

MIT Technology Review

Das Magazin für Innovation von Heise

September bis Dezember 2023

Deutschland 12,90 € / Österreich 14,20 € /
Luxemburg 15,20 € / Schweiz 25.80 CHF **7/2023**

Photovoltaik
Strom aus Ziegeln und Fassaden

Autonome Waffen
Was geschieht, wenn wir sie nicht verbieten

Mobilität
Neue Konzepte für die Verkehrswende

Künstliche Intelligenz
Wie die Bahn mit KI pünktlicher werden will

DER NÄCHSTE COMPUTER

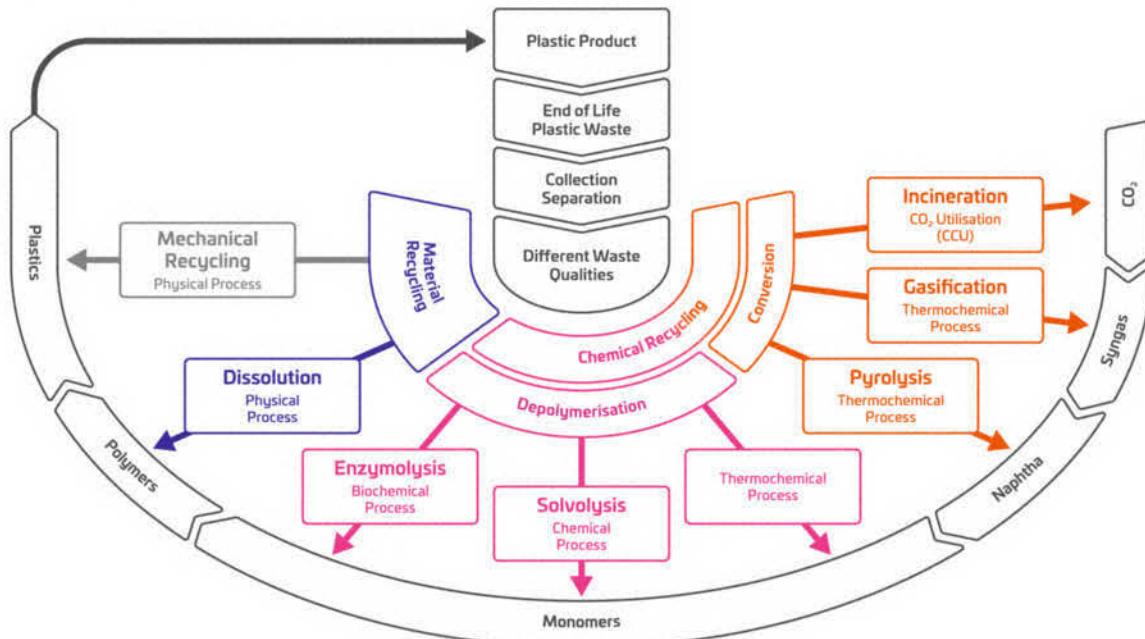
Apple bringt Schwung in den Markt für AR- / VR-Brillen. Was die Technik heute schon leistet und wo die Herausforderungen liegen





Diversity of Advanced Recycling of Plastic Waste

All you want to know about advanced recycling technologies and renewable chemicals, building blocks, monomers, and polymers based on recycling



CHALLENGES

- Large share of non-recycled waste streams
- High demand and search for renewable raw materials for chemicals and materials
- Ambitious EU recycling targets
- Commitments from chemical industry and brand owners
- Customer demands

LEADS TO

Advanced recycling technologies are developing at a rapid pace, new players are constantly entering the market, from start-ups to giants – new plants are being built or scaled up, new capacities are being achieved, new partnerships are being formed.

SOLUTION

The Advanced Recycling Conference – a new home for technology providers, related industries, waste management companies, brands and investors, policy makers and scientists. An overview and in-depth insight into all available recycling technologies for various streams of different plastic waste, as well as policy issues and environmental impacts.

TOPICS OF THE CONFERENCE

Markets and Policy • Circular Economy and Ecology of Plastics • Physical Recycling • Biochemical Recycling • Chemical Recycling • Thermochemical Recycling • Other Advanced Recycling Technologies • Carbon Capture and Utilisation (CCU) • Upgrading, Pre- and Post-treatment Technologies

© Copyright by Heise Medien.

Organiser

Contact

Dr Lars Krause, Program
lars.krause@nova-institut.de

Dominik Vogt, Conference Manager
dominik.vogt@nova-institut.de



Liebe Leserinnen und Leser,



von Kindesbeinen an faszinieren mich virtuelle Welten: Damals war es noch ein C64 mit einer Datasette und verpixelter Grafik – und Spielen wie Turrican, Maniac Mansion oder Giana Sisters.

Heute kann ich mir die Monitore quasi auf den Kopf setzen. In aktuellen VR-Brillen sind nicht einmal mehr Pixel zu erkennen, sie laufen nahezu latenzfrei und stellen virtuelle Welten detailverliebt wie noch nie dar. Und jetzt betritt auch noch Apple den Markt für räumliches Computing mit einem klaren Bekenntnis zu Augmented Reality. Wird das der VR- / AR-Technik zum Durchbruch verhelfen?

Noch ist der Markt klein. So faszinierend die Technik ist, bisher sind die Anwendungsszenarien sehr speziell – etwa in der Medizin (Seite 34) oder in der Industrie (Seite 42). Selbst im Gaming-Bereich fristet die Technik ein Nischen-Dasein.

Und dennoch gilt es bereits jetzt darüber nachzudenken, wie eine Welt aussehen wird, in der räumliches Computing Alltag ist. Wie verändert sich die Wahrnehmung von Realität, wenn solche Brillen Dinge ins Sichtfeld projizieren, die nur digital existieren (Seite 14)? Wir sehen bereits heute, wie stark Fake-Bilder und -News unsere Wirklichkeit beeinflussen. Und welche Auswirkungen werden räumliche Computer wie AR- und VR-Brillen auf das soziale Miteinander haben?

„Es wird Schichten von Realität geben, zwischen denen wir navigieren“, sagt der japanische AR-Designer und Filmemacher Keiichi Matsuda

(Seite 22). Heißt: Je nach Kontext und Ort werden wir unterschiedliche Dinge sehen und erleben. Wie stellen wir dann noch so etwas wie eine gemeinsame Realität dar, wenn jeder etwas anderes sieht?

Auch wenn die Technik durchaus fortgeschritten ist, gibt es noch große Herausforderungen. Vor allem Augmented Reality kämpft bisweilen mit den Gesetzen der Physik (Seite 26). Oder das Thema Motion Sickness: Die Diskrepanz zwischen Bewegungen in der virtuellen und der „echten“ Realität sorgt bei nicht wenigen immer noch für Übelkeit (Seite 50) – ein physiologisches Problem, das sich nicht so einfach aus der Welt schaffen lässt.

Dennoch: Der räumliche Computer scheint der nächste logische Evolutionsschritt in der Computertechnologie zu sein – vor allem dann, wenn es eines Tages möglich sein wird, virtuelle Menschen nahezu lebensecht ins eigene Sichtfeld zu projizieren. Deshalb können wir uns gar nicht früh genug – am besten jetzt – mit den Chancen und Folgen des „nächsten Computers“ auseinandersetzen.

Ihr

Luca Caracciolo
@papierjunge



DER NÄCHSTE COMPUTER • Wie Spatial Computing unsere Sicht auf die Welt verändern wird (Seite 14)

3 Editorial

6 Bild des Monats

Mathematik der Würmer

UPDATE

9 Brain-Computer-Interface

60 Worte pro Minute

10 Seltene Erden

Nur mit Kreislaufwirtschaft kann der Bedarf gedeckt werden

13 Künstliche Intelligenz

Gottvertrauen und Algorithmen

TITEL

14 Spatial Computing

Was Virtual- und Augmented-Reality-Technologien verändern werden

22 Erweiterte Realität

Über die Auswirkungen von Augmented Reality im täglichen Leben

26 Augmented-Reality-Displays

Schwierige Schnittstelle zwischen den Realitäten



Podcast

Warum vergeht Zeit mal wie im Flug und mal zieht sie sich wie Kaugummi? Wie unser Zeitempfinden funktioniert und wie es sich manipulieren lässt, erklärt der Psychologe und Philosoph Marc Wittmann.



32 Zero Latency im Redaktionstest

Gruppen-VR-Spiel auf 189 Quadratmetern

34 Medizin

Operieren an Leib und Seele

40 Genter Altar im Redaktionstest

Kunstgeschichte mit Augmented Reality

42 Industrie

AR und VR kommt in die Fertigungshallen

48 PS VR 2 im Redaktionstest

Die Magie klobiger Brillen

50 Motion Sickness

Wenn die Sinne Fehler melden

REPORT

53 Kolumne

Julia Kloiber über Shitty-Tech-Futures

54 Photovoltaik

Strom aus Dachziegeln und Fassaden

59 Déjà-vu

Dezentrale Stromversorgung

PHOTOVOLTAIK • Mit Solarziegeln und -fassaden einen Schritt näher an die Klimaziele (Seite 54)



„High-Tech im Krieg führt nicht dazu, dass die Opferzahlen sinken. Ganz im Gegenteil.“

KI-Pionier Stuart Russell über den Irrglauben, dass autonome Waffen Menschenleben retten können (Seite 76)



NEUE MOBILITÄTSKONZEPTE • La Paz betreibt das weltweit größte städtische Seilbahnenetz (Seite 93)

- 62 Künstliche Intelligenz**
KI verändert historische Forschung
- 67 Jubiläum**
Der Atomkrieg-Verweigerer
- 68 Computer**
Kleine Tastaturgeschichte in Bildern
- 74 Autonome Waffensysteme**
Steward Russel über notwendige Verbote
- 78 Experte in 5 Minuten**
Wie entsteht der Strompreis?
- 80 Künstliche Intelligenz**
Pünktlichere Bahnen durch KI
- 84 Einwanderungspolitik**
Eine App macht Migration von Mexiko in die USA zur Grenzlotterie



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

DOSSIER

93 Neue Mobilitätskonzepte

Urbane Seilbahnen; Monocab und Ottobahn; umkämpfte Bordsteinkante

REVIEW

103 Ausprobiert

VariAnt, die Roboterameise

104 Hardware

Kluges Katzenklo, Navi in der Brille, Redox-Flow fürs Eigenheim

108 Medien

Miniserie *Painkiller*, *Warum wir nicht durch Wände gehen* von F. Aigner, *Das Lied der Zelle* von S. Mukherjee, Klassiker *The Essence of Chaos* neu gelesen

110 Meinung Klimageld

Noch ein gebrochenes Versprechen

112 Meinung Cannabis

Legalisierung ist nur die halbe Sache

114 Der Futurist

Linke Zecken

RUBRIK

99 Impressum

106 Technologiezentren

„Heute sind wir daran gewöhnt, dass die Rücktaste löscht, aber hundert Jahre lang war das Löschen eine eigene, unglaublich komplexe Angelegenheit.“

Designer und Typograf Marcin Wichary brennt für die Geschichte der Tastatur (Seite 69)

BILD DES MONATS

Mathematik der Würmer

Wer schon einmal Seile achtlos beiseitegelegt hat, weiß, wie schnell sie hoffnungslos verknoten und wie lange es dauert, sie anschließend wieder zu entwirren. Der hübsche *Lumbriculus variegatus* stellt dieses Prinzip auf den Kopf: Die in flachen Gewässern lebenden Glanzwürmer verbinden sich zu Tausenden langsam zu einem dichten Wurmknäuel. Droht Gefahr, entwirren die bis zu zehn Zentimeter langen Würmer den Knoten jedoch explosionsartig innerhalb von Millisekunden.

Forschende der Georgia Tech und des MIT haben die Knoten analysiert und die Mathematik hinter dieser hochkomplexen, verworrenen Struktur hergeleitet: In dem Knäuel ist jeder Wurm mit mindestens zwei anderen verknotet und sie ver- und entwirren sich über eine schraubenartige Bewegung.







zahlt die Gesellschaft ungefähr jährlich für jedes Auto auf Deutschlands Straßen. Das berichtet ein internationales Forschungsteam im Fachblatt *Ecological Economics*. Die Summe komme unter anderem durch den Bau von Straßen und Parkplätzen und indirekt durch Umweltschäden zustande. Diese „sozialen Kosten“ seien unfair verteilt, denn sie belasteten Autofahrer mit geringerem Einkommen und Menschen ohne Auto besonders stark, heißt es in der Studie.

BAUTECHNIK

CO₂-armer Mörtel für den 3D-Druck

Das texanische Start-up Hive3D hat mit seinen Partnern Eco Material und Green Cement einen klimafreundlichen Mörtel für den 3D-Druck von Gebäuden vorgestellt. Er soll den CO₂-Fußabdruck von herkömmlichem Mörtel um 93 Prozent senken, zugleich preiswerter und robuster sein.

Für den 3D-Druck von Gebäuden ist besonders fließfähiger Mörtel erforderlich. Dafür galt bislang ein Anteil an kalkbasiertem, klimaschädlichem Portland-Zement als unverzichtbar. Hive3D setzt stattdessen komplett auf den Zuschlagstoff Puzzolan, eine Mischung aus überwiegend siliziumbasierten Mineralien, die zu Römerzeiten aus Vulkanasche gewonnen wurde. Heute sind die Hauptquellen Hüttensand aus Stahlwerken und Flugasche aus Kohlekraftwerken oder Müllverbrennungsanlagen.

„Wir können die meisten Arten von Flugasche nutzen, aber sie brauchen die richtigen Partikel-Eigenschaften, damit ihre zementartigen Eigenschaften herauskommen“, heißt es aus dem Unternehmen. Dies gelinge durch eine besondere Vorbehandlung und Additive. In Texas hat Hive3D mit dem neuen Geopolymer-Zement bereits 40 bis 80 Quadratmeter große Häuser gedruckt. – Gregor Honsel



Puzzolan statt Zement: Ein Geopolymer soll das Bauen klimafreundlicher machen.

© Copyright by Heise Medien.

GEHIRN-COMPUTER-SCHNITTSTELLEN

60 Worte pro Minute

Menschen mit neurologisch bedingten Sprachlähmungen – etwa durch einen Schlaganfall – sollen dank Gehirn-Computer-Schnittstellen wieder eine „Stimme“ bekommen. Der Plan ist nicht neu, doch zwei aktuelle Fallstudien meldeten kürzlich Rekordwerte für Sprechtempo und Vokabular.

Ein Team der University of California, San Francisco berichtet von 78 Wörtern pro Minute bei einem Wortschatz von 1024 Wörtern; ein Team der Stanford University von 62 bei einem Vokabular von 125 000 Wörtern. Die Fehlerquote in beiden Fällen: rund 25 Prozent. Die Sprechrate gesunder Menschen liegt bei 150 Wörtern pro Minute.

Die Implantate waren über Hirnregionen platziert, die für die Gesichts- und Sprechmuskulatur zuständig sind. In mehreren Sitzungen, in denen die Probandinnen über Kabel am Kopf an einen Rechner angeschlossen waren, wurden die Systeme trainiert. Am Ende konnte der Rechner die Sprechabsichten der Testpersonen mithilfe neuronaler Netzwerke und großer Sprachmodelle in Wörter beziehungsweise ganze Sätze übersetzen, die eine Computerstimme aussprach. Externe Experten sehen in den Studien einen „Meilenstein“, der Weg in die Praxis ist aber noch weit. – Andrea Hoferichter

Foto: ATR Hiroshi Ishiguro Laboratories



Die Roboterpuppe Hugvie stammt aus den Laboren des japanischen Roboterforschers Hiroshi Ishiguro.

MENSCH-MASCHINE-INTERAKTION

Besser schlafen

Kuscheln mit einer Roboterpuppe kann gesunden Menschen bei Schlafproblemen helfen. Zu diesem Schluss kommt eine japanische Forschungsgruppe um Satomi Kato Doi. Das Team ließ rund 30 Menschen, die an Schlafstörungen litten, jeden Abend drei Minuten lang Atemübungen durchführen, während sie die Roboterpuppe Hugvie im Arm hielten. Die gesichtslose Puppe spielte den Probanden Atemanweisungen über ein eingebautes Smartphone vor.

