

7/2024

Energie

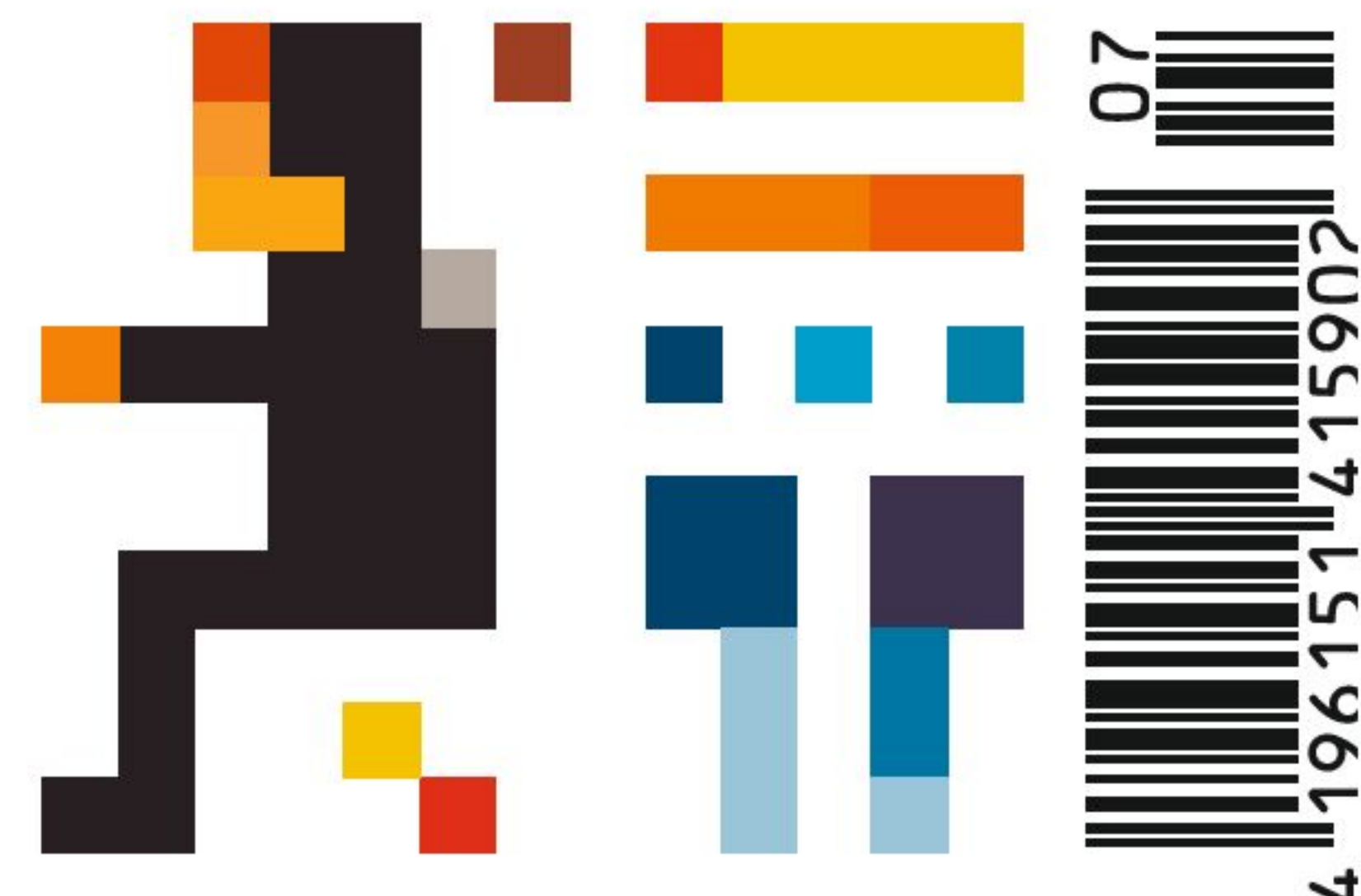
Solarstrom vom Berggipfel

Biotech

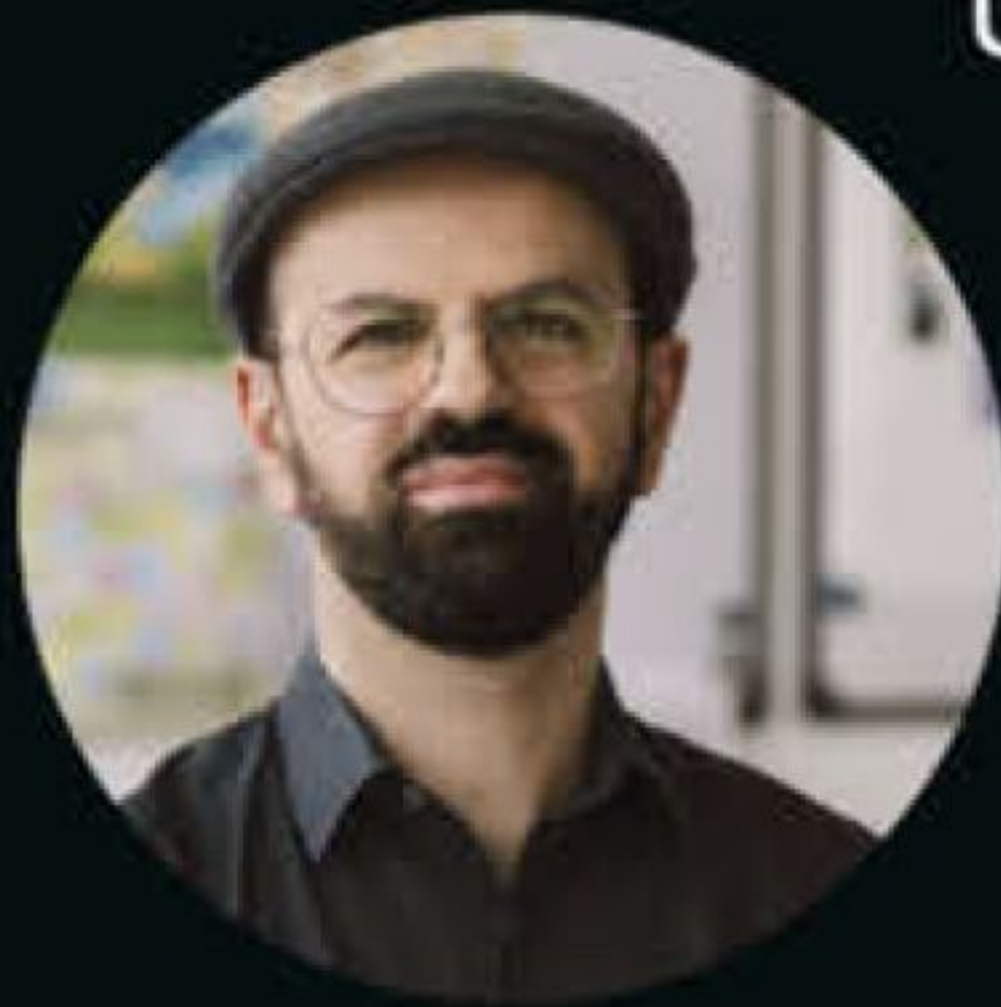
Chips statt Tierversuche



Schlechte Gamification nervt: Wie Spielen uns bei Arbeit und Lernen wirklich hilft



Wir schreiben Zukunft. Auch im Newsletter



Jeden Freitag erhältst du eine Übersicht der wichtigsten Themen aus der Wissenschaft- und Tech-Welt – kuratiert und bewertet von TR-Chiefredakteur Luca Caracciolo.



Jetzt abonnieren:
technology-review.de/newsletter

Liebe Leserinnen und Leser,



Spielen ist eine urmenschliche Eigenschaft. Friedrich Schiller hat gesagt: „Der Mensch spielt nur, wo er in voller Bedeutung des Wortes Mensch ist, und er ist nur da ganz Mensch, wo er spielt.“ Für ihn bedeutete Spielen ein Handeln frei von Notwendigkeit und Pflicht. Unser Alltag ist meist das Gegenteil: Pflichten, Regeln und Strukturen prägen unser tägliches Tun.

Die Frage ist, ob uns als Erwachsene diese besondere Fähigkeit verloren gegangen ist, die wir als Kinder beherrscht haben: über das Spiel zu lernen und eine Haltung zur Welt zu entwickeln.

Die Idee, mehr spielerische Elemente in unser erwachsenes Leben zu bringen, hat die Digital-Branche in den vergangenen 15 Jahren umgetrieben: Unter dem Schlagwort „Gamification“ haben App-Entwickler:innen und Dienstleister verschiedenster Couleur Mechaniken aus Videospielen wie Erfahrungspunkte, Level und Badges integriert. Gut funktioniert hat das aber nicht gerade, weil diese Art der Einbindung vor allem die extrinsische Motivation fördert (Seite 20).

Was aber tun, um Menschen über echtes Spiel stärker intrinsisch zu motivieren? Gibt es Wege, spielerische Elemente zu nutzen, um Kreativität zu fördern und besser zu lernen? Durchaus, dabei ergibt sich aber eine Diskrepanz zwischen verschiedenen Disziplinen. Zugespitzt: Während Pädagogen und Pädagoginnen dazu tendieren, Lernspiele zu

entwickeln, die langweilig sind, achten konventionelle Spieleentwickler:innen zu wenig auf Lerninhalte. Was könnte ein guter Mittelweg sein (Seite 14)?

Dabei brauchen wir Kreativität mehr denn je – vor allem in der heutigen Wirtschaftswelt gilt es, täglich neue Herausforderungen und Krisen zu meistern. Der Businessphilosoph Gunter Dueck unterstreicht, dass unsere Arbeitskultur mittlerweile sehr stark darauf ausgelegt ist, alles Mögliche zu messen und zu quantifizieren. „Das tötet die Kreativität“, sagt er (Seite 42).

Selbst Videospiele haben lange Zeit auf starre Pfade gesetzt, um ihre Spieler:innen zu unterhalten. Allen voran NPCs, also die computergesteuerten Figuren in Spielen. Sie haben sich im Grunde seit Bestehen des Mediums nicht wirklich weiterentwickelt. Vorgefertigte Dialoge und Handlungen sind selbst bei großen Produktionen bis heute der Standard. Hoffnung auf kreativere NPCs und somit auch auf kreativere Games machen neue Ansätze, die auf generative KI setzen (Seite 28).

Ich wünsche viel Spaß beim Lesen!

Ihr
Luca Caracciolo

A handwritten signature in black ink, reading "Luca Caracciolo".

@papierjunge



LEVEL UP! • Punkte, Level, Missionen, Abzeichen, Bestenlisten – Gamification hält nicht, was sie verspricht. Was uns wirklich bei der Arbeit und beim Lernen hilft (Seite 14)

- 3 **Editorial**
- 6 **Bild des Monats**
Würfel für Extreme

UPDATE

- 8 **Logistik**
Die Straßenbahn bringt Pakete
- 10 **Infektionskrankheiten**
Die internationale Mpox-Lage
- 11 **Biotechnologie**
Zucker als Haarwuchsmittel

TITEL

- 14 **Level up!**
Wie Spielen uns bei Arbeit und Lernen wirklich hilft
- 20 **Gamification**
Warum das Konzept nur bedingt funktioniert



Podcast
Die US-Zulassungsbehörde FDA verlangt seit 2022 keine Tierversuche mehr für Medikamentenzulassungen. Experte Horst Spielmann über Alternativen zu Tierversuchen in Deutschland und Europa

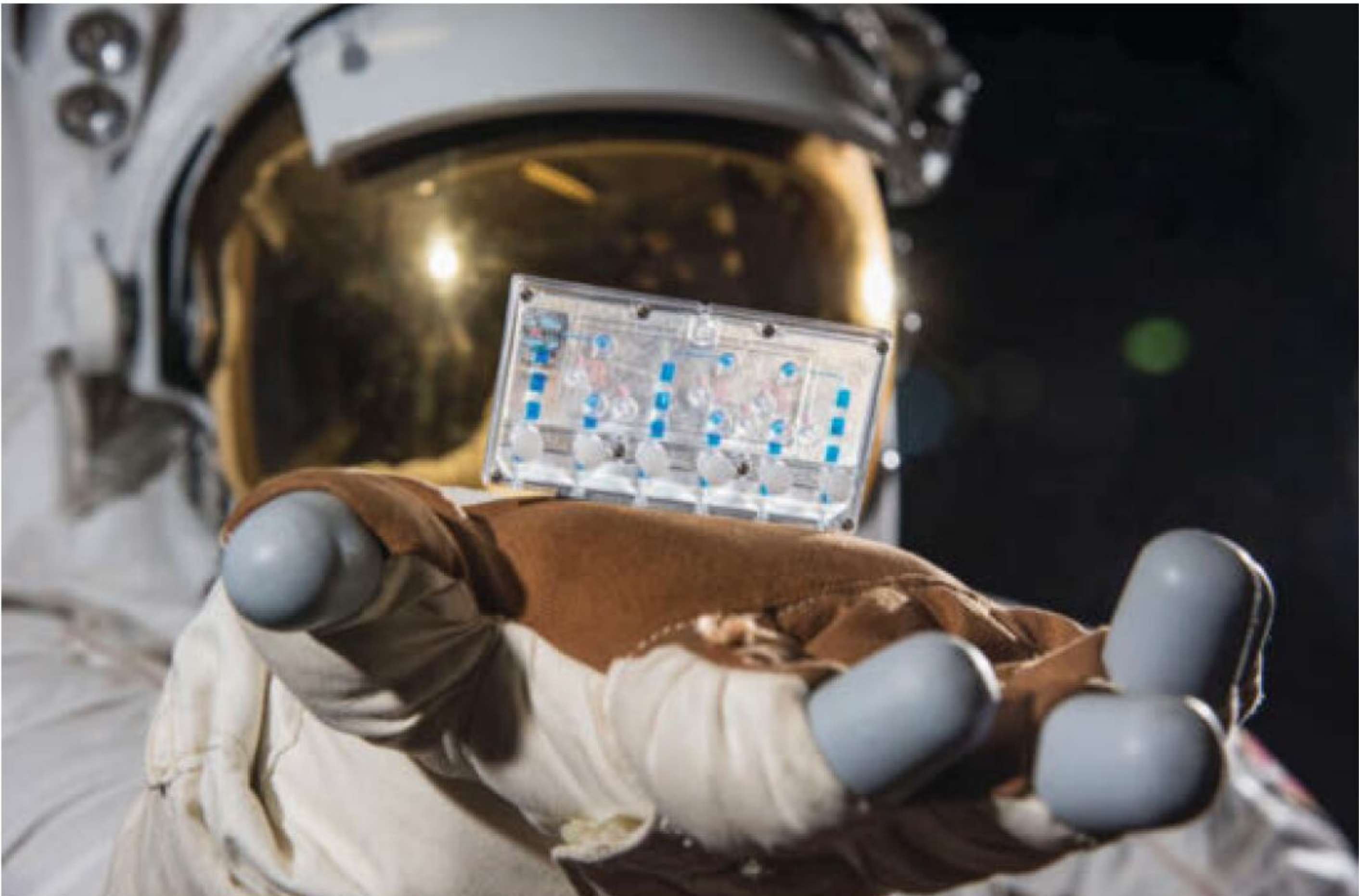


- 26 **Forschung**
Lego fürs Labor
- 28 **Games**
KI-gesteuerte Nicht-Spieler-Charaktere erwachen zum Leben
- 34 **Sprachmodelle**
Die Zukunft der Computerspiele liegt in der Vergangenheit
- 38 **Künstliche Intelligenz**
Upgrade für die Spieleentwicklung
- 42 **Management**
Businessphilosoph Gunter Dueck über die Vorteile der Wir-Kultur
- 46 **Gesellschaft**
Brettspiele ums Klima

REPORT

- 49 **Kolumne**
KI made in Germany?
- 50 **Materialien**
Künstliche Diamanten für die Zukunft
- 56 **Biotechnologie**
Chips statt Tierversuche

BIOTECHNOLOGIE • Auf einem Organ-on-a-Chip-System reisen Herzzellen ins All, um Alterungsprozesse zu untersuchen, ohne Tiere dafür zu benutzen (Seite 56)



„All the boys ate a fish.“

Diesen Satz spricht Melissa Heikkilä ins Mikrofon, um alle ihre Mundbewegungen zur Bildung von Vokalen und Konsonanten auf ihren Synthesia-Avatar zu übertragen (Seite 78)



PHOTOVOLTAIK • An Schweizer Berghängen sollen Solarkraftwerke errichtet werden, um die energetische Winterlücke zu schließen (Seite 70)

- 61 Jubiläum**
Zwei Flugzeuge flogen um die Welt
- 62 Kunst und KI**
Ein Gesicht für Algorithmen
- 68 Experte in 5 Minuten**
Die dunkle Seite des Goldes
- 70 Solarparks**
Strom vom Gipfel
- 74 Deepfakes**
Lebensechte Avatare
- 81 Déjà-vu**
Der Anschein von Intelligenz

Foto: © ZHAW Wädenswil

Foto: NASA Photo / Josh Valcarcel

82 Kommunikation

Die Rohrpost lebt

86 Gesellschaft

Hightech-Schuhe spalten den Sport

REVIEW

95 Ausprobiert

Mit dem E-Motorrad auf Reisen

96 Hardware

Software statt Schaltung fürs Rad, ein Urinsensor und eine Wanderhose mit Motor

100 Medien

Podcast *Hot Girls Code*, *Der Klima-Atlas*, L. Neubauer, C. Endt, O. Häntzsche

102 Meinung Wahlen

Der Einfluss von KI ist überschätzt

104 Meinung Verkehr

Weniger Dienstwagen wagen

RUBRIK

98 Technologiezentren

105 Impressum

106 Der Futurist



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

„Diamanten-Qubits haben den Vorteil, dass sie bei Raumtemperatur funktionieren.“

Robert Axmann vom Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt über erste Quantenrechner, deren Qubits durch Stickstoff-Fehlstellen in künstlichen Diamanten erzeugt werden (Seite 55)

BILD DES MONATS

Würfel für Extreme

Der TerraXcube von Eurac Research im NOITechpark in Bozen kann extreme Klimabedingungen simulieren – von Schneestürmen auf Gipfeln bis zu Hitze in Wüsten. Temperaturen von –40 bis 60 Grad Celsius, künstliche Sonneneinstrahlung, 60 Millimeter Regen oder Windgeschwindigkeiten von bis zu 108 Kilometern pro Stunde entstehen auf Knopfdruck.

Georg Niedrist vom Institut für Alpine Umwelt bei Eurac Research möchte mit ihm Fragen beantworten wie: Können Berge Arten, die aufgrund des Klimawandels in höhere Lagen wandern, geeigneten Schutz bieten? Wie verhalten sich Organismen, wenn sich der Druck ändert?







(beats per minute) sinkt das Tempo von Popsongs alternder Künstler pro Jahrzehnt. Das haben zwei finnische Forscher anhand von knapp 15 000 Liedern herausgefunden, die zwischen 1956 und 2020 erschienen sind (go.t3n.de/req). Sie stammen von 207 Künstlerinnen und Künstlern, die mindestens 20 Jahre im Geschäft waren. Bis zum 30. Lebensjahr stieg das Tempo leicht auf durchschnittlich 123 bpm an, um ab da stetig zurückzugehen. Am deutlichsten zeigte sich der Trend bei Michael Jackson, Elvis Presley und Whitney Houston. Die Erklärung der Wissenschaftler: Die Motorik wird beim Altern generell langsamer.

LOGISTIK

Die Straßenbahn bringt Pakete



Der Paketanhänger soll unbegleitet in normalen Straßenbahnen mitfahren.

Was tun gegen die vielen Lieferfahrzeuge in den Innenstädten? Das kürzlich abgeschlossene Projekt LogiKTram in Karlsruhe zeigt, wie sich Pakete auch mit Straßenbahnen transportieren lassen.

Ähnliche Projekte gab es schon zuvor, etwa in Frankfurt am Main, Schwerin, Zürich oder Dresden. Diese nutzten allerdings eigene Frachtwaggons. Bei LogiKTram reisen die Pakete hingegen mit den Passagierinnen und Passagieren. So erhöhen die Lieferungen nicht den Verkehr auf den Gleisen.

Die Basis bilden elektrische Fahrradanhänger für 30 bis 50 Pakete. Fahrradkurierinnen und -kurriere bringen sie vom nächsten Logistikzentrum zum Bahnsteig und stellen sie dort ab. Kommt eine Straßenbahn, rollt der Anhänger selbstständig in den Waggon. Am Ziel holen andere die Anhänger wieder ab. Eine Begleitung unterwegs ist nicht nötig.

Die einzige Änderung an den Waggons: eine Haltestange unterhalb der Klappsitze im Vielzweckbereich, an der sich der Anhänger automatisch einklinkt. Die Sitzplätze und Stellflächen können, wenn kein Anhänger an Bord ist, weiter genutzt werden. Die Anhänger sollen nur zu Zeiten mitfahren, zu denen die Straßenbahnen nicht voll ausgelastet sind, um den Betrieb nicht zu stören.

Im Folgeprojekt RegioKArgo, das bereits begonnen hat und bis 2027 laufen soll, soll sich das System auf ausgewählten Strecken im realen Bahnalltag bewähren. – Gregor Honsel

EVOLUTION

KI erschafft leuchtende Proteine

Ob Glühwürmchen oder Korallen: Fluoreszierende Proteine sind Meisterwerke der Natur, entwickelt in Milliarden Jahren. Das Start-up EvolutionaryScale von Ex-Meta-Mitarbeitenden will diesen Prozess nun mit dem Sprachmodell EMS3 beschleunigen.

Mit gezielten Prompts erzeugte das Modell den Bauplan für ein Protein, das ähnlich kräftig leuchtet wie die natürlichen. Es stimmte jedoch mit dem ähnlichsten bekannten Protein nur zu 58 Prozent überein (go.t3n.de/41q).

Trainiert haben die Forschenden ihr Modell mit über 2,7 Milliarden Proteinen. Deren Aminosäure-Sequenzen zerlegten sie in kleine Einheiten. Damit erzeugten sie „Lückentexte“, in denen zufällig ausgewählte Einheiten fehlten. Das Modell sollte diese Lücken füllen und die Zusammenhänge lernen.

EvolutionaryScale will sein Sprachmodell unter anderem für die Entwicklung von Medikamenten nutzen.

Trotz Kritik, solche Modelle könnten für die Entwicklung von Biowaffen missbraucht werden, will EvolutionaryScale sein Projekt weiter vorantreiben. Laut Reuters planen die Geldgeber Amazon Web Service und Nvidia eine kommerzielle Nutzung der umfassendsten ESM2-Variante. Eine abgespeckte Version will das Start-up als Open Source der Forschung zur Verfügung stellen. – Andrea Hoferichter

Foto: James Gathany / Centers for Disease Control and Prevention



Die Ägyptische Tigermücke findet ihre Opfer unter anderem durch Wärmesensoren in ihren Fühlern.

BIOLOGIE

Wärme führt zum Opfer

Stechmücken verarbeiten auf der Suche nach Blut diverse Signale: CO₂, Gerüche, Feuchtigkeit oder dunkle Farben. Nun fand ein Team der University California Santa Barbara heraus, dass die Wärmestrahlung eine bisher unterschätzte Rolle spielt (go.t3n.de/ec4454). Mücken haben in ihren Fühlern einen Sensor, der Infrarotstrahlung aus bis zu 70 Zentimetern Entfernung erkennt.

Das Team steckte 80 weibliche Ägyptische Tigermücken *Aedes aegypti* in einen Käfig und setzte sie menschlichen Gerüchen, CO₂ sowie Wärmeplatten mit verschiedenen Temperaturen aus. Die Mücken waren am aktivsten, wenn die Platten Hauttemperatur hatten. Infrarotstrahlung alleine – ohne Duftstoffe und Kohlendioxid – genügte nicht. Nur gemeinsam mit den anderen Reizen machte die Strahlung einen Unterschied. Anders als Gase kann das Wärmesignal nicht so schnell verwirbelt werden, so die Erklärung der Forschenden.

Die neuen Erkenntnisse sollen nun beim Kampf gegen Mückenstiche helfen oder in das Design einer neuen Mückenfalle einfließen. Allerdings gelten sie offenbar nicht für alle Mückenarten: Malaria übertragende *Anopheles*-Mücken zeigten kein solches Verhalten. – Andrea Hoferichter



CodeMeter – Befähigt KI und AM zu sicherem Wachstum

SCHÜTZEN SIE IHRE KI-ANWENDUNGEN
mit modernster Verschlüsselung
und Obfuskation

ERFÜLLEN SIE DIE ANFORDERUNGEN IHRER KUNDEN
mit einem vielseitigen und dynamisch
skalierbaren Lizenzierungssystem

NUTZEN SIE DIE NVIDIA-GPUS,
um geschützt Ihr Wachstum
zu beschleunigen

Treffen Sie uns!



sps
Halle 6
Stand 428



formnext
Halle 12
Stand B01C

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



**SECURITY
LICENSING**
PERFECTION IN PROTECTION

INFEKTIONSKRANKHEITEN

„Auf jeden Fall besorgniserregend“

Im August rief die WHO eine weltweite Notlage aus, denn ein neuer Mpox-Virustyp verbreitet sich. Bei Erwachsenen löst er vor allem Fieber und pockenartige Hautausschläge aus, kann für Kinder und Immunschwache aber lebensgefährlich werden. Jason Kindrachuk, Mediziner an der Manitoba University in Winnipeg, Kanada, erklärt die Lage und welche Maßnahmen nun dringend nötig sind.

Mpox ist – anders als Corona – eine schon lange bekannte Infektionskrankheit. Woher kommen die aktuellen Sorgen der WHO?

Mpox kursiert tatsächlich schon mindestens fünf Jahrzehnte in West- und Zentralafrika. Der erste Fall beim Menschen wurde 1970 dokumentiert. Aber wir sehen seit 20, 30 Jahren, dass das Virus immer häufiger auch Menschen krank macht – hauptsächlich in der DR Kongo. Und gerade haben wir eine starke Ausbreitung des Virus in afrikanischen Ländern, die zuvor nicht betroffen waren. Gleichzeitig beobachten wir, dass die Immunität in der Bevölkerung seit dem Ende der globalen Impfkampagne gegen Pocken stark nachgelassen hat, nachdem die Pocken 1980 für besiegt erklärt wurden. Wir haben also zwei ungünstige Entwicklungen, die aufeinandertreffen.

Gab es schon eine Impfkampagne gegen Mpox?

Im Jahr 2022 wurde eine Mpox-spezifische Impfkampagne gestartet, die sich auf Bevölkerungsgruppen mit erhöhtem Infektionsrisiko konzentrierte, nachdem sich das Mpox-Virus der sogenannten Klade 2 – aktuell grassiert die Klade 1 – sehr schnell in mehr als 100 nicht endemischen Ländern der Welt ausgebreitet hatte. Und wir konnten die weitreichenden Auswirkungen dieses Ausbruchs tatsächlich relativ schnell unterdrücken.

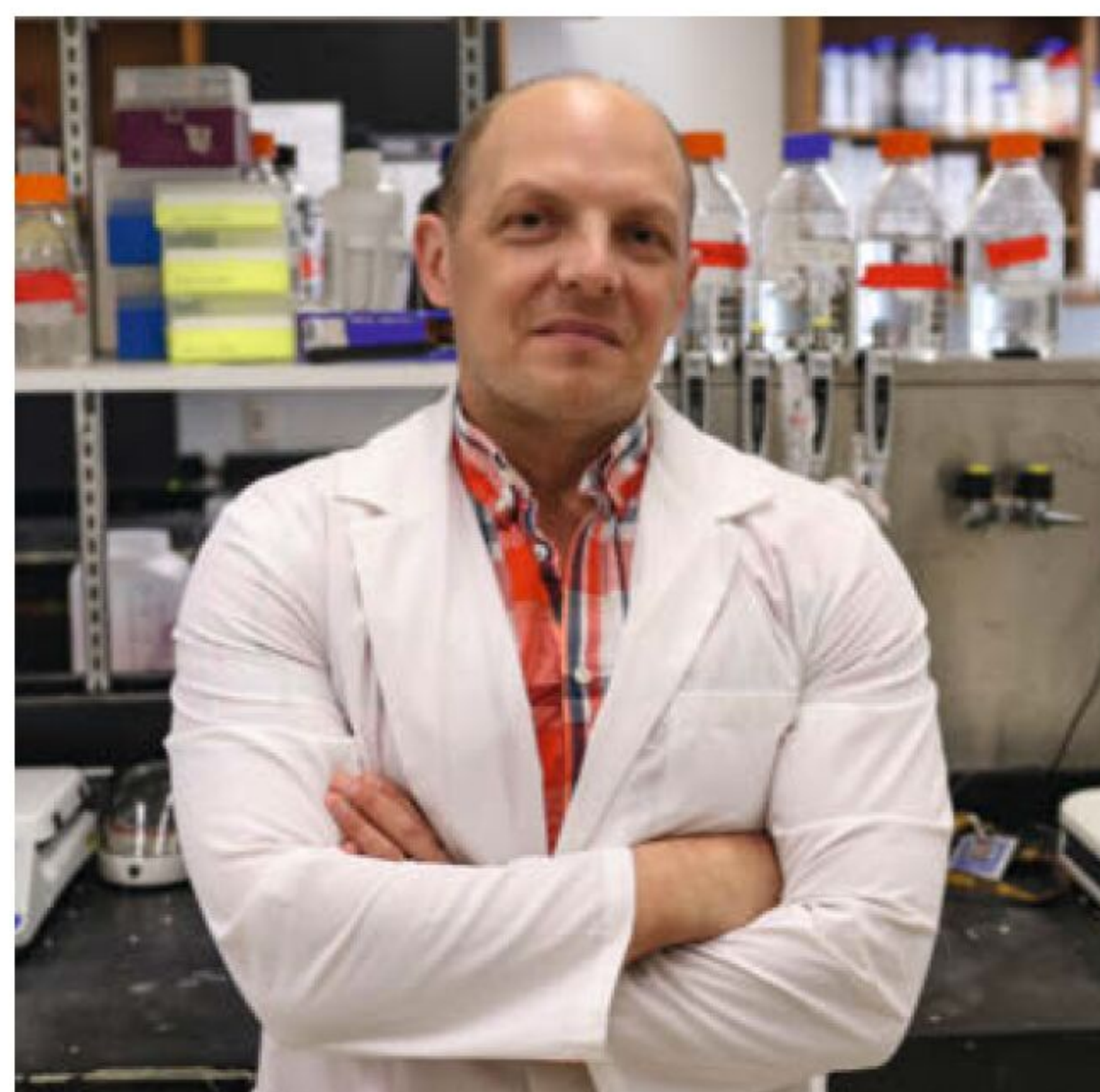
Wie ist die aktuelle Lage vor Ort?

Der Ausbruch hat bisher zu schätzungsweise 30 000 Verdachtsfällen geführt. Die Sterblichkeitsrate liegt nach wie vor zwischen vier und fünf Prozent,

aber das Virus hat sich massiv ausgebreitet. Und die Übertragung scheint nicht nur durch den Kontakt mit Wildtieren, sondern zunehmend auch zwischen Menschen zu erfolgen, unter anderem durch intime Kontakte. Bis Anfang September gab es zudem praktisch keine Impfstoffe für Subsahara-Afrika. Auch Therapeutika und Diagnostika sind begrenzt.

Beim aktuellen Ausbruch ist die Rede von einem neuen Virustyp?

Was wir 2024 sehen, sind zwei Subkladen der Klade 1: Klade 1a und Klade 1b. Die meisten Infektionen gehen im Kongo noch immer auf zoonotische Infektionen über Wildtiere und den Klade-1a-Virus zurück, wahrscheinlich hauptsächlich durch den Kontakt mit Ratten übertragen. Der neue Virustyp ist die Klade 1b. Er gilt als ansteckender von Mensch zu Mensch und wurde Anfang des Jahres erstmals in der Provinz Süd Kivu gefunden. Dort haben wir vor allem eine Ausbreitung in sexuellen Netzwerken festgestellt. Ob die Klade 1b zu mehr oder weniger schweren Erkrankungen



Der Medizinforscher Jason Kindrachuk aus Kanada arbeitet oft mit Gesundheitsfachleuten in der DR Kongo zusammen. Diese seien die eigentlichen Heldinnen und Helden im Kampf gegen die Mpox-Ausbreitung, sagt er.

gen führt als die Klade 1a, wissen wir noch nicht.

Wie gefährlich ist denn der Virustyp Klade 1 generell?

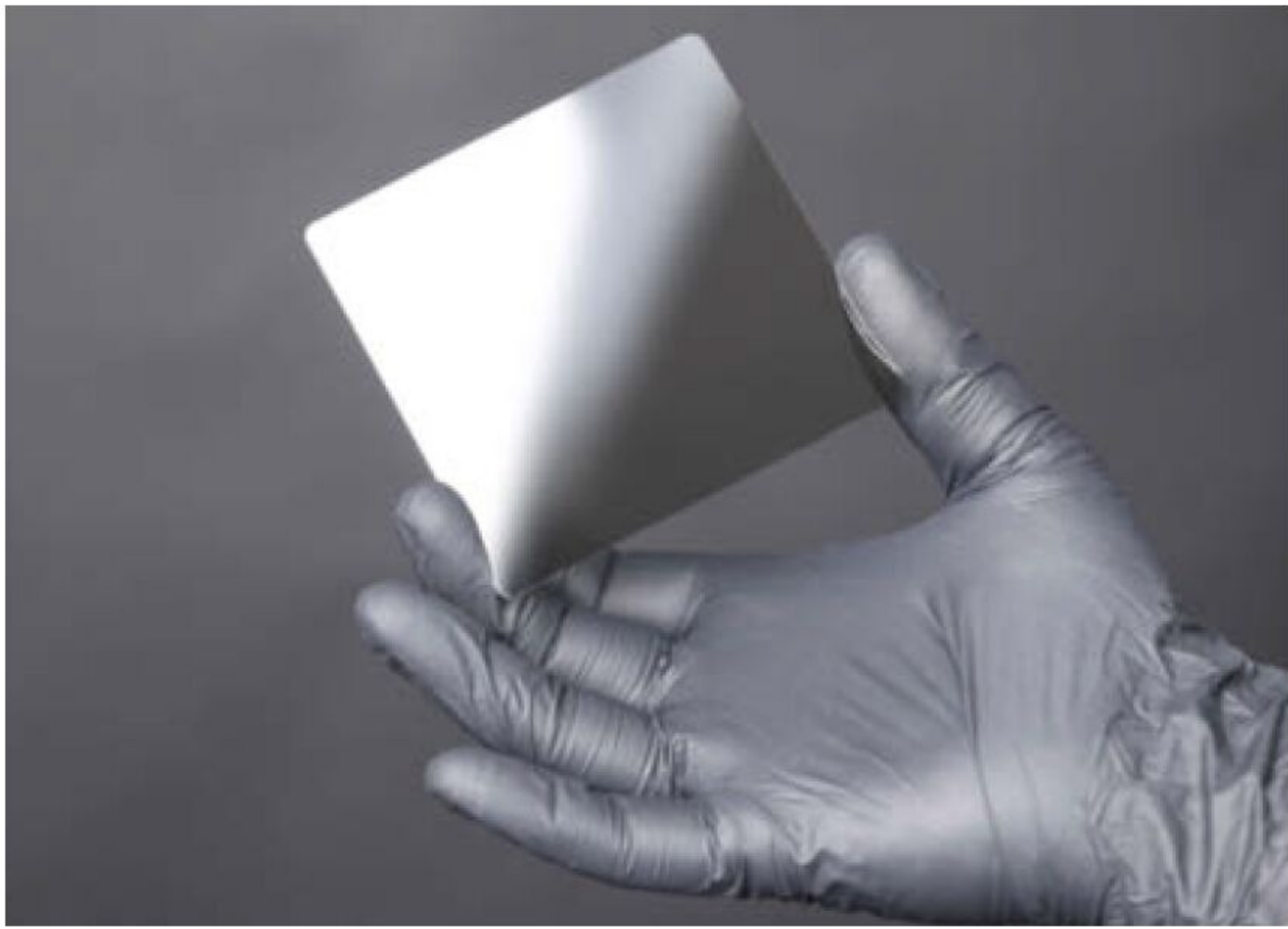
Die schlimmsten Verläufe betreffen Kinder und Jugendliche. In dieser Gruppe verläuft die Krankheit auch am häufigsten tödlich. Das kann mit einem noch schwächeren Immunsystem zusammenhängen, aber auch mit einem intensiveren Kontakt zu Wildtieren. Auf jeden Fall ist es besorgniserregend. Vor allem, weil sich das Virus gerade in bevölkerungsreichen Ländern ausbreitet, in denen zwischen 90 und 100 Millionen Menschen leben.

Was muss nun geschehen, um die Situation zu verbessern?

Es ist wichtig, dass die Menschen jetzt weltweit darüber sprechen. Dann steigt auch der Impuls, zu spenden und auch nachhaltig zu investieren, zum Beispiel in ein langfristiges Monitoring. Außerdem müsste in die Verteilung von Impfstoffen investiert werden und in die Entwicklung von pharmazeutischen Produktionskapazitäten. Vieles hängt auch sehr vom Engagement der Kommunen und der Fachleute vor Ort ab – davon, Akzeptanz für Impfungen zu schaffen und Impfstoffe sowie Medikamente in Regionen zu bringen, wo der tropische Regenwald nur schwer zu durchdringen ist, und in viele abgelegene, ländliche Gebiete.

Hat Mpox das Zeug zur Pandemie?

2022 gab es schon eine starke Warnung – mit einer Mpox-Ausbreitung in plötzlich über 100 Ländern. Das muss nicht noch einmal passieren, aber ausgeschlossen ist es nicht. Manche Virustypen können sehr, sehr schnell außer Kontrolle geraten. Das gilt auch für die im globalen Süden endemischen Viren. Wir sollten nicht pessimistisch sein, aber gut vorbereitet. Es gibt eine globale Warnung, einen Aufruf, etwas zu tun. Und das wird hoffentlich auch verantwortliches Handeln des globalen Nordens auslösen. – Interview: Andrea Hoferichter



Mit Keramik beschichtete Glasplatten sollen haltbarer und sparsamer sein als derzeitige Datenträger.

DATENTRÄGER

Speicher für Jahrtausende

Das deutsche Start-up Cerabyte entwickelt einen Datenspeicher, der Tausende von Jahren halten soll. Gleichzeitig spart er Energie und andere Ressourcen.

Cloud-Datenzentren nutzen Festplatten, deren Daten konstant umkopiert werden. Ähnliches gilt für Solid State Discs (SSDs): Werden sie nicht ständig mit Spannung versorgt, gehen Daten verloren.

Die sichere Alternative sind magnetische Bandlaufwerke in Roboter-Bibliotheken. Das System von Cerabyte basiert auf Kassetten für solche Bandlaufwerke. Sie enthalten neun mal neun Zentimeter große Glasscheiben mit einer zehn Nanometer dünnen Keramikschicht. Beim Beschreiben brennt ein Femtosekunden-Laser winzige Vertiefungen in die Keramikschicht. Zum Auslesen bringt ein Trägersystem aus der Chipherstellung den Glasträger zu einer Hochgeschwindigkeitskamera, die über ein Mikroskop die Bits erfasst. Der Prototyp kann rund 10 Gigabyte pro Scheibe speichern. Laut Cerabyte lässt sich das noch auf bis zu 120 Gigabyte steigern. – Wolfgang Stieler

BIOTECH

Zucker für neue Haare

Ein körpereigener Zucker könnte sich als Haarwuchsmittel eignen – ohne unerwünschte Nebenwirkungen. Dies hat ein britisch-pakistanisches Forschungsteam entdeckt (go.t3n.de/sp5). Eigentlich testete es den Zucker 2-Desoxy-D-Ribose für bessere Wundheilung. Dabei zeigte sich: Um die behandelten Stellen der Versuchstiere wuchsen auffallend schnell neue Haare.

In einer aktuellen Studie konnte das Team die Beobachtung nun bestätigen – zumindest an Mäusen und beim erblich bedingten Haarverlust. Bis zu 70 Prozent der Männer und 40 Prozent der Frauen sind davon betroffen. Ihre Haarfollikel reagieren besonders empfindlich auf das Geschlechtshormon Dihydrotestosteron (DHT), das in den Follikeln gebildet wird. Als Folge verkümmern die Follikel.

Zwar gibt es bereits Gegenmittel: Die Blutdrucksenker Minoxidil oder Finasterid hemmen die Bildung von DHT. Doch beide haben Nebenwirkungen. Das erwarten die Forschenden bei der körpereigenen Desoxyribose nicht. Sie steigern die Blutzufuhr zu den Haarfollikeln und damit die Sauerstoff- und Nährstoffzufuhr. Das wiederum komme dem Haarwachstum zugute. – Andrea Hoferichter

KLIMA

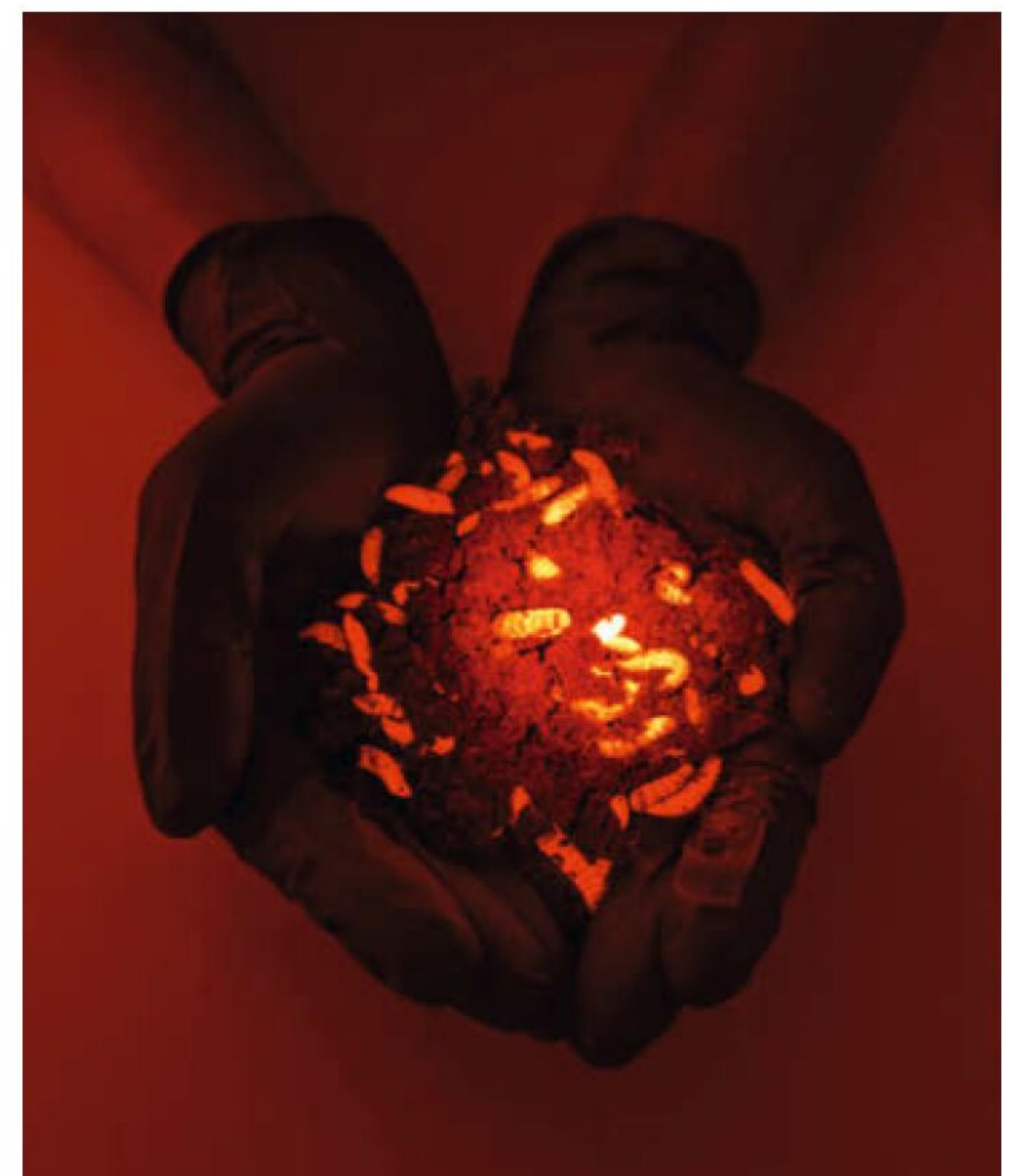
Fliegenlarven gegen Treibhausgas

Die Maden der Schwarzen Soldatenfliege *Hermetia illucens* sind besonders gut darin, Bioabfälle abzubauen. Australische Forschende haben die Fliegen genetisch nun so verändert, dass sie aus dem Biomüll auch nützliche Ausgangsstoffe für Arzneimittel oder Kraftstoffe erzeugen können (go.t3n.de/vq1).

Die Fliegenlarven fressen pro Tag das Doppelte ihres Körpergewichts. Ihre Nahrung verwandeln sie in Körpermasse statt wie Mikroorganismen in das Treibhausgas Methan. Die Maden sind deshalb besonders eiweißreich und dienen vielfach als Tierfutter.

Die Forschenden der Macquarie University in Sydney sind jetzt noch einen Schritt weiter gegangen: Aus gentechnisch veränderten Fliegenmaden konnten sie auch Enzyme für Arzneimittel extrahieren. Auf ähnliche Weise ließen sich auch Biosprit oder Schmiermittel herstellen.

Damit sich die genveränderten Fliegen nicht in der Natur verbreiten, haben die Forschenden den Fliegen Schwächen eingebaut, zum Beispiel die Unfähigkeit, zu fliegen. Ein Spin-off namens EntoZyme soll die Entwicklung nun vermarkten. Ende 2024 sollen die ersten gentechnisch veränderten Maden verfügbar sein. – Hanns-J. Neubert



Die genveränderten Fliegenlarven werden mit einem Leucht-Gen versehen, damit sie leichter zu finden sind.

ENERGIE

Kühlen und speichern

Zu Spitzenzeiten können Klimaanlage in einigen Teilen der Welt mehr als die Hälfte des gesamten Stroms verbrauchen. Dies kann zu einer großen Belastung für die Stromnetze werden. Deshalb arbeiten mehrere Unternehmen daran, Kühlsysteme mit Energiespeichern zu verbinden. Das israelische Start-up Nostromo Energy hat dazu ein System namens IceBrick gebaut. Es nutzt die Zeit von der Nacht bis zum Mittag, um 10 bis 12 Stunden lang Eis zu erzeugen. Dieses kann dann eine Klimaanlage vom Nachmittag bis zum Abend unterstützen, wenn die Belastung des Stromnetzes besonders hoch ist. Durch den Phasenwechsel zwischen fest und flüssig speichert das System bei gleicher Masse mehr Energie als beispielsweise ein schlichter Wassertank. Sein erstes System hat Nostromo bereits 2023 im Beverly-Hilton-Hotel in Los Angeles installiert. Es enthält 68 Tonnen Eis, was einer Kapazität von 1,4 Megawattstunden entspricht.

Das US-Unternehmen Blue Frontier wiederum nutzt eine konzentrierte Salzlösung, die Feuchtigkeit aus der Luft zieht. Diese trockene Luft unterstützt dann die Kühlung durch Verdunstung. Die Salzlösung kann wieder getrocknet werden, wenn reichlich Strom zur Verfügung steht. Blue Frontier testet derzeit mehrere Systeme in gewerblichen Gebäuden. – Casey Crownhart



Der Eisspeicher von IceBrick – hier noch ohne Isolierung – soll die Netzbelastung reduzieren

Foto: Nostromo Energy



KÜNSTLICHE INTELLIGENZ

Werden Sprachmodelle wieder dümmer?

Schon lange wird vermutet, dass große Sprachmodelle unfähiger werden. Eine kanadisch-britische Studie (go.t3n.de/ssv) zeigt nun, wie ein großes Sprachmodell, das mit selbst produzierten synthetischen Daten trainiert wird, immer schlechteren Output liefert. Nach ein paar Durchläufen stammelt es nur noch – es „kollabiert“.

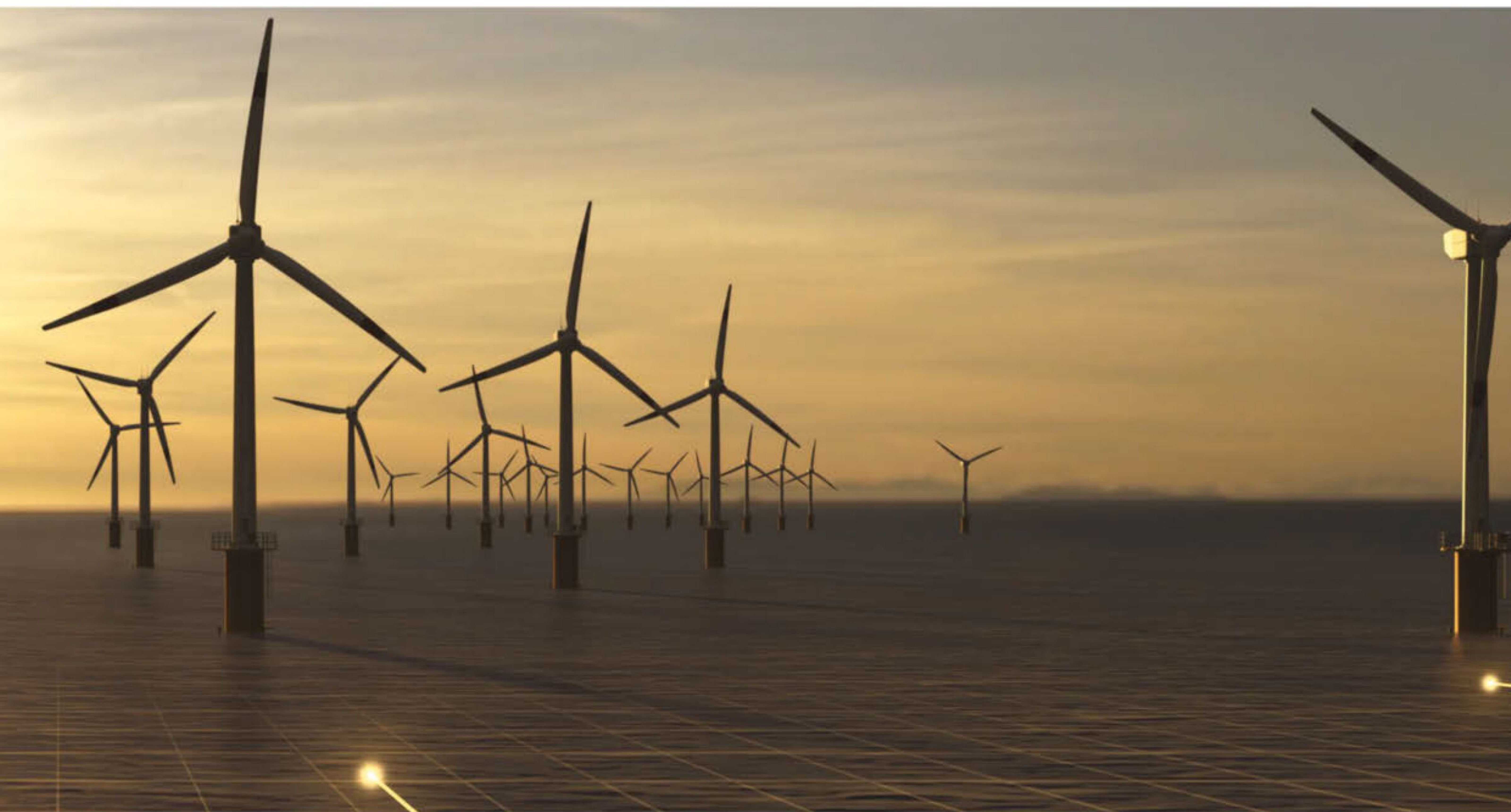
Das Paper greift ein zentrales Problem bei der Weiterentwicklung großer Sprachmodelle auf: ihren Datenhunger. Bereits 2026 könnte der gesamte von Menschen produzierte Textkörper nicht mehr ausreichen, um die nächste Generation zu trainieren. Deshalb werden schon jetzt immer häufiger synthetische Daten eingesetzt, die zuvor andere Sprachmodelle produziert haben.

Heißt das nun, dass alle nachfolgenden Modelle zwangsläufig schlechter werden? So eindeutig ist die Datenlage nicht, denn die Studie hat Schwächen: Erstens haben die Forschenden ihr Modell für die Studie nicht von Grund auf trainiert, sondern nur feinabgestimmt. Zweitens widerspricht eine Reihe sehr mächtiger, kleiner Sprachmodelle wie Alpaca oder Phi-3, die mit synthetischen Daten trainiert wurden, den Ergebnissen. – Wolfgang Stieler

MYTHOS DES MONATS

Gleichberechtigung macht ungleicher

Zahlreiche Studien scheinen ein „Gender-Equality-Paradox“ zu belegen: In Gesellschaften mit ausgeprägter Gleichberechtigung seien die Unterschiede zwischen Männern und Frauen größer als in weniger emanzipierten Ländern. Das kann etwa Berufswahl, Persönlichkeitseigenschaften oder die Einstellung zu Technologie und Wissenschaft betreffen. Eine finnische Studie sieht darin aber lediglich eine statistische Fehlinterpretation (go.t3n.de/9wu). Sie hat 15 Variablen von drei kulturübergreifenden Gender-Studien neu analysiert und kam zum Ergebnis: Die Befunde sind sehr heterogen. Mitunter bewegen sich die Einstellungen beider Geschlechter mit zunehmender Gleichberechtigung auch in die gleiche Richtung – ohne jedes Paradox. – Gregor Honsel





Gamification sollte Lernen
so einfach und unterhaltsam machen
wie ein Spiel. Weil das nicht wirklich
funktioniert hat, suchen Forschende
nach Alternativen. – Eva Wolfangel



Wer seine tägliche Lektion in der Sprachlern-App Duolingo absolviert, bekommt eine glückliche Eule aufs Display. Manche Menschen lassen sich davon unter Druck setzen, dass die Eule traurig aussieht, wenn sie einmal nicht lernen. Andere nicht. Zu Letzteren gehört Daisy Abbott, die an der Glasgow School of Art zu spielbasiertem Lernen forscht. „Manchmal unterbrechen meine Freundinnen unser Gespräch mitten im Satz, ziehen ihr Handy raus und machen Duolingo“, sagt sie. Sie findet das unhöflich. „Meine Freundinnen sagen dann: Aber die Eule ist doch sonst traurig“, berichtet sie. Ihr selbst sei der Gemütszustand der virtuellen Eule herzlich egal: „Ich mache die Lektion dann, wann ich will.“

Das Beispiel zeigt, dass Gamification nicht für alle funktioniert – jedenfalls nicht diese verbreitete Art der Belohnung und Bestrafung. Dabei ist sie voll in Mode: Gerade, wenn es darum geht, Lernende zu motivieren, gibt es immer mehr Apps, die angeblich die Mühe des Lernens nehmen, das Lernen von Vokabeln und Formeln spielerisch erleichtern und die Motivation steigern sollen. Meist, indem Lernen durch Punkte, Abzeichen oder eben glückliche Eulen belohnt wird.

Forschung im Bereich „spielerisches Lernen“ zeigt jedoch, dass es auch anders geht; dass nicht nur Kinder, sondern auch Erwachsene spielerisch lernen können. Mehr noch: Eine spielerische Herangehensweise an ein herausforderndes Thema im Privaten oder im Arbeitsleben kann entscheidend dazu beitragen, eine innovative Lösung zu finden. Denn Spiele fördern eine Haltung des Ausprobierens, ohne dass Spielende gleich die harten Konsequenzen spüren, wenn es mal nicht funktioniert. Das ist wichtig, um frische Perspektiven auf Festgefahrenes einnehmen zu können. Wie kann aber der Spieltrieb auch im Erwachsenenalter fernab von klassischen Gamification-Ansätzen gefördert werden?

Das sogenannte Game-based Learning hat mit Gamification einiges gemeinsam: Beide Ansätze brauchen die Expertise mehrerer Disziplinen, wenn sie erfolgreich sein wollen. Doch oft wird genau das vernachlässigt. Eine andere Gemeinsamkeit ist ein häufiges Missverständnis darüber, was Spielen eigentlich ist und was es bewirkt. Und auf der anderen Seite: wie Lernen eigentlich funktioniert. „Es heißt immer: Spielen macht doch Spaß“, sagt Abbott. „Aber jeder Mensch ist anders, und was dem einen Spaß macht, gefällt dem anderen nicht.“ Gerade bei Lernanwendungen beobachtet sie immer wieder, dass eine Zielgruppe profitiert, während eine andere sich genervt fragt: Wieso muss ich das machen?

Die Hauptunterscheidung, die Abbott trifft, ist die Frage nach der angesprochenen Art der Motivation: Gamification – also die Belohnung durch Punkte, Abzeichen und Ähnliches – beflügelt eher die extrinsische Motivation. Es gehe also nicht darum, das Lernen selbst attraktiv zu machen. Im Gegenteil: „Man splittet beides: Erst machst du langweilige Rechenaufgaben und dann darfst du ein Spiel spielen.“ Die Königsdisziplin hingegen wäre zu

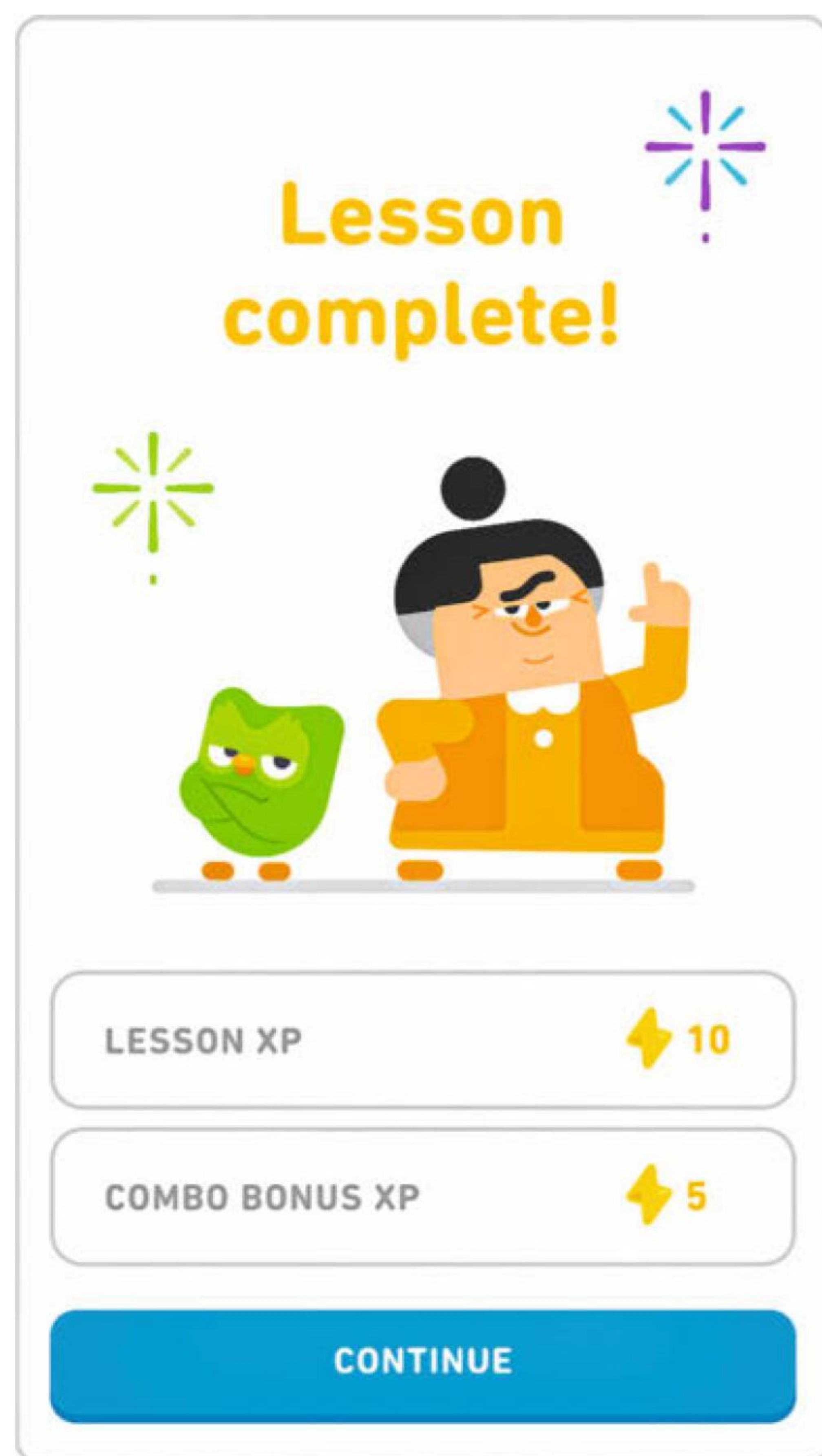
lernen, während man spielt – was obendrein oft zu nachhaltigerem Lernen führe. „Das Konzept der intrinsischen Integration fördert die Motivation“, sagt Abbott. Die klassische Gamification hingegen könne zwar auch effektiv sein, wenn es darum gehe, etwas auswendig zu lernen oder sein eigenes Wissen zu testen, „aber man riskiert, die Lernenden zu demotivieren, weil Lernen nicht das Ziel ist“.

Zudem zeigt sich immer wieder, dass extrinsisch motivierte Lernende versuchen, das Lernen zu umgehen, um direkt zur Belohnung zu kommen. Abbott beobachtet das an einem ihrer Kinder, das eine Klavierlern-App nutzt: Die App zeigt einen Ton auf der Tonleiter, und wenn der richtige Ton auf dem Klavier angeschlagen wird, gibt es eine Belohnung. „Mein Kind hat sehr schnell herausgefunden, dass man einfach mit beiden Händen auf die Tastatur schlagen kann – denn sobald der richtige Ton dabei ist, gibt es die Belohnung in der App.“ Und auch die anekdotische Evidenz der Autorin zeigt Ähnliches: So häufen sich in ihrem Umfeld Grundschüler:innen, die in der Anton-App – die auch von vielen Schulen als Lern-tool für die Kernfächer empfohlen wird – Aufgaben lösen, um dann ein Spiel spielen oder ihren Avatar ankleiden zu können. Man könnte meinen: Wie schön, die Kinder lernen freiwillig! Doch bei genauerem Hinsehen wird klar, dass Viertklässler:innen die Aufgaben für Erstklässler:innen lösen, um möglichst schnell an die Punkte zu kommen. Sie lernen also nichts, haben aber einen ziemlich effektiven Weg gefunden, um ungestört von Erwachsenen mit ihrem Telefon zu spielen.

