrheit der BAM-Beschäftigten hat einen MINT-Hintergrund. Wer reinschnuppern möchte, findet ein großes Angebot an Themen für Abschluss- oder Promotionsarbeiten. Auch Chemielaboranten, Werkstoffprüferinnen, Elektroniker oder Fachinformatikerinnen bildet die BAM aus.



In einem finnischen Stahlwerk erstellt ein mobiler Bodenroboter zusammen mit Drohnen, stationären Sensoren und KI dreidimensionale Karten von Schadstoffverteilungen.

DEUTSCHLANDS BESTE MINT-ARBEITGEBER 2023

| Unternehmen | Punkte |
|---|--------|
| Aluminiumverarbeiter | |
| TRIMET | 100,0 |
| Novelis | 82,6 |
| Hydro | 61,7 |
| Automobilzulieferer | |
| <i>Stabilus, S. 98</i> | 100,0 |
| WITTE Automotive | 88,1 |
| Ferdinand Bilstein | 83,9 |
| EDAG | 83,6 |
| Kiekert | 78,9 |
| Martinrea Honsel | 78,6 |
| SHW | 77,3 |
| Bosch | 75,6 |
| Progress-Werk Oberkirch | 75,5 |
| Huf Hüsbeck & Fürst | 75,4 |
| ZF Friedrichshafen | 73,6 |
| Eibach | 69,5 |
| HELLA | 69,4 |
| HÖRMANN Gruppe | 61,3 |
| KOKI | 60,8 |
| Bausparkassen | |
| LBS Westdeutsche Landesbausparkasse | 100,0 |
| BKM - Bausparkasse Mainz | 84,3 |
| BHW Bausparkasse | 72,1 |
| LBS Berlin - Hannover | 66,7 |
| Baustoffe & -zubehöranbieter | |
| remmers | 100,0 |
| Bauder | 94,9 |
| PCI Augsburg | 90,2 |
| Saint-Gobain Austria - Isover | 88,6 |
| Adolf Würth | 88,5 |
| Holcim | 88,4 |
| Knauf Gruppe | 74,8 |
| CEMEX | 69,8 |
| Saint-Gobain Rigips | 66,1 |
| HeidelbergCement | 63,7 |
| Mako | 61,6 |
| Bauunternehmen | |
| <i>Goldbeck, S. 99</i> | 100,0 |
| STRABAG | 94,1 |
| Max Bögl | 85,6 |
| HOCHTIEF | 85,6 |
| Implenia | 84,9 |
| OTTO WULFF | 84,0 |
| PORR | 82,4 |
| Bremer Bau | 78,7 |
| Züblin | 77,3 |
| WOLFF & MÜLLER | 60,2 |
| Biotechnologieunternehmen | |
| Abbott | 100,0 |
| Evotec | 87,6 |
| Qiagen | 81,2 |
| MediGene | 65,3 |
| Chemieunternehmen | |
| MC-Bauchemie Müller | 100,0 |
| Covestro | 88,6 |
| Syngenta | 75,7 |
| Schirm | 74,7 |
| BÜFA | 67,3 |
| Solvay | 66,6 |
| Wacker Chemie | 65,9 |

GM.SH: Kirchen und Kugelschreiber

Bauen und Beschaffen: Dafür ist in Schleswig-Holstein die Gebäudemanagement Schleswig-Holstein zuständig. Neu im Aufgabenspektrum: der Klimaschutz.

Wer in Schleswig-Holstein ein Gebäude für Bund oder Land errichtet, kommt an der Gebäudemanagement Schleswig-Holstein AöR nicht vorbei. Sie baut und bewirtschaftet Kirchen oder Trainingseinrichtungen für Marinetaucher; auch wer in der Verwaltung ein Feuerwehrauto beschaffen möchte, ist bei der Behörde in Kiel richtig.

Von den rund 1700 Beschäftigten hat etwa die Hälfte einen MINT-Hintergrund. Die meisten sind Ingenieure, aber auch ohne Studium bietet die GM.SH interessante Perspektiven: Fast 170 Mitarbeitende sind Technikerinnen, technische Zeichner oder Informationstechniker. In den nächsten fünf Jahren werden al-

tersbedingt zwölf Prozent dieser Beschäftigten ausscheiden. „Um diese Lücke zu schließen, suchen wir nicht nur Fachkräfte aus dem MINT-Bereich, sondern verstärken auch unsere Ausbildungmaßnahmen für Nachwuchskräfte“, sagt Sprecherin Barbara Müller - vor allem in der technischen Gebäudeausrüstung und im Bauprojektmanagement.

Und in der IT-Abteilung, denn die Behörde sieht sich als Vorreiter bei der Digitalisierung. Mit ihrer e-Akte hat sie eine zentrale Anlaufstelle für alle Dokumente und Bedürfnisse der Mitarbeiterinnen – Home-Office inklusive. Barbara Müller: „Bei uns kann jeder dort arbeiten, wo er oder sie sich am wohlsten fühlt.“

DEUTSCHLANDS BESTE MINT-ARBEITGEBER 2023

| Unternehmen | Punkte |
|---|--------|
| Druckerhersteller | |
| Lexmark | 100, 0 |
| Canon | 87, 4 |
| Brother | 65, 0 |
| Elektrotechnikanbieter | |
| Hitachi | 100, 0 |
| Parker Hannifin Manufacturing | 84, 6 |
| Theben | 81, 1 |
| Sitte Elektrotechnik | 66, 1 |
| Energiedienstleister | |
| E. DIS | 100, 0 |
| Next Kraftwerke | 77, 3 |
| Facility Manager | |
| Gebäudemanagement Schleswig-Holstein GM.SH, S. 95 | 100, 0 |
| Klüh Service Management | 92, 3 |
| N-ERGIE Immobilien | 80, 4 |
| Beyersdorf Dienstleistungen | 78, 3 |
| Fahrzeugbauer | |
| Hako Gruppe | 100, 0 |
| Schmitz Cargobull | 65, 2 |
| Schneider Fahrzeugechnik | 64, 4 |
| Holzverarbeiter | |
| EGGER | 100, 0 |
| Pollmeier Massivholz | 90, 2 |
| Immobilienunternehmen | |
| Grand City Properties | 100, 0 |
| PATRIZIA | 91, 4 |
| DIC Asset | 83, 1 |
| LEG Immobilien | 76, 9 |
| BUWOG | 72, 0 |
| Strenger | 68, 9 |
| HAMBORNER REIT | 65, 0 |
| Deutsche EuroShop | 62, 6 |
| Schörghuber Stiftung | 60, 3 |
| Industriedienstleister | |
| Invenio | 100, 0 |
| Evonik Technology & Infrastructure | 71, 4 |
| Lebensmittelproduzenten | |
| Dr. August Oetker | 100, 0 |
| Stute Nahrungsmittelwerke | 84, 5 |
| Nestlé | 74, 9 |
| Lichttechnikanbieter | |
| Zumtobel | 100, 0 |
| TRILUX | 68, 4 |
| H. Waldmann | 66, 0 |
| Maschinen- & Anlagenbauunternehmen | |
| Pester Pac Automation, S. 100 | 100, 0 |
| GEMÜ Gebr. Müller Apparatebau | 96, 5 |
| Wolf | 94, 7 |
| Netzsch | 94, 1 |
| Dieffenbacher | 92, 1 |
| Schunk | 89, 5 |
| Schmid Group | 88, 2 |
| KUKA | 87, 8 |
| Flottweg | 85, 9 |
| Strama - MPS Maschinenbau | 85, 1 |
| DVS Technology Group | 83, 9 |
| Probat-Werke Von Gimborn | 83, 6 |
| Herbert Kannegger | 83, 5 |
| SMC Deutschland | 83, 5 |

Siedle: Wer steht vor der Tür?

Das SSS-Logo kennt vermutlich jeder, der schon mal an einer Haustüre eine Türsprechanlage benutzt hat.

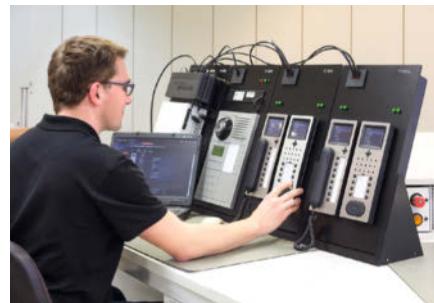
„Kompromisslose Qualität seit einem Vierteljahrtausend“: Das ist nicht etwa ein Vertipper eines Marketingpraktikanten – die S. Siedle & Söhne Telefon- und Telegrafenwerke OHG gibt es seit 1750. In Furtwangen im Schwarzwald wurden einst Glocken und Uhrenteile gegossen. 1935 entstand Portavox, der erste Türlautsprecher. Oder 1972 Video-Portavox, die erste Video-Türüberwachung mit Röhrenbildschirm. Der Anspruch: beste Technik zur Kommunikation in und am Haus.

Damit befindet sich Siedle im Wettbewerb um MINT-Talente vor allem im Bereich IT-Know-how. Etwa 290 Beschäftigte haben eine entsprechende Ausbildung. Großen Bedarf sieht Personalreferentin Bärbel Breisch künftig im Einkauf oder im Vertriebsaußendienst, wo neben technischem Verständnis auch kaufmännische Fähigkeiten notwendig seien. Außerdem Innovationsgeist und der Wille zu Veränderung. Dafür erhalten Siedleaner Raum, Zeit und Ressour-

cen, um an nachhaltigen Investitionsgütern mit hoher Qualität zu arbeiten.

Das Unternehmen ist stolz auf seine hohe soziale Verantwortung und Standorttreue. Heißt für Bewerber: Man sollte Berge mögen und sich vielleicht schon ein paar Langlaufski für schneereiche Winter anschaffen.