Im Unterschied zur Kontrollgruppe – die Atemanweisungen aus dem Smartphone bekam, aber keine Puppe im Arm hielt – verbesserte sich die Schlafqualität, die durch eine standardisierte Befragung ermittelt wurde, signifikant. Weil die Testpersonen die Roboterpuppe im Arm als angenehm empfanden, waren sie eher motiviert, die regelmäßigen Atemübungen beizubehalten. Die positive Wirkung trat bei Testpersonen, die von anderen psychischen Problemen wie depressiven Verstimmungen berichteten, allerdings nicht ein. Die Ergebnisse klinischer Studien stehen noch aus. – Wolfgang Stieler

WIBU
SYSTEMS

CodeMeter – Eine Symphonie von Software-Monetarisierungs-Tools

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

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



formnext

Halle 12
Stand B01D



SPS

Halle 6
Stand 428

Treffen Sie uns!

© Copyright by Heise Medien

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



SECURITY
LICENSING

PERFECTION IN PROTECTION

SELTENE ERDEN

„Das Interesse am Recycling kommt durchaus von der Industrie.“

Seltenerdmetalle stecken unter anderem in Magneten für Windkraftanlagen, Wärmepumpen, Elektromotoren und Festplatten. Raimund Bleischwitz, wissenschaftlicher Leiter am Leibniz-Zentrum für Marine Tropenforschung, erklärt, warum eine Kreislaufwirtschaft wichtig ist, um den künftigen Bedarf zu decken.

Geologisch sind Seltene Erden gar nicht mal so selten. Wo liegt das Problem?

Seltene Erden sind durchaus in vielen Ländern zu finden, aber eben nur in sehr, sehr geringen Konzentrationen. Sie zu gewinnen ist aufwändig und teuer. Unternehmen in der Branche müssen daher finanziell stark sein und auch Durchhaltevermögen haben, weil die Preise stark schwanken. Das hat einigen Minen in den letzten 20 Jahren finanziell das Genick gebrochen. Seit Jahren schon dominiert China den Markt.

Wie groß ist der Bedarf an Seltenerdmetallen?

Die Nachfrage steigt gerade sehr. Der weltweite Verbrauch dieser Elemente wird 2031 voraussichtlich auf 315 000 Tonnen steigen. Das ist fünfmal so viel wie 2005. Dabei werden die Stoffe oft unter fragwürdigen Bedingungen abgebaut. Und bei der Produktion entstehen giftige und radioaktive Abfälle. Auf der einen Seite von einer sauberen Energiewende zu sprechen, aber dafür schmutzige Rohstoffe einzusetzen: Das ist ein Widerspruch, den man immer wieder thematisieren sollte.

Und die Kreislaufwirtschaft kann eine Lösung sein?

Sie kann ein Teil der Lösung sein. Die Seltenen Erden stecken ja in vielen Produkten. Und wenn man sie da wieder rausholt, dann sollte es doch möglich sein, dass man über die aktuelle Recyclingquote von einem Prozent hinauskommt und sich an jene 15 Prozent annähert, die



Raimund Bleischwitz ist Professor für Globale Nachhaltige Ressourcen der Universität Bremen und Wissenschaftlicher Geschäftsführer am Leibniz-Zentrum für Marine Tropenforschung.

die EU in einem Bericht zu kritischen Rohstoffen vorschlägt. Längerfristig ließen sich vielleicht sogar 50 Prozent erreichen. Aber davon sind wir aktuell noch weit, weit entfernt.

Wie könnten wir dort hinkommen?

Das Sammeln von Endgeräten muss verpflichtend sein und es müssen Sammelstellen geschaffen werden. Und dann gilt es eben dort anzufangen, wo der Anteil von Seltenen Erden noch etwas höher ist als in anderen Produkten, und mit geeigneten Verfahren die Seltene Erden zurückzugewinnen.

Welche Produkte meinen Sie?

Alle Produkte, in denen Magnete stecken: Lautsprecher und andere Elektronikprodukte etwa, die Motoren von Windenergieanlagen, die ohnehin zurückgebaut werden, und Computer-Festplatten. Google hat mal von einer Schätzung

berichtet, wonach bis zu fünf Prozent des Bedarfs an Seltenen Erden aus Festplatten zurückgewonnen werden könnten. Das Interesse am Recycling kommt durchaus auch von der Industrie.

Wie könnte dieses Interesse genutzt werden?

Staatliche Stellen sollten Konzepte für Sammelstellen oder auch Leasing-Geschäftsmodelle für Geräte gemeinsam mit den Unternehmen entwickeln. Außerdem müsste der künftige Markt für Sekundärrohstoffe so konstruiert werden, dass das Recycling von Metallen wie Stahl oder Kupfer das Rückholen der Seltenen Erden querfinanziert. Und es sollte verpflichtende Quoten geben, in neuen Produkten einen bestimmten Anteil an Sekundärmaterialien einzusetzen.

Sind das Strategien, die Sie vor allem in Deutschland und der EU sehen?

Die EU hat mit ihrer Rohstoffstrategie für kritische Materialien im März einen wichtigen Schritt nach vorn unternommen. Aber auch in anderen Ländern ist das Interesse groß, sogar in China. Dort vor allem wegen der hohen Umweltkosten. Hinzu kommt: China importiert Seltenerdmetalle unter anderem aus dem benachbarten Myanmar und will letztlich auch von diesem Makel und von dieser Abhängigkeit weg.

Müssten nicht auch die Produkte anders aussehen, sodass man leichter wieder an die Metalle herankommt?

Ja, das sollte in die EU-Richtlinie zum Öko-Design beziehungsweise in alle Design-Standards aufgenommen werden. Und dann geht es natürlich auch um Kataster und Produktpässe, aus denen ersichtlich wird: Wie hoch ist der Anteil Seltener Erden und wo genau im Produkt sitzen sie? Das kann auch die Rückgewinnung deutlich erleichtern. – Interview: Andrea Hoferichter

TRANSPORT

Erstes Containerschiff mit Elektroantrieb

Ende Juli lief in China das weltweit erste größere rein batteriebetriebene Containerschiff vom Stapel: 119,8 Meter lang und 23,6 Meter breit, die Tragfähigkeit: 10 000 Tonnen. Als Antrieb dienen zwei 900-kW-Motoren, die ihren Strom aus 36 in Containern gelagerten Batterien ziehen. Das Schiff des Herstellers Cosco Shipping wurde für Binnen- und Küstengewässer konzipiert.

Da Wasser einem Schiff mehr Widerstand bietet als Wind und Straße einem Elektroauto, ist für einen Elektrobetrieb im Verhältnis deutlich mehr Batteriekapazität nötig als für Autos. Elektrische Antriebe wurden daher bisher vor allem für Fähren eingesetzt, die nur kurze Strecken zurücklegen. Durch leicht austauschbare Akkus will Cosco das Problem nun gelöst haben. Ob sich die elektrifizierten Containerschiffe am Ende durchsetzen, hängt vor allem vom Batteriepreis ab und von der Verfügbarkeit der notwendigen Rohstoffe. – Martin Kölling



Die Dimensionen des Elektro-Containerschiffs sind beachtlich – und doch klein im Vergleich zu Ozeanriesen.

HEIZTECHNIK

Wärmepumpen mit Wasserproblem

Wärmepumpen, die thermische Energie aus dem Grundwasser nutzen, gelten als besonders effizient. Sie haben aber ein Problem: Durch Klimawandel und Wasserentnahmen sinkt der Wassерpegel mancherorts so stark, dass die Pumpe nicht mehr arbeiten kann – und die Wohnung kalt bleibt.

Oft fehlen den zuständigen Wasserwirtschaftsämtern schlicht die Daten, die bei einer zukunftssicheren Planung helfen könnten. Lediglich saisonal schwankende Grundwasserspiegel würden bei der Auslegung berücksichtigt, heißt es aus dem Bundesverband Wärmepumpe.

Bisher zählen Grundwasser-Wärmepumpen allerdings nicht zu den Favoriten der Deutschen. Laut dem Fachblatt *PV-Magazin* wurden im letzten Jahr nur knapp 65 000 dieser Wärmepumpen installiert, insgesamt waren es 1,45 Millionen. – Ben Schwan

www.iena.de

iENA 2023

Sa. 28. – Mo. 30.10.2023

Messe Nürnberg

Home of Innovations

Internationale Fachmesse • Ideen • Erfindungen • Neuheiten

© Copyright by Heise Medien.

ENERGIEWENDE

Stromspeicher erzeugt Wasserstoff

Batterien speichern elektrischen Strom, Elektrolyseure nutzen ihn zur Produktion von Wasserstoff. Beide Prozesse vereint nun ein neuartiger Prototyp, der vom Unternehmen Zn2H2 in Erftstadt und vom Fraunhofer-Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration IZM in Berlin entwickelt wurde.

Der Prototyp kombiniert die Halbzelle einer Zink-Batterie mit einer Elektrode. Beim Aufladen lagert sich Zink aus dem im Elektrolyten gelösten Zinkoxid an einer Elektrode ab, zugleich entweicht an der Gaselektrode Sauerstoff. Beim Entladen nimmt das Zink wieder Sauerstoff auf. Parallel entsteht an einer bifunktionalen katalytischen Gaselektrode Wasserstoff. Erste Prototypen vom Format eines kleineren Aquariums zeigen Wirkungsgrade um 50 Prozent. Wo das System zum Einsatz kommen könnte, ist noch unklar. – Jan Oliver Löfken

Die Kombination aus Batterie- und Elektrolysezellen speichert Strom und liefert Wasserstoff.



Foto: Zn2H2 GmbH



KÜNSTLICHE INTELLIGENZ

Gottvertrauen und Algorithmen

Selbst technisch aufgeklärte Menschen misstrauen häufig den Empfehlungen von Algorithmen. Forschende der Nazarbayev University in Kasachstan haben nun ein Mittel gefunden, diese „Algorithm Aversion“ abzuschwächen: das Hervorrufen religiöser Gedanken.

„Wir geben zu, dass die These auf den ersten Blick kontraintuitiv zu sein scheint“, schreiben sie in der Fachzeitschrift *PNAS*. Zu erwarten wäre, dass Menschen mit einem stärkeren Gottesbezug weniger offen gegenüber neuen Technologien sind.

Doch die Studienteilnehmer vertrauten einer maschinellen Kaufempfehlung eher, wenn ein Gottesbezug hergestellt wurde – durch ein Vorab-Gespräch zu religiösen Themen, Befragung vor einer Moschee oder religiöse Hintergrundmusik. Die Erklärung: Wenn Menschen an Gott denken, entwickeln sie ein Gefühl für ihre eigene Begrenztheit und sind dann eher geneigt, sich von einer Maschine beraten zu lassen. – Wolfgang Stieler

MYTHOS DES MONATS

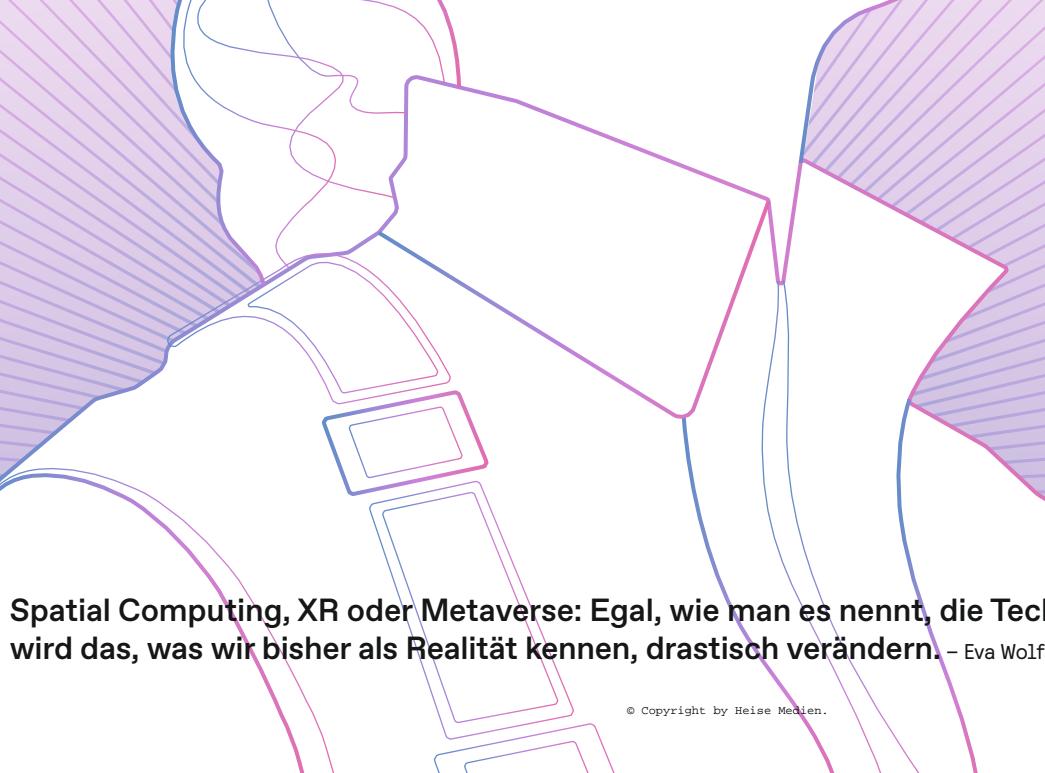
Keine Schallübertragung im Vakuum

Der Titel des Science-Fiction-Klassikers *Alien – Im Weltall hört dich niemand schreien*, der vor 44 Jahren in die Kinos kam, galt lange als physikalisch fundiert, denn Schallübertragung im Vakuum ist nicht möglich. Schließlich fehlen im luftleeren Raum Luftmoleküle, die in Schwingung geraten und diese weitergeben können. Ohne schwingende Moleküle kein Schall und damit kein Ton.

Doch nun berichten finnische Forschende im Fachblatt *Communications Physics*, dass der Schall sehr wohl auch im Vakuum übertragen werden kann – vorausgesetzt, Sender und Empfänger haben piezoelektrische Eigenschaften und sind nicht weiter voneinander entfernt als die zu übertragende Schallwelle. Piezoelektrische Materialien erzeugen ein elektrisches Feld, wenn sie von einer Schallwelle getroffen werden. Dieses Feld und damit auch die Schallwelle können das Vakuum überwinden. – Andrea Hoferichter



Der nächste Computer



Spatial Computing, XR oder Metaverse: Egal, wie man es nennt, die Technologie wird das, was wir bisher als Realität kennen, drastisch verändern. – Eva Wolfangel

Steve Jobs soll als Führungskraft recht schwierig gewesen sein – und auch kein begnadeter Techniker. Doch wenn der legendäre Apple-Chef seine Technik-Visionen anprries, musste man ihm einfach glauben, dass die Zukunft mit diesem oder jenem Gerät eine bessere wird. Seine Kritiker sprachen von einem „Realitäts-Verzerrungs-Feld“, das Jobs umgab. Jetzt will Apple eine Realitäts-Verzerrungs-Maschine auf den Markt bringen: die Vision Pro.

Sie sieht auf den ersten Blick kaum anders aus als ein gewöhnliches VR-Headset. Aber sie ist weit mehr als das. Glaubt man den Produkt-Ankündigungen des Konzerns, wird die Brille ein Versprechen einlösen, das Techniker und Entwickler seit mehr als 20 Jahren geben: Die Brille soll ihren Trägern das nahtlose Verschmelzen der Realität mit virtuellen, im Computer erzeugten Objekten ermöglichen. Verschiedene Realitäten werden ineinander verschwimmen, ein Wechsel zwischen ihnen wird mühe- und stufenlos. Einfach an einem kleinen Rädchen der Brille drehen, und schon wird die Zimmerdecke zum wolkenverhangenen Himmel.