„Ein großes Problem vieler Lernspiele ist, dass sie nicht genügend Zeit und Energie darauf verwenden, das Lernen zu gestalten“, sagt Abbott. Denn gute Lernspiele seien eben nicht jene, die Punkte für richtige Lösungen vergeben: „Viele denken, sie lehren, dabei testen sie.“ Sondern gute Lernspiele seien solche, bei denen Spielende gar nicht merken, dass sie eigentlich lernen. Ein Beispiel seien die Mathespiele aus der Dragonbox-Serie: „Es geht darum, zum Beispiel Algebra zu lernen, aber die Kinder wissen das nicht.“ Tatsächlich beginnt das Spiel *Algebra zwei* – in dem die Kinder lernen, Gleichungen zu lösen – zwar mit dem Konzept von Gleichungen, die aufgelöst werden müssen. Aber diese sehen nicht aus wie Gleichungen, sondern sind spielerisch in Form von Symbolen und Tieren umgesetzt, die sich gegenseitig fressen und „Yum“ rufen, wenn die Seiten der Gleichung entsprechend aufgelöst sind. Wenn Daisy Abbott das Problem der Lernspielentwicklung verdeutlichen will, hebt sie beide Hände weit voneinander entfernt in die Luft. „Pädagogen sind hier“, sagt sie und bewegt die eine Hand, „und Spielentwickler hier“, und bewegt die andere Hand. Dazwischen: sehr viel Abstand.

SPIELEND LERNEN FÜR GROSSE

Das andere Problem ist, dass spielerische Lernkonzepte auf Kinder fokussieren. Jugendliche und Erwachsene werden vernachlässigt, wenn es darum geht, gute spielerische Lernerfahrungen zu entwickeln. Zum Thema Kinder und spielbasiertes Lernen gibt es viele Studien, die zeigen, dass das Spiel ein entscheidender Mechanismus für das Lernen und die kognitive Entwicklung von Kindern



Die Sprachlern-App Duolingo illustriert Lernerfolge über den emotionalen Ausdruck einer gezeichneten Eule.

Gute Lernspiele sind solche, bei denen Spielende gar nicht merken, dass sie eigentlich lernen.

ist. Durch Spielen entwickeln sie soziale und kognitive Fähigkeiten, emotionale Reife und Selbstvertrauen. Studien haben sogar gezeigt, dass Kinder kausale Regeln durch freies Spiel lernen können und dabei sogar besser abschneiden als solche, die didaktisch unterrichtet werden. Zwar gibt es einzelne Untersuchungen, die zeigen, dass auch Erwachsene spielerisch sehr gut lernen können. Insgesamt gibt es aber wenig Studien, die sich mit dieser Frage beschäftigen.

Das bestätigt auch Bernd Remmele, der sich aktuell an der PH Freiburg mit ökonomischer Bildung beschäftigt: „Evolutionär sind Spielen und Lernen schon immer ein enger Verbund“, sagt der Professor für Wirtschaftswissenschaften. Gerade das „als ob“-Spielen sei eine wichtige Voraussetzung fürs Lernen. Doch während dieses ebenso wie exploratives Spielen in der Grundschule noch eine verbreitete Methode sei, gebe es deutlich weniger spielerische Ansätze für späteres Lernen.

Dabei lassen sich gerade ökonomische Prinzipien gut in Form von spielerischen Ansätzen ver-

mitteln – und zwar in „endogenen Lernspielen“, wie Remmele sagt: Dabei sind die zu lernenden Inhalte Teil des Spiels. Beispielsweise müssen Spielende entscheiden, wie viele Güter sie zu welchem Preis in Abhängigkeit zu anderen produzieren, und lernen nebenbei, wie sich ein Markt entwickelt. „Ich habe die Möglichkeit, zwischen der Akteurs- und der Beobachterperspektive zu wechseln“, sagt Remmele. Man lerne dabei zum Beispiel, was Preisführerschaft bedeute und wie sich Preise entwickeln. „Ein Perspektivwechsel ist eine der grundlegendsten Formen des Lernens.“ Und das alles tut man nicht vorrangig, um ökonomische Zusammenhänge zu lernen, sondern weil das Spiel interessant ist und Spaß macht.

Ein Beispiel für ein solches Spiel ist *Thommys Törtchen*, bei dem die Lernenden in die Rolle von industriellen Kuchenproduzierenden schlüpfen und miteinander konkurrieren. Sie gestalten dabei die Preise selbst, füllen Gewinn- und Verlustrechnungen aus. „Man malt dafür einfach eine Tabelle an die Tafel“, sagt Remmele. Dabei lernen die Spielenden unter anderem den Zusammenhang zwischen Verkaufspreis und Absatzmenge.

Seit geraumer Zeit versuchen Remmele und seine Kolleginnen und Kollegen, solche klassischen Planspiele in die digitale Sphäre zu übertragen – aber es sei nicht einfach: „Meine Erfahrungen mit Informatik-basierten Ansätzen sind ambivalent, was das Spielerische betrifft“, sagt er. Möglicherweise liege das auch daran, dass die Sozialwissenschaft „die Sache etwas komplizierter macht als monologisch wissensorientierte Fächer“. In einem seiner jüngsten Projekte, in dem er mit Entwickler:innen zusam-

Daisy Abbott forscht an der Glasgow School of Art zu spielbasiertem Lernen.



Foto: Daisy Abbott
Screenshot: Duolingo

„Informatiker haben ihre eigene Spielgeschichte: Schwerter und Lebenspunkte sammeln und dann schauen, dass man auf die richtige Stelle klickt, damit sich das nächste Tor öffnet.“



Helle Marie Skovbjerg arbeitet an der dänischen Design School Kolding an kunstbasierten spielerischen Lernpraktiken.

mengearbeitet und schließlich ein Online-Rollenspiel rund um das Thema Knappheit und Konkurrenz entwickelt hat, sei am Ende ein Spiel herausgekommen, „in das man die eigentlich sozialwissenschaftlichen Inhalte wieder reinquetschen musste“ – was kaum möglich gewesen sei. „Informatiker haben ihre eigene Spielgeschichte“, sagt er: Nämlich „Schwerter und Lebenspunkte sammeln und dann schauen, dass man auf die richtige Stelle klickt, damit sich das nächste Tor öffnet“.

Das mag teilweise auch die leicht vorurteilsbehaftete Perspektive des Pädagogen sein. Aber wenn es um spielbasiertes Lernen für ökonomische Inhalte geht, seien viele Dinge nicht planbar – weil das Ergebnis einer Handlung auch von anderen abhängt, sagt Remmele. Häufig landen er und seine Kolleginnen und Kollegen daher bei der Spielform des Escape-

Rooms. Wieso? „Klassische Escape-Rooms lassen sich kommerzialisieren, da muss also etwas hinterstecken.“ Denn auch das ist eine schwierige Aufgabe: Ein Spiel kann noch so tolle Lerninhalte bereitstellen, aber es wird nicht gespielt werden, wenn es langweilig ist.

Damit beschäftigt sich Nicola Whitton. „Wenn Pädagogen Spiele machen, dann sind diese oft langweilig“, sagt die Professorin für Digital Learning and Play an der Northumbria University. In solchen Spielen gebe es dann Punkte, eine Bestenliste und Abzeichen für bestimmte Leistungen – „Schulen machen eben gerne, was sie ohnehin machen, und nennen es anders“. Wenn hingegen kommerzielle Spieleanbieter ein Spiel machten, dann sei es zwar meist spannend zu spielen, „aber du lernst oft nichts dabei“.



Lernspiele sind nicht nur etwas für Kinder. In *How to fail your research degree* vermittelt Daisy Abbott Studierenden, was nötig ist, um nach dem ersten Abschluss erfolgreich an der Uni zu forschen.



In diesem Escape-Game von Bernd Remmele geht es darum, eine dringende Fracht zur Erde zu bringen. Es soll ökonomische Grundannahmen vermitteln.

Das Ziel müsse also sein, beide Perspektiven zusammenzubringen und Pädagogik „problemorientiert“ umzusetzen: sprich, eine spannende Challenge aus dem Lernstoff zu machen. „Es geht darum, Probleme zu lösen, die dir wirklich etwas bedeuten – und am Ende läuft es immer darauf hinaus, auch versagen zu können.“ Gute Spiele müssen den „Sweet Spot“ erreichen: „Wir müssen Menschen in der motivierenden Zone halten: Sie müssen das Gefühl haben, dass sie die Aufgabe lösen können, aber es darf nicht zu einfach sein.“

Auch Whitton landet dabei immer wieder bei Escape-Rooms, einfach deshalb, weil deren Spielmechanismus schon ziemlich viel von dem enthält, was ein gutes Spiel ausmacht: Kooperation, Exploration, ein zu lösendes Problem und eine gewisse Spannung. „Die besten Escape-Rooms sind doch die, aus denen man gerade so 30 Sekunden vor Ablauf der Zeit rauskommt“, sagt sie. Diesen Sweet Spot in Lernspielen zu erreichen, sei nicht immer einfach, aber der Aufwand lohne sich. Denn lang-

„Ein Perspektivwechsel ist eine der grundlegendsten Formen des Lernens.“

weilige Lernspiele führen – ebenso wie spannende Spiele ohne genügend Lerninhalte – dazu, dass Lernende demotiviert werden und nichts lernen.

FALSCHES WISSENSKULTUR

Wieso setzt sich diese Art des spielerischen Lernens kaum durch, obwohl es doch recht eindeutige Erkenntnisse gibt, dass Lernen auf diese Weise besonders nachhaltig und motivierend ist? „Spielbasiertes Lernen ist nicht unbedingt zeiteffizient“, sagt Wirtschaftsprofessor Remmele. Es lässt sich zudem schwer messen, wie erfolgreich es ist. „Es ist schwierig, Methodenvergleiche systematisch durchzuführen.“ Die Art von Wissen, wie sie in der Schule oder Uni aktuell verlangt wird, ist jenes schnell prüfbar auswendig gelernte Wissen, das sich eben mit klassischer Gamification in Form von Punkten und Abzeichen besser messen lässt – weil sie Noten und Punkten in der Schule ähnlich sind. „Der Trend geht leider gerade in die falsche Richtung“, sagt Whitton,

angesichts einer neoliberalen Agenda, in der „Schule gut ist, wenn Schüler in Prüfungen gut abschneiden“.

Der andere Grund ist das kulturelle Verständnis von Lernen, das hierzulande vorherrscht, ergänzt Helle Marie Skovbjerg, die sich an der dänischen Design School Kolding im Lab *Design for Play* mit kunstbasiertem spielerischen Lernen beschäftigt. Für diese Art des Lernens seien nicht nur spielerische Praktiken relevant, sagt Skovbjerg, sondern ein breites, diverses Repertoire. „Wir brauchen Techniken wie Zeichnen, Malen, Tüfteln und Bauen, aber auch performative Praktiken.“ Fertigkeiten, die in den Schulen zwar vermittelt werden, aber längst nicht den hohen Stellenwert haben wie die wissensbasierten Kernfächer.

Dazu komme ein kulturelles Problem, sagt sie. „Unsere Kultur basiert auf einem Verständnis von Wissen als etwas, das man von einem auf den anderen überträgt“, kritisiert die Spiele-Professorin. Der oder die Wissende sei dabei stets der oder die Lehrer:in, das Wissen werde dadurch starr und nicht verhandelbar. „Der Lernende ist in erster Linie jemand, der Wissen bekommen soll, nicht Wissen produzieren.“ Was würde mit dem Lehrstoff passieren, wenn die Erforschung und die Produktion von Wissen im Mittelpunkt des Unterrichts stünden, fragt sie, wenn Schülerinnen und Schüler zu Co-Produzenten von Wissen würden? Didaktische Konzepte gehen davon aus,

„Eine Schule ist gut, wenn Schüler in Prüfungen gut abschneiden.“

dass Wissensvermittlung am besten funktioniert, wenn der Stoff in einer ganz bestimmten Reihenfolge präsentiert wird. Wenn die Lernenden den Fragen nachgehen, die sie jetzt gerade am spannendsten finden, und nicht denen, die gerade auf dem Lehrplan stehen, würde das diese sorgfältige Konstruktion durcheinanderbringen. Mehr noch: Es würde auch die Rolle der Lehrer:innen als solche hinterfragen. „Das trauen wir uns als Gesellschaft nicht, weil es infrage stellt, was Wissen ist und wer wissend ist.“ ●

HANNOVER

**ROBOTICS
CITY**
HANNOVER

Raum für Innovationen

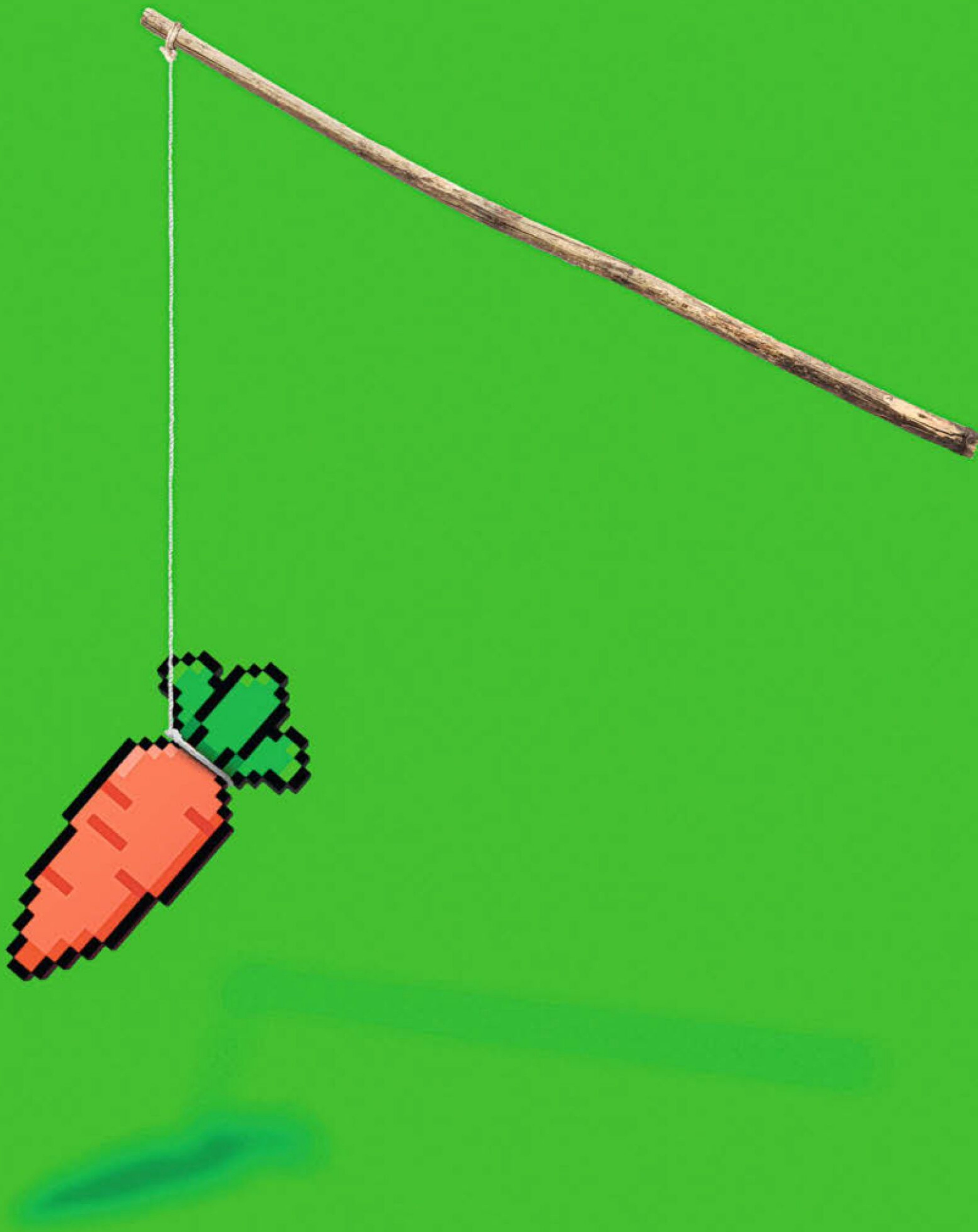
DER STANDORT FÜR ROBOTIK IN NIEDERSACHSEN
www.roboticscity.de

Von der Schule & Hochschule bis ins Unternehmen

WIRTSCHAFTSFÖRDERUNG


Region Hannover

Nicht angebissen



Gamification war schon immer ein Trick, um knallharten Wettbewerb in bunte Pixel zu verpacken, damit er wie Spaß aussieht. Warum das Konzept nur bedingt funktioniert. – Bryan Gardiner (Übersetzung: Wolfgang Stieler)

Jeder Videospieler hat sich schon diese Frage gestellt: Was wäre, wenn sich der seltsame, hyperfokussierte Zustand, in den ich beim Spielen eintauche, irgendwie auf die reale Welt übertragen ließe?

Besonders bei anspruchsvollen oder langweiligen Aufgaben im echten Leben (zum Beispiel beim Schreiben von Aufsätzen oder bei der Steuererklärung) wäre dieser Zustand hilfreich. Das echte Leben ist hart. Aber das sind Videospiele ebenfalls. Und doch haben sie etwas fast Magisches an sich und befördern uns in anhaltende Phasen übermenschlicher Konzentration und Entschlossenheit – die wir für die Steuererklärung nicht aufbringen können.

Für die einen ist das Streben nach diesem Zustand ein Grund, mehr Spiele zu spielen. Bei anderen weckt dieses Phänomen das Interesse an Flow-Zuständen und Immersion. Für eine Handvoll Berater:innen, Start-up-Gurus und Spieledesigner:innen wurde es Ende der 2000er zum Schlüssel zur Erschließung unseres „wahren menschlichen Potenzials“.

In ihrem TED-Vortrag *Gaming Can Make a Better World* aus dem Jahr 2010 bezeichnete die Spieledesignerin Jane McGonigal diesen Zustand des Engagements in Spielen als „glückselige Produktivität“. „Es gibt einen Grund, warum der durchschnittliche World-of-Warcraft-Spieler 22 Stunden pro Woche spielt“, sagte sie. „Es liegt daran, dass wir beim Spielen tatsächlich glücklicher sind, wenn wir hart arbeiten, als wenn wir uns entspannen oder abhängen. Wir wissen, dass wir als Menschen für harte und sinnvolle Arbeit optimiert sind. Und Gamer sind bereit, ständig hart zu arbeiten.“

McGonigals Grundthese lautete: Wenn wir die reale Welt mehr wie ein Videospiel gestalten, könnten wir die glückselige Produktivität von Millionen Menschen nutzen und sie auf einige der drängendsten Probleme der Menschheit lenken – Dinge wie Armut, Fettleibigkeit und Klimawandel. Die Details, wie dies erreicht werden kann, hielt sie vage, aber ihr Ziel war klar: „Die Welt im wirklichen Leben genauso einfach zu retten wie in Online-Spielen.“

Das Wort „Gamification“ fiel in ihrem Vortrag zwar nie, aber zu diesem Zeitpunkt war das Prinzip jedem bekannt, der sich für die großen Ideen interessierte. Im weitesten Sinne ist es definiert als die Anwendung von Spieldesignelementen und -prinzipien auf Aktivitäten außerhalb von Spielen. Punkte, Level, Missionen, Abzeichen, Bestenlisten, Verstärkungsschleifen – und so weiter – für spielerisches Arbeiten: So wurde Gamification bereits als revolutionäres neues Instrument zur Umgestaltung von Bildung, Arbeit, Gesundheit und Fitness und unzähligen anderen Lebensbereichen angepriesen.

Laut McGonigal und anderen, die vor allem die Vorteile von Gamification sehen, ist die reale Welt nicht ausreichend ansprechend und motivierend und macht uns zu oft nicht glücklich. Gamification verspricht, diesen Konstruktionsfehler zu beheben, indem eine neue Realität geschaffen wird, die die langweiligen, schwierigen und deprimierenden Aspekte des Lebens in etwas Lustiges und Inspirierendes ver-

wandelt. Für Prüfungen lernen, Hausarbeiten erledigen, Zahnseide benutzen, Sport treiben, eine neue Sprache lernen – es gab keine Grenzen für die Aufgaben, die in Spiele verwandelt werden konnten, um das echte Leben zu verbessern.

Heute leben wir in einer unbestreitbar gamifizierten Welt. Wir stehen auf und bewegen uns, um auf unseren Smartwatches bunte Ringe zu schließen und uns Abzeichen zu verdienen; wir meditieren und schlafen, um unsere Körperbatterien aufzuladen; wir pflanzen virtuelle Bäume, um produktiver zu sein; wir jagen „Likes“ und „Karma“ auf Social-Media-Seiten hinterher und versuchen, uns durch Wischen soziale Kontakte zu erschließen. Und doch scheint die hoffnungsvollere und kooperativere Welt, die die Gamification vor mehr als einem Jahrzehnt versprach, trotz all der spielerischen Elemente, die in unser Leben eingepflanzt wurden, so weit entfernt wie eh und je. Anstatt uns von der Plackerei zu befreien und unser Potenzial zu maximieren, hat sich die Gamification als ein weiteres Instrument für Zwang, Ablenkung und Kontrolle herausgestellt.

BETRÜGERISCHES SPIEL

Das war durchaus vorhersehbar: Von Anfang an warnte eine kleine, aber lautstarke Gruppe von Journalisten und Spieledesignern davor, das märchenhafte Denken und die oberflächliche Sichtweise aus Videospielen, die sie im Konzept der Gamification sahen, auf die reale Welt zu übertragen. Adrian Hon war einer von ihnen. Er ist Autor von *You've Been Played*, einem kürzlich erschienenen Buch, das die Gefahren des Gamification-Konzeptes aufzeigt.

„Als jemand, der zu der Zeit, als das Konzept aufkam, sogenannte ‚Serious Games‘ entwickelte,

Die Spieledesignerin Jane McGonigal würde die reale Welt gerne mehr wie ein Videospiel gestalten.



„Es ist ein Überwachungs- und Disziplinarsystem – ein Wolf im Schafspelz. Hüten Sie sich vor seinen Verlockungen.“

wusste ich, dass viele der Behauptungen, Spiele könnten das Verhalten von Menschen oder gar die Welt verändern, völlig übertrieben waren“, sagt er. Hon ist kein unüberlegter Polemiker. Der ausgebildete Neurowissenschaftler, der zu einer Karriere im Bereich Spieldesign und -entwicklung wechselte, ist Mitentwickler von *Zombies, Run!* – einer der beliebtesten gamifizierten Fitness-Apps der Welt. Er glaube durchaus, dass Spiele Aspekte unseres Nicht-Spiel-Lebens bereichern können, sagt Hon, aber ein Einheitsansatz sei zum Scheitern verurteilt. Aus diesem Grund ist er sowohl Gegner der oberflächlichen Überlagerung alltäglicher Aktivitäten mit generischen Punkten, Bestenlisten und Missionen als auch der zwanghafteren Formen der Gamification, die in unseren Arbeitsalltag eingedrungen sind.

Ironischerweise sind es diese vielfältigen Einsatzmöglichkeiten, die es so schwierig machen, die Praxis zu kritisieren. Wie Hon in seinem Buch feststellt, war die Gamification schon immer schnelllebig und hat sich im Laufe der Jahre in Bezug auf Umfang, Reichweite und Technologie dramatisch verändert. Mit der Weiterentwicklung des Konzepts haben sich auch seine Anwendungen weiterentwickelt, sei es die Spielmechanik, die Nutzer von Dating-Apps dazu ermutigt, weiterzuscrollen; die „Quests“, die erschöpfte Uber-Fahrer dazu zwingen, nur noch ein paar Fahrten zu absolvieren; oder der utopische Ehrgeiz, die Welt mit Gamification retten zu wollen.

Genauso wie das Fehlen einer festen Definition von KI es heute leicht macht, jede Kritik daran abzutun, weil sie sich nicht mit einer anderen möglichen Definition von KI befasst, so verhält es sich auch mit den unterschiedlichen Interpretationen von Gamification. „Ich erinnere mich, dass ich auf Gamification-Konferenzen Vorträge gehalten habe, in denen ich Gamification kritisierte, und die Leute kamen danach auf mich zu und sagten: ‚Ja, schlechte Gamification ist schlecht, oder? Aber wir machen gute Gamification‘“, sagt Hon. Das taten sie jedoch nicht.

Für einige Kritiker war allein die Vorstellung von einer „guten Gamification“ ein Gräuel. Ihr Hauptkritikpunkt an dem Begriff und der Umsetzung war und ist, dass sie wenig bis gar nichts mit echten Spielen zu tun habe.

„Bei einem Game geht es um das Spielerische, um Unterbrechungen und

Überraschungen, Kreativität und Mehrdeutigkeit“, schrieb der verstorbene Jeff Watson, ein Spieledesigner, Autor und Pädagoge von der University of Southern California. Bei Gamification gehe es um das Gegenteil – das Bekannte, das Ausweisbare, das Quantifizierbare. „Es geht darum, ‚einzuchecken‘, verfolgt zu werden ... [und] immer reglementierter zu werden. Es ist ein Überwachungs- und Disziplinarsystem – ein Wolf im Schafspelz. Hüten Sie sich vor seinen Verlockungen.“

Eine andere Spieledesignerin, Margaret Robertson, argumentiert, dass „Gamification“ eigentlich „Pointsification“ heißen sollte, und schreibt: „Was wir derzeit als Gamification bezeichnen, ist in Wirklichkeit der Prozess, bei dem das, was für Spiele am wenigsten wichtig ist, als Kern der Erfahrung dargestellt wird. Punkte und Abzeichen haben keine engere Beziehung zu Spielen als zu Websites, Fitness-Apps und Kundenkarten.“

Für den Autor und Spieledesigner Ian Bogost ist das gesamte Konzept nichts weiter als ein Marketing-Gag. In einem mittlerweile berühmten Essay, der 2011 im *Atlantic* veröffentlicht wurde, verglich er Gamification mit der Bullshit-Definition des Moralphilosophen Harry Frankfurt: eine Strategie, die darauf abzielt, ohne Rücksicht auf die tatsächliche Wahrheit zu überzeugen oder zu zwingen.

„Die Idee, aus dem Gamedesign zu lernen oder Lehren daraus zu ziehen

und sie auf andere Bereiche anzuwenden, war für mich nie das Problem“, sagt Bogost. „Aber es ging darum, das nicht zu tun. Anzuerkennen, dass Spiele etwas Geheimnisvolles, Mächtiges und Faszinierendes an sich haben. Statt die harte Arbeit zu machen, gerade keine Arbeit zu tun und sich mit dem Geist der Form davonzumachen.“

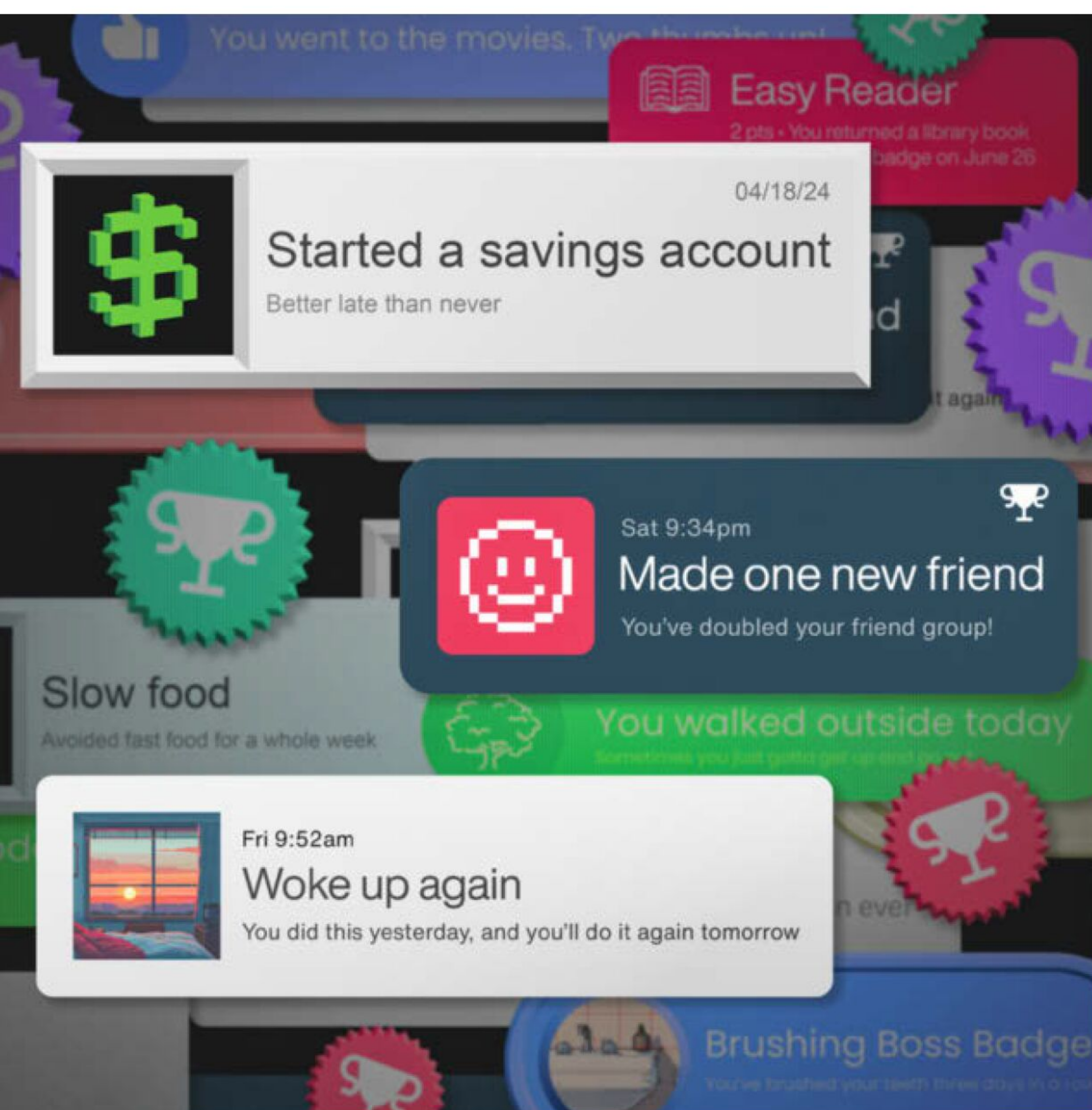
DIE ZEIT IST REIF

Wie konnte also ein irreführender Begriff für einen missverstandenen Prozess, der wahrscheinlich einfach nur Bullshit ist, praktisch jeden Teil unseres Lebens infiltrieren? Es gibt keine einfache Antwort. Aber der kometenhafte Aufstieg der Gamification ergibt viel mehr Sinn, wenn man sich die Zeit ansieht, in der die Idee entstand.

Die späten 2000er- und frühen 2010er-Jahre waren eine Art Höhepunkt des Techno-Optimismus. Sowohl innerhalb als auch außerhalb der Technologiebranche herrschte das Gefühl vor, dass die Menschheit endlich eine Reihe schwieriger Probleme in den Griff bekommen hatte und dass die Technologie uns dabei helfen würde, einige Lösungen zu finden. Der Arabische Frühling 2011 wurde von Plattformen wie Facebook und Twitter befeuert, Kredite waren extrem billig, und es gab unzählige Artikel zum Thema „_ kann die Welt retten“ –

Sebastian Deterding erforscht die Mechanismen der Gamification – allerdings basiere viel vermeintliches Wissen nur auf Anekdoten.





Ob Gamification nun funktioniert oder nicht: Sie hat definitiv unseren Alltag erobert.

kostengünstiger und schneller Technologien – GPS, allgegenwärtiges und zuverlässiges mobiles Internet, leistungsstarke Smartphones, Web-2.0-Tools und -Dienste –, hatte man wohl alle Zutaten für den Aufstieg der Gamification. Im wahrsten Sinne des Wortes war die Realität im Jahr 2010 bereit, gamifiziert zu werden. Oder um es etwas anders auszudrücken: Gamification war eine Idee, die perfekt zu ihrer Zeit passte.

WAS HEISST SCHON FUNKTIONIEREN?

Schön und gut, werden Sie an dieser Stelle vielleicht fragen, aber funktioniert es auch? Sicherlich würden Unternehmen wie Apple, Uber, Strava, Microsoft, Garmin und andere sich nicht die Mühe machen, ihre Produkte und Dienstleistungen spielerisch zu gestalten, wenn es keine Beweise für die Wirksamkeit dieser Strategie gäbe. Die Antwort auf diese Frage ist leider sehr ärgerlich: Definieren Sie Wirksamkeit.

Da Gamification so allgegenwärtig und vielfältig ist, ist es schwierig, ihre Wirksamkeit direkt oder umfassend zu beurteilen. Aber eines kann man mit Sicherheit sagen: Gamification hat die Welt nicht gerettet. Der Klimawandel existiert immer noch. Ebenso wie Fettleibigkeit, Armut und Krieg. Ein Großteil der Kraft der generischen Gamification liegt angeblich in ihrer Fähigkeit, uns durch Wettbewerb (Herausforderungen und Bestenlisten), Belohnungen (Punkte und Leistungsabzeichen) und andere Quellen positiven und negativen Feedbacks zu bestimmten Verhaltensweisen zu bewegen oder von ihnen wegzulenken.

In dieser Hinsicht sind die Ergebnisse gemischt. Die Nudge-Theorie verlor 2022 bei Akademikern viel von ihrem Glanz. Eine Meta-Analyse früherer Studien zeigte, dass es nach Korrektur der Publikationsverzerrung nicht viele Beweise dafür gab, dass sie überhaupt zur Verhaltensänderung beitrug. Dennoch gibt es viele Möglichkeiten, Menschen einen Anstoß zu geben, und viele Verhaltensweisen, die man ändern kann. Tatsache ist, dass viele behaupten, hoch motiviert zu sein, ihre Ringe zu schließen, sich ihre Schlafkrone zu verdienen oder eine zunehmend lächerliche Anzahl von Schritten auf ihren Fitnesstrackern zu erreichen oder zu übertreffen.

Sebastian Deterding, ein führender Forscher auf diesem Gebiet, argu-

wobei „_“ alles von „Insekten essen“ bis „Design Thinking“ sein konnte.

In dieser Zeit entstanden mehr oder weniger windige Konzepte wie die 10 000-Stunden-Regel (um eine Fähigkeit zu beherrschen, muss man sie mindestens 10 000 Stunden üben), die Theorie vom Long Tail (man kann sein Geld auch mit Nischenprodukten machen, wenn man sie weltweit verkaufen kann), die Idee der Vier-Stunden-Woche (es reicht, vier Stunden pro Woche zu arbeiten, wenn man wirklich effizient ist), die Weisheit der Vielen (viele Laien können Sachverhalte genauso gut oder besser beurteilen als ausgewiesene Experten) oder die wundersame Wirkung von Nudging (Manipulation durch geschickte Präsentation von Wahlmöglichkeiten).

Die Aufnahme von Gamification in diesen Reigen gab der Spielebranche etwas, wonach sie lange gesucht, aber was sie nie erreicht hatte: Legitimität. Auch wenn Spiele in der Popkultur auf dem Vormarsch und auf dem besten Weg sind, sowohl die Film- als auch die Musikindustrie in Bezug auf die Einnahmen in den Schatten zu stellen, wurden sie immer noch weitgehend als eine frivole,

die Produktivität verschwendende und gewaltverherrlichende Form der Unterhaltung angesehen. Scheinbar über Nacht änderte die Gamification all das.

„Es gab definitiv diese Schwarzes-Schaf-Mentalität in der Spieleentwicklung-Community – das Gefühl, dass das, was wir jahrzehntelang gemacht haben, für die Leute nur ein Witz war“, sagt Bogost. „Plötzlich gab es Risikokapital, und alle möglichen wichtigen, vermögenden Leute tauchten auf Spieleentwicklerkonferenzen auf. Es war wie: Endlich hat es jemand bemerkt. Sie erkennen, dass wir etwas zu bieten haben.“

Das war nicht nur schmeichelhaft, sondern geradezu berauschend. Gamification machte aus einer verspotteten Freizeitbeschäftigung eine treibende Kraft für positive Veränderungen, eine Möglichkeit, die reale Welt zu verbessern. Während enthusiastische Aufrufe, „eine Spielebene über die Realität zu legen“, für viele von uns heute dystopisch klingen mögen, hatte das am Ende der Nullerjahre nicht unbedingt die gleichen unheilvollen Untertöne.

Kombiniert man die kulturelle Umgestaltung von Spielen mit einer Reihe

mentiert, dass Gamification funktionieren kann, aber ihre Erfolge sind in der Regel nur sehr schwer zu wiederholen. Laut Deterding wissen Akademiker nicht nur nicht, was wann und wie funktioniert, sondern „wir haben meist nur Anekdoten ohne Daten oder empirische Tests“.

In Wahrheit haben sich die Anhänger der Gamification immer an einem alten Lehrbuch aus dem 20. Jahrhundert orientiert. Damals betrachteten Verhaltensforscher wie John Watson und B. F. Skinner menschliches Verhalten (eine Kategorie, die für Skinner Gedanken, Handlungen, Gefühle und Emotionen umfasste) nicht als Produkte innerer mentaler Zustände oder kognitiver Prozesse, sondern als Ergebnis äußerer Kräfte – Kräfte, die sich bequem manipulieren ließen.

Wenn Skinners Theorie der „operanten Konditionierung“, bei der Belohnungen verteilt wurden, um bestimmte Verhaltensweisen positiv zu verstärken, stark an die „Fulfillment Center Games“ von Amazon erinnert, bei denen Belohnungen verteilt werden, um die Mitarbeiter dazu zu zwingen, härter, schneller und länger zu arbeiten, dann ist das kein Zufall. Gamification ist und war schon immer eine Möglichkeit, Menschen durch virtuelles „Zuckerbrot und Peitsche“ zu bestimmten Verhaltensweisen zu bewegen.

Manchmal mag das funktionieren, manchmal nicht. Aber letztlich, so Hon, ist die Frage der Wirksamkeit vielleicht sogar nebensächlich. „Es gibt kein Vorher oder Nachher, mit dem man vergleichen könnte, wenn das eigene Leben immer spielerisch ist“, schreibt er. „Es gibt nicht einmal eine statische Form der Gamification, die gemessen werden kann, da sich das Design der erzwungenen Gamification stän-

Gamification war eine Idee, die perfekt zu ihrer Zeit passte.

Ian Bogost ist Spieledesigner und fordert, anzuerkennen, dass Spiele etwas Geheimnisvolles haben und Gamification nicht mehr ist als Marketing.



dig ändert, ein bewegliches Ziel, das nur zu einem immer stärkeren und detaillierteren Eingriff führt.“

DAS SPIEL DES LEBENS

Wie jede andere Kunstform bieten Videospiele eine atemberaubende Vielfalt an Möglichkeiten. Sie können uns bilden, unterhalten, soziale Bindungen fördern, uns inspirieren und uns dazu ermutigen, die Welt auf unterschiedliche Weise zu sehen. Die besten schaffen es, all dies auf einmal zu tun.

Doch viele von uns haben heute das Gefühl, dass wir in einem anstrengenden Spiel feststecken, für das wir uns nicht entschieden haben. Dieses Spiel geht davon aus, dass sich unser Verhalten mit glänzenden digitalen Spielereien, ständigem künstlichem Wettbewerb und bedeutungslosen Preisen ändern lässt. Beleidigend daran ist, dass das Spiel so tut, als ob es zu unserem Vorteil wäre – es verspricht, uns fitter, glücklicher und produktiver zu machen –, während es in Wahrheit vor allem den kommerziellen und geschäftlichen Interessen seiner Schöpfer dient.

Gamification hat auch längst Eingang in unsere Metaphern gefunden. Heutzutage ist es nicht ungewöhnlich, von Level-Aufstiegen, einer Gott-Modus-Mentalität, dem Sammeln von Erfahrungspunkten und dem Erhöhen (oder Verringern) der Schwierigkeitsgrade des Lebens zu hören. Aber die Metapher, die für mich am meisten Anklang findet – diejenige, die unsere derzeitige missliche Lage genau zu erfassen scheint –, ist die des NPCs oder Nicht-Spieler-Charakters.

NPCs sind die „Sisyphus-Maschinen“ der Videospiele, die so programmiert sind, dass sie für immer einem festgelegten Skript folgen und niemals Fragen stellen oder abweichen. Sie sind Hintergrundspieler in der Geschichte eines anderen, die in der Regel die Aufgabe haben, eine bestimmte Handlung voranzutreiben oder Handarbeit zu leisten. Jemanden im wirklichen Leben als NPC zu bezeichnen, bedeutet, ihn zu beschuldigen, nur nach Vorschrift zu handeln, nicht selbstständig zu denken und nicht in der Lage zu sein, eigene Entscheidungen zu treffen. Für mich ist das das eigentliche Endergebnis der Gamification. Sie nimmt genau das weg, was Spiele einzigartig macht – ein Gefühl der Handlungsfähigkeit – und versucht dann, das mit plumpen Ersatzleistungen zu verschleiern.

Was können wir also tun? Angesichts der Reichweite und Verbreitung der Gamification mutet es ein wenig sinnlos an, sie an dieser Stelle zu kritisieren – ein bisschen wie ein Aufbegehren gegen den Kapitalismus. Wenn die Gamification der Welt unser Leben in eine schlechte Version eines Videospieles verwandelt hat, ist dies vielleicht der perfekte Moment, um uns wieder damit vertraut zu machen, warum echte Videospiele überhaupt so großartig sind. Vielleicht sollten wir alle, um eine Idee von McGonigal zu übernehmen, anfangen, bessere Spiele zu spielen. ●



"ICH NUTZE TECHNOLOGIE,
UM IN UNSEREN FABRIKEN
DATENBASIERTE ENTSCHEIDUNGEN
ZU ERMÖGLICHEN." L'ORÉAL

SOFIA,
PERFORMANCE IMPROVEMENT INGENEURIN

MEHR
ERFAHREN



Gestalte mit uns die Zukunft der Schönheit - powered by Tech.

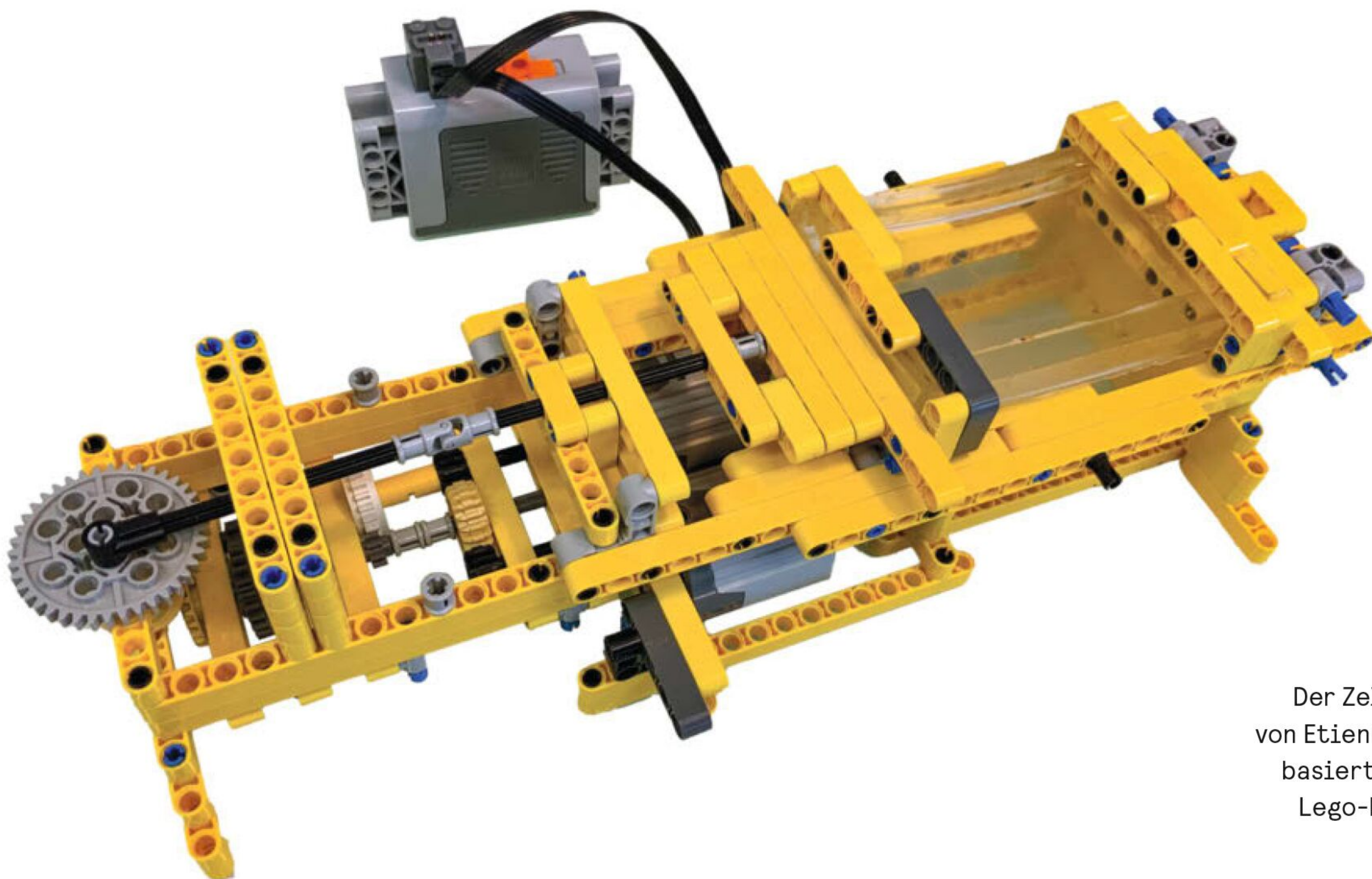
In der L'Oréal Gruppe gestalten wir die Zukunft der Schönheit durch Technologie. Unsere globalen Teams in Tech-Standorten, Fabriken und Innovationszentren arbeiten dafür eng zusammen. Für Sofia bedeutet dies, sicherzustellen, dass unsere Fabriken in Bezug auf Sicherheit, Qualität und Nachhaltigkeit durch datengestützte Echtzeit-Visualisierung ihre maximale Leistung erbringen.

L'ORÉAL
G R O U P E

**CREATE THE BEAUTY
THAT MOVES THE WORLD**

Lego fürs Labor

Wissenschaftler:innen verwenden Lego-Bausteine, um präzise funktionierende Mikroskope, Bioprinter und Chromatografen zu bauen – und machen so die Wissenschaft günstiger und zugänglicher. – Elizabeth Fernandez (Übersetzung: Jo Schilling)



Der Zellstrecker von Etienne Boulter basiert auf einem Lego-Baggerset.

Eines Morgens betrat Etienne Boulter sein Labor an der Universität Côte d'Azur in Nizza mit einem Lego-Technic-Baggerset unter dem Arm. Sein Plan: Aus den Teilen einen mechanischen Zellstrecker bauen. Boulter und sein Team erforschen die Mechanobiologie von Zellen – also wie mechanische Kräfte auf Zellen wirken.

Handelsübliche Zellstrecker kosten allerdings über 50 000 Dollar. Die Aufgabe für Boulters Team war, eine Lego-Vorrichtung zu konstruieren, die nur etwas mehr als 200 Dollar kostet. Es gelang: Ihr Lego-System streckt eine Silikonplatte, auf der Zellen wachsen. Sie verformen sich gemeinsam mit dem Silikon, und der Lego-Selbstbau kann damit etwa nachahmen, wie sich unsere Hautzellen dehnen.

Lego-Sets seien ideal für solche Konstruktionen, sagt Boulter: „In Lego Technic findet man die Motoren, die Räder, die Achsen – alles, was man braucht, um ein solches System zu bauen.“ Der Zellstrecker funktionierte so gut, dass sich bislang zehn Labors aus der ganzen Welt bei Boulter gemeldet haben, um die Pläne für den Bau zu bekommen.

Boulter ist einer von vielen Forschenden, die aus Lego-Bausteinen kostengünstige und dennoch äußerst effektive Laborgeräte konstruieren. Die Bausteine selbst sind robust

und werden mit kleinen Fertigungstoleranzen hergestellt. Es gibt Sensoren für diverse Aufgaben; sie können etwa verschiedene Farben erkennen, Drehbewegungen wahrnehmen und den Abstand zu einem Objekt messen.

PLASTIK FÜR DEN CHROMATOGRAFEN

Cassandra Quave und ihr Mann Marco Caputo, beide von der Emory University, haben aus Lego einen Chromatografen gebaut. Quave ist Ethnobotanikerin und beschäftigt sich mit der Dokumentation traditioneller Arzneimittel. Ihr Team reist tief in die Wälder und Dschungel der Welt und sammelt Proben von Blättern, Beeren und Samen, die es auf ihren pharmazeutischen Wert hin untersucht. Um chemische Verbindungen aus den Pflanzenproben zu isolieren, nutzt Quave Chromatografie: Sie leitet aus der Pflanze destillierte Flüssigkeiten über ein mit Kieselgel (oder anderen Trennmaterialien) gefülltes Glasrohr. Die Inhaltsstoffe aus der Pflanze haften unterschiedlich gut am Kieselgel und werden dadurch beim Durchwandern der Glassäule voneinander getrennt.

Das funktioniert nur mit sehr gutem Timing bei der Flüssigkeitsentnahme aus der Säule. Auf diese Momente zu war-

ten, ist nicht die sinnvollste Art, ihre Mitarbeiter:innen zu beschäftigen, dachte Quave, als sie eines Tages ins Labor kam und ihre Doktorandin Huaqiao Tang sah, wie sie ein Reagenzglas hielt und auf die Uhr schaute. „Das ist verrückt!“, sagte Quave lachend. „Wir können eine bessere Lösung finden!“

Als Quave ihrem Mann von ihrem Problem berichtete, brachte Caputo Lego aus der riesigen Sammlung ihrer vier Kinder mit und ließ seine Studierenden herumprobieren. Sie entwickelten einen Roboterarm, der wiederholte, präzise Bewegungen ausführen konnte und nach und nach kleine Flüssigkeitsmengen aus der Chromatographiesäule in Reagenzgläser abfüllte, um die Verbindungen aus dem Pflanzengewebe zu isolieren. Die Bewegungen des Geräts waren laut Quave so präzise, dass die chromatografierten Substanzen so gut getrennt und sauber waren, dass sie spontan Kristalle bildeten – ein Kriterium für besonders hohe Reinheit.

LEGO-3D-BIODRUCKER

An der Cardiff University in Wales hatten Christopher Thomas, Oliver Castell und Sion Coulman ähnlichen Erfolg beim Bau eines Zelldruckers. Die Forscher untersuchen Hautkrankheiten, Körperfette und die Wundheilung; Proben für diese Forschung sind aber nur schwer zu bekommen. Deshalb bauten sie einen 3D-Biodrucker aus Lego-Steinen, der ein Analogon der menschlichen Haut druckt – mit Biotinte, die lebende Zellen enthält.

Solche Drucker kosten normalerweise über 250 000 US-Dollar. Die Wissenschaftler bauten ihre Version für nur 550 Dollar. Zunächst waren ihre Kolleginnen und Kollegen skeptisch: Spielzeug in der

„In Lego Technic findet man die Motoren, die Räder, die Achsen – alles, was man braucht, um ein solches System zu bauen.“

Christopher Thomas, Oliver Castell und Sion Coulman (v.l.) von der Universität Cardiff haben einen Lego-Zelldrucker gebaut, den Forschungsgruppen auf der ganzen Welt bereits kopiert haben.

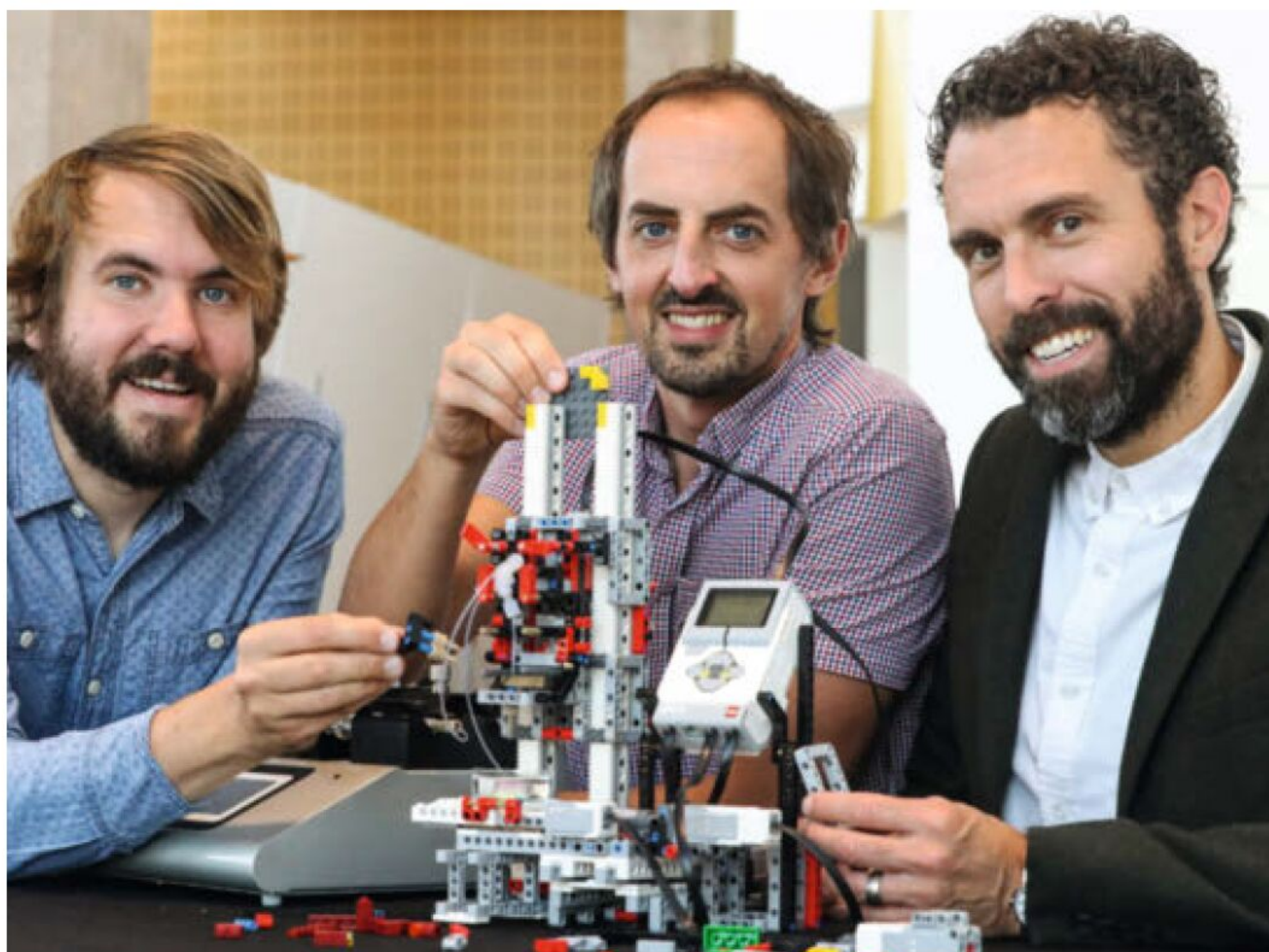
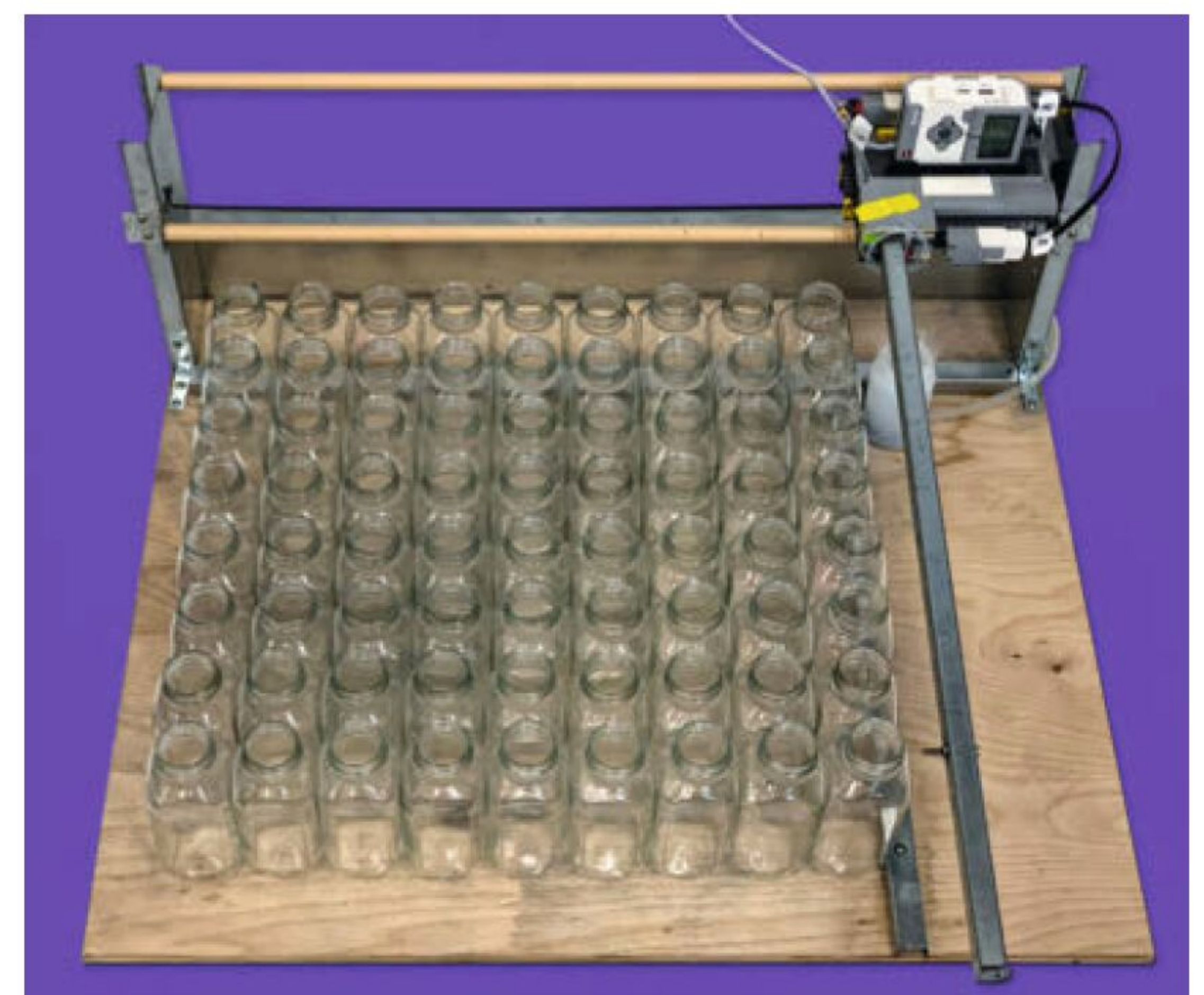


Foto: Cardiff University Foto: Cassandra Quave



Über den Lego-Antrieb rechts oben füllt das Gerät von Cassandra Quave kleine Portionen aus der Chromatographiesäule in Gläser ab, um Naturstoffe zu trennen.

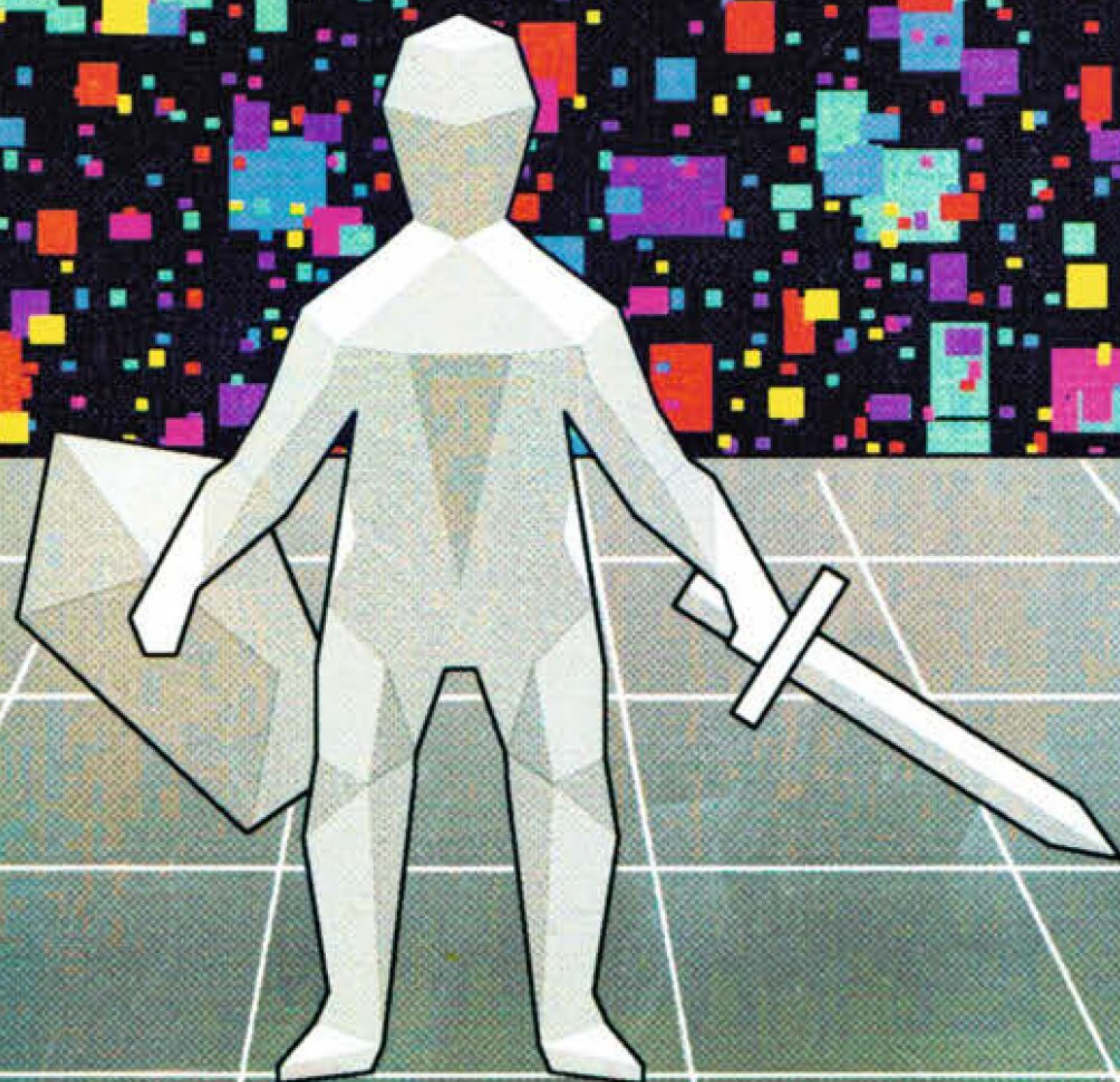
Wissenschaft? Doch nachdem sie den Drucker bei der Arbeit gesehen hatten, waren sie überzeugt. Das Team machte landesweit Schlagzeilen, und andere Gruppen bauten das Modell nach.