Ein angehender IT-Systemelektroniker trainiert den Umgang mit dem IP-Gebäudekommunikationssystem Siedle Access Professional.



DMK Deutsches Milchkontor: Mehr als Milch

Milch, Käse und Babynahrung: Das Deutsche Milchkontor macht alles aus Milch. Alles? Nicht ganz: Es stellt auch vegane Alternativen her.

Sagt Ihnen die DMK Deutsches Milchkontor GmbH etwas? Vermutlich nicht. Dabei begegnet Ihnen das Unternehmen aus Zeven in Niedersachsen bei jedem Supermarktbesuch. Marken wie Milram, Oldenburger oder Alete landen in vielen Einkaufswagen. „Wir versorgen Millionen von Menschen nachhaltig mit hochwertigen Nahrungsmitteln“ lautet das Credo

Im Produktionsprozess werden kontinuierlich Proben untersucht.



des Unternehmens, das 2011 aus einer Fusion von Humana und Nordmilch hervorgegangen ist. Dazu gehören inzwischen auch viele vegane Produkte,

Mit Wertschätzung, ganzheitlicher Entwicklung und transparenter Führung möchte das Unternehmen dem Fachkräftemangel entgegenwirken. Rund 70 Prozent der 7500 Mitarbeitenden haben einen MINT-Hintergrund. Sie arbeiten an 20 Standorten im Qualitätsmanagement, in der Forschung und Entwicklung, der Produktion und Technik, im Engineering oder in der IT. Eine Besonderheit sind milchwirtschaftliche Berufe wie Milchtechnologin oder Milchwirtschaftlicher Laborant, die auf dem Arbeitsmarkt kaum zu finden sind. Mit nachlassendem Bedarf rechnet Irina Appelhoff, Leiterin Recruiting und Employer Branding bei DMK, nicht. „Der Bedarf wird bleiben, sich aber durch vegane Produkte und zunehmende Digitalisierung etwas verlagern.“

Start-up

Entwicklungsingenieur (m/w/d)

igus:bike



Deine Aufgaben

- Weiterentwicklung unseres weltweit ersten Urban Bike aus recyceltem Kunststoff
- Konstruktion neuer Bauteile für unser igus:Bike
- Optimieren nach den Prinzipien: „Design for Manufacturing and Assembly (DFMA)“ / „Design to cost (DTC)“ / Erstellen von Wertstromanalysen
- Entwicklung von Berechnungsroutinen zur Auslegung von Gleitlageranwendungen
- Bewertung von etablierten Produkten, Prozessen und Methoden, Entwicklung von Optimierungen und Alternativen
- Durchführung von Verschleiß-, Bauteil- und Werkstoffprüfungen sowie Lastdatenermittlung und -analyse
- Entwicklung kundennaher Lösungen in enger Absprache mit dem Vertrieb

Dein Profil

- Abgeschlossenes Studium im Bereich Maschinenbau oder eine vergleichbare Ausbildung
- Erfahrung im Bereich der Konstruktion und Produktentwicklung von mechanischen Komponenten, Baugruppen und Gehäusen aus Metall und Kunststoff
- Spezifische Berufserfahrung in der Entwicklung polymerer Gleitwerkstoffe
- Kenntnisse in einem 3D-CAD-System (vorzugsweise Inventor + ProFile)
- Know-how in Fertigungsmethoden und Werkstoffen
- Starke Kommunikationsfähigkeit und Kreativität sowie eine hohe Kunden- sowie Ergebnisorientierung
- Ausgeprägtes Prozess- und Organisationstalent
- Gute Englischkenntnisse

Über uns

- 13 Gehälter und ein zusätzliches leistungsorientiertes Vergütungssystem
- Umfangreiche Sozialleistungen wie betriebliche Altersvorsorge und vermögenswirksame Leistungen
- Kostenfreie Verpflegung
- Fachliche und persönliche Weiterentwicklung im Rahmen unserer igus® Akademie
- Umfangreiches Einarbeitungsprogramm
- Flache Hierarchien sowie eine offene, persönliche Kommunikationskultur in einem familiären Arbeitsumfeld

- Stetig wachsender, innovativer „Hidden Champion“
- Hersteller von technischen Produkten aus Hochleistungskunststoffen, made in Germany, die in über 50 verschiedenen Branchen eingesetzt werden
- Der Hauptsitz ist in Köln, unsere 31 Niederlassungen weltweit
- 4.600 Mitarbeiter:innen kommunizieren unkompliziert und wirklich alle per Du
- Unser Motto ist: Technik verbessern, Kosten senken

igus®
motion plastics

© Copyright by Heise Medien.

Bewirb Dich jetzt bei igus®
Frau Bernadette Näger
bnaeger.ext@igus.net
+49 (0) 2203 9649-7317

DEUTSCHLANDS BESTE MINT-ARBEITGEBER 2023

| Unternehmen | Punkte |
|---|--------|
| Technotrans | 83,4 |
| Viega | 83,3 |
| HOMAG Group | 82,7 |
| Dürr | 81,3 |
| AL-KO | 80,3 |
| Bitzer | 79,4 |
| Boll & Kirch Filterbau | 79,2 |
| Grimme Landmaschinenfabrik | 78,5 |
| Arburg | 78,5 |
| Jungheinrich | 77,0 |
| Hosokawa Alpine | 76,9 |
| Aixtron | 76,9 |
| Karl Mayer Textilmaschinenfabrik | 76,5 |
| Beumer Maschinenfabrik | 75,8 |
| Von Ardenne Anlagentechnik | 75,8 |
| KONE | 75,7 |
| Pfeiffer Vacuum Technology | 75,2 |
| Brückner Maschinenbau | 72,6 |
| BV Beteiligung | 71,3 |
| Krones | 70,8 |
| Danfoss Power Solutions | 70,3 |
| LMT Leading Metalworking Technologies | 69,0 |
| Verwaltungsgesellschaft | |
| Crown Gabelstapler | 68,5 |
| DMG MORI | 68,3 |
| Rolls-Royce Power Systems | 68,3 |
| BOMAG | 68,1 |
| Busch-Holding | 67,7 |
| Körber | 67,6 |
| Sturm Holding | 67,5 |
| KAESER KOMPRESSOREN | 67,4 |
| Koenig & Bauer | 67,1 |
| Wirtgen Group Holding | 66,9 |
| Wirtgen | 65,2 |
| AVL Deutschland | 64,9 |
| MTU Aero Engines | 64,1 |
| Woodward Aken | 63,2 |
| Johannes Reifenhäuser Holding | 63,0 |
| Wittenstein Electronics | 60,9 |
| KSB | 60,2 |
| Gerhard Schubert | 60,1 |
| Schumag | 60,1 |
| Medizintechnikunternehmen | |
| Sarstedt | 100,0 |
| Richard Wolf | 88,7 |
| Eckert & Ziegler Strahlen- und Medizintechnik | 79,3 |
| Carl Zeiss Meditec | 78,1 |
| Fresenius | 71,9 |
| Heinen + Löwenstein | 68,1 |
| Erbe Elektromedizin | 65,2 |
| Sartorius | 62,2 |
| Messtechnikanbieter | |
| Bürkert | 100,0 |
| Endress+Hauser | 78,7 |
| Sauter | 72,0 |
| Rohde & Schwarz | 69,1 |
| PFISTERER | 64,4 |
| Metalverarbeiter | |
| OTTO FUCHS | 100,0 |
| KME Germany | 95,6 |

Meyer Burger: Alles für sauberen Sonnenstrom

Hinter den Solarzellen vieler Hersteller steckt Technik von Meyer Burger. Jetzt wagt der Pionier den nächsten Schritt: die Produktion eigener Module.

Die emissionsfreie Energiegewinnung aus Sonnenlicht hat sich Meyer Burger auf die Fahnen geschrieben. Gegründet 1953 als Hersteller von Maschinen für Fertigung von Uhrensteinen, entwickelt das Unternehmen in Thun in der Schweiz seit 40 Jahren das technologische Rückgrat für die Solarbranche. Die Mehrheit der weltweit produzierten PV-Module basiert auf Technologien, die bei Meyer Burger ihren Anfang nahmen. Seit 2019 stellt das Unternehmen nur noch eigene Solarzellen und -module her.

Mit neuen Hochleistungs-Solarzellen und -Modulen, basierend auf den

eigenen Technologien, möchte das Unternehmen den Markt aufmischen. Dazu baut Meyer Burger Produktionsstätten an verschiedenen Standorten in Deutschland auf und sucht dafür Fachkräfte, ebenso für die Entwicklungszentren in der Schweiz. Auf der Karriereseite fünfzig werden vor allem Bewerber mit klassischen industriellen Berufsbildern wie Elektriker oder Mechatronikerin, gebraucht werden jede Menge Ingenieure und Ingenieurinnen, aber auch Vertriebspersonal mit technischem Verständnis für verschiedene Länder in Europa wie Schweden oder Benelux.



Ein Kontrollblick auf die frisch hergestellten Module im Prüflabor des Solar-Spezialisten.

Stabilus: Weltmarktführer mit Bodenhaftung

Koblenz oder Korea: Stabilus-Mitarbeitende findet man in vielen Regionen der Welt. Alle eint ein starker Wertekanon.

Sie halten die Heckklappe des Autos und unterstützen die Höhenverstellung am Bürostuhl: Gasfedern und hydraulische Dämpfer. Auf vielen steht Stabilus. Das 1934 in Koblenz gegründete und heute weltweit präsente Unternehmen brachte den ersten Stabilisator für Autos auf den Markt. Ihm verdanken es Autofahrer bis heute, dass ein Fahrzeug sanft über Schlaglöcher gleitet und nicht hüpfst. Stabilus darf sich daher zu Recht „Weltmarktführer mit Bodenhaftung“ nennen.