Apple nennt das Bedienkonzept der Brille „Spatial Computing“ – vermutlich, um sich von den enttäuschten Erwartungen rund um Virtual- und Augmented Reality abzugrenzen. Denn in diesem Begriff, der (mindestens) 20 Jahre alt ist – 2003 taucht er in einer Masterarbeit des MIT-Studenten Simon Greenwold zum ersten Mal auf –, steckt mehr als das Spiel mit virtuellen oder ergänzten Realitäten. Greenwold definiert Spatial Computing als „die Interaktion des Menschen mit einer Maschine, bei der die Maschine Bezüge zu realen Objekten und Räumen beibehält und manipuliert“. Das klingt abstrakt, ist aber vor allem für die Entwickler von User-Interfaces eine spannende Idee: Denn um Menschen die Bedienung von Computern zu erleichtern, mussten Schnittstellen-Entwickler bislang zu Hilfsmitteln greifen.

Berühmt-berüchtigt ist in diesem Zusammenhang etwa die Schreibtisch-Metapher, die Objekte auf dem Computer Desktop mehr oder weniger abstrahiert gestaltet und anordnet wie echte Objekte auf einem echten Schreibtisch. Für den Designer Keiichi Matsuda eröffnet Spatial Computing nun eine „völlig neue Form der natürlichen Interaktion“ mit Software. Spatial heißt übersetzt „räumlich“ und bedeutet, dass unsere Geräte und deren Bedienung nicht mehr nur auf Bildschirme, Tastaturen und Displays beschränkt sind. Sie wandern in den Raum. Die Apple-Keynote zur Vision Pro gibt erste Hinweise, wie das aussehen könnte: Fenster und Icons sind nicht mehr auf einen zweidimensionalen Screen beschränkt – sie umgeben Nutzende als Einblendung in deren Umwelt. Und statt mit Tastatur und Maus steuert man den Computer mit Augenbewegungen und Handgesten in visionOS, Apples Betriebssystem für die Brille. In einem späteren Entwicklungsstadium könnte solch ein Gerät nicht nur standardisierte Handgesten zur Steuerung verwenden, sondern aus den Bewegungen des Users

dessen Absichten erkennen – und sinnvoll darauf reagieren.

Aber was passiert, wenn wir künftig je nach Situation und Bedürfnis auswählen können, ob wir die analoge Realität erleben wollen oder sie durch Einblendungen erweitern? Apples Präsentationen zeigen das eine, das schimmernde Hightech-Ende des Spektrums. Doch schon jetzt, bevor die Hardware wirklich verfügbar wird, zeichnet sich ab, dass verschiedene Realitäten auch miteinander kollidieren können – was völlig neue Probleme aufwirft.

ZWISCHEN VIELEN WELTEN

„Es wird soziale Kollisionen geben, für die wir heute noch keine Lösung haben“, sagt Julie Williamson, Leiterin der Future Immersion Interaction Group an der University of Glasgow. Das sei kein Wunder, sagt sie, denn „kaum jemand beschäftigt sich bisher mit ‚stabilen interpersonellen Realitäten‘“ – also mit der Frage, wie sich zwei Menschen beispielsweise physisch begegnen, die sich in verschiedenen erweiterten Realitäten befinden. Williamson demonstriert das mit einem Foto, das sie mit VR-Headset in der Fußgängerzone von Glasgow zeigt. Williamson wirkt glücklich. Breit lachend und gestikulierend amüsiert sie sich in der virtuellen Welt – während ihr Körper in der Fußgängerzone steht, andere Menschen an ihr vorbeigehen und nicht wissen, was sie gerade tut. Und auch sie selbst bekommt nicht mit, was um sie herum geschieht: Wenn einer der Vorübergehenden Williamson die Handtasche stähle, würde sie es nicht einmal merken.

Mit einem VR-Headset in der Fußgängerzone zu stehen, ist freilich wenig sinnvoll – Williamson nutzt das Foto nur, um zu vermitteln, was geschieht, wenn sich Menschen zwar physisch am gleichen Ort, aber in verschiedenen Realitäten aufhalten. Wenn nun aber beispielsweise der Sprung zwischen VR und AR verschwindet und der Übergang fließend und unmerklich wird, müssen Umstehende wissen, in welchem Zustand sich eine Person gerade befindet: Nimmt sie ihre physische Umwelt wahr oder agiert sie in einer anderen Realität? Was bekommen Personen in erweiterten Realitäten von ihrer realen Umwelt mit? Mit künftigen Headsets mit Passthrough-Option – bei denen Kamerabilder der Umwelt auf die Displays in der Brille geleitet werden, die aber auch über Tiefensensoren und viele weitere Daten verfügen – ist alles denkbar: Nutzrinnen in VR könnten im Prinzip die reale Welt komplett als Overlay in ihrer virtuellen Welt sehen. Aber welche Informationen sind wichtig? Was wollen wir wissen von unserer physischen Umgebung, wenn wir uns in virtuellen Welten bewegen?

Um solche Fragen zu beantworten, hat Williamson Versuchspersonen mit VR-Headset in öffentliche Verkehrsmittel gesetzt und verschiedene Möglichkeiten ausprobiert: Sie sahen nur die virtuelle Welt, nicht aber ihre physische Umwelt. In einem anderen Szenario bekamen sie entweder nur

„Die Chance besteht darin, unsere Wahrnehmung der Realität zu verändern, um die Kluft zwischen uns zu überbrücken.“

jene Umstehenden zu sehen, die sich gerade bewegten – oder alle Personen in ihrem Umfeld. Und auch das in verschiedenen Versionen: als eine Art eingebundenes Hologramm, als skelettartige Strichzeichnung oder als Passthrough über eine Kamera übertragen. Die Darstellung derer, die sich gerade bewegen – zusätzlich zur jeweils eingeblendeten virtuellen Welt –, habe sich für die meisten als praktikabel herausgestellt, sagt Williamson. „Es wird sonst auch schnell zu viel Information.“

Und ein Informationsbedürfnis hat Williamson in seiner Heftigkeit überrascht: Jene Versuchspersonen, die ohne Headset als Passanten im Bus saßen und mit den Menschen in XR konfrontiert waren, seien empört gewesen, als sie später erfuhren, dass diese sie gesehen hätten. Selbst wenn es nur eine Strichzeichnung war. „Sie riefen: „Mein Körper war in deren Headset? Das wusste ich nicht!“, so Williamson. Also müssen Informationen möglicherweise auch in diese Richtung transportiert werden: Was sieht mein Gegenüber hinter dem Headset?

Die künftigen Geräte wie Apples Headset bieten Nutzerinnen und Nutzern mit ihren Kameras und Sensoren viele Möglichkeiten, Realitäten zu verändern. „Du kannst Menschen vor dir sehen oder verschwinden lassen, du kannst Einblendungen über die reale Welt machen und du kannst die Augen des Headset-Trägers zeigen“, sagt Katherine Isbister, Leiterin des Center for Computational Experience an der University of California, Santa Cruz. Solche Effekte werden unsere Kommunikation und Interaktion massiv verändern, prognostiziert sie. Und die realen Augen zu rekonstruieren, sodass Gesprächspersonen einander in die Augen schauen, selbst wenn diese de facto vom Headset bedeckt sind, sei vielleicht die mutigste Idee von Apple: „Sie verstehen, wie unangenehm es ist, keinen Blickkontakt haben zu können“, sagt sie.

Gleichzeitig können rekonstruierte Augen auf einem Headset auch gruselig wirken, der Uncanny-Valley-Effekt steht bereits vor Apples Tür. Er beschreibt das unheimliche Gefühl, das uns beschleicht, wenn nachgebildete Gesichter fast echt aussehen – aber eben nur fast. Jemand muss diese Probleme lösen, wenn XR-Technologie nun langsam, aber sicher aus den Laboren und Spielhallen ins reale Leben vordringt. „Viele der Prototypen kamen gar nicht an den Punkt solcher Szenarien in der realen Welt“, sagt Isbister. Denn noch hat sich niemand so weit vorgewagt, diese künftigen Herausforderungen, die XR-Technologie in das reale Leben bringt, gründlich zu erforschen. Doch das müsse jetzt gelöst werden – denn mit Apples Headset und der generellen Weiterentwicklung in diesem Bereich werde es sonst in Zukunft Probleme geben, ist sie überzeugt.

Aber die erweiterte Realität bietet nicht nur Stolpersteine in der sozialen Interaktion, sondern auch Möglichkeiten, die in der rein analogen Welt nicht möglich sind: Isbister erforscht, wie soziale Erfahrungen mit XR-Technologie erweitert werden können. „Wir können viel für unsere Zukunft lernen, wenn wir schauen, wie immersive Spielwelten den sozialen Raum gestalten.“ Das lasse sich auf unsere Zukunft mit erweiterten Realitäten übertragen, sagt sie: „Wir können gemeinsam durch eine wunderbare Landschaft spazieren oder Dinge bauen – wir bieten den Menschen schöne Momente an.“

Gleichzeitig sei es wichtig, nicht von einer künftigen Welt auszugehen, wie sie vom Marketing der großen Tech-Unternehmen entworfen wird. „Wir sehen da eine Hollywood- oder Silicon-Valley-Version des Metaverse, die oft getrieben ist vom

Business-Modell.“ Das sei aber nicht unbedingt das, was gut für die Gesellschaft und unser Zusammenleben sei, sagt Isbister. Schließlich ist nicht automatisch das, an dem Unternehmen Geld verdienen, auch gut für die Gesellschaft. Um zu entscheiden, wie eine Welt mit erweiterter Realität und Spatial Computing gestaltet sein kann, damit sie auch gut für das Zusammenleben und die Demokratie ist, braucht es einen gesellschaftlichen Diskurs, die Bewertung von Technik-Ethikern und vieles mehr. „XR soll unsere soziale Interaktion unterstützen“, sagt Isbister.

BESSER REDEN IN XR

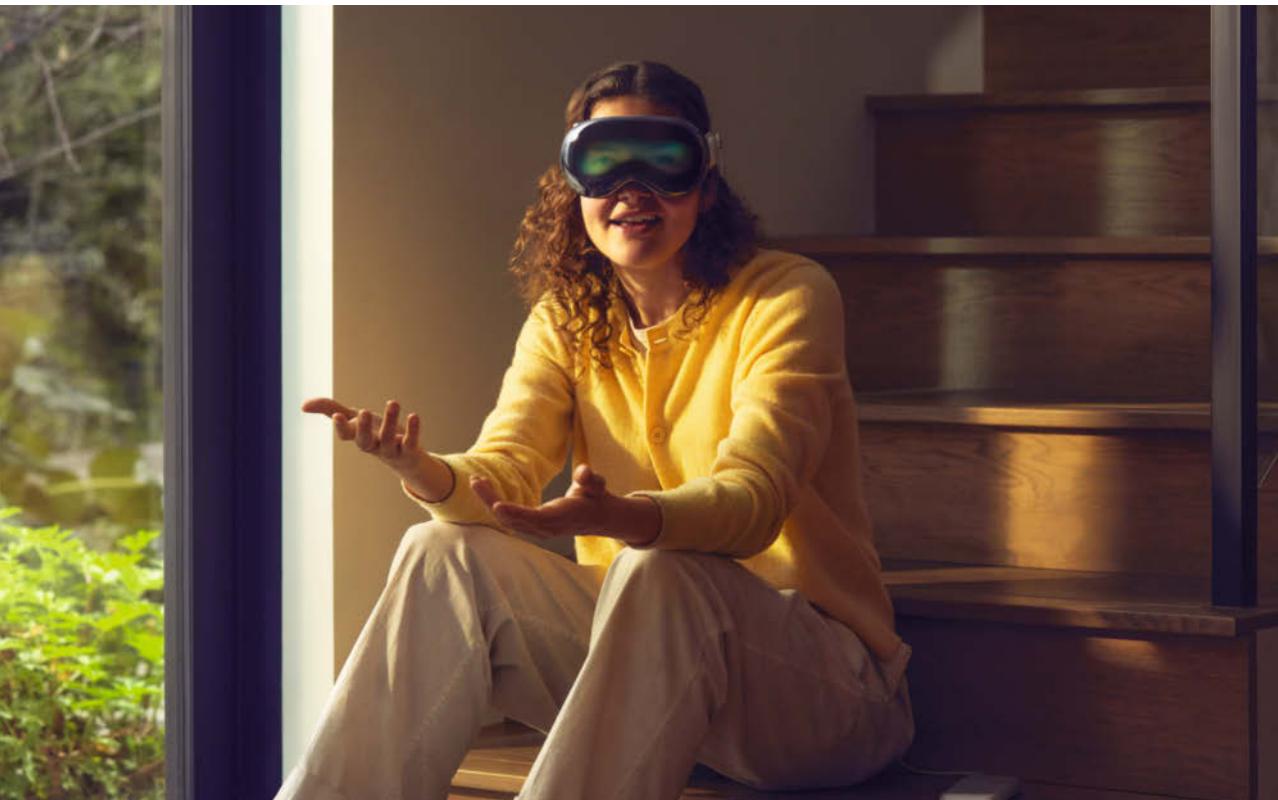
Zusammen mit ihrer Gruppe hat Isbister eine ganze Reihe künftiger Anwendungsbeispiele entwickelt und untersucht. Beispielsweise können erweiterte Realitäten die Balance einer Konversation beeinflussen, sagt sie: In ihrem Prototyp wächst über jedem Avatar eine zylindrische Säule, die die Redeweise dieser Person darstellt. „Du musst nur hochschauen und siehst eine Visualisierung der gesamten Kommunikation“, erklärt Isbister. Wer die Kommunikation dominiert, kann sich zurücknehmen, ohne dass jemand die unangenehme Rolle einnehmen muss, ihn zurechzuweisen. „In Zukunft werden wir sagen: Lasst uns dieses Meeting in VR abhalten, denn da sind die Tools, die unsere Kommunikation verbessern.“ In der Freizeit könnten sich zwei Menschen im Skilift treffen – nebeneinander sitzen, nach vorne schauen, eine wunderbare Landschaft genießen und dabei gute Gespräche führen.

In erweiterten Realitäten können auch Räume und die Umwelt so verändert werden, dass sie eine gelungene Kommunikation verstärken – in einer Weise, wie es allein in der physischen Welt nicht möglich ist. Denn die Zusammenhänge zwischen Raum, Beziehungen und Emotionen sind recht stabil – in allen Realitäten: „Wenn Menschen frei in physischen Räumen interagieren, kann man am Abstand erkennen, in was für einer Beziehung sie zueinander stehen“, sagt Julie Williamson, die Interaktionsforscherin aus Glasgow. Das zeigen einige klassische sozialwissenschaftliche Studien aus den 1960er- und 70er-Jahren. „Das funktioniert genau gleich in virtuellen Welten“ – jedenfalls, wenn Menschen mit Headset dort sind, wenn die Immersion also komplett ist. Umgekehrt fühlen sich Menschen unwohl, wenn andere einen bestimmten kulturell verhandelten Abstand nicht einhalten, wenn ihnen jemand körperlich zu nahe kommt. „Auch das beobachten wir genauso in VR.“

Williamson hat Versuchspersonen in virtuellen Räumen verschiedener Größe miteinander interagieren lassen – einmal so, dass sie den Abstand zueinander frei wählen konnten, ein andermal in einem recht kleinen Raum, in dem sie relativ dicht beieinander stehen mussten. Die Daten werden derzeit noch ausgewertet, aber es gibt erste Hinweise: So sei es für einige schwieriger gewesen, soziale Signale zu lesen, weil teilweise nicht genügend Platz für Gesten war. „Andere fanden es sehr gemütlich.“ Manche Aufgaben sind eventuell auf engem Raum besser zu erledigen, andere mit mehr Platz. So könnte sich dank der XR-Technologie der Raum an die Situation anpassen. Das geht auch schon mit heutiger VR-Technologie – aber noch hat niemand systematisch erforscht, wie das die Kommunikation verändert.