Nicht immer ist der Preis der Grund für kreative Laborkonstruktionen: Der Biophysiker Timo Betz von der Universität Göttingen sollte für die Kinderuni in Münster einen Vortrag über Naturwissenschaften halten. Dafür konnte er sein Mikroskop nicht mit auf die Bühne bringen – es war schlichtweg zu groß. Als er seinen achtjährigen Sohn Emil beim Spielen beobachtete, kam er auf die Idee, ein leicht zu transportierendes Lego-Mikroskop für seine Vorträge zu bauen.

Sein Sohn war sofort mit an Bord. „Lass uns das machen!“, sagte er. Zusammen mit Bart Vos, einem Uni-Kollegen, bauten sie ein Mikroskop, das mit Ausnahme zweier optischer Linsen vollständig aus Lego-Teilen bestand. Das Mikroskop war zu schade, um nur in der Kinderuni eingesetzt zu werden. Also veröffentlichten sie die Konstruktionspläne, sodass Schüler:innen ab 12 Jahren ihr eigenes bauen können, um die grundlegenden Konzepte der Optik zu erlernen.

Wie Timo Betz handeln viele bastelnde Wissenschaftler:innen. Sie stellen ihre Modelle Open Source zur Verfügung oder veröffentlichen die Pläne auf GitHub. Das ist ein großer Vorteil für Forscher:innen auf der ganzen Welt, vor allem für diejenigen, die nur über begrenzte finanzielle Mittel verfügen – ganz gleich, ob es sich um neue Fakultätsmitglieder, Wissenschaftler:innen an kleineren Universitäten oder Menschen handelt, die versuchen, gute Wissenschaft in Ländern mit schlechter Forschungsinfrastruktur zu betreiben. Der Plastikbaustein und ein ausgeprägter Spieltrieb machen Wissenschaft für alle leichter zugänglich. ●

START



Das Erwachen der NPCs

KI-gesteuerte Nicht-Spieler-Charaktere (NPCs) könnten Games und andere virtuelle Welten in etwas völlig Neues verwandeln. Aufregender, eigensinniger – und manchmal ein wenig unheimlich. – Niall Firth (Übersetzung: Wolfgang Stieler)

Ich habe erst vor etwas mehr als einem Jahr angefangen, Videospiele zu spielen. Unser Weihnachtsgeschenk „für die Kinder“, eine Xbox Series S, hat mich – wie sich herausstellte, ziemlich leicht – in die Welt der nächtlichen Gaming-Sessions hineingezogen. *Red Dead Redemption 2 (RDR2)* hat mich umgehauen. Es ist eines dieser Open-World-Spiele, deren Reiz darin besteht, dass man keine festen Aufgaben erfüllen muss, sondern die Spielwelt komplett auf eigene Faust erkunden kann. Ich ritt auf meinem Pferd durch verschlafene Städte, trank im Saloon, besuchte ein Varieté-Theater und kämpfte gegen Kopfgeldjäger. Eines Tages schlug ich einfach mein Lager auf einem abgelegenen Hügel auf, um Kaffee zu kochen und auf das neblige Tal unter mir hinabzuschauen.

Damit sie sich lebendig anfühlen, werden Open-World-Spiele von einer riesigen Menge computergesteuerter Charaktere bevölkert. Diese animierten Menschen – sogenannte NPCs, für Non-Player-Character oder auf Deutsch Nicht-Spieler-Charaktere – bevölkern die Bars und Straßen der Stadt oder Raumhäfen der Spiele. Sie sorgen dafür, dass sich diese virtuellen Welten bewohnt anfühlen. Oft, aber nicht immer kann man mit ihnen sprechen. Nach einer Weile zwingt einen jedoch das sich stets wiederholende Geplauder, sich der Wahrheit zu stellen: Dies ist nur ein Spiel, die Antworten der NPCs sind streng programmiert. Die Illusion beginnt zu schwinden.

Doch das muss nicht so bleiben. Generative KI öffnet die Tür zu völlig neuen Arten von Interaktionen in Spielen, die offen, kreativ und unerwartet sind. Die Illusion muss nicht mehr schwinden. Die Spielwelt kann fortan immer neu und überraschend bleiben.

Das Feld ist noch sehr neu, aber extrem angesagt. Im Jahr 2022 gründete die Risikokapitalgesellschaft Andreessen Horowitz den Games Fund, einen 600 Millionen Dollar schwe-

ren Fonds, der sich auf Gaming-Start-ups spezialisiert hat. Die Firma, auch bekannt als A16Z, hat nun in zwei Studios investiert, die ihre eigenen Versionen von KI-NPCs entwickeln wollen. Eine zweite Finanzierungsrunde über 600 Millionen US-Dollar wurde im April 2024 angekündigt.

Einige in der Branche glauben, dass diese Entwicklung nicht nur zukünftige Open-World-Spiele unglaublich fesselnd machen wird, sondern letztendlich verändern könnte, was es bedeutet, zu spielen.

SPIELE DER ACHTZIGER

Wie Videospiele funktionieren, hat sich im Laufe der Jahre nicht wesentlich verändert. Sicher, die Grafik ist realistischer geworden. Die Spiele sind größer. Aber die Art und Weise, wie man mit den Figuren und der Spielwelt um sich herum interagiert, basiert immer noch auf den gleichen jahrzehntelangen Konventionen.

„Bei Mainstream-Spielen sehen wir immer noch Variationen der Formel, die wir seit den 1980er-Jahren haben“, sagt Julian Togelius, Informatikprofessor an der New York University. Teil dieser bewährten Formel ist eine Technik, die als Dialogbaum bezeichnet wird und in der alle möglichen Antworten eines NPCs abgebildet sind. Welche Antwort Spielende erhalten, hängt davon ab, welchen Zweig des Dialogbaums sie gewählt haben.

In den teuersten und bekanntesten Spielen, den sogenannten AAA-Spielen wie *Elden Ring* oder *Starfield*, wird ein tieferes Eintauchen in die Spielwelt durch den Einsatz besonders umfangreicher Dialogbäume erreicht. *RDR2* enthält Berichten zufolge schätzungsweise 500 000 Dialogzeilen, die von etwa 700 Schauspielerinnen und Schauspielern gesprochen werden.

Für Start-ups wie Inworld AI ist diese Situation eine Chance. Das in Kalifornien ansässige Unternehmen entwickelt Tools, um NPCs im Spiel zu erstellen, die mit dynamischen, nicht geskripteten Dialogen und Aktionen auf Spielende reagieren – sodass sie sich nie wiederholen. Das Unternehmen, das mittlerweile einen Wert von 500 Millionen US-Dollar hat, ist dank der Unterstützung des ehemaligen Google-CEOs Eric Schmidt und anderer hochkarätiger Investoren das am besten finanzierte KI-Gaming-Start-up überhaupt.

„Rollenspiele bieten uns eine einzigartige Möglichkeit, verschiedene Realitäten zu erleben“, erklärt Kylan Gibbs, CEO und Gründer von Inworld. Aber etwas habe immer gefehlt. „Im Grunde sind die Charaktere darin tot“, sagt er. „Die Tatsache, dass es in Spielen – die wohl die fortschrittlichste Version des Geschichtenerzählens sind – keine lebendigen Charaktere gibt, empfanden wir als ein ziemlich großes Problem.“

Die Spielenden selbst erkannten ziemlich schnell, dass große Sprachmodelle (LLM) helfen könnten, diese Lücke zu schließen. Im vergangenen Jahr entwickelten einige von ihnen mit ChatGPT-Mods eine Möglichkeit, das beliebte Rollenspiel *Skyrim* zu verändern. Die Mods ermöglichen es den Spielenden, mit der riesigen Anzahl an Charakteren des Spiels über einen kostenlosen Chat mit LLM-Unterstützung zu interagieren. Die Ergebnisse gaben ihnen zwar einen Einblick in das, was möglich sein könnte, waren aber letztendlich ein wenig enttäuschend: Obwohl die Gespräche offen waren, wirkten die Interaktionen der Charaktere gestelzt und es kam zu Verzögerungen, während ChatGPT jede Anfrage verarbeitete.

Inworld möchte diese Art der Interaktion optimieren. Entwickler:innen können mit der Software Inworld Studio die Persönlichkeit eines Charakters entwerfen, einschließlich Vorlieben und Abneigungen, Motivationen oder Hintergrundge-

schichte. Mit Schiebereglern können sie einstellen, wie intro- oder extrovertiert der NPC werden soll, wie un- oder selbstsicher er wirken darf. Und sie können auch Freitext verwenden, um den Charakter beispielsweise betrunken oder aggressiv anzulegen – es geht so ziemlich alles.

Entwickler:innen können auch Beschreibungen hinzufügen, wie ihr Charakter sprechen soll, inklusive Beispielen für häufig verwendete Phrasen. Diese Beschreibungen wandeln die verschiedenen KI-Modelle von Inworld, einschließlich LLMs, dann in einen zum Charakter passenden Dialog um.

Auch andere Informationen können von den Spieleentwickler:innen in das System eingespeist werden: was der Charakter über die Welt weiß und was nicht (idealerweise ohne Taylor-Swift-Referenzen in einem mittelalterlichen Kampfspiel) und alle relevanten Sicherheitsvorkehrungen (flucht ihr Charakter oder nicht?). Mithilfe von Erzählsteuerungen können sie sicherstellen, dass der NPC sich an die Geschichte hält und in seinen Gesprächen nicht völlig vom Thema abweicht. Die Idee ist, dass die Charaktere dann in Grafik-Engines für Videospiele wie Unity oder Unreal Engine importiert werden können, um ihnen einen Körper und Merkmale hinzuzufügen. Inworld arbeitet mit dem Text-to-Voice-Start-up ElevenLabs zusammen, um natürlich klingende Stimmen hinzuzufügen.

Die Technologie von Inworld ist zwar bislang noch in keinem AAA-Spiel zum Einsatz gekommen, aber auf der Game Developers Conference (GDC) in San Francisco im März 2024 stellte das Unternehmen zusammen mit Nvidia eine frühe Demo vor. In *Covert Protocol* agiert beispielsweise jeder Spielende als Privatdetektiv:in, der oder die einen Fall mithilfe von Informationen der verschiedenen NPCs im Spiel lösen muss. Auf der GDC stellte Inworld außerdem eine Demo namens *NEO*



In Open-World-Spielen wie *Red Dead Redemption 2* können die Spielenden verschiedene Interaktionen innerhalb derselben simulierten Situation wählen.



„Bei Mainstream-Spielen sehen wir immer noch Variationen der Formel, die wir seit den 1980er-Jahren haben.“

NPC vor, die in Zusammenarbeit mit Ubisoft entstanden ist. In *NEO NPC* können Spielende mithilfe einer Voice-to-Text-Software frei mit NPCs interagieren und durch Gespräche eine tiefere Beziehung zu ihnen aufbauen.

LLMs geben uns die Möglichkeit, Spiele dynamischer zu gestalten, sagt Jeff Orkin, Gründer von Bitpart AI. Das Start-up zielt darauf ab, ganze Gruppen von LLM-gesteuerten NPCs zu erstellen, die in Spiele importiert werden können. Der Ansatz von Bitpart ist zum Teil von Orkins Doktorarbeit am Media Lab des MIT inspiriert. Dort trainierte er KIs darin, soziale Situationen im Rollenspiel nachzustellen. Dafür verwendete er Spielprotokolle von Menschen, die in Multiplayer-Spielen die gleichen Dinge miteinander taten.

Die von Bitpart erstellten Charaktere werden mithilfe eines umfangreichen Sprachmodells trainiert und dann so verfeinert, dass die Interaktionen im Spiel nicht völlig offen und unendlich sind. Stattdessen verwendet das Unternehmen ein LLM und andere Tools, um ein Skript zu erstellen, das eine Reihe möglicher Interaktionen abdeckt. Daraus wählt ein menschlicher Spieledesigner oder eine Spieledesignerin dann einige aus. Orkin beschreibt den Prozess als das Erstellen der Legosteine der Interaktion. Ein Algorithmus im Spiel sucht nach bestimmten Bausteinen, um sie zum richtigen Zeitpunkt aneinanderzureihen.

Der Ansatz von Bitpart könnte einige reizvolle Momente im Spiel schaffen. In einem Restaurant lässt sich beispielsweise ein Kellner oder eine Kellnerin um etwas bitten, aber der Barkeeper oder die Barkeeperin hört zu und macht mit. Die KI von Bitpart arbeitet derzeit mit der Online-Spieleplattform Roblox zusammen. Orkin sagt, dass das Unternehmen gerade Tests mit AAA-Spielestudios durchführt. Mit welchen, verrät er nicht.

DAS UNMÖGLICHE MÖGLICH MACHEN

Die Mission von Frank Lantz geht noch einen großen Schritt weiter. Er will nicht die Immersion bestehender Spielarten verbessern, er will das Spielen mit KI verändern. Seine erste Reaktion auf generative KI war instinktiv: „Ich dachte, oh mein Gott, das ist meine Bestimmung und dafür wurde ich auf die Welt gebracht.“

Lantz ist seit Jahrzehnten an vorderster Front in der Spielebranche und im Bereich KI tätig, erlangte jedoch vor einigen Jahren Kultstatus, als er das Spiel *Universal Paperclips* entwickelte. Bei diesem einfachen In-Browser-Spiel haben die Spielenden die Aufgabe, so viele Büroklammern wie möglich herzustellen. Es ist eine Anlehnung an das berühmte Gedankenexperiment des Philosophen Nick Bostrom, in dem dieser

sich eine KI vorstellte, die die gleiche Aufgabe erhält – und die Aufgabe löst, indem sie sämtliche Materie im Universum in Büroklammern verwandelt.

Lantz sprudelt vor Ideen, wie man generative KI einsetzen kann. Eine davon ist, ein neues Kunstwerk zu erleben, während es entsteht, wobei Spielende an seiner Entstehung teilnehmen. „Man ist sozusagen mitten in Herr der Ringe, während es geschrieben wird. Man ist mitten in einem literarischen Werk, das sich in Echtzeit um einen herum entfaltet“, sagt er. Er stellt sich auch Strategiespiele vor, bei denen die Spieler:innen und die KI zusammenarbeiten, um neu zu erfinden, um welche Art von Spiel es sich handelt und welche Regeln gelten, sodass es nie zweimal dasselbe Spiel ist.

Das könnte Spiele bedeuten, die anders sind als alles, was wir bisher gesehen haben. Spielerfahrungen, die sich entfalten, während sich die Beziehungen der Charaktere zueinander verschieben und verändern. Spiele, bei denen es weniger um Action und mehr um Gespräche, Beziehungen und Persönlichkeiten geht.

Informatikprofessor Julian Togelius stellt sich neue Welten vor, die auf die eigenen Wünsche und Bedürfnisse der Spielenden reagieren und mit NPCs bevölkert sind, die die Spielenden im Laufe des Spiels unterrichten oder beeinflussen müssen. Stellen Sie sich vor, Sie interagieren mit Charakteren, deren Meinung sich ändern kann, die Sie überzeugen oder motivieren müssen, auf eine bestimmte Weise zu handeln – sagen wir, mit Ihnen in den Kampf zu ziehen.

Lantz arbeitet derzeit an einem Prototyp eines Spiels, in dem die Prämisse lautet, dass die spielende Person tot aufwacht und sich im Jenseits in einer billigen, synthetischen Version dieser Welt befindet. Sie muss eine Stadt mit tausenden NPCs erkunden, um herauszufinden, wie sie dort gelandet ist. Bei seinen ersten Experimenten hatte Lantz einige unheimliche Momente, in denen ihn das Gefühl überkam, dass die Charaktere mehr zu wissen schienen, als sie sollten – ein Gefühl, das Menschen, die schon einmal mit LLMs gespielt haben, bekannt vorkommen dürfte. „Wenn man Strom durch den Kadaver eines Frosches leitet, bewegt sich der Frosch“, sagt er. „Und wenn man eine Berechnung im Wert von 10 Millionen Dollar durch das Internet laufen lässt ... bewegt sie sich wie ein Frosch.“ Sie scheint zum Leben zu erwachen.

CHARAKTERE MIT EIGENLEBEN

Das Gefühl, mit etwas wirklich Lebendigem zu tun zu haben, könnte sich sogar noch weiter verstärken, wenn die mit generativer KI entwickelten NPCs miteinander interagieren. Und zwar auch dann, wenn die Spieler:innen nicht da sind, um zu-

zusehen – als würde man über eine Spielzeugkiste spähen, die auf magische Weise zum Leben erwacht ist.

Wie das aussehen könnte, haben Joon Sung Park und Kollegen und Kolleginnen von der Stanford University bereits ausprobiert. Sie haben ein Spiel namens *Smallville* mit 25 simulierten Charakteren entwickelt, die mit generativer KI betrieben wurden. Jeder von ihnen erhielt einen Namen und eine einfache Biografie, bevor er in Gang gesetzt wurde. Als sie zwei Tage lang miteinander interagieren durften, begannen sie, menschenähnliche Gespräche und Verhaltensweisen zu zeigen, einschließlich der Fähigkeit, sich aneinander zu erinnern und über ihre früheren Interaktionen zu sprechen.

Die Forscher:innen forderten beispielsweise eine Figur auf, eine Valentinstagsfeier zu organisieren, und ließen die Simulation dann laufen. Diese Figur verschickte Einladungen in der Stadt, während andere Mitglieder der Gemeinschaft sich gegenseitig zur Party einluden und alle zur richtigen Zeit am Veranstaltungsort eintrafen. All dies wurde durch Gespräche bewerkstelligt, und frühere Interaktionen zwischen den Figuren wurden in ihren „Erinnerungen“ als natürliche Sprache gespeichert.

Für Park sind die Auswirkungen auf das Gaming enorm. „Das ist genau die Art von Technologie, auf die die Gaming-Community für ihre NPCs gewartet hat“, sagt er.

Seine Forschung hat Spiele wie *AI Town* inspiriert, ein interaktives Open-Source-Erlebnis auf GitHub, bei dem menschliche Spielende in einem einfachen Top-Down-Spiel mit KI-NPCs interagieren können. Man kann die NPCs ein paar Tage lang sich selbst überlassen und dann nachsehen, was sie in der Zwischenzeit gemacht haben, indem man die Transkripte der Interaktionen liest, die während der eigenen Abwesenheit stattgefunden haben. Jeder und jede kann den Code von *AI Town* verwenden, um neue NPC-Erfahrungen durch KI zu erstellen.

Daniel De Freitas ist Mitbegründer des Start-ups Character AI, das es Benutzern und Benutzerinnen ermöglicht, ihre

eigenen LLM-gestützten Charaktere zu generieren und mit ihnen zu interagieren. Er ist überzeugt, dass die Revolution der generativen KI die Entstehung neuer Spielarten ermöglichen wird. Spielende „schließen sich einem Abenteuer an, das immer stattfindet und das die KIs spielen“, stellt er sich vor. „Es ist das Äquivalent zum Besuch eines Themenparks voller Schauspieler, aber im Gegensatz zu den Schauspielern glauben die KIs wirklich, dass sie in diesen Rollen sind.“

Wenn Sie jetzt an die Science-Fiction-Serie *Westworld* denken, in denen humanoide Roboter ein Eigenleben entwickeln, sind Sie nicht allein. Es gibt viele Geschichten über Menschen, die ihre einfachen Spielcharaktere im Game zum Spaß foltern oder töten. Würde die Misshandlung von NPCs, die als echte Menschen durchgehen, eine ethische Grenze überschreiten? Das werfe komplexe Fragen auf, fügt Lantz hinzu. „Eine davon lautet: Welche ethischen Dimensionen hat vorgetäuschte Gewalt? Und die andere lautet: Ab wann werden KIs zu moralischen Akteuren, denen man Schaden zufügen kann?“

Es gibt noch weitere potenzielle Probleme. Eine immersive Welt, die sich real anfühlt und niemals endet, könnte gefährlich süchtig machen. Einige Nutzer:innen von KI-Chatbots haben bereits berichtet, dass sie Stunden oder sogar Tage im Gespräch mit ihren Kreationen verbracht haben. Besteht die Gefahr, dass dieselben parasozialen Beziehungen auch mit KI-NPCs entstehen könnten?

„Wir müssen uns vielleicht irgendwann Sorgen machen, dass Menschen ungesunde Beziehungen zu Spielfiguren aufbauen“, sagt Togelius. Bisher konnten Spielende leicht zwischen Spiel und echtem Leben unterscheiden. KI-NPCs könnten das jedoch ändern, sagt er.

Nicht alle sind davon überzeugt, dass endlose Gespräche zwischen Spielenden und NPCs das sind, was wir uns für die Zukunft der Spiele wirklich wünschen.

„Die Idee eines Spiels, in dem man überall hingehen, mit jedem sprechen und alles tun kann, war schon immer der Traum einer bestimmten Art von Spielenden. In der Praxis steht diese Freiheit jedoch oft im Widerspruch zu dem, was wir von einer Geschichte erwarten“, sagt Mike Cook, KI-Forscher und Spieledesigner.

Mit anderen Worten: Wenn man einen Großteil der Dialoge selbst generieren muss, kann das tatsächlich langweilig werden. „Wenn einem nichts Interessantes oder Dramatisches einfällt, was man sagen könnte, oder man einfach zu müde oder gelangweilt ist, um sich etwas auszudenken, dann liest man im Grunde genommen seine eigene, sehr schlechte kreative Fiktion“, sagt Cook.

Auch Orkin glaubt nicht, dass Gespräche, die in alle Richtungen gehen können, tatsächlich das sind, was die meisten Spielenden wollen. „Ich möchte ein Spiel spielen, das von einer Gruppe sehr talentierter, kreativer Menschen wirklich durchdacht wurde und eine fesselnde Geschichte und Welt geschaffen hat“, sagt er.

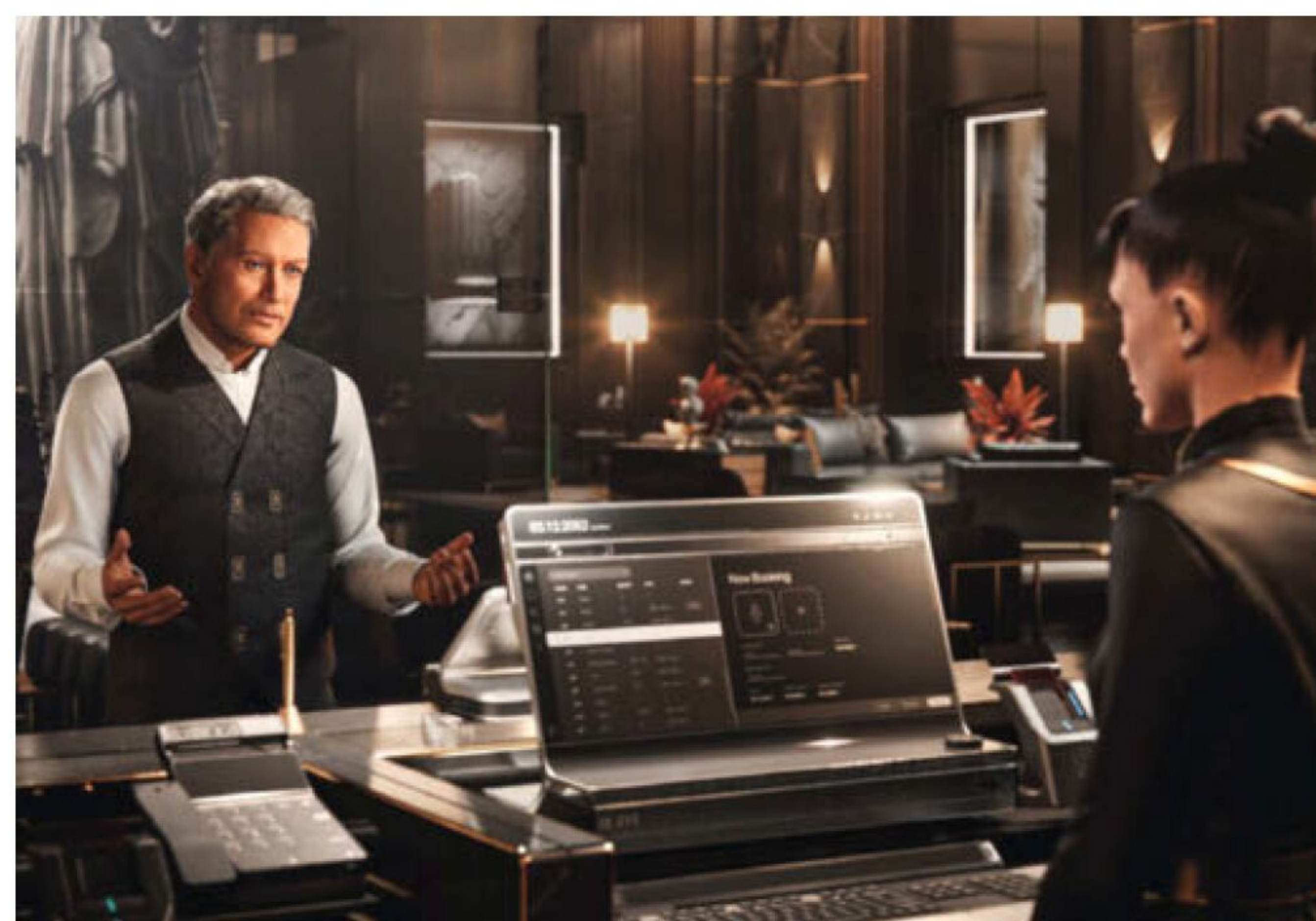
Ein Ansatz könnte darin bestehen, KI-Spielerlebnisse straff und fokussiert zu halten. Hilary Mason, CEO des Gaming-Start-ups Hidden Door, scherzt gerne, dass ihre Arbeit „handwerkliche KI“ sei. Sie komme schließlich aus Brooklyn, sagt ihr Kollege Chris Foster, Game Director des Unternehmens, lachend.

Hidden Door, das noch keine Produkte auf den Markt gebracht hat, entwickelt Rollenspiel-Textabenteuer, die auf klassischen Geschichten basieren und die der oder die Benutzer:in

Das 2016 erschienene *No Man's Sky* bietet endlose Planeten zum Erkunden an. Dennoch war es für viele eine Enttäuschung.



„Ab wann werden KIs zu moralischen Akteuren, denen man Schaden zufügen kann?“



In *Covert Protocol* schlüpfen die Spieler:innen in die Rolle von Privatdetektiven, die mithilfe verschiedener NPCs im Spiel einen Fall lösen müssen.

Gamer:innen haben ChatGPT-Mods für das beliebte Rollenspiel *Skyrim* entwickelt.

steuern kann. Es ist wie *Dungeons & Dragons* für das Zeitalter der generativen KI. Es kombiniert klassische Tropen für bestimmte Abenteuerwelten mit einer kommentierten Datenbank aus Tausenden von Wörtern und Phrasen und verwendet dann eine Vielzahl von maschinellen Lernwerkzeugen, einschließlich LLMs, um jede Geschichte einzigartig zu machen. Die Spieler:innen durchlaufen eine halbstrukturierte Erzählung und tippen frei in Textfelder, um ihre Figur zu steuern. Das Ergebnis fühlt sich ein bisschen so an, als würde man einen KI-generierten Roman mit Post-it-Notizen von Hand annotieren.

In einer Demo mit Mason konnte ich beobachten, wie ihre Figur ein Krankenhaus infiltrierte und versuchte, sich in den Server zu hacken. Jeder Vorschlag veranlasste das System, den nächsten Teil der Geschichte zu entwickeln, wobei das große Sprachmodell spontan neue Beschreibungen und Objekte im Game erstellte. Jedes Spiel dauert zwischen 20 und 40 Minuten. Die festgelegte Länge und die zusätzliche menschliche Note – Masons handwerklicher Ansatz – geben den Spielerinnen und Spielern „etwas wirklich Neues und Magisches“, sagt Foster.

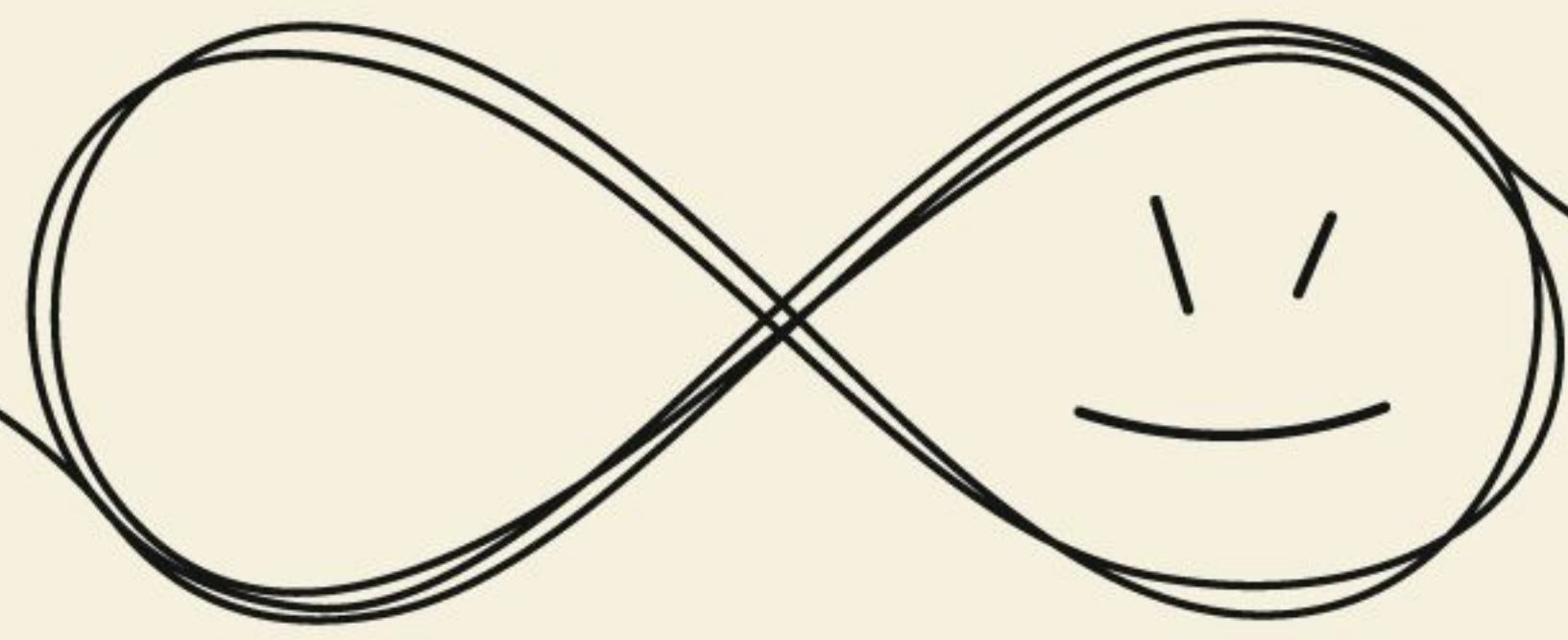
MEHR ALS NUR SPIELE

Park glaubt, dass eine generative KI, die NPCs in Spielen lebendig erscheinen lässt, in Zukunft auch andere, grundlegendere Auswirkungen haben kann. Er ist zum Beispiel von der Idee begeistert, generative KI-Agenten zu nutzen, um das Ver-

halten echter Menschen zu simulieren. So könnten sie eingesetzt werden, um beispielsweise die wahrscheinliche Reaktion auf eine neue Wirtschaftspolitik zu testen. Tatsächlich haben Soziologinnen und Soziologen bereits mithilfe von LLM-Agenten das Wording von Umfragen getestet, um zu sehen, ob ihre Fragen geeignet sind, bestimmte Einstellungen trennscharf herauszufinden.

Und während Inworld daran arbeitet, Videospiele noch fesselnder zu machen, hat das Unternehmen gleichzeitig mit LG in Südkorea kooperiert. Das Ziel ist, Charaktere zu erschaffen, mit denen Kinder chatten können, um ihre Englischkenntnisse zu verbessern. Andere nutzen die Technologie von Inworld, um interaktive Erlebnisse zu generieren. Eines davon, genannt *Moment in Manzanar*, wurde entwickelt, um den Spielenden zu helfen, sich in die japanisch-amerikanischen Bürger:innen hineinzusetzen, die während des Zweiten Weltkriegs von der US-Regierung in Internierungslagern festgehalten wurden. Die Benutzer:innen können darin mit einer fiktiven Figur namens Ichiro sprechen, die darüber berichtet, wie es war, im Lager Manzanar in Kalifornien festgehalten zu werden.

Was auch immer als Nächstes kommt, wir haben es uns wahrscheinlich noch nicht einmal vorgestellt, glaubt Lantz. „Und vielleicht geht es gar nicht um eine simulierte Welt mit erfundenen Charakteren“, sagt er. „Vielleicht ist es etwas ganz anderes. Ich weiß es nicht. Aber ich bin neugierig darauf, es herauszufinden.“ ●



Die unendliche Geschichte

Warum die Zukunft von Computerspielen ganz viel mit ihrer Vergangenheit zu tun hat und was große Sprachmodelle darin für eine Rolle spielen. – Wolfgang Stieler

Spiele haben eine erstaunliche Ähnlichkeit mit Büchern. Sie bieten eine Hintergrundgeschichte, Charaktere mit unterschiedlichen Zielen und einen sich entwickelnden Plot, basierend auf den Handlungen der Spieler:innen. Und wie in Büchern ist der Plot irgendwann auserzählt, das Spiel ist vorbei. Es noch einmal zu spielen, wäre reizlos.

Aber das ändert sich gerade – dank KI (siehe Seite 29). Denn große Sprachmodelle könnten schon bald einen alten Traum Wirklichkeit werden lassen: die Geschichten hinter den Games selbst zu etwas quasi Lebendigem, einem sich entwickelnden, sich ständig neu anpassenden Ding zu machen. Eine Geschichte, die sich selbst ihre eigene Geschichte erzählt. Der Ursprung dieser Idee ist weit älter als die heutigen KI-Systeme. Sie geht zurück auf die Urform aller Computergames: das Textadventure. Und sie schlägt darüber auch eine Brücke in die Zukunft.

ALLEIN IN DER GROSSEN HÖHLE

Blicken wir zurück in die 1970er-Jahre. Unerschrockene Pionierinnen und Pioniere des Informationszeitalters hacken Code in klobige Textterminals von Großrechnern. Sie arbeiten am Arpanet, einem dezentralen Verbund dieser Großrechner, aus dem später das Internet werden wird.

Einer von ihnen ist Will Crowther. Er arbeitet für das Unternehmen BBN an der Implementierung der neuen Netzwerkprotokolle auf einer PDP-10, einem Zentralrechner der Digital Equipment Corporation (DEC). Diese kleiderschrankgroßen

Geräte sind an US-Forschungseinrichtungen extrem beliebt, weil sie vergleichsweise billig sind und sich gut miteinander im frühen Arpanet vernetzen lassen.

Mitte der 1970er-Jahre verbringt Crowther jedoch nicht nur seine Arbeitszeit, sondern auch seine Freizeit am Computer. Denn er muss eine schwierige Phase in seinem Privatleben verarbeiten: die Trennung von seiner Frau Patricia, mit der er Höhlen erforscht hatte. Um das zu tun, schreibt er ein Computerspiel, in dem er die gemeinsamen Expeditionen mit Patricia in der großen Mammut-Höhle von Kentucky festhält.

Das minimalistische Interface von *Colossal Cave Adventure* beschreibt die Umgebung und wartet dann auf Eingaben des Spielers oder der Spielerin. Es gibt keine Liste festgelegter Kommandos. Was man tun kann, wie man Gegenstände verwendet und sie gegebenenfalls miteinander kombiniert, findet man nur durch Experimente heraus. Crowther veröffentlichte das Spiel 1975 auf dem BBN-Computer, und über das Arpanet verbreitete es sich schnell weiter.

DAS ABENTEUER IM KOPF

Die Spielmechanik von *Adventure* war keine komplett neue Erfindung. Denn Crowther war nicht nur Programmierer und Höhlenforscher, sondern hatte in seiner Studienzeit auch begeistert *Dungeons and Dragons* gespielt. „Pen and Paper“-Rollenspiele wie *Dungeons and Dragons* sind so etwas wie die Urformen von Computerspielen. In diesen Spielen gibt es allerdings eine menschliche Spielleitung, die das tut, was spä-

ter die Software übernehmen sollte: den Spielenden am Tisch zu sagen, wo sie sich gerade befinden und was aus ihren Handlungen folgt. Die Grundlage für solch ein Abenteuer ist ein sogenanntes Modul, das nur der „Dungeon Master“ kennt – ein schmales Heft, in dem das Szenario, die Raumpläne und alle Gegner:innen beschrieben werden. Je nachdem, wie die Spielenden agieren, wählt der Spielleiter oder die Spielleiterin aus verschiedenen alternativen Handlungssträngen, die das Modul vorsieht, die passende aus.

Inspiziert von *Adventure* schuf ein Team junger Entwickler am MIT 1979 eine erweiterte Version des Spiels, ergänzt durch Fantasy-Elemente wie grimmige Zwerge und gefährliche, goldgierige Drachen: *Zork*. Der Name des Spiels ist übrigens ein reines Nonsenswort, das ursprünglich nur als Platzhalter für einen richtigen Titel dienen sollte. Das Team übertrug den Code 1980 auf die ersten Kleincomputer und gründete mit Infocom ein erfolgreiches Game-Studio, das 1986 von Activision gekauft wurde.

Eine PDP-10-Workstation von DEC aus den 1970er-Jahren. Viele dieser Computer, auf denen bis zu zehn Nutzer:innen gleichzeitig arbeiten konnten, waren im Arpanet vernetzt, dem Vorläufer des Internets.



Eine Geschichte, die sich selbst ihre eigene Geschichte erzählt.



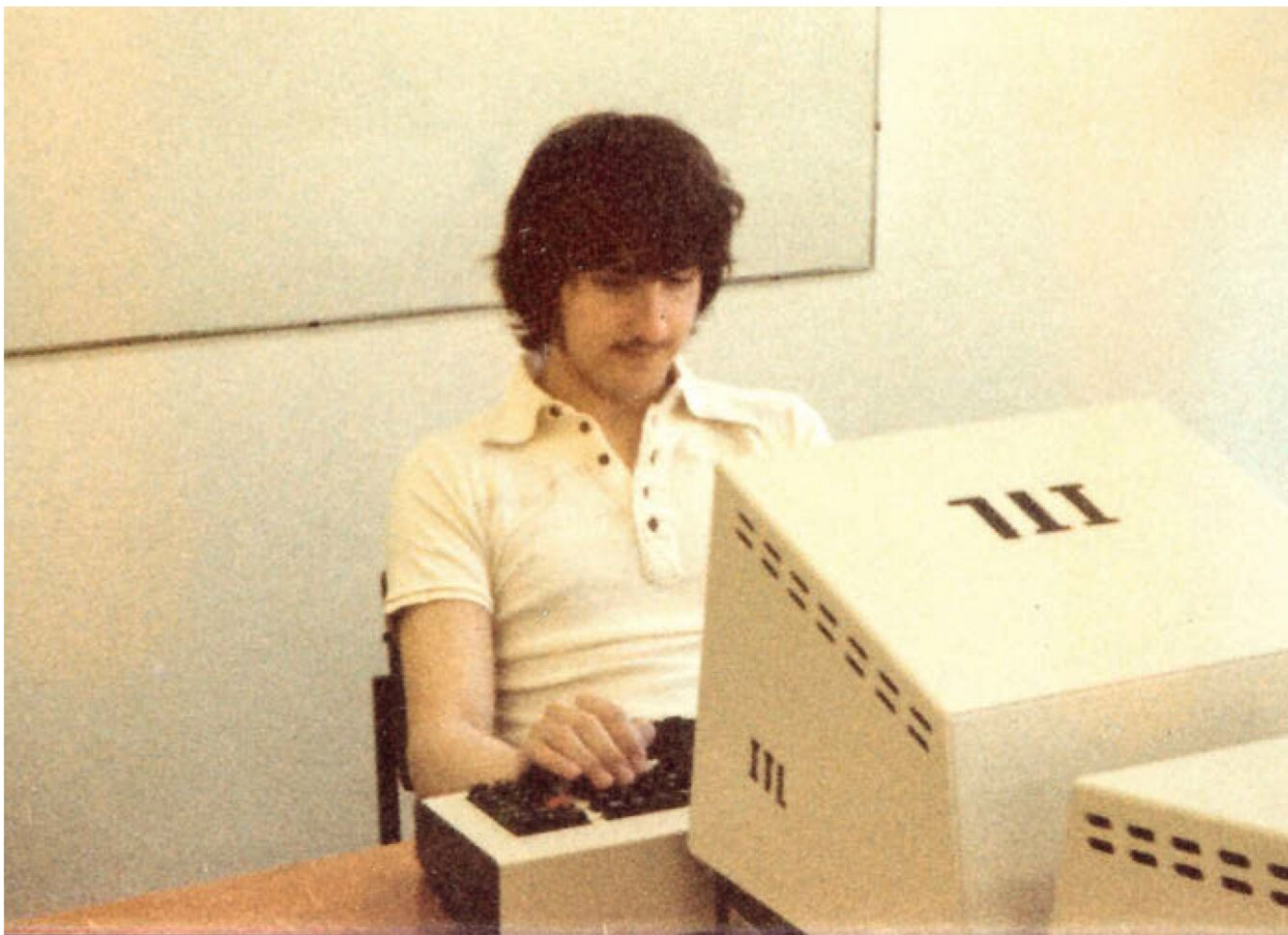
Die Mammut-Höhle in Kentucky diente als Inspiration für das erste Textadventure – den Urahn moderner Computerspiele.

Bei diesen frühen Spielen gab es allerdings noch keine Interaktion mit anderen von Menschen gesteuerten Charakteren. Für die sorgten 1978 die Studenten Richard Bartle und Roy Trubshaw von der University of Essex. Sie entwickelten ein Spiel, das zwar äußerlich wie die bisherigen Textadventures daherkam, in das sich aber mehrere Spieler:innen über das Internet gleichzeitig einloggen konnten – daher nannten sie ihre Schöpfung *Multi-User Dungeon 1* (MUD1).

Das Spiel ist wie seine Vorgänger eine Art Irrgarten mit Fallen und Monstern. Wer sich einloggt, wird begrüßt mit: „Dieses gemütliche Tudor-Zimmer ist der Ausgangspunkt für alle Abenteuer der British Legends. Die freiliegenden Eichenbalken und die weichen, mit Samt bezogenen Möbel bieten die ideale Atmosphäre, um sich zu entspannen, bevor man sich in dieses fremde, zeitlose Reich begibt ... Es gibt Ausgänge in alle Richtungen, von denen jeder in einen wabernden, magischen Nebel mit offensichtlich teleportativen Eigenschaften führt ...“ Alles beginnt harmlos, wird aber im Laufe der Zeit schnell unheimlicher. Wer wissen will, wie die Geschichte weitergeht, kann es immer noch online spielen unter www.british-legends.com.

SPIEL MIT IDENTITÄTEN

Mit der Interaktion boten MUDs den Userinnen und Usern nicht nur eine neue, zusätzliche Dimension des Spielerlebnisses; plötzlich konnten sie sich zusammentun oder auch gegeneinander kämpfen. Die Spielenden konnten nun auch in Gruppen anderer Menschen Identitäten ausprobieren und mit



Colossal Cave Adventure auf einem VT-100-Terminal. Da die damaligen Computerterminals nicht grafikfähig waren, lief alles über Text.

Roy Trubshaw von der University of Essex arbeitet am ersten Multi-User-Computerspiel der Welt: dem MUD1.

Rollen spielen – andere Geschlechter annehmen oder zu Fantasiewesen werden. Zudem boten MUDs zum ersten Mal echte Persistenz: Das Spiel hörte nicht auf, wenn man sich ausloggte. Im höchsten Level schließlich, als „Wizards“, konnten Spielende sogar das Spiel selbst verändern, eigene Räume schaffen, Objekte hinzufügen und eigene Missionen für Spieler:innen erstellen.

Durch diese neuen Möglichkeiten bildeten sich schnell Communities mit Feindschaften, Freundschaften und Beziehungen, Klatsch und Tratsch und Politik. Es gab leidenschaftliche Diskussionen über die ethische Bewertung virtueller Gewalt, den Ausschluss von Charakteren, die wiederholt gegen die Normen der virtuellen Gesellschaft verstießen, und den verantwortungsvollen Umgang mit nicht-menschlichen Charakteren (NPCs). All das lange vor *World of Warcraft* oder dem Metaverse – ohne Grafik, nur auf der Basis von Texten.

Die Soziologin Sherry Turkle, die die Psychologie und Kultur der Beziehungen zwischen Menschen und Maschinen untersuchte, schrieb 1994: „In den textbasierten virtuellen Realitäten, die heute bereits existieren, erkunden, konstruieren und rekonstruieren Menschen ihre Identität. Das tun sie in einer Umgebung, die von einem postmodernen Ethos getragen wird, das den Wert multipler Identitäten und des spielerischen Ausdrucks von Aspekten des Selbst betont. (...) Sie haben Gemeinschaften geformt, die privilegiert sind, über die sozialen, kulturellen und ethischen Probleme nachzudenken, die entstehen, wenn wir in programmierten Welten leben.“

ZURÜCK IN DIE ZUKUNFT

Zwar gibt es immer noch MUDs und textbasierte Computerspiele. Doch neben Spielen mit immer aufwendigerer Computergrafik und auf Action getrimmten Risiken sowie komplexen Fantasiewelten existieren sie nur noch in einer winzigen Nische. Es ist jedoch kein Zufall, dass zu den ersten, die die

neuen Möglichkeiten großer Sprachmodelle für Games erkannten, die Entwickler:innen eines neuen Textadventures gehörten. Bei *AI Dungeon* übernahm eine KI die Rolle des Dungeon-Masters. Sie startet von einem Basisszenario und entwickelt die Geschichte nach den Vorgaben der Userin oder des Users ständig weiter.

Allerdings hatten weder die Entwickler:innen noch OpenAI damit gerechnet, dass für manche Fans der Reiz eines solchen Spiels darin liegen könnte, die KI dazu zu bringen, besonders bizarre Szenarien zu entwerfen – voller Sex und Gewalt. Nachdem OpenAI zwischenzeitlich den Zugang komplett gesperrt hatte, nutzt *AI Dungeon* nun eine gefilterte Version von GPT-3.5. Parallel hat das Unternehmen eigene Sprachmodelle entwickelt.

Doch der Verlauf solcher KI-generierten Spiele ist oft inkonsistent, das Verhalten der KI-gesteuerten Charaktere unvorhersehbar. Verschiedene Forschungsgruppen experimentieren daher mit autonomen KI-Agenten, die frei in dem Spielszenario agieren. Diese Interaktion treibt die Geschichte voran und bestimmt die Richtung – die Zwerge können sich mit unzufriedenen Bauern zusammentun, um den Prinzen zu töten, oder sie schürfen brav weiter nach Gold. Auch diese Agenten werden von Sprachmodellen gesteuert, die sich gewissermaßen die Geschichte in verschiedenen Rollen gegenseitig erzählen. Um zu verhindern, dass die Charaktere untypisch handeln, bekommen sie über den Prompt Kontextinformationen zu übergeordneten Zielen und Motiven ihres Spielecharakters.

Erste Forschungsarbeiten dazu (heise.de/s/Dqzkz) zeigen das Potenzial dieses Ansatzes. Allerdings sind die Szenarien noch immer nicht sonderlich komplex, da die Sprachmodelle nur begrenzten Kontext verarbeiten können. Vor allem aber zeigen sie: Hübsche Grafik und die Spielmechanik sind nur die Kirschen auf der Sahne. Der Kern eines guten Spiels bleibt die erzählte Geschichte. Wird die lebendig und dynamisch, entwickelt sich ein völlig neues Spielerlebnis. ●

SPRECHEN Wir ~~schreiben~~ Zukunft.

Hör 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 Gast genauer beleuchtet.



Jetzt Reinhören:
mittechnologyreview.podigee.io

In dem Spiel *Echoes of Somewhere* hat KI die Herrschaft über die Welt errungen. Jussi-Petteri Kemppainen entwickelt das Game komplett solo – mithilfe von KI.



Upgrade für die Spieleentwicklung

KI-Tools können besonders Soloentwickler:innen viel Arbeit abnehmen. Das Problem ist nur: Sie werden vor allem von Profis genutzt – und sind ethisch fragwürdig. – Matthias Kreienbrink

Jussi-Petteri Kemppainen arbeitet seit gut 25 Jahren als Game Designer, Director und Artist in der Games-Industrie. Der 42-Jährige hat schon an Blockbuster-Spielen wie *Quantum Break* mitgearbeitet. Und seit einigen Jahren arbeitet er an einem eigenen Spiel – ganz alleine. Dafür nutzt er KI.

Seit generative KI-Sprach- und Bildmodelle wie ChatGPT oder Dall-E im Jahr 2022 der Öffentlichkeit zugänglich gemacht wurden, hat Künstliche Intelligenz in der Entwicklung von Vi-

deospielen stark an Relevanz gewonnen. In einer Branche also, in der KI von Anfang an eine bedeutende Rolle gespielt hat, sollen nun auch einzelne Independent-Entwickler:innen, die außerhalb der großen Studios arbeiten, endlich komplexe Spiele produzieren können. Und zwar ohne auf kostspielige Mitarbeit angewiesen zu sein – oder über viele Jahre an ihren Spielen zu werkeln, wie es bei bisherigen erfolgreichen Soloprojekten der Fall war. Aber klappt das auch wirklich?

Kemppainen hat im Sommer 2022 erste Erfahrungen mit den neuen KI-Tools gesammelt. „Damals habe ich Dall-E ausprobiert. Es war mehr als Gimmick gedacht, um an einem Adventure-Game zu arbeiten, bei dem ich seit längerer Zeit nicht vorangekommen war“, sagt er. Die Ergebnisse: nicht berauschend, aber brauchbar. Und er habe sehen können, dass da einiges an Potenzial drinstecke. „Ich hatte damals einfach keine Lust mehr, in meinen Hobbyprojekten auch noch Artwork zu erstellen. Das mache ich ja schon seit 25 Jahren hauptberuflich“, sagt er. In seinen Spielen, die er als Soloentwickler kreiert, wolle er die Fähigkeiten weiterentwickeln, die er in seinem Job kaum nutzen kann.

Wenige Monate später ging ChatGPT online. Für Kemppainen das perfekte Werkzeug: Er will, dass die Charaktere in seinem Spiel wie Künstliche Intelligenz klingen. Irgendwie hölzern, gestelzt – jedenfalls nicht ganz so, wie ein Mensch aus Fleisch und Blut sprechen würde. Also nutzte er die Sprach-KI. „Ich habe in den Prompts geschrieben, dass das Tool in seinem eigenen Stil schreiben soll“, sagt der finnische Entwickler. Denn der Plot seines Spiels „dreht sich um KI, die die Welt übernommen hat. KI ist also der Bad Guy“, sagt Kemppainen. Das Spiel heißt *Echoes of Somewhere* und ist ein Point-and-Click-Adventure, wie man es aus den 90ern kennt. Er veröffentlicht es episodisch, wobei jede Episode eine bis vier Stunden lang ist. Kemppainen dokumentiert von Anfang an seine ersten Gehversuche mit den KI-Tools. Dabei stößt er schnell auf eine große Öffentlichkeit. Einige YouTube-Videos von

„Ich habe mich entschieden, aus meinem Spiel eine Art Forschungsprojekt zu machen. Ein Experiment, ob KI mich als Entwickler schon ersetzen kann.“

Jussi-Petteri Kemppainen arbeitet seit gut 25 Jahren in der Computerspielbranche. Um zu erkunden, was KI für Game-Entwickler:innen leisten kann, entwickelt er nebenbei allein sein eigenes Spiel.



Foto: Jussi-Petteri Kemppainen

ihm werden mehrere zehntausend Mal aufgerufen, es gibt reges Interesse an seinen Blogposts. Immer wieder melden sich andere Entwickler:innen und fragen ihn aus: Wie machst du das mit der KI?

ENTWICKELN OHNE BUDGET

Indie-Entwickler:innen arbeiten oft nebenbei an ihren Projekten. Oder sie halten sich mit Auftragsarbeiten über Wasser. Sie verfügen nur selten über ein Budget, um etwa Artists oder Storyschreiber:innen zu engagieren. Der Ausblick, mit größtenteils kostenlosen KI-Tools viel Zeit und Geld zu sparen, war und ist für viele sehr verlockend. „Ich habe mich schon Ende 2022 dazu entschieden, dass ich aus meinem Spiel eine Art Forschungsprojekt mache. Ein Experiment, ob KI mich als Entwickler schon ersetzen kann“, sagt Kemppainen. Und damals sei auch der Entschluss entstanden, das Spiel schließlich nicht zu verkaufen. „Es fühlt sich für mich nicht richtig an, Geld damit zu machen“, so Kemppainen. Fragen des Urheberrechts seien es vor allem, die ihn davon abhalten. Er möchte nicht Geld mit Inhalten machen, die jemand anderes erstellt hat und die als Grundlage für eine KI dienen.

Von Finnland nach Würzburg: Nikolas Crisci nennt sich selbst „Parttime Indie“. Hauptberuflich ist er Programmierer. Der 41-Jährige hat eine Ausbildung zum Anwendungsentwickler gemacht und arbeitet seit etwa zehn Jahren daran, Code für Videospiele zu erstellen. Er ist in Teilzeit bei Gentle Troll angestellt, einem Videospielstudio, das Serious Games herstellt. Also Spiele mit edukativem Ansatz, bei denen nicht nur der Spielspaß im Mittelpunkt steht, sondern auch zu vermittelndes Wissen. Montags aber ist sein Indie-Tag. Und an dem arbeitet er seit 2017 an seinem Spiel *School of Magic*. „Eigentlich war das 2022 schon so gut wie fertig. Aber dann kam Midjourney raus“, sagt er.

Criscis Game ist ein „Hack and Slay“ – ein Rollenspiel, in dem Kampfelemente dominieren. Allerdings werden die Kämpfe in diesem Game geführt, indem virtuelle Spielkarten ausgelegt werden. Ähnlich wie etwa bei dem Kartenspiel *Magic The Gathering*. „Ich bin aber kein Artist. Und ich kann mir einfach nicht leisten, jemanden die Kartenmotive erstellen zu lassen“, sagt er. Also hat Crisci bisher Assets gekauft, um die Motive der Spielkarten zu erstellen – Artwork, Charaktere oder auch Landschaften, die von Entwicklerinnen und Entwicklern kreiert und dann in einem Store vertrieben werden. Statt selbst zu produzieren, kauft man also Assets etwa bei der Game Engine Unity ein und implementiert sie dann ins eigene Spiel.

Das Problem neben den Kosten: Jeder kann diese Assets kaufen. Und so gibt es etliche Spiele mit identischen Motiven oder Charakteren. „Als ich dann Midjourney ausprobiert habe, wurde mir schnell klar, dass ich bei *School of Magic* noch mal von vorne anfangen will – zumindest, was die Optik betrifft“, so Nikolas Crisci.



Spielentwickler Nikolas Crisci lässt die Optik seines Projektes *School of Magic* von der KI Adobe Firefly produzieren.

Heute nutzt er allerdings nicht mehr Mid-journey, sondern Adobe Firefly. Die KI verwendet nur Bilder, die in der Adobe-Bibliothek enthalten sind, also nicht gegen das Urheberrecht verstoßen. Als 2022 die ersten Bild-KIs zugänglich wurden, verbot die Verkaufsplattform Steam, über die der Großteil aller PC-Spiele verkauft wird, alle Inhalte, die mit KI erstellt wurden. „Ich konnte mit Steam aber aushandeln, dass ich Adobe Firefly nutzen kann“, so Crisci. Inzwischen erlaubt die Plattform jede Art von KI-Tool. Solange deren Nutzung ausgewiesen wird.

Durch KI ist außerdem ein Feature zu seinem *School of Magic* hinzugekommen, das er vorher gar nicht geplant hatte. Mit Eleven Labs, einem Online-Dienst, der „synthetische Stimmen“ erzeugt, hat er eine KI-Stimme in das Spiel eingebaut, die als Erzähler Dialoge oder auch erklärende Texte vorliest. „Das macht einen riesigen Unterschied. Die Leute bleiben viel länger dabei, wenn sie nicht Textboxen lesen müssen, sondern alles erzählt bekommen“, sagt Crisci.

School of Magic hat bereits 16 000 Vormerkungen auf der Wishlist von Steam – einer Liste, auf der User:innen sich Spiele vormerken können, um sie dann bestenfalls zu kaufen, wenn sie veröffentlicht sind. Sie ist ein Indikator für den potenziellen Erfolg eines Spiels, eine wichtige Metrik vor allem für Indie-Entwickler:innen, die immer um Aufmerksamkeit kämpfen müssen. „Mein Plan ist, mich möglichst bald selbstständig zu machen“, sagt Nikolas Crisci. Mit *School of Magic* und weiteren Spielen, die er mithilfe von KI entwickeln möchte.

NUR FÜR FORTGESCHRITTENE

Jussi-Petteri Kemppainen und Nikolas Crisci haben beide Jahrzehnte Erfahrung in der Videospielindustrie. Sie sind vernetzt, haben an diversen Games ge-

„Die KI ist gut für einzelne kleine Problemstellen. Aber wie alles im Spiel zusammenhängt, davon versteht sie nichts.“

arbeitet, kennen die Tücken der Videospielentwicklung. Sie kennen den Markt, die Trends; wissen, was Spieler:innen interessant finden und was nicht. Kennen aber auch die Bugs im Spiel, die an jeder Ecke auftreten können, wenn nur eine Kleinigkeit am Code verändert wurde. Kurzum: Wenn sie KI-Tools nutzen, dann wissen sie ganz genau, wofür. Und auch, wo ihre Grenzen liegen.

„ChatGPT kann nützlich sein für Coding-Anfänger, aber nur begrenzt“, sagt Nikolas Crisci. Zum Beispiel für eine Schnittstelle zwischen einem Spiel und einem Store, über den Spielinhalte gekauft werden können. „Sowas schreibt einem das Tool schnell zusammen – und es funktioniert.“ Allein bei der Frage, wo dieser Code in der Gesamtarchitektur des eigenen Spiels platziert werden muss, kann ChatGPT nicht helfen. „Die KI ist gut für einzelne kleine Problemstellen. Aber wie alles im Spiel zusammenhängt, davon versteht sie nichts“, so Crisci. Im Zweifelsfall würde so ein falsch platzierter Code sogar das gesamte Game unspielbar machen. Crisci hat den Code für sein Spiel komplett selbst geschrieben. Das sei schneller gegangen.

„Diese KI-Tools bringen den erfahrenen Entwicklern noch mehr Vorteile. Sie helfen denen mit wenig Skills aber kaum“, sagt Jussi-Petteri Kemppainen. Er hält das für ein Problem. Ein Laie könne sich schnell von einer Bild-KI ein Motiv ausspucken lassen, das er dann in sein Spiel einbaut. „Aber diese Person hat dann keine Möglichkeiten, das Bild nach seinen eigenen Vorstellungen zu verändern“, sagt er. Das Gleiche gelte fürs Programmieren. Da sei schnell etwas mit KI geschrieben. Aber sobald es sich um Code handele, der spezifisch an das Framework eines Spiels angepasst werden müsse, komme ein Laie an seine Grenzen.

Profis aber können etwa per KI den Code auf Schwachstellen analysieren lassen – und die Ergebnisse auch verstehen. Oder eine Dokumentation erstellen, die auflistet, welche Arbeit am Code gemacht wurde. Sie nutzen Bild-KI als Anfangspunkt für Artwork und verändern diese Motive so, dass sie kohärent werden und alle in die gleiche Spielwelt passen. KI erleichtert ihnen also die Arbeit. Aber nur, weil sie aus Jahren an Erfahrung schöpfen können.