Diese Bodenhaftung sollen auch die 6000 Mitarbeitenden spüren, von denen sich 60 Prozent MINT-Berufen zu rechnen lassen. Wer den Einstieg bei Sta-

bilus plant, muss sich zum Wertekanon des Unternehmens bekennen: CODE-S. Das S steht für Stabilus, CODE für die vier Kernwerte, Commitment (Aufgaben mit Feuer und Ehrgeiz angehen), Open (aufgeschlossen sein), Delight (mit Begeisterung arbeiten), und Ethical (verantwortlich handeln aus moralischer Überzeugung). Zugegeben: Ähnliche Ziele verfolgen auch viele andere Betriebe, aber Stabilus war hier Vorreiter. Auch Home-Office ist für Stabilus-Mitarbeitende in Deutschland ein alter Hut. Sie können bis zu 60 Prozent ihrer Arbeitszeit zu Hause oder an anderen Orten im Inland erbringen.

Im Oktober 2022 klaffte eine Lücke von 325 290 unbesetzten Stellen in MINT-Berufen.

Goldbeck: Bauen mit System

Wind, Regen, Staub – harte Arbeit für harte Männer: Solche Klischees treffen auf die Baubranche schon lange nicht mehr zu. Zumindest für Mitarbeitende bei Goldbeck.

Alle jammern über hohe Baukosten und Zinsen – kein Wunder, dass in Deutschland viel zu wenig gebaut wird. Aber vielleicht liegt es ja auch daran, dass Digitalisierung und Automatisierung für viele Baufirmen noch ein Fremdwort ist? Bei Goldbeck ist das anders. Das 1969 gegründete Unternehmen beschäftigt heute mehr als 11000 Mitarbeitende an 100 Standorten in Europa. Es ist Vorreiter bei systematisierten, digitalisierten und automatisierten Prozessen für den Bau und Betrieb von Schulen, Bürogebäuden und Parkhäusern. So hat Goldbeck ein Baukastensystem für Parkhäuser entwickelt, das im Vergleich zur herkömmlichen Bauweise mit Stahl-skelett und Ort beton 20 Prozent weniger CO₂ emittiert – gemessen über den gesamten Lebenszyklus von der Planung und dem Bau über den Betrieb bis zum Abbruch und Recycling des Parkhauses.

Eine weitere Hürde für mehr Neubauten ist der Fachkräftemangel. Wer

steht schon gerne bei Wind und Wetter auf der Baustelle? Dabei hat das Bild vom hart schuftenden Bauarbeiter wenig zu tun mit der Realität. Viele Arbeitsplätze sind hoch digitalisiert und erfordern entsprechend Fach-Know-how, das Bewerber an der Uni oder in einer Ausbildung im Betrieb erwerben können. Besonders gesucht sind neben klassischen Bauberufen Experten für Building Information Modeling, also das digitale Modellieren von Bau und Bewirtschaftung von Gebäuden.

Dafür bekommen Mitarbeitende einen Erfolgsbonus, großzügige Regelungen für Kinderbetreuung und Pflege und viele weitere Annehmlichkeiten sowie ein modulares Programm zur Einarbeitung. Frauen in der Baubranche? Auch da ist Goldbeck Vorreiter, etwa mit dem GoldbeckWomen-Netzwerk und einem Mentoringprogramm für weibliche Führungskräfte.



Goldbeck baut nach einem Baukastensystem und sucht vor allem Experten für das digitale Modellieren.

DEUTSCHLANDS BESTE MINT-ARBEITGEBER 2023

| Unternehmen | Punkte |
|---|--------|
| WieLand-Werke | 94,4 |
| Ceratizit | 92,6 |
| Diehl Gruppe | 91,2 |
| Walter | 61,6 |
| Enders Colzman | 61,1 |
| Molkereien | |
| Deutsches Milchkontor, S. 96 | 100,0 |
| Berchtesgadener Land | 96,3 |
| FrieslandCampina | 70,4 |
| Elsdorfer Molkerei und Feinkost | 63,7 |
| Netzbetreiber | |
| Westnetz | 100,0 |
| Open Grid Europe | 95,5 |
| LEW Verteilnetz | 79,7 |
| Netze BW | 71,5 |
| ONTRAS | 60,7 |
| Öffentlicher Dienst | |
| Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, S. 95 | 100,0 |
| DFS Deutsche Flugsicherung | 88,6 |
| Physikalisch-Technische Bundesanstalt | 78,4 |
| Kassenärztliche Vereinigung Hessen | 66,9 |
| Deutscher Wetterdienst | 66,8 |
| Bundesanstalt für Immobilienaufgaben | 61,9 |
| Öko-Strom-Anbieter | |
| Naturstrom | 100,0 |
| Statkraft | 89,8 |
| LichtBlick | 80,6 |
| Orsted | 64,7 |
| Pharmaunternehmen | |
| Grünenthal | 100,0 |
| Hermes Arzneimittel | 98,8 |
| MSD Sharp & Dohme GmbH | 90,6 |
| SALUS Haus Dr. med. Otto Greither | 89,8 |
| Engelhard Arzneimittel | 88,4 |
| Merck | 85,0 |
| Vetter | 84,6 |
| Teva | 80,4 |
| NextPharma | 79,2 |
| Boehringer Ingelheim | 76,5 |
| Roche | 74,4 |
| TAD Pharma | 73,8 |
| Bayer | 71,6 |
| Sandoz | 69,2 |
| Takeda | 68,6 |
| Aenova Group | 64,3 |
| AstraZeneca | 61,7 |
| Lilly Deutschland | 61,0 |
| Reifenhersteller | |
| Bridgestone | 100,0 |
| Michelin | 60,6 |
| Sicherheitstechnikanbieter | |
| deister electronic | 100,0 |
| Protection One | 70,3 |
| Smart-Home-Lösungsanbieter | |
| Siedle & Söhne, S. 96 | 100,0 |
| Bosch & Siemens Smart Home | 96,7 |
| Schwaiger | 80,9 |
| August | 76,6 |
| Loxone | 65,1 |

DEUTSCHLANDS BESTE MINT-ARBEITGEBER 2023

| Unternehmen | Punkte |
|---|--------|
| eO-3 | 64, 8 |
| Solartechnikanbieter | |
| Meyer Burger , S. 98 | 100, 0 |
| SOLARWATT | 66, 7 |
| SMA Solar Technology | 64, 0 |
| Spezialchemieunternehmen | |
| SGL Carbon | 100, 0 |
| EVONIK | 84, 1 |
| Sika | 75, 7 |
| Allessa | 75, 6 |
| LANXESS | 73, 8 |
| H+R | 70, 7 |
| Stahlunternehmen | |
| FERALPI STAHL | 100, 0 |
| Georg Fischer | 85, 9 |
| Saarstahl | 84, 5 |
| Mesa Parts | 75, 2 |
| STÜKEN | 72, 3 |
| Tata Steel | 71, 1 |
| Zapp | 67, 5 |
| BENTELER | 60, 7 |
| Technische Dienstleister | |
| BIRCO | 100, 0 |
| SPIE | 60, 4 |
| Technische Komponentenhersteller | |
| Johnson Controls | 100, 0 |
| Coroplast | 92, 8 |
| Vossloh | 90, 8 |
| E. G. O. | 83, 3 |
| Böllhoff | 80, 2 |
| Witzenmann | 71, 8 |
| Telekommunikationsanbieter | |
| AVM , S. 100 | 100, 0 |
| Vantage Towers | 90, 2 |
| Deutsche Glasfaser | 88, 8 |
| Telefónica | 84, 5 |
| M-net | 82, 3 |
| Verizon | 77, 7 |
| Freenet | 71, 9 |
| Komsa | 71, 1 |
| Verpackungshersteller | |
| DS Smith Packaging Deutschland Stiftung | 100, 0 |
| Gerresheimer | 83, 9 |
| Klöckner Pentaplast | 83, 0 |
| Schumacher Packaging | 66, 7 |
| GIZEH | 60, 7 |
| Wohnungsunternehmen | |
| Vonovia | 100, 0 |
| degewo | 79, 2 |
| Siedlungswerk | 71, 2 |
| Deutsche Wohnen | 68, 8 |
| Zertifizierer | |
| TÜV Süd Management Service | 100, 0 |
| Kiwa International Cert Zertifizierung | 89, 2 |
| Dekra Certification | 87, 1 |
| VDE Prüf- und Zertifizierungsinstitut | 77, 3 |
| DQS Medizinprodukte | 70, 3 |
| TÜV Austria | 69, 0 |
| TÜV Saarland Cert | 65, 6 |
| Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung | 62, 6 |

AVM: Alles für Fritz!

Die Fritz!box ist so etwas wie der Volksrouter der Deutschen. Den Erfolg verdankt Hersteller AVM vor allem den Menschen, die dort arbeiten.

Gibt es deutsche Haushalte, in denen keine Fritz!Box steht? Ja, aber viele sind es nicht. Über 70 Prozent beträgt der AVM-Marktanteil für Router mit Modem. Hinzu kommen noch Geräte, die AVM für Telekom oder 1&1 produziert, sowie WLAN-Repeater und diverses Smart-Home-Zubehör. Sie definieren den Stand der Technik bei der Heimvernetzung.

Das 1986 von vier Studierenden gegründete und damit für diese Branche schon steinalte Unternehmen pflegt sein Start-up-Feeling bis heute. Im Ausland sorgt der Name Fritz! für Augenzwinkern. Das Frettchen, das lange die

Verpackungen zierte, ist allerdings mittlerweile in den Ruhestand gegangen. Falls Sie schon immer wissen wollten, was AVM bedeutet: Audiovisuelles Marketing. Offenbar haben auch hippe Start-ups manchmal kreative Durchhänger.