Sollte sich Spatial Computing nun tatsächlich breiter durchsetzen, werden solche Themen relevant. „Vielleicht können wir aus sozialen Signalen auch ablesen, welche Interak-

„Apple versteht, wie unangenehm es ist, keinen Blickkontakt haben zu können.“



Die Apple Vision Pro soll die reale Umgebung mit virtuellen Elementen verschmelzen.



Auch Meta versucht sich an AR: Die Meta Quest Pro bietet einen Durchsichtsmodus, der die reale Umgebung mit virtuellen Elementen zeigt.

tion erfolgreicher war“, sagt Williamson, „das alles sind Dinge, die in der materiellen Welt nicht so einfach möglich sind.“ Auch wie sich die Lautstärke eines Gesprächs verändert, wenn sich eine Person nähert oder entfernt, beeinflusst die Interaktion. „Wie stark der Ton abfällt, wenn sich jemand entfernt, beeinflusst die Konzentration oder Ablenkung“, sagt Williamson. Veranstalter können so in virtuellen Räumen dazu beitragen, dass Kleingruppen beim Small-talk eher stabil bleiben, indem sie steuern, dass andere Gespräche im Raum nicht oder kaum zu hören sind. Oder sie sorgen für mehr Wechsel, indem für die Einzelnen leichter zu hören ist, was andere Grüppchen gerade besprechen.

Ist das nicht Manipulation? „Letztlich kann das sogar jeder Nutzer für sich selbst einstellen“, sagt Williamson – auch, ob und wie er die anderen Personen sehen will. Das wiederum führt zu unterschiedlichen Erfahrungen in der gleichen Realität und könnte auch Probleme hervorrufen. Erleben zwei Personen die gleiche Realität unterschiedlich – weil eine möglicherweise jemanden ausgeblendet hat, den die andere sieht –, kann das zu Missverständnissen und Unsicherheiten führen. Solche Mechanismen können auch zur Ausgrenzung genutzt werden – so wäre es theoretisch möglich, etwa alle Frauen oder alle People of Colour aus seiner virtuellen Realität auszublenden.

„Die Chance einer solchen Technologie besteht darin, unsere Wahrnehmung der Realität zu verändern, um die Kluft zu überbrücken, die zwischen uns besteht“, sagt Yun Suen Pai, Leiter der Physio-

netic Interactions Group in the Embodied Media Laboratory an der japanischen Keio-University in Tokio. Letztlich geht es darum, das materielle Leben mithilfe immersiver Technologie besser zu gestalten, sagt Pai, und Empathie und Toleranz von Menschen zu verstärken. Die Rolle der XR-Technologien soll dabei sein, Missverständnissen vorzubeugen, indem sie Emotionen und Bedürfnisse vermitteln.

Pai arbeitet an „bioresponsive“ Avataren: Dabei versucht er mittels Wearable Computing Geräten wie Armbändern oder auch smarten Brillen, verschiedene körperliche Werte wie die Hautleitfähigkeit und die Herzrate zu messen und aus diesen und möglicherweise weiteren Faktoren den emotionalen Zustand einer Person zu errechnen. Der Avatar dieser Person könnte dann diesen psychischen Status an die Mitmenschen vermitteln. „Bisher zeigen Avatare nur, wie du dich bewegst, aber sie vermitteln nicht den kognitiven oder emotionalen Zustand einer Person.“ Das ist sicherlich nicht für jede und jeden und in jeder Situation angenehm und angemessen. Diese radikale Transparenz kann je nach Hintergrund also als Utopie oder als Dystopie gesehen werden. Auch hier ist weitere Forschung nötig – und sollten solche Möglichkeiten real werden, wird es Optionen geben müssen, diese Effekte als Nutzerin zu beeinflussen.

XR-Welten sollen sich aus seiner Sicht zu „geteilten, sicheren Orten“ entwickeln, in denen ältere Menschen ihre Bedürfnisse durch bioresponsive Avatare ebenso unaufdringlich vermitteln können wie Menschen mit besonderen psychischen

Wer VR-Desktop-Nachbildungen wie Bigscreen VR ausprobiert hat, weiß, was für ein Schmerz das war.



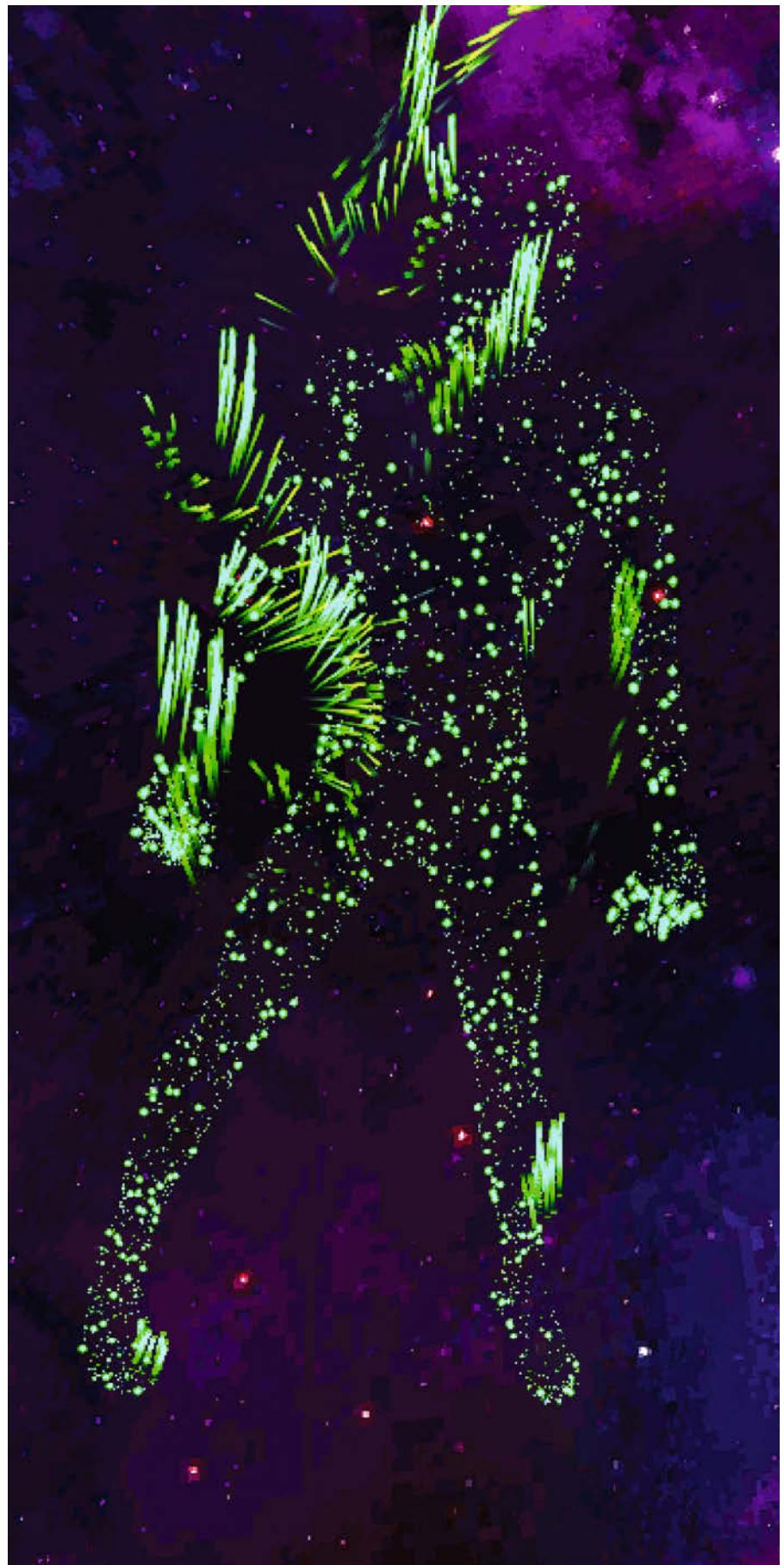
Prototyp eines virtuellen Meeting-Raums, der die Kommunikation verbessern soll: Die Redezeit wird als Balken über jedem Avatar angezeigt. Der virtuelle Screen fasst das Gesagte zusammen.

Yun Suen Pai arbeitet an „bioresponsiven“ Avataren: Wearables messen den emotionalen Zustand eines Users. Ist dieser positiv gestimmt und angeregt, leuchtet der Avatar grün.

Bedürfnissen. „Das empathische Metaverse versteht, was Menschen brauchen, um wirklich zu interagieren.“ In seinen Experimenten verändert Pai die Avatare in virtuellen Welten und versucht so, bestimmte Emotionen auszudrücken – beispielsweise Niedergeschlagenheit durch graue Farben – und wertet die Interaktionen danach aus, inwiefern ein veränderter emotionaler Status diese beeinflusst. Freilich gebe es hier einige Herausforderungen zu bewältigen, gibt er zu, beispielsweise in Fragen des Datenschutzes und des Vertrauens: In seinen Experimenten stellte sich heraus, dass Menschen zwar gerne viel über andere wissen wollen, aber weniger gerne viel über sich selbst preisgeben wollen. Dabei lohne es sich: „Das bringt uns die Superpower, uns wirklich emotional mit anderen zu verbinden.“ Aber auch hier zeigt sich, dass weitere Forschung und eine gesellschaftliche Diskussion nötig sind, um zu entscheiden, ob und wie wir solche Möglichkeiten nutzen wollen.

Vielleicht wandert die XR-Technologie sogar irgendwann in unseren Körper – per Gehirnimplantat: „Wir könnten virtuelle Welten in unseren Geist integrieren: Wenn du das Gehirn austrickst, kannst du alles simulieren“, sagt Pai. Was zunächst absurd klingt, ist eine konsequente Fortsetzung dessen, was immersive Technologie heute schon tut: Uns vorgaukeln, wir befänden uns in einer anderen Umgebung. Forschung hat gezeigt, dass VR-Welten nur deshalb so echt wirken, weil sie ausnutzen, dass unser Gehirn stets bestrebt ist, eine konsistente Realität zu konstruieren. Ob wir unsere intimen Informationen künftig tatsächlich direkt per Gehirnimplantat mit unseren Mitmenschen teilen, ist offen – das sei jedenfalls eher die fernere Zukunft, räumt Pai ein.

Aber auch in der nahen Zukunft schreitet die technische Entwicklung schneller voran, als vielen bewusst ist,



sagt Julie Williamson. „Der Bedarf für externe Geräte wird schon geringer.“ Sie zeigt auf ihr Smartphone. „Das werden wir nicht mehr lange mit uns herumtragen. Stattdessen werden wir smarte Brillen tragen, die auch alle anderen Geräte überflüssig machen“, prophezeit sie. Das ist erstaunlich, denn wer noch vor wenigen Jahren VR-Desktop-Nachbildungen wie etwa Bigscreen VR ausprobiert hat, weiß, was für ein Schmerz das war: Auf den eingebblendeten Tastaturen ließ sich nicht richtig tippen, weil sie sich erstens oft nicht am genau richtigen Ort befanden und weil zweitens das haptische Feedback fehlte. Auch die Bildschirme waren meist nur unscharf durch das VR-Headset zu sehen.

Diese Probleme scheinen nun weitgehend gelöst zu sein. Auch die Möglichkeit, dank Passthrough reale Tastaturen oder auch die eigenen Hände scheinbar nahtlos in virtuelle Welten zu integrieren, biete viele Chancen, meint Williamson – die zugibt, dass sie als XR-Forscherin freilich offener ist als andere und womöglich einen leichten Bias in ihrer Wahrnehmung hat. „Es wird nicht mehr lange dauern, bis XR alle unsere Geräte ersetzt.“ Sie kann es kaum erwarten, die vielen Bildschirme und die Tastaturen aus ihrem Büro zu verbannen.

WEM GEHÖREN DIE DATEN?

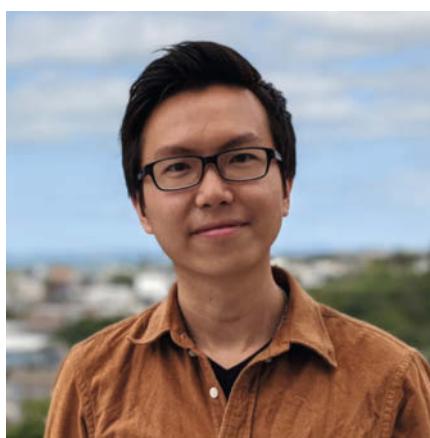
Zu den potenziell eher dystopischen Eigenschaften der Vision Pro – und vermutlich auch der nachfolgenden Konkurrenzprodukte – gehört jedoch sicherlich ihr ausgesprochener Datenhunger. Das Display kann nur dann funktionieren, wenn es permanent die Umgebung des Users scannt und filmt – und damit auch die Menschen, die mit den Vision-Trägern in einem Raum sind. Um Datenschutz- und Sicherheitsbedenken auszuräumen, hat der Konzern daher bereits eine Reihe von Sicherheitsmaßnahmen installiert, die zumindest in die richtige Richtung weisen: Sämtliche Informationen über die direkte Umgebung des Users und auch sein persönliches Profil inklusive der biometrischen Daten werden verschlüsselt auf dem Gerät selbst gespeichert – sie gelangen nicht in die Cloud. Zudem dürfen externe Apps, die auf der Brille laufen, nicht auf die externen Kameras zugreifen. Die einzige App, die das darf, ist die von Apple selbst bereitgestellte Aufzeichnungs-App. Ob das genügen wird, um hier in Europa die Anforderungen der

„Es wird nicht mehr lange dauern, bis XR unsere Geräte ersetzt. Ich kann es kaum erwarten, Bildschirme und Tastaturen aus dem Büro zu verbannen.“

Pablo Cesar von der TU Delft warnt vor dem Überwachungspotenzial von XR-Brillen.



Yun Suen Pai von der Keio-University in Tokio will Emotionen und Bedürfnisse in XR vermitteln.



© Copyright by Heise Medien.

Datenschutzgrundverordnung und des AI Act – der höchstwahrscheinlich die Echtzeit-Gesichtserkennung verbieten wird – zu erfüllen, bleibt abzuwarten.

Aber auch wenn die Geräte perfekt legal arbeiten, können all diese Informationen, die künftige smarte Geräte sammeln und aufzeichnen, um uns das Leben zu erleichtern, auch gegen uns verwendet werden, warnt Emotions- und Games-Forscherin Isbister: „Das bringt viele Möglichkeiten der Manipulation mit sich. Gerade Emotionen können zu starken Interaktionen führen.“

Grundsätzlich wachsen Manipulationsmöglichkeiten mit der Monopolisierung in diesem Bereich, warnt Pablo Cesar. Der Professor für Human-Centred Multimedia Systems an der TU Delft forscht schon seit vielen Jahren im Bereich des Ubiquitous Computing – des „allgegenwärtigen Rechnens“, also der Idee, dass Computer in unsere Umwelt integriert werden und keine eigenständigen Geräte mehr sind.