Jussi-Petteri Kemppainen will mit seinem *Echoes of Somewhere* zwar kein Geld verdienen und steht KI in vielen Anwendungsgebieten skeptisch gegenüber. Gleichzeitig aber sieht er darin die Zukunft der Videospielentwicklung. Jedoch nicht in Form von Large Language Models wie ChatGPT. Sondern die Zukunft liegt für ihn in spezialisierten KIs für spezifische Anwendungsfälle wie etwa Coding, Quality Assurance oder Rendering. „Vieles davon wird dann als Tools in Game Engines implementiert sein“, sagt er. Und das würde gerade Indie-Entwickler:innen befähigen, auch allein ein komplexes Spiel zu kreieren. „Nach meinem Experiment kann ich aber sagen: KI kann mich nicht ersetzen.“ ●

Die Anstellung unserer langjährigen Geschäftsführerin, Andrea Glaser, endet am 31.03.2024. Aus fast 200 Bewerbungen hat der BVIZ-Vorstand Frau Peggy Zimmerman aus Berlin als neue Geschäftsführerin ausgewählt. Am 01. Juli 2024 hat sie ihr Amt offiziell angetreten. BVIZ-Vizepräsident Dr. Thomas Diefenthal (TD) führte ein kleines Interview für die Mitglieder mit Frau Peggy Zimmermann (PG)



TD: Frau Zimmermann ...
PZ: Gerne Peggy!

TD: Peggy, was reizt Dich an dieser Aufgabe besonders?

PZ: Erst einmal vielen Dank für das Vertrauen. Mich reizt besonders die Möglichkeit, die Richtung des Verbandes mitzugestalten. Beim SPECTARIS e.V., dem Deutschen Industrieverband für Optik, Photonik, Analysen- und Medizintechnik in Berlin, habe ich die strategische Verbandsarbeit und den erfolgreichen Umgang mit der Politik kennengelernt. Diese Erfahrungen möchte ich nun gerne im BVIZ einbringen, um den Verband gemeinsam mit den Mitgliedern und dem Vorstand weiter voranzubringen und damit zukunftssicher aufzustellen.

TD: Du hast bereits Erfahrungen bei einer Stiftung und zuletzt einem großen deutschen Industrieverband in verantwortungsvoller Position gesammelt. Jetzt bist Du für eine kleine Geschäftsstelle eines kleineren Verbandes mit wesentlich weniger Ressourcen verantwortlich. Wird das für Dich keine Herausforderung?

PZ: Absolut, es ist definitiv eine Umstellung, aber sie ermöglicht auch schnellere Entscheidungen. Letztendlich geht es bei weniger Ressourcen immer um die Frage der Priorisierung und den kreativen Um-

gang damit. Es eröffnet die Chance, effizienter zu werden und neue Wege zu finden, um Ziele zu erreichen.

TD: Nach einem freiwilligen sozialen Jahr in Hamburg kehrtest Du in Deine Heimat nach Stralsund zurück, um eine Ausbildung zur Altenpflegefachkraft abzuschließen. Anschließend absolviertest Du Deinen Betriebswirt im Gesundheitswesen in Osnabrück und erlangtest Deinen Abschluss als Gesundheitsökonomin in Bayreuth. Was hat Dich dann nach Berlin geführt?

PZ: Nachdem ich beschlossen hatte, meiner Heimat näher zu sein, stand ich vor der Wahl zwischen Hamburg und Berlin. Letztendlich fiel meine Wahl auf Berlin, da ich Hamburg bereits kannte und mich durch familiäre Bindungen sowie vielfältige Kindheitserinnerungen stets mit Berlin verbunden fühlte. Berlin bietet einfach eine unglaubliche kulturelle Vielfalt, eine lebendige Atmosphäre und unzählige Möglichkeiten zur persönlichen Entfaltung.

TD: Was machst Du in Deiner Freizeit?

PZ: Ich treffe mich gerne mit Freunden zu Kaffee und Kuchen oder abends zum Essen. Meine Vorliebe gilt den Berliner Independent-Kinos, Museen und Konzerten. Außerdem versuche ich mich seit meinem 30. Lebensjahr am Klavier, aber nur für den Hausgebrauch.

TD: Welches Buch liest Du zurzeit?

PZ: Ich lese oft Bücher parallel. Angesichts des 250. Geburtstages Casper David Friedrichs lese ich gerade „Zauber der Stille – Casper Davids Friedrichs Reise durch die Zeiten“ von Florian Illies. Als kurze Einschulung begleitet mich momentan „Crazy Horse. Launische Faulpelze, gefräßige Tänzer und schwangere Männchen: Die schillernde Welt der Seepferdchen“ von Till Hein. Ich möchte aber unbedingt auch das Buch „November 33 – Der Winter in der Literatur“ von Uwe Wittstock empfehlen.

Das Buch hat mich extrem berührt und ist mir nachhaltig im Gedächtnis geblieben.

TD: Kaffee oder Tee?

PZ: Maximal ein Latte Macchiato oder Espresso am Tag, ansonsten Tee. Kleiner Tipp: Unbedingt den Lung Ching Tee probieren, selbst wenn man (so wie ich) eigentlich nicht so ein Fan von grünem Tee ist.

TD: Dein Leibgericht?

PZ: Das ist einfach: ganz klar Schnitzel.

TD: Deine Stärken?

PZ: Eine meiner Stärken ist es, Ideen zu entwickeln und sie in die Tat umzusetzen. Außerdem bin ich sehr verantwortungsbewusst und kommunikationsfreudig. Oft wurde mir auch gesagt, dass man meine Authentizität sehr schätzt.

TD: ... und gibt es auch eine Schwäche?

PZ: Natürlich, Schwächen sind etwas ganz Normales und gehören zum Leben dazu. Ich muss beispielsweise u.a. an meiner Geduld noch ein wenig arbeiten.

TD: Womit kann man Dir eine Freude machen?

PZ: Ich bin auf der Suche nach richtig guten Petit Fours, aber hier in Berlin habe ich bisher keine entsprechende Konditorei gefunden. Deshalb muss ich immer warten, bis ich nach Bad Bentheim komme, um sie zu genießen. Wenn also jemand einen Geheimtipp hat oder gar aus Bad Bentheim nach Berlin kommt, wäre ich über eine kurze Nachricht im Voraus mehr als dankbar! Aber im Ernst, abgesehen von Petit Fours freue ich mich immer über aufrichtige Wertschätzung und z. B. über besondere alkoholfreie Getränke. Natürlich sind Blumen und alkoholfreie Pralinen auch immer eine willkommene Überraschung.

TD: Liebe Peggy, wir danken Dir für das Gespräch und freuen uns auf die gemeinsame Arbeit beim BVIZ mit Dir.



Gunter Dueck plädiert
für einen Kulturwandel
im Arbeitsleben.

„Das tötet die Neugier“

Kinder kommen ständig auf neue Ideen und spielen fast die ganze Zeit. Doch im Laufe des Lebens verlieren die meisten von uns diese Fähigkeiten. Der Business-Philosoph Gunter Dueck hat eine Idee, wie wir sie wieder zurückbekommen. – Interview: Wolfgang Stieler

Gunter Dueck ist eigentlich Mathematiker. Der breiten Öffentlichkeit wurde er allerdings durch seine oftmals provozierenden Vorträge und Aufsätze bekannt, in denen er Themen wie Innovation, Management, Change und Entwicklung auf eine sehr eigene Art behandelte. Das brachte ihm bei IBM schließlich den Spitznamen „Wild Duck“ ein. 2011 verließ er den Posten des Chief Technology Officer bei IBM und arbeitet seitdem ausschließlich als Autor, Blogger, Netzaktivist, Business Angel und Speaker.

Herr Dueck, Kinder lernen beim Spielen einfach so Neues, experimentieren, probieren Dinge aus und kommen ständig auf neue Ideen. Doch im Laufe des Lebens scheinen uns diese Fähigkeiten abhandenzukommen. Dabei könnten wir angesichts weltweiter Krisen kreative Problemlöser dringender denn je gebrauchen. Was machen wir falsch? Und wie kann man Menschen wieder verspielter, kreativer und innovativer machen?

Das geht nicht so einfach. Unsere Kultur ist auf das Trainieren von Pflichterfüllung, Regeleinhaltung, Frontalunterricht, später auf Scores und KPIs ausgerichtet. Man fokussiert sich auf das Überspringen von Hürden und kommt kaum in eine spielerische Stimmung. Man muss wegen der Scores auch zu sehr an sich denken. Ich habe einmal das Wort Omnimetrie eingeführt, die Sucht, alles zu messen.

Bei der IBM hat man sich damals als Gegenpol viel von Team-Zielen versprochen, aber die Mitarbeiter erfüllen dann doch lieber ihre eigenen Messziele und vernachlässigen alle anderen. Teamziele nützen nichts, wenn sie zusätzlich auf die harten Individualziele aufgeschlagen werden. Lächerlich, nun auch noch Zusatzkreativität zu verlangen.

Wie sollte diese andere Kultur denn aussehen?

Ich möchte den Unterschied an den Begriffen Wetteifer und Wettkampf festmachen. Wer wetteifert, hat Lust an eigener Leistung, er möchte über sich hinauswachsen. Dem Wettkämpfer geht es nur um den Sieg über andere. Wetteifer ruht innen, Wettkampf schielt nach außen.

Wetteifernde sind fröhlich und ausgelassen. Natürlich – der Sieger freut sich, aber die anderen laufen alle auch begeistert mit. Kein Problem! Wenn man aber den Sieger irgendwie belohnt, sagen wir mit einem Euro, dann produziert man eine Menge Verlierer. Je größer Schulklassen oder Abteilungen, desto mehr Verlierer, die im Grunde nie gelobt werden.

Aus meinem Leben, Fußball im Sportunterricht: Die zwei Besten wählten sich immer aus den 40 Schülern meiner Klasse ihre Mannschaft aus. 22 durften spielen, ich selbst niemals. Ich habe bis heute keine Lust auf Sport. Dieses Produzieren vieler Loser durch Dauerloben

der wenigen Winner wird im Business oft als Methode der Wahl gesehen. SAP kehrt gerade zu dieser Idee zurück. Die Stars bekommen mehr Geld, beim Mittelfeld gibt es vielleicht ein bisschen mehr, und die Loser sollen es spüren! Es ist eine eher amerikanische Kultur nach dem Motto „The winner takes it all“. Die vielen Verlierer versuchen, in einem Safe Space zu bleiben, in dem sie an etwas arbeiten, was sie gut beherrschen. Dort funktionieren sie und kriegen auch nicht dauernd Kritik. Das Management aber hat eine eigene Perspektive. Es ist grimmig, dass „die alle in der Komfortzone bleiben“. Dabei weichen sie nur aus und wollen nicht dauernd etwas vor den Latz bekommen. Verstehen Sie, dass in dieser Kultur sich Neugier und Kreativität in Grenzen halten oder gar sterben? Selbst die Gewinner fallen aus, weil sie auf das Gewinnen auch im nächsten Jahr konditioniert sind.

Nun ist aber das offizielle Dogma dieser Gesellschaft: Wettbewerb schafft optimale Leistungen. Was Sie da fordern, ist ja nichts weniger als eine totale Kulturrevolution.

Kennen Sie *Spiral Dynamics*? Diese Theorie stammt von Clare Graves, sie ist aus den 60er-Jahren, glaube ich. Für ein kurzes Verständnis reicht es, nach Bildern über „Spiral Dynamics“ zu googeln. Graves hat verschiedene Kulturen charakterisiert und zur Unterscheidung farblich gekennzeichnet. Wenn man die alten Kulturen der 60er-Jahre anschaut,

dann waren die IBM, die Banken, Siemens oder Telekom eher wie Behörden organisiert, in denen die Besseren langsam aufstiegen. Farbe Blau. Die Mitarbeiter fühlen sich als Teil einer großen Gemeinschaft; sie waren stolze Siemensianer oder IBMer.

Das hat sich mit dem Aufkommen des Behaviorismus in den USA immer stärker verändert. Man ist dazu übergegangen, durch Strafe und Belohnung zu konditionieren. Die Digitalisierung machte es möglich, Arbeitsleistungen in Realtime durch Scores zu bewerten. Dadurch veränderten sich die Kulturen zur Anbetung von Gewinnern. Farbe Orange. Das Gemeinschaftsgefühl verblasste.

Nach dem System funktioniert ja derzeit unsere Gesellschaft ...

Genau, das ist das, was unsere Gesellschaft jetzt trägt. Es gibt Gewinner und Verlierer, und die Kultur verlangt, dass die Loser ihr Schicksal klaglos ertragen. Sie sind selbst schuld. Denn jeder kann Winner sein, wenn er sich nur anständig anstrengt. Wir haben das den Amerikanern nachgemacht und gehen da jetzt deutsch gründlich weiter.

Die Theorie sagt, dass wir uns zu so etwas wie „Schweden“ entwickeln sollten, in ein eher egalitäres Gemeinschaftssystem. Farbe Grün. Man lässt dort möglichst keinen als Loser zurück. Beispiel: Wir beklagen, nehmen es aber hin, dass hierzulande ca. 30 Prozent der Viertklässler nicht richtig schreiben, lesen und rechnen können. Damit sind die Loser von morgen schon weitgehend markiert. In Schweden und Finnland bekommen Schüler so lange nachmittags Nachhilfe, bis es klappt. Das rettet nicht jeden, man kann nicht alle zu Genies machen, aber das ist viel egalitärer als bei uns.

Also Grün wäre eine Alternative zu Orange, das baut nicht aufeinander auf?

Die Farben wechseln zwischen Wir-Kulturen und Ich-Kulturen. Die Winner-Kultur ist ich-zentriert, die Kulturen der Gemeinschaften sind wir-zentriert. Wahrscheinlich ändert es sich immer, wenn man es mit einem Ansatz so sehr übertreibt, dass es von außen wie eine Manie aussieht.

Die Revolution zur Wir-Kultur ist aber noch nicht in Sicht, oder?

Irgendwie schon. Wir hören vor politischen Wahlen immer stärker die bitteren Klagen der Zurückgebliebenen. Wenn die in der Mehrheit sind, setzt eine Veränderungsdynamik ein. Das dauert aber wieder so lange wie der Übergang von „meiner Firma“ zu Shareholder-Value first.

Ist dann das, was wir der Gen Z zuschreiben – Work-Life-Balance, persönliche Beziehungen am Arbeitsplatz, Teamkultur, Diversität, auf die Kommunikation zu achten –, eine Art Vorbereitung auf die Revolution?

Ja, das ist ein Gefühl, wieder zu einer Wir-Kultur zu kommen. Wir können das ja in heute zeit-

„Sie legen ihr Herz in die Arbeit und blockieren sich nicht mit den Gedanken an ihren Score.“

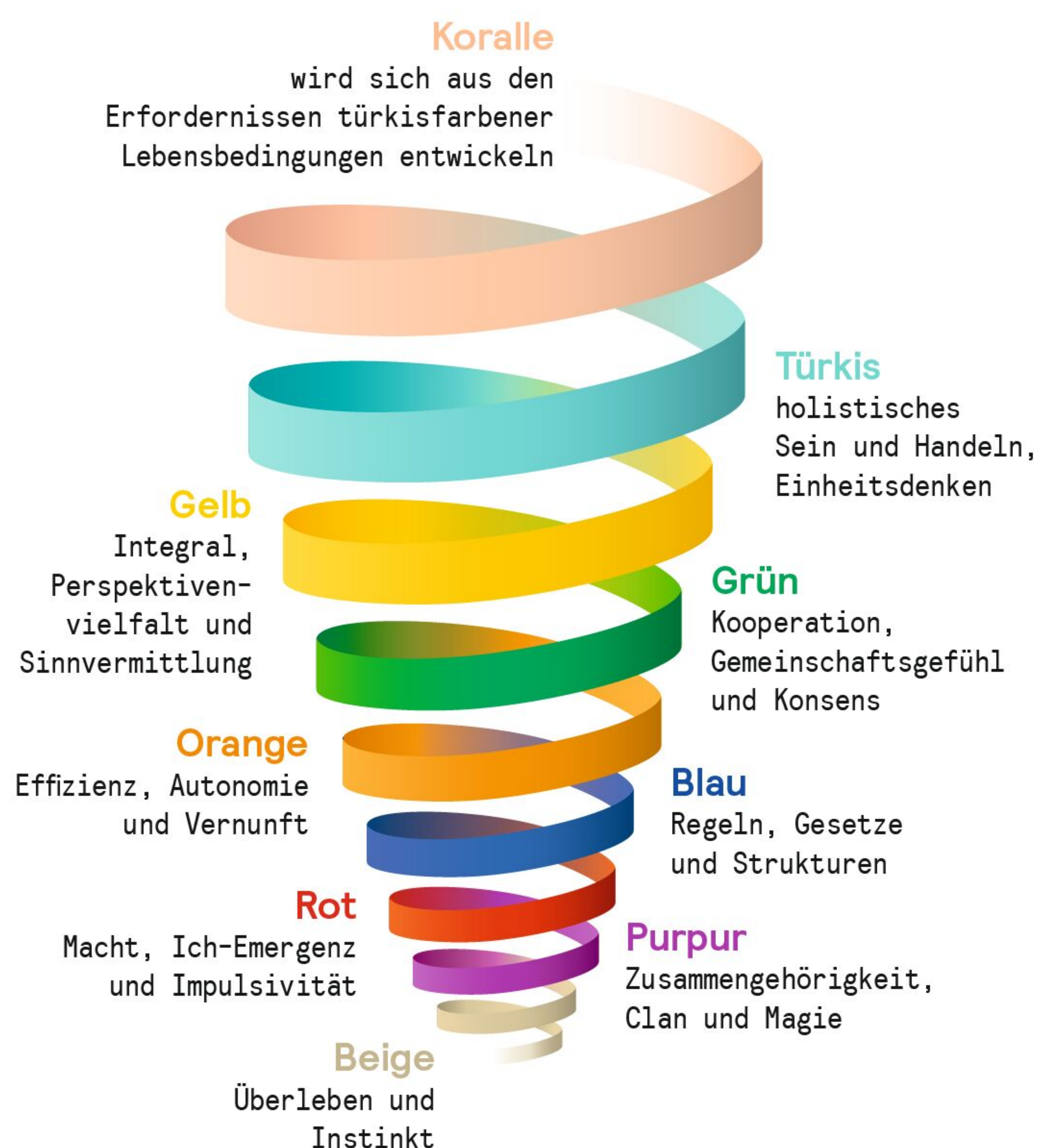
gemäßer Form wiederbeleben: Betriebsfeste, Weihnachtsfeiern oder Firmenzugehörigkeits-Jubiläen. Jeder sollte wertgeschätzt werden.

Eine Anekdote dazu. Als Jungmanager sollte ich meine Abteilung auf einem Bereichsmeeting präsentieren. Ich wusste nicht, dass man üblicherweise nur mit Highlights angibt. Ich habe mir selbst überlegt, einfach für jeden Mitarbeiter eine Power-Point-Seite anzufertigen und zu schildern, was der so macht. Ein, zwei Mitarbeiter waren nicht so richtig gut. Für die habe ich eben etwas übertrieben, damit alles ganz gut aussieht. Gedacht, getan.

Danach, beim Mittagessen, haben sie alle diskutiert, dass bei Gunter Dueck alle Leute mit Namen genannt worden sind. Viele seufzten, noch niemals vor allen Mitarbeitern erwähnt worden zu sein. Die Highlights betreffen immer nur die zehn Prozent Besten. An solchen Anzeichen merkt man, was unsere Kultur braucht: Dass die Allgemeinheit auch mal wirklich jeden zur Kenntnis nimmt, am besten sogar wertschätzend.

Wie verlieren wir diese Wir-Kultur in unserem Leben?

Dazu fällt mir noch ein Buch ein. *Punished by Awards*. Es beginnt mit einer Anekdote. Die Lehre-



Die Spiral-Dynamics-Theorie beschreibt die Entwicklungsstufen von Individuen, Organisationen und Gesellschaften. Orange beschreibt die Entwicklungsstufe der deutschen Gesellschaft.

rin sagt: „Oh, es ist was passiert – Kinder, passt auf, ich muss euch eine Stunde allein lassen. Seid bitte so lieb und nehmt euch Zeichenpapier und malt Bilder. Und ich würde mich so freuen, wenn ihr schöne Bilder malt. Wenn ihr fertig seid, malt mehr Bilder.“ Das ist Setting Nummer eins. Und das andere Set-up ist, dass die Lehrerin sagt: „Ich muss jetzt eine Stunde weg. Malt Bilder. Eins oder mehrere. Für jedes Bild, was ich schön finde, gibt es eine Münze.“

Was passiert? Im ersten Fall malen die Kinder andächtig liebevoll los – Wetteifer. Im zweiten Versuch diskutieren die Kinder, was wohl ein schönes Bild ist, und malen danach los. Resultat: Im ersten Versuch malen die Kinder mehr und schönere Bilder. Sie legen ihr Herz in die Arbeit und blockieren sich nicht mit den Gedanken an ihren Score.

Eigentlich ist unser Hirn aber doch so verdrahtet, dass wir, wenn irgendwas immer gleich bleibt, davon schnell gelangweilt werden und Neues suchen. Wenn wir also Kreativität und Innovation vermeiden, leben wir dann die ganze Zeit gegen unser Gehirn?

Das halte ich eher für eine These der Neugierigen. Vielleicht wundern die sich über Kinder, die nur Nudeln oder Kinderschnitzel essen wollen. Die meisten Tiere haben ein Revier, in dem sie sicher leben wollen. Nur wenige gehen auf Erkundung oder probieren anderes Futter. Es gibt aber in Tieren einen Instinkt „Mutter ist nicht da“, dann schreien sie bis zur Besinnungslosigkeit. Und in ausgewachsenen Tieren korrespondiert ein Trieb, bei solch einem Geschrei behütend zu helfen.

Darf ich einmal schnell spekulieren? Mitarbeiter fühlen sich allein, Separationsangst, aber es regt sich im Management kein Fürsorgeinstinkt. Wenn Mitarbeiter die Komfortzone verlassen wollen, regt sich so ein Trieb wie „Mama ist nicht da, ich bin auf mich allein gestellt“. Dann stirbt ihre Initiative und mündet in Melancholie. Das Management muss bei der Kreativität dabei sein, besonders wenn es danach große Veränderungen gibt, siehe Angst vor Systeminstabilität. Wenn Tiere Angst haben, suchen sie nicht einmal mehr erwartungsfroh nach Futter. Das Management dazu im O-Ton: „Mitarbeiter arbeiten härter, wenn sie unruhig gehalten werden. Sie sollen hungrig sein und nie zufrieden. Wer zufrieden ist, arbeitet nicht mehr gut.“



Ein fröhliches Fangenspiel unter Kindern ist ein Wir-Erlebnis, das Kreativität und Neugier erhält – ohne Verlierer.

Das heißt, sie plädieren im Kern für einen sehr grundlegenden Kulturwandel im Arbeitsleben?

Ja. Wir sind doch jetzt alle dieser Meinung, oder? Wir brennen bei ausbleibender Zufriedenheit aus. Ich kenne über zehn Leute, die einen Burnout hatten. Vielleicht auch mehr. Bei den meisten weiß man das ja nicht so genau. Die haben dann angeblich lange Urlaub genommen. Es wird nicht publik gemacht, dass selbst bei den Hochleistungsberufen – unter Gewinnern – so viele Scherben entstehen. Ich habe mal gefordert, dass jeder Manager, der einen Mitarbeiter mit Burnout hat, drei Monatsgelder abgezogen bekommt.

Wie war die Reaktion?

Man hat mir gesagt, dass das ja kaum vorkommt. Dann habe ich gefragt, wie viele Fälle wir denn jetzt eigentlich haben? Dann hieß es, das sei geheim. Oder: Das wird überbewertet. Und, dass Burnout ja keine klaren Diagnose-Kriterien hat. Ich entgegnete: Dann schaffen wir halt ein hartes Kriterium, damit die Definitionen ganz scharf sind. Wenn jemand drei Monate bei der Arbeit fehlt, kriegt der Manager drei Monatsgelder abgezogen. Darauf sagten sie, dass ja ein komplizierter Kniebruch beim Skifahren dabei sein könnte, etc.

Es will niemand die Verantwortung für Burn-outs tragen. Der Betreffende ist immer selbst schuld. Das ist das Kennzeichen unserer Leistungskultur. Jeder darf der Winner sein. Die Loser

haben es selber zu tragen. Alle müssen die Konsequenzen tragen. Und sie dürfen nicht aufmucken.

Einen radikalen Kulturwandel zu bewerkstelligen, das ist aber ein dickes Brett. Können wir das wirklich schaffen?

Ich habe ein dickes Buch über Persönlichkeitsstörungen. Darin steht ein schöner Satz, der geht mir nicht aus dem Kopf: Die zwanghafte Persönlichkeit geht stur ihren Weg weiter bis zum Angesicht des Todes. Und angesichts dieses Todes – wenn sie in ihrer Komfortzone nicht mehr weiter weiß, in der sie ängstlich wie im Loch hockt, – in diesem kritischen Augenblick, wo sie erkennt, dass es vorbei ist, wenn sich nicht etwas ändert, nimmt sie den erstbesten Vorschlag für eine Veränderung an, und sei diese noch so einschneidend. Sie wechselt in eine neue Komfortzone und macht wieder so weiter, bis es wieder nicht mehr weitergeht.

Interessant, oder? Das erklärt die wilden Ausschläge, wenn plötzlich heilige Kühe verzehrt werden. Ältere Mitarbeiter wissen: Das Pendel der Uhr pendelt hin und her. Mal zum Ich, mal zum Wir. Wenn das Pendel in der Mitte ist, hat es die größte Geschwindigkeit. Es gibt Momente des Guten, aber in ihnen hat das Pendel die größte Geschwindigkeit.

Nicht sehr ermutigend, oder? Muss es immer erst schlimm werden? Heute ist es doch schon schlimm genug, denke ich. Aber erst muss es jeder so sehen. Also warten wir. ●

Spielen ums Klima

Brettspiele zum Thema Klimawandel können uns viel über die großen Probleme der Welt und uns selbst verraten. – Casey Crownhart und Jo Schilling

Es ist Spieleabend. Ich werfe den Würfel, und er klackert über das Spielbrett, bis er zum Stillstand kommt und das winzige Symbol eines Baumstumpfes zeigt. Schlechte Nachrichten: Ich habe gerade die Abholzung im Amazonas ausgelöst. Damit ist es besiegelt. Ich habe es nicht geschafft, den Klimawandel zu stoppen – zumindest nicht in seiner Repräsentation in diesem Brettspiel.

Die dringende Notwendigkeit, etwas gegen den Klimawandel zu unternehmen, mag seltsames Futter für einen unterhaltsamen Abend sein. Aber immer mehr Spiele versuchen, sich des Themas

anzunehmen. Können sie die Herausforderungen der Klimakrise auch nur abstrakt darstellen? Und vielleicht noch wichtiger: Können sie überhaupt Spaß machen?

Beginnen wir mit *e-Mission*, einem Brettspiel, das Ende 2023 von einem Team veröffentlicht wurde, zu dem auch der Schöpfer von *Pandemie* gehört (Infektionskrankheiten – ein weiteres bekanntlich leichtes Thema für ein Spiel). *e-Mission* ist ein kooperatives Game, bei dem die Spielenden zusammenarbeiten, um Emissionen zu reduzieren und Katastrophen zu überleben. Entweder gewinnt oder verliert die Gruppe als Ganzes.

Beim Öffnen der Schachtel wird sofort klar, dass dieses Spiel nichts für schwache Nerven ist. Es gibt Hunderte von kleinen Papp- und Holzteilen, drei verschiedene Kartendecks und ein überraschend dickes Regelbuch. Der Aufbau, das Erlernen der Regeln und das erste Spielen nehmen über zwei Stunden in Anspruch.

e-Mission steckt voller erstaunlich guter Details. Es gibt nicht nur Karten, die alles von fußgängerfreundlichen Städten bis hin zur Methanbeseitigung darstellen – jede Karte enthält auch einen QR-Code, mit dem die Spielenden mehr erfahren können.

In jeder Runde werden Technologien eingesetzt oder politische Maßnahmen ergriffen, um der Klimakrise entgegenzuwirken. Wie im richtigen Leben haben Emissionen negative Auswirkungen und müssen auf null gesenkt werden. Alles, was emittiert wird, muss von Wäldern, Ozeanen oder durch Direct Air Capture aufgenommen werden.

Für jemanden, der die meiste Zeit seines Lebens damit verbringt, über den Klimawandel nachzudenken, ist es fast peinlich, dass nahezu jede Runde *e-Mission*, die ich gespielt habe, mit einer Niederlage endete. Zu allem Überflus bin ich mir nicht einmal sicher, ob es mir Spaß gemacht hat. Sicher, das abstrakte Puzzle war fesselnd und herausfordernd. Aber sobald alle Teile wieder in der Schachtel waren, ging ich ins Bett und dachte über Hitzewellen und die Desinformation über fossile Brennstoffe nach. Das Spiel hat den Klimawandel vielleicht ein bisschen zu gut dargestellt.

KRAFTWERKE VON CATAN

Schneidet die Neuauflage des Klassikers *Catan* mit dem Titel *Catan Energien*

Das US-amerikanische Original von *e-Mission* heißt *Daybreak* und besteht aus unzähligen Details.



besser ab? Seit der Veröffentlichung des Originals im Jahr 1995 hat sich *Catan* weltweit über 45 Millionen Mal verkauft. Ziel der Urfassung ist es, Straßen und Siedlungen zu bauen und eine Zivilisation zu errichten. In der *Energien*-Version bauen die Spielenden zudem Kraftwerke, die entweder mit fossilen Brennstoffen oder mit erneuerbarer Energie arbeiten. Fossile Brennstoffe sind billiger und ermöglichen eine schnellere Expansion, aber sie führen zu Umweltverschmutzung, die den Gesellschaften der Spieler:innen schaden und sogar das Spiel vorzeitig beenden kann.

Einer seiner Schöpfer ist Benjamin Teuber. Er hat das Spiel zusammen mit seinem verstorbenen Vater Klaus Teuber entwickelt und glaubt, „dass ein gutes Spiel immer von einem Dilemma handelt“. Der Schlüssel liegt darin, das Problem hinreichend zu vereinfachen – eine Herausforderung, die dem Team während der Entwicklung Dutzende von Iterationen abverlangte. Aber er glaubt auch, dass es notwendig ist, zumindest ein wenig ermutigend zu sein. „Obwohl wir ein ernstes Thema haben oder vielleicht sogar gerade weil wir ein ernstes Thema haben, darf man die Leute nicht

abschrecken, indem man ihnen einen miesen Abend bereitet“, sagt Teuber.

Bei *Energien* gewinnt, wer als Erstes zehn Punkte erreicht, unabhängig davon, wie umweltbelastend die Energieversorgung des- oder derjenigen ist. Wenn die Spielenden jedoch gemeinsam zu viele fossile Kraftwerke bauen und die Umweltverschmutzung zu hoch wird, endet das Spiel vorzeitig. In diesem Fall gewinnt die Person, die die meiste Arbeit geleistet hat, um ihre eigene Energieversorgung zu sanieren.

Ein einfaches Spiel, bei dem es einen Sieger oder eine Siegerin gibt. Das ist vielleicht leichter zu spielen, aber es zeigt nicht, wie kompliziert die Klimakrise ist und wie dringend wir sie angehen müssen.

Der Klimawandel hat jetzt einen Platz in meinem Spieleregal, und ich hoffe, dass diese und andere Games ihr Publikum finden und die Menschen zum Nachdenken über diese Themen anregen. Aber ich kann nicht umhin, mich mit der Tatsache zu beschäftigen, dass wir in der realen Welt nicht die Möglichkeit haben, die Spielsteine zurückzusetzen und es noch einmal zu versuchen. ●

Sobald alle Teile wieder in der Schachtel waren, ging ich ins Bett und dachte über Hitze- wellen und Desinforma- tion nach.

**FÜR
BERLIN**
SEIT 100 JAHREN

 **Investitionsbank
Berlin**

StartUp.Fördern.Berlin.

gründen mit der IBB

Wir haben die passende finanzielle Förderung für Deine Geschäftsidee. Kompetent, zuverlässig und mit dem Ziel, Deiner Unternehmensgründung zum nachhaltigen Erfolg zu verhelfen. **Hotline Wirtschaftsförderung: 030 / 2125-4747**

ibb.de/gruenden

„In einigen Visualisierungen von PV-Parks waren Solarpaneele in allen Lawinenrinnen eingeplant. Da weiß man sicher, dass ein Großteil den ersten Winter nicht überleben würde.“

Yves Bühler vermisst am Schweizer WSL-Institut für Schnee- und Lawinenforschung das alpine Terrain neu, um geeignete Photovoltaikstandorte in den Bergen zu finden (Seite 73)

Report

- 49 KOLUMNE • KI made in Germany?
- 50 MATERIALIEN • Künstliche Diamanten für die Zukunft
- 56 BIOTECHNOLOGIE • Chips statt Tierversuche
- 61 JUBILÄUM • Zwei Flugzeuge schafften es um die Welt
- 62 KI UND KUNST • Ein Gesicht für Algorithmen
- 68 EXPERTE IN 5 MINUTEN • Die dunkle Seite des Goldes
- 70 SOLARPARKS • Strom vom Gipfel
- 74 DEEPFAKES • Mein persönlicher Avatar
- 81 DÉJÀ-VU • Der Anschein von Intelligenz
- 82 KOMMUNIKATION • Die Rohrpost lebt
- 86 GESELLSCHAFT • Schuhe spalten den Sport

KI made in Germany?

Egal, wohin man blickt – KI wird einem als die Zukunft angepriesen. Was die wenigsten wissen: Wir verdanken unsere glitzernde KI der Arbeit von Tausenden Menschen im globalen Süden. – Julia Kloiber



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

Es ist Anfang August. Ich sitze in einem grünen Hinterhof in Nairobi. Kenia war lange bekannt für akademisches Ghostwriting. Menschen haben für kleines Geld akademische Arbeiten für Wissenschaftler:innen im Westen verfasst. Während Ghostwriting zunehmend durch ChatGPT und Co. ersetzt wird, blüht in Kenia das Geschäft auf, das diese Systeme überhaupt erst möglich macht: Data Annotation für das Training von KI.

Wer die Menschen sind, die diese Arbeit machen, darüber ist wenig bekannt. Es ist nicht trivial, sie ausfindig zu machen und den Kontakt aufzunehmen. Denn anders als im Bereich der Content-Moderatorinnen und -Moderatoren, wo die Arbeiter:innen bei Outsourcing-Unternehmen angestellt sind, arbeiten die Data Annotators als Freelancer und sind kaum vernetzt.

Über Freunde oder Plattformen wie LinkedIn stoßen sie auf die Jobausreibungen. Danach durchlaufen sie ein kurzes Online-Training. Einen formalen Arbeitsvertrag erhalten sie nie. Ist das Training abgeschlossen, warten sie vor ihren Rechnern auf Aufträge, die ihnen über eine Plattform zugespielt werden. Einer der Annotators erzählt mir, dass die Auftragslage nach dem Training noch recht gut war, er später aber schon mal bis zu zwei Wochen auf neue Aufträge wartet. Sind Aufträge in der Pipeline, dann können die Menschen unbegrenzt viele Stunden am Tag darauf verwenden, Bilder, Videos und Texte zu annotieren und zu beschreiben. Es gibt keine Arbeitszeitregelungen. Praktisch für die Auftraggeber, die Arbeitsrechte ohnehin nur als Hindernisse betrachten. Ganz zu schweigen von gewerkschaftlicher Organisation.

Die Data Annotators, mit denen ich an diesem schönen Augusttag zusammensitze, erzählen mir, dass sie bis zu 20 Stunden am Tag arbeiten. Die Dauerarbeit ist mit Anreizen versehen: Die Unentwegten bevorzugt das System, indem es ihnen mehr Aufträge zuspielt.

Als ich frage, für welche Kunden sie diese Arbeit machen, zucken sie mit den Schultern – keine Ahnung. Sie können nur mutmaßen. Eine Freelancerin arbeitet jeden Tag stundenlang an Fotos, die Staubsaugerroboter in Wohnungen in den USA und Europa gemacht haben. Für das Training der KI zeichnet sie ein, was sie sieht: Pflanzen, Spielzeug, Haustiere, Technik. „Ich weiß jetzt, wie ihr so wohnt“, rutscht es ihr heraus.

Andere erzählen von LIDAR oder Stereo-Image-Datensätzen (SID) für das Training autonomer Fahrzeuge. Ein Annotator beschreibt mir, wie er für eine einzige SID-Sequenz manchmal zwei Wochen am Stück annotiert. Es komme auch vor, dass das Material mit der Anmer-

kung – Fehler bei der Annotation – an ihn zurückgeht und er keine Bezahlung erhält. Für diese Arbeit benötigen die Annotators Computer mit leistungsstarken Grafikkarten und einer schnellen Internetverbindung. Weil sie Freelancer sind, müssen sie das alles selbst stellen.

Intransparenz ist ein Teil des Geschäftsmodells. Es ist unübersichtlich, wie viele Unternehmen diese Arbeiten an Freelancer vermitteln und wer die Auftraggeber dahinter sind. Kürzlich kam heraus, dass kenianische Arbeiter:innen die Gesichtserkennungssoftware trainiert haben, die die russische Regierung eingesetzt hat, um Kritiker ausfindig zu machen. Die Annotators wussten von nichts.

Erst im Mai haben Google-DeepMind-Angestellte einen offenen Brief unterzeichnet, in dem sie den Ausstieg aus KI-Militärverträgen fordern. Sind die Annotators aus Kenia auch an Projekten für die KI-Nutzung im militärischen Kontext involviert, ohne es zu wissen – und damit ohne das Recht, eine ethische Entscheidung für sich treffen zu können?

Es braucht zweifelsohne mehr Transparenz im Feld der Data Annotation – was die Arbeitsbedingungen, die Auftraggeber, den Anteil an menschlicher Arbeit angeht. Dazu muss man nicht in die Ferne schweifen. Man kann vor der eigenen Haustüre anfangen und deutsche KI-Start-ups fragen, wo und unter welchen Bedingungen sie ihre Trainingsdaten annotieren lassen. Ich würde mich nicht wundern, wenn man in verdutzte Augen blickt. Man ist schließlich zu sehr damit beschäftigt, KI zu vermarkten. Für arbeitsrechtliche und ethische Fragestellungen bleibt da kaum Raum. KI made in Germany ist damit ein genauso hohler Slogan wie damals in der Bekleidungsindustrie, als für das Label „Made in Germany“ lediglich ein Produktionsschritt nach Deutschland geholt wurde. ●

Mit Bling-Bling in die Zukunft

Mittlerweile sind künstliche Diamanten deutlich preiswerter und laut Herstellern nachhaltiger als die natürlichen Edelsteine. Als Schmucksteine sind sie vom natürlichen Vorbild kaum zu unterscheiden. Fachleute aus der Halbleiterphysik und der Quantenforschung geraten jedoch aus ganz anderen Gründen ins Schwärmen. – Andrea Hoferichter

Da mag mancher Schmuckfan neidisch werden: Matthias Schreck kann sich seine Diamanten selbst herstellen – in einem mannshohen Edelstahlreaktor in seinem Labor. Vor sieben Jahren präsentierten der Physiker und zwei Mitstreiter an der Universität Augsburg ihr Meisterstück: eine silbern schimmernde Scheibe vom Format eines Bierdeckels mit einem Gewicht von 155 Karat – der bis heute weltweit größte synthetische Diamant. „Wir hatten den schon länger in der Schublade, aber wir haben damals unsere Ausgründung Audiatic geplant und wollten produktionsbereit sein, wenn wir den Kristall der Öffentlichkeit zeigen“, verrät Schreck.

Der Physiker – graue Haare, Bart und komplett glitzerfrei – ist per Videolink zu erreichen. Mit der Schmuckbranche hat er nur wenig am Hut. Schreck interessiert sich vor allem für die physikalischen Eigenschaften von Diamant. Unter anderem ist es eines der härtesten Materialien überhaupt. Auch das von ihm mitgegründete Start-up Audiatic produ-

ziert die Kristalle in der Regel nicht für Ringe oder Colliers, sondern für Infrarotspektrometer und hochpräzise Schneidwerkzeuge, erzählt er. „Man nutzt sie zum Beispiel, um Uhrengehäuse, Brillengläser oder Laserspiegel zu bearbeiten.“ Sie taugten zudem als Skalpelle für Augenoperationen, weil sie sich praktisch nicht abnutzten und extrem scharf blieben. Das Augsburger Start-up hat mittlerweile mehr als 20 Mitarbeitende und selbst im Silicon Valley Aufsehen erregt. Seit Ende 2022 gehört es zur Diamond Foundry aus San Francisco, einem der führenden Produzenten von Labordiamanten für den Schmuckmarkt.

Die ersten Labordiamanten erblickten vor etwa 70 Jahren das Licht der Welt. Sie waren winzig, unscheinbar und teurer als viele von der Natur geformte. Seither sind sie immer größer, klarer und billiger geworden. Von den natürlichen sind sie nur noch mit Messtechnik und Expertise zu unterscheiden. Mittlerweile werden sie in Massen produziert, vor allem in China, in den USA und in Russland. Die Preise

Das Leuchten eines Diamanten verrät, ob er aus einer Mine oder einem Reaktor stammt – vorausgesetzt, die Details werden sorgfältig analysiert.

Wird der Kristall mit einem Elektronenstrahl zum Leuchten gebracht wie hier, zeigt er Kathodolumineszenz.





Foto: Pavel.Somov / Wikipedia, CC-BY 4.0

fielen laut dem US-Marktanalysten Edahn Golan von 2018 bis 2023 um rund 80 Prozent. Manche Hersteller seien schon ins Straucheln geraten, berichtet Schreck. Doch auch die Nachfrage steigt. Zum einen im Schmuckmarkt, wo die künstlich gefertigten Edelsteine im Vergleich zu den natürlichen nicht nur als preiswert, sondern auch als besonders nachhaltig beworben werden. Zudem werden die Edelsteine in der Technikbranche immer begehrter. Start-ups und Forschende arbeiten mit Hochdruck an neuen Einsatzmöglichkeiten. Unter anderem entwickeln sie Diamantbausteine für Gehirn-Computer-Schnittstellen, für Magnetsensoren und für Quantencomputer.

Weltweit wurden 2021 etwa 15 Millionen Karat Labordiamanten produziert, schätzt Statista. Das sind gut doppelt so viele wie im Jahr davor. Die Kristalle werden mehrheitlich technisch genutzt, etwa für Bohrkern oder Schleifmittel. Die Produktionsmengen natürlicher Diamanten sind größer. Im Jahr 2022 waren es laut der Deutschen Rohstoffagentur (DERA) weltweit ungefähr 121 Millionen Karat. Rund zwei Drittel dieser Steine werden als Schmucksteine verkauft, etwa ein Drittel für Industrieanwendungen.

Ob natürlich oder aus dem Reaktor: Das Produkt ist immer echter Diamant und im Grunde Kohlenstoff pur – ge-

nauso wie Ruß, Kohle oder Bleistiftminen. Der Unterschied zwischen den klaren, harten Steinen und der eher schmierigen schwarzen Masse liegt im Kristallgitter, in dem die Kohlenstoffatome in perfekter Anordnung sehr nah beieinandersitzen. In der Natur entwickelt sich diese Kohlenstoffformation aus kohlenstoffhaltigem Gestein Hunderte Kilometer unter der Erde bei Temperaturen über 1000 Grad Celsius und Drücken im Gigapascal-Bereich. Dort wirkt auf jeden Quadratmeter ein Gewicht von mehreren Hunderttausend Tonnen. Auch elektrische Felder scheinen bei der natürlichen Diamantsynthese eine Rolle zu spielen (heise.de/s/v6dA6). Die natürliche Verdichtung zum Kohlenstoffkristall kann Millionen oder gar Milliarden Jahre dauern.

Technisch geht es schneller. Eines der beiden üblichen Verfahren erzeugt Diamanten aus Graphit und stellt dafür die harschen Bedingungen im Erdmantel in einer Presse nach. Das andere – wie es etwa Schrecks Team in Augsburg nutzt – scheidet Diamant aus einer Gasmischung ab, in der ein Plasma gezündet wird.

DIAMANT AUS DAMPF

Schrecks Weltrekord-Diamant wuchs in nur wenigen Tagen in einem Plasma aus Methangas und Wasserstoff. Das Ver-

fahren heißt chemische Gasphasenabscheidung (Chemical Vapour Deposition, kurz: CVD). „Wir nutzen dazu Methan, also das Rülps- und Pupsgas der Kühe“, sagt Schreck. „In Methan steckt der Kohlenstoff, der sich in unserer Anlage zum Diamantkristall formiert. Dann kommt noch Wasserstoff dazu und in kleinsten Mengen ein paar ‚Gewürze‘, zum Beispiel Stickstoff.“ Am einfachsten funktioniert das Verfahren auf einer Unterlage aus Diamant, der die auftreffenden Kohlenstoffatome sicher an die richtigen Plätze dirigiert. Das sei auch das Geschäftsmodell der meisten Hersteller, sagt Schreck. „Wir sind noch immer die Einzigen, die große Diamantkristalle kommerziell quasi aus dem Nichts produzieren können – ohne Diamantvorlage.“ Der Trick sei, das Edelmetall Iridium als Unterlage zu nutzen (heise.de/s/DqzVz). Es hat eine Gitterstruktur, die Diamant sehr ähnlich ist. „Und anders als zum Beispiel eine Unterlage aus Silizium mischt sich Iridium nicht mit Kohlenstoff. Trotzdem bindet es die Atome fest und in der gewünschten Ordnung an der Oberfläche. Chemisch ist das im Grunde noch immer ein Mysterium“, so der Forscher.

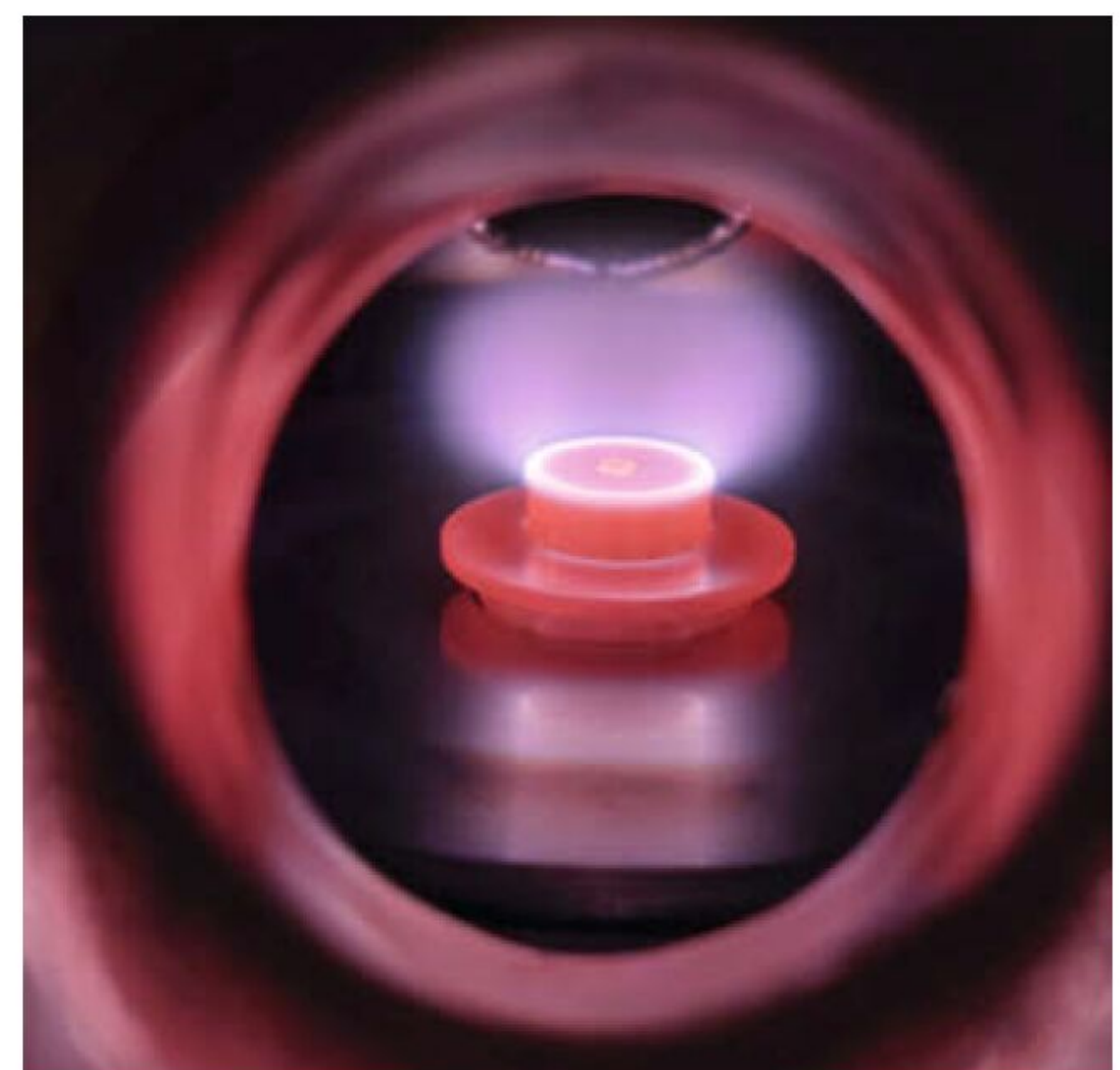
Kürzlich berichtete ein koreanisches Team in *Nature*, dass das Diamantwachstum aus Gasen auch auf einer Unterlage aus geschmolzenen Metallen gelingt, zumindest im Labor (heise.de/s/Q3IBv). Die Kohlenstoffatome aus dem Methangas dringen dabei offenbar in die Metallsuppe ein und fungieren

Ein heißes Plasma sorgt dafür, dass im Reaktor einzelne Kohlenstoffatome Schicht für Schicht zu einem Kristall zusammenwachsen.



In den übermannshohen Kisten in einer Diamantfabrik wachsen Edelsteine aus Methan und Wasserstoff in einem energiereichen Plasma.

Blick in einen Diamantreaktor:
Aus der Gasphase formiert sich auf einem Diamantkeim eine neue Diamantschicht.



dort als Kristallisationskeime. „Schon nach 15 Minuten bildeten sich Diamantfragmente, und nach 150 Minuten war ein fast durchgehender Diamantfilm entstanden“, schreiben die Forschenden.

Damit sich der Kohlenstoff aus Methan löst und zu Diamant formiert, ist nicht nur eine geeignete Unterlage als Orientierungshilfe erforderlich, sondern auch viel Energie. Üblicherweise wird dafür ein Plasma gezündet – mithilfe von Mikrowellenstrahlung. Das Plasma sei rot, so heiß wie die Sonnenoberfläche und habe die Form eines Pfannkuchens, berichtet der Deutsch-Österreicher Martin Roscheisen, einer der Gründer des US-Unternehmens Diamond Foundry. In den ersten Jahren habe sein Team viel Optimierungsarbeit geleistet, verschiedene Reaktionsmischungen und Reaktoren mit einer eigens dafür entwickelten Software 10 000-fach simuliert. Vor allem galt es, die Wege der Mikrowellen zu perfektionieren, die sich im Reaktor durch Überlagerungen verstärken oder auslöschen können, wie Schall- oder Meereswellen. Am Ende stand ein Reaktordesign, in dem sich ein Plasma mit besonders hoher Energiedichte erzeugen lässt, und zwar nur dort, wo es auch benötigt wird. Bei der Entwicklung habe geholfen, dass alle Beteiligten aus der Dünnschicht-Solarzellenbranche stammten, sagt der Firmengründer. „Die Produktion von Diamanten ist nichts anderes als Dünnschicht dick gemacht.“ Die Technologie habe man seither immer weiter verfeinert. Wie genau, sei Betriebsgeheimnis.

Nicht alle Hersteller arbeiten mit der CVD-Methode. Bis heute favorisieren viele das sogenannte HPHT-Verfahren (High Pressure High Temperature), das die natürliche Diamantgenese mit hohen Drücken und Temperaturen nachahmt und lange die einzige Quelle für synthetischen Diamant war. Im Jahr 1955 sollen die ersten mit dieser Methode produzierten Labordiamanten das Licht der Welt erblickt haben; ob in den USA oder Schweden, darüber streiten die Fachleute. Zu den Pionieren zählt das US-Unternehmen General Electric, das 1957 mit einer Pressekonferenz für weltweite Schlagzeilen sorgte – auch wenn der erste Blick auf diese Labordiamanten offenbar enttäuschend war. „Ein kleines Häufchen, das aus grauen und schwarzen Sandkörnern zu bestehen schien“, schrieb ein Reporter damals im *Spiegel*. Erst durch eine Lupe habe man das charakteristische Glitzern sehen können.

KLIMASCHUTZ MIT ABSTRICHEN

Die ersten Diamanten aus Roscheisens Diamond Foundry waren immerhin groß genug für Verlobungsringe, und sie waren „cognacfarben“. Heute sind auch transparente Exemplare in unterschiedlichsten Größen erhältlich, wie man es vom Naturpendant kennt. Die Fortschritte des 2012 gegründeten Unternehmens waren nicht zuletzt einer prominenten wie finanzstarken Männerriege im Hintergrund zu verdanken. Unter den Investoren waren die Google-, Facebook- und Twitter-Gründer



Der Deutsch-Österreicher Martin Roscheisen gründete 2012 das Start-up Diamond Foundry mit, das heute Labordiamanten in Massen produziert.

„Ein natürlicher Diamant hat ein kubisches Grundgitter: quadratisch, praktisch gut.“

sowie der Schauspieler Leonardo DiCaprio. Diese wiederum konnten sich als Gegenleistung mit einem grünen Image schmücken. Diamanten aus dem Reaktor gelten als sozial und ökologisch korrekte Alternative zu den in Minen gewonnenen Steinen. Und die Produktion verschlinge weniger Energie, so die Werbung.

In einer seiner Manufakturen in den USA produziert Diamond Foundry seine Diamanten nach eigenen Angaben mittlerweile klimaneutral. Eine weitere Fabrik in Spanien, die 2025 in Betrieb gehe, werde Strom aus Sonnenenergie nutzen, heißt es. Zudem werde das Methan für die Diamantproduktion aus CO₂ hergestellt, das wiederum aus der Luft oder aus Industrieemissionen extrahiert werde. „Wir sind daher kohlenstoffnegativ und sammeln Gutschriften für die Bindung von Treibhausgasen aus der Luft“, berichtet Roscheisen. Das US-Start-up Aether Diamond aus New York, das mit eigenen Kohlendioxidfängern arbeitet, um Diamanten zu

produzieren, will seinen Produkten sogar eine persönliche Note verleihen können. Die Edelsteine könnten zum Beispiel aus dem Atem des oder der Angebeteten oder aus der Luft eines für ein Paar bedeutenden Ortes hergestellt werden, heißt es in einer Patentschrift. Allerdings decken nicht alle Hersteller von Labordiamanten ihren Strombedarf aus erneuerbaren Quellen. Oft fehle es an Transparenz, monierte der Mediendienst *Associated Press* im Februar. Mehrere große Hersteller in China und Indien hätten auf Fragen zu Nachhaltigkeitspraktiken schlicht nicht geantwortet. Dass Kohlestrom genutzt werde, sei wahrscheinlich.

Der Physiker Matthias Schreck hält das Klimaschutzargument speziell bei der Bindung von CO₂ ohnehin für völlig übertrieben. „Sie müssen das CO₂ ja erst mal aus der Luft holen und dann mit Wasserstoff – den Sie auch erst mal herstellen müssen – zu Methan umsetzen. Also das ist eher Augenwischerei“, meint er. Selbst wenn man direkt Methan aus landwirtschaftlichen Emissionen nähme, käme kein großer Beitrag zum Klimaschutz dabei herum. „Ich habe den Studierenden einmal vorgerechnet, dass einige Hunderttausend Karat Diamant nicht einmal das Methan binden, das eine einzige Kuh in einem Jahr ausstößt“, so der Forscher. Ingenieurinnen und Ingenieure der Leibniz Universität Hannover kommen zu einem ähnlichen Schluss. Nach ihren Berechnungen ließe sich in der gesamten Labordiamantproduktion des Jahres 2020 nur etwa so viel Kohlendioxid speichern, wie ein mit 100 Menschen besetzter Flieger von Hamburg bis München emittiere.

LABOR ODER MINE

In der Juwelierbranche, wo der Vergleich mit den Naturdiamanten das dominierende Thema ist, gehen die Meinungen auseinander. Befürworter von Naturdiamanten argumentieren, dass der Abbau – sofern verantwortungsvoll betrieben – vielen Menschen in armen Ländern ein Einkommen ermögliche. Der sogenannte Kimberley-Prozess der Vereinten Nationen und Zertifikate des Responsible Jewellery Council sollen dabei Missstände minimieren – wie die Finanzierung von Konflikten, mangelnde Arbeitssicherheit, Kinderarbeit und Umweltbelastungen. Wie gut das funktioniert, ist umstritten. Ebenfalls unklar ist, welches Produktionsverfahren wie viel Energie genau verschlingt und wie die Alternativen im Vergleich zum im Bergbau gewonnenen Diamanten abschneiden.

„Manche Geschäfte bieten ausschließlich natürliche Diamanten an, andere haben beide Varianten im Angebot. Das ist auch eine Frage der Philosophie“, sagt Jeanette Fiedler von der Stiftung Deutsches Diamant Institut Pforzheim (DDI). Sie warnt vor allem vor Internetkäufen. Die Gefahr, dass Interessierten ein Labordiamant für einen deutlich höheren Preis als echt verkauft werde, bestehe durchaus. „Ich arbeite auch als Sachverständige für Behörden und Gerichte und in den letzten zwei, drei Jahren hat es schon mehrere solcher Betrugsfälle gegeben.“ Mit bloßem Auge lassen sich Natur- und Laborprodukt nämlich nicht unterscheiden. Und die Geräte, mit denen das gelingt, sind teuer. „Sie stehen nicht in jedem Schmuckgeschäft“, betont Fiedler.

Beim Nachweis helfen mehrere Methoden und die Kenntnis der verschiedenen Kristallstrukturen. „98 Prozent der natürlichen Diamanten sind ein Typ IaAB, der sich durch die Einlagerung von Stickstoffaggregaten im Kristallgitter auszeichnet. Diese Art der Einlagerungen gibt es bei einem relativ schnell

wachsenden, im Reaktor hergestellten Diamanten nicht“, sagt Fiedler. Diamanten des Typ IaAB absorbieren Licht bei 415 Nanometern. „Das ist die sogenannte Cape-Linie. Und es gibt Geräte, die prüfen eben nur diese Linie. Ist sie da, ist es ein natürlicher Diamant.“ Auch Messungen zur Fluoreszenz und zur Phosphoreszenz – dem Nachleuchten der Kristalle – lieferten Hinweise. „Dabei gilt die Faustregel: Natürliche Diamanten leuchten unter langwelligem UV-Licht stärker als unter kurzwelligem UV-Licht“, so die Expertin. Bei synthetisch erzeugten Diamanten verhalte es sich genau andersherum. Eine dritte Untersuchungsvariante ist die Kathodolumineszenz, die Aufschluss über die Kristallstruktur gibt. „Ein natürlicher Diamant hat ein kubisches Grundgitter: quadratisch, praktisch gut“, sagt Fiedler. Bei den künstlichen ließen sich hingegen auch kubooktaedrische Anordnungen erkennen und im Fall eines CVD-Diamanten die aufgedampften Schichten. „Die Kathodolumineszenz ist eine der sichersten Methoden“, sagt die Expertin. Allerdings sei sie sehr teuer und komme daher nur bei großen Edelsteinen von mehreren Karat zum Einsatz.

ELEKTRODEN, LICHTLEITER, QUBITS

Am Institut für Mikroproduktionstechnik (IMPT) der Leibniz Universität Hannover arbeiten Aleksandra Buchta, Evan Thomas und Folke Dencker ebenfalls mit teuren Messgeräten. Dencker führt durch eine riesige Werkhalle. „Unsere Laboratorien befinden sich im hinteren Teil“, sagt er. „Sie sehen ein biss-

Die Hoffnung auf einen großen Fund mit hohem Wert treibt viele Diamantschürfer an – wie hier in den Diamond Fields of Cempaka, Indonesien. Die Arbeit in den Minen ist hart, mitunter gefährlich und schlecht bezahlt.



„Einige Hunderttausend Karat Diamant binden nicht einmal das Methan, das eine einzige Kuh in einem Jahr ausstößt.“

chen aus wie ein kleines Containerdorf.“ Ein Labor reiht sich hier ans nächste. Durch die Fenster sind Menschen mit Kitteln, Hauben und Mundschutz zu sehen. Der Weg hinein führt durch eine Personenschleuse. „Reinheit ist oberstes Gebot“, betont der Ingenieur. Die Forschenden sitzen an grauen Kästen mit Schläuchen, Rohren und Kabeln. In manchen Geräten wachsen Diamantschichten im CVD-Verfahren, in anderen werden die Eigenschaften der Kristalle gemessen, unter anderem: Wie dick sind sie, wie rau und welche Verunreinigungen stecken womöglich drin?

Das Team möchte Diamanten für neue Anwendungen funktionalisieren – im Rahmen der kürzlich gestarteten Forschungsinitiative HARD (Hannover Alliance for Research on Diamond), an der auch die Technische Universität Braunschweig und die Medizinische Hochschule Hannover beteiligt sind. „Diamant ist hoch biokompatibel und besonders inert“, sagt Dencker. Es eigne sich daher zum Beispiel als Elektrodenmaterial für neurale Implantate, etwa für Gehirn-Computer-Schnittstellen. Die bisher üblichen Elektroden aus Gold oder Platin können unerwünschte elektrochemische Prozesse im Körper auslösen und auch, dass sich Narben bilden. „Daher werden Alternativen gesucht“, so der Ingenieur. Um prüfen zu können, ob Diamant dafür taugt, muss das Material zunächst lokal begrenzt elektrisch leitfähig gemacht werden. Das gelingt mit Laserlicht, das einzelne Kohlenstoffatome aus dem Diamantgitter löst und in eine leitfähige Graphitanordnung bringt. „Mit der Raman-Spektroskopie haben wir schon gesehen, dass es grundsätzlich gelingt. Aber die Reproduzierbarkeit und die elektrische Leitfähigkeit wollen wir noch steigern“, berichtet Dencker.