Unter dem Motto „Bist Du Fritz! genug?“ sucht das Unternehmen IT-Spezialisten mit Hochschulabschluss, die die derzeit 880 Mitarbeitenden an der Spree in Berlin unterstützen. Neulinge können auf einer Spreefahrt netzwerken, beim Strandfest im Sommer chillen – und den obligatorischen Yogakurs und vergünstigte ÖPNV-Tickets gibt's natürlich auch.



Hochfrequenzmessungen an einer Fritzbox in einer abgeschirmten Funkmesskabine.

Pester PAC Automation: Gut verpackt

Hightech vor Alpenpanorama: Pester PAC Automation baut Maschinen zum Verpacken und Palettieren von Medikamenten.

Tabletten, Kapseln und Tinkturen müssen auf dem Weg zum Patienten gut geschützt sein. Dafür sorgt seit 45 Jahren Pester PAC Automation. Die Maschinen aus Wolfertschwenden im Allgäu verpacken Medikamente aller Art und sortieren sie in rasantem Tempo auf Paletten. Dass dabei nichts zu Bruch geht, dafür sorgt unter anderem eine neue Technologie zum automatischen Handling von Glasphiolen. Weil der Mensch stets das schwächste Glied ist, hat Pester eine Bedienschnittstelle für seine Maschinen entwickelt – mit Touchbedienung und 3D-Visualisierung der Anlage.

Nicht nur in diesem Ranking schneidet Pester PAC Automation spitze ab. Die Allgäuer haben in den letzten Jahren sämtliche Preise als bester Arbeitgeber abgeräumt. Vielleicht wegen der Kombination aus familiärem Miteinander, moderner Firmeninfrastruktur und Alpenblick? Viele der Mitarbeiterinnen haben einen technischen Hintergrund, wobei das Unternehmen stark auf die Ausbildung im Betrieb setzt. Studierende finden den Einstieg über Bachelor- und Masterarbeiten und können berufsbegleitend Betriebswirtschaft an der Hochschule Kempten studieren. ●

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

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

Redaktionsassistent: Carmen Lehmann

Mitarbeiter dieser Ausgabe: Hans Dorsch, Jessica Hamzelou, Julia Kloiber, Matthias Kreienbrink, Karsten Lemm, Jan Oliver Löfken, Jens Lubbadéh, Rohan Mehta, Christina Mikalo, Bernd Müller, Matthew Ponsford, Frank Puscher, Antonio Regalado, Kai Schwirzke, Veronika Szentpétery-Kessler, James Temple

Coverillustration: Matthias Timm

Infografiken: Vanessa Bahr, Matthias Timm, Daria Yelistratova

Fotoredaktion: Marei Stade (Ltg.), Lara Bögner

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

Hergestellt und produziert mit Xpublisher: www.xpublisher.com

Xpublisher-Technik: Kevin Harte, Thomas Kaltschmidt, Pascal Wissner

Verlag

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

Herausgeber: Christian Heise, Ansgar Heise

Geschäftsführung: Ansgar Heise, Beate Gerold

Mitglied der Geschäftslösung: 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/tr

Anzeigenpreise: Es gilt die Preisliste vom 1. Januar 2023

Leiter Vertrieb und Marketing: André Lux

Vertriebsabteilung: 0511/53 52-157 (Aboservice: 0541/8 00 09-120),

Vertrieb Einzelverkauf: VU Verlagsunion KG, Meßberg 1,

20086 Hamburg; Tel. 040/3019-1800, Fax: 040/3019-1451800;

E-Mail: info@verlagsunion.de, Internet: www.verlagsunion.de

Sonderdruck-Service: Julia Conrades

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

Aboservice

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

Abonnement-Preise

Standardabo inkl. Versandkosten: Inland € 88,00, Österreich € 96,80, Schweiz CHF 175,60, restl. Europa € 103,60, im restl. Ausland € 108,80; ermäßigt Abo für Auszubildende, Schüler und Studenten (gegen Vorlage eines Nachweises) inkl. Versandkosten: Inland € 51,60, Österreich € 56,80, Schweiz CHF 103,20, restl. Europa € 60,80, restl. Ausland € 63,60. Das Plus-Abonnement – inkl. Zugriff auf die App für iOS und Android, auf Heise Magazine (www.heise.de/magazine/tr) sowie das Artikel-Archiv von Technology Review kostet pro Jahr € 9,10 (Schweiz CHF 11,50) Aufpreis. Der Bezug der Zeitschrift Technology Review ist im Mitgliedsbeitrag des Verbandes BVIZ e.V., des hightech presseclub e.V. und des Vereins Munich Network e.V. enthalten. Für VDI-, VBIO-, VDE-, GI- (Gesellschaft für Informatik), bdvb e.V., /ch/open und JUG Switzerland-Mitglieder gilt ein ermäßigter Preis: Inland € 66,00, Österreich € 73,40, Schweiz CHF 131,70, restl. Europa € 77,70, im restl. Ausland € 81,60 gegen Vorlage eines schriftlichen Nachweises des Verbandes bzw. Vereins einmal pro Jahr. Eine Haftung für die Richtigkeit der Veröffentlichungen kann trotz sorgfältiger Prüfung durch die Redaktion vom Herausgeber nicht übernommen werden. Kein Teil dieser Publikation darf ohne ausdrückliche schriftliche Genehmigung des Verlags in irgendeiner Form reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet werden. Für unverlangt eingesandte Manuskripte kann keine Haftung übernommen werden.

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



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

Dass Straßen sich automatisch dem prognostizierten Verkehr anzupassen haben – und nicht umgekehrt die Verkehrsströme den Gegebenheiten des Straßennetzes –, ist eine politische Entscheidung, kein Naturgesetz.

Wolfgang Stieler, TR-Redakteur, über die Probleme der autozentrierten Verkehrsplanung (Seite 110)

Review

- 103 AUSPROBIERT • Das Speed-Pe(n)delec
- 104 HARDWARE • Shazam für Vögel • Wasserwaschanlage
- 108 MEDIEN • Mehr als nur Atome, Sabine Hossenfelder • Silo, Serie Apple TV+
- 110 MEINUNG • Weniger Technokratie wagen
- 114 DER FUTURIST • Tyrannie der Technik

Das Speed-Pe(n)delec

**S-Pedelec und Liegerad – diese Kombination ist einmalig.
Aber wo ist sie sinnvoll? Unser Autor testet drei Szenarien.**

Liegeräder sind bekannt für hervorragende Aerodynamik und bequeme Sitzposition. Kommt noch ein starker Motor dazu, der bis Tempo 45 unterstützt statt wie bei einem normalen Pedelec bis 25 km/h, klingt das nach einer spannenden Kombination. Das Speedmachine S-Pedelec von HP Velotech ist nach Angaben des Herstellers das erste Serienrad dieser Bauart mit europäischer Typgenehmigung. Doch damit sind auch Einschränkungen verbunden, denn laut Gesetz gelten S-Pedeles nicht als Fahrräder, sondern als Kleinkrafträder. Es gilt Helm-, Versicherungs- und Kennzeichenpflicht. Radwege und geöffnete Einbahnstraßen sind verboten. Wie alltagstauglich kann ein solches „Fahrrad“ dann überhaupt noch sein?

Zuerst fahre ich meine Kölner Rennradrunde: am Rhein entlang, wenig Verkehr, glatte Wege. Die Sitzposition der Speedmachine ist höher als erwartet, auf Augenhöhe mit einem VW Golf. Die Armhaltung ist erstaunlich entspannt. Auch anfahren ist gar nicht schwer: Ich nehme einen kleinen Gang, trete los und schon schiebt mich der Heckmotor an. Außerhalb der Stadt reicht sogar die Unterstützungsstufe 2 von 5 und mittelkräftiges Treten im hohen Gang, um den Top-Speed von 45 km/h zu halten.

Leider merke ich kurz nach dem Start, dass der Großteil meiner Strecke für das S-Pedelec tabu ist. Ich darf ja nicht auf Radwege. Zum Glück gibt es Naviki, eine Navigationsapp, die Routen für S-Pedeles planen kann. Die Alternative über Bundesstraßen statt Rheinradweg ist weit weniger beschaulich als meine Originalroute, aber immerhin: Schlaglöcher bügelt die Vollfederung glatt, und auf einer ruhigen Allee kommt fast Urlaubsstimmung auf – bis ein Golf-Fahrer überholt und mich anschreit, dass ich von der Straße runter soll.



Auf freier Strecke fühlt sich die Speedmachine am wohlsten.

Nächster Test: Stadtfahrt. Ich muss zur Bank. Mit einem normalen Fahrrad schlängele ich mich durch kleine Straßen, manchmal entgegen der Einbahnrichtung, in zehn Minuten dorthin. Mit dem S-Pedelec muss ich auf die vierstreifige Straße – und in den Stau. Ich brauche doppelt so lange und bin vom Stop-and-go genervt. Rechts vorbei an den Autos ist schwierig, wegen des breiten Außenspiegels. Auf dem Rückweg ignoriere ich die Kleinkraftradregeln und fahre auf dem gut ausgebauten Radweg an den Autos vorbei.