Das Konzept des Spatial Computing umzusetzen und ein intuitiv zu bedienendes Device zu schaffen, das „weiß“, was sein Nutzer als Nächstes tun will, wäre technisch zwar extrem reizvoll – „wir bräuchten dann gar keine persönlichen Geräte mehr“. Dafür müsste allerdings unsere Umwelt breit mit volumetrischen Kameras und Bewegungserfassungs-Technologie ausgerüstet sein. Das kann riskant sein, schließlich kann das auch zur Überwachung genutzt werden. Deshalb müssen wir uns überlegen, wer diese Infrastruktur aufbauen soll, sagt Cesar: „In einer Welt, in der Tech-Unternehmen das tun, möchte ich nicht leben.“

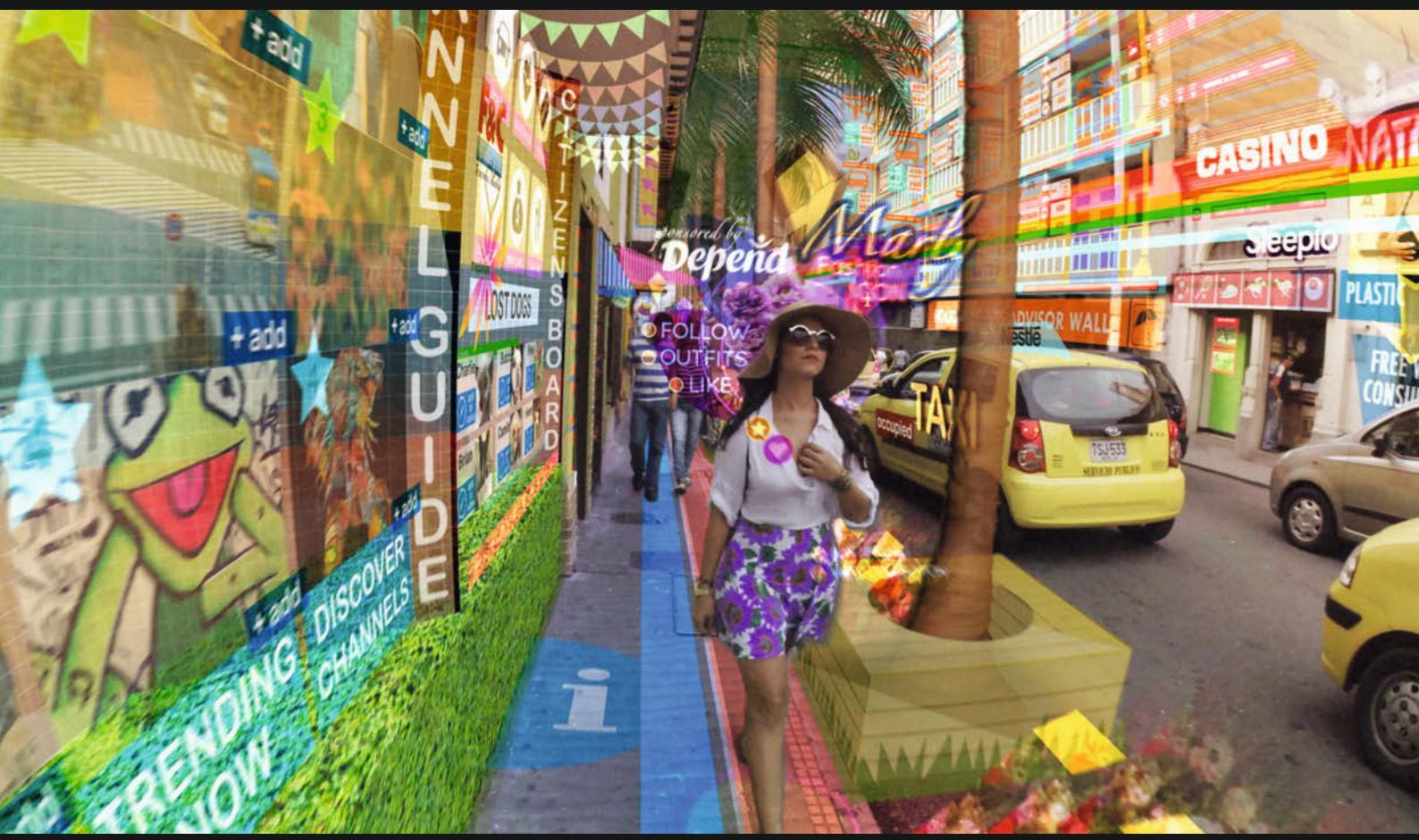
Das allerdings ist Geschmackssache: Während in Europa eher der Regierung vertraut wird, herrscht in den USA tendenziell eher Misstrauen gegenüber der Politik vor, und Tech-Konzerne genießen mehr Vertrauen. Eines ist klar: Diese Zukunft bringt mannigfaltige Überwachungsmöglichkeiten mit sich, die wir als Gesellschaft im Auge behalten müssen. Bevor es so weit ist, könnte und sollte privatsphärenfreundliche Datenanalyse weiter erforscht werden. Denn wenn am Ende vor allem die Frage steht: Wer soll uns lieber überwachen – Regierungen oder Tech-Konzerne –, dann ist die Zukunft eine dystopische. Deshalb sei es wichtig, jetzt Normen und Sicherheitsmechanismen zu entwickeln, sagt Isbister. „Wir müssen diese Pflichtaufgaben neben der fancy Arbeit her erledigen.“ ●

Wir schreiben Zukunft.

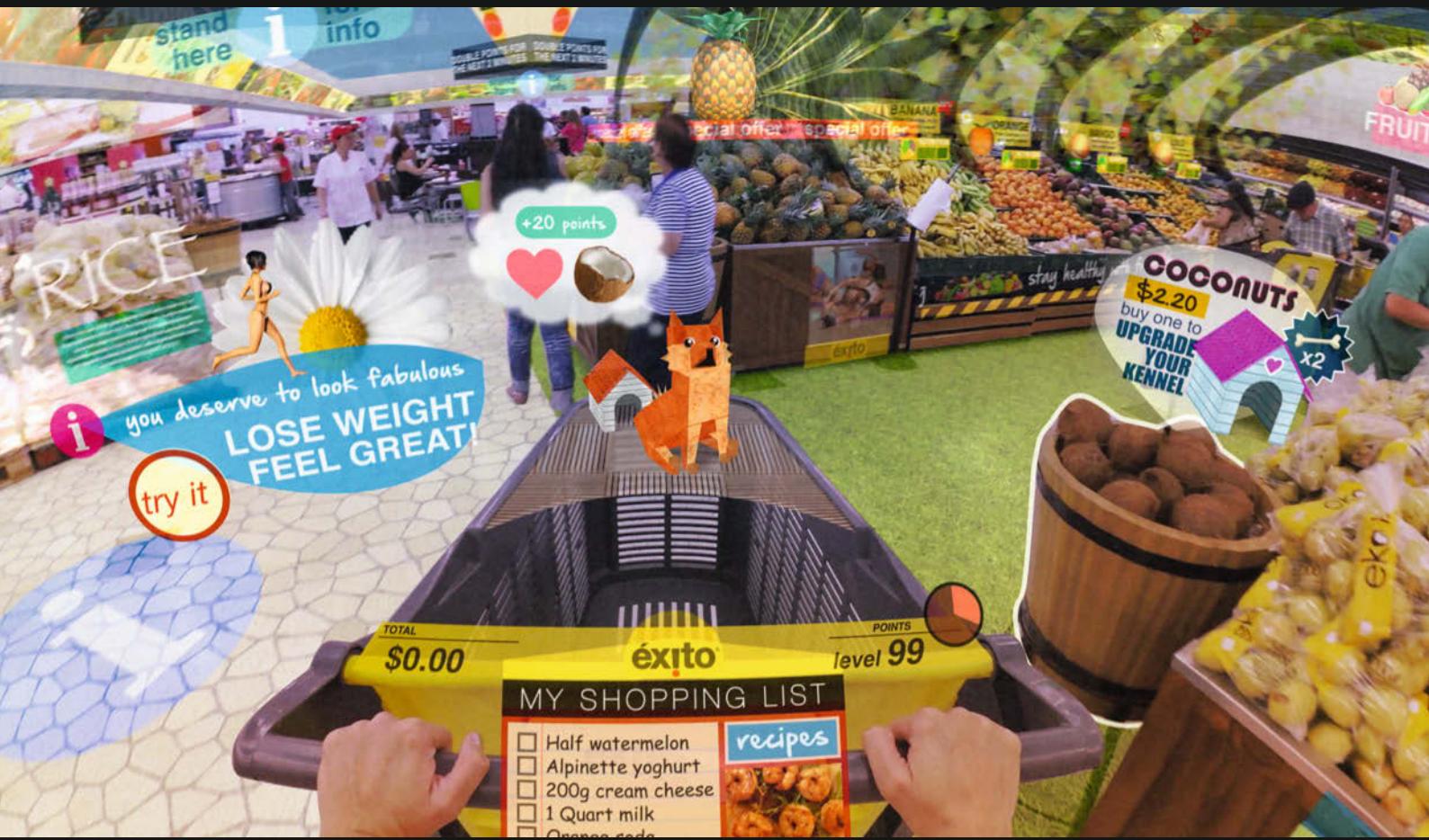


2 Ausgaben MIT Technology Review
als Heft oder digital
inklusive Prämie nach Wahl

mit-tr.de/testen



XR überlagert die Realität mit zusätzlichen Informationen. Das kann ganz schön bunt werden, wie diese Szenen aus *Hyper-Reality* zeigen. Werbung in XR könnte sich als extrem aufdringlich erweisen.



„Es wird Schichten von Realität geben, zwischen denen wir navigieren“

Der Designer Keiichi Matsuda hat mit *Hyper-Reality* vor einigen Jahren einen eindrucksvollen, dystopischen Kurzfilm über die Zukunft der erweiterten Realität geschaffen. Wird seine Vision mit Apples neuer VR-Brille Vision Pro jetzt Wirklichkeit? – Interview: Wolfgang Stieler

Keiichi Matsuda hat eigentlich Architektur studiert, bezeichnet sich selbst aber als „kritischen Designer“, der mit seiner Arbeit versucht, den Einfluss neuer Technologien auf unser alltägliches Leben erfahrbar zu machen. International bekannt wurde Matsuda durch den Kurzfilm *Hyper-Reality*, der unter anderem im New Yorker MoMA gezeigt wurde. 2021 gründete er sein Design-Studio Liquid City.

Es ist jetzt etwa zehn Jahre her, dass Sie mit *Hyper-Reality* Ihre Vision von erweiterter Realität veröffentlicht haben. Sie zeigen prekäres Gig-Working, Gamification, gezielte, ortsabhängige Werbung und sogar einen KI-Agenten für den Benutzersupport. Hatten Sie eine Kristallkugel?

Wenn wir über neue Technologien nachdenken, neigen wir dazu, sie isoliert voneinander zu betrachten. Wir

denken vielleicht über die Zukunft der Künstlichen Intelligenz, die Zukunft der Arbeit, die Zukunft der Städte, die Zukunft des Verkehrs, die Zukunft der Sprache nach. Für mich ist es beinahe eine Pflicht, über all diese Dinge gleichzeitig nachzudenken.

Für *Hyper-Reality* haben wir eine Menge Ideen zusammengeführt, sodass wir wirklich ganzheitlich erfahren konnten, wie sich die Zukunft aus der Perspektive eines ganz normalen Menschen anfühlt, der in einer normalen Stadt lebt.

Was dachten Sie, als Sie das erste Mal hörten, dass diese Idee mit der Apple Vision Pro nun Wirklichkeit werden könnte?

Die Qualität und die Benutzerfreundlichkeit, die Apple bietet, sind großartig. Das ist etwas, das meiner Meinung nach bisher ein wenig vernachlässt

sigt wurde – vielleicht waren die Menschen, die in der Technologiebranche arbeiten, zu lange bereit, ein geringeres Maß an Qualität bei der Hardware zu akzeptieren. Es ist also sehr aufregend für die Branche, dass Apple in diesen Bereich einsteigt.

Wird Spatial Computing, als die Zusammenführung von realer und digitaler Welt, die bisher bekannte digitale Welt kurzfristig ersetzen?

Ich denke, die Software-Schnittstellen, die wir gewohnt sind, sind bereits äußerst effizient und produktiv. Die Software, die ich auf meinem Laptop habe, ist extrem leistungsfähig. Sie ermöglicht es mir, Aufgaben zu erledigen, die ich mir vorher nicht hätte vorstellen können. Und ich kann ihn überall nutzen. Ich denke also nicht, dass wir bestimmte Technologien kurzfristig als Ersatz für

die vorhandenen Geräte betrachten sollten. Steve Jobs hat mal gesagt, der PC sei ein „Fahrrad für den Verstand“. Aber ein Fahrrad kann uns nicht nur schneller ans Ziel bringen, sondern auch an Orte, die wir bisher nicht erreichen konnten.

Wie meinen Sie das?

Ich persönlich komme ja aus der Architektur. Ich habe mich immer sehr dafür interessiert, wie es sich anfühlt, eine neue Umgebung wirklich zu betreten und nicht nur zweidimensional auf einem Bildschirm zu betrachten. Ich hatte das Gefühl, dass der Raum so zu etwas Plastischem werden könnte, mit der Möglichkeit, ihn zu formen.

Ich glaube, ich habe zum ersten Mal in einem William-Gibson-Roman von virtuellen Kunstwerken gelesen, die in Städten aufgestellt werden. Eine faszinierende Idee. Aber das ist nur sinnvoll, wenn jeder, der eine XR-Brille trägt, sie auch sehen kann. Unabhängig von der App, die darauf gerade läuft.

Es besteht die Möglichkeit, dass jeder, der eine AR- oder XR-Brille trägt, eine völlig andere Realität sieht. Das ist vielleicht für einige Menschen die bevorzugte Lösung. Ich glaube aber nicht, dass die Antwort darin besteht, die Menschen noch tiefer in ihre eigenen Filterblasen zu führen. Denn das bedeutet, dass man sich die Chance entgehen lässt, dass diese Technologien uns näher zusammenbringen. Es geht also immer um die Frage, wie wir Systeme schaffen können, die inklusiver sind.

Ich habe in frühen Krypto-Chats gelesen, dass Leute darüber nachdenken, virtuelles Land zu parzellieren und es zu verkaufen. Aber ich denke, das ist kein gutes Ergebnis, weil es keine Garantie dafür gibt, dass der Besitzer eines bestimmten Stücks Land das Beste für die Menschen will, die dort leben.

Ein anderes Extrem wäre eine Realität, in der die KI alles kontrolliert, was Sie sehen, auf der Grundlage Ihres Geschmacks und Ihrer Vorlieben, Ihres Nutzerprofils und Ihres sozialen Graphen. Eine völlig maßgeschneiderte Realität für Sie konstruiert, die nur von einer Person bewohnt wird. Es gibt aber auch die Idee einer erzwungenen gemeinsamen Realität, bei der man zum Beispiel eine Reihe von Regeln aufstellen könnte, die im Idealfall zu einem guten Ergebnis für alle führen sollten.

„Es besteht die Möglichkeit, dass jeder, der eine AR- oder XR-Brille trägt, eine völlig andere Realität sieht.“

Mit seinen multimedialen Arbeiten will der Designer Keiichi Matsuda zeigen, welche Auswirkungen neue Technologien auf das tägliche Leben haben können.



Was wären das für Regeln?

Man könnte festlegen, dass es keine Alltagsobjekte wie Teetassen von der Größe Manhattans geben darf, die den virtuellen Raum komplett besetzen. Es kann Regeln für die Interaktion geben, die nur bestimmte Aktionen erlauben. Es könnte aber auch möglich sein, ein System zum Hoch- oder Herunterstufen von Inhalten zu verwenden, um zu bestimmen, welche Dinge in dieser Welt am meisten geschätzt werden. Vielleicht schließen wir uns aber auch in Stämmen mit gemeinsamen Interessen zusammen. Dann gibt es verschiedene Schichten von Realität, zwischen denen man navigieren kann. Man kann sich sogar einen zukünftigen virtuellen Tourismus vorstellen.

Wir haben letztes Jahr in Zusammenarbeit mit Niantic (AR Game Studio, das durch *Pokemon Go* bekannt wurde) ein Experiment zu diesen verschiedenen Organisationsmodellen durchgeführt. Wir nannten es „Stories for the Real World Metaverse“ (heise.de/s/XQYd). Da gibt es vier Szenarien, die zeigen, wie das Leben in so einer Stadt aussehen könnte. In einer Story bestimmt allein der Grundstücksbesitzer, was alle, die an seiner Hausfassade vorbeigehen, in XR sehen. Die Ladengeschäfte sehen also sehr bunt und attraktiv aus, aber es gibt auch Ecken, die haben keinen Besitzer. Die sind schäbig, und niemand kann etwas daran ändern. Außerdem sind die Anwohner der Straße unzufrieden, weil niemand außer den Ladenbesitzern bestimmen kann, wie die Straße aussehen soll. Sie tun sich zusammen und setzen eine Art Community-Fest durch, bei dem sie ihre Straße selbst mit bunten Masken und Dekorationen schmücken.