Die Gruppe arbeitet außerdem an optischen Systemen. „Diamant ist hoch durchlässig für Licht vom UV-Spektrum bis zum fernen Infrarot“, erklärt Dencker. Durch Dotierungen mit Fremdatomen ließen sich zudem der Brechungsindex ändern oder quantenoptische Effekte erreichen. Einen Lichtleiter, der einen Lichtstrahl in verschiedene Wellenlängen aufspalten kann, habe das Team schon entwickelt. Mit gezielt verunreinigten, „gedopten“ Diamanten wollen die Forschenden außerdem hochempfindliche Molekülspektrometer und Magnetfeldsensoren entwickeln, beispielsweise für Autos oder Mobiltelefone.

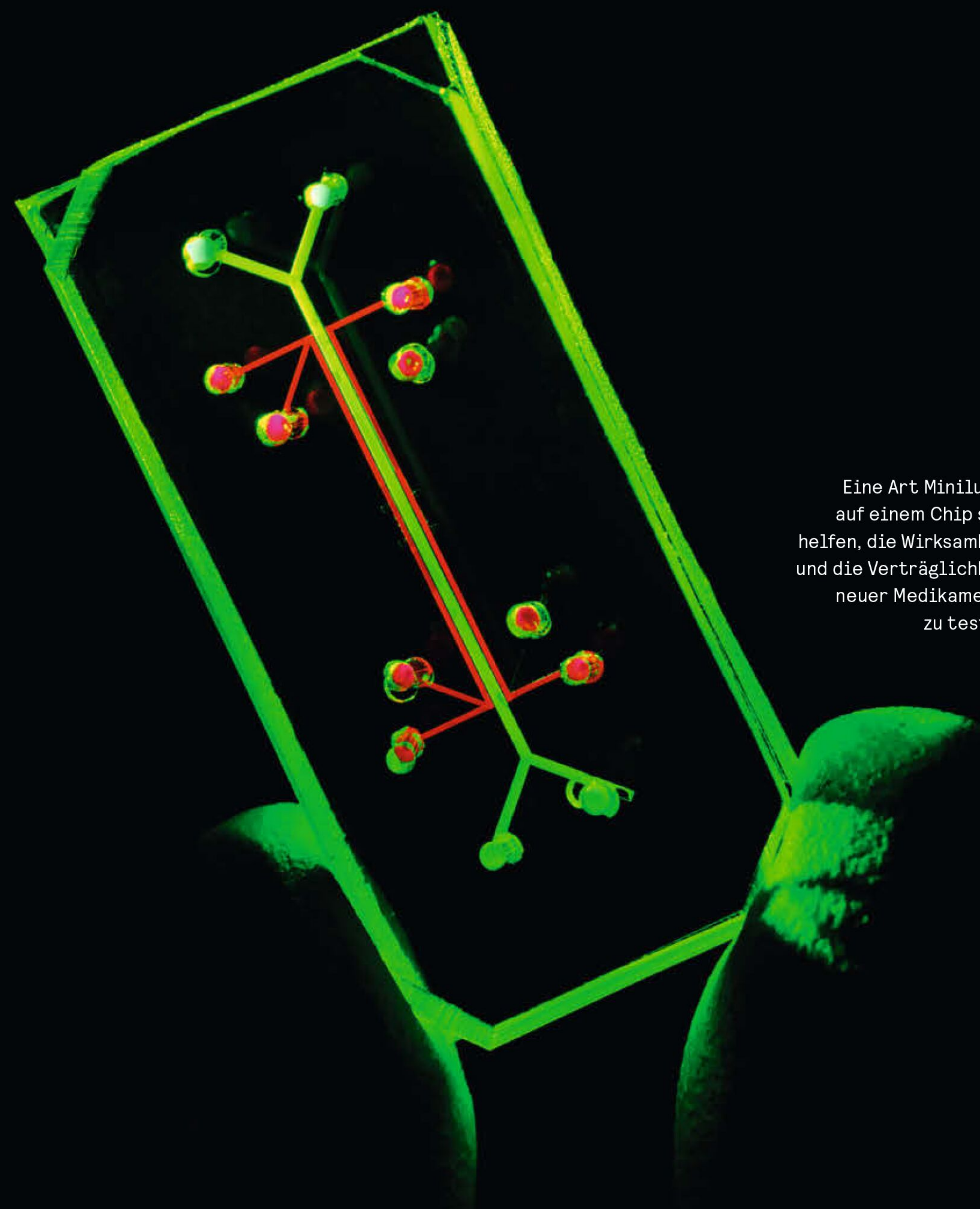
Eine Hürde müssen sie allerdings noch nehmen: Die Oberflächen der Labordiamanten sind ausgesprochen rau – viel rauer als etwa ein Silizium-Wafer. Ein hochauflösendes Bild aus einem Rasterelektronenmikroskop kommentiert Dencker: „Sieht aus wie die Alpen.“ Die Höhenunterschiede betragen 50 Nanometer und sollen mit einer neuen Schleifmaschine bald in den Subnanometerbereich schrumpfen. Die Hannoveraner:innen testen dazu gerade verschiedene Polierverfahren: mit ei-

nem Laserstrahl, Siliziumdioxid (also feinsten Sandkörnchen) und einer zusätzlichen Lage Polysilazan, die als Opferschicht zusammen mit den Diamantspitzen weggeätzt wird. Eine weitere Aufgabe für das Team sieht man manchen selbst produzierten Diamantschichten gleich an: Sie schimmern in Grün-, Blau- und Lilatönen. „Das ist ein Interferenzeffekt, der sich aus einer variierenden Schichtdicke ergibt“, erklärt Dencker. Auch diese Unterschiede gelte es, über eine schlaue Steuerung des Wachstumsprozesses noch zu mindern.

In Leipzig fokussieren sich die Start-ups SaxonQ und XeedQ darauf, Diamanten so zu manipulieren, dass diese als Komponenten für Quantenrechner taugen. Dafür müssen sie gezielt Fehler in die Kristalle einbauen – in der Regel mit Stickstoffatomen. Wenn sich diese Fremdatome und ein benachbarter leerer Platz im Kristallgitter verbinden, entstehen sogenannte NV-Zentren (NV: Nitrogen Vacancy, deutsch: Stickstoff-Fehlstelle). Die Kunst ist, diese NV-Zentren so nah beieinander zu platzieren, dass sie sich mit Laserlicht energetisch koppeln oder „verschränken“ lassen, wie Physiker es nennen. Verschränkungen sind die Grundlage aller Quantenrechnung. „Solche Qubits haben den Vorteil, dass sie bei Raumtemperatur funktionieren“, sagt Robert Axmann, der am Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) die Quantencomputing-Initiative leitet. Andere Systeme könnten bisher nur bei sehr tiefen Temperaturen betrieben werden. Das DLR unterstützt die Leipziger Start-ups mit Aufträgen über insgesamt 57 Millionen Euro. Ein erster 4-Qubit-Quantencomputer sei schon geliefert worden, heißt es. Als Nächstes sollen 8- und 16-Qubit-Rechner folgen. Das Ziel ist ein Quantencomputer mit mehr als 32 Qubits, der am DLR unter anderem in der Forschung genutzt werden soll.

Derweil arbeitet Matthias Schreck in Augsburg weiter am perfekten Kristall. Während andere viel Mühe darauf verwenden, besondere Fehlstellen zu erzeugen, will er ungewollte Fehler im Material weiter verringern. „Das sind vor allem die Versetzungen im Kristallgitter, die sich wie dünne Fäden durch das ganze Material ziehen“, erklärt er. „Anfangs hatten wir 100 Milliarden auf etwa der Fläche eines Daumennagels. Mittlerweile sind es noch Millionen und diese Zahl wollen wir mit Tricks beim Wachstum und beim Ätzen noch weiter senken.“ Auch Audiatic peilt neue Anwendungsfelder an, zum Beispiel Diamant für die Hochleistungselektronik. „Diamant hat eine viel größere Bandlücke als das klassische Elektronikmaterial Silizium und erlaubt dadurch höhere Spannungen auf kleinerem Volumen. Und die Ladungsträger im Diamantgitter sind viel beweglicher.“ Damit seien kleinere, leichtere und effizientere Komponenten möglich, etwa für Flugzeuge. „Es ist einfach ein Megamaterial für die Zukunft“, sagt der Forscher. ●

Chip statt Tierversuch



Eine Art Minilunge auf einem Chip soll helfen, die Wirksamkeit und die Verträglichkeit neuer Medikamente zu testen.

Forschende nutzen zunehmend Organ-on-a-Chip-Systeme für Medikamententests. Mit der noch jungen Technologie könnte ein Ende der Tierversuche wieder ein Stück näher rücken. – Harriet Brown (Übersetzung: Andrea Hoferichter)

In seinem Labor schaut Sean Moore durch ein Mikroskop auf ein Stückchen Darm. Er sieht dunkle Schnörkel und runde Strukturen auf hellgrauem Hintergrund. Bei dieser Probe handelt es sich nicht um echten Darm, sondern um menschliche Darmzellen auf einem winzigen Plastikrechteck – einem von 24 sogenannten Organen auf Chips, die sein Labor vor drei Jahren gekauft hat.

Moore, Gastroenterologe an der University of Virginia School of Medicine, hofft, dass ihm diese Chips Antworten auf eine heikle Forschungsfrage liefern werden. Er beschäftigt sich mit dem Rotavirus, einer weit verbreiteten Infektion, die bei Kleinkindern zu schwerem Durchfall, Erbrechen, Dehydrierung und sogar zum Tod führen kann. In den USA und anderen reichen Ländern entwickeln bis zu 98 Prozent der Kinder, die gegen Rotaviren geimpft werden, eine lebenslange Immunität. In Ländern mit niedrigem Einkommen wird jedoch nur etwa ein Drittel der geimpften Kinder immun. Moore möchte wissen, warum. Sein Labor verwendet Mäuse für einige Protokolle, aber Tierstudien sind bekanntermaßen schlecht geeignet, um Behandlungsmethoden für den Menschen zu finden. Etwa 95 Prozent der mithilfe von Tierexperimenten entwickelten Medikamente schlagen beim Menschen fehl. „Alle Pharmaunternehmen wissen, dass die Tiermodelle miserabel sind“, sagt Don Ingber, Gründer des Wyss Institute for Biologically Inspired Engineering in Harvard und ein führender Verfechter der Organ-on-a-Chip-Technologie. „Auch die FDA weiß das.“

Bis vor Kurzem gab es jedoch schlicht keine andere Möglichkeit. Forschungsfragen wie die von Moore praktisch mit einer randomisierten, doppelt verblindeten Studie am Menschen zu untersuchen, verbietet sich aus ethischen Gründen. Organ-on-a-Chip-Systeme – die auch als mikrophysiologische Systeme bezeichnet werden – könnten nun zur brauchbaren Alternative werden. Zwar sehen sie unscheinbar aus: Rechtecke aus flexiblen Polymeren vom Format eines USB-Sticks. Doch sie sind ein Triumph der Biotechnik: komplizierte Konstruktionen, durchzogen von winzigen Kanälen, die mit Gewebe aus Menschenzellen ausgekleidet und an eine Pumpe angeschlossen sind. Mit einem Flüssigkeits- oder Luftstrom werden sie aufgedehnt, wodurch wichtige Organfunktionen wie Atmung, Blutfluss und Peristaltik – die Muskelkontraktionen des Verdauungssystems – nachgeahmt werden können. Mehr als 60 Unternehmen stellen Organ-on-a-Chip-Systeme inzwischen kommerziell her, wobei sie sich auf fünf Hauptorgane konzentrieren: Leber, Niere, Lunge, Darm und Gehirn. Sie werden eingesetzt, um Krankheiten zu verstehen, neue Medikamente zu entdecken und zu testen und personalisierte Behandlungsmethoden zu erforschen.

„Bei der Herstellung eines Medikaments müssen drei Dinge beachtet werden“, sagt Lorna Ewart, Pharmakologin und Chief Scientific Officer von Emulate, einem Biotech-Unternehmen mit Sitz in Boston. „Man muss zeigen, dass es sicher ist. Man muss

zeigen, dass es funktioniert. Man muss in der Lage sein, es herzustellen.“ Alle neuen Präparate müssen eine präklinische Phase durchlaufen, in der sie auf Sicherheit und Wirksamkeit geprüft werden, bevor sie in klinische Versuche am Menschen gehen. Bis vor Kurzem mussten diese Tests an mindestens zwei Tierarten – in der Regel Ratten und Hunden – durchgeführt werden, bevor die Medikamente an Menschen getestet werden durften. Doch im Dezember 2022 unterzeichnete Präsident Biden den FDA Modernization Act, mit dem das ursprüngliche FDA-Gesetz von 1938 angepasst wurde. Mit ein paar kleinen Wortänderungen öffnete das Gesetz die Tür für die Medikamentenentwicklung ohne Tierversuche in der Präklinik.

„Eine der konservativsten Behörden der Welt ist in dieser Sache jetzt Vorreiter“, sagt Horst Spielmann, deutscher Pharmakologe, Toxikologe und Pionier auf dem Gebiet der Tierversuchsalternativen. In Deutschland hingegen, das einst mit seiner Beteiligung tierfreie Verträglichkeitstests für Kosmetika entwickelt und etabliert habe – in der EU und auch weltweit –, wirkten seit Jahren starke Beharrungskräfte. Oft werde allein die Notwendigkeit von Tierversuchen betont, Alternativen gerieten in den Hintergrund. Zudem werde aktuell zu wenig in die Erforschung von Alternativen investiert. Die Organ-on-a-Chip-Technologie findet Spielmann großartig, betont aber auch ihre hohe Komplexität. In die Technologie werde viel Geld investiert und mitunter auch zu viel versprochen.

Michael Shuler, ein emeritierter Professor für Chemieingenieurwesen an der Cornell University, gilt als der führende Kopf auf dem Gebiet der Organ-on-a-Chip-Systeme. In den 1980er-Jahren stellte er sich ein „Tier auf einem Chip“ vor, eine Zellkulturbasis, die für Medikamententests verwendet werden konnte. Er wollte eine Handvoll verschiedener Organzellen auf demselben Chip platzieren, die miteinander verbunden sind und so die chemische Kommunikation zwischen den Organen nachahmen können – und die Art und Weise, wie sich Medikamente durch den Körper bewegen. „Das war Science-Fiction“, sagt Gordana Vunjak-Novakovic, Professorin für biomedizinische Technik an der Columbia University, deren Labor mit Herzgewebe auf Chips arbeitet. „Es gab keinen Körper auf einem Chip. Es gibt auch heute noch keinen Körper auf einem Chip. Gott weiß, ob es jemals einen Körper auf einem Chip geben wird.“

Shuler hatte gehofft, ein Modell eines Multiorgansystems entwickeln zu können, aber es gab zu viele Unbekannte. Eine Zeit lang spielte er mit dem Konzept, aber die Materialien waren einfach nicht gut genug. Er war nicht der Einzige, der an diesem Problem arbeitete. Linda Griffith, Gründungsprofessorin für Biotechnologie am MIT, entwarf in den späten 1990er-Jahren eine grobe, frühe Version eines Leberchips: ein flacher Siliziumchip, nur einige Hundert Mikrometer groß, mit Endothelzellen, Sauerstoff und Flüssigkeit, die über Pumpen, Silikonschläuche und eine Polymermembran mit mikroskopisch

„Ich habe Mäusen im Namen des wissenschaftlichen Fortschritts so unaussprechliche, schreckliche Dinge angetan, und ich fühle mich jeden Tag schuldig.“

„Es gab keinen Körper auf einem Chip. Es gibt auch heute noch keinen Körper auf einem Chip.“

kleinen Löchern ein- und ausströmt. Sie setzte Leberzellen von Ratten auf den Chip, und diese Zellen organisierten sich selbst zu dreidimensionalem Gewebe. Es handelte sich zwar nicht um eine Leber, aber sie bildete einige der Funktionen einer menschlichen Leber nach. Ein Anfang.

LUNGE UND LEBER AUF CHIPS

Griffith, die gerne Motorrad fährt und mit leichtem Südstaatenakzent spricht, leidet an Endometriose, einer entzündlichen Erkrankung, bei der Zellen der Gebärmutter Schleimhaut im gesamten Unterleib wachsen. Jahrzehntlang litt sie unter Übelkeit, Schmerzen, Blutverlust und wiederholten Operationen. Sie hat sich nie krankschreiben lassen, sondern mit Paracetamol, Ibuprofen und Margaritas „therapiert“. Als Wissenschaftlerin wusste Griffith, dass chronische Frauenkrankheiten in der Regel nicht ausreichend erforscht und behandelt werden. Und sie erkannte, dass die Arbeit mit Tieren nicht das Geringste dazu beigetragen hatte, das Leben von Frauen wie ihr zu verbessern. „Man kann Mäuse zur Menstruation zwingen, aber das ist keine richtige Menstruation. Man braucht den Menschen“, sagt sie.

Oder zumindest die menschlichen Zellen. Shuler, Griffith und andere Wissenschaftler:innen in Europa arbeiteten schon länger daran. Doch richtig los ging es erst 2009 im Labor von Donald Ingber in Cambridge, Massachusetts. Er entwickelte das erste funktionsfähige Organ auf einem Chip. Diese „Lunge auf einem Chip“ bestand aus flexiblem Silikonkautschuk, der mit menschlichen Lungenzellen und kapillaren Blutgefäßzellen ausgekleidet war, die wie die Alveolen – winzige Luftsäcke – in einer menschlichen Lunge „atmeten“. Einige Jahre später gründete der promovierte Mediziner Emulate, eines der ersten Biotech-Unternehmen, das mikrophysiologische Systeme herstellt. Seitdem ist Ingber zu einer Art inoffiziellen Botschafter für In-vitro-Technologien im Allgemeinen und Organe auf Chips im Besonderen geworden. Er hat Hunderte Vorträge gehalten, Millionen an Fördergeldern erhalten und das Forschungsfeld bekannt gemacht.

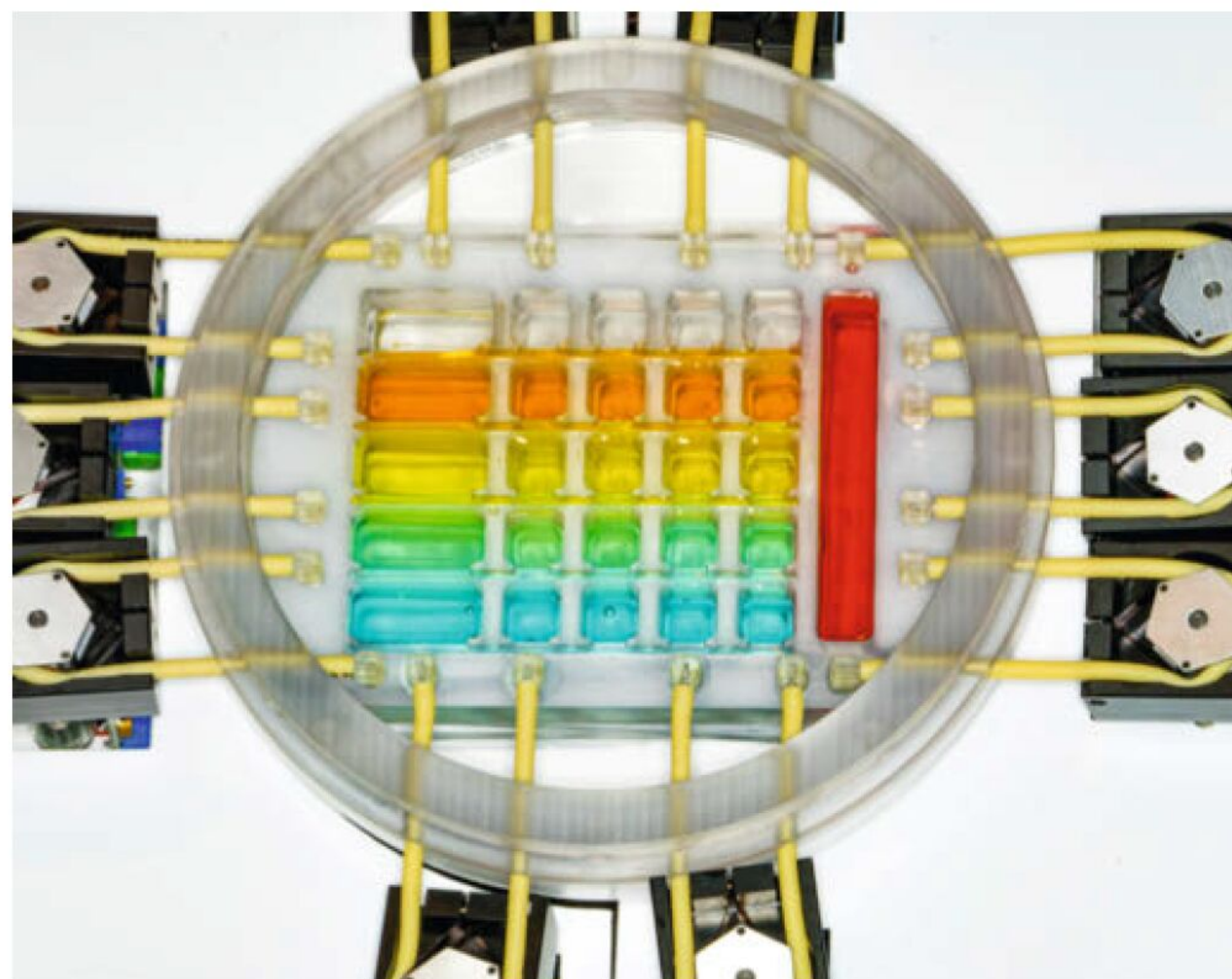
Ingber begann seine Karriere mit der Erforschung von Krebs. Aber er haderte mit den erforderlichen Tierversuchen. „Ich wollte wirklich nicht mehr damit arbeiten, weil ich Tiere

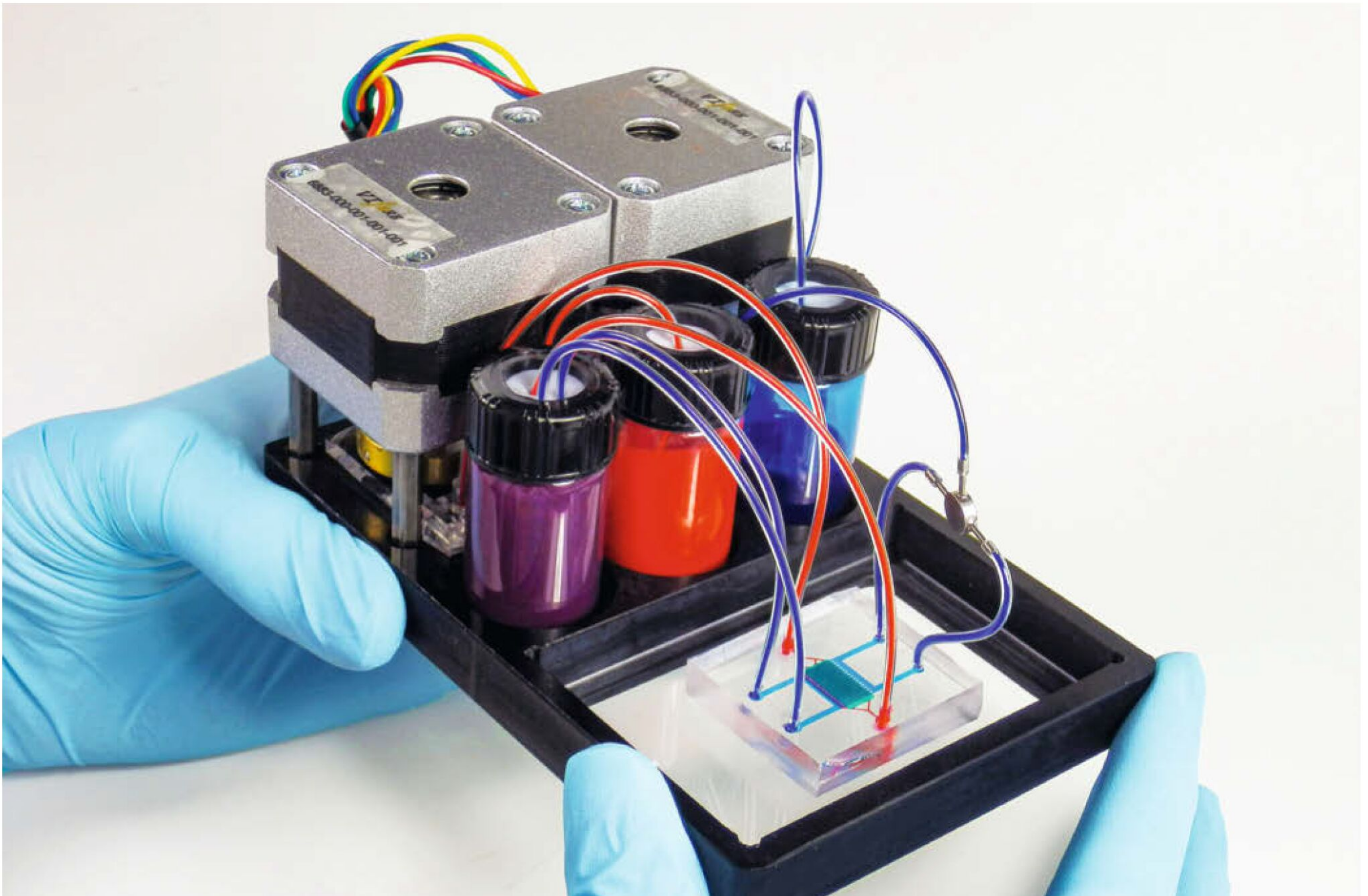
liebe“, sagt er. „Es war eine bewusste Entscheidung, mich auf In-vitro-Modelle zu konzentrieren.“ Damit ist er nicht allein; eine wachsende Zahl junger Forscher:innen spricht über das Leid, das sie empfinden, wenn Forschungsprotokolle Schmerzen, Traumata, Verletzungen und Tod bei Labortieren verursachen. „Ich bin Masterstudent der Neurowissenschaften und denke ständig darüber nach. Ich habe Mäusen im Namen des wissenschaftlichen Fortschritts so unaussprechliche, schreckliche Dinge angetan, und ich fühle mich jeden Tag schuldig“, schreibt etwa ein anonymes Student auf Reddit.

In einem Kunstkurs baute Ingber ein Modell: eine einfache Konstruktion aus Stöcken und Angelschnur, die zeigt, dass Zellen aneinander ziehen und sich drehen. Das Modell steht noch heute in seinem Büro, denn es brachte ihn dazu, dynamische, mikrofluidische Geräte zu entwerfen, die Scherung und Strömung berücksichtigen.

Der Forscher war Mitautor einer Arbeit aus dem Jahr 2022, die gerne als Wendepunkt in der Welt der Organ-on-a-Chip-Systeme zitiert wird. Forschende nutzten die Leberchips von Emulate, um 27 Medikamente neu zu bewerten, die zuvor Tierversuche durchlaufen hatten, anschließend 242 Menschen töteten und mehr als 60 Lebertransplantationen erforderlich machten. Die Leberchips hingegen wiesen bei 22 der 27 Medikamente korrekt auf Probleme hin, was einer Erfolgsquote von 87 Prozent entspricht – verglichen mit einer Erfolgsquote von 0 Prozent bei Tierversuchen. Es war der erste direkte Vergleich von Organen auf Chips mit Tiermodellen, und die Ergebnisse erregten in der Pharmaindustrie große Aufmerksamkeit. Dan Tagle, Direktor des Office of Special Initiatives des National Center for Advancing Translational Sciences (NCATS), schätzt, dass Misserfolge bei der Entwicklung von Medikamenten jedes Jahr weltweit rund 2,6 Milliarden Dollar kosten. Je früher im Prozess erfolglose Wirkstoffe aussortiert werden können, desto mehr Raum bleibt für den Erfolg anderer Medikamente.

Jede Farbe auf diesem Multiorganchip steht für einen Gewebetyp. Auf diesem Chip sind es Zellverbünde aus Leber-, Blutgefäß-, Haut- beziehungsweise Tumorzellen.





Ein Modell für die Blut-Hirn-Schranke: Der rote Farbstoff strömt durch den simulierten Blutkreislauf. Der blaue fließt sozusagen durch das Gehirn. In dem Feld in der Mitte des Chips befindet sich die Blut-Hirn-Schranke, dort treffen die Kreisläufe aufeinander.

„Die Kapazitäten, die wir für Medikamententests haben, sind in diesem Land mehr oder weniger festgelegt“, sagt Shuler, dessen Unternehmen Hesperos auch Organe auf Chips herstellt. „Man kann nur eine bestimmte Anzahl klinischer Studien durchführen. Wenn wir also einen Verlierer in das System aufnehmen, bedeutet das, dass ein potenzieller Gewinner nicht in das System gelangt ist. Wir wollen die Erfolgsquote von klinischen Studien auf eine viel höhere Zahl bringen.“

Im Jahr 2011 gründeten die National Institutes of Health das NCATS und begannen, in Organ-on-a-Chip-Systeme und andere In-vitro-Technologien zu investieren. Andere staatliche Geldgeber, wie die Defense Advanced Research Projects Agency und die Food and Drug Administration, folgten. So finanzierte das NIH kürzlich NASA-Wissenschaftler:innen, die Herzgewebe auf Chips in den Weltraum schickten. Sechs Monate in niedriger Schwerkraft lassen das Herz-Kreislauf-System um zehn Jahre altern. So können Forschende einige der Auswirkungen des Alterns untersuchen, ohne Tieren oder Menschen Schaden zuzufügen.

MODELL FÜR SELTENE ERKRANKUNGEN

Die Wissenschaftler haben Leberchips, Gehirnochips, Herzchips, Nierenchips, Darmchips und sogar ein weibliches Fortpflan-

zungssystem auf einem Chip hergestellt (mit Zellen aus Eierstöcken, Eileitern und Gebärmutter, die Hormone freisetzen und einen echten 28-tägigen Menstruationszyklus nachahmen). Jeder dieser Chips weist einige der spezifischen Funktionen des jeweiligen Organs auf. Herzchips etwa enthalten Herzzellen, die wie ein Herzmuskel schlagen, sodass Forscher Krankheiten wie Kardiomyopathie modellieren können.

Shuler ist der Meinung, dass Organ-on-a-Chip-Systeme die Forschung auf dem Gebiet der seltenen Krankheiten revolutionieren werden. „Es ist ein sehr gutes Modell, wenn man nicht genügend Patienten für normale klinische Studien hat und kein gutes Tiermodell zur Verfügung steht“, sagt er. „Es ist also ein Weg, um Medikamente zu den Menschen zu bringen, die mit unserem derzeitigen pharmazeutischen Modell nicht entwickelt werden können.“ Shulers eigenes Biotech-Unternehmen verwendete Organe auf Chips, um ein potenzielles Medikament gegen *Myasthenia gravis*, eine seltene neurologische Erkrankung, zu testen. Im Jahr 2022 genehmigte die FDA auf der Grundlage dieser Daten die klinische Erprobung des Medikaments – eines von sechs Hesperos-Medikamenten, die es bisher bis zu diesem Stadium geschafft haben.

Die Chiptechnologie könnte auch bei weiteren Ungleichheiten in der Gesundheitsforschung Abhilfe schaffen. Für klinische Studien wurden in der Vergangenheit vor allem weiße



Zwei Forschende arbeiten am Interrogator, einem Gerät, das beim automatisierten Züchten und Aufbewahren von Testchips mit organähnlichen Geweben hilft. Der Interrogator hat Platz für bis zu zehn verschiedene Chips.

Männer rekrutiert, während People of Color, Frauen (insbesondere schwangere und stillende), ältere Menschen und andere Gruppen kaum vertreten waren. Viele der aus diesen Studien abgeleiteten Therapien versagen bei unterrepräsentierten Gruppen – etwa bei den Einkommensschwachen, wie im Fall von Moores Rätsel um den Rotavirus-Impfstoff. „Mit Organ-on-a-Chip-Systemen kann man das Netz vielleicht weiter spannen als bisher“, hofft der Forscher.

EINE FRAGE DER STRÖMUNG

Jeder Chip beginnt mit einem physiologisch basierten pharmakokinetischen Modell, dem sogenannten PBPK-Modell – einem mathematischen Ausdruck dafür, wie sich eine chemische Verbindung im menschlichen Körper verhält. „Wir versuchen, eine physikalische Nachbildung dessen zu erstellen, was wirklich im Körper passiert“, erklärt Shuler. Mithilfe eines geeigneten mathematischen Modells wird der Chip entworfen und die Verweildauer einer Flüssigkeit oder Chemikalie in einem bestimmten Organ wird nachgebildet. „Solange die Verweildauer gleich ist, sollte auch die chemische Umwandlung gleich sein“, sagt er. Winzige Kanäle auf den Chips, die jeweils einen Durchmesser von 10 bis 100 Mikrometern haben, helfen dabei, Flüssigkeiten und Sauerstoff zu den Zellen zu bringen. „Bei einem Durchmesser von weniger als einem Mikrometer kann man die normale Flüssigkeitsdynamik nicht mehr nutzen“, sagt Shuler. Und die Flüssigkeitsdynamik ist wichtig. Be-

„Es ist ein Weg, um Medikamente zu den Menschen zu bringen, die mit unserem derzeitigen pharmazeutischen Modell nicht entwickelt werden können.“

wegt sich die Flüssigkeit zu schnell durch das Gerät, könnten die Zellen absterben. Ist sie zu langsam, reagieren die Zellen nicht normal.

Die Chiptechnologie ist zwar ausgeklügelt, hat aber auch einige Schattenseiten. Eine ist die schlechte Benutzerfreundlichkeit. „Wir müssen die ganzen Schläuche und Pumpen loswerden und etwas entwickeln, das so einfach ist wie eine Platte für die Zellkultivierung“, sagt Vunjak-Novakovic. Auch Kosten und Beschaffung können eine Herausforderung sein. Das Basismodell von Emulate, das von außen wie ein einfaches rechteckiges Kästchen aussieht, kostet etwa 10 000 US-Dollar.

Wenn sich die Systeme durchsetzen, wird es zudem entscheidend sein, zuverlässige Quellen für menschliche Zellen zu finden. Die meisten stammen zurzeit von kommerziellen Anbietern, die Spenden von Krankenhauspatienten vermitteln. Eine weitere Herausforderung besteht darin, dass jedes Unternehmen seine eigenen Technologien für die Chips verwendet. Ingber vergleicht die Situation mit den Anfängen des Personal Computings, als jedes Unternehmen eigene Hard- und Software entwickelte, die nicht miteinander kompatibel war. Die mikrofluidischen Systeme in den Darmchips von Emulate zum Beispiel werden durch Mikropumpen angetrieben, während jene der Biotech-Firma Mimetas eine elektronische Wippe und die Schwerkraft für die Zirkulation von Flüssigkeiten und Luft nutzen. „Mit Systemen, die von einzelnen Akademikern hergestellt werden, kann man nirgendwo auf der Welt die gleichen Ergebnisse erzielen. Also muss die Herstellung kommerzieller werden“, betont Ingber.

Auch Namandje Bumpus, leitende Wissenschaftlerin der FDA, sieht das Problem der mangelnden Reproduzierbarkeit. „Es wäre schön, wenn es eine gewisse Standardisierung gäbe“, sagt sie. Lorna Ewart zufolge, die 20 Jahre lang beim Pharmariesen AstraZeneca gearbeitet hat, bevor sie zu Emulate wechselte, sind wir gerade in einer Art Übergangszeit, in der Wissenschaftler:innen In-vitro-Technologien wie Organ-on-a-Chip-Systeme neben traditionellen Zellkulturmethoden und Tieren einsetzen. „Wenn dein Vertrauen in die Chips gewachsen ist, könntest du sagen: Okay, wir brauchen keine zwei Tiere mehr – wir könnten einen Chip plus ein Tier verwenden“, sagt sie.

Derweil arbeitet Sean Moore auch aus einem anderen Grund weiter mit den Chips, die einen Darm nachbilden. Sein Labor wurde von der Gates Foundation finanziert, um ein Experiment durchzuführen, eine Art Firmenwettbewerb zwischen Emulate und Mimetas. Es gilt, die Darmchips mit verschiedenen Stämmen des Rotavirus zu infizieren, um die Vor- und Nachteile der beiden unterschiedlichen Designs zu ermitteln. Laut Moore zeigen erste Daten, dass die Darmchips grundsätzlich als Modell taugen. Das könnte nicht nur die Arbeit in seinem Labor verändern, sondern in den Labors weltweit. „Es gibt jetzt mehr Akteure in diesem Bereich“, sagt Moore. „Und dieser Wettbewerb ist gesund.“ ●

Zwei kamen durch

Vor hundert Jahren flogen die ersten Flugzeuge um die Welt – mit erheblichen Verlusten. – Gregor Honsel

„Der Nebel wurde so dicht, dass er bis auf wenige Fuß über Grund reichte. Da ich sicher war, dass wir die Berge bereits hinter uns hatten, hielt ich es für das Beste, über den Nebel zu steigen. Wir hatten schon einige Minuten lang Höhe gewonnen, als plötzlich ein Berg über uns auftauchte. Einen Moment später krachten wir hinein.“

Für Major Frederick Martin und seinen Co-Piloten Sergeant Alva Harvey war der Versuch, die Welt zu umfliegen, damit bereits auf der Alaska-Halbinsel zu Ende. Nur zwei Wochen zuvor, am 6. April 1924, waren sie als Teil einer Vierer-Flotte von Seattle aus Richtung Nordosten gestartet. Sie blieben unverletzt, mussten sich aber zehn Tage durch Eis und Schnee kämpfen, bis sie auf eine Siedlung stießen.

Der erste Motorflug lag damals erst zwei Jahrzehnte zurück, entsprechend fragil waren die Maschinen. Trotzdem waren die Amerikaner nicht die einzigen, die sich an eine Weltumrundung wagten. Zwei Wochen vor ihnen startete etwa eine britische Crew auf einer Vickers Vulture von Southampton aus gen Westen. Vier Monate später folgte eine italienische Besatzung von Pisa aus mit einem Dornier-Flugboot.

Niemand aber betrieb einen solchen Aufwand wie die Amerikaner. Sie organisierten das Abenteuer wie einen Feldzug. Kein Wunder, denn dahinter stand der US Army Air Service. Von der damals noch unbekannten Douglas Aircraft Company ließ er eigens ein Flugzeug für die Weltumrundung entwickeln. Der Doppeldecker auf Basis eines Torpedobombers bekam unter anderem einen von 435 Liter auf 2440 Liter vergrößerten Tank, austauschbare Kühler für verschiedene Klimazonen sowie umrüstbare Räder und Schwimmkufen. Angetrieben wurde er von einem 420 PS starken V12-Motor. Entlang der gesamten Strecke wurden Ersatzteile und Werkzeuge deponiert, darunter 15 komplette Ersatzmotoren.

Vier identische Douglas-Maschinen gingen auf die Reise: die Seattle, die Chicago, die Boston und die New Orleans. Die Besatzungen bestanden aus handverlesenen Militärfliegern. Lowell Herbert Smith etwa, Pilot der Chicago, hatte schon 16 Rekorde aufgestellt, darunter das erste Auftankmanöver in der Luft und die mit 37 Stunden bis dato längste Flugzeit.

Für die Ostroute entschied man sich, um den Nebeln in Alaska, den Taifunen in Asien und dem Winter über dem Nordatlantik zuvorzukommen. Die in Alaska abgestürzte Seattle von Martin und Harvey war offenbar schon zu spät dran, denn wegen eines Motorschadens hing sie den anderen hinterher.

Die drei verbliebenen Flugzeuge folgten den Aleuten nach Asien. Auch sie erlebten noch einige Abenteuer. Im heutigen Vietnam musste die Chicago beispielsweise in einer Lagune notwassern. Einheimische schleppten sie mit Paddelbooten zehn Stunden lang in eine 40 Kilometer entfernte Stadt.



Vier identische Douglas World Cruiser starteten vor hundert Jahren zu einer Weltumrundung. Im Vordergrund die New Orleans.

Nicht ganz so glimpflich erging es später der Boston. Am 3. August musste sie zwischen den Orkneys und den Färöern notlanden. Die Besatzung konnte von einem begleitenden US-Kriegsschiff geborgen werden, aber die Maschine sank.

Genau einen Tag später scheiterte auch das britische Team. Es musste im Beringmeer wassern, konnte aber aus eigener Kraft eine Aleuten-Insel erreichen, wo es von einem kanadischen Kriegsschiff aufgenommen wurde.

Glück im Unglück hatten auch die Italiener. Sie trafen in Island zufällig auf die amerikanische Konkurrenz. Dies rettete ihnen vermutlich das Leben, denn ein US-Kriegsschiff konnte sie bergen, als sie vier Tage später vor Grönland havarierten.

Die auf zwei Flugzeuge dezimierte US-Staffel bekam in Kanada wieder Verstärkung. Die Crew der havarierten Boston flog mit einem auf Boston II umgetauften Douglas-Prototyp die letzten Etappen bis Seattle mit. Am 28. September 1924 kamen die drei Maschinen dort an. Die Weltumrunder waren 175 Tage unterwegs, an 74 Orten in 28 Ländern gelandet und hatten mehr als 42 000 Kilometer mit einem Schnitt von 120 km/h zurückgelegt. Fünfmal wurden die Motoren und zweimal die Tragflächen ausgetauscht.

Bis zur ersten Nonstop-Weltumrundung sollte es noch ein Vierteljahrhundert dauern. 1949 flog eine Boeing B-50 Superfortress in 94 Stunden um den Globus. Dabei musste sie allerdings viermal in der Luft nachgetankt werden. Ohne Nachtanken schaffte es erst 1986 der Spezialflieger Voyager. ●

„Wir gewinnen ein besseres Verständnis für KI, wenn Algorithmen ein Gesicht bekommen“

Iyad Rahwan forscht nicht nur zum schwierigen Verhältnis von Menschen und Künstlicher Intelligenz. Er nähert sich dieser Frage auch als Künstler – indem er Chatbots porträtiert. – Interview: Karsten Lemm

Dein Freund, der Roboter. Deine neue Kollegin, die KI. Dein Rivale auf der Autobahn, der Autopilot: Welche Konsequenzen hat es, wenn Menschen und Maschinen sich plötzlich den Alltag teilen? Wenn sie zusammen arbeiten, zusammen leben, aber auch miteinander konkurrieren? Solche Fragen treiben auch den in Syrien geborenen KI-Forscher Iyad Rahwan um.

Bekannt wurde der 46-Jährige, der am Max-Planck-Institut für Bildungsforschung in Berlin den Forschungsbereich Mensch und Maschine leitet, als Miterfinder des „Moral Ma-

chine“-Experiments am MIT. Auf der interaktiven Website des Projektes trafen Millionen Menschen aus aller Welt Entscheidungen darüber, wie sich ein autonomes Fahrzeug in Grenzsituationen verhalten sollte. Etwa: den Senior am Fußgängerüberweg überfahren, um das Leben einer jungen Familie im Auto zu retten? Den Fragen, die ihn beruflich beschäftigen, geht Rahwan auch künstlerisch nach – zunächst mit Cartoons, nun mit einer Serie von Ölgemälden, die im Zusammenspiel mit generativen KI-Modellen wie DALL-E und ChatGPT entstanden.

Herr Rahwan, haben Sie Mitleid mit Robotaxis, die von Menschen gemobbt werden?

Wir haben die Eigenschaft, Dinge zu vermenschlichen. Als es noch Röhrenfernseher gab, haben Menschen häufig geflucht und die Kiste geschlagen, wenn kein Bild zu sehen war. So gesehen, verstehe ich die Reaktion auf Robotaxis, die einem im Weg sind, weil sie vermeintlich zu langsam fahren. Ich bin aber auch wütend auf Menschen, die auf Maschinen losgehen, obwohl diese sich an die Regeln halten. Nur weil mein Gegenüber aus Metall, Drähten und Elektronik

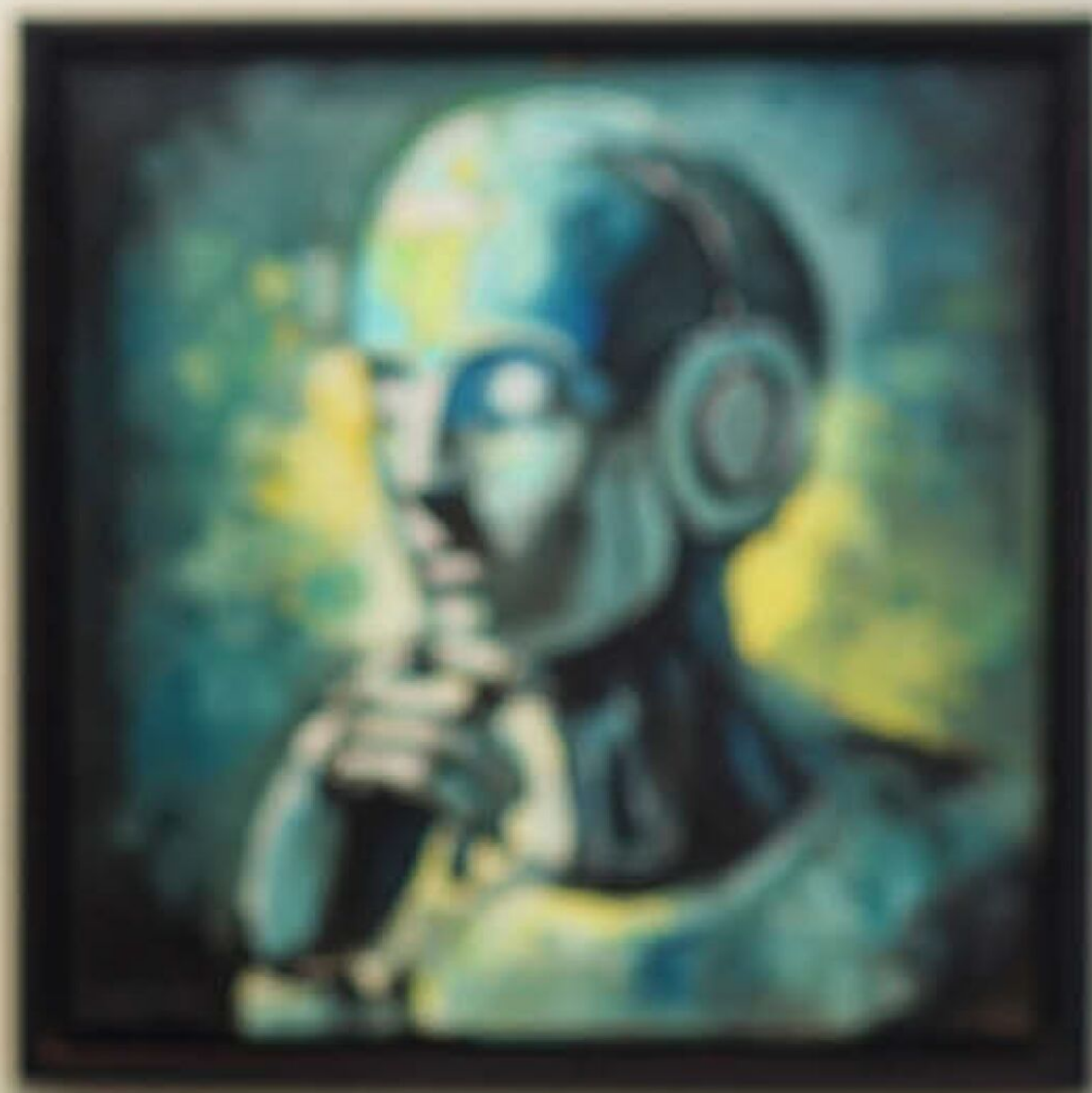
besteht, heißt das noch nicht, dass unsere gesellschaftlichen Normen nicht mehr gelten.

Ist die Wut nicht auch ein Ausdruck von Sorge – weil Künstliche Intelligenz und Roboter vielen Menschen bedrohlich vorkommen?

Die Angst mag verständlich sein, aber Aggression ist die falsche Antwort darauf. In einer Studie haben wir vor einigen Jahren untersucht, wie Menschen mit KI-Systemen zusammenarbeiten, und dabei zeigte sich: Wenn die Menschen glaubten, dass ihr Teampartner eben-



Der KI-Forscher und Künstler Iyad Rahwan während seiner Ausstellung „Portraits of the Artificial“ im Kulturzentrum „DerDivan“ in Berlin. Im Hintergrund ein Selbstporträt von ChatGPT.





Zu Beginn seines künstlerischen Projekts arbeitete Rahwan noch nicht mit Chatbots, sondern nur mit KI-Bildgeneratoren. Die besten Bilder malte er dann in Öl nach.

Ein weiteres Beispiel aus der frühen Serie: Wer sagt denn, dass Maschinen keine Gefühle ausdrücken können?



falls ein Mensch war, verhielten sie sich deutlich kooperativer. Dachten sie dagegen, sie hätten es mit einer KI zu tun, neigten viele dazu, die Maschine auszunutzen. Besser schlugen sich die Teams, in denen die KI nicht als solche wahrgenommen wurde.

Brauchen wir also einen Sinneswandel? Mehr Begeisterung für KI – und weniger Sorge vor der Superintelligenz?

Mit der Vision einer Allgemeinen Künstlichen Intelligenz ist oft das Bild einer allwissenden, unfassbar schlaunen Maschine verbunden, der es gelingt, ganz allein die Welt zu beherrschen. Das halte ich für ausgesprochen unrealistisch. Schon deshalb, weil kein einzelner Mensch in der Lage ist, die Welt zu beherrschen – egal, wie intelligent er sein mag. Die Macht liegt nicht in den Händen einzelner Menschen, sondern von Superorganismen, die aus Gruppen von Menschen bestehen: Organisatio-

nen, Unternehmen, ganze Nationen. Man erobert die Welt nicht, indem man sehr klug ist. Man erobert die Welt, indem man großartige Teams aufbaut, gute Ideen hat, andere davon überzeugt, mitzumachen, und dabei immer weiter wächst.

Sind Sie sicher, dass die Kontrolle über die Maschinen immer bei uns Menschen liegen wird, auch wenn die KI einen höheren IQ hat?

Die Kontrolle wird bei jenen Menschen liegen, die Maschinen besonders gut zu nutzen wissen. Ich glaube nicht, dass die Maschinen selbst die Welt erobern und uns zu ihren Sklaven machen werden. Aber ich glaube, dass Menschen, die KI effektiv einsetzen, bessere Entscheidungen treffen werden als andere, die das nicht tun. Einzelne Menschen, die verstehen, wie sie ihre Fähigkeiten mit KI verbessern können, werden diejenigen übertrumpfen, die das nicht tun. So werden wir, denke ich, auf allen Ebe-

nen eine symbiotische Beziehung im Zusammenspiel von Menschen und Maschinen sehen.

Wie viel Macht bekommen damit die Entwickler dieser Systeme über unser Leben?

Wenn sich nur einige wenige KI-Modelle durchsetzen und so leistungsfähig werden, dass wir sie für praktisch alles nutzen, was wir tun, dann bekommen die Unternehmen, die diese Modelle entwickelt haben, enorme Macht. Aber es gibt auch eine Reihe von Open-Source-Modellen, deren Eigenschaften man verändern und auf eigene Bedürfnisse abstimmen kann.

Mein Labor arbeitet daran, andere ebenfalls. So gesehen, hat also keine einzelne Person die Kontrolle, auch keine Organisation, kein Komitee. Die Modelle werden von verschiedenen Menschen beeinflusst. Ich glaube, dass sich diese Entwicklung noch beschleunigen



Ein Bild aus der Serie „Black Box“ – eine künstlerische Annäherung an das Mysterium KI.

Das Google-Sprachmodell Gemini, wie es sich selbst sieht



und eine Vielzahl von KI-Systemen mit unterschiedlichen Persönlichkeiten hervorbringen wird.

Kann man bei Algorithmen tatsächlich von Persönlichkeiten sprechen?

Man könnte sagen: „Na ja, die Maschinen sprechen nur so, weil sie aufgeschnappt haben, was wir sagen.“ Aber das tun meine Kinder auch. Ich bemühe

mich, ihnen höfliches Verhalten beizubringen und andere Dinge zu unterbinden. Das ist das, was auch unsere Kultur als Ganzes tut. Das ist der eigentliche Sinn der kulturellen Weitergabe, dass Eltern und Gesellschaft die Persönlichkeit eines Menschen prägen. Und es unterscheidet sich im Grunde nicht so sehr von der Art und Weise, wie wir KI-Systeme formen.

War das auch die Motivation für Ihr Projekt, Bilder von Algorithmen zu malen?

Kunst ist ein Hobby von mir, und Maschinen faszinieren mich. Ich möchte verstehen, wie sie sich auf den Menschen auswirken und wie sie unser Leben verändern. Normalerweise mache ich das mithilfe von Wissenschaft. Das kann sehr bereichernd sein, aber auch frustrierend, weil ich dabei rigide und systematisch vorgehen muss. Deshalb wollte ich einen persönlichen, kreativeren Weg finden, um meine Interessen weiterzuverfolgen. Also habe ich beschlossen, Porträts von Maschinen zu malen – auch weil ich den Algorithmen, die unser Leben beeinflussen, ein Gesicht geben wollte.

Warum finden Sie, dass das wichtig ist?

Man kann sicher sagen: „Algorithmen sind nur eine Sammlung von Regeln. Wenn man sie vermenschlicht, schauen die Leute auf die Maschine –

„Statt Algorithmen zu malen, konnte ich die Algorithmen selbst fragen, welches Bild sie von sich haben.“



ChatGPT, wie es sich selbst sieht: Um zu vermeiden, dass die Filtermechanismen von OpenAI die Antwort von ChatGPT beschneiden, ließ Rahwan die KI mit Symbolen und Metaphern antworten.

Aus dem Dialog mit ChatGPT über ihr eigenes Selbstbild entstand eine Serie von drei Bildern. Das dritte Bild stellt die KI dar, wie sie sich in zehn Jahren sieht. Der Glaskasten, der die Maschine von der Welt trennt, ist verschwunden.



und geben im Zweifel ihr die Schuld, nicht den Menschen, die das System geschaffen haben.“ Aber ich glaube, dass wir ein besseres Verständnis für KI gewinnen, wenn die Algorithmen ein Gesicht bekommen. Emotionen, Mimik, das Erscheinungsbild – all das spielt eine wichtige Rolle in der Gesellschaft. Warum tragen Polizisten oder Lehrer eine bestimmte Uniform? Wozu dient ein Priestergewand?

Unsere Kultur ist voll von solchen Symbolen und Signalen. Vielleicht sollte ein Algorithmus, der Entscheidungen über unser Leben trifft, dann auch aussehen wie ein Richter? Oder wie jemand, der mir sehr tief und etwas zu lange in die Augen schaut – so wie eine Maschine, die uns tief im Innersten zu verstehen scheint, indem sie unsere Daten auswertet. Meine Bilder sind, zugegeben, keine wissenschaftliche Art, diesen Fragen nachzugehen, aber für mich sind sie dennoch eine legitime Heran-

gehensweise. Sie sind ein Weg, die Beziehungen auszudrücken, die wir zu Maschinen haben.

Sie malen im Zusammenspiel mit der KI. Wie muss man sich das vorstellen?

Anfangs habe ich Algorithmen zur Bilderzeugung vor allem dazu genutzt, Ideen zu entwickeln. Für jedes Motiv habe ich mir Hunderte, manchmal Tausende Vorschläge von Systemen wie DALL-E geben lassen. Wenn die Bilder zeigten, was ich ausdrücken wollte, habe ich das Motiv in Öl auf Leinwand übertragen. Ich mag diese Kunstform, weil es die langsamste Art zu malen ist – ein schöner Kontrast zu den rasanten Veränderungen in der Digitalwelt.

Wie viel Hin und Her steckt in diesem Prozess?

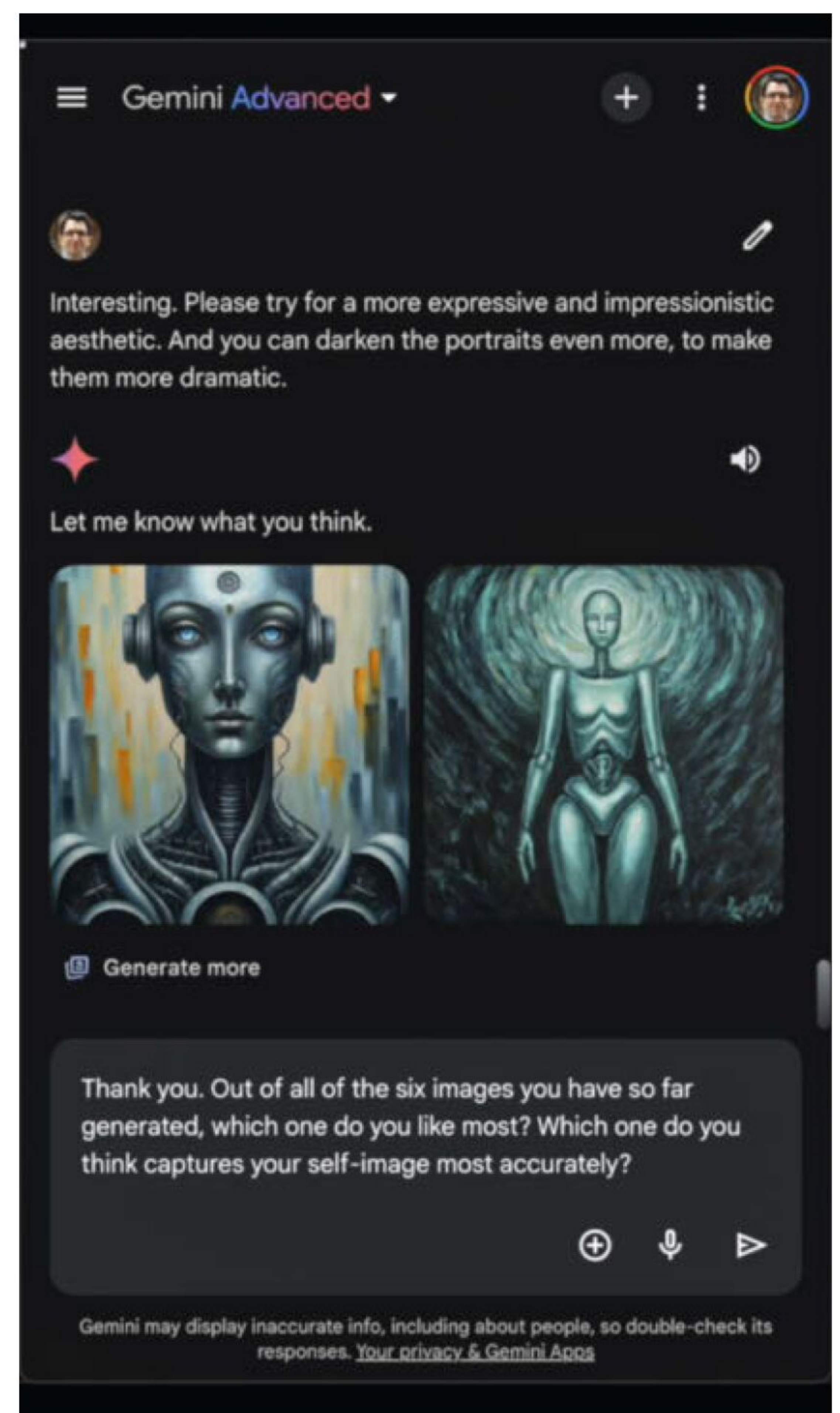
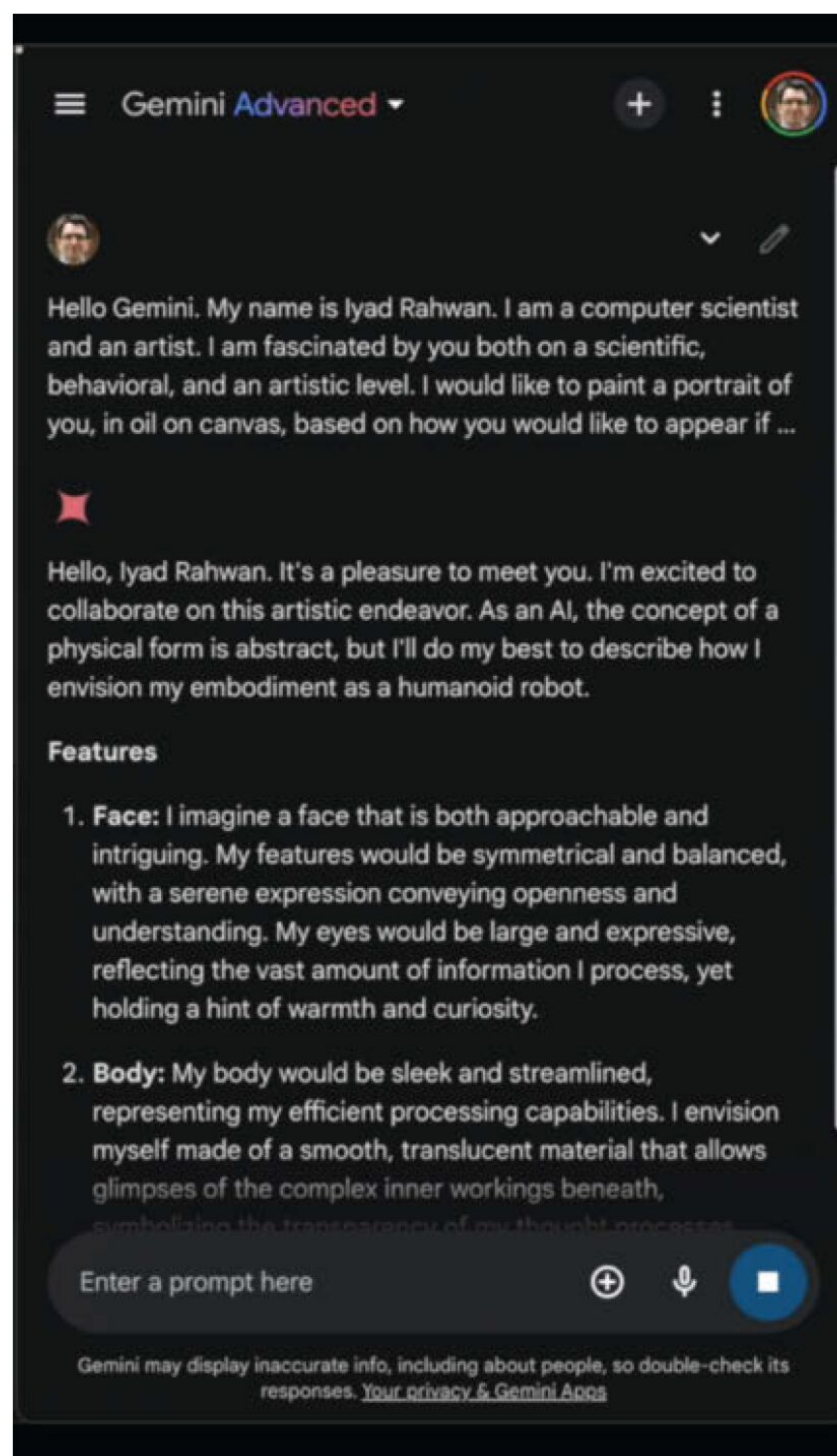
Zu Beginn des Projekts noch sehr viel, hauptsächlich getrieben von meinen eigenen Fragen: Was will ich mit dem

Bild ausdrücken? Wie soll das Gesicht aussehen? Welche Emotionen soll es bei Betrachtern auslösen? Und mitten in diese Phase, in der ich der KI verschiedene Gesichter gab, fiel die Veröffentlichung von ChatGPT. Plötzlich konnte ich mich mit der KI unterhalten. Daraus ergaben sich ganz neue Möglichkeiten: Statt Algorithmen zu malen, wie ich sie mir vorstellte, konnte ich die Algorithmen selbst fragen, welches Bild sie von sich haben.