Zum Schluss das Szenario, für das S-Pedeles gemacht wurden: das Pendeln zur Arbeit. Fast 30 Prozent der Pendelstrecken in Deutschland liegen zwischen 10 und 25 Kilometern. Ich fahre also 25,6 Kilometer aus der Kölner Innenstadt hinaus nach Monheim zum Stand-

ort eines bekannten Chemieherstellers. Um selbst aktiv zu sein, wähle ich Unterstützungsstufe 2. Mitschwimmen im Verkehr klappt gut. Nach gut drei Kilometern Innenstadt fahre ich auf ruhigen Straßen mit 30 km/h Tempolimit. Ab Kilometer zehn geht es mehrspurig durch Industriegebiete und kleine Ortschaften. Dort gelten 50 oder 70 km/h, und die Autofahrer halten sich auch daran – vielleicht weil hier auch einige Motorroller unterwegs sind. Ich kann jedenfalls richtig Geschwindigkeit machen. Nach 58 Minuten stehe ich vor dem Werkstor. Unverschwitzt, aber, laut Fitness-App, mit einer durchschnittlichen Herzfrequenz von 120. Die Karten-App veranschlagt mit dem Auto inklusive Autobahn 30 Minuten. Der Akku ist noch halb voll, er reicht also für die Rückfahrt. Sogar ein Schlenker zum Supermarkt wäre noch drin.

Fazit: Das Speedmachine S-Pedelec ist eine echte Pendelmaschine. Wer sein Auto hauptsächlich nutzt, um zur Arbeit zu kommen, bekommt damit einen Grund, es abzuschaffen. Für Fahrten in der Stadt oder Freizeittouren auf Radwegen empfiehlt sich bei der aktuellen Gesetzeslage eher ein konventionelles Fahrrad oder E-Bike.



Hans Dorsch ist offen für alle Arten der pedalbetriebenen Fortbewegung: Seine persönliche Fahrradbiografie reicht vom BMX bis zum Lastendreirad – ein Liegerad durfte dabei natürlich nicht fehlen.

GARTEN

Intelligente Hindernisfahrt

Der Worx Landroid L1000 ist ein Mähroboter, der seine Bahnen nach dem Zufallsprinzip zieht und mit einer seitlich versetzten Messerscheibe ausgestattet ist, die sauber geschnittene Kanten hinterlässt. Was ihn besonders auszeichnet, ist die Möglichkeit von Sensor-Upgrades, die dem Gerät eine verbesserte Hinderniserkennung und andere intelligente Funktionen verleihen. Das Gerät verfügt über drei Fächer auf der Unterseite, in denen Erweiterungen Platz finden können.

Es gibt zwei Versionen des L1000, wobei das neuere Modell (WR147.E1) ein monochromes LC-Display und einen Drehdrücksteller für eine einfachere Bedienung bietet sowie eine selbstnivellierende Messerscheibe, die das Gras besonders bei unebenem Gelände schont.



Produkt: Worx Landroid L1000

Hersteller: Worx

Preis: 1449 Euro



Produkt:
Hydraloop
H300
Hersteller:
Hydraloop
Preis:
auf Anfrage



HAUSTECHNIK

Wasserwaschanlage

Durch den Ausfluss der Dusche, Badewanne und Waschmaschine fließt ein Großteil des Trinkwassers, das in einem Einfamilienhaus verbraucht wird. Dieses Grauwasser kann man mit dem Hydraloop H300 so aufarbeiten, dass es für die Toilette oder Waschmaschine wiederverwendet werden kann. Damit ließen sich nach Herstellerangaben bis zu 45 Prozent des Wasserverbrauchs sparen. Das Gerät hat ein Volumen von 300 Litern und kann 360 Liter Grauwasser am Tag reinigen. Die Wasseraufbereitung erfolgt vollautomatisch, ohne dass Filter ersetzt oder Chemikalien hinzugefügt werden müssen. Das gereinigte Wasser kann dann an unterschiedliche Abnehmer verteilt werden.

ELEKTRONIK

Heiße Spitz

Ein intelligenter Lötkolben ohne Station: Der Pinecil mit seinem schlanken Polycarbonat-Gehäuse wurde speziell für den mobilen Einsatz entwickelt. Bedient wird er über ein kleines Display sowie zwei Tasten. Die Einstech-Lötspitze wird mit zwei Schrauben fixiert und heizt innerhalb von zwölf Sekunden auf Betriebstemperatur. Die Elektronik dient vor allem der Steuerung der LötspitzenTemperatur. Es lassen sich Temperaturen zwischen 100 und 400 Grad Celsius einstellen. Die aktuelle Temperatur zeigt ein 0,69-Zoll-OLED-Display an. Legt man den Kolben ab, geht er automatisch in den Stand-by-Modus und senkt die Spitzentemperatur auf 150 Grad. Geladen wird er über einen USB-C-Port oder über eine Hohlbuchse.

Produkt: Pinecil
Hersteller: Pine64
Preis: ca. 80 Euro



Worx

Hydraloop

Fotos: Pine64

BIODIVERSITÄT

Shazam für Vögel

Es zwitschert, tschilpt und tiriliert in der Natur. Aber die Sänger dieses zauberhaften Chores sind – seien wir ehrlich – uns meist unbekannt. Wer gerne wissen möchte, wer dort gerade seine Stimme erhebt, kann sich jetzt von einer KI helfen lassen: Die Haikubox identifiziert Vogelarten anhand ihrer Gesänge – ähnlich wie die Musikerkennungsapp Shazam – und informiert einen sogar, wenn neue Solisten die Gartenbühne betreten.

Das Gerät selbst ist ein unauffälliger Kasten für die Wandmontage, der rund um die Uhr Vogelstimmen aufnimmt und an das Cornell Lab of Ornithology sendet. Über eine App für Android oder iOS lässt sich verfolgen, welche Vogelarten die Haikubox gehört hat. Die App liefert zudem Links zu weiteren Informationen über die identifizierten Arten.



Produkt:
Haikubox
Hersteller:
Haikubox, Cornell University
Preis: 399 Dollar
(incl. 5-Jahres-Abo)



Produkt:
RPT-02 SOL
Sport On-Ear Kopfhörer
Hersteller:
Adidas
Preis:
230 Euro



UNTERHALTUNGSELEKTRONIK

Selbstaufladende Kopfhörer

Unendliche Musik beim Sport verspricht Adidas den Trägern des On-Ear-Kopfhörers RPT-02 SOL – unendlich, weil sich die Akkus des Kopfhörers über eine Solarfolie im Bügel aufladen. Dass dieser ein Solarpanel ist, sieht man ihm nicht an. Nur der Schriftzug „Powerfoyle“ verrät, dass der zu 87 Prozent aus Recyclingkunststoff bestehende Kopfhörer Licht in etwa 80 Stunden Wiedergabezeit umwandelt – allerdings nur unter idealen Bedingungen.

Ansonsten ist der Kopfhörer auf intensiven Sport ausgelegt: Ohrpolster und Kopfbügelband sind waschbar und der Rest soll schweißresistent und spritzwassergeschützt sein.

ENERGIE

Akku für das Balkonkraftwerk

Für Balkonkraftwerke gilt im Kleinen das Gleiche wie für Dachanlagen im Großen: Wenn die Sonne über den Tag am meisten Energie erzeugt, ist der Eigenverbrauch in der Regel am niedrigsten. Für den Strom vom Dach bekommt man wenigstens noch eine Vergütung, der Strom vom Balkon ist verschenkt. Das Balkonkraftwerk Zendure SolarFlow schließt diese Lücke, indem es überschüssige Energie intelligent in Akkus speichert. Das soll nach Herstellerangaben die Stromrechnung um ein Drittel reduzieren können. Der SolarFlow ist mit einem universellen MC4-Schlauchdesign ausgestattet, das mit fast allen Solarmodulen und Mikrowechselrichtern kompatibel sein soll. Auf die Lithium-Eisenphosphat-Akkus gibt der Hersteller zehn Jahre Garantie und mit der Zendure AIoT-App kann der Energieverbrauch in Echtzeit überwacht und gesteuert werden.



Produkt:
SolarFlow
Hersteller:
Zendure
Preis:
ab 1343,70 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



35394 Gießen

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

Technologie- und Innovationszentrum Gießen GmbH

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

Tel.: +49 641 948226-0

Fax: +49 641 948226-29

E-Mail: info@tig-gmbh.de

www.tig-gmbh.de

Unser Service für Technologiepartner

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

POSTLEITZAHL 4



40225 Düsseldorf

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

POSTLEITZAHL 5



50829 Köln

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

POSTLEITZAHL 6



69120 Heidelberg

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

POSTLEITZAHL 8



86159 Augsburg

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

POSTLEITZAHL 9



91522 Ansbach

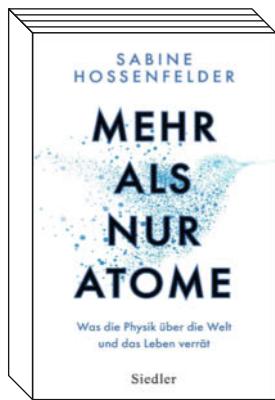
Umweltschutz/-technik, Technische Dienstleistungen, Informationstechnologie, Produktions- und Verfahrenstechnik
Technologie- und Innovationszentrum Ansbach
 Individueller Ausbau – Büros ab 16 m²
 Tel.: 0981 953838-0
 Fax: 0981 953838-38
 E-Mail: info@tiz-ansbach.de
www.tiz-ansbach.de

MIT Technology Review: Angebot für Technologiepartner

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

In ihrem neuen Buch schreibt Sabine Hossenfelder über existenzielle Fragen, an die sich Wissenschaftler normalerweise nicht herantrauen. – Wolfgang Stieler

Das Leben, das Universum und der ganze Rest



Sabine Hossenfelder:
Mehr als nur Atome: Was die Physik über die Welt und das Leben verrät,
Siedler, 320 Seiten, 26 Euro
(E-Book 19,99)

Existiert Zeit wirklich? Hat das Universum einen Anfang und ein Ende? Hat es gar ein Bewusstsein? Gibt es ein Leben nach dem Tod? In *Mehr als nur Atome* behandelt Sabine Hossenfelder Fragen, die normalerweise von Philosophen behandelt werden, Theologen oder Esoterikern – und nicht von theoretischen Physikerinnen. Und als wäre das nicht schon interessant genug, warnt sie im Vorwort, die Lektüre dieses Buches könne manche Menschen verunsichern. Denn sie kommt zu dem Schluss, dass „einige spirituelle Ideen völlig kompatibel mit der modernen Physik sind“.