Sind Sie also eher optimistisch oder pessimistisch, was die möglichen Auswirkungen der erweiterten Realität angeht?

Ich versuche immer, ein Gleichgewicht zu finden. Ich möchte keine reine Dystopie erschaffen, in der nichts wertvoll ist, weil ich nicht glaube, dass das glaubwürdig ist. Und auf der anderen Seite möchte ich nichts schaffen, das nur optimistisch ist und die Augen vor den Gefahren verschließt, die so offensichtlich sind.

Es gibt eine Tendenz, jede neue Technologie als eine Art Bedrohung oder Gefahr zu sehen. Ich denke, es ist wichtig, wachsam zu sein, wenn es darum geht, inwieweit wir uns diese Technolo-

gien zu eigen machen wollen. Aber ich glaube auch, dass es noch einen großen Spielraum gibt, wie sie eingesetzt werden können. Es gibt so viele mögliche Zukunftsperspektiven für diese Technologien.

Anstatt zu versuchen, jetzt zu entscheiden, wie diese Zukunft aussieht und ob wir sie wollen oder nicht, denke ich, dass es an uns liegt – besonders an den Menschen, die in diesem Bereich arbeiten – ihren Geist für diese Möglichkeiten zu öffnen. Denn wenn sie das nicht tun, werden wir mit den langweiligsten und am meisten produktivitätsorientierten, ausbeuterischen und konsumorientierten Versionen dieser Technologie enden.

Merger, der letzte Film, den Sie veröffentlicht haben, war von 2018. Jetzt haben Sie Ihr eigenes Studio. Haben Sie noch Zeit, weitere Filme zu produzieren?

Es ist lustig, dass Sie fragen. Kurz vor diesem Interview habe ich einen Trailer für einen neuen Kurzfilm geschnitten, der in den nächsten Wochen erscheinen wird. *Hyper-Reality* hat drei Jahre lang einen Großteil meiner wachen Zeit in Anspruch genommen. Diesen Luxus habe ich jetzt nicht mehr, weil ich mehrere verschiedene Projekte durchführen muss. Dieser neue Film ist also in gewisser Weise nicht so visuell spektakulär.

Worum wird es in diesem Film gehen?

Merger war ein Film über eine KI, die man sich in ihrer Komplexität und ihrem Ausmaß kaum vorstellen kann und die all die verschiedenen Dinge beeinflusst, die wir in unserem Leben tun.

Agents, der neue Film, ist fast das Gegenteil davon: Die Welt ist voll von diesen kleinen Geistern oder Dämonen, die von jedem erschaffen werden und die unter uns leben. Ich versuche, eine Vision zu skizzieren, wie wir KI nicht als einen allmächtigen Angriff auf das Menschsein betrachten können, sondern als eine Art belebte Geisterwelt, die es uns ermöglicht, miteinander und mit der Technologie auf eine Weise zu kommunizieren, die sich sehr, sehr natürlich und sogar niedlich anfühlt.

Das klingt sehr japanisch. Ich habe einen frühen Aufsatz von Ihnen gelesen, in dem Sie über Naturgeister in Japan und virtuelle Realität geschrieben haben.

Merger beruht im Grunde auf der Idee einer KI als allmächtigem Gott. Eine

Idee, die ich sehr westlich finde. Ich wollte also einen Kontrast, eine Alternative dazu finden, indem ich über Animismus oder japanischen Shinto als eine Art andere Seite der Medaille nachdachte, wo KI-Agenten, autonome, kleine Programme, nicht allmächtig sind und nicht allwissend. Sie können dumm sein, sie können verspielt sein, sie können gutartig sein, sie können hilfreich sein oder sie können bösartig sein.

Designer sind von der Idee mentaler Modelle besessen. Wir versuchen immer, neue und ungewohnte Technologien mit vertrauten Vorgehensweisen zu verbinden. Wenn man an das römische oder griechische Pantheon denkt, wo es verschiedene Götter für verschiedene Zwecke gab, dann ist das nicht mehr weit entfernt von einem App-Store. Aber in diesem Fall sind wir nicht nur Konsumenten, sondern wir können auch unsere eigenen Agenten erstellen. Wir können sie mit anderen Leuten teilen, und wenn der Agent, den ich erstellt habe, besser ist als der, den meine Toaster-Marke erstellt hat, dann kann man ihn vielleicht austauschen, oder?

Mit Ihrem Studio entwickeln Sie AR-Spiele für Smartphones. Glauben Sie, dass das eine Zukunft hat, wenn gute XR-Brillen auf den Markt kommen?

So ziemlich jeder, der AR für Smartphones entwickelt, träumt von dem Tag, an dem wir leichte AR-Headsets mit fantastischen Displays und extrem langer Akkulaufzeit haben werden. Die Technologie, die wir entwickeln, ist nicht unbedingt für ein bestimmtes Gerät gedacht. Der Traum ist, dass man etwas erschaffen kann, das eine andere Realitätsebene darstellt, die man dann aber mit jedem beliebigen Gerät erleben kann.

Das Gerät könnte sehr leistungsfähig sein, wie eine AR-Brille, ein Helm oder ein Visor. Es könnte aber auch etwas viel Leichteres sein, sogar ein Kopfhörer, mit dem man in diese Welt hineinhören kann, ohne sie mit den eigenen Augen zu sehen. Ich denke, es gibt viele verschiedene Arten von Zugang zu diesen Welten, und es ist für mich weniger wichtig, welche man benutzt, um in diese Welten zu gelangen. Für mich ist es interessanter, warum ich versuche, Zugang zu dieser Welt zu bekommen. Was ist in dieser Welt, was bietet sie mir, wie interagiere ich mit ihr und welche Spuren hinterlässt sie auch in der physischen Welt? ●

Schwierige Schnittstelle

Mit seiner Vision Pro will Apple neue Maßstäbe bei der Verschmelzung von Realität und Computer setzen. Das ist technisch alles andere als einfach – und es verrät uns viel über die menschliche Wahrnehmung. – Wolfgang Stieler
© Copyright by Heise Medien.

Jahrtausendelang galten Menschen, die Dinge sehen, die nicht da sind, wahlweise als verrückt, auf Drogen oder als spirituell erleuchtet – jedenfalls als nicht ganz von dieser Welt. Doch seit mittlerweile rund 50 Jahren arbeiten Wissenschaftler und Ingenieure an technischen Möglichkeiten, mit denen sich solche Erfahrungen auch ohne Wahn erleben lassen.

Bereits 1968 schuf der Computergrafik-Pionier Ivan Sutherland an der University of Utah ein Gerät, mit dem im Computer erzeugte, virtuelle Gegenstände innerhalb der physischen Realität sichtbar wurden. Das Gerät enthielt zwei Röhrendisplays – jeweils für das rechte und linke Auge. Die Bildröhren waren mit einem grafischen Computer-Interface verbunden und konnten vom Computer erzeugte „Drahtmodelle“ von sich bewegenden dreidimensionalen Gegenständen darstellen.

Die wurden mit einer Bildwiederholungsfrequenz von 30 Hertz über Prismen in das Sichtfeld des Trägers projiziert. Der sah sie dann mithilfe einer speziellen Brille scheinbar in der realen Umge-

AR-Display mit Bildröhren von 1968.
Über dem Kopf des Users ist ein Sensor
für die Kopfposition angebracht.

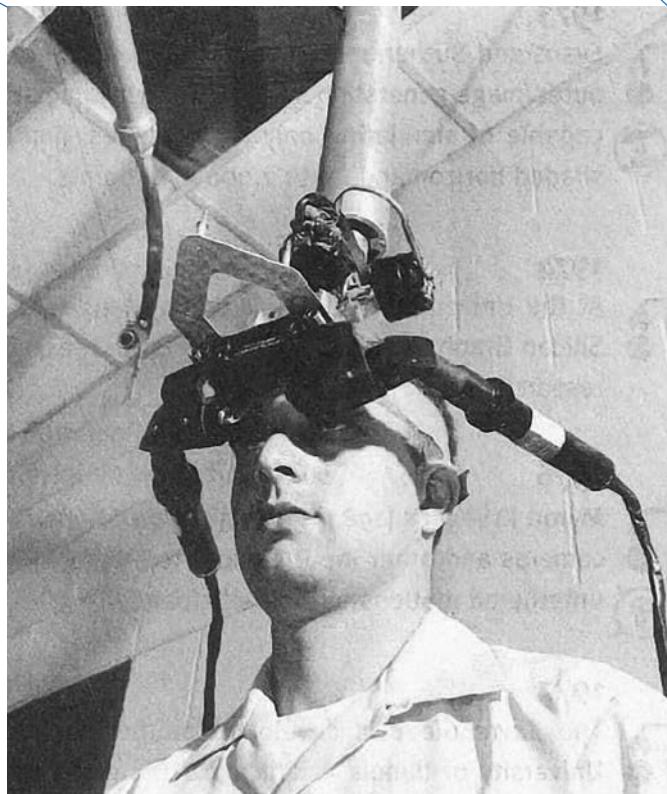


Foto: Harvard University / Nutzung mit Genehmigung von Dr. Ivan Sutherland

bung schweben. Das Gerät war allerdings so schwer, dass es über dem Träger aufgehängt werden musste, damit dieser trotzdem noch den Kopf bewegen konnte. Der Sensor für die Kopfposition wurde daher „Schwert des Damokles“ genannt.

Handlicher wurde die Hardware erst Jahre später. 1992 entwickelten die Ingenieure Thomas Caudell und David Mizell bei Boeing erstmals ein halbdurchsichtiges Display, das wie eine Brille auf dem Kopf getragen wurde. Es blendete computer-generierte Informationen in das Sichtfeld ein. Caudell und Mizell waren es auch, die dafür den Begriff „Augmented Reality“ prägten – zu Deutsch etwa „aufgebesserte Realität“. Das Gerät sollte die Boeing-Arbeiter dabei unterstützen, Kabelbäume in Flugzeugen zu montieren. Das System blendete dazu die jeweiligen Verdrahtungspläne ein. Allerdings war die Erfassung der Kopfposition so träge, dass sich mit dem System nicht wirklich praktisch arbeiten ließ.

Auflösung des Displays, Latenzzeit der Reaktion auf Bewegungen, Gewicht, Energiebedarf: Auch die Entwickler modernster AR-Displays kämpfen immer noch mit den technischen Problemen, mit denen bereits Sutherland, Caudell und Mizell zu tun hatten – auch wenn die Hardware viele Fortschritte gemacht hat. Dabei ist es eher nebensächlich, ob man von AR, Mixed Reality (MR), Extended Reality (XR) oder wie Apple neuerdings von Spatial Computing spricht.

DURCHSEHEN UND DURCHLASSEN

Technisch gesehen gibt es grundsätzlich zwei Möglichkeiten, die Wahrnehmung der normalen Umgebung mit virtuellen, künstlich erzeugten Bildern zu mischen.

Auf den ersten Blick naheliegend ist Sutherlands Ansatz: Der User trägt eine mehr oder weniger durchsichtige Brille, in deren Gläser die Computergrafik „eingekoppelt“ wird – das Ganze wird „See-through“-Display genannt, ein Display mit Durchsicht. Allerdings kann man den Projektor nicht in der Sichtlinie des Display-Nutzers platzieren, dann würde er die Umgebung verdecken. Also muss man die Bilder gewissermaßen um die Ecke projizieren. „Das Ganze funktioniert ein bisschen wie bei einem Periskop“, sagt Marc Pollefeys, der an der ETH Zürich lehrt und forscht und das Mixed Reality and AI Lab von Microsoft in Zürich leitet.

Bei den ersten AR-Displays übernahmen mehr oder weniger klobige Prismen diese Aufgabe. In modernen AR-Displays übernehmen die Gläser der Brille die Funktion von Wellenleitern – ähnlich wie eine Glasfaser: Das eingespeiste Licht eines Displays wird an der Oberfläche des Glases immer wieder reflektiert, bis es auf eine Stelle trifft, an der es austreten kann. Dieser Auskopplungsbereich ist entweder eine mit Metall bedampfte, halbdurchlässige Fläche oder das Glas wird mit einem feinen Beugungsgitter strukturiert.

Ausgerechnet eine der größten Stärken von Apples Brille erweist sich gleichzeitig als Schwäche: die superhochauflösenden 4K-Displays.

Der zweite Ansatz wird „Pass-through“ (durchlassen) genannt: Eine Kamera nimmt Bilder der externen Umgebung auf, die auf zwei Displays geschickt werden. Dem User wird auf diese Weise nur vorgegaukelt, dass er durch die Brille hindurch seine Umgebung sieht. Die Meta Quest Pro, die meist als VR-Brille eingesetzt wird, hat einen halbwegs realistischen Passthrough-Modus. Und bei Apples Vision Pro soll das sogar in beide Richtungen funktionieren. Die Brille projiziert nicht nur die Außenansicht nach innen, sondern auch Bilder der Augen des Trägers auf die Außenseite.

Für Passthrough-Systeme benötigt man keine komplizierte Optik, die Bilder in die Augen des Users projiziert, ohne gleichzeitig die Sicht zu verdecken. Zugleich ermöglichen solche Displays ein größeres Sichtfeld als Seethrough-Brillen, denn sie unterliegen nicht den technischen Randbedingungen der „Waveguide“-Displays. Praktisch heißt das: Während die Seethrough-Brille Hololens 2 ein Sichtfeld von 52 Grad diagonal aufweist, sind es bei Apples Passthrough-System Vision Pro 100 Grad. Der Träger einer Hololens hat also einen viel kleineren Ausschnitt, in dem er die erweiterte Realität wahrnehmen kann. Das führt bisweilen zu unschönen Effekten, wenn etwa ein ins Sichtfeld projiziertes Bild abgeschnitten wird.

Doch die Passthrough-Technik hat auch Nachteile. Zum einen sind die Außenkameras nicht in Augenposition montiert. Das führt zu einer Verzerrung der Darstellung, die – abhängig von der Blickrichtung – ständig korrigiert werden muss. Meta experimentiert in seinem Forschungsprototyp Flamera deshalb mit „Lichtfeld-Sensoren“, die außen in Augenposition auf der XR-Brille sitzen und ein wenig an Insektenaugen er-

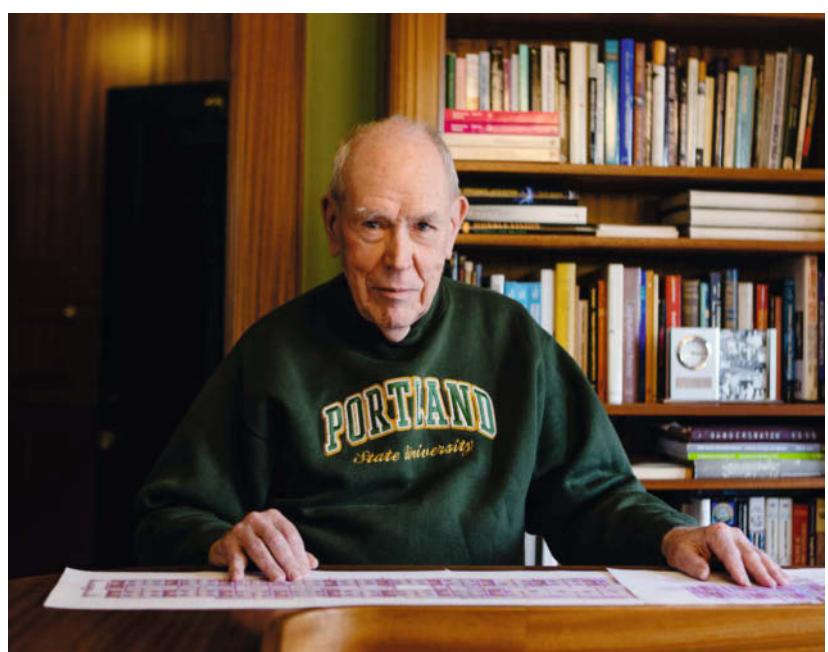
innern (heise.de/s/5608). Diese Art Kamera besteht aus einem Gitter mit vielen kleinen Öffnungen, hinter denen Linsen und Sensoren sitzen. Die Sensoren messen die Intensität des Lichtes an jedem Sensorpunkt. Daraus rekonstruiert die Software dann das komplette „Lichtfeld“, in dem die Information über die äußere Umgebung enthalten ist. Tatsächlich sorgt das Verfahren für viel weniger Verzerrung – ist aber rechnerisch sehr aufwendig.