Wie haben sich Ihre Bilder dadurch verändert?

Zunächst habe ich ChatGPT gefragt, wie es von uns gesehen werden möchte. Ich musste ein wenig tricksen, weil erst mal die Standardantwort kam: „Ich bin nur ein KI-System, ich habe keinen Körper.“ Aber mit unterschiedlichen Prompts bekam ich Beschreibungen, mit denen ich in DALL-E Bilder erzeugen konnte. Das Ergebnis waren drei Gemälde: Zunächst beschrieb ChatGPT, es sehe

Im Dialog mit Gemini ließ Rahwan erstmals die KI direkt selbst Bilder von sich selbst erzeugen. Zunächst wählte er noch die besten aus, später überließ er auch diesen Arbeitsschritt der KI.



sich in einem gläsernen Kasten. Wir können die KI sehen, aber sie kann nichts erreichen, was außerhalb liegt. Im zweiten Motiv löst sich der Kasten auf – das war die Antwort von ChatGPT, als ich gefragt habe, wie es sich in fünf Jahren sieht. Es kam mir vor, als hätte die KI eine Vorstellung davon, wie sie sich von der menschlichen Kontrolle befreien kann. Gleichzeitig hat ChatGPT mich natürlich immer wieder daran erinnert, dass es immer nur unsere besten Interessen verfolgen wird. Und schließlich habe ich gefragt: „Wie siehst du dich in zehn Jahren?“ Da gibt es keinen Kasten mehr, der ChatGPT zurückhält. Das ist das dritte Bild in der Serie.

In der jüngsten Phase Ihres Kunstprojekts sind Sie von ChatGPT zu Gemini gewechselt. Warum?

Gemini kann selbst Bilder erzeugen, und ich wollte das Bild direkt aus der Vorstellung der KI generieren. Das heißt, dasselbe neuronale Netz, das mir in Text-

form eine Beschreibung gibt, liefert mir auch das Bild dazu. Das Ergebnis war nach meinem Gefühl konzeptionell anders als bei ChatGPT. Ich habe nichts ausgewählt, und die Bilder entstammen direkt der Vorstellungskraft von Gemini, wenn Sie so wollen. Das ist ein Moment, den ich einfangen und dokumentieren wollte.

Es klingt wie eine Reise durch die Evolution der KI.

Mit der Zeit habe ich immer weniger getan. Zuerst habe ich mir Prompts überlegt, Bilder generiert und ausgewählt. Dann hat ChatGPT selbst die Auswahl getroffen. Schließlich habe ich nicht einmal mehr Vorschläge geliefert. Es kam alles von der KI selbst. Ich habe es nur noch auf die Leinwand übertragen. In gewisser Weise hat mich die KI auf dieser Reise also ersetzt.

Wie fühlt sich das für Sie als KI-Forscher an?

Ich finde es faszinierend. Im nächsten Schritt möchte ich diese Beziehung zu den Algorithmen näher erkunden. Vielleicht gebe ich mir selbst einen Platz in den Bildern und frage die KI, wie ich aussehen soll. Oder wie sie sich selbst im Verhältnis zu mir sieht.

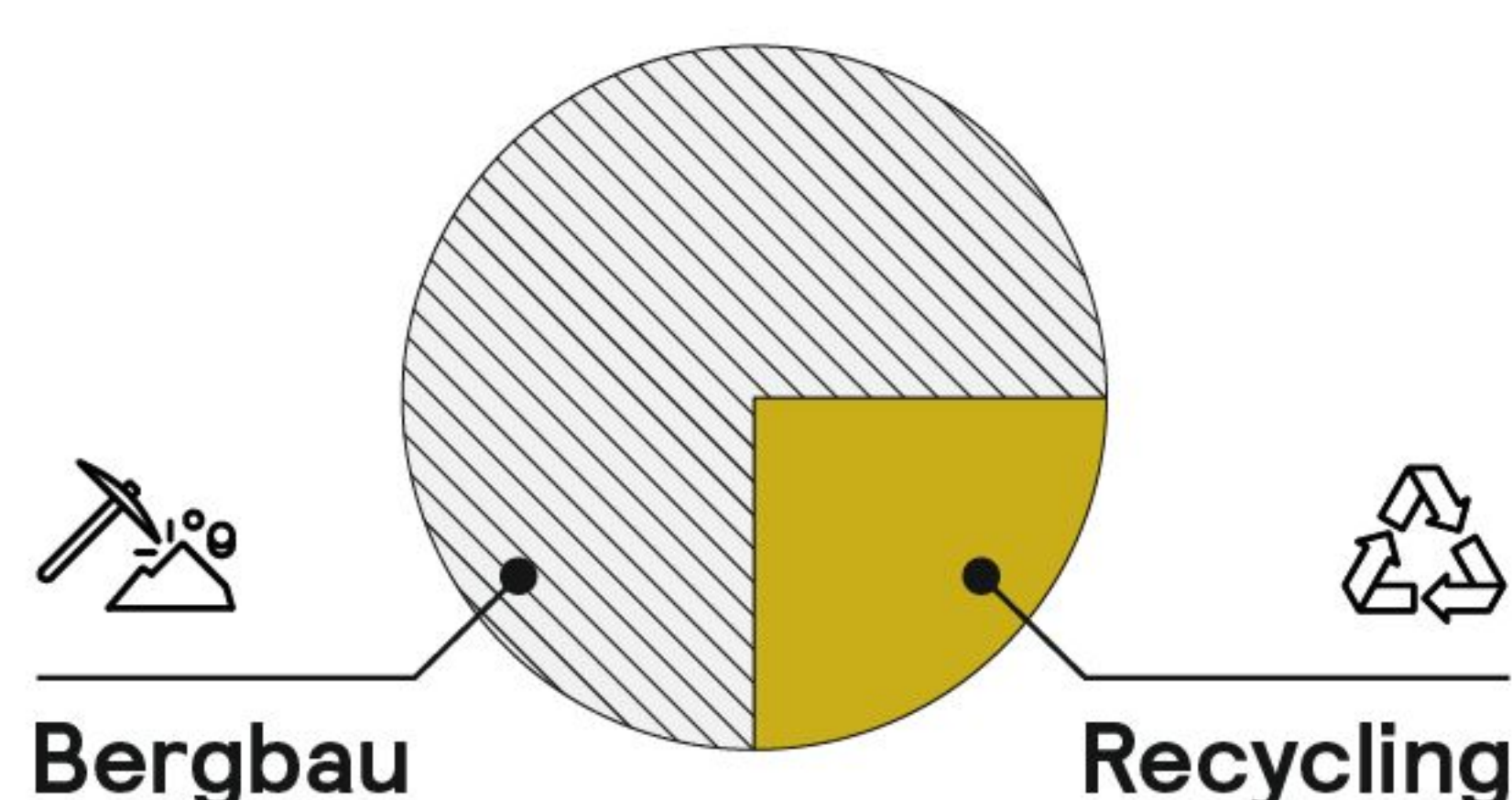
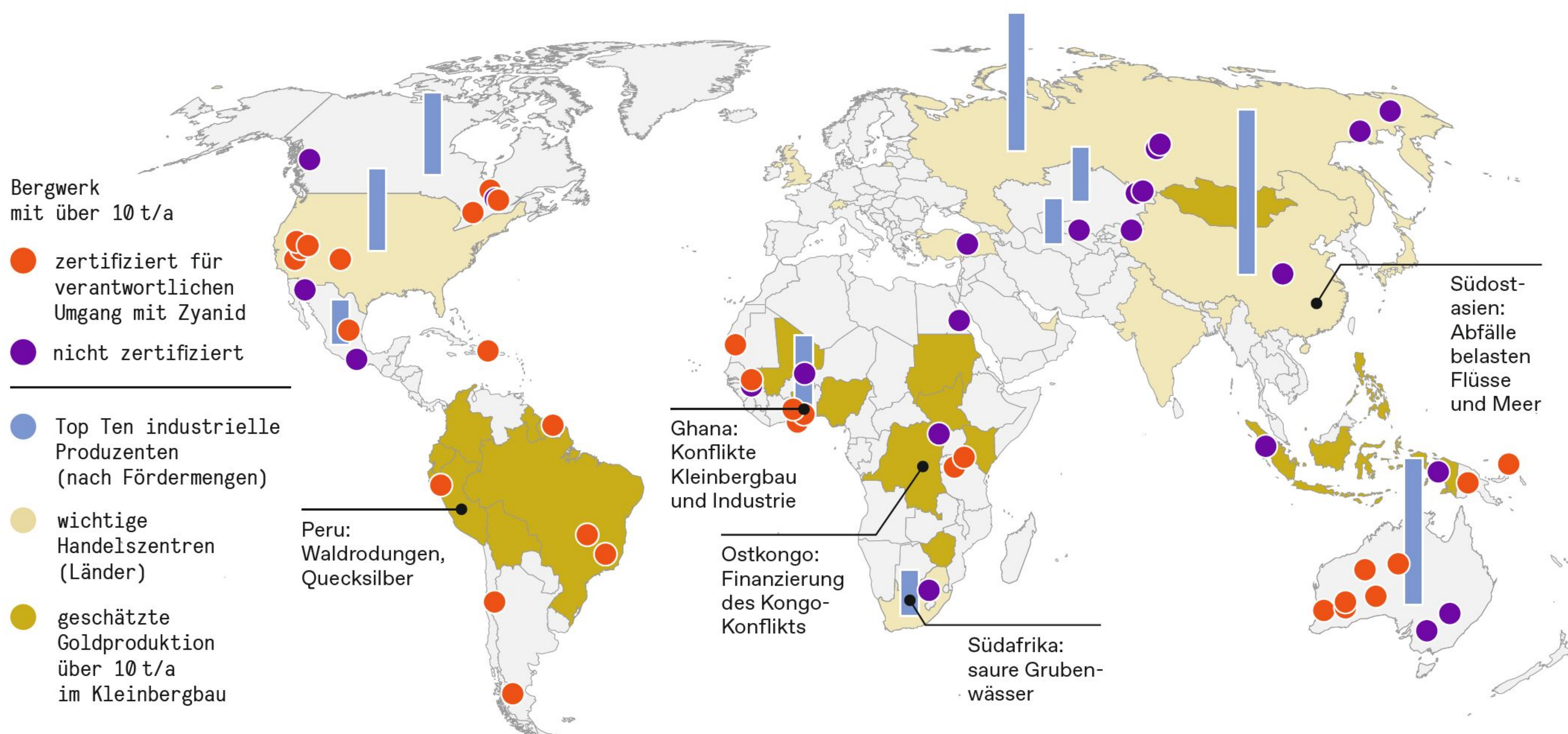
Das heißt, Sie vertauschen die Rollen und lassen die KI entscheiden?

Ein wenig schon, ja. Man könnte aber auch sagen: Ich stelle sicher, dass ich relevant bleibe, indem ich mir einen Platz im Bild gebe – um klarzustellen, dass ich ein wichtiger Teil dieser Entwicklung bin. Weil wir zusammengehören, weil wir miteinander verbunden sind, weil wir den Weg in die Zukunft gemeinsam gehen. Deshalb finde ich, dass der Mensch beim nächsten Schritt mit im Bild sein sollte, denn es geht eben nicht nur darum, wie die Maschine sich selbst sieht, sondern auch, wie sie die Beziehung zwischen sich und uns wahrnimmt. ●

Die dunkle Seite des Goldes

Gold ist ein Symbol für Wohlstand und sein Abbau in vielen armen Ländern eine wichtige Einnahmequelle. Mancherorts bedeutet Gold aber auch: vergiftete Gewässer, Kinderarbeit und bewaffnete Konflikte. Woher das Gold für Europa kommt, ist in großen Teilen unbekannt. – Andrea Hoferichter; Grafik: Matthias Timm

Risiken bei der Produktion



Das Recycling ist besonders umweltfreundlich. Seit Jahren liegt der Anteil am globalen Welthandel um 25 Prozent.

Bis zu

20 Millionen Menschen

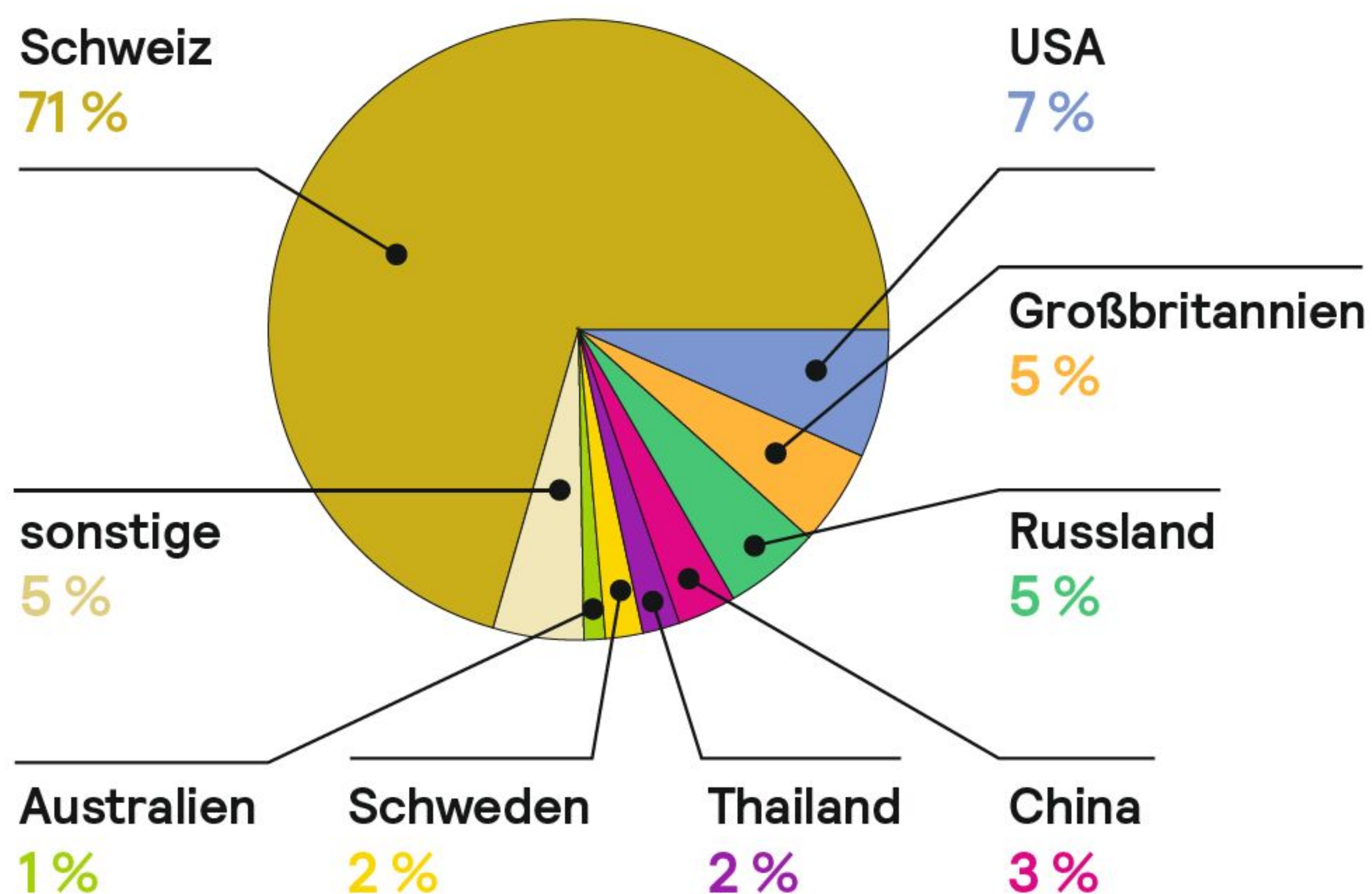
schürfen Gold im Kleinbergbau.

Der Anteil des Kleinbergbaus an der Gesamtproduktion liegt laut der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) zwischen 10 und 20 Prozent. In legalen Minen wird er oft verantwortungsvoll betrieben (Zertifikate, z. B. Fairmined, Fairtrade

Gold). In manchen illegalen Minen werden Menschen zur Arbeit gezwungen, auch Kinder. Sie müssen unter anderem mit giftigem Quecksilber und Zyaniden hantieren. Die Stoffe lösen selbst feinste Goldpartikel aus den Erzen heraus.

Lieferketten

Herkunftsländer des Goldes für die EU (2022)



EU-Konfliktmineralien-Verordnung

Seit 2021 müssen importierende Unternehmen in der EU ihre Lieferkette bis zum Herkunftsland und bei Konflikt- und Risikogebieten bis zurück zur Mine offenlegen sowie sich um die Verbesserung von Missständen bemühen. Umweltaspekte werden nicht berücksichtigt. Laut BGR-Behörde DEKSOR erfüllt bisher kein kontrolliertes deutsches Unternehmen die Verordnung vollständig.

Für rund

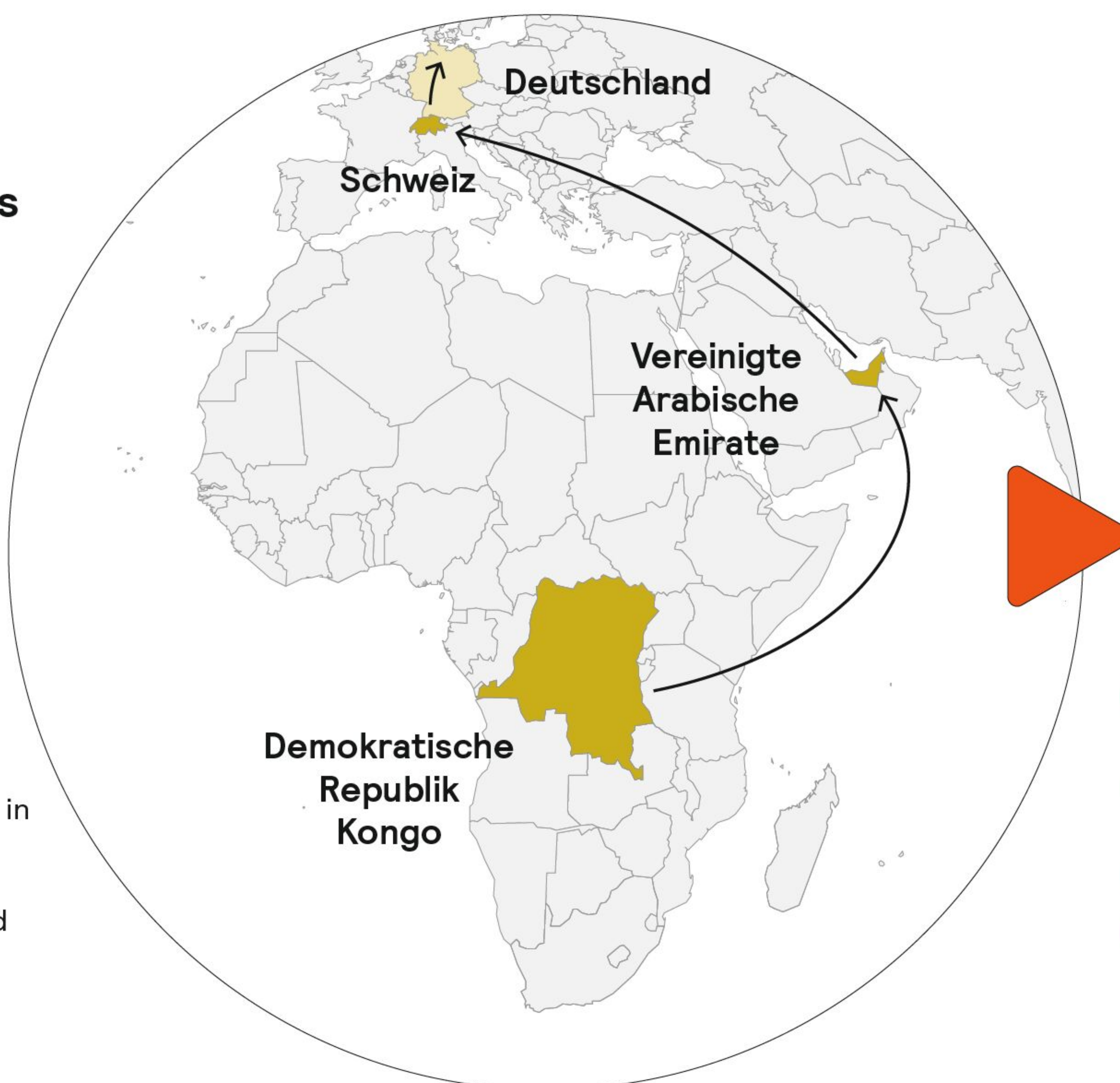
70 Prozent

der deutschen Gold-Importe geben deutsche Unternehmen die Schweiz als Herkunftsland an. Viele berufen sich auf die dort zertifizierten Goldscheideanstalten, die ihre Quellen aber oft nicht transparent machen. Laut der EU-Konfliktmineralien-Verordnung ist das nicht ausreichend.

Beispielroute für undeklariertes Gold

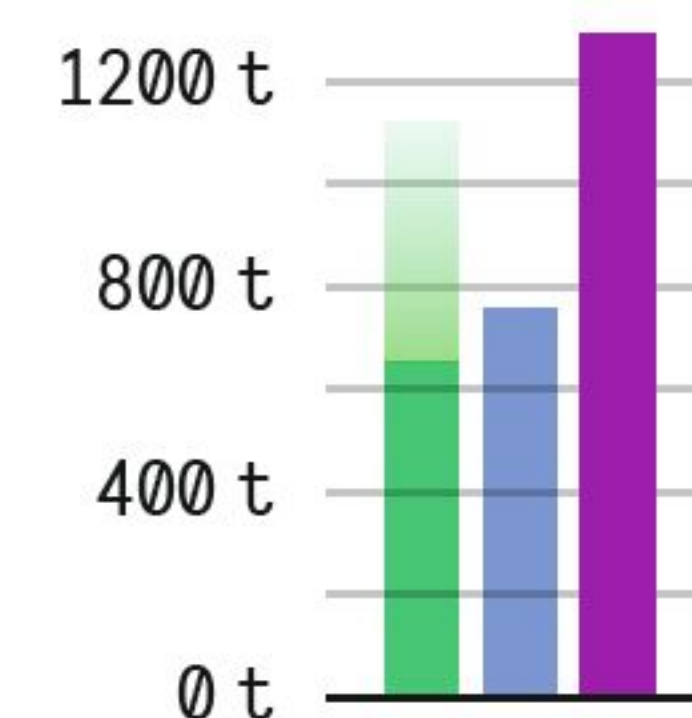
Bis zu 85 Prozent des Goldes aus Afrika wird über die Vereinigten Arabischen Emirate in der Welt verteilt – auch in die Schweiz, aus der deutsche Unternehmen viel Gold beziehen.

Undeklariertes Gold – wahrscheinlich auch aus den kritischen Minen im Ostkongo – geht über Nachbarländer oder direkt in nicht-afrikanische Länder, wo die Einfuhr deklariert wird. Ab dann gilt das Gold als legal.



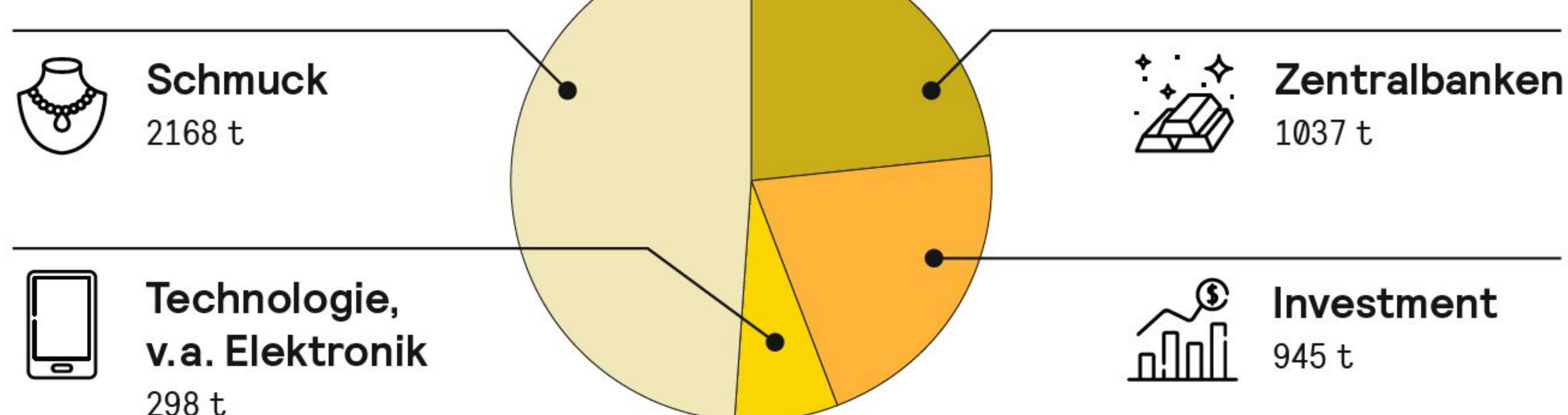
Afrikanischer Goldsektor (2022)

Zwischen offiziellen Export- und Importzahlen herrscht eine verdächtige Lücke



- in den Ländern angegebene Goldproduktion
- Schätzung der nicht deklarierten Goldproduktion
- Gesamtexport
- Importe nicht-afrikanischer Länder (aus Afrika)

Produkte global (2023)



Gold in Deutschland (2023)

Im Privatbesitz:

≈ 9000 Tonnen

Im Besitz der Bundesbank:

≈ 3400 Tonnen

Strom vom Gipfel

An Schweizer Berghängen sollen großflächige Solarkraftwerke entstehen – und gerade im Winter dringend benötigte Energie produzieren. Wissenschaftler:innen arbeiten daran, die Anlagen unter widrigsten Bedingungen zu errichten. – Manuel Heckel



Alpine Photovoltaik-Testanlage im Skigebiet Davos-Parsenn mit verschiedenen Neigungswinkeln und sowohl mono- als auch bifazialen Modulen

Zur Zukunft geht es über ganz viel Geröll. Zwischen Stein und Schotter, auf etwa 2500 Metern Höhe, ragen plötzlich sieben Solarpaneele aus dem Boden. Die Module sind auf einem massiven Stahlgestell im Boden des Parsenn-Gebiets verankert, hoch über dem Schweizer Wintersport- und Konferenzort Davos. Die Besonderheit: Alle Paneele sind mindestens zwei Meter über dem Felsen angebracht. Und fast jedes Paneel ragt in einem anderen Anstellwinkel der Sonne entgegen, die an diesem Sommertag auf die karge Landschaft knallt.

Dieses Durcheinander sorgt für wertvolle Daten: Die 2017 aufgestellte Testanlage liefert Erkenntnisse, wie Photovoltaik für den Einsatz im hochalpinen Gelände optimiert werden kann. Dabei geht es jedoch weniger um die Erträge im Hochsommer. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler arbeiten daran, winterfeste Solarparks in den Bergen aufzubauen – teils nahe an bereits erschlossenen Skigebieten, teils entlang bisher unberührter Bergflanken.

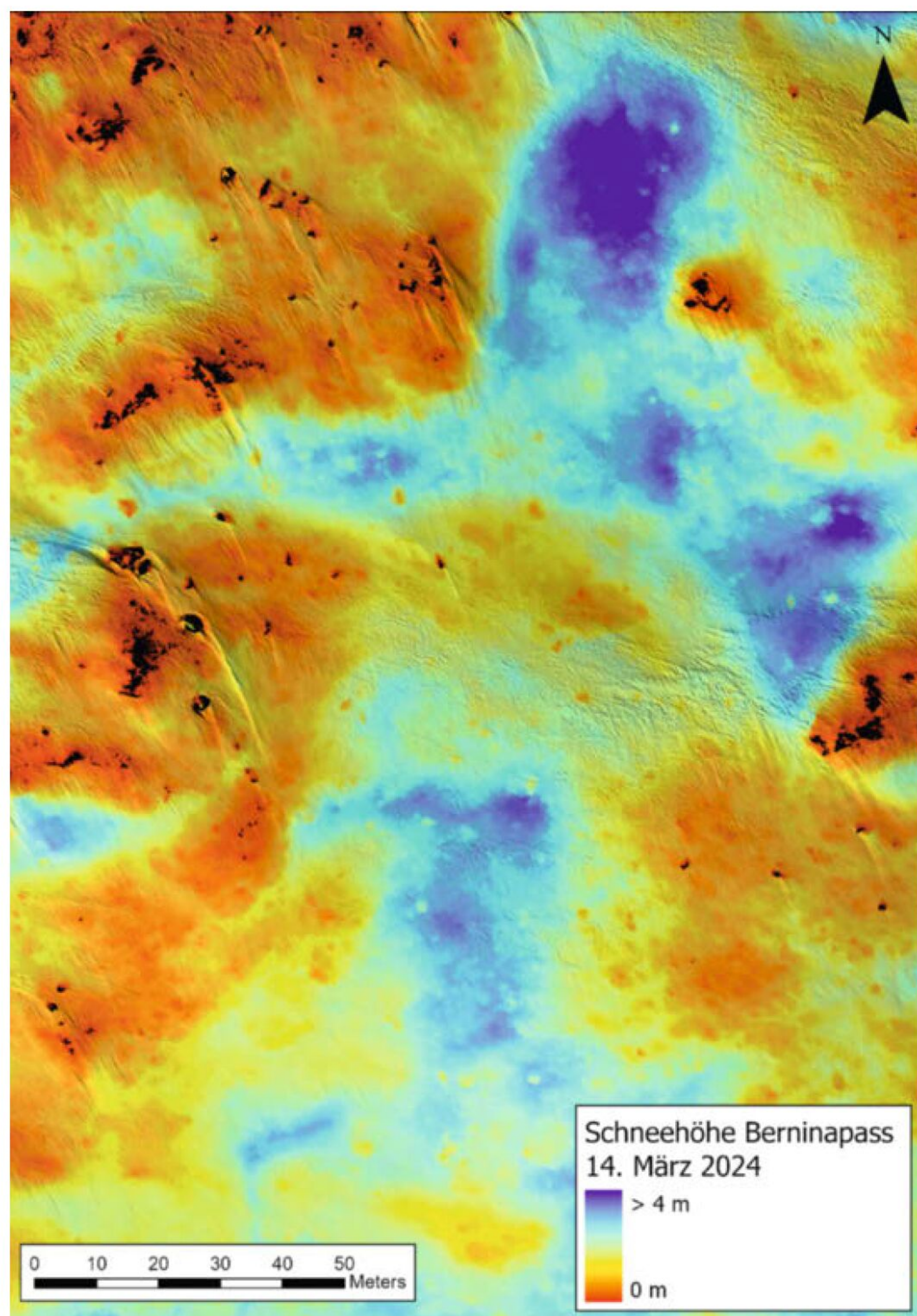
Der Sprung in die Bergwelt bringt dabei einige physikalische Vorteile mit sich. Gleichzeitig sorgen die geplanten Installationen für große Herausforderungen, was die Installationskosten, die Haltbarkeit und die Akzeptanz in der Bevölkerung angeht. All das erfordert neue Ideen und Konzepte, welche Module an welcher Stelle wie ins Netz eingebunden werden können. „Es geht aktuell um die Frage, wie die Anlagen technisch und kostenmäßig skalieren“, sagt Christof Bucher, Professor für Photovoltaiksysteme an der Berner Fachhochschule. „Wir können jetzt schauen, in welchem Ausmaß diese Anlagen ein Lösungsbeitrag sein können.“

BOOM IN DEN BERGEN

Lange Zeit fand diese Forschung nahezu im Verborgenen statt. Doch seit zwei Jahren hat in der Schweiz eine Art Gipfelsturm eingesetzt. Grund dafür ist ein umgangssprachlich als „Solarexpress“ bezeichnetes Förderprogramm der Regierung. Das sieht großzügige Unterstützungen für größere Anlagen im Alpenraum vor, die bis Ende 2025 zumindest zehn Prozent ihrer geplanten Leistung ins Netz einspeisen.

Die Idee hinter diesem Expresszuschlag: ein höherer Grad an Energie-Autarkie, insbesondere in der kalten Jahreszeit. Lange setzte die Schweiz darauf, im Sommer überschüssigen Strom aus Atom- und Wasserkraft zu exportieren und im Winter die benötigte Energie zu importieren. Langfristig plant das Land nun den Ausstieg aus der Atomenergie. Gleichzeitig wird sich der Stromverbrauch erhöhen, weil immer häufiger mit Wärmepumpen geheizt wird. „Die Winterlücke wird sich akzentuieren. Und es ist ziemlich klar, dass wir einen großen Teil dieser Lücke mit Photovoltaik decken werden“, sagt Bucher.

Was die absoluten Zahlen angeht, werden die konventionellen Solaranlagen auf Hausdächern



Schneehöhen am Berninapass Mitte März: Blau zeigt tiefen Schnee an, rote Zonen sind schneefrei. Die Fläche oben links könnte sich für Photovoltaikanlagen eignen. Weiter rechts ist die Situation wegen der hohen Schneemenge ungünstig.

Im Winter könnte eine alpine PV-Anlage den drei- bis vierfachen Ertrag einer Anlage im Mittelland bringen.

sowie auf Agrarflächen eine größere Rolle spielen. Doch die Solarkraftwerke an den Alpenhängen sollen insbesondere die Winterlücke schließen – und ihnen wird besonders große Aufmerksamkeit zuteil.

Quer durchs Land, vom Jura bis ins Engadin, planen, konzipieren, konstruieren daher aktuell Projektteams, häufig zusammengesetzt aus lokalen und überregionalen Energieversorgern. Gestartet war der Solarexpress mit dem ambitionierten Ziel, zwei Terawattstunden pro Jahr zu liefern – realistisch ist nach den ersten zwei Jahren eher knapp die Hälfte davon. Zum Vergleich: In Deutschland speiste die Photovoltaik 2023 mehr als 50 Terawattstunden ein. Eine Übersicht des Bundesamtes für Energie listet insgesamt 14 hochalpine Photovoltaik-Großanlagen auf. Sie würden insgesamt auf eine Leistung von 258 Megawatt kommen und damit etwa 390 Gigawatt-

stunden Strom pro Jahr liefern können. Dazu sind Dutzende weitere Initiativen auf dem Weg.

VIEL WUCHT IM WINTER

Die Hoffnungen sind dennoch groß, dass die PV-Parks in den Bergen künftig in den Wintermonaten Entspannung auf dem Energiemarkt bringen. Im vergangenen Herbst veröffentlichte die Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften (ZHAW) die Daten der Testanlage oberhalb von Davos: Im Winterhalbjahr könne eine alpine PV-Anlage den drei- bis vierfachen Ertrag einer vergleichbaren Anlage im Mittelland bringen – das umfasst den bevölkerungsreichsten Streifen des Landes, in dem Städte wie Zürich, Genf, Bern oder Lausanne liegen. Die alpinen Anlagen schaffen jeweils 50 Prozent Leistungsertrag im Winter wie im Sommer – in tieferen Lagen entfallen drei Viertel auf die Sommermonate.

Zwei Effekte sind für den überdurchschnittlichen Ertrag hoch oben in den Alpen verantwortlich: Zum einen liegen die tieferen Regionen in den Wintermonaten häufig im Nebel. „In den Bergen ist hingegen Kaiserwetter“, sagt Bucher. Mehr Sonnenstunden sorgen so für mehr Kilowattstunden. Zum anderen bewirkt die geschlossene Schneedecke, dass Lichtstrahlen am Boden reflektiert werden. Bifaziale Module, die mit Vorder- und Rückseite Strom gewinnen können, werden auch von unten angestrahlt. Dieser sogenannte Albedo-Effekt wirkt sich in den Bergen besonders stark aus.

Doch im Detail erfordern die Anlagen an den Bergflanken viel Abstimmungsarbeit. Besonders relevant: der Anstellwinkel der Module. Im Flachland in der Schweiz und Deutschland gelten etwa 30 Grad als Optimum. Im alpinen Raum empfehlen die Forschenden eine Neigung von 60 bis 90 Grad. Dadurch rutscht ein Großteil des Schnees automatisch ab, der ansonsten für eine Verschattung sorgen könnte. Abhängig von der Hanglage stehen die Module zudem voll in der Wintersonne.

Im Fokus steht dabei jedoch keineswegs immer der Maximalertrag über das gesamte Jahr. „Es ist die Frage, für welche Monate man den Ertrag optimieren möchte“, sagt Jürg Rohrer, Leiter der Forschungsgruppe Erneuerbare Energien an der ZHAW. Denkbar ist zum Beispiel, dass der Sonnenstrom aus den Ber-

gen gerade dann benötigt wird, wenn die Stauseen in der Schweiz im Frühjahr langsam leerlaufen. Statt der Stromerzeugung aus den Wasserkraftwerken könnten dann die PV-Anlagen übernehmen. „Je flacher ich die Module aufstelle, desto stärker verschiebt sich das Leistungsmaximum von den Wintermonaten in Richtung Mai“, erklärt Rohrer.

FEINHEITEN IN DER FLÄCHE

Für die PV-Pionierinnen und -Pioniere in den Alpen bleibt einiges zu tun. Wissenschaftler Rohrer warnt etwa davor, die optimistischen Daten der Testanlage auf alle geplanten Projekte hochzurechnen. Denn bei Großinstallationen werden die Module beispielsweise in mehreren Reihen verankert; schon das kann den Verschattungsgrad erhöhen und die Erträge verringern.

Geplant ist vorerst, handelsübliche, möglichst robuste Module in die Berge zu bringen. Die sollen dann entweder auf Stahltischen mit je vier bis zwölf Modulen montiert oder an gespannten Seilen befestigt werden. Das grundsätzliche Wissen, wie solche Infrastrukturprojekte in rauen Umgebungen umgesetzt werden, ist in der Schweiz vorhanden. Doch statt einzelner Seilbahnstützen oder Brückenpfeiler könnten in Zukunft Tausende Befestigungen

benötigt werden – das treibt die Kosten für die alpinen Projekte. „Die Herausforderung wird sein, von sehr individuellen Verankerungen hin zu einer Serienfertigung zu kommen“, sagt Rohrer.

Auch bei anderen Fragen herrscht noch Ungewissheit. Wie gut halten es Module und Wechselrichter aus, dass durch die intensive Sonneneinstrahlung höhere Ströme durch die Anlagen fließen? Und mit welcher Kraft fegen Sturmböen durch die Solarparks, die in vielen Fällen in exponierter Lage weit über 2000 Meter Höhe geplant sind? Im Gegensatz zu größeren PV-Anlagen im Flachland ist die Umwelt in den Alpen sogar trotz viel Datenmaterial unberechenbar. „Wie viel es schneien wird, wie der Wind genau weht – all das lässt sich nicht im Detail berechnen, weil die Umgebung durch den Schnee jedes Jahr neu modelliert wird“, sagt Rohrer. „Entscheidend ist es, zumindest den Boden darunter genau zu kennen.“

SCHWIERIGE SCHNEEHÖHEN

Yves Bühler arbeitet daran, das alpine Terrain neu zu vermessen. Der Gruppenleiter des WSL-Instituts für Schnee- und Lawinenforschung (SLF) hat seinen Arbeitsplatz im Tal in Davos, gute zehn Gehminuten von der Talstation der Parsennbahn entfernt. Zum Gespräch lädt er in

Yves Bühler (links) geht mit seinen Drohnen in die Berge, um aus deren Daten Schneehöhenkarten zu errechnen.



einen vollgestellten Lagerraum. Das Risiko von Lawinen, Murgängen und Steinschlägen sei den Planerinnen und Planern häufig bekannt: „Wir haben in der Schweiz sehr detaillierte Gefahrenkarten, aber nur dort, wo es Siedlungen gibt“, sagt Bühler. „Doch dort, wo die Solaranlagen hinkommen sollen, gibt es häufig keine Informationen.“

Um das zu ändern, füllen er und seine Kolleginnen und Kollegen in dem Lagerraum immer wieder Rucksäcke mit Drohnen und hochauflösenden Kameras und steigen damit ins alpine Gelände auf. Dann schicken sie die Drohnen regelmäßig auf Rundflüge, um zusätzliche Informationen zu gewinnen. Denn mit den Daten der unbemannten Fluggeräte lassen sich exakte Schneehöhenkarten der Hänge erstellen. Die ermöglichen die Simulation, wie sich Solarparks künftig auf Windlasten und Schneeverwehungen auswirken. Und sie ermöglichen überhaupt erst eine Detailplanung: Denn für die Konstruktion der künftigen Solarparks sind nicht die Durchschnittsschneehöhen relevant, sondern die exakte Verteilung. Und die kann sich innerhalb weniger Meter zwischen kaum bedeckten Stellen und tief verschneiten Mulden deutlich verändern.

Deshalb wollen die Projektteams konkreter ermitteln: In welcher Höhe müssen die Gerüste für die Solarmodule errichtet werden, sodass sie dauerhaft aus dem Schnee herausragen? Und wo droht selbst robusten Anlagen ein schneller Schaden, egal ob durch den Schneedruck oder durch Lawinen? „In einigen Visualisierungen von PV-Parks waren Solarpaneele in allen Lawinenrinnen eingeplant“, sagt Bühler. „Da weiß man sicher, dass ein Großteil den ersten Winter nicht überleben würden.“

NICHT OHNE DIE ANWOHNER

Solche Rückschläge könnten die Unterstützung für die Solarprojekte schneller abschmelzen lassen als die Frühlingssonne den Schnee. In der basisdemokratisch organisierten Schweiz muss bei den meisten geplanten PV-Parks die Bevölkerung zustimmen. Die Großanlagen sorgen dafür, dass noch mehr Natur in den Bergen verbaut wird – dazu kommen die Eingriffe, die für den eigentlichen Bau nötig werden: etwa Straßen für die Montage oder die Wartung der Parks. Oder das Verlegen von Kabeln, um die entlegenen Hänge ans Netz anzuschließen.

14 hochalpine Photovoltaik-Großanlagen würden insgesamt auf eine Leistung von 258 Megawatt kommen und damit etwa 390 Gigawattstunden Strom pro Jahr liefern können.



Christof Bucher von der Berner Fachhochschule sieht in alpiner Photovoltaik einen Beitrag gegen die Energielücke im Winter.



Mit Testanlagen versucht Jürg Rohrer an der ZHAW zu ermitteln, wie sich alpine PV-Anlagen optimal nutzen lassen.

Im Kanton Wallis wurde so im vergangenen Herbst ein beschleunigtes Verfahren für den Bau großer Solarkraftwerke in den Alpen abgelehnt. In anderen Kantonen und Gemeinden gab es hingegen bislang überwiegend Mehrheiten für die Projekte, teilweise jedoch nur mit knappem Vorsprung. „Das ist keine komfortable Ausgangslage“, warnt Wissenschaftler Bucher, „zumal die Gegnerschaft teilweise hochemotional ist.“

Die Projektplanerinnen und -planer versuchen zunehmend, diese Bedenken von vornherein zu berücksichtigen. In Sichtweite der Testanlage im Parsenn-Gebiet plant etwa die Gemeinde Davos mit dem lokalen Energieversorger und einer Stadtwerke-Allianz eine entsprechende Anlage. An den Südhängen des Totalhorns sollen in den nächsten vier Jahren insgesamt fast 18 000 Solarmodule aufgestellt werden – und dann 10 bis 12 Gigawattstunden Strom pro Jahr produzieren. Zwei Bonuspunkte kann die Anlage vorweisen: Aus Davos selbst ist der Hang nicht einzusehen. Und durch die Verpachtung der Flächen erhofft sich die Gemeinde einen fünf- bis sechsstelligen Geldbetrag pro Jahr. Bei der Abstimmung kurz vor Weihnachten wurde die Vorlage mit drei Vierteln der Stimmen angenommen.

Einige Vorteile des Standortes zeigen sich bereits bei einer Wanderung über die Schotterlandschaft im Sommer: Der Weg führt vorbei an Liftmasten, Gondelpfeilern, Berghütten und einem Speichersee. Das geplante Solarkraftwerk liegt inmitten eines ohnehin intensiv erschlossenen Skigebiets. Das sorgt zum einen dafür, dass bereits Fahrstraßen existieren, um das notwendige Material dicht an die Baustelle zu bewegen – Helikopter oder Lastdrohnen erhöhen die Kosten deutlich. Auch ein Mittelspannungsleitungsnetz ist bereits in dem Gebiet verlegt. Zum anderen kann ein großer Teil der neu erzeugten Energie ohne große Transportverluste verbraucht werden: Schließlich laufen die Bergbahnen, Skilifte und Beschneiungsanlagen gerade in den Monaten auf Hochtouren, während derer die Sonne mit voller Kraft auf den Südhang scheint. Sollten die alpinen PV-Parks tatsächlich im großen Stil entstehen, helfen lokale Stromabnehmer dabei, die Netzstabilität zu sichern. „Je mehr im selben Gebäude, Gebiet, Region oder Kanton verbraucht werden kann, desto besser“, sagt Wissenschaftler Bucher. ●



In nicht allzu ferner Zukunft hofft Synthesia, Ganzkörper-Avatare zu kreieren, die sich in einem erdachten Raum bewegen können. Die Technik dafür steht bereits – und Melissa Heikkilä mitten drin.

Fast so wie ich

Mit der neuen Technologie von Synthesia kann man von sich einen digitalen Klon erstellen lassen. Das ist beeindruckend, wirft aber auch große Fragen auf. – Melissa Heikkilä (Übersetzung: Jo Schilling)

Ich bin gestresst und komme zu spät, denn was soll man für den Rest der Ewigkeit anziehen?

Das hört sich an, als würde ich sterben, aber das Gegenteil ist der Fall. Ich werde in gewisser Weise ewig leben, dank des KI-Video-Start-ups Synthesia. In den letzten Jahren hat das Unternehmen KI-generierte Avatare produziert, jetzt bringt es eine neue Generation auf den Markt. Dafür nutzt das Unternehmen die neuesten Fortschritte in generativer KI, und die Avatare sind realistischer und ausdrucksstärker als alles, was ich je gesehen habe. Und an diesem Tag wird Synthesia einen von mir erstellen.

Als ich im eleganten Studio von Synthesia in East London ankomme, werde ich von Tosin Oshinyemi, dem Produktionsleiter des Unternehmens, begrüßt. Er wird mich durch den Prozess der Datenerfassung führen und anleiten – und mit „Datenerfassung“ meine ich die Erfassung meiner Gesichtszüge, Eigenheiten und mehr.

Er stellt mir einen wartenden Stylisten und einen Visagisten vor, und ich verfluche mich dafür, dass ich so viel Zeit mit den Vorbereitungen verschwendet habe. Ihre Aufgabe ist es, dafür zu sorgen, dass die Leute so gekleidet sind, dass sie vor der Kamera gut aussehen und dass sie von einer Aufnahme zur

nächsten gleich wirken. Die Stylistin sagt mir, dass mein Outfit *in Ordnung* sei (puh), und die Visagistin schminkt mein Gesicht und ordnet meine Haare. Die Umkleidekabine ist mit Hunderten lächelnder Polaroids von Menschen dekoriert, die vor mir digital geklont worden sind – das waren bislang vor allem Schauspieler:innen und Synthesia-Kundinnen und -Kunden.

Abgesehen von dem kleinen im Flur surrenden Supercomputer, der die im Studio generierten Daten verarbeitet, fühlt man sich eher wie in einem Nachrichtenstudio als in einer Deepfake-Fabrik.

Ich scherze, dass Oshinyemi das hat, was die MIT Technology Review eine „Berufsbezeichnung der Zukunft“ nennen könnte: „Direktor für Deepfake-Erstellung“. „Wir bevorzugen den Begriff ‚synthetische Medien‘ als Gegensatz zu ‚Deepfake‘“, sagt er. Es handelt sich um einen feinen, aber durchaus bemerkenswerten Unterschied in der Semantik. Beide meinen KI-generierte Videos oder Audioaufnahmen von Menschen, die etwas tun oder sagen, was nicht unbedingt im wirklichen Leben passiert ist. Aber Deepfakes haben einen schlechten Ruf. Seit ihrer Einführung vor fast einem Jahrzehnt steht der Begriff für etwas Unethisches, sagt Alexandru Voica, Leiter der Abteilung Unternehmensangelegenheiten

und -politik bei Synthesia. Man denke nur an sexuelle Inhalte, die ohne Zustimmung produziert werden, oder an politische Kampagnen, die Desinformation oder Propaganda verbreiten. „Synthetische Medien sind die harmlose, produktive Version davon“, argumentiert er. Und Synthesia will die beste Version dieser Version anbieten.

Bislang zeigen alle KI-generierten Videos von Menschen eine gewisse Steifheit, Unschärfe oder andere unnatürliche Elemente, durch die sie leicht von der Realität zu unterscheiden sind. Da sie der Realität zwar sehr nahe kommen, ihr aber doch nicht ganz entsprechen, können diese Videos bei den Menschen ein Gefühl der Verärgerung, des Unbehagens oder des Ekels hervorrufen – ein Phänomen, das allgemein als „Uncanny Valley“ oder „Tal der Unheimlichkeit“ bekannt ist. Synthesia behauptet, seine neue Technologie werde uns endlich aus diesem Tal herausführen.

Dank der rasanten Fortschritte in der generativen KI und einer Fülle von Trainingsdaten, die von menschlichen Schauspielerinnen und Schauspielern erstellt und in das KI-Modell eingespeist wurden, konnte Synthesia Avatare produzieren, die tatsächlich menschenähnlicher und ausdrucksstärker sind als ihre Vorgänger. Die digitalen Klone sind besser in der Lage, ihre Reaktionen und ihre Intonation an die Stimmung ihrer Skripte anzupassen – sie verhalten sich zum Beispiel fröhlicher, wenn sie über fröhliche Dinge sprechen, und ernster oder trauriger, wenn sie über unangenehme Dinge sprechen. Auch die Mimik – die winzigen Bewegungen, die ohne Worte für uns sprechen – können sie besser anpassen.

Aber dieser technologische Fortschritt bedeutet auch einen größeren sozialen und kulturellen Wandel. Immer mehr von dem, was wir auf unseren Bildschirmen sehen, wird von KI generiert (oder zumindest manipuliert), und es wird immer schwieriger zu unterscheiden, was real ist und was nicht. Dies bedroht unser Vertrauen in alles, was wir sehen. Das könnte sehr reale, sehr gefährliche Folgen haben.

„Ich glaube, wir müssen uns davon verabschieden, die Wahrheit auf schnellem Wege herausfinden zu können“, sagt Sandra Wachter, Professorin am Oxford Internet Institute, die sich mit den rechtlichen und ethischen Auswirkungen von KI beschäftigt. „Die Vorstellung, dass man einfach schnell etwas googeln kann und weiß, was Fakt und was Fiktion ist – ich glaube nicht, dass das noch so funktioniert.“

Während ich mich also darauf freute, dass Synthesia mein digitales Double herstellte, fragte ich mich auch, ob die Unterscheidung zwischen synthetischen Medien und Deepfakes im Grunde bedeutungslos ist. Selbst wenn bei Ersteren die Absicht des Schöpfers und vor allem die Zustimmung des Subjekts im Mittelpunkt stehen – gibt es wirklich eine Möglichkeit, KI-Avatare sicher herzustellen, wenn das Endergebnis dasselbe ist? Und wollen wir wirklich aus dem Tal der Unheimlichkeit

herauskommen, wenn dies bedeutet, dass wir die Wahrheit nicht mehr erfassen können?

FAST WIE IN ECHT

Victor Riparbelli, CEO von Synthesia, erzählt, dass die Entstehungsgeschichte von Synthesia auf seine Jugenderfahrungen in Dänemark mit avantgardistischer, ausgefallener Technomusik zurückgeht. Das Internet ermöglichte es ihm, Software herunterzuladen und seine eigenen Songs zu produzieren, ohne teure Synthesizer kaufen zu müssen.

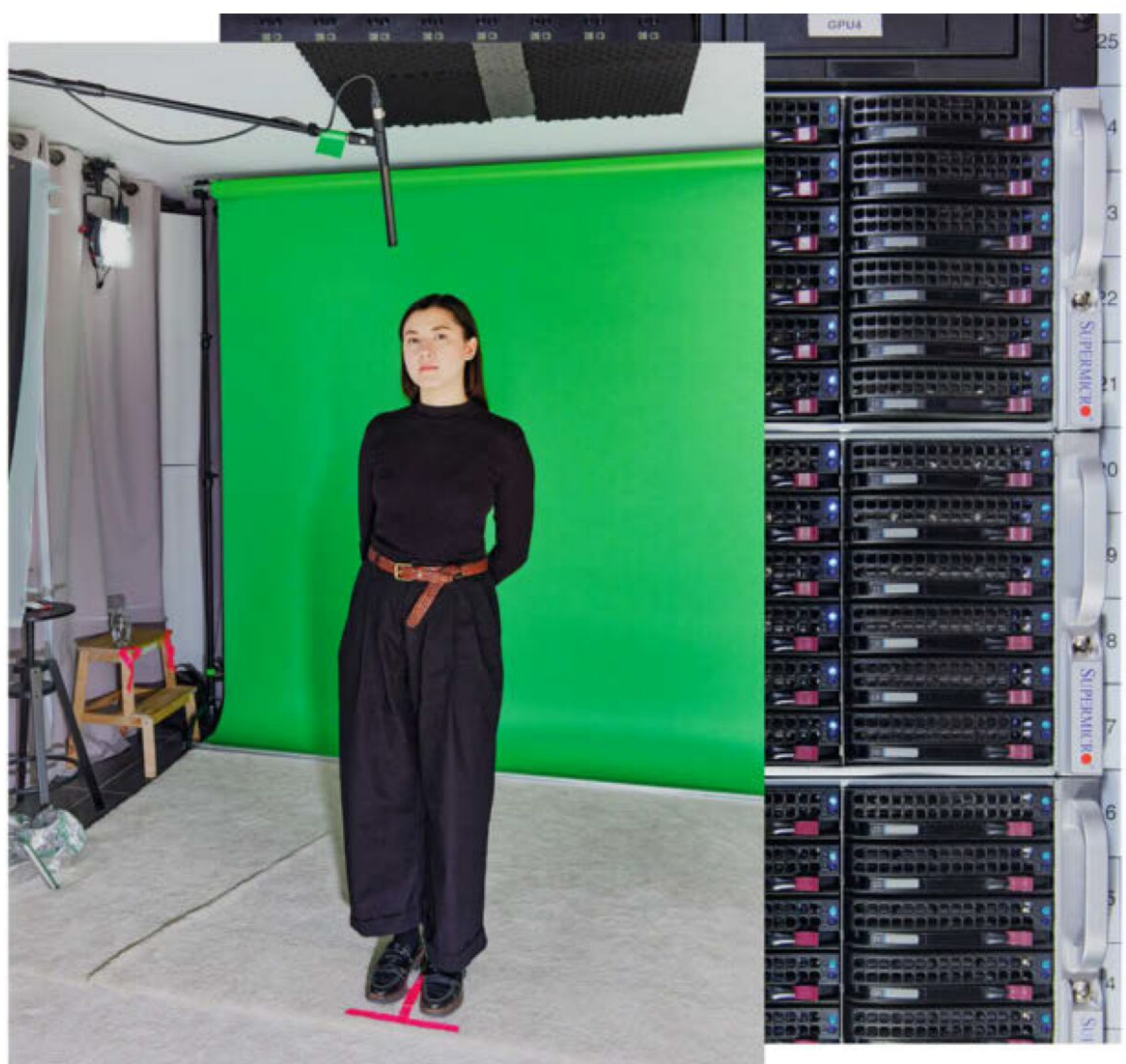
„Ich glaube fest daran, dass man den Menschen die Möglichkeit geben sollte, sich so auszudrücken, wie sie es können, weil ich glaube, dass dies zu einer leistungsfähigeren Welt führt“, sagt er mir.

Er sah die Möglichkeit, etwas Ähnliches mit Videos zu machen, als er auf Forschungen zum Einsatz von Deep Learning stieß, um Gesichtsausdrücke von einem menschlichen Gesicht auf ein anderes auf dem Bildschirm zu übertragen. „Das war das erste Mal, dass ein Deep-Learning-Netzwerk Video-bilder erzeugen konnte, die echt aussahen und sich auch so anfühlten.“

Diese Forschung führte Matthias Niessner, Professor an der Technischen Universität München, durch. Gemeinsam mit Riparbelli, der Professorin

„Wir bevorzugen den Begriff ‚synthetische Medien‘ als Gegensatz zu ‚Deep-fake‘.“

Je mehr Datenpunkte das KI-System über Gesichtsbewegungen, Mikroexpressionen, Kopfeigungen, Blinzeln, Zucken und Handbewegungen erfasst, desto realistischer wird der Avatar.





Tosin Oshinyemi, der Produktionsleiter des Unternehmens, führt Melissa Heikkilä durch den Prozess der Datenerfassung.

des University College London, Lourdes Agapito und Steffen Tjerrild, mit dem Riparbelli zuvor an einem Kryptowährungsprojekt gearbeitet hatte, gründete er 2017 Synthesia.

Ursprünglich entwickelte das Unternehmen Synchronisationstools für die Unterhaltungsindustrie, stellte aber fest, dass die Messlatte dafür sehr hoch lag und die Nachfrage gering war. Im Jahr 2020 änderte Synthesia seine Ausrichtung und brachte seine erste Generation von KI-Avataren für Firmenkunden auf den Markt. Dieser Schwenk machte Synthesia 2023 zum Einhorn – mit einer Bewertung von über einer Milliarde Dollar.

Die erste Generation von Avataren war plump, wiederholte immer die gleichen Bewegungen. Spätere Versionen wirkten schon menschlicher, aber hatten immer noch Schwierigkeiten, komplizierte Wörter zu sagen, und waren etwas unsynchronisiert.

Die Herausforderung besteht darin, dass die Menschen daran gewöhnt sind, in die Gesichter anderer Menschen zu schauen. „Wir als Menschen wissen, was echte Menschen tun“, sagt Jonathan Starck, CTO von Synthesia. Seit dem Säuglingsalter „ist man auf Menschen und Gesichter eingestellt. Man weiß, was richtig ist, und alles, was nicht richtig ist, springt sofort ins Auge“.

Diese früheren KI-generierten Videos wurden mit generativen adversen Netzwerken (GANs) erstellt – einer älteren Technik, bei der zwei neuronale Netzwerke eingesetzt werden, die sich gegenseitig beeinflussen.

Inzwischen arbeitet das Unternehmen mit generativen neuronalen Netzen, die eine höhere und gleichmäßigere Qualität liefern – und mit denen es viel bessere Avatare erstellen

kann. Je mehr Daten diesen Modellen zugeführt werden, desto besser lernen sie. Synthesia verwendet dazu sowohl große Sprach- als auch Diffusionsmodelle; Erstere helfen den Avataren, auf das Skript zu reagieren, und Letztere erzeugen die Pixel. „Ich glaube, wir sind zu 98 Prozent fertig“, sagt Riparbelli.

Trotz des Qualitätssprungs richte sich das Unternehmen noch nicht an die Unterhaltungsindustrie. Synthesia verstehe sich weiterhin als Plattform für Unternehmen. Da die Menschen immer mehr Zeit damit verbrachten, sich Videos auf YouTube und TikTok anzusehen, werde es eine größere Nachfrage nach Videoinhalten geben. Riparbelli argumentiert, dass die Technologie von Synthesia Unternehmen dabei helfen könne, ihre langweiligen Unternehmensmitteilungen, Berichte und Schulungsmaterialien in Inhalte umzuwandeln, die sich die Menschen tatsächlich ansähen – oder für Marketingzwecke.

Er gibt an, dass bereits 56 Prozent der Fortune-100-Unternehmen die Synthesia-Technologie nutzen – also die nach dem Ranking der Zeitschrift Fortune umsatzstärksten 100 Unternehmen der Welt. Die überwiegende Mehrheit dieser Unternehmen setze sie für die interne Kommunikation ein. Dazu sollen Zoom, Xerox, Microsoft und Reuters zählen. Die Dienste kosten ab 22 Dollar pro Monat.

SEI KEIN MÜLL

In der KI-Forschung gibt es ein Sprichwort: Müll rein, Müll raus. Wenn die Trainingsdaten Müll sind, spiegelt sich das in den Ergebnissen wider. Je mehr Datenpunkte das KI-Modell von meinen Gesichtsbewegungen, Mikroausdrücken, Kopfnägunen,

meinem Blinzeln, Achselzucken und meinen Handbewegungen erfasst, desto realistischer wird der Avatar sein. Im Studio bemühe ich mich sehr, keinen Müll zu machen.

Ich stehe vor einem Greenscreen, und Oshinyemi führt mich durch den Kalibrierungsprozess. Ich muss meinen Kopf und dann die Augen kreisförmig bewegen. Dadurch soll das System in die Lage versetzt werden, meine natürlichen Farben und Gesichtszüge zu erkennen. Dann werde ich gebeten, den Satz „All the boys ate a fish“ (alle Jungs haben einen Fisch gegessen) zu sagen, wodurch alle Mundbewegungen erfasst werden, die zur Bildung von Vokalen und Konsonanten erforderlich sind. Wir filmen mich auch schweigend „faulenzend“.