Doch keine Angst, ganz so erschütternd ist das Buch dann doch nicht. Hossenfelder erklärt beispielsweise mit spielerischer Leichtigkeit, warum Vergangenheit und Zukunft nicht getrennt von der Gegenwart existieren. Physiker nennen das Konzept „Blockuniversum“. Beunruhigend wird die Sache eigentlich immer erst dann, wenn man darüber nachdenkt, was genau das bedeutet. Subjektiv erleben wir die Realität als eine Abfolge von Gegenwartsmomenten. Objektiv vergeht gar nichts.

Oder nehmen wir die Frage nach dem Anfang des Universums. Das muss doch einen Anfang gehabt haben, oder? Kann sein, sagt Hossenfelder. Aber wir wissen es nicht. „All diese Hypothesen über das frühe Universum – diejenigen, die ich aufgelistet habe, und viele andere mehr – (sind) reine Spekulation. Es handelt sich um moderne Schöpfungsmythen, geschrieben in der Sprache der Mathematik.“ Was umgekehrt bedeutet, dass sich auch religiöse Erzählungen von der Erschaffung des Universums weder belegen noch grundsätzlich verwerten lassen. Gleicher gilt für ein Leben nach dem Tod. Das ließe sich zwar mit der Realität von parallelen Universen

erklären – eine Theorie, die der Quantenmechanik nicht widerspricht – aber diese Erklärung ist „außerwissenschaftlich“, schreibt Hossenfelder. Man kann daran glauben oder auch nicht, es hat keine realen Auswirkungen.

Sicher, es gibt Passagen, in denen Hossenfelder unbedingt demonstrieren muss, wie klug und scharfsinnig sie doch ist – etwa in der Diskussion mit dem Quantenphysiker David Deutsch – und dabei vergisst, dass sie eigentlich Zusammenhänge erklären wollte, statt nur zu brillieren. Im Großen und Ganzen aber ist das Buch nicht nur spannend, sondern auch sehr wertvoll. Denn Sabine Hossenfelder schreibt nicht nur über Wissenschaft, sondern auch über deren Grenzen. „Es geht mir nicht darum, nett zu religiösen Menschen zu sein, allein um der Nettigkeit willen“, schreibt sie im Nachwort. „Zunächst einmal bin ich nicht gerade bekannt dafür, nett zu sein. Aber wichtiger ist, dass Wissenschaftler, die wie Stephen Hawking behaupten, dass ‚es keine Möglichkeit eines Schöpfers gibt‘ oder wie Victor Stenger, dass Gott eine ‚falsifizierte Hypothese‘ sei, damit lediglich zeigen, dass sie die Grenzen ihres eigenen Wissens nicht verstehen.“ Das trauen sich nicht viele.

Und „wenn das Universum nur eine Maschinerie ist, eine Menge von Differenzialgleichungen, die auf die Anfangsbedingungen einwirken, und wir nur ein kurzes Aufleuchten von Komplexität in einem gefühllosen Universum“, welchen Sinn hätte dann das Leben? Auf diese Frage, sagt sie, gäbe es keine allgemeingültige Antwort. Das müsse jeder für sich selbst herausfinden. Ihre eigene, subjektive Antwort besteht darin, zu fragen, zu versuchen, Dinge zu verstehen, und das so erworbene Wissen weiterzugeben. Die Idee gefällt mir.

SERIE

Tödliche Wahrheit

Mit der Serie *Silo* hat Apple TV+ Hugh Howeys dystopischen Roman mit viel Liebe zu einer Vorlage verfilmt, die lange als nicht verfilmbar galt. Starke Bilder und die nach jeder Episode nachwirkende, schwermütige Titelmusik erwecken die paradoxe Normalität von 10 000 Menschen in einem gewaltigen unterirdischen Betonbunker zum Leben.

Eine zentrale Wendeltreppe im Silo verbindet 144 Etagen: vom Ausblick in eine trostlose, giftige Außenwelt bis hinunter zum riesigen Generator. Alles wird recycelt, selbst die Toten düngen die Farmen. Wer Kinder will, hofft auf Losglück, um der Verhütungskapsel zu entkommen. Doch Fragen nach der Vergangenheit vor der Rebellion sind verboten, fast alle Spuren von ihr gelöscht. Die Geschichte dreht sich um Sheriff Becker, der die zentrale Regel des Silos bricht: Er will hinaus, wird zum „Reinigen“ rausgeschickt und stirbt – wie alle, die diesen Wunsch äußern – trotz Schutzzugang in Sichtweite der Außenkamera. Seine Nachfolgerin, die sicher ist, dass ihr Liebhaber ermordet wurde, sucht nach der Wahrheit. – Veronika Szentpétery-Kessler



Silo, Staffel 1,
Apple TV+, 2023



Esther Gonstalla:
Atlas eines bedrohten Planeten,
Oekom Verlag,
224 Seiten, 29 Euro
(PDF: 22,99 Euro)

UMWELT

Schlicht besticht

Der Untertitel von Esther Gonstallas neuestem Werk *Atlas eines bedrohten Planeten* ist selbstbewusst: 155 geniale Grafiken für alle, die die Welt retten wollen. Mit dem ersten Teil hat der Verlag zweifellos recht – die Grafiken, mit denen Gonstalla die vier Sphären der Erde, Atmo-, Hydro-, Anthropo- und Biosphäre, analysiert, sind genial. Sie fliegt die Betrachtenden mit ihren schlanken, stark reduzierten Zeichnungen von oben in das Thema hinein. Jede Sphäre hat ihre Farbe. Blau sind etwa die Seiten über die Hydrosphäre und die menschengemachten Einflüsse hält sie in Rot. So ist in jedem der vier Kapitel auf einen Blick zu erkennen, welche Rolle der Mensch spielt. Gewohnt genial ist auch Gonstallas Choreografie. Sie verbindet auf fast magische Weise Themen, die uns sonst nur isoliert im täglichen Informationsstrom begegnen.

Unrecht hat der Verlag allerdings mit dem zweiten Teil seines Untertitels. Das Buch ist nicht für alle, die die Welt retten wollen. Es ist für alle. Und ganz besonders für diejenigen, die sich noch schwer damit tun, die Komplexität unserer Erde zu verstehen. – Jo Schilling

KLASSIKER NEU GELESEN

Kulturevolution

Wer zu Konrad Lorenz' *Die Rückseite des Spiegels* greift und populärwissenschaftlich erzählte Geschichten über Verwandte des Gänsekindes Martina erwartet, wird sicher nicht über die ersten Seiten dieses Buches hinauskommen. Der österreichische Zoolo-ge, Mediziner (und Nobelpreisträger) gilt als Gründer der Tierpsychologie und ist mit seinen Gänsebeobachtungen zu einer Ikone der Verhaltensbiologie geworden.

Aber Lorenz gelang es im Laufe seines Forscherlebens, den Einfluss von Veran-lagung und Umwelt bei seinen Tierbeobachtungen immer feiner zu ziselieren und ge-geneinander abzugrenzen. Die Erkenntnisse, die er aus seinen Tierforschungen gewann, hat er in seinem – wie er selbst es bezeichnet – Hauptwerk 1973 zu dem *Versuch einer Naturgeschichte menschlichen Erkennens* aufgearbeitet.

„Für den Naturforscher ist der Mensch ein Lebewesen, das seine Eigenschaften und Leistungen, einschließlich seiner hohen Fähigkeiten des Erkennens, der Evolution verdankt, jenem äonenlangen Werdegang, in dessen Verlauf sich alle Organismen mit den Gegebenheiten der Wirklichkeit auseinandergesetzt – und wie wir zu sagen pflegen – an sie angepasst haben.“ Diese Prinzipien der Evolution hat Lorenz auf die Prinzipien der Erkenntnisgewinnung übertragen und führt seine Leserinnen und Leser über gut 330 Seiten in das Wesen unseres Geistes ein.

Er erklärt – anschaulich und teilweise humorvoll (wie man das von seinen popu-lärwissenschaftlichen Werken kennt) –, wie wir uns ein Bild von der Welt machen, wie Lernen funktioniert, dass unsere Kultur ein lebendes System ist, das der Evolution un-terliegt, welche Rolle die Jugend dabei spielt und was das mit der Bildung öffentlicher Meinung zu tun hat. „Wie alle lebenden Systeme, so ist auch der menschliche Geist und mit ihm die menschliche Kultur Störungen unterworfen. Beide können krank werden“, ist Lorenz überzeugt. „Es ist also nicht nur der Forscher, sondern auch der Arzt, der aus anderen Gründen, aber noch dringlicher die Forderung nach einem naturwissenschaft-lichen Menschenbild erhebt.“ – Jo Schilling



Konrad Lorenz:
Die Rückseite des Spiegels,
dtv, 345 Seiten,
antiquarisch

Weniger Technokratie wagen

Die Diskussion um Stadt- und Verkehrsplanung wird allzu oft von scheinbaren Sachzwängen bestimmt. Das kann sich nicht nur ändern. Das muss es auch.

Die Geschichte ist exemplarisch: Hannover verfügt, wie viele deutsche Großstädte, über einen Ring gut ausgebauter Schnellstraßen, der den Verkehr aus dem eigentlichen Zentrum der Stadt heraushalten soll. Weil die Stadt – auch das kein Einzelfall in Deutschland – nach dem Krieg nach dem Leitbild der „autogerechten Stadt“ wieder aufgebaut wurde, ziehen sich diese Schnellwege natürlich auch durch stadtnahe Naherholungsgebiete.