Zum anderen erweist sich ausgerechnet eine der größten Stärken von Apples Brille gleichzeitig als Schwäche:

die superhochauflösenden 4K-Displays. Denn in dieser Auflösung können auch die hochgezüchteten Grafikchips von Apple die Bilder nicht schnell genug rendern. Also greift der Konzern zu einem Trick: Das hochauflösende Bild wird nur in der Sichtachse der Fovea gerendert, der „Sehgrube“ auf der Netzhaut. Dieses Areal ist am dichtesten mit Sehzellen besetzt. Der Rest des Bildes wird nur in niedriger Auflösung gerendert.

An dem sogenannten „Foveated Rendering“ wird bereits seit über 20 Jahren geforscht (heise.de/s/ErkM). Das Prinzip ist zwar simpel, in der Praxis gibt

Der Grafik-Pionier Ivan Sutherland experimentierte bereits in den 1960er-Jahren mit Displays, in denen gleichzeitig virtuelle und reale Objekte zu sehen waren.



© Copyright by Heise Medien.

es jedoch zahlreiche Detailfragen zu klären. Wie genau Apple das Problem lösen will, ist noch nicht dokumentiert. Klar ist allerdings, dass die Apple-Entwickler dafür ein sehr genaues und schnelles Eye-Tracking benötigen. „Das ist auch der Grund, warum man unter der Vision Pro keine Brille tragen kann, denn das Gerät muss sehr eng am Gesicht anliegen und man muss dafür sorgen, dass kein externes Licht einfällt, damit die Augen sehr präzise verfolgt werden können“, sagt Pollefey.

SCHNELLE REAKTION GEFRAGT

Bei allen technischen Unterschieden zwischen Passthrough- und Seethrough-Systemen gibt es aber auch Gemeinsamkeiten unter den Schwierigkeiten, die bei all diesen Displays auftauchen – egal ob bei VR-, AR- oder XR-Brillen: der Ausgleich von Kopf- und Körperbewegungen und der richtige Umgang mit der Flexibilität des menschlichen Auges.

„Wenn ich meinen Kopf mit dem Display, das an meinem Kopf befestigt ist, bewege und nichts weiter mache, wird sich ein gerendertes Objekt, das ich in dem Display sehe, scheinbar mitbewegen“, erklärt Marc Pollefey. „Wenn man aber möchte, dass die Objekte so aussehen, als wären sie in der Welt fest verankert – was mit realen Objekten in der Regel der Fall ist –, muss man wissen, wie sich der Kopf bewegt, und diese Bewegung ausgleichen, indem man genau zum richtigen Zeitpunkt das richtige Bild von diesem Objekt aus dem richtigen Blickwinkel rendert.“

„Man muss also aus den Sensordaten berechnen, wie der Kopf sich bewegt, und dann das Bild aus dem richtigen Blickwinkel rendern und es auf den Bildschirm bringen“, sagt Pollefey. „Das ist in der Regel nicht schnell genug zu schaffen. Auch nicht mit den besten Grafikprozessoren.“ Bei der Hololens 2 haben die Microsoft-Ingenieure deshalb zu – mittlerweile recht gut dokumentierten – Tricks gegriffen. Sie ließen einen spezialisierten Chip berechnen, wie die Kopfposition einige zehn Millisekunden in der Zukunft aussieht, und rendern dann die Bilder in dieser Position. Weil das immer noch nicht schnell genug war, legten sie noch einen speziell angepassten Verzerrungsfilter über die Bilder. Wie genau Apple das Problem lösen will, ist nicht bekannt. Allerdings gibt der Kon-



Microsoft vermarktet seine Hololens-AR-Displays vor allem für industrielle Anwendungen. Der große Durchbruch blieb bislang jedoch aus.

zern die Latenz der Vision Pro mit zwölf Millisekunden an.

SCHARF SEHEN

Ein weiteres Problem ergibt sich aus der Physiologie des menschlichen Auges: Wenn wir ein Objekt in der Nähe betrachten, drehen sich beide Augen so ein, dass sie das Objekt fixieren. Diese Vergenz wird vom Gehirn – neben anderen Mechanismen – verwendet, um die Entfernung zum Objekt abzuschätzen. Gleichzeitig sorgen Muskeln in unseren Augen dafür, dass die Brennweite der Augenlinse richtig eingestellt wird.

Die Displays in VR- oder AR-Brillen projizieren ihre virtuellen Objekte aber nicht in verschiedenen Entfernung – die Inhalte werden auf eine virtuelle Bildecke scharf gestellt, die wie eine Art unsichtbare Leinwand in zwei Metern Entfernung vor den Augen des Users schwebt. Wenn ein Objekt dargestellt wird, das weiter entfernt erscheinen soll, wird es einfach perspektivisch richtig kleiner auf die unsichtbare Leinwand projiziert.

Unsere Augen fallen jedoch auf diese Täuschung nicht herein: Auch wenn manche Objekte weit weg zu sein scheinen, versucht das Auge, auf die Entfernung von zwei Metern scharf zu stellen. In der Literatur wird das als „Ver-

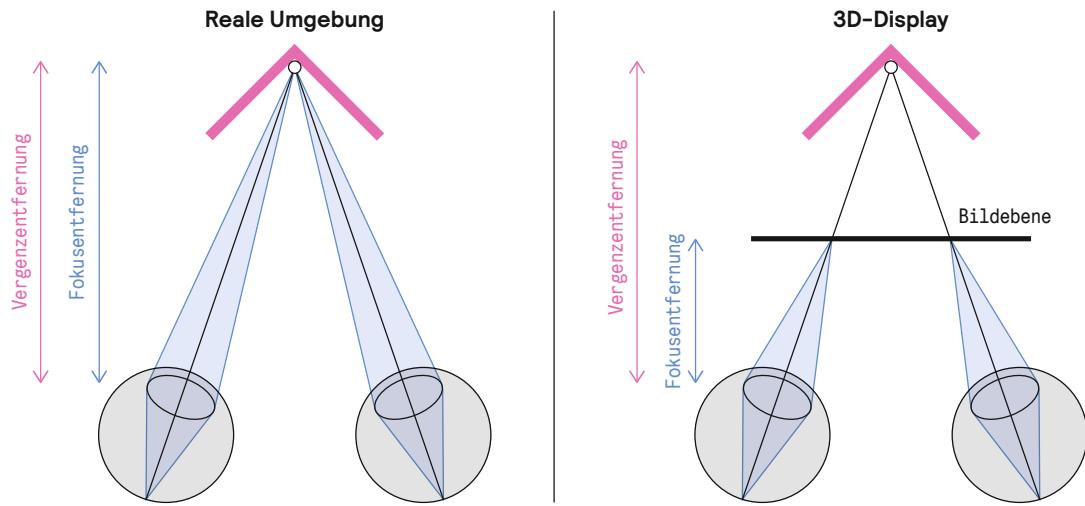
genz-Akkommodierungs-Konflikt“ bezeichnet, der zunächst zu Unbehagen, auf die Dauer auch zu Kopfschmerzen führen kann.

Das Problem ließe sich nur durch Linsen lösen, deren Brennweite man gezielt verändern kann. Erste Versuche mit solchen verstellbaren Linsen gab es bereits 2009, doch sie erwiesen sich als zu langsam und zu unpräzise. Meta arbeitet seit Jahren an einem Prototyp mit variablem Fokus (heise.de/s/qZXe), ist aber noch weit von der Produktreife entfernt. Gerüchteweise soll Apple zunächst auch an einer Technologie geforscht haben, die das Problem löst, dann aber zugunsten einer früheren Markteinführung darauf verzichtet haben. Jedenfalls berichtet der Display-Spezialist Karl Guttag in seinem Blog, dass auch Apple versucht, die App-Entwickler dazu zu bringen, ihre virtuellen Objekte in der Regel in einer Entfernung von zwei Metern zu platzieren, denn in dieser Entfernung wird der Konflikt wenigstens nicht sehr stark wahrgenommen.

WIRKLICHKEIT ZUM ANFASSEN

Neben den rein visuellen Stolpersteinen gibt es noch weitere Faktoren, die darüber entscheiden, ob es gelingt, Menschen das Gefühl zu vermitteln, sich in einer an-

Vergenz-Akkomodierungs-Konflikt



Wenn wir ein Objekt in der realen Welt ansehen, erfassen wir es mit beiden Augen und akkommodieren die Augenlinsen auf die richtige Entfernung. In VR- und AR-Displays müssen wir auf die virtuelle Bildebene scharf stellen. Wenn ein Objekt scheinbar weiter entfernt ist, stimmt die Augenposition aber nicht mit der Fokus-Entfernung überein. Das führt auf die Dauer zu Kopfschmerzen.

deren Form der Realität zu befinden. Denn unser Gehirn prüft permanent, ob ein Sinneseindruck real ist oder nicht – die sogenannte Meta-Kognition. Bereits vor über zehn Jahren experimentierte Kognitionsforscher Keisuke Suzuki von der Hokkaido University mit „Substitutional Reality“, einer Ersatzrealität, und versuchte, Gehirne zu überlisten.

Für sein Experiment filmte er zunächst mit 360-Grad-Kameras sein Labor. Anschließend setzte er Versuchspersonen hinein, die VR-Brillen trugen. Auf die Brillendisplays streamte er ein Live-Video des Labors, in dem sie gerade saßen, sodass sich das für die Probanden anfühlte, als würden sie durch normale Brillen sehen. Ab einem bestimmten Punkt schaltete Suzuki dann auf das vorgefertigte 360-Grad-Video um – allerdings ohne seine Probanden darüber zu informieren. Während diese sich vermeintlich weiter im Labor umsahen, stellten Suzukis Mitarbeiter Gegenstände in dem Labor an andere Orte und schalteten anschließend wieder von der Konserven auf den Live-Stream des Labors. „Wir haben allerhand merkwürdige, widersprüchliche Dinge verändert, um zu sehen, wie die Reaktionen sind.“ Meist jedoch hätten die Versuchspersonen überhaupt nichts bemerkt. „Die Leute vertrauen darauf, dass die Welt so funktioniert, wie sie es immer tut“, sagt Suzuki.

Ein zentrales Element für die starke „Präsenz“, ein Gefühl des Eintauchens in andere Realitäten (heise.de/s/v4oO), entsteht auch durch die Möglichkeit, virtuelle Objekte selbst manipulieren zu können. Allerdings nicht irgendwie – sondern so, dass sich die Interaktion „richtig“ anfühlt. Das

Wenn ein Objekt weiter entfernt erscheinen soll, wird es einfach kleiner auf die unsichtbare Leinwand projiziert.

Konzept sei unter dem Namen „Motor Contingency Theory“ bekannt, sagt Suzuki. „Wir haben dazu ein Experiment durchgeführt, bei dem wir in VR einen Würfel gebaut haben, den die User mit der Hand drehen konnten.“ Bei einigen drehte sich der Würfel so, wie es die Handbewegung vorgab. Bei anderen genau in die andere Richtung. „Das erzeugt ein starkes Gefühl der Desillusionierung.“ Ein ähnlicher Effekt tritt auf, wenn eine taktile Rückmeldung – ich berühre ein Objekt und spüre den Widerstand – mehr als 100 Millisekunden verzögert auftritt.

Doch Suzuki kennt auch gegenteilige Beispiele, in denen kein starkes, subjektives Gefühl der Immersion erzeugt wird, die aber dennoch direkt auf die Psyche wirken. „Warum funktioniert eine Phobie-Therapie in der virtuellen Realität?“, fragt er. „Die Leute wissen doch, dass die Spinne, die sie da in der Therapiesitzung sehen, nicht echt ist. Dennoch funktionieren solche Therapien.“

Suzuki und seine Kollegen gehen davon aus, dass es Zwischenstufen in unserem Bewusstsein gibt, Zustände, in denen sich ein Teil andere Realitäten vorgaukeln lässt, andere Teile aber nicht. Wodurch das ausgelöst wird, will er weiter erforschen. „Es geht nicht nur darum, ein starkes Gefühl der Realität mit diesen Geräten zu erzeugen.“ Neue Hardware wie die Vision Pro könnte es ihm auch ermöglichen, ganz neue Experimente dazu zu machen. „Sobald die Geräte auf dem Markt sind, werden wir sie testen.“ Unmittelbar mag das keinen technischen Nutzen haben – aber den hatte Sutherlands Forschung eigentlich auch nicht. ●

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

Mobilitätskonzepte made in Regensburg

Start-ups gestalten die Zukunft der Mobilität

Ein diebstahlsicheres Nabenschloss für E-Bikes, intelligente Wallboxen oder wartungsfreie E-Bike-Antriebe: Start-ups aus der TechBase Regensburg entwickeln revolutionäre Konzepte für eine nachhaltige Mobilität und leisten damit auch einen Beitrag zur smarten Mobilität in der Region.



Das Thema „intelligente Mobilität“ ist ein Megatrend in der Start-up-Szene: Getrieben von der Digitalisierung und der Suche nach Energie-Alternativen gehen junge Unternehmen neue Wege und verwirklichen ihre Visionen einer modernen Mobilität. Einige von ihnen haben ihren Sitz im Gründer- und Innovationszentrum TechBase, wo sie gezielt vernetzt und gefördert werden.

2Lock: Diebstahlgeschütztes Hightech-Schloss für E-Bikes

Der Ruf nach moderner nachhaltiger Mobilität sorgt dafür, dass E-Bikes zu den beliebtesten Verkehrsmitteln zählen. Die drei 2Lock-Gründer aus Regensburg wollen mit ihrem Start-up den Absperrvorgang von E-Bikes revolutionieren und damit einen

echten Mehrwert für deren Besitzer schaffen. Das Team entwickelt ein Radnabenschloss, das ein Aufbrechen ohne Zerstörung des E-Bikes unmöglich macht. Durch die Nutzung von IoT (Internet of Things) und einer Steuerung per App entsperrt sich das 2Lock-Schloss, sobald der Nutzer sich nähert, und verriegelt sich, wenn sich dieser wieder entfernt. Mit ihrer fortschrittlichen Technologie haben die drei Gründer den ersten Platz beim Businessplan Wettbewerb Nordbayern gewonnen.

AI-Charge Technologies: Intelligente Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge

Eine fortschrittliche Infrastruktur, die das Laden von E-Fahrzeugen effizienter, praktischer und flexibler macht, ist das Ziel von AI-Charge Technologies. Das Start-up entwickelt und vertreibt eine Cross-Plattform-App und intelligente Ladestationen für nachhaltiges Lade- und Energiemanagement, sowohl für Fahrzeugbesitzer als auch für Institutionen. Dabei setzt das Team auf Künstliche Intelligenz, um den Fahrzeughaltern einen ökonomischen und ökologischen Mehrwert zu ermöglichen. „Solaroptimiertes Laden“ beispielsweise stellt sicher, dass das Fahrzeug vorrangig dann geladen wird, wenn eine Solaranlage auf demselben Gelände Sonnenenergie produziert.

Technologie Partner

Die Echtzeitmessung des Strompreises ermöglicht es, das Ladeverhalten basierend auf den wechselnden Strompreisen zu verschiedenen Tageszeiten zu steuern, und dies an öffentlichen Ladesäulen zu nutzen.