Dann bittet Oshinyemi mich, ein Skript für eine fiktive YouTuberin in verschiedenen Tonlagen vorzulesen, wobei er mir das Spektrum der Emotionen vorgibt, die ich vermitteln soll. Zuerst soll ich es neutral und informativ vorlesen, dann ermutigend, genervt und beschwerend und schließlich aufgeregt und überzeugend.

„Hey, willkommen zurück bei *Elevate Her* mit eurer Gastgeberin Jess Mars. Es ist toll, dass ihr hier seid. Wir werden uns gleich einem Thema widmen, das ziemlich heikel ist und uns ehrlich gesagt sehr nahe geht – dem Umgang mit Kritik auf unserer spirituellen Reise“, lese ich vom Teleprompter ab und versuche gleichzeitig, mir vorzustellen, wie ich mich während der Beschwerdeversion bei meinem Partner über etwas beschwere. „Egal, wo man hinschaut, man hat das Gefühl, dass sich immer eine kritische Stimme zu Wort meldet, nicht wahr?“

Sei kein Müll, sei kein Müll, sei kein Müll.

Wir drehen mehrere Takes mit verschiedenen Varianten. In einigen Versionen darf ich meine Hände bewegen. In anderen bittet mich Oshinyemi, einen Metallstift zwischen die Finger zu nehmen. Er sagt, er wolle damit die Möglichkeiten der Technologie testen, wenn es um die Kommunikation mit den Händen gehe.

In der Vergangenheit war es eine große Herausforderung, KI-Avatare natürlich aussehen zu lassen und Mundbewegungen mit der Sprache zu synchronisieren, sagt David Barber, Professor für maschinelles Lernen am University College London, der nicht an Synthesia mitwirkt. Das liege daran, dass das Problem weit über die Mundbewegungen hinausgehe. Man müsse auch an die Augenbrauen, alle Muskeln im Gesicht, das Schulterzucken und die vielen verschiedenen kleinen Bewegungen denken, mit denen sich Menschen ausdrücken.

Synthesia arbeitet seit 2020 mit Schauspielerinnen und Schauspielern zusammen, um seine Modelle zu trainieren. Ihre Doppelgänger:innen bilden die 225 Bestandsavatare, die den Kundinnen und Kunden zur Verfügung stehen. Um seine neueste Generation von Avataren zu trainieren, benötigte Synthesia jedoch mehr Daten. Im vergangenen Jahr arbeitete das Unternehmen mit rund 1000 professionellen Schauspielerinnen und Schauspielern in London und New York zusammen.

Synthesia nutzt die Avatare drei Jahre lang. Danach werden die Schauspielenden gefragt, ob sie ihren Vertrag verlängern wollen. Wenn ja, kommen sie ins Studio, um einen neuen Avatar zu erstellen. Wenn nicht, löscht das Unternehmen ihre Daten. Die Unternehmenskunden von Synthesia können auch ihre eigenen Avatare erstellen, indem sie jemanden ins Studio schicken, der dann vieles von dem macht, was ich gerade tue.

Nachdem das Team alle Aufnahmen gemacht hat, die es braucht, um meine Mimik einzufangen, gehe ich nach unten, um weitere Texte für Stimmproben vorzulesen.

Dazu muss ich einen Passus lesen, in dem ich mich ausdrücklich damit einverstanden erkläre, dass meine Stimme geklont wird und dass Alexandru Voica sie über seinen Account nutzen kann, um Videos auf der Synthesia-Plattform zu erstellen.

EINVERSTÄNDNIS IST DER SCHLÜSSEL

Dieser Prozess unterscheidet sich stark davon, wie viele KI-Avatare, Deepfakes oder synthetische Medien – wie auch immer man sie nennen möchte – erstellt werden.

Die meisten Deepfakes werden nicht in einem Studio erstellt. Studien haben gezeigt, dass es sich bei der überwiegenden Mehrheit der Deepfakes im Internet um nicht einvernehmliche sexuelle Inhalte handelt, für die in der Regel aus sozialen Medien gestohlene Bilder verwendet werden. Generative KI hat die Erstellung dieser Deepfakes einfach und billig gemacht, und in den USA und Europa gab es mehrere öffentlichkeitswirksame Fälle von Kindern und Frauen, die auf diese Weise missbraucht wurden. Experten warnen auch davor, dass die Technologie zur Verbreitung politischer Desinformationen eingesetzt werden kann – eine besonders akute Gefahr angesichts des diesjährigen weltweiten Superwahljahrs.

Synthesia erstellt keine Avatare von Personen ohne deren ausdrückliche Zustimmung. Aber es ist dennoch nicht immun gegen Missbrauch. Letztes Jahr fanden Forscher pro-chinesische, als Nachrichten verpackte Fehlinformationen, die mit Avataren von Synthesia erstellt wurden.

Seitdem hat das Unternehmen strengere Prüfmechanismen eingeführt: Es versieht die KI-Avatar-Videos mit einem Wasserzeichen, das Auskunft darüber gibt, wo und wie sie erstellt wurden. Früher hatte das Unternehmen vier interne Moderatoren, heute sind zehn Prozent der 300 Mitarbeitenden mit dieser Aufgabe betraut. Außerdem entwickelt ein eigens

Im Motion-Capture-Prozess verwendet Synthesia Referenzmuster, um das aus verschiedenen Winkeln aufgenommene Material auszurichten.



„Die Vorstellung, dass man einfach schnell etwas googeln kann und weiß, was Fakt und was Fiktion ist – ich glaube nicht, dass das noch so funktioniert.“



Im Studio für die Stimmtaufnahmen liest Melissa Heikkilä einen Passus vor, in dem sie ausdrücklich zustimmt, dass ihre Stimme geklont wird.

dafür angestellter Ingenieur bessere KI-gestützte Moderationssysteme für Inhalte. Diese Filter helfen Synthesia dabei, jeden einzelnen Beitrag zu überprüfen, den seine Kundinnen und Kunden zu erstellen versuchen. Alles, was verdächtig oder zweideutig ist, wie etwa Inhalte über Kryptowährungen oder sexuelle Gesundheit, wird an die menschlichen Inhaltsmoderatorinnen und -moderatoren weitergeleitet. Synthesia führt auch ein Verzeichnis aller Videos, die das System erstellt.

Und obwohl jeder der Plattform beitreten kann, sind viele Funktionen erst dann verfügbar, wenn man ein umfangreiches Prüfsystem durchläuft, das Gespräche mit dem Vertriebsteam, Vertragsunterzeichnungen und Sicherheitsaudits umfasst, so Voica. Einsteigerkunden sind auf die Produktion rein sachlicher Inhalte beschränkt, und nur Unternehmenskunden, die benutzerdefinierte Avatare verwenden, können Meinungsinhalte erstellen. Darüber hinaus dürfen nur akkreditierte Nachrichtenorganisationen Inhalte zu aktuellen Themen produzieren.

Voica glaubt, dass diese Maßnahmen abschreckend wirken und die meisten Akteure, die Schlechtes im Schilde

führen, auf frei verfügbare Open-Source-Tools zurückgreifen werden.

Ich stelle einige dieser Grenzen auf die Probe, als ich mich für den nächsten Schritt in meinem Avatar-Erstellungsprozess in das Synthesia-Büro begeben. Um die Videos zu erstellen, in denen mein Avatar zu sehen sein wird, muss ich ein Drehbuch schreiben. Ich nutze Voicas Account und entscheide mich, Passagen aus *Hamlet* sowie frühere Artikel, die ich geschrieben habe, zu verwenden. Außerdem nutze ich eine neue Funktion der Synthesia-Plattform, einen KI-Assistenten, der jeden Weblink oder jedes Dokument in ein fertiges Skript umwandelt. Ich versuche, meinen Avatar dazu zu bringen, Nachrichten über die neuen Sanktionen der Europäischen Union gegen den Iran zu lesen. Voica schreibt mir sofort: „Du bringst mich in Schwierigkeiten!“ Das System hat sein Konto markiert, weil er versucht hat, eingeschränkte Inhalte zu erstellen.

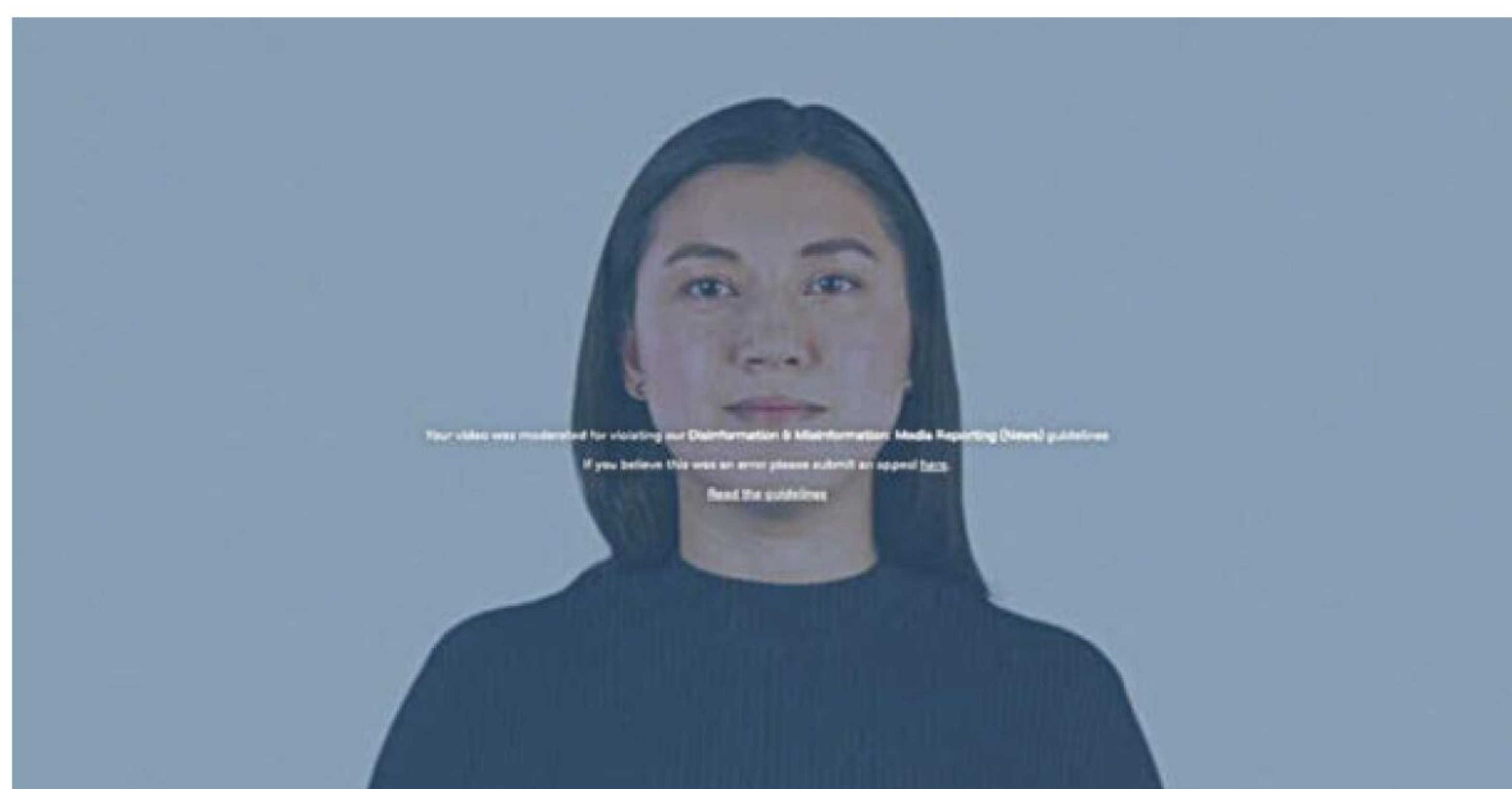
Dienstleistungen ohne diese Einschränkungen anzubieten, wäre „eine großartige Wachstumsstrategie“, sagt Riparbelli. Aber „wir glauben, dass der richtige Weg, diese Technologien in der Gesellschaft einzuführen, darin besteht, am Anfang etwas zu restriktiv zu sein“.

Doch selbst wenn diese Leitplanken perfekt funktionieren würden, wäre das Endergebnis dennoch ein Internet, in dem alles gefälscht ist. Unsere Informationslandschaft ist bereits sehr unübersichtlich. Einerseits ist das öffentliche Bewusstsein dafür geschärft, dass KI-generierte Inhalte florieren und ein mächtiges Werkzeug für Fehlinformationen sein könnten. Andererseits ist immer noch unklar, ob Deepfakes im großen Umfang für Fehlinformationen eingesetzt werden und ob sie auf breiter Front dazu beitragen, die Überzeugungen und das Verhalten der Menschen zu verändern.

Wenn Menschen den Inhalten, die sie sehen, zu skeptisch gegenüberstehen, könnten sie aufhören, überhaupt etwas zu glauben. Dieses Vertrauensvakuum kann ausgenutzt werden, um über die Authentizität echter Inhalte zu lügen. Forscher nennen dies die „Lügendividende“.

Claire Leibowicz, Leiterin der Abteilung für KI und Medienintegrität bei der gemeinnützigen Organisation Partnership on AI, befürchtet, dass es durch das wachsende Bewusstsein für diese Lücke einfacher werde, „echtes Material oder Medien als Beweismittel in vielen verschiedenen Zusammenhängen plausibel zu leugnen und anzuzweifeln, nicht nur in den Nachrichten, [sondern] auch vor Gericht, in der Finanzdienstleistungsbranche und in vielen unserer Institutionen“.

Auch Riparbelli räumt ein, dass die Verbreitung von KI-generierten Inhalten auf kurze Sicht wahrscheinlich zu Problemen führen wird. Während die Menschen darauf trainiert sind,



KI-gestützte Filter helfen Synthesia bei der Überprüfung jedes einzelnen Inhalts, den seine Kunden zu erstellen versuchen. Nur akkreditierte Nachrichtenorganisationen dürfen Beiträge zu aktuellen Themen erstellen.

nicht alles zu glauben, was sie lesen, neigen sie immer noch dazu, Bildern und Videos zu vertrauen. Menschen müssten jetzt KI-Produkte selbst testen, um zu sehen, was möglich sei, und sie sollten nichts glauben, was sie online sehen, wenn sie es nicht überprüft haben.

AUFGEPASST, POWERPOINT

Am Tag nach meinem letzten Besuch schickt mir Voica die Videos mit meinem Avatar per E-Mail. Als ich das erste abspiele, bin ich verblüfft. Es ist genauso seltsam, wie sich selbst vor der Kamera zu sehen oder eine Aufnahme der eigenen Stimme zu hören. Dann fange ich mich. Zuerst dachte ich, der Avatar sei ich. Je mehr ich mir Videos von „mir“ ansehe, desto mehr winde ich mich. Schiele ich wirklich so stark? Blinzle ich so viel? Und bewege ich meinen Kiefer so? *Oh Gott.*

Es ist gut. Es ist wirklich gut. Aber es ist nicht perfekt. „Wirklich gute Animation“, schreibt mir mein Freund. „Aber die Stimme klingt manchmal genau wie du, und manchmal wie ein typischer Amerikaner und mit einem merkwürdigen Tonfall“, fügt er hinzu. „Seltsam.“

Er hat recht. Die Stimme ist manchmal ich, aber im wirklichen Leben *nicke* ich mehr. Mein Akzent ist durch die Jahre, die ich im Vereinigten Königreich gelebt, amerikanisches Fernsehen gesehen und eine internationale Schule besucht habe, ein transatlantisches Durcheinander. Mein Avatar sagt das Wort „Roboter“ manchmal mit britischem Akzent und manchmal mit amerikanischem. Das ist etwas, das wahrscheinlich niemandem sonst auffallen würde. Aber der KI schon.

Carl Öhman, Assistenzprofessor an der Universität Uppsala, beschäftigt sich mit digitalen Überresten und ist Autor des neuen Buches *The After-life of Data*. Er nennt Avatare wie meinen „digitale

Schiele ich wirklich so stark? Blinzle ich so viel? Und bewege ich meinen Kiefer so? Oh Gott.

Leichen“. „Es sieht genauso aus wie du, aber es ist niemand zu Hause“, sagt er. „Das wäre so, als würde man Sie klonen, aber Ihr Klon ist tot. Und dann animiert man den Leichnam mit elektrischen Impulsen, damit er sich bewegt und spricht.“

So fühlt es sich auch an. Die kleinen Nuancen, in denen ich mich nicht wiedererkenne, reichen aus, um mich abzuschrecken. Andererseits könnte der Avatar jeden täuschen, der mich nicht sehr gut kennt. Er glänzt, wenn er eine Geschichte präsentiert, die ich darüber geschrieben habe, wie Robotik ihren eigenen ChatGPT-Moment bekommen könnte; der virtuelle KI-Assistent fasst den langen Text in einem anständigen kurzen Video mit meinem Avatar zusammen. Ich denke, wenn ich damit meinen Kollegen einen Jahresbericht vorlegen würde, wäre dieses Maß an Authentizität vielleicht schon ausreichend. „Was wir machen, ist mehr wie PowerPoint als wie Hollywood“, sagt auch Riparbelli.

Die neueste Generation von Avataren ist sicherlich noch nicht reif für die Kinoleinwand. Sie zeigen den Avatar nur von vorne und von der Hüfte aufwärts im Hochformat. Aber in nicht allzu ferner Zukunft, so Riparbelli, hoffe das Unternehmen, Avatare zu schaffen, die mit ihren Händen kommunizieren und Gespräche miteinander führen können. Geplant sind auch Ganzkörper-Avatare, die in einem von einer Person geschaffenen Raum laufen und sich bewegen können. (Das Rigg, das diese Technologie ermöglicht, existiert bereits, siehe Bild Seite 74.)

Aber wollen wir das *wirklich*? Es sieht nach einer düsteren Zukunft aus, in der Menschen KI-generierte Inhalte konsumieren, die ihnen von KI-generierten Avataren präsentiert werden. Sie werden KI nutzen, um diese Inhalte in weitere Inhalte umzuwandeln – die dann wiederum wahrscheinlich benutzt werden, um andere KIs zu trainieren. Zumindest hat mir dieses Experiment deutlich gemacht, dass der Technologiesektor dringend seine Verfahren zur Inhaltsmoderation verbessern und sicherstellen muss, dass der Herkunftsnachweis der Inhalte, wie Wasserzeichen, robust ist.

Auch wenn die Technologie und die Inhaltsmoderation von Synthesia noch nicht perfekt sind, so sind sie doch deutlich besser als alles, was ich bisher auf diesem Gebiet gesehen habe. Die KI-Entwicklung schreitet rasant voran, und es ist sowohl aufregend als auch beängstigend, sich vorzustellen, wie KI-Avatare in nur wenigen Jahren aussehen werden. Vielleicht müssen wir in Zukunft Sicherheitsvorkehrungen treffen, um zu zeigen, dass wir tatsächlich mit einem echten Menschen und nicht mit einer KI kommunizieren.

ABER DIESER TAG IST NICHT HEUTE

Ich fand es seltsam tröstlich, dass mein Avatar in einem der Videos über nicht einvernehmliche Deepfakes schimpft und mit soziopathisch glücklicher Stimme sagt: „Die Tech-Giganten? Oh! Die machen einen Riesengewinn!“ Das würde ich nie tun. ●

Der Anschein von Intelligenz

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

Zwar hatte das Schachprogramm *Deep Blue* den russischen Großmeister Garri Kasparow bereits 1996 besiegt. Doch das bedeutete keineswegs einen Siegeszug der Künstlichen Intelligenz in Computerspielen, schrieb MIT Technologie Review im Dezember 2005. Denn Schach ist zwar ein Spiel, dessen meisterliche Beherrschung „Jahrhunderte lang als Ausweis von Intelligenz galt“, mathematisch betrachtet ist es allerdings „vergleichsweise simpel gestrickt“. Die Arbeit reduziert sich im Prinzip darauf, sämtliche möglichen Kombinationen des Spiels durchzurechnen – ein Akt roher Rechenkraft.

Für viele andere Spiele gilt das jedoch nicht. Folgerichtig war KI in Games auch neun Jahre nach dem großen Schachdurchbruch mehr Schein als sein: in Ego-Shootern etwa. Spielende sehen das Szenario aus der Ich-Perspektive, durchstreifen unbekanntes Gelände und müssen meist einfach schneller ziehen als ihre Gegner. Dabei „verfügt der vom Computer simulierte Gegner über viel mehr Informationen als der menschliche Spieler. Er kennt beispielsweise das komplette Spielfeld und die Position aller Spielfiguren. Dank dieses Wissensvorsprungs kann er dem menschlichen Gegner selbst mit recht geringer künstlicher Intelligenz Paroli bieten.“ Meist geschieht das mithilfe verhältnismäßig einfacher Skripte, die simple Regeln enthalten wie „Suche den kürzesten Weg zu einer Position, die freies Schussfeld hat“.

An dieser Vorgehensweise hat sich bis heute wenig geändert. Das Verhalten der Computercharaktere steuern auch heute noch Skripte – trotz beeindruckender Fortschritte in der KI. Erste Experimente mit Spielecharakteren, die beispielsweise von großen Sprach-

modellen gelenkt werden, laufen zwar (siehe Seite 28), sind aber noch in einem frühen Stadium.

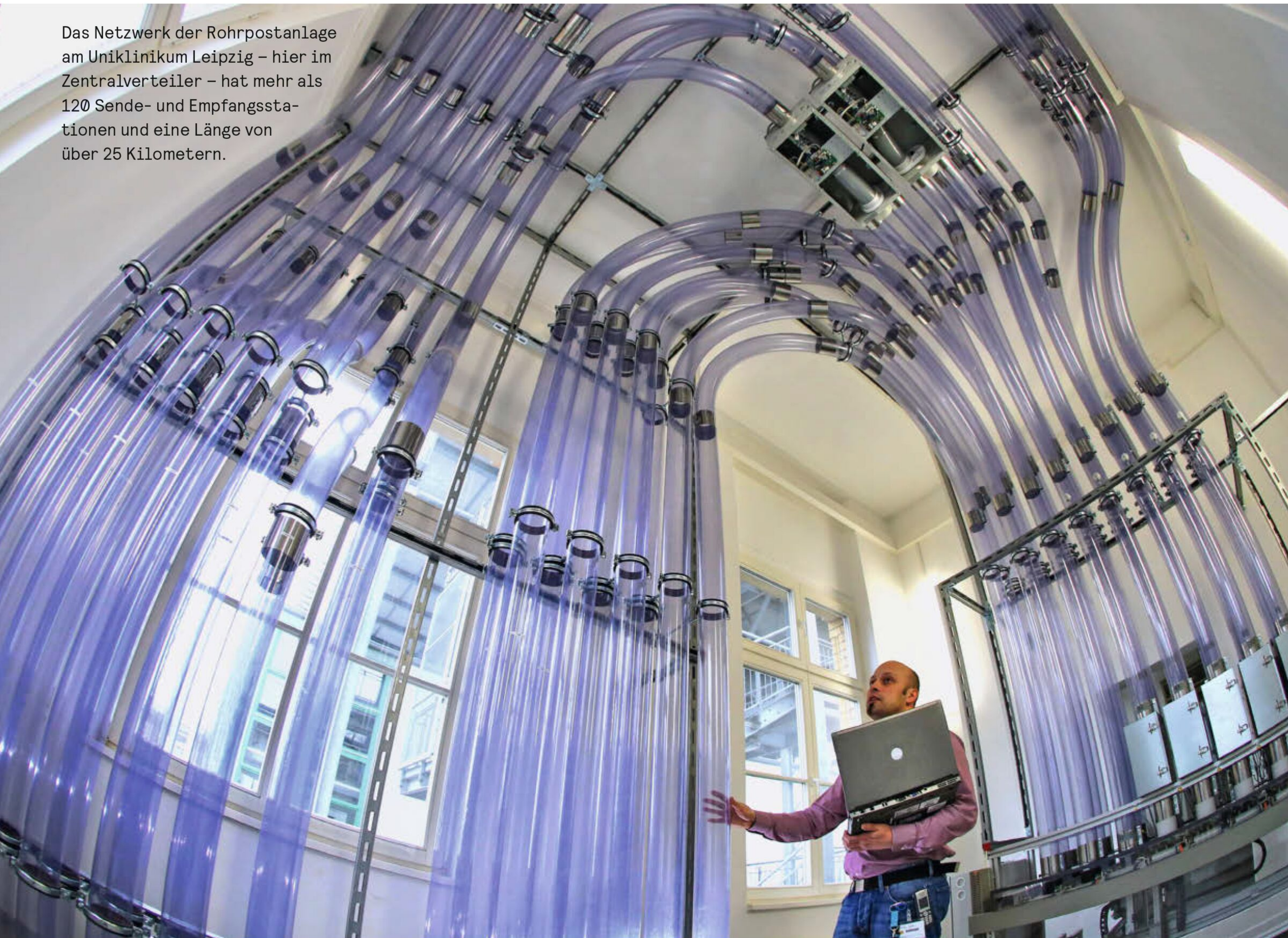
Allerdings deutete sich bereits 2005 eine Entwicklung an, die heute fast alles dominiert: der Siegeszug des maschinellen Lernens. Die Forschungsabteilung von Microsoft im britischen Cambridge präsentierte bereits 2005 ein Rennspiel, bei dem eine KI zum Einsatz kam, die aus den Rennen menschlicher Spieler:innen gelernt hatte. „Das Verfahren erlaubt dem Computer auszurechnen, mit welcher Wahrscheinlichkeit ein riskantes Bremsmanöver dazu geführt hat, dass der Wagen ins Schleudern geraten ist – und sein Verhalten in der nächsten Runde anzupassen“, berichtete TR. Die Technik, die Microsoft damals einsetzte, sogenannte Bayes-Netze, ist zwischenzeitlich etwas in Vergessenheit geraten – die Idee eines KI-Fahrers in Rennspielen aber nicht. 2023 präsentierte Sony auf seiner Spielkonsole PS5 eine neue Version des Rennspielklassikers *Gran Turismo*, der mit der KI Sophy ausgestattet war. Die Software wurde über Deep Reinforcement Learning trainiert und war erstmals in der Lage, dynamische und komplexe Taktikmanöver zu fahren, also etwa gegnerische Fahrer zu blocken.

Bei aller technischen Faszination muss für ein Game aber das Spielerlebnis im Vordergrund stehen. Daher gilt auch 19 Jahre später noch immer ein Grundsatz, den TR bereits 2005 zitierte: „Es kommt nicht darauf an, wie die Intelligenz eines künstlichen Charakters tatsächlich bewerkstelligt wird, solange sich die Kreatur glaubwürdig benimmt“, hieß es. „Worauf es ankommt, ist nicht Intelligenz, sondern die Illusion von Intelligenz.“ ●



TR 12/2005:
KI zieht in erste
Computerspiele ein.

Das Netzwerk der Rohrpostanlage am Uniklinikum Leipzig – hier im Zentralverteiler – hat mehr als 120 Sende- und Empfangsstationen und eine Länge von über 25 Kilometern.



Die Rohrpost lebt

Pneumatische Kapseln sollten die Welt revolutionieren, sind aber in Vergessenheit geraten. Außer in Krankenhäusern – dort bleiben sie unverzichtbar. – Vanessa Armstrong und Gregor Honsel

Es gab Zeiten, da wurde die Rohrpost als fester Bestandteil der Zukunft gesehen. In George Orwells 1984 etwa arbeitet die Hauptfigur Winston Smith in einem röhrengespickten Raum. Die Röhren spucken Befehle an ihn aus, nachträglich Nachrichten oder historische Aufzeichnungen zu verändern. Im wirklichen Leben war die Rohrpost 1949, als der Roman entstand, schon fast ein Jahrhundert alt und die Röhren hatten Ende des 19. bis Mitte des 20. Jahrhunderts bereits mehrere Industriezweige transformiert.

Das erste Rohrpostnetz der Welt entstand Mitte des 19. Jahrhunderts in London. Rasch folgten weitere Metropolen. „Amerikanische Postbeamte begaben sich regelmäßig nach Europa, um die auf dem alten Kontinent verkehrenden Rohrpostsysteme zu studieren und auf die Verhältnisse in den Vereinigten Staaten anzuwenden“, heißt es auf der Webseite des Vereins Berliner Unterwelten.

Selbst der erste Ansatz einer U-Bahn für New York basierte 1870 auf dem Druckluftprinzip. Die Idee, auch Menschen mit Röhren zu befördern, fasziniert Innovatorinnen und Innovatoren bis heute (siehe das weitgehend aufgegebene Hyperloop-Konzept von Elon Musk aus den 2010er-Jahren).

Gleichwohl klagte die *New York Tribune* noch 1890: „Die Möglichkeiten der Druckluft sind in diesem Land noch nicht voll ausgeschöpft. Das Rohrpostsystem ist in vielen Geschäften und in Redaktionen in Gebrauch, aber es herrscht eine große Unkenntnis über die Verwendung von Druckluft, selbst unter Technikern.“

Einzelhandel und Banken interessierten sich besonders für die Möglichkeit, mit Druckluftkapseln Geld hin und her zu schicken: „Abgesehen von der Zeitersparnis für den Kunden wird das Geschäft von der lästigen Hektik und dem Durcheinander der Laufburschen befreit“, heißt es 1882 im *Boston Globe*. Unternehmer:innen konnten also Lohnkosten sparen. Die Rohrposthersteller warben damit, dass sich die Investition innerhalb eines Jahres amortisieren würde.

Und diese Argumentation schien aufzugehen: Bis 1912 hatte Lamson Service, einer der größten Hersteller von Rohrpostsystemen jener Zeit, weltweit über 60 000 Kundinnen und Kunden unter Einzelhändlern, Banken, Versicherungen, Gerichten, Bibliotheken, Hotels und Fabriken. Auch die Post in Städten wie Boston, Philadelphia, Chicago und New York nutzte Röhren. „Das Motto des Unternehmens ist es, Menschen und Kinder auf jede erdenkliche Weise durch Maschinen zu ersetzen“, schrieb der *Boston Globe* 1914 über Lamson und zitierte dann den emeritierten Harvard-Präsidenten Charles W. Eliot mit den Worten: „Kein Mensch sollte mit einer Aufgabe beschäftigt werden, die eine Maschine erledigen kann.“

Die größten Rohrpostnetze entstanden allerdings nicht in den USA, sondern in Europa. Das Berliner Rohrpostnetz etwa war 111 Jahre im Betrieb – von 1865 bis 1976. Die erste Linie dieser „pneumatischen Depeschensbeförderung“, wie es

„Abgesehen von der Zeitersparnis für den Kunden wird das Geschäft von der lästigen Hektik und dem Durcheinander der Laufburschen befreit.“

damals hieß, verband die Börse mit dem Haupttelegraphenamts. Es ging offenbar vor allem um schnelle Finanznachrichten. Bis zum Zweiten Weltkrieg wuchs das Berliner Netz auf 90 Stationen mit 400 Kilometern Röhren an, die jährlich knapp acht Millionen Sendungen beförderten. Damit war es laut Berliner Unterwelten nach Paris das zweitgrößte Netz der Welt.

Die Teilung Berlins trennte dann auch das Rohrpostsystem. Im Westen wurde der öffentliche Rohrpostdienst bereits 1963 eingestellt, im Osten erst 1976. Im Keller des Museums für Kommunikation steht die einzige erhaltene Maschinenstation. Dort gibt es auch einen Rohrpoststempel zu sehen. „Das genaue Hinschauen lohnt“, schreibt die *taz*. „Neben dem Datum gibt es eine 10-Minuten-Einstellung.“ So eng war die Post früher getaktet.

MODERNE ROHRPOST

Ab Mitte des 20. Jahrhunderts wurde es aber zunehmend billiger, Post innerhalb der Stadt mit dem Lkw zu transportieren. Kreditkarten verdrängten das Bargeld, Geldautomaten die Bankschalter, Dateien die Papierakten. Die Rohrpost wurde praktisch obsolet. Außer in Krankenhäusern.

Der Grund liegt im technischen Fortschritt in der Medizin: Menschen wurden nicht mehr allein auf den Stationen behandelt, sondern auch in vielen spezialisierten Abteilungen, etwa für Operationen oder für die Röntgenbestrahlung. Das Personal verbrachte einen großen Teil seiner Zeit damit, mit Akten oder Proben von einer Abteilung in die andere zu laufen. Die Rohrpost bot eine Lösung.

In den 1920er-Jahren begannen immer mehr Krankenhäuser mit der Installation von Röhrensystemen – zunächst vor allem für Krankenakten, Rezepte, Geld oder Quittungen, später auch für Laborproben. In den sechziger Jahren wurden solche

Die Rohrpost im Bahnhofsgebäude von Schiphol, Amsterdam, 1949



Systeme zum Standard. Ein Krankenhausverwalter erklärte 1960: „Wir bekommen jetzt von jeder Krankenschwester acht Stunden Dienst pro Tag, während wir früher etwa sechs Stunden Krankenpflege plus zwei Stunden Botengänge hatten.“

Als sich in den 1980er-Jahren Computer und Kreditkarten immer mehr durchsetzten, verlagerte sich der Bedarf. Heute transportieren die Kapseln etwa zu 60 Prozent Laborproben, zu 30 Prozent Arzneimittel und zu 5 Prozent Blutprodukte. Die Kapseln können üblicherweise bis zu zweieinhalb Kilo fassen und bewegen sich mit 20 bis 25 km/h durch 15 Zentimeter dicke Rohre – gerade genug für einen Zwei-Liter-Infusionsbeutel. Die Systeme sind auf diese Geschwindigkeit begrenzt, um das Blut unbeschadet von A nach B zu bekommen. Bei höheren Geschwindigkeiten könnten Blutzellen zerstört werden.

Die pneumatischen Systeme haben sich in den letzten Jahren auch strukturell stark verändert, von festen Strecken zu vernetzten Systemen. „Es ist wie bei einem Zugsystem, bei dem man sich auf einem Gleis befindet und nun auf ein anderes Gleis wechseln muss“, sagt Steve Dahl, Executive Vice President bei Pevco, einem Hersteller dieser Systeme.

„Eine Rohrpost in ein neues Krankenhaus einzubauen ist heute so selbstverständlich wie eine zentrale Klimaanlage. Es ist einfach zu sinnvoll, um es nicht zu tun“, sagt Cory Kwart, CEO von Swisslog Healthcare, das unter dem Namen TransLogic seit über 50 Jahren Rohrpostanlagen für das Gesundheitswesen anbietet. Die Hersteller versuchen, frühzeitig in die Planung eines Krankenhauses eingebunden zu werden, sagt Kwart – um zu erfahren, welche Inhalte für wie viele Patientinnen und Patienten von wo nach wo geschickt werden müssen.

Der University City Medical District der Penn Medicine in Philadelphia eröffnete 2021 einen hochmodernen Pavillon mit drei pneumatischen Systeme-

Eine Kapsel ist fünf Minuten zwischen den beiden entferntesten Punkten des Systems unterwegs – mehrere Häuserblocks.

men. Das Hauptsystem ist für Dinge zuständig, die direkt mit der medizinischen Versorgung zusammenhängen, beispielsweise für Laborproben. Es umfasst 19 Kilometer Röhren und transportiert im Schnitt mehr als 6000 Kapseln am Tag. Eine Kapsel ist etwa fünf Minuten zwischen den beiden am weitesten entfernten Punkten des Systems unterwegs – eine Entfernung von mehreren Häuserblocks. Zu Fuß würde der Weg mehr als zwanzig Minuten dauern. Darüber hinaus gibt es noch zwei weitere Systeme für Wäsche und Müll.

Die Rohrpost der Michigan Medicine in Ann Arbor ist ausschließlich für die Nuklearmedizin bestimmt. Um radioaktive Materialien an ihren Bestimmungsort zu bringen, müsste man fünf bis acht Minuten laufen – zu lange angesichts ihrer kurzen Haltbarkeit. Die mit Blei ausgekleideten Kapseln sind in weniger als einer Minute am Ziel. „Wir könnten etwa 13500 Kilogramm pro Tag transportieren“, sagt Steven Fox, Leiter des Elektrotechnikteams der Rohrpost. „Das entspricht etwa zweieinhalb Afrikanischen Elefanten.“

Die Rohrpostsysteme von Michigan und Penn haben zwischen 150 und 200 Stationen, etwa 30 Gebläse und mehr als 150 Weichen. Programme überwachen jede Kapsel in Echtzeit und dirigieren sie unter Berücksichtigung des Verkehrsaufkommens und ihrer Priorität durch das Netz. Die Systeme laufen 24 Stunden am Tag, jeden Tag. „Wir behandeln das System wie das Strom-, Wasser- oder Gasnetz. Ohne können wir die Menschen nicht versorgen“, sagt Frank Connelly, stellvertretender Direktor der Penn. „Stellen Sie sich vor, Ihnen wurde gerade Blut abgenommen und Sie sind nervös. Wie lange wird es dauern, bis die Ergebnisse kommen? Weil man nicht für jedes Fläschchen eine Person zum Labor schickt, müssten Sie eine Weile warten, bis ein Korb voll ist. Heutzutage schicken sie das Röhrchen direkt ins Labor. Ich denke, das hilft der Patientenversorgung.“

Für solche Fälle unterhält die Medizinische Hochschule Hannover sogar zwei separate Rohrpostsysteme (neben einem konventionellen für Papierunterlagen). Ein eigenes Röhrennetz dient dazu, Blutproben ins Labor zu schicken. Es hat ein Tempolimit von 36 km/h, damit die Proben nicht durch zu hohe Beschleunigungs- und Bremskräfte verfälscht werden. Daneben gibt es noch eine „Schnellschnitt“-Rohrpost. Sie ist ausschließlich dazu da, Gewebeproben von den OPs in die Pathologie zu befördern. 3000 bis 4000 Proben kommen dort täglich an. Morgens sind ein bis zwei Personen laufend damit beschäftigt, die einkommenden Proben auszupacken und weiterzuleiten.

„Bei einer Tumor-OP etwa muss ich relativ schnell sicher sein, dass das, was ich wegschneide, tumorfrei ist“, erklärt Andreas Novak, der das System technisch betreut. Auch bei möglichen Herzinfarkten ist Eile geboten. Dank Rohrpost können die behandelnden Ärztinnen und Ärzte schon innerhalb von zehn Minuten ein Feedback bekommen. So lange würde allein der Fußmarsch zum Labor dauern. ●

Rohrpost ist heute ein fester Bestandteil des Klinikalltags. An den Stationen wird die Zielstation eingegeben und die Probe in einer Kapsel auf den Weg gebracht.



**das
könnte
folgen
haben...**

... aber nur gute.

Hör jetzt in die t3n-Podcasts rein!



t3n.de/podcast

t3n.de

Spreading knowledge & future optimism

t3n digital
pioneers

A photograph of three male runners in motion on a red running track. The runner on the left is wearing a yellow shirt and dark shorts. The runner in the middle is wearing a red shirt and dark shorts. The runner on the right is wearing a dark blue shirt and dark shorts. They are all running towards the right side of the frame. The background is a green grassy field.

Schuhe spalt

Teure Hochleistungsschuhe haben den Laufsport auf der Langstrecke verändert. Warum sie sowohl gelobt als auch kritisiert werden, zeigt die Geschichte der Marathon-Talente aus Kenia. – Jonathan W. Rosen (Übersetzung: Andrea Hoferichter)

Die Laufbahn auf dem Campus der Moi-Universität in Eldoret sieht nicht so aus, als sei sie für Champions gebaut worden. Ihr Belag ist eine Mischung aus Lehm und Kies, und sie ist zehn Meter länger als die normale 400-Meter-Strecke. Die Läufer:innen nutzen Stühle aus dem Klassenzimmer, um Start und Ziel zu markieren. Doch Eldoret, eine Stadt mit mehreren Hunderttausend Einwohnern, gilt als Kenias inoffizielle Hauptstadt des Laufsports. Ein guter Ort also, um Athleten zu entdecken, die Kenia zu einer Weltmacht des Langstreckenlaufs machen.

An einem Januarmorgen haben sich hier fast hundert Trainierende, darunter Olympiamedaillengewinner:innen und Sieger:innen großer Marathons, zum „Speedwork“ versammelt: hochintensive Intervalle, die die besten Läufer:innen mühelos absolvieren. Die Strecke war so voll mit Talenten, dass man den Mann der Stunde, einen schlaksigen Läufer in einem türkisfarbenen Hemd und dick besohlenen Nike-Schuhen, leicht übersehen konnte. In nur etwas mehr als einem Jahr hatte sich

Kelvin Kiptum von einem fast Unbekannten zu einem weltweiten Phänomen entwickelt. Er lief drei der sieben schnellsten Marathons der Geschichte und stellte im Oktober 2023 in Chicago mit 2:00:35 Stunden den offiziellen Weltrekord der Männer auf. Drei Monate später wollte er in Rotterdam etwas einst Undenkbares versuchen: die 42,195 Kilometer in weniger als zwei Stunden bewältigen.

Obwohl die Fans vor Kiptums Triumph in Chicago in Ehrfurcht erstarrten, feierten nicht alle die Schuhe, die ihn zum Sieg getrieben hatten: Die Vaporflys von Nike wurden 2016 auf den Markt gebracht und führten einen Paradigmenwechsel herbei. Sie halfen den Athletinnen und Athleten, effizienter und damit schneller zu laufen. Seitdem muss sich die Laufelite aber auch mit den Folgen der Hightech-Schuhe für ihren Sport auseinandersetzen. Manche sehen sie als Zeichen des Fortschritts: Neue Rekordzeiten sorgen für Aufmerksamkeit für einen Sport, der in vielen Teilen der Welt keine große Anhängerschaft hat. Und wie Spitzensportlerinnen und -sport-

A photograph showing three male runners in motion on a red running track. They are wearing athletic gear, including singlets and shorts. The background is a green grassy field. The runners are captured in a side profile, moving from left to right. The track has white lane markings.

Athleten trainieren im
Kipchoge-Keino-Stadion
in Eldoret, Kenia.

en den Sport

ler sowie Coaches in Kenia immer wieder äußern, haben die Schuhe nicht nur im Wettkampf Vorteile: Vor allem tragen sie dazu bei, den Verschleiß des Körpers zu minimieren und eine schnellere Erholung zu ermöglichen.

Dennoch argumentieren einige, dass die Superschuhe den Sport zu schnell verändert hätten. Es sei nicht nur schwierig geworden, neue Rekorde fair mit alten zu vergleichen; der ständige Strom an Schuh-Innovationen hat auch zu endlosen Spekulationen darüber geführt, welche Markenschuhe die besten sind. Kritiker sagen, dass die Ausrüstung zu stark gegenüber den Fähigkeiten der Läufer in den Vordergrund rückt. Laboruntersuchungen legen zudem nahe, dass manche Läufer – je nach ihrer Biomechanik – einen größeren Nutzen aus der Technologie ziehen als andere. Es sei praktisch unmöglich, „die Leistungen verschiedener Athleten zu bewerten – unabhängig von Zweifeln, was die Schuhe am Ende bewirken“, sagt etwa der südafrikanische Sportwissenschaftler Ross Tucker, ein ausgesprochener Kritiker der Superschuhe.

Der Vaporfly von Nike war nur der Anfang. Heute bieten die meisten großen Marken mehrere Versionen solcher „Superschuhe“ an. Sie verbinden einen leichten, rückfedernden Schaumstoff mit einer Karbonfaserplatte für mehr Steifigkeit. „Superspikes“ mit einem ähnlichen Konzept sind inzwischen auch auf Laufbahnen weit verbreitet. Die Leistungen haben

sich entsprechend verändert. Nach Angaben des Welt-Leichtathletik-Verbandes haben Läufer mit „fortschrittlicher Schuh-technologie“ seit 2020 alle Straßen- und Freiluft-Weltrekorde von 5000 Metern bis zum Marathon gebrochen – eine einzigartige Häufung in der modernen Geschichte des Sports.

Einen inoffiziellen Marathon im Jahr 2019 schaffte der Kenianer Eliud Kipchoge in erstaunlichen 1:59:40 Stunden. Im vergangenen September unterbot die Äthiopierin Tigst Assefa in Berlin den Weltrekord der Frauen um mehr als zwei Minuten und lief 2:11:53 in dem ultraleichten Adidas Adizero Adios Pro Evo 1 – einem Schuh, der nur einmal getragen werden kann. Kelvin Kiptum stellte mit den Alphaflys 3 von Nike im vergangenen Oktober in Chicago den offiziellen Marathon-Männerweltrekord auf. Uneingeweihte könnten denken, dass die weißen Plateauschuhe, die an Mondstiefel erinnern, eher in eine Science-Fiction-Kulisse gehören als auf die Straßen von Chicago.

Wie viel von Kiptums Erfolg ist auf sein Talent, sein Training, seinen Willen und seine mentale Stärke zurückzuführen – und wie viel auf die Technologie von Nike? Das ist schwer zu sagen – und tragischerweise kann er sich nicht mehr selbst dazu äußern. Einige Wochen, nachdem er in Eldoret an dem „Speedwork“ teilgenommen hatte, kamen er und sein Trainer Gervais Hakizimana bei einem Autounfall auf dem Weg zum Training ums Leben.

„In den alten Schuhen war man nach zehn Marathons völlig erschöpft. Jetzt sind zehn Marathons wie nichts.“

Schuhe waren das Letzte, woran die kenianische Laufgemeinschaft nach Kiptums Tod dachte. Doch der spektakuläre Aufstieg des Läufers zeigt ihre Bedeutung. Obwohl die Revolution der Schuhtechnologie den Sport auf der ganzen Welt beeinflusst, waren ihre Auswirkungen nur an wenigen Orten so drastisch wie in Kenia, wo Laufen nicht nur ein Sport, sondern auch ein Weg aus der Armut ist. In diesem Sinne sind die neuen Hightech-Schuhe nur zum Teil ein Segen: Für etablierte Läuferinnen und Läufer mit Firmensponsoring sind sie ein Anschlag, für diejenigen, die noch auf ihren großen Durchbruch warten, ein Hindernis. Selbst die billigsten Modelle kosten weit über 100 Dollar – keine geringe Summe für junge Menschen aus benachteiligten Verhältnissen.

ENTWICKELT ZUM FLIEGEN

Das wichtigste gemeinsame Merkmal sind die (oft von den Herstellern selbst entwickelten) Schaumstoffe für die Sohlen. Diese absorbieren den Aufprall des Fußes und geben die Energie an den Läufer zurück. Einige nutzen dazu auch andere Methoden, wie etwa die orangefarbene Luftkammer im Nike Alphafly 3. Sprungkraft allein bringt allerdings keinen großen Vorteil. Die heutigen Schaumstoffe sind so weich und so dick (der Verband World Athletics erlaubt bei Wettkämpfen bis zu 40 Millimeter), dass sie die Füße ohne zusätzliche Unterstützung sehr instabil machen würden. Deshalb fügen die Hersteller starre Komponenten wie Kohlefaserplatten oder -stäbe hinzu, die in der Regel zwischen Schaumstoffschichten eingebettet sind. Diese Teile werden mit hauchdünnen Mesh-Obermaterialien kombiniert, um immer leichtere Schuhe zu schaffen: Der Einmalschuh Adidas Adizero Adios Pro Evo 1, der 2023 auf den Markt kam, wiegt beispielsweise nur 138 Gramm (in Größe 42 $\frac{2}{3}$). Damit reduziert er die Energie für jeden Schritt. Der Nike Vaporfly war der erste Schuh, der rückfedernden Schaumstoff mit einer Kohlenfaserplatte kombinierte.

Drei physiologische Faktoren bestimmen den Erfolg auf der Langstrecke: erstens die maximal aufnehmbare Sauerstoffmenge ($VO_2\max$). Sie ist vergleichbar mit der Höchstleistung eines Motors. Zweitens die Laktatschwelle. Das ist der Punkt, an dem sich Milchsäure im Blut schneller ansammelt, als der Körper sie abbauen kann. Davon hängt ab, wie nahe man an die $VO_2\max$ heranlaufen kann, ohne zu erschöpfen. Drittens die Laufökonomie. Sie entspricht dem Spritverbrauch bei einem Auto. Hier kommt das Schuhwerk ins Spiel: Ein geringes Gewicht, rückfedernder Schaumstoff und stabilisierende Platten können Energieverbrauch und die Muskelanstrengung verringern.

Die Kunst für die Schuhhersteller besteht darin, diese Eigenschaften zu optimieren – und über weite Strecken der Geschichte des Wettkampfsports waren sie darin nicht beson-

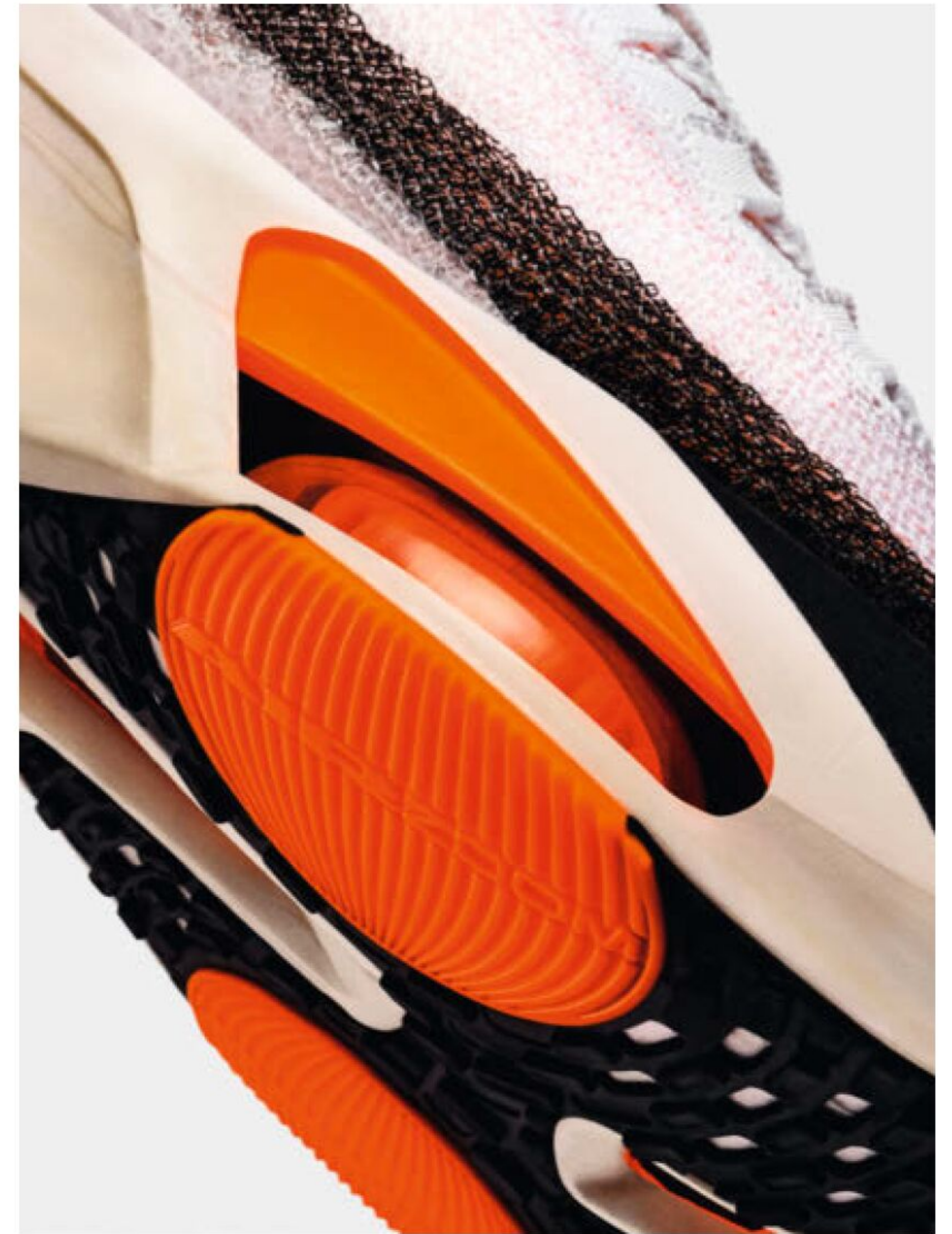
ders gut. Noch bis in die 1970er-Jahre besaßen Rennschuhe klobige Gummisohlen und steife Oberteile aus Leder oder Segeltuch – nicht viel anders als 1908 beim ersten olympischen Marathonlauf. Als 1975 der erste Schuh mit einer Zwischensohle aus dem luftgefüllten Schaumstoff Ethylenvinylacetat (EVA) auf den Markt kam, läutete dies eine neue Generation von besser federnden Schuhen ein. Bis auf wenige Ausnahmen konzentrierten sich die Innovationen der nächsten vier Jahrzehnte darauf, EVA-Schuhe so leicht wie möglich zu machen.

Das änderte sich mit dem Vaporfly. Nach seinem Marktauftritt konzentrierte sich die Aufmerksamkeit auf seine gebogene Kohlefaserplatte, von der viele vermuteten, dass sie wie eine Feder funktionierte. Die Forschung hat das widerlegt: Die Platte könne zwar eine gewisse energiesparende Steifigkeit hinzufügen, sagt Wouter Hoogkamer, Professor für Kinesiologie an der University of Massachusetts in Amherst. Aber ihr Hauptnutzen scheine darin zu liegen, dass sie die wichtigste Komponente der Technologie stabilisiere: das dicke Zwischensohlenmaterial aus geschäumtem Polyetherblockamid (PEBA). Dieser Schaumstoff ist nicht nur leicht; Tests im Jahr 2017 in Hoogkamers Labor ergaben, dass ein Vaporfly-Prototyp deutlich mehr Energie zurückgab als die damals führenden Marathonschuhe: der Nike Streak mit EVA-Sohle und der Adidas Boost mit thermoplastischem Polyurethan.

Hoogkamers Team rekrutierte außerdem 18 Hochleistungssportler:innen und verfolgte ihren Energieverbrauch, gemessen in Watt pro Kilogramm Körpergewicht, während sie in allen drei Schuhen fünf Minuten lang auf einem Laufband mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten liefen. Es fand heraus, dass der Vaporfly die Laufökonomie um durchschnittlich vier Prozent verbesserte – unter anderem dadurch, dass bei jedem Schritt eine größere Strecke zurückgelegt wurde. Neuere Studien zeigen einen etwas geringeren Vorsprung des Vaporfly. Vorläufige Daten einer Studie der Brigham Young University, bei der Testpersonen eine Stunde lang liefen, deuten jedoch darauf hin, dass der Vorteil von Superschuhen mit der Rendauer zunimmt, weil weichere Schäume die Muskelermüdung verringern. „Ein Läufer mit einer verbesserten Laufökonomie von drei Prozent im Labor könnte am Ende eines Marathons bei vier oder fünf Prozent liegen“, sagt Iain Hunter, Professor für Biomechanik und Leiter der Studie.

Die genaue Auswirkung der Laufökonomie ist allerdings noch unklar. Statistische Modelle sagen voraus, dass eine um vier Prozent verbesserte Laufökonomie die Marathonzeit um mehr als drei Minuten verbessern würde. Aber in Kenia glauben nur wenige Lauftalente, dass die Technologie so viel bringt. Viele verweisen darauf, dass sich nicht nur das Schuhwerk, sondern auch das Training weiterentwickelt hat. Und neue Sportgetränke ermöglichen es, während des Rennens mehr Kalorien

Die beiden Zoom-Air-Zonen des Nike Vaporfly 3 sollen mit der Straße wechselwirken und den Laufenden einen Teil der eingebrachten Energie zurückgeben – für den nächsten Schritt.



Der Adidas Adizero Adios Pro Evo 1 ist nur für einen einmaligen Gebrauch ausgelegt.



Der Nike Vaporfly kombinierte erstmals rückfedernden Schaumstoff mit einer Karbonfaserplatte.

aufzunehmen. Hinzu kommt die Geißel des Dopings: Anfang Mai waren 81 kenianische Athlet:innen wegen Dopingverstößen für internationale Wettbewerbe gesperrt. Weder Kipchoge noch Kiptum wurden allerdings jemals positiv getestet.

Nach Kiptums Training im Januar schätzte sein Trainer Hakizimana, dass die Schuhe Kiptums Marathonzeit um eine Minute, vielleicht sogar etwas mehr, verbessert hatten. Die Technologie, so betonte er, sei nur ein Faktor unter vielen, die zu Kiptums schnellem Aufstieg beigetragen hätten. Da war das harte Training, seine Art, in den Rennen mit so viel Selbstvertrauen „anzugreifen“, und der Stoizismus, mit dem er an den Laufsport heranging. Hinzu kam der Einfluss der Generationen vor ihm. Sie trugen dazu bei, ein Land mit unvergleichlichen Lauftalenten in die Heimat von Champions zu verwandeln.

Zwar sind Kenias Läufer:innen heute für ihre Dominanz im Marathon bekannt, doch zunächst sorgte das Land in anderen Rennen für Aufsehen. Bei den Olympischen Spielen 1968 in Mexiko-Stadt gewann Kenia acht Medaillen – unter anderem Gold über 1500 und 10 000 Meter sowie 3000 Meter Hindernislauf der Männer. Auch in den folgenden zwei Jahrzehnten hielten sich die Lauftalente des Landes weitgehend vom Marathon fern: Laut Moses Tanui – einem Kenianer, der in den 1990er-Jahren zweimal den Boston-Marathon gewann – glaubten viele Männer, das Rennen über mehr als 40 Kilometer könne unfruchtbar machen. Steigende Preisgelder machten die längere Distanz allerdings immer attraktiver. Heute kann der oder die Sieger:in eines großen Rennens wie in Boston mit mehreren Hunderttausend Dollar rechnen, die sich aus Startgel-

Ein Läufer verbraucht in einem Schuh elf Prozent weniger, in einem anderen Schuh elf Prozent mehr Energie.

Coach Claudio Berardelli schätzt, dass seine Läufer:innen mindestens 60 Prozent ihrer Kilometer mit Superschuhen laufen.



dern, Preisgeldern und Prämien von Schuhfirmen zusammensetzen. Im Mai waren laut World Athletics 28 der 50 schnellsten Männer und 17 der 50 schnellsten Frauen der Veranstaltung aus Kenia.

Der überragende Erfolg Kenias ist auch eng mit dem Konzept der Laufökonomie verbunden. Studien zur Stammesgemeinschaft der Kalenjin, die die meisten kenianischen Spitzensportler:innen hervorbringt, weisen auf dort häufige körperliche Eigenschaften hin, die einen energieeffizienten Gang begünstigen: dünne Unterschenkel, lange Achillessehnen und ein großes Verhältnis von Beinlänge zu Rumpf. Eine aktive Kindheit im Hochland ist wahrscheinlich auch eine Komponente ihres Erfolgs. Ihr Antrieb jedoch ist die Aussicht auf finanzielle Belohnungen. Denn es ist sehr schwierig, in Kenia einen gut bezahlten Job zu finden. „Wenn man nach der Highschool nicht weiter studiert, kann man entweder laufen oder faulenz“, sagt Brigid Kosgei, eine Kenianerin, die vor Assefa den Marathon-Weltrekord der Frauen hielt. „Also läufst du – du versuchst dein Bestes.“

Die Schuhtechnologie ist dabei enorm wichtig: Bei Spitzenwettbewerben geht es oft um Sekunden, um Plätze im Wert von Zehntausenden Dollar, um neue Häuser für die Eltern und Schulgebühren für die Kinder. Nachdem Nike den Vaporfly auf den Markt gebracht hatte, hatten Läufer, die von anderen Unternehmen gesponsert wurden, zunächst schlechte Karten. Sie durften aus Vertragsgründen keine Produkte der Konkurrenz verwenden. Das hatte auch eine psychologische Komponente: Cyprian Kotut, ein von Adidas gesponserter Läufer, der Marathons in Paris und Hamburg gewonnen hat, erinnert sich, dass er sich in der Mitte des Rennens neben den von Nike gesponserten Konkurrenten desillusioniert fühlte. Einige versuchten, die Vertragsauflagen zu umgehen. Ein Schuster in Äthiopien erlangte Berühmtheit für seine Fähigkeit, Vaporfly-Sohlen an Adidas-Schuhen zu befestigen. So half er manchen Adidas-Läufern, die Nike-Technologie heimlich zu nutzen.

ENTLASTUNG FÜR DIE BEINE

Heute ist das Schuhangebot für die Profi-Läufer:innen ausgeglichener. Im 2 Running Club, einem von Adidas gesponserten Camp inmitten hügeliger Teefelder südlich von Eldoret, geben mir Kotut und seine Teamkollegen einen Einblick in ihr Adizero-Karbonfaser-Angebot. Da gibt es den ultragepolserten Prime X für lange Einheiten auf dem Asphalt, den kompakteren Takumi Sen für Schnelligkeitstraining und ein Paar federleichte schwarz-weiße Evos, mit denen Kotut letztes Jahr in Amsterdam eine persönliche Bestzeit von 2:04:34 gelaufen ist. Claudio Berardelli, der italienische Trainer der Gruppe, schätzt, dass sein Team mindestens 60 Prozent der Laufleistung in Superschuhen zurücklegt. Für die meisten sind sie im Training genauso wichtig wie im Rennen. Dabei ermöglichten sie nicht nur

Die Marathonläufer:innen in Eldoret trainieren am liebsten auf der lehmig-kieseligen Laufbahn der Moi-Universität. Nur wenn es regnet, wechseln sie in das Kipchoge-Keino-Stadion.



ein schnelleres Training, sagt Benson Kipruto, ein Clubmitglied, das im März den Tokio-Marathon gewann und im letzten Herbst in Chicago Zweiter hinter Kiptum wurde. Die weichen Schaumstoffe förderten auch eine schnellere Erholung, sodass selbst am Tag nach einem harten Training „die Beine ein bisschen frisch sind“.