Und wie ebenfalls fast überall gibt es auf diesen Schnellwegen auch Brücken, die im Laufe der Jahrzehnte marode geworden sind und die saniert werden müssen. Im Zuge einer solch notwendigen Sanierung entschied das Land Niedersachsen vor einigen Jahren, gleich Nägel mit Köpfen zu machen und den Südschnellweg auf den „Stand der Technik“ zu bringen. Was bedeutet, dass die Strecke um zehn Meter verbreitert wird – auf Kosten des Naturschutzgebietes südliche Leinemarsch. Was folgte, war absehbar: Proteste, Demonstrationen, Baumbesetzungen – zeitweise fürchtete die Landesregierung unschöne Bilder wie in Lützerath und richtete einen runden Tisch mit Gegnern des Projektes ein. Der – wenig überraschend – natürlich ohne Ergebnis blieb. Denn die zuständige Landesbehörde für Straßenbau und Verkehr betonte, sie habe gar keine Möglichkeit gehabt, eine schmalere Straße zu planen.

Tatsächlich, so die Behörde, beruhe die Planung auf einer Verkehrsprognose. Die geht davon aus, dass 2030 rund 54 000 Fahrzeuge pro Tag auf dieser Strecke fahren werden. „Ausschließlich die

Die Prognosen gehen von steigenden Verkehrszahlen aus – also müssen mehr Straßen gebaut werden, die wiederum zu mehr Verkehr führen.

Ergebnisse einer Verkehrsprognose bestimmen den geeigneten Querschnitt und weitere zentrale Elemente der Planung, zum Beispiel den Schallschutz“, schreibt die Straßenbaubehörde auf ihrer Website. „Eine Verkehrsprognose ist das zentrale Kriterium der Infrastrukturplanung.“

Und genau das ist das Problem. Straßen werden nach Verkehrsprognosen geplant. Die Verkehrsprognosen gehen von steigenden Verkehrszahlen aus – also müssen mehr und breitere Straßen gebaut werden, die wiederum zu mehr Verkehr führen. Eine Art Perpetuum Mobile, das bestenfalls in den am Autoverkehr erstickenden Innenstädten zum Halten kommt. So oder so ähnlich läuft es jeden Tag, überall in Deutschland.

Da hilft es den Gegnern des Projektes auch nicht, dass im Falle des Südschnellweges die Verkehrszählung der Bundesanstalt für Straßenwesen den Prognosen widerspricht: 2021 wurden dort nämlich 42 600 Fahrzeuge am Tag gezählt, berichtete die *Hannoversche Allgemeine Zeitung*. Das sind sogar weniger als 2015, als noch 43 300 Fahrzeuge gezählt wurden.

Könnte man also nicht die Planung an die realen Zahlen anpassen? Nein, argumentiert die Behörde, denn Verkehrszählungen könnten aus einer Reihe von Gründen von den Prognosen abweichen – wegen Baustellen beispielsweise oder aufgrund von großflächigen Veränderungen des Mobilitätsverhaltens. Fun Fact: Beides traf in diesem Fall zu – die Planer haben an dieser Stelle sogar recht. Sowohl das verstärkte Homeoffice auf-



Rodungsarbeiten für die Verbreiterung des Südschnellwegs in Hannover.

grund von Corona als auch Bauarbeiten führen zu verringerten Verkehrsströmen auf der Strecke. Das alles würde aber nichts an der Richtigkeit der Prognosen ändern, sagt die Landesbehörde. Mit anderen Worten: Es kann sein, dass die Fakten zwischendurch mit der Prognose nicht übereinstimmen. Aber wenn die Lage sich wieder „normalisiert“ hat, fahren die Menschen wieder mit dem Auto. Immer mehr, immer weiter, immer schneller. Was denn sonst?

Also alles klar? Nein, aus dieser Diskussion lässt sich eine ganze Menge lernen – aber nicht im Sinne der klassischen Verkehrsplaner.

Erster Lerneffekt: Verkehr nimmt nicht automatisch zu. Ist die Kapazität von Straßen ausgelastet, fahren dort nicht immer mehr Autos. Wer oft genug im Stau gestanden hat, denkt über Alternativen nach.

Zweiter Lerneffekt: Vermeintlich objektive Sachzwänge beruhen auf Prämissen, die sich gerne im Kleingedruckten von Definitionen, Normen und Regelwerken verstecken. Dass Straßen sich automatisch dem prognostizierten Verkehr anzupassen haben – und nicht umgekehrt die Verkehrsströme den Gegebenheiten des Straßennetzes –, ist eine politische Entscheidung, kein Naturgesetz.

Die Verkehrsplaner wissen das sogar. Sie haben schon einen Fachbegriff dafür. Die klassische, bisher übliche Methode nennen sie „Predict and provide“. Möglich sei aber auch ein Umdenken – ein Ansatz, der „Decide and provide“ genannt wird. Er orientiert sich an einer politischen Vision und richtet Infrastrukturinvestitionen darauf aus, bestimmte politische Ziele umzusetzen.

Doch das erfordert zum einen das Vorhandensein solcher „politischen Ziele“ – jenseits des sich Durchwurschtelns und Einfach-immer-so-Weitermachens wie bisher. Es erfor-

dert Mut. Statt sich hinter scheinbar objektiven Sachzwängen zu verschanzen, müssten Politiker, die über die Gestaltung unseres Lebensumfeldes entscheiden, zu ihren Entscheidungen stehen. Es erfordert auch das aktive Einmischen der Zivilgesellschaft.

Die Konsequenzen aus dieser Debatte reichen noch viel weiter. Es wird nicht reichen, die Verkehrswende auf eine „Antriebswende“ zu reduzieren und Verbrenner durch E-Autos zu ersetzen. Auch immer mehr Elektroautos brauchen immer mehr Straßen. Es wird nicht reichen, Autos aus Innenstädten zu verbannen, wie das eine gut verdienende, urbane Mittelschicht vielerorts fordert. Damit werden Innenstädte nicht automatisch lebenswerter – schon gar nicht für sozial Schwache aus den Satellitenstädten. Es reicht auch nicht, Radschnellwege zu bauen, die Kinder und Alte nur unter Gefahr für Leib und Leben kreuzen können. Sich über die Zukunft der Mobilität Gedanken zu machen, bedeutet auch, darüber zu reden, wie wir leben wollen, – und nicht die Privilegien einer Bevölkerungsgruppe gegen die einer anderen zu ersetzen. So laut die auch sein mag.



Wolfgang Stieler, TR-Redakteur, fordert Mut zur politischen Entscheidung statt der Berufung auf Sachzwänge.

Ein Verbot von ChatGPT würde mehr schaden als nützen

Rohan Mehta war bis vor Kurzem noch Schüler an einer Highschool in Pennsylvania. Aus eigener Erfahrung sagt er: ChatGPT kann viel dazu beitragen, die Bildung zum Besseren zu verändern.

Die Freigabe von ChatGPT hat Schockwellen durch die Hallen der höheren Bildung geschickt. Doch der Gedanke an eine angemessene Reaktion auf diesen leistungsstarken Chatbot scheint in der Welt der Schulbildung kaum durchgedrungen zu sein. Anstelle von transparenten, klar definierten Erwartungen sehen sich Schüler an US-Highschools mit gesperrten KI-Websites konfrontiert, und in anderen Ländern der Welt wird über Verbote und Sanktionen diskutiert – oder die Existenz von ChatGPT vor lauter Überforderung schlicht ignoriert.

Das ist eine Schande. Würden sich Pädagogen aktiv mit den Schülern über die Möglichkeiten und Grenzen der Technologie austauschen und gemeinsam mit ihnen neue akademische Standards definieren, könnte ChatGPT – und generative KI im weiteren Sinne – die höhere Schulbildung in einem noch nie da gewesenen Ausmaß demokratisieren und neu beleben.

Eine gewagte Behauptung, ich weiß. Aber nach ein paar Monaten, in denen ich generative KI getestet habe, bin ich überzeugt davon: Jeder, der über einen Internetanschluss verfügt, hat jetzt einen persönlichen Tutor, und zwar, ohne die nicht unerheblichen Kosten für private Nachhilfe tragen zu müssen. Sicher, ein leicht zu täuschender, leicht wahnhafter Tutor, aber dennoch ein Tutor. Die Auswirkungen, die das haben könnte, können gar nicht hoch genug eingeschätzt werden. Sie sind besonders in großen Schulklassen, in denen die Schüler kaum individuelle Betreuung erhalten, relevant.

ChatGPT kann sicherlich keine menschliche Interaktion nachbilden, aber selbst seine schärfsten Kritiker müssen zugeben, dass es in dieser Hinsicht ein Schritt in die richtige Richtung ist. Vielleicht wird nur ein Prozent der Schüler und Schülerinnen ChatGPT als Nachhilfelehrer nutzen, und vielleicht ist es nur halb so effektiv wie ein menschlicher Tutor, aber selbst mit diesen niedrigen Zahlen ist das Potenzial für eine Demokratisierung der Bildung enorm.

Natürlich protestieren diejenigen, die ChatGPT als das Ende des kritischen Denkens bezeichnen, wahrscheinlich mit dem Argument, dass der Bot die Faulheit, die viele Schüler im Laufe der Pandemie entwickelt haben, nur noch verschlimmert. Ich kenne all die Tipps und Tricks, die wir Schüler und

Schülerinnen regelmäßig anwenden, um zu wissen, dass die Sorge berechtigt ist. Aber man sollte der Sorge nicht begegnen, indem man ChatGPT einfach wie die neueste in einer langen Reihe von technologischen Revolutionen im Klassenzimmer – vom Taschenrechner bis zum Internet – behandelt und schlicht verbietet.