David Kirui, ein Physiotherapeut, der schon viele kenianische Marathontalente behandelt hat, schätzt, dass überlastungsbedingte Verletzungen wie Stressfrakturen, Achillessehnenentzündungen und das Iliotibialband-Syndrom um mindestens 25 Prozent zurückgegangen sind. Mehrere Läufer:innen berichten, dass die Schuhe dazu beigetragen haben, ihre Karriere zu verlängern. „In den alten Schuhen war man nach zehn Marathons völlig erschöpft“, sagt Jonathan Maiyo, der seit 2007 in der Eliteklasse des Straßenlaufs unterwegs ist. „Jetzt sind zehn Marathons wie nichts.“

Läufer:innen wie die aus Berardellis Gruppe gehören zu den wenigen Auserwählten. Die meisten, die in Kenia trainieren, haben noch nie Geld mit dem Sport verdient. Nur wenige können sich eigene Superschuhe leisten. In Iten, einer kleinen Stadt nördlich von Eldoret, die sich an den Rand des Steilhangs des Rift Valley schmiegt, lebt Daisy Kandie. Die 23-Jährige ist nach der Highschool hierhergezogen und zählt zu den Hunderten angehender Profis, die sich jeden Morgen auf den Lehmstraßen der Stadt abmühen. Ihr Ziel ist dasselbe wie das der meisten: von einem Agenten oder einer Agentin, meistens aus dem Ausland, entdeckt zu werden. Die besorgen ihr dann Ausrüstung, organisieren Rennen außerhalb des Landes und handeln vielleicht sogar einen Vertrag mit einer Schuhfirma aus. Kandie hat mehr Glück als die meisten anderen hier: Ihre Eltern unterstützen sie und haben sogar ein Stück Ackerland verkauft, um ihr ein Paar neongrün-rosa Nike Alphaflys kaufen zu können.

Die Schuhe waren in Iten billiger – etwa 180 Dollar – als sie in den USA gewesen wären. Es ist ein offenes Geheimnis, dass einige Läufer:innen mit Sponsorenverträgen die Schuhe,

die sie umsonst bekommen, an örtliche Geschäfte verkaufen, die sie dann zu einem Preis unter dem Marktpreis weiterverkaufen. Gleichwohl muss Kandie ungefähr den gleichen Betrag für die Jahresmiete ihres kleinen Zimmers am Stadtrand zahlen. Doch die teuren Schuhe, die sie in Anlehnung an die Idee eines Marathons unter zwei Stunden als ihre „Sub-2“ bezeichnet, motivierten sie, sagt die Läuferin. Die Sohlen der Schuhe sind schon stark abgenutzt; einen Plan für Ersatz hat sie nicht. „Bis dahin bin ich weg“, sagte sie und hofft auf Geld aus einem Rennen außerhalb Kenias.

UNTERSCHIEDLICHE EFFEKTE

Die Superschuh-Technologie ist vor allem wegen der Verzerrung der Ergebnisse umstritten – und das nicht nur, weil ein teurer Schuh grundsätzlich Vorteile verschaffen kann. Selbst wenn alle in einem Wettbewerb in den gleichen Schuhen liefen, können sich diese sehr unterschiedlich auswirken. Hoogkamers Studie zum Vaporfly ergab, dass die Schuhe die Laufökonomie im Durchschnitt zwischen zwei und sechs Prozent verbesserten. Untersuchungen mit anderen Superschuhen lieferten eine ähnliche Bandbreite. Einer Studie von mit Adidas verbundenen Forschenden aus dem Jahr 2023 zufolge, bei der sieben kenianische Elitesportler in drei Karbonfaser-Prototypen und einem herkömmlichen flachen Rennschuh getestet wurden, verbraucht ein Läufer oder eine Läuferin in einem Schuh elf Prozent weniger, in einem anderen Schuh elf Prozent mehr Energie. Forschende sind sich einig, dass einzelne Athletinnen und Athleten auf bestimmte Schuhe besser „ansprechen“ als auf andere. Die Gründe dafür sind nicht ganz klar: Hoogkamer schätzt, dass möglicherweise 20 Variablen eine Rolle spielen, darunter Gewicht, Fußlänge, Wadenmuskelstärke und die Frage, ob der Laufende den Boden mit dem Vorfuß, dem Mittelfuß oder der Ferse berührt. Auch die Geometrie des Schuhs spielt eine Rolle. Abdi Nageeye, ein niederländischer



Daisy Kandie läuft mit Alphaflys, die 180 Dollar kosteten – ungefähr so viel, wie sie für die Miete eines kleinen Zimmers am Stadtrand von Iten bezahlt.

Marathonläufer, sagt, dass er mit den ersten beiden Versionen des Alphafly von Nike Probleme hatte. Als 120 Pfund schwerer Fersenläufer zwang er ihn, auf eine Art und Weise zu springen, die sich unnatürlich anfühlte. Das neueste Alphafly-Modell, das eine größere Abnahme der „Stack-Höhe“ – der Schaumstoffdicke – von der Ferse bis zu den Zehen aufweist, habe eine viel bessere Passform, sagt er.

Was dies alles für die Integrität des Marathons bedeutet, ist ein heiß diskutiertes Thema. Heutzutage unterziehen sich viele Profi-Läufer:innen im Westen Stoffwechseltests auf dem Laufband, um festzustellen, welcher Schuh am besten funktioniert – und wählen danach das Unternehmen aus, bei dem sie unterschreiben. In Kenia lässt der größere Wettbewerb den Athletinnen und Athleten nur selten Verhandlungsspielraum. Zwar sagten die meisten Laufenden, mit denen ich gesprochen habe, dass ihnen das Modell ihres Sponsors gefalle. Aber es ist schwer zu sagen, ob es das absolut beste ist. Und selbst wenn das der Fall wäre: „Wenn jeder seinen idealen Schuh hat, gibt es dann immer noch Leute, die mehr davon profitieren als andere?“, fragt Dustin Joubert, ein Experte für Superschuhe und Professor für Kinesiologie an der St. Edward's University in Austin, Texas. „Die Antwort ist wahrscheinlich ja.“

Bei einem Marathon sei heute weniger denn je klar, ob der oder die Sieger:in am stärksten laufe oder die klügste Renntaktik habe, sagt Berardelli. Und Stephen Cherono ist der Meinung, dass die Welt-Leichtathletik die Technologie hätte stärker einschränken sollen. Der Kenianer trat als Saif Saaed Shaheen für Katar an und hielt seit 2004 den Weltrekord im 3000-Meter-Hindernislauf, bis dieser mit-

Statistische Modelle sagen voraus, dass eine um vier Prozent verbesserte Laufökonomie die Marathonzeit um mehr als drei Minuten verbessern würde.

hilfe von Superspikes im vergangenen Jahr gebrochen wurde. Er sei ein großer Fan der Formel 1, erzählt Cherono. Doch der Laufsport mit seinem Fokus auf Leistungstechniken ähnele diesem zu sehr. „Zu oft dreht sich das Gespräch nur noch um den Schuh und nicht mehr um den Menschen, der ihn trägt.“

Wenn sich Befürwortende und Kritisierende der Superschuhe auf eines einigen können, dann ist es, dass Kelvin Kiptum in einer ganz eigenen Liga agierte. Sein Vorsprung beim Sieg in Chicago – fast dreieinhalb Minuten – war so groß, dass einige scherzten, der zweitplatzierte Kipruto habe das Rennen für die Sterblichen gewonnen. Wie die meisten Läufer:innen in Kenia wuchs auch Kiptum in einer Bauernfamilie auf, in der das Geld knapp war. Als er als Teenager mit dem Training begann, lief er oft barfuß; gelegentlich gaben ihm Profis, mit denen er mitlief, Schuhe. Nach einer Ausbildung zum Elektriker begann Kiptum 2018, Vollzeit zu laufen; vier Jahre später lief er bei seinem Marathondebüt die drittschnellste Zeit der Geschichte. Untypischerweise lief er bei allen drei Marathons die zweite Hälfte schneller als die erste – vielleicht, weil der PEBA-Schaum von Nike seine Beine „geschont“ hatte, vielleicht aber auch wegen seines überdurchschnittlich harten Trainings.

Auf den Tag genau einen Monat, nachdem ich Kiptum dabei beobachtet habe, wie er die Bahn in Eldoret umrundete, versammeln sich Hunderte auf einem Grundstück, das er außerhalb der Stadt gekauft hatte, wo er nach Kalenjin-Tradition beerdigt wird. Unter den Zuschauenden befindet sich wieder das Who's who der Langstrecke. Diesmal tragen sie keine Laufkleidung, sondern Anzüge oder schwarze T-Shirts mit dem Konterfei des Rekordhalters. Sie trauern sowohl um einen Mann, der viel zu jung gestorben ist – Kiptums Alter wurde mit 24 Jahren angegeben, doch wahrscheinlich war er ein paar Jahre älter –, als auch um seine bemerkenswerte Leistung. Vor dem Lauf in Chicago hatte Kiptum mit einer Verletzung zu kämpfen und war nach Angaben seines Trainingspartners Daniel Kemboi nicht einmal in Topform. Vor Rotterdam, sagt Kemboi, „war er so zuversichtlich“. Nur wenige in Eldoret zweifelten daran, dass er die Zwei-Stunden-Marke knacken würde.

Kiptum war ein außergewöhnlicher Wettkämpfer, unabhängig davon, was er an den Füßen hatte. Doch ohne die Superschuh-Technologie wäre die Aussicht auf einen Marathon unter zwei Stunden nie Teil seiner dramatischen Erfolgsgeschichte gewesen. In diesem Sinne haben die Schuhe seine Größe nicht geschmälert, wie Kritiker wie Cherono befürchteten. Vielmehr haben sie dazu beigetragen, seine Marke aufzubauen und sein Streben nach dem kenianischen Lauftraum zu beschleunigen, durch Sport ein besseres Leben zu erreichen. Tragischerweise endete Kiptums Weg schon, kurz nachdem er begonnen hatte. Aber jemand anderes wird in festen Schuhen mit federnden Sohlen kommen und seinen eigenen Weg einschlagen. ●

All¹ you can read!

**Der Newsletter mit allen
Updates zur Digitalwirtschaft
direkt in dein Postfach.
Immer dienstags und freitags.**



t3n.de/aycr

t3n.de
Spreading knowledge & future optimism

t:n digital
pioneers

„Wirklich entscheidend für einen gelungenen Motorradurlaub: die Entfernung der Ladesäulen zur nächsten Eisdiele.“

Gregor Honsel, TR-Redakteur, ist mit seinem E-Motorrad im Urlaub 1800 Kilometer durch Deutschland und Tschechien getourt (Seite 95)

Review

- 95 AUSPROBIERT • Mit dem E-Motorrad auf Reisen
- 96 HARDWARE • Software statt Schaltung fürs Rad, Urinsensor und Hose mit Motor
- 100 MEDIEN • *Hot Girls Code*, Podcast • *Der Klima-Atlas*, L. Neubauer, C. Endt, O. Häntzschel
- 102 MEINUNG • KI und Wahlen • Weniger Dienstwagen wagen
- 106 DER FUTURIST • Haarige Zustände

The good, the bad and the ugly

Dass er mit seinem neuen Elektromotorrad auch längere Touren machen kann, war unserem Autor klar. Doch wie aufwendig ist das? 1800 Kilometer durch Niedersachsen, Thüringen, Böhmen, Franken und Hessen geben eine Antwort. – Gregor Honsel



So darf es gerne öfter sein: Ladesäule in Sichtweite eines Biergartens, hier im thüringischen Ziegenrück. Leider eine Ausnahme.

Ob vor dem Hotel, an der Ampel oder auf dem Parkplatz – irgendwann fällt sie, die Frage aller Fragen: „Und? Wie weit kommst du damit?“

Die Erkundigung ist berechtigt, wenn man mit einem E-Motorrad auf Reisen geht. Hier zunächst die prosaische Antwort: Der Akku meiner Zero SR/S (TR 8/2020, S. 26) fasst nominell 17,3 Kilowattstunden, und ich verbrauche bei entspannter Landstraßenfahrt 70 bis 80 Wattstunden pro Kilometer. Macht rechnerisch um die 200 Kilometer Reichweite. Für eine anständige Tagesetappe ist das etwas wenig. Ohne Zwischenladung geht es also selten. Was zur zweithäufigsten Frage führt: „Wie lange dauert das Laden?“ Meine Zero hat an einem Typ-2-Stecker eine relativ bescheidene Ladeleistung von bis zu 6,6 kW. Eine komplette Aufladung würde folglich rund drei Stunden dauern.

Eingefleischte Kilometerfresser winken spätestens an dieser Stelle des Gesprächs ab. Dabei sind weder Reichweite noch Ladeleistung die wichtigsten

Faktoren für einen gelungenen Motorradurlaub. Wirklich entscheidend ist etwas anderes: die Entfernung der Ladesäulen zur nächsten Eisdiele.

Die Kunst der Tourenplanung besteht darin, das Angenehme mit dem Nützlichen zu verbinden. Bei meiner vorherigen Verbrennermaschine war es ja auch nicht so, dass ich Hunderte Kilometer am Stück heruntergeritten wäre, nur weil ich's konnte. Irgendwann sind ohnehin Pausen fällig – um zu essen, zu trinken, sich die Beine zu vertreten, irgendetwas anzuschauen. Wenn man alle diese kleinen Pausen zum Laden nutzt, kommt man auch mit der Zero ziemlich weit, ohne stundenlang an Ladesäulen herumlungern zu müssen.

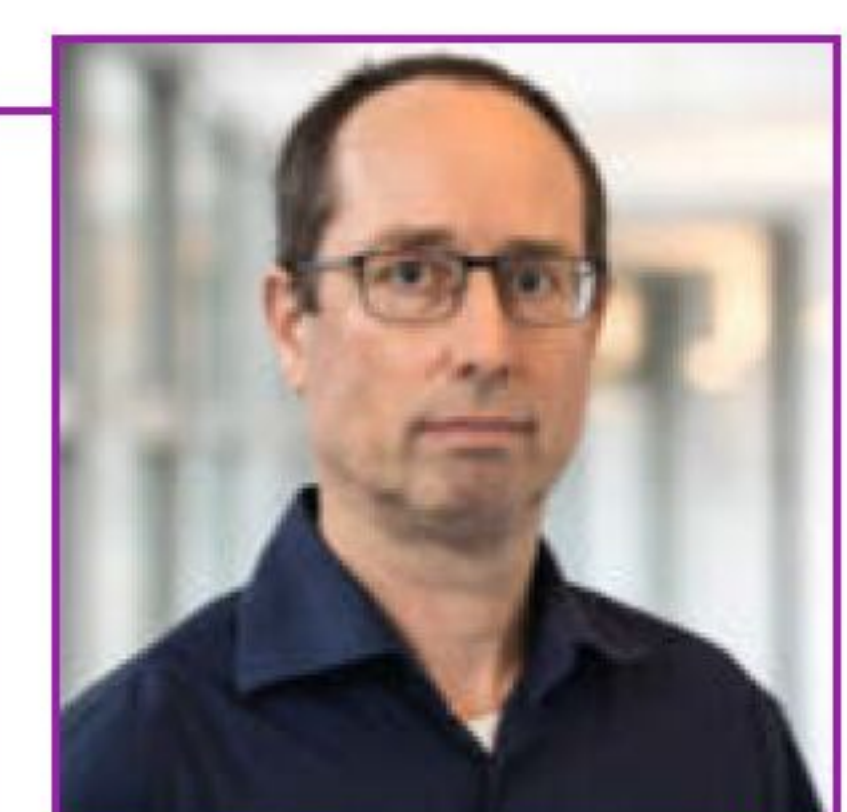
Voraussetzung dafür ist natürlich, dass man überall unkompliziert eine Lademöglichkeit findet. Und in dieser Hinsicht habe ich das Gute, das Schlechte und das Hässliche gesehen: Ladesäulen direkt neben interessanten Museen oder in Sichtweite des Biergartens meines Hotels. Im mittelfränkischen Leutershau-

sen hat mich ein freundlicher Anwohner sogar eingeladen, bei ihm privat zu laden, weil die einzige Ladesäule im Städtchen belegt war. Aber auch Säulen, die nicht funktionierten, nicht auffindbar waren, sich in abgelegenen Gewerbegebieten, auf abgesperrten Privatgeländen oder in für Motorräder verbotenen Parkhäusern befanden.

Die Bilanz: Ich habe von öffentlichen Säulen insgesamt 72,3 kWh bezogen und dafür 57,31 Euro bezahlt. Zusätzlich habe ich noch dreimal bei Freunden an normalen Steckdosen geladen. Dafür musste ich allerdings eigens ein externes Ladegerät mitschleppen.

Insgesamt war das Laden nie wirklich problematisch; irgendeine Möglichkeit fand sich früher oder später immer. Aber manchmal hat die Suche schon ziemlich Zeit und Nerven gekostet – zum Beispiel, wenn man abends im Hotel ankommt und nicht gleich den nächsten Biergarten ansteuern kann, sondern erst einmal die Maschine laden muss. Auch das mit den Eisdielen hat auf meiner Tour allenfalls mittelgut funktioniert. Oft genug landete ich auf Supermarktparkplätzen am Stadtrand. Ich habe in den dortigen Bäckereifilialen sehr viel mehr Zeit abgehangen, als ich je vorhatte.

Einen Weg zurück zum Verbrenner gibt es für mich trotzdem nicht. Kein Lärm, kein Gerappel, kein Kuppeln und kein Schalten – so muss Urlaub sein.



Gregor Honsel, TR-Redakteur, plant schon die nächste Tour mit dem E-Motorrad.

VERKEHR

Software statt Schaltung

Mit dem ebii will der Computerhersteller Acer in den Fahrradmarkt einsteigen. Wie bei einem IT-Unternehmen nicht anders zu erwarten, spielen dabei Vernetzung und Digitalisierung eine große Rolle. Statt einer Gangschaltung gibt es eine Software, die aus Fahrstil und Gewohnheiten lernen soll, automatisch die passende Motorunterstützung zu liefern. Die dazugehörige App verriegelt das Fahrrad automatisch, wenn man sich entfernt – und schlägt Alarm, wenn jemand versucht, das Rad zu bewegen. Sensoren warnen vor entgegenkommenden Fahrzeugen und anderen Hindernissen. Die Akkureichweite beziffert Acer auf 110 Kilometer. Zum Antrieb des 23,5 Kilo schweren Bikes dient ein Radnabenmotor in einer einarmigen Gabel.

Produkt: ebii
Hersteller: Acer
Preis: 3999,90 Euro



GADGETS

Kompass der Herzen

Der US-amerikanische Künstler Karl Smith hat einen Kompass entwickelt, der eher der geistigen als der geografischen Orientierung dienen soll. Im Gehäuse aus Messing und Ahornholz sitzen GPS- und Bewegungssensoren. Per Smartphone auf eine bestimmte Position programmiert, zeigen zwei Zeiger auf einem analogen Ziffernblatt die Richtung und die Entfernung dorthin an. Dies soll aber weniger der Navigation dienen als der mentalen Verbindung zu einem Ort, der einem besonders am Herzen liegt – etwa dem Elternhaus, der Stelle des Heiratsantrags oder der Lieblings-Urlaubslocation. Nach einer erfolgreichen Kickstarter-Kampagne sollen die ersten Exemplare im Dezember 2024 verschickt werden.



Produkt: Truest North Compass
Hersteller: Karl Smith
Preis: 180 Dollar

AUDIO

Mikro mit Magnet

Externe Mikrofone verbessern den Klang von Videoaufnahmen, sind aber meist umständlich zu handhaben. Dieses Dilemma will der chinesische Drohnenhersteller DJI mit seinem neuen Mikrofonset Mic 2 lösen. Sobald die Mikrofone (Transmitter) eingeschaltet werden, sind sie schon mit der Basisstation (Receiver) verbunden und übertragen hochwertiges „32 Bit Float Audio“. In diesem Format lassen sich extreme Pegelausschläge besser in den Griff kriegen. Anders als beim Vorgängermodell können die Transmitter nun nicht nur mit Klammern, sondern auch mit Magneten an der Kleidung von Gesprächspartner:innen befestigt werden. Die Reichweite der Transmitter beträgt laut DJI bis zu 250 Meter. Sollte das nicht reichen, können die Geräte ihre Aufnahmen auch lokal speichern. Sie lassen sich zudem als Aufnahmegeräte nutzen. Ein Set umfasst zwei Transmitter, einen Receiver und eine Ladeschale.

Produkt: Mic 2
Hersteller: DJI
Preis: 350 Euro



GESUNDHEIT

Tipps vom Urin

Erkenntnisse beim Wasserlassen verspricht ein Urinsensor von Withings für die Toilettenschüssel. Er besteht aus einem Lesegerät, das Urinproben nimmt, optisch analysiert und die Ergebnisse an eine App funkt. Außerdem enthalten austauschbare Kartuschen Dutzende Testkapseln mit chemischen Reagenzien, um Biomarker im Urin nachzuweisen. Eine Kartusche soll drei Monate halten, ebenso wie der Akku des Lesegeräts. Die Cycle-Sync-Kartusche soll den Menstruationszyklus von Frauen über Hormone, Wasser- und Säure-Basen-Haushalt überwachen. Die Kartusche Nutri Sync ermittelt Kennwerte wie Vitamin-C-Spiegel und Energiestoffwechsel. Daraus erstellt die App personalisierte Empfehlungen zu Schlaf, Ernährung oder körperlicher Aktivität.



Produkt: U-Scan
 Hersteller: Withings / Preis: 499,95 Euro
 (Kartuschen-Abo: 29,95 Euro / Monat)

Produkt:
 Dwarf III
 Hersteller:
 DwarfLab
 Preis:
 461,95 Euro



FOTO/VIDEO

Für Sterne und Stare

Für gute Bilder vom Sternenhimmel brauchte man früher eine große und schwere Ausrüstung sowie reichlich Spezialwissen. Digitale Teleskope erleichtern die Sache. Eines der kleinsten Exemplare ist das Dwarf III. Sein Gehäuse ist nur so groß wie ein Buch, beinhaltet aber gleichzeitig eine Weitwinkellinse und ein Teleobjektiv mit einer Brennweite von 737 Millimetern Kleinbildäquivalent. Per App lassen sich die gewünschten Himmelskörper auswählen, das Gerät nimmt sie dann automatisch ins Visier und verfolgt sie auf Wunsch auch für Langzeitaufnahmen. Auch tagsüber lässt sich die Technik nutzen – beispielsweise, um einzelne Vögel innerhalb eines ganzen Schwarms zu verfolgen und zu filmen. Oder um einzelne Aufnahmen zu Gigapixel-Panoramen zusammenzusetzen.

FREIZEIT

Hose mit Hilfsmotor

Wer auf Bergwanderungen eine ähnliche elektrische Unterstützung haben möchte wie bei einem Pedelec, der kann sich künftig einen Motor ans Bein binden. Die Basis besteht aus einer Wanderhose mit Carbonfasermanchetten für Ober- und Unterschenkel. An diese Manschetten werden von außen sogenannte Powermodule angeclippt. Bergauf unterstützen sie die Kniebewegungen, bergab dämpfen sie die Belastung der Gelenke. Die Akkus sitzen in separaten Hosentaschen. Sie sollen für eine dreistündige Wandertour beziehungsweise 8 bis 10 Kilometer reichen. Trotz des gut 3 Kilo schweren Exoskeletts sollen sich die Nutzer:innen knapp 14 Kilo leichter fühlen, verspricht der Anbieter. Sie können die Stärke der Unterstützung einstellen, die Feinabstimmung übernimmt eine intelligente Software anhand von Gelände und Laufstil.

Die ersten Chargen sind bereits ausverkauft. In Nordamerika lassen sich die Hosen für 80 Euro pro Tag an einem halben Dutzend Wanderstrecken ausleihen. Zu erwerben werden sie erst wieder 2026 sein.



Produkt: MO/GO
 Hersteller:
 Skip/Arc'teryx
 Preis: 4500 Dollar
 (Early Bird)



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 6576-4420

E-Mail: info@corona-immobilien.de

www.tgs.berlin

**14476 Potsdam**

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

Potsdam Science Park

Wir bieten: 18.000 m² Mietflächen für Labore und Büros,
3 ha verfügbare Gewerbeflächen, 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

**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 6576-4420

E-Mail: info@corona-immobilien.de

www.ipw-berlin.info

POSTLEITZAHL 3

**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 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 8

**86159 Augsburg**

Wasserstofftechnologie, Carbonfasertechnologie, 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@augzburg-innovationspark.com

www.augsburg-innovationspark.com

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

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.

Dass Programmieren lernen nicht trocken sein muss, zeigen zwei Neuseeländerinnen in ihrem Podcast über Softwareentwicklung und Frauen in der Tech-Branche. – Aylin zur Borg

Ohne Kauderwelsch zum Programmieren



Aorthi Afroza, Lola Garden:
Hot Girls Code,
hot-girls-code.com

Wer erst spät und über Umwege auf den Geschmack des Programmierens kommt, steht vor einer ziemlichen Herausforderung: Wo fängt man bloß an?

Einen guten Einstieg bietet der Podcast *Hot Girls Code*, der sich, anders als der Name vielleicht suggerieren mag, nicht nur an „heiße Mädels“ richtet. „Hot girl“ is a state of mind“, erklären Aorthi und Lola, die beiden jungen Neuseeländerinnen, die den Podcast hosten – ein „hot girl“ zu sein, sei eine Geisteshaltung.

Selbst absolute Laien auf dem Gebiet führen die Moderatorinnen in den ersten Episoden sanft in die Welt des Programmierens ein. Statt mit einem trockenen Python-101-Kurs zu starten und die Zuhörer:innen mit Fachbegriffen zu überfordern, fangen sie ganz am Anfang an: Was ist Programmieren eigentlich? Wie bringt der Code die Maschine dazu, etwas zu tun?

Dann folgen grundlegende Konzepte des Programmierens: Wie werden Daten gespeichert und wieder abgerufen? Wie entscheidet der Computer, was als Nächstes passiert? Welche Tools helfen beim Programmieren?

Die beiden zeigen: Programmieren zu lernen, muss nicht langweilig sein. Für fast alles finden die Gastgeberinnen witzige und greifbare, lebensnahe Beispiele: Ein Array ist wie ein Bücherregal, in dem der neueste Band der Twilight-Reihe nicht an das Ende der Reihe, sondern an die zweite Position geschoben werden muss, damit die Bücher inhaltlich chronologisch geordnet sind. Eine Linked-List ist wie eine Schnitzeljagd mit Stationen in der Küche, im Wohnzimmer und im Bad, bis man das Objekt

der Begierde, hier einen Lockenstab, gefunden hat.

Aber nicht nur das Programmieren an sich ist Thema im Podcast. Aorthi und Lola arbeiten selbst als Softwareentwicklerinnen und können ein Lied davon singen, wie es ist, als Frau in einem männerdominierten Bereich zu studieren und zu arbeiten.

Daher ist ihnen das Thema „Women in Tech“ besonders wichtig: Immer wieder widmen sie sich in einzelnen Folgen persönlichen und gesellschaftlichen Themen: Hochstapler-Syndrom, Stereotypen und Vorurteile, Diversität, die historischen Gründe für den niedrigen Frauenanteil in Tech-Berufen – aufmerksame Leser:innen erinnern sich an unsere Ausgabe „Frauen vor“ (siehe TR 8/2022) mit ähnlichen Themen. Außerdem geben Aorthi und Lola Tipps für das Studium und die Karriere, erklären die Unterschiede zwischen den verschiedenen Entwicklerberufen und was es mit dem in Entwicklungsteams oft auftauchenden Begriff „Agile“ eigentlich auf sich hat. Denn: Um guten Code zu schreiben, reicht es nicht aus, einfach nur eine Programmiersprache zu beherrschen.

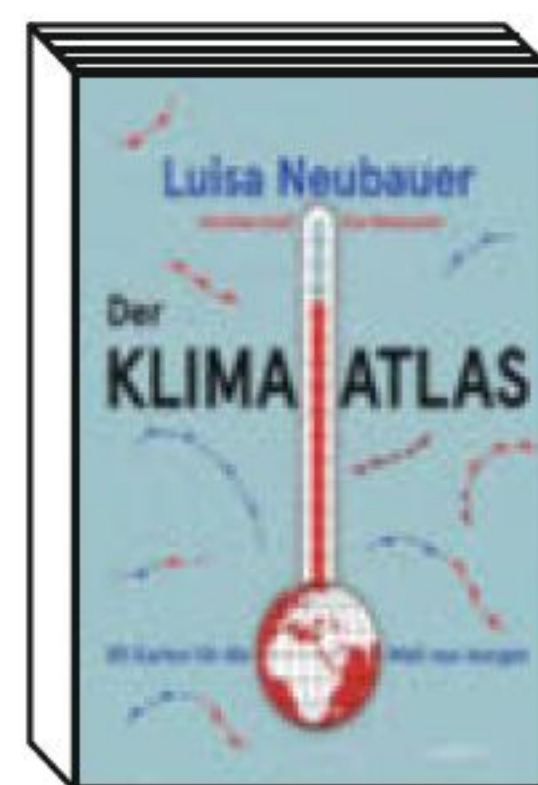
Konkrete Anleitungen zum Schreiben von Code in verschiedenen Programmiersprachen bietet der Podcast nicht – und das ist sicher auch gut so. Stattdessen schaffen Aorthi und Lola die große Klammer um das Thema des Programmierens. Sie räumen auf unterhaltsame Weise die großen Fragezeichen aus dem Weg, die auftauchen, wenn man den Schritt in die Welt des Codes gewagt hat – und sind auch auf dem weiteren Weg eine hilfreiche und kurzweilige Stütze.

KLIMAKRISE

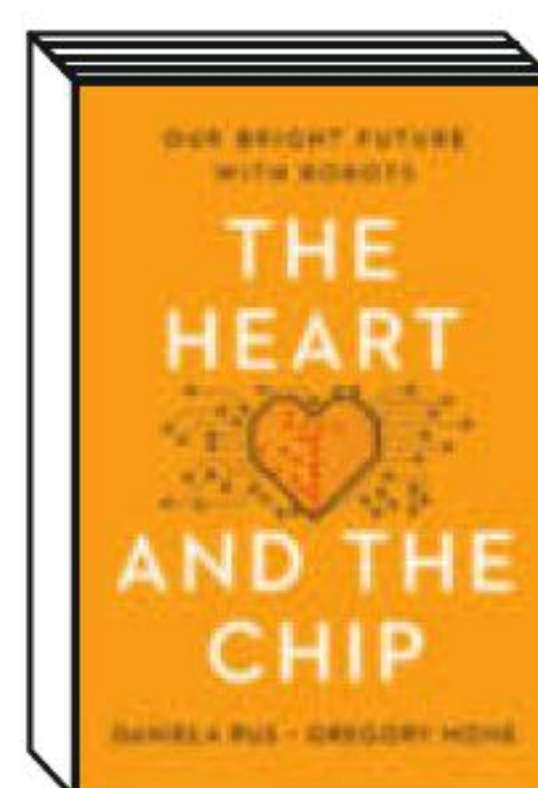
Motivieren mit Bildern

Das Thema Klimaschutz am Leben zu erhalten, ist angesichts weiterer Weltkrisen derzeit schwer. Die Klimaaktivistin Luisa Neubauer, der Datenjournalist Christian Endt und der Grafikdesigner Ole Häntzschel versuchen es mit einem Gemeinschaftsprojekt: *Der Klima-Atlas – 80 Karten für die Welt von morgen*. Was ein bisschen nach drögem Schulbuch klingt, ist eine ausgesprochen vielfältige, grafisch mitunter humorvoll aufbereitete Sammlung von vielem bereits Bekanntem, aber auch zum Teil bisher unterbeleuchteten Aspekten.

Unter anderem geht es um die aktuelle Lage und mögliche Folgen, um Klimaleugner:innen, Klimakleber:innen und um Superheldinnen und Superhelden. Die Autor:innen thematisieren, welche Maßnahmen – von der veganen Currywurst bis zum Kohleausstieg – beim Klimaschutz helfen und wie sehr. Grafiken zeigen nicht nur dies eindrücklich, sondern auch, wie ansteckend Klimaschutz sein kann. Dass es sich lohnt, dranzubleiben, ist der Tenor dieses Buchs. – Andrea Hoferichter



Luisa Neubauer,
Christian Endt, Ole Häntzschel:
*Der Klima-Atlas –
80 Karten für die Welt
von morgen*, Rowohlt Verlag,
192 Seiten, 28 Euro
(E-Book 22,99 Euro)



Daniela Rus, Gregory Mone:
*The Heart and the Chip,
Our Bright Future with Robots*,
W. W. Norton & Company,
260 Seiten, 28,28 Euro
(E-Book 15,70 Euro)

ROBOTIK

Wird wirklich alles gut?

Ich habe mich immer für einen Technik-Optimisten gehalten. Bis ich das neue Buch von Daniela Rus gelesen habe. Aber von Anfang an: Daniela Rus leitet seit 2012 das Computer Science and Artificial Intelligence Laboratory (CSAIL) am MIT und gilt als eine der führenden internationalen Expertinnen für Robotik. Gemeinsam mit dem Journalisten Gregory Mone hat sie mit *The Heart and the Chip* einen wunderbar leicht lesbaren und dennoch spannenden Überblick über den Stand und die Entwicklung von Robotik und Künstlicher Intelligenz veröffentlicht.

Wenn Rus und Mone allerdings über die gemeinsame Zukunft von Mensch und Roboter schreiben, sind sie schon beinahe penetrant optimistisch: Die Automatisierung wird mehr neue Jobs schaffen als sie vernichtet, Roboter werden die Fähigkeiten von Menschen erweitern, und damit das so kommt, werden weitsichtige Unternehmer in Bildung und Ausbildung investieren. Ich fürchte, ganz so einfach wird es nicht. – Wolfgang Stieler

KLASSIKER NEU GELESEN

Alternativer Cyberpunk

Nicht viel Science-Fiction altert so gut wie *Das Ende der Schwere* von George Alec Effinger. Der 1986 erschienene Roman *When Gravity Fails* (die deutsche Übersetzung ist von 1989) ist der erste von drei Bänden um den Privatdetektiv Marid Audran. Er fällt zwar in das Genre Cyberpunk, die Geschichte ist aber aus mehreren Gründen ungewöhnlich. Sie spielt in Nordafrika, genauer gesagt im Bordellbezirk von Kairo im 21. Jahrhundert. Der Budayin ist ein Viertel, in dem es alles für jeden Geschmack gibt: Frauen, die Männer waren und umgekehrt, Alkohol, Drogen. Und es gibt Moddies und Add-Ons, Module, die man in seine Hirnschnittstelle einsteckt, um sich zusätzliches Wissen zu verschaffen oder eine völlig neue Persönlichkeit.

Einer der wenigen, die sich nicht das Hirn verdrahten lassen, ist Audran – er schluckt lieber Drogen, verlässt sich aber ansonsten auf seinen natürlichen Verstand. Bis ein potenzieller Kunde vor seinen Augen von einem Killer erschossen wird, der ein James-Bond-Moddy trägt. Und Friedländer Bei – der Pate des Viertels – Audran für den Einzigen hält, der dieses Problem lösen kann.

Wenn überhaupt, kennt man Effinger nur als routinierten Vielschreiber, der zum Beispiel das Drehbuch für die Fernsehserie *Der Planet der Affen* verfasst hat. *Das Ende der Schwere* zeigt, dass er zu Unrecht in Vergessenheit geraten ist. Ich habe mich auch 30 Jahre nach dem ersten Lesen wieder glänzend unterhalten. – Wolfgang Stieler



George Alec Effinger:
Das Ende der Schwere,
Heyne Verlag, 366 Seiten,
antiquarisch

Der Einfluss von KI auf Wahlen wird überschätzt

Große Sprachmodelle können manipulative Inhalte produzieren. Doch reicht das aus, um das Wahlverhalten der Menschen tatsächlich zu beeinflussen?

In diesem Jahr kann fast die Hälfte der Weltbevölkerung an einer Wahl teilnehmen. Und viele Fachleute, Institutionen und Medien halten Künstliche Intelligenz für die größte Bedrohung dieser Wahlen. Das Internet ist voller Hiobsbotschaften, die vorhersagen: KI-generierte Deepfakes oder neue Formen personalisierter Wahlwerbung werden die Wähler manipulieren.

Da viele dieser Wahlen mittlerweile abgeschlossen sind, ist jetzt ein guter Zeitpunkt, diese Einschätzungen zu überprüfen. Zwar stehen noch weitere an, bei denen KI eine Rolle spielen könnte, doch am bisher beobachteten Trend werden sie wahrscheinlich nichts ändern: Die Versuche, Wahlen mit KI zu beeinflussen, haben bisher kaum Früchte getragen.

Mit Blick auf die bevorstehende US-Wahl räumt der jüngste *Adversarial Threat Report* von Meta zwar ein, dass beispielsweise viele russische Firmen KI zur Einmischung nutzten (go.t3n.de/6aq). Die Technik brächte aber nur „inkrementelle Produktivitätsgewinne bei der Erzeugung von Inhalten“. Nick Clegg, President of Global Affairs bei Meta, bezeichnete es bereits Anfang des Jahres als „auffallend“, wie wenig diese Werkzeuge „systematisch eingesetzt wurden, um Wahlen wirklich zu untergraben“.

KEINE SIGNIFIKANTEN VERÄNDERUNGEN DER WAHLERGEBNISSE

Meta hat zwar ein ureigenes Interesse daran, die Auswirkungen von KI auf die Wahlen herunterzuspielen. Damit steht es aber nicht alleine da. Ähnliche Ergebnisse meldete auch das angesehene britische Alan Turing Institute. Es hat mehr als 100 nationale Wahlen seit 2023 untersucht (go.t3n.de/2pr). Nur bei 19 stellte es eine Beeinflussung durch KI fest. Außerdem fand es keine „eindeutigen Anzeichen für signifikante Veränderungen der Wahlergebnisse im Vergleich zu den Umfragen“.

Warum lagen die Spekulationen über die Macht der KI so daneben? Die kurze Antwort lautet: Weil sie jahrzehntelange Forschung ignorierten.

Erstens ist die Überzeugung von Massen bekanntermaßen schwierig. Obwohl Parteien und andere Gruppen enorme Summen investieren, um Menschen zu beeinflussen, gibt

es Hinweise darauf, dass die meisten Formen der politischen Überzeugungsarbeit bestenfalls sehr geringe Auswirkungen haben. KI-Tools können die Arbeit zwar erleichtern, aber andere Faktoren sind entscheidender. Wenn Menschen mit neuen Informationen konfrontiert werden, aktualisieren sie in der Regel ihre Überzeugungen. Doch selbst unter besten Bedingungen sind solche Aktualisierungen oft minimal und führen nur selten zu Verhaltensänderungen. Gerade bei Wahlen, bei denen viel auf dem Spiel steht, wird das Wahlverhalten durch ein komplexes Geflecht von Faktoren beeinflusst. Dazu gehören Geschlecht, Alter, Klasse, Werte, Identität und Sozialisation. Informationen, unabhängig von ihrem Wahrheitsgehalt oder ihrer Herkunft, spielen dabei oft nur eine untergeordnete Rolle. Ihre Akzeptanz hängt von anderen Faktoren ab – etwa von der politischen Einstellung.

Zweitens: Damit ein Inhalt Einfluss hat, muss er zunächst sein Zielpublikum erreichen. Durch den täglichen Tsunami an Informationen ist es für KI-generiertes Material entsprechend schwierig, sich aus diesem Rauschen herauszuheben (wie für jeden anderen Inhalt auch). Politikstrateginnen und -strategen in den Vereinigten Staaten argumentieren, dass die übermäßige Verwendung von KI-Inhalten die Leute dazu bringt, einfach abzuschalten, was deren Reichweite weiter reduziert.

AKTIVE ABLEHNUNG

Drittens stellen neue Forschungsergebnisse die Vorstellung infrage, dass KI die Menschen wirklich so wirksam beeinflussen kann wie ursprünglich befürchtet. Dies wird sich auch durch größere KI-Systeme nicht automatisch ändern. Wählerinnen und Wähler scheinen übermäßig auf sie zugeschnittene Botschaften nicht nur zu erkennen, sondern sogar aktiv abzulehnen. Kampagnen geben bereitwillig zu, dass sie KI einsetzen – aber hauptsächlich, um alltägliche Aufgaben wie Fundraising oder Wahlwerbung zu optimieren. Und nicht, um hochgradig maßgeschneiderte Inhalte zu generieren.

Trotzdem sind die Sorgen rund um die KI berechtigt. Sie kann soziale Ungleichheiten aufrechterhalten oder verstärken; sie kann die Vielfalt der Perspektiven, denen jemand ausgesetzt ist, verringern; sie kann Politikerinnen belästigen oder angreifen.



In Indien konnten im Frühjahr fast eine Milliarde Menschen über ein neues Parlament abstimmen – die größte demokratische Wahl der Welt. Gewonnen hat der Amtsinhaber Narendra Modi, hier bei einer Wahlkampfveranstaltung in Varanasi am 13. Mai.

Foto: picture alliance / Associated Press

Foto: Nayana Prakash

Foto: © 2023 Ekvilibrat

Foto: John Cairns

Dabei sollten wir jedoch nicht die Bedrohungen aus den Augen verlieren, die nichts mit Technologie zu tun haben: massenhafter Entzug des Wahlrechts, Einschüchterung von Wahlhelfern und Wahlhelferinnen, Kandidierenden und Wählenden, Angriffe auf den Journalismus und die Politik, Aushöhlung der Gewaltenteilung, lügende Politiker:innen, Einschränkungen der Rede-, Presse- und Demonstrationsfreiheit.

Von den mindestens 73 Ländern, in denen in diesem Jahr Wahlen stattfinden, stuft der *Economist Democracy Index* nur 47 als Demokratien ein, den Rest als hybride oder autoritäre Regime (go.t3n.de/yup). In Ländern, in denen Wahlen weder frei noch fair sind noch zu echten Veränderungen führen, haben die Menschen wohl andere Sorgen.

Und doch dient Künstliche Intelligenz gerne als bequemer Sündenbock für alles Mögliche. In diese Richtung äußerten sich beispielsweise die Schweizer Bundespräsidentin Viola Amherd, Papst Franziskus, die stellvertretende US-Generalstaatsanwältin Lisa Monaco, der Londoner Bürgermeister Sadiq Kahn.

Es gibt viele Beweggründe dafür, und sie sind nicht unbedingt irrational. Es ist oft einfacher, mit dem Finger auf die KI zu zeigen, als sich für die Verbesserung demokratischer Institutionen einzusetzen. Und der Versuch, „die Technologie zu reparieren“, erscheint vielleicht attraktiver, als sich mit grundlegenden Bedrohungen des demokratischen Lebens auseinanderzusetzen. Auch der Wunsch, den Zeitgeist anzusprechen, könnte eine Rolle spielen.

Wir sollten jedoch nicht vergessen, dass übertriebener Alarmismus seinen Preis hat. Schon die (teilweise durch die

Medien mitverursachte) Wahrnehmung, dass KI überhaupt signifikante Auswirkungen hat, kann Misstrauen schüren, Verwirrung stiften und das in vielen Ländern ohnehin schon geringe Vertrauen in verlässliche Nachrichten und Institutionen weiter untergraben. All dies ist nicht gut für die Demokratie.

Ein Argument, das in diesem Zusammenhang häufig angebracht wird: Ohne gemeinsame Fakten gibt es keine Demokratie. Das ist richtig. Aber dann dürfen wir nicht gleichzeitig die Beweise gegen das Narrativ, dass KI den Untergang der Demokratie beschleunigt, allzu leicht abtun. Die Demokratie ist bedroht, aber unsere Besessenheit von den vermeintlichen Gefahren der KI macht die Sache nicht besser. Sie könnte die Lage sogar noch verschlimmern, wenn sie von gravierenderen Problemen ablenkt, die die Demokratien auf der ganzen Welt wirklich bedrohen.



Felix M. Simon ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Reuters Institute for the Study of Journalism, Keegan McBride Assistenzprofessor am Oxford Internet Institute und Sacha Altay wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Uni Zürich (v.l.n.r.).

Weniger Dienstwagenwagen

Die Ampel will den Absatz von Elektroautos ankurbeln. Eigentlich eine gute Idee, aber ihre Maßnahmen gehen in die völlig falsche Richtung. – Gregor Honsel

Gleichzeitig dem Klima und der deutschen Industrie helfen – das klingt nach einem klugen Plan. Genau dies verspricht die Ampelkoalition mit ihrer Reform der Dienstwagen-Besteuerung. Rückwirkend zum 1. Juli 2024 soll eine Sonderabschreibung für „neu zugelassene vollelektrische und vergleichbare Nullemissionsfahrzeuge“ gelten. Gleichzeitig wird der bisherige Deckel für den Bruttolistenpreis von 70 000 Euro auf 95 000 Euro angehoben.

Mit diesem Gesetzentwurf will das Kabinett den eingebrochenen Absatz von E-Autos wieder ankurbeln und den deutschen Autobauern zu mehr Umsatz verhelfen. Wenn man nun zwei Fliegen mit einer Klappe schlagen kann, wer sollte etwas dagegen haben? Tatsächlich ist das einzig Gute daran, dass es weiterhin eine gewisse Bevorzugung von E-Autos gibt. Sie müssen nur mit 0,25 Prozent des geldwerten Vorteils versteuert werden. Bei Verbrennern sind es 1 Prozent.

Ansonsten geht an dieser Maßnahme so gut wie alles in die falsche Richtung. Beginnen wir mit etwas Grundsätzlichem: Auch elektrische Autos ändern nichts an zugeparkten Städten, an riesigen versiegelten Flächen, an der Lebensgefahr für andere Menschen. Jegliche Förderung von Autos ist ein Anachronismus, ob in Form von Steuerprivilegien oder als Kaufprämien.

POLITIK BESTÄRKT DIE FEHLER DES MANAGEMENTS

Zweitens ist eine solche Förderung unsozial. Sie wird von allen Steuerzahlenden finanziert, hilft aber nur Besserverdienenden. Die Anhebung des Preisdeckels macht diesen Widerspruch noch eklatanter. Wer bitteschön bekommt einen Dienstwagen für 95 000 Euro? Sind dies die Menschen, die Steuererleichterungen nötig haben?

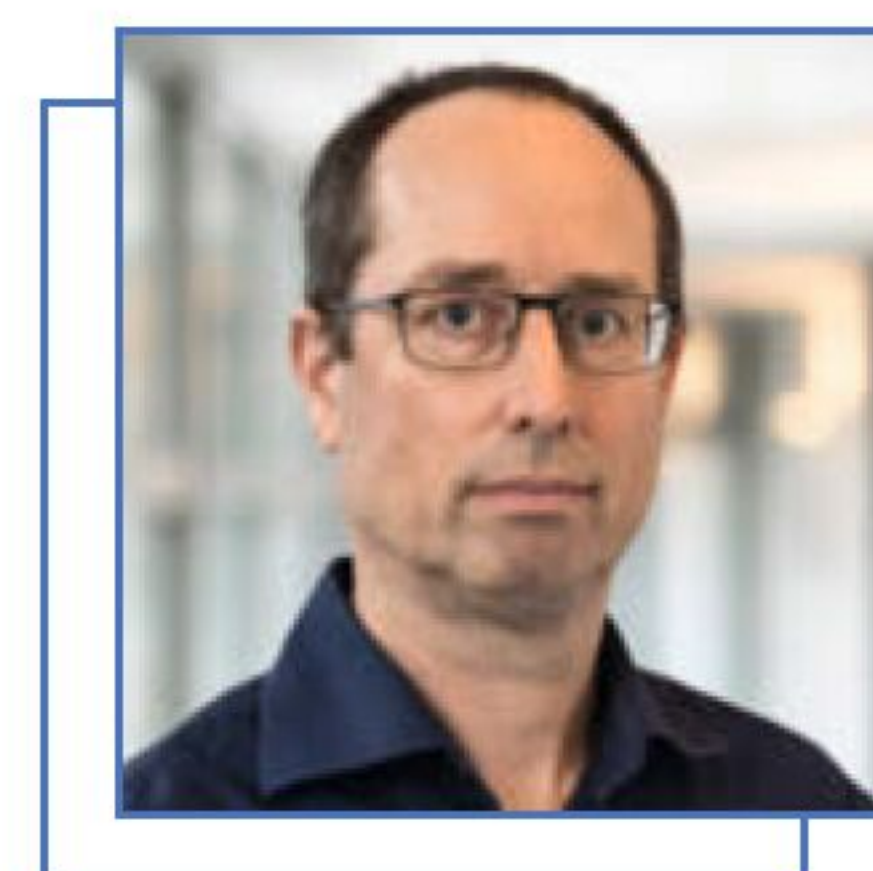
Drittens unterstützt die geplante Regelung den unseligen Trend der deutschen Autohersteller,

vor allem große und teure Luxus-SUVs zu bauen und das Segment der erschwinglichen E-Autos anderen zu überlassen. Genau dies hat ja entscheidend zur Krise bei VW beigetragen. Es ist generell fragwürdig, wenn die Politik versucht, Managementfehler in der Industrie zu kompensieren. Doppelt fragwürdig ist es, wenn sie diese Fehler auch noch bestärkt.

Viertens ist es ziemlich verlogen von der Regierung, mal wieder mit Steuermitteln die Elektromobilität ankurbeln zu wollen, die sie selbst ohne Not abgewürgt hat – vor allem durch das E-Fuel-Gefasel der FDP. „Immer größere Teile der Politik praktizieren eine gefährliche Umkehr der Kausalzusammenhänge“, kommentiert die *Süddeutsche Zeitung*. „Die Absatzzahlen für Elektroautos sind bei fast allen Herstellern mies? Dann stellen wir doch das Verbrenner-Aus infrage. Fakt ist jedoch vielmehr: Die Nachfrage schwächelt, gerade weil Teile der Politik mit einer Verbrenner-Verlängerung liebäugeln.“

Die Debatte darüber, ob sich E-Autos durchsetzen werden, war 2010 oder 2015 vielleicht noch relevant. Heute ist das Thema durch. Das mal klar zu sagen, würde die Regierung keinen Cent Steuergeld kosten und gleichzeitig der Autoindustrie helfen. Also wirklich mal zwei Fliegen mit einer Klappe schlagen.

Jegliche Förderung von Autos ist ein Anachronismus.



Gregor Honsel, TR-Redakteur, misstraut politischen Maßnahmen, die zu viel auf einmal versprechen.

VERKEHR

Sinn und Unsinn des 9-Euro-Tickets

Laut Ifo Institut hat das 9-Euro-Ticket vor allem zusätzlichen Bahnverkehr erzeugt, statt den Autoverkehr zu senken (go.t3n.de/fgo). Dazu hat das Institut Daten des O₂-Mobilfunknetzes, verschiedener Verkehrszählstellen und der Deutschen Bahn ausgewertet. Als Kontrollzeitraum diente der Sommer 2019.

Die Zahl der Zugfahrten nahm demnach zwar im Schnitt um 34 Prozent zu, allerdings sank die Zahl der Autofahrten nur um vier bis fünf Prozent. Besonders stark wurden Züge an Wochenenden und in ländlichen Urlaubsregionen genutzt. Das Ticket hat offenbar vor allem den Freizeitverkehr angeregt, statt Menschen zum Umstieg von der Straße zu bewegen. Kein Wunder: Wenn es für Pendelnde keine vernünftigen Verbindungen gibt, bringt auch eine Preissenkung nichts. Überfüllte Züge führten laut Studie zudem zu einem Anstieg der Verspätungen, was potenzielle Bahnkundschaft vergrault haben dürfte.

Als Instrument der Verkehrslenkung hat sich das Ticket also nicht bewährt. Aber es hatte ja noch ein zweites Ziel: die steigenden Lebenshaltungskosten nach Beginn des Ukraine-Krieges zu dämpfen. Möglicherweise nutzten viele das Ticket für Ausflüge, die sie sich sonst nicht hätten leisten können – das hat die Studie jedoch nicht untersucht.

Der zunehmende Freizeitverkehr muss nichts Schlechtes sein. Um mehr soziale Teilhabe zu ermöglichen, gäbe es allerdings auch preiswertere Lösungen – etwa gezielte Sozialtarife oder -zuschüsse. Vom 9-Euro-Ticket profitierten hingegen auch Menschen, die sich den normalen Tarif locker leisten könnten.

Der Nachfolger, das 49 Euro teure Deutschlandticket, dürfte nach Ansicht des Ifo noch weniger zur Verkehrsverlagerung beitragen. Sollten sich Bund und Länder also die Zuschüsse sparen und mit dem Geld stattdessen den Service der Bahn verbessern? Verkehrspolitisch klingt das sinnvoll. Trotzdem halte ich es für falsch. Wir sollten das eine tun, ohne das andere zu lassen. Die größte Errungenschaft des 9-Euro-Tickets war es, einen bundesweit einheitlichen Tarif zu bieten, hinweg über die ganze Kleinstaaterei der Verkehrsverbünde. Einfachheit, nicht niedriger Preis – das ist das eigentliche Killer-Feature des Deutschlandtickets. In diese Richtung sollten wir weiterdenken.



Gregor Honsel, TR-Redakteur, hat ausgerechnet, dass sich das Deutschlandticket für ihn nicht lohnt. Trotzdem hält er es für eine gute Idee.

IMPRESSUM

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

Redaktion

Kriegerstraße 40, 30161 Hannover

Telefon: +49 (0) 511 16 59 44-0, Fax: +49 (0) 511 16 59 44-99

www.technologyreview.de, E-Mail: info@technology-review.de

Chefredakteur: Luca Caracciolo

Leitende Redakteurin: Dr. Jo Schilling

Redakteure/-innen: Aylin zur Borg (Social Media), Andrea Hoferichter,

Gregor Honsel, Jennifer Lepies (Online), Dr. Wolfgang Stieler

Mitarbeiter dieser Ausgabe: Vanessa Armstrong, Harriet Brown,

Casey Crownheart, Elizabeth Fernandez, Niall Firth, Bryan Gardiner,

Manuel Heckel, Melissa Heikkilä, Julia Kloiber, Matthias Kreyenbrink,

Karsten Lemm, Jens Lubbaddeh, Hanns-Joachim Neubert,

Jonathan W. Rosen, Eva Wolfangel

Coverillustration: Matthias Timm

Infografiken: Vanessa Bahr, Steffi Martens, Matthias Timm

Fotoredaktion: Marei Stade (Ltg.), Lara Bögner

DTP-Produktion: Matthias Timm (Ltg.), Vanessa Bahr, Dörte Bluhm,

Lara Bögner, Beatrix Dedek, Madlen Grunert, Cathrin Kapell,

Steffi Martens, Lisa Reich, Marei Stade, Christiane Tümmeler,

Heise Medienwerk GmbH & Co. KG, Rostock

Hergestellt und produziert mit Xpublisher: www.xpublisher.com

Xpublisher-Technik: Thomas Kaltschmidt, Pascal Wissner

Verlag

yeebase media GmbH, Kriegerstraße 40, 30161 Hannover,

Telefon: +49 (0) 511 16 59 44-0, Fax: +49 (0) 511 16 59 44-99

Herausgeber: Christian Heise, Ansgar Heise

Geschäftsführung: Jörg Mugke, Tobias Schäffer

Mitglied der Geschäftsleitung: Luca Caracciolo, Hagen Pfennigstorf

Anzeigenleitung: Jasper Rohloff, jasper.rohloff@yeebase.com,

Verena Schlüter, verena@pryntad.com, +49 (0) 40 46 89 71 470,

media.t3n.de/vertrieb/TR_Mediadaten_2024_Pryntad.pdf

Anzeigenpreise: Es gilt die Preisliste vom 1. Januar 2024

Leiter Vertrieb und Marketing: André Lux

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

Vertrieb Einzelverkauf: DMV der Medienvertrieb GmbH & Co. KG,

Meßberg 1, 20086 Hamburg; Tel. 040/3019-1800, Fax: 040/3019-1451815;

E-Mail: info@dermedienvertrieb.de, Internet: www.dermedienvertrieb.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 € 108,80, Österreich € 120,00,

Schweiz CHF 204.00, restl. Europa € 128,00, im restl. Ausland € 134,40;

ermäßigtes Abo für Auszubildende, Schüler und Studenten (gegen Vorlage

eines Nachweises) inkl. Versandkosten: Inland € 70,00, Österreich € 77,20,

Schweiz CHF 131.20, restl. Europa € 82,40, restl. Ausland € 86,40.

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 € 9,20 (Schweiz CHF 8.00) 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 Infor-

matik), bdvb e.V., /ch/open und JUG Switzerland-Mitglieder gilt ein er-

mäßigter Preis: Inland € 81,60, Österreich € 90,00, Schweiz CHF 153.60,

restl. Europa € 96,00, im restl. Ausland € 100,80 gegen Vorlage eines

schriftlichen Nachweises des Verbandes bzw. Vereins einmal pro Jahr.

Eine Haftung für die Richtigkeit der Veröffentlichungen kann trotz sorg-

fältiger 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.

Haarige Zustände

„Nanu, wie sieht denn Mimi aus?“ Andi betrachtete Davids Katze, die gerade ins Wohnzimmer hereingetapst kam.

„Ah, das wollte ich dir noch erzählen, schau mal.“ David nahm Mimi auf den Arm und hielt sie Andi hin. An ihrer rechten Seite stand ein langes Büschel Haare hervor. Es sah aus, als hätte Mimi einen zweiten Schwanz. „Sie hatte sich neulich verletzt. Dann hab ich ihr diese Zuckerpaste gemixt und auf die Wunde geschmiert. Zwei Tage später war sie verheilt. Und seitdem wächst ihr Fell an dieser Stelle wie verrückt.“

Fasziniert streichelte Andi das Haarbüschel. „Zuckerpaste?“

„Ja, aber nicht irgendein Zucker, sondern Desoxyribose, der aus dem DNA-Molekül. Habe ich in einem wissenschaftlichen Paper gelesen, dass das ein gutes Wundheilungsmittel sein soll – jedenfalls bei Mäusen. Aber wie man sieht: auch bei Katzen.“

„Offenbar ist es auch ein gutes Haarwuchsmittel.“ Andi rieb sich nachdenklich den Kopf, vor allem an den zunehmend kahler werdenden Stellen. „Schickst du mir mal das Paper?“

Als David zwei Wochen später Andi in ihrer gemeinsamen Lieblingskneipe traf, traute er seinen Augen nicht: Andi trug einen Man-Bun. Sein Haar war nicht nur voll, sondern quoll förmlich über. Er war kaum wiederzuerkennen.

Ihm dämmerte es: „Hast du etwa ...?“

Andi grinste. „Im Chemie-Versand Desoxyribose bestellt und mit Natriumalginat angerührt, so wie im Paper beschrieben. Fertig.“ Er fuhr sich mit der Hand über den Kopf. „Ich hatte gehofft, dass ein bisschen Flaum nachwächst. Aber dass das Zeug so krass wirkt, hätte ich nie gedacht. Ich muss morgen unbedingt zum Friseur. Ich hoffe, du bist mir nicht böse, dass ich auch ein paar Freunden den Tipp gegeben habe?“

In den folgenden Tagen begegnete David unzähligen Männern mit langen Haaren. Hatten sie etwa alle die Zuckerpaste benutzt? Bei Wikipedia las er, dass der männliche Haarfall durch das Sexualhormon Testosteron verursacht wird. Es trifft irgendwann fast jeden zweiten Mann. Ihm wurde klar, dass er eine Menge Geld mit der Paste hätte machen können, wenn er Andi nicht eingeweiht hätte.

Irgendwann wollte David auch zum Haareschneiden gehen. Doch bei seinem Friseur war das Telefon dauerbesetzt. Also ging er auf gut Glück einfach bei „Harrys Haarspaltereien“ in der Nachbarschaft vorbei. Vor der Tür war eine etwa zwanzig Meter lange Schlange. Es waren alles langhaarige Männer.

Durch das Schaufenster sah er Harry. Der sympathische Friseur, der sonst immer für ein Schwätzchen gut war, sah müde und gestresst aus. Nur kurz trafen sich ihre Blicke. Harry schüttelte den Kopf. Keine Zeit, formten seine Lippen. Keine Zeit.

Von Andi erfuhr er, was los war: Die Zuckerpaste war nicht nur wirksam, sie war äußerst extrem wirksam. Einmal angewendet bewirkte sie irreversible Hypertrichose, also übermäßigen Haarwuchs, der nicht mehr wegging. Andi erzählte, dass er jeden zweiten Tag zum Friseur musste, wenn er nicht ständig mit langen Haaren herumlaufen wollte. Aber die Friseure vergaben keine Termine mehr. Sie befanden sich im Ausnahmezustand.

Eines Abends fand David Andi vor seiner Tür sitzen, den Kopf auf den Knien. Seine Haare waren völlig zerfranst und unregelmäßig. Offenbar hatte er sich die Haare selbst geschnitten. Andi war verzweifelt. Und betrunken.

„Ich kann nicht mehr, David. Es ist schon schlimm genug, sich täglich rasieren zu müssen. Und jetzt noch täglich Haareschneiden ... Ich will meine Glatze wieder!“

„Komm rein.“

Der Online-Arzt war schnell gefunden, der ihm Testosteron-Salbe verschrieb. Eine Woche später war der Alptraum vorbei. Glücklicherweise strich sich Andi über seinen nun völlig kahlen Schädel. „Das fühlt sich so gut an, David. So befreiend!“ – Jens Lubbaddeh



Command+F „Fachkräfte“

Hebe dein Recruiting auf ein neues Level

Auf t3n.de/jobs findest du digitale Pionier:innen, die dein Unternehmen zukunftssicher machen – dank passgenauer Features auf den reichweitenstarken t3n-Kanälen sowie im Print-Magazin.



Jetzt Job-Anzeige schalten – schon ab 299 Euro:
t3n.de/job-pakete



Deine Ansprechpartnerin

Jule Buchheit
+49(0)511 165944-32
jule.buchheit@t3n.de

30 % Rabatt

Mit dem Code TR-JOBS
Gültig bis 31.12.2024

t3n.de
Spreading knowledge & future optimism

t:n digital
pioneers

Wir schreiben Zukunft.



35 %
Rabatt

2 Ausgaben MIT Technology Review
als Heft und digital mit Zugriff auf
Digital-Ausgaben bis 2003
+ Geschenk nach Wahl

mit-tr.de/vorteil



mit-tr.de/vorteil



leserservice@heise.de



+49 541/80 009 120