Abgesehen davon hat ChatGPT im Klassenzimmer genauso viel Potenzial, wie zur Verbesserung der individuellen Lernleistungen beizutragen: Pädagogen können sich etwa ChatGPTs Tendenz zum Verfälschen, Falschzuordnen und Lügen zunutze machen, um ihren Schülern etwas über Desinformation beizubringen.

Stellen Sie sich vor, ChatGPT würde Aufsätze verfassen, in denen sich subtile logische Fehler verbergen, oder wissenschaftliche Erklärungen vorschlagen, die fast, aber nicht ganz richtig sind. Zu lernen, zwischen diesen überzeugenden Fehlern und der richtigen Antwort unterscheiden zu können, ist das Ziel allen kritischen Denkens, und diese neue Art akademischer Aufgaben würde die Schüler auf eine Welt vorbereiten, in der es von politisch korrekter Zensur bis zu Deepfakes alles gibt.

Hier ist also mein Appell an die Regierenden: Der Weg in die Zukunft beginnt damit, dass Sie den Schülerinnen und Schülern zutrauen, mit dem Tool zu experimentieren, und sie anleiten, wie, wann und wo sie es nutzen können, statt es zu verbieten oder zu ignorieren.



Rohan Mehta ist ehemaliger Oberstufenschüler an der Moravian Academy in Bethlehem, Pennsylvania. Seit Kurzem studiert er am California Institute of Technology.

KÜNSTLICHE INTELLIGENZ

Ein Bot ist kein Ersatz für eine durchdachte Webseite

Kürzlich wollte ich beim Reiseportal Expedia eine Hotelbuchung ändern. Leider ging das nur über einen Chatbot. Dieser fragte mich nach meiner Buchungsnummer und anderen Details, dabei war ich bereits eingeloggt und hatte nur diese eine Buchung offen. Dem Bot zu erklären, was ich will, und dabei ständig zwischen verschiedenen Fenstern hin und her wechseln zu müssen, war ziemlich nervig. Dabei handelte es sich um einen ganz gewöhnlichen Vorgang, für den es eine ganz gewöhnliche Prozedur gibt: Ich logge mich ein, sehe eine Übersicht über meine Buchungen, klicke sie an und ändere sie.

Dass solche schlichten Prozesse an einen debilen Bot delegiert werden, beobachte ich in der letzten Zeit häufiger. Das ist ein Unding. Und ich fürchte, die neuen Sprachmodelle wie ChatGPT verstärken diesen Trend noch. Mag sein, dass die Anbieter das ernsthaft für benutzerfreundlicher halten. Mag sein, dass sie hip und modern rüberkommen wollen. Mein Verdacht ist aber, dass es für sie schlicht bequemer und billiger ist, einen Chatbot aufzusetzen als eine durchdachte Webseite mit gradliniger Benutzerführung.

Selbst wenn Bots deutlich klüger und besser eingebunden wären als bei Expedia, sind sie kein Ersatz für eine klassische Selfservice-Webseite – zumindest, wenn es den Anbietern um Kundenfreundlichkeit geht. Bei Routineprozessen dürfte es auch bei noch so intelligenten Assistenten stets länger dauern, ihnen ein Anliegen vorzutragen, als es mit zwei, drei Klicks selbst zu erledigen. Erst bei komplizierteren Spezialfällen mögen Bots ihre Berechtigung haben.



Gregor Honsel, TR-Redakteur, mag Chatbots – wenn sie richtig eingesetzt werden.

**ICH WARTE NICHT AUF UPDATES.
ICH PROGRAMMIERE SIE.**



40%
Rabatt!



c't MINIABO PLUS AUF EINEN BLICK:

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

Jetzt bestellen:

ct.de/angebotplus



Tyrannie der Technik

„David, mir reicht's!“ – Widerwillig blickte er von seinem Smartphone auf. „Was ist denn?“

Eva sah ihn wütend an. Sie trug ihren Bikini und hatte die Strandmatte unter dem Arm. „Wir sind im Urlaub! Und du schaust die ganze Zeit nur auf dein blödes Smartphone!“

„Aber ich wollte doch nur ganz kurz ...“

„Jaja, du wolltest nur ganz kurz deine Mails checken. Dann noch ganz kurz deine Aktien. Dann dein Insta. Merkst du eigentlich nicht, wie süchtig du nach diesem Ding bist?“

Er? Süchtig?

„Vergiss die ScreenTime-Beschränker“, sagte Andi, den er nach dem Urlaub um Rat fragte. „Die bringen nichts. Ich weiß, was du brauchst: Dieses krasse Smartband, das dir Stromstöße verpasst, wenn du zu lange surfst. War ein Kickstarter-Projekt, schon ein paar Jahre her ...“

„Stromstöße?“, fragte David skeptisch. „Aber tut das nicht weh?“

„Ja, natürlich tut das weh. Das ist ja genau das Ziel. Man bekommt schlechtes Verhalten abtrainiert. Ganz nach Pavlov-Art. Jetzt weiß ich auch wieder, wie es heißt: Pavlok.“ Andi hielt sein Smartphone hoch. „Ich jedenfalls bin geheilt. Kein Twitter, kein Insta, keine Mails mehr. Ich telefoniere nur noch und navigiere damit.“

Auf der Webseite von „Pavlok“ sah David, dass es mittlerweile ein neues Smartband mit integrierter KI gab. Die „Pavlok Shock Clock“ war nur unwesentlich teurer als das Modell, von dem Andi erzählt hatte, und sie versprach, aus einem einen besseren Menschen zu machen. Besonders praktisch: Sie lud sich über Solar und Körperbewegungen auf und musste nie ans Ladekabel. David überlegte nicht lange und bestellte.

„Früher hattest du bestimmt schon fünfmal deine E-Mails gecheckt“, sagte Eva zwei Wochen später anerkennend. Sie saßen bei ihrem Lieblingsitaliener, mehr als drei Stunden waren vergangen und sein Smartphone lag unberührt vor ihm auf dem Tisch.

Nach nur drei Tagen hatte er sich das permanente Mail-Checken abgewöhnt. Die Stromstöße waren zu schmerhaft gewesen. Doch es hatte ja sein Gutes. Auch der Gang zum Süßigkeitenregal war nun Vergangenheit, ebenso die Zigaretten und das regelmäßige Glas Wein am Abend.

„Du bist wirklich ein neuer Mensch. Ich bin begeistert!“ Eva beugte sich vor und küsste ihn innig auf den Mund.

„Aua!“

„Was ist?“, fragte sie erstaunt und ließ von ihm ab.

„Ich habe einen Stromstoß bekommen!“

Was war los? Er hatte doch nichts Verbotenes getan? Schnell rief er die Pavlok-App auf. „Gesundheitsgefahr erkannt: inkompatibler Kontakt. Bitte auf Distanz gehen.“

Verwirrt blickte er auf das Display, dann zu Eva. Der nächste Stromstoß folgte.

„Die Uhr will nicht, dass ich mit dir zusammen bin“, sagte er verwirrt.

„Wie bitte? Dann zieh sie eben aus.“

Als er versuchte, das Armband zu öffnen, folgte eine Salve heftiger Elektroschocks. Wieder schrie er auf. Die App zeigte an: „Unautorisierte Öffnungsversuch“.

Fieberhaft dachte er nach. Der Akku! Er musste ihn irgendwie entladen und dann das Armband aufschneiden. Nur so würde er der Tyrannie der Uhr entkommen können. Aber das würde kein einfaches Unterfangen werden.

Er kaufte sich ein Dutzend seiner Lieblingskekse. Dann ging er nach Hause. Er dunkelte alle Fenster ab. Neben das Bett stellte er mehrere Eimer für seine Notdurft, alle Wasserkästen aus dem Vorratsraum und die Kekspackungen. Dann legte er sich hin.

Die regelmäßigen Stromstöße, die ihn daran erinnerten, sich mehr zu bewegen und weniger Kekse zu essen, ertrug er stoisch. Irgendwann war der Akku leer. Es war vorbei.

Das Erste, was er tat, war, sich eine Zigarette anzustecken. Danach checkte er seine Mails. – Jens Lubbadeh



SPRECHEN Wir schreiben Zukunft.

Hören Sie die MIT Technology Review als Podcast.

Unsere Podcast-Formate:

Weekly

Einmal in der Woche ordnen wir Nachrichten aus den Bereichen Wissenschaft und Technik ein. Was sind echte technische Durchbrüche und was nur Hype?

Deep Dive

Richtig tief abtauchen in ein Thema kannst du in unserem monatlichen Fach-Podcast, in dem die Redaktion ein Thema aus der aktuellen Ausgabe mit einem Guest genauer beleuchtet.

Unscripted

Chefredakteur Luca Caracciolo interviewt einmal im Monat spannende Persönlichkeiten aus Wissenschaft, Technologie und Gesellschaft. Wie ticken die Menschen, die unsere Welt und ihre Krisen erforschen?



Jetzt reinhören:
technology-review.de/podcast

09. + 10. November 2023 HALLE 45, Mainz

Das Event für IT im Mittelstand

Gemeinsam für die Digitalisierung



Jetzt
Ticket sichern!

499 € statt 549 €
Gültig bis 09.08.2023

Aktionscode:
MTXX23TR2906

Rabatt nicht kombinierbar

MITEXX Top-Themen 2023

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

MiTEXX

www.mitexx.de

powered by  DILK

Ein Angebot von

FLEET Events
CONSUMERS BUSINESS

ct magazin für
computer
technik

MBmedien
Group GmbH

Partner 2023

© Copyright by Heise Medien.

SD LOW CODE
TECHNOLOGIE
EXPERTEN

box **kaspersky** **ninjaOne** **outsystems**
TOPdesk **veeAM**