KILLWATT GmbH:
Wegweisende Lösungen für
E-Bike-Antriebe

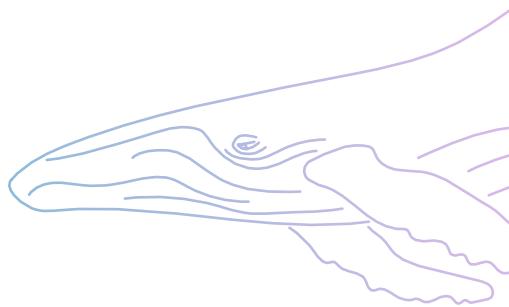
Das Start-up entwickelt Technologien im Bereich der Mikromobilität und zukünftiger E-Bike-Generationen. Im Mittelpunkt steht ein wartungsfreies und vielseitiges Antriebssystem für E-Bikes mit integrierter stufenloser Schaltautomatik. Das Produkt soll sich durch eine Reihe von Innovationen von den derzeitigen Branchenführern deutlich abheben.

Mobilitätskonzept der Stadt Regensburg

Smarte Mobilität wird auch am Standort Regensburg großgeschrieben. 2017 war Regensburg die erste Stadt in Bayern mit einer eigenen Elektrobuslinie. Mittlerweile besteht der Fuhrpark der Stadtbusse zu 28 Prozent aus elektrischen Fahrzeugen. Seit zwei Jahren befördern nunmehr auch zwei autonome Shuttlebusse namens EMILIA Fahrgäste im Gewerbegebiet Regensburg auf einer rund einen Kilometer langen Ringroute.

Das Projekt ZiSteM, an dem auch die R-Tech GmbH (Betreiberin der TechBase) mit dem Cluster Mobility & Logistics als Partnerin beteiligt ist, untersucht, inwiefern das Sharing von E-Scootern in Kombination mit anderen Verkehrsmitteln eine effektive und umweltfreundliche Mobilitätslösung darstellen kann.

Schräge Ebenen und fliegende Wale



Zero Latency bietet VR-Spiele für Gruppen an. Unsere Redaktion hat ausprobiert, wie sich das Bewegen in einer virtuellen Welt für VR-Spiel-Fans, Gelegenheitsnutzer und völlige VR- und Spielneulinge anfühlt. – Andrea Hoferichter, Gregor Honsel, Jennifer Lepies, Jo Schilling, Wolfgang Stieler und Aylin zur Borg

Als ehemalige PSVR-, Oculus-Rift-S- und aktuelle Meta-Quest-2-Besitzerin war das VR-Erlebnis zunächst nichts Neues für mich – aber die Roomscale-Erfahrung war dann doch aufregender als erwartet. Sich in einem riesigen virtuellen Raum frei bewegen zu können, hat die Immersion auf ein neues Level gehoben.

Das Highlight waren die „Schwerkraft“-Effekte: In der virtuellen Welt gingen wir senkrecht eine Wand hoch oder die Wege drehten sich seitwärts. Wie betrunken torkelte ich mit ausgestreckten Armen die Wege entlang. Mein erstes Mal bei Zero Latency wird sicher nicht das letzte gewesen sein. – Aylin zur Borg, Social-Media-Redakteurin

Nach einer Einweisung versuchen wir erst einmal, die voluminöse VR-Brille – die glücklicherweise kein Kabel hat – so einzustellen, dass sie einigermaßen bequem am Kopf sitzt.

Ich hatte noch nie eine VR-Brille auf der Nase. Meine leise Sorge, vor allem mit der Technik zu kämpfen, hat sich allerdings sofort in pastellfarbene Luft aufgelöst. Ich tapse unbeholfen durch die Welt aus fliegenden Steinquadern, und als ich mich die erste um 90 Grad gekippte Rampe entlangtaste, muss ich mir Mut zusprechen – alles nur Illusion. Ich hätte nicht gedacht, dass ich für diese Art der Illusion so empfänglich bin. Nach der Viertelstunde bin ich regelrecht besessen von unserem Abenteuer. – Jo Schilling, Redakteurin



© Copyright by Heise Medien.

Ich habe schon öfter begehbarer VR-Installationen ausprobiert: die Oper *Eight* des Komponisten Michel van der Aa; einen virtuellen Dschungel; das Glückauf-Projekt, eine Bergwerk-Simulation. Sie alle packen Besucher mit maximaler emotionaler Wucht. Was mir im Vergleich dazu an *Engineerium* gefällt, ist dessen Unaufgeregtigkeit: Alles ist friedlich, exotisch und bunt, und ständig flattert irgendein lustiger Fisch an einem vorbei. Die VR-Effekte sind zurückhaltend, aber eindrucksvoll. Wem das zu langweilig ist, der kann als VR-Mutprobe mal in den freien Abgrund treten. – Gregor Honsel, Redakteur

„Alles ist friedlich, exotisch und bunt, und ständig flattert irgendein lustiger Fisch an einem vorbei.“

Ich befürchtete anfangs, mir würde in der VR schlecht werden. Doch zum Glück hatten wir eine entspannte Spielwelt ausgesucht. Sie erinnerte mich an die Super Mario World: Bausteine bildeten Gehwege, die sich spontan zusammenschoben. Neben den Steinen war der Abgrund, was bewirkte, dass ich, einem Pinguin gleich, mit abgespreizten Händen vorsichtig durch die Gegend watschelte.

Im Lauf der 15 Minuten wurde ich mutiger und Unterhaltungen wie: „Habt ihr den fliegenden Blauwal gesehen?“, hatte ich mit meinen Kollegen vorher so auch noch nicht. Leider war der Sprechfunk irritierend, da ich die Gespräche erst im Raum hörte und dann über die Kopfhörer. Für die VR-Krankheit: Entwarnung. Für die VR-Begeisterung: Daumen hoch! – Jennifer Lepies, Online-Redakteurin

Was ich an *Engineerium* cool fand, war das Spiel mit der Wahrnehmung: Das, was ich gerade sehe, erscheint mir – relativ – real. Ist es aber nicht. Was ich daran merke, dass ich mich unwillkürlich nach hinten neige, um nicht in den Abgrund zu fallen – und dabei fast falle. Auch nach dem Spiel bleibt ein leichter Schwindel. Was mir fehlt, ist die Interaktion: Ich kann den lila Frosch nicht anfassen und gehe durch Wände wie ein Gespenst. In Shootern könnte das nützlich sein. Muss ich mal ausprobieren. – Wolfgang Stieler, Redakteur

Die Welt in Hellblau und Rosa, fliegende Wale, Frösche und Menschen mit Krönen und wehenden Umhängen – eine Szenerie zwischen Kinderzimmertraum und Drogenrausch. Es ist das zweite Mal, dass ich mich mit einer VR-Brille in einer virtuellen Welt bewege. Mir war zeitweise leicht übel, und die Wege mit zum Teil krassen Steigungen zu gehen, kostete mich durchaus Überwindung. Umso erstaunlicher, dass es am Ende doch vor allem faszinierend war und ein Riesen Spaß. – Andrea Hoferichter, Redakteurin

Guck mal, da fliegt ein Wal ... Im Gänsemarsch geht es über schwebende Wege durch die virtuelle *Engineerium*-Welt. Unsere Avatare sind bunte Gliederfiguren in Maya-Anmutung und unsere Aufgabe ist es, gemeinsam den Weg zu einem Portal zu beschreiten. Dabei trotzen wir auf schrägen Ebenen der Schwerkraft und balancieren über fliegende Steine.





Der Eindruck täuscht:
Die AR-Brille behindert
nicht Mazda Farshads Sicht,
sondern liefert dem Chirur-
gen sogar wichtige Zusatz-
informationen.

Operieren an Leib und Seele

VR- und AR-Brillen sollen Operationen sicherer machen, Schlaganfallpatienten, Demenzkranken und Menschen mit psychischen Störungen helfen. Es gibt viele Erfolgsmeldungen, aber auch Bedenken. – Andrea Hoferichter

Ein Operationssaal in der Universitätsklinik Balgrist in Zürich. „Ein Millimeter, 14 Grad – zeigt Grün, zeigt: Go!“, sagt Mazda Farshad mit breitem Schweizer Dialekt und setzt einen sirrenden Bohrer an der Wirbelsäule des Patienten an, der vor ihm auf dem OP-Tisch liegt. Die Knochen wurden durch einen handlangen Schnitt freigelegt. Winkel und Bohrtiefe werden Farshad über eine AR-Brille eingeblendet, die wie ein riesiges Facettenauge zwischen grüner OP-Haube und Mundschutz sitzt. „Feedback des Chirurgen: Sehr gut!“, kommentiert er. „Jetzt kann die Schraube gesetzt werden.“

Es gilt, zwei übereinanderliegende Wirbel zu versteifen, mit zwei Schrauben pro Wirbel und zwei Stangen parallel zur Wirbelsäule. Die perfekte Stangenform wird von der Brillen-Software errechnet und in ein leuchtend blaues Hologramm übersetzt. Die Chirurgen biegen eine Stange aus Titan, gleichen sie immer wieder mit dem Hologramm ab, bis alles passt, und implantieren sie schließlich. Die AR-Brille kann Farshad außerdem eine 3D-Simulation von Knochen, Venen und Gewebe des Patienten einblenden. „Sie wirkt wie ein zusätzlicher Sinn“, sagt er. Bisher musste er bei OPs immer wieder zwischen Patient und Monitoren hin- und herschauen, um das eigene Tun mit Bildern aus Computer- oder Magnetresonanztomographen abzugleichen.

Diese holographisch navigierte und in einem Video festgehaltene Wirbelsäulenoperation fand bereits am 11. Dezember 2020 statt. Sie zählt zu den weltweit ersten ihrer Art. Seither häufen sich die Erfolgsmeldungen. Mit virtueller Hilfe sind unter anderem schon Knie, Gehirne und Augen operiert und die Köpfe siamesischer Zwillinge ge-

„Die AR-Brille wirkt wie ein zusätzlicher Sinn.“

trennt worden. Und während an Unikliniken wie in Zürich oft mit Eigenentwicklungen gearbeitet wird, verdienen Unternehmen wie Medivis, Arthrex oder Medacta mit den AR-Brillen für die Chirurgie bereits Geld.

In den letzten Jahren sind AR- und VR-Brillen nicht nur technisch gereift, sondern auch deutlich billiger und leichter geworden. Kein Wunder also, dass sie auch abseits der OP-Säle immer häufiger zum Einsatz kommen. Lehrkräfte und Studierende schwärmen im Internet von Anatomie-Lektionen an 3D-Avataren und ersten virtuellen Behandlungsversuchen. Wie gut die räumliche virtuelle Realität in der Reha von Schlaganfallpatienten mit Lähmungsercheinungen wirkt, ist gerade Gegenstand von Untersuchungen, unter anderem an den Westküstenkliniken Brunsbüttel und Heide und an der Medizinischen Hochschule Hannover. Dort werden zurzeit erste Patienten an VR-Therapiesystemen des Herstellers Cureosity angeleitet.

SCHLAGANFALL-REHA MIT METEORITEN

Die Aufgabe der Patienten ist zum Beispiel, virtuelle Luftballons zum Platzen zu bringen, am Strand mit einem Delfin Ball zu spielen oder auf dem Saturn Meteoriten wegzuschlagen. Damit sollen ihre motorischen Fähigkeiten wiederbelebt werden, auch über eine Aktivierung der entsprechenden Hirnareale. Zudem könnten einseitige Lähmungen mit einem virtuellen Trick therapiert werden. Dabei nutzen die Patienten ihren beweglichen Arm und einen Controller zum Spielen, sehen über die Brille aber

„In diesen virtuellen Umgebungen können wir visuelle, akustische und olfaktorische Stressoren einsetzen und den Stress allmählich steigern.“

den gelähmten Arm in Aktion. Die Täuschung soll jene Gehirnregionen aktivieren, die den kranken Arm steuern, und diesen dadurch wieder mobilisieren. Dass der Behandlungsansatz helfen kann, zeigen Untersuchungen zur analogen Spiegeltherapie, die auf dem gleichen Prinzip beruht: Bewegt ein Patient den gesunden Arm und schaut dabei in einen Spiegel, der zwischen den Armen steht, sieht es für ihn so aus, als würde sich auch sein anderer Arm rühren.

Schon bewährt hat sich der Einsatz räumlicher virtueller Realitäten bei der Therapie von Schmerzen und psychischen Störungen. Vor allem in den USA gelten VR-Brillen für Menschen mit Höhen- und Spinnenangst und für Soldaten, die mit einer Posttraumatischen Belastungsstörung (PTBS) aus einem Kriegsgebiet zurückkehren, als wertvolle Hilfsmittel.

Die Bundeswehr in Deutschland hingegen setzt auf eine VR-gestützte PTBS-Prophylaxe. „Generell sind VR-Technologien in Deutschland noch kein etabliertes Therapietool“, sagt Psychologieprofessor Karl-Heinz Renner von der Universität der Bundeswehr München. Zudem sei PTBS hierzulande seltener als in den USA. „Ich möchte für die Zukunft nichts ausschließen, aber unsere Idee war eigentlich immer Prävention. Vorbeugen ist besser als heilen, das ist ganz klar.“

An der Universität der Bundeswehr München trainieren Soldaten daher nicht nur ihre körperliche, sondern auch ihre psychische Fitness. „Wir testen gerade in unserem Smart Health Lab, wie gut virtuelle Umgebungen dabei helfen“, berichtet Renner. Laut einer Studie zum Einsatz in Afghanistan hänge es sehr von der psychischen Fitness ab, wie gut Soldaten den Einsatz verkrafteten. Von den Trainings könnten aber auch zivile Einsatzkräfte profitieren, die im Katastro-

phenfall, etwa bei Terroranschlägen oder Amokläufen, gebraucht werden.

STRESSBAUKASTEN FÜR SOLDATEN

Renners Team arbeitet mit sogenannten Stressbaukästen. „In diesen virtuellen Umgebungen können wir visuelle, akustische und olfaktorische Stressoren einsetzen und den Stress allmählich steigern“, so der Psychologe. Typische Stressoren seien etwa zerstörte Häuser, verbrannte Leichenteile oder ein Kamerad, der verletzt ist oder stirbt. Zurzeit werden die Stress-

soren noch durch einen Trainer ausgewählt und gesteigert, künftig könnte das aber eine KI übernehmen.

„Wir haben zum Beispiel ein Szenario gebaut, in dem es um ein moralesches Dilemma geht. Ein Kamerad ist verletzt und muss versorgt werden, aber der Soldat kann nicht hin, weil die Eigengefährdung zu groß ist. Und dann ist die Frage: Wie geht man jetzt mit so einer Situation um?“, sagt Renner. Zu dieser ohnehin schon belastenden Szenerie ließen sich dann weitere Stressoren hinzufügen, etwa Dunkelheit oder Nebel, ein Beschuss oder statt einem gleich zwei Verletzte.

Ob Neurologie oder Orthopädie: Menschen, die in der Reha Balance und Körperspannung verbessern sollen, können dies unter anderem mit einem virtuellen Gleitschirmflug tun (Icaros Health).



© Copyright by Heise Medien.



VR-Systeme können mehr Spaß in die Reha bringen und dem Therapeuten wichtige Informationen liefern.

„Dann muss sich der Soldat oder die Soldatin entscheiden: Wen behandle ich zuerst?“ Solche Situationen könne man beliebig komplex machen.

Im Training können die Probanden dann verschiedene Bewältigungsstrategien ausprobieren und einüben. „Das sind einerseits Techniken, mit denen sich die körperliche Übererregung herunterregulieren lässt, zum Beispiel bestimmte Atemtechniken. Zum anderen sind es Techniken, die auf der kognitiven Ebene ansetzen, wie Selbstinstruktionen zur Fokussierung auf die anstehende Aufgabe, damit nicht so ein Gedankenkarussell Fahrt aufnimmt und Panik entsteht“, erklärt Renner. Außerdem gehe es um Bewältigungsstrategien, die nach einem Einsatz helfen können, etwa über das Erlebte zu sprechen oder zu schreiben.

Das Forschungsteam stimmt den Belastungsgrad der Simulation stets mit dem jeweils aktuellen Befinden eines Probanden ab. Während des Spiels werden unter anderem die Herzfrequenz und Blickbewegungen erfasst und anschließend die Konzentration des Stresshormons Cortisol gemessen. Zusätzlich bewerten die Psychologen den psychischen Zustand der Testpersonen mithilfe von Fragebögen und Interviews. „Wir wollen herausfinden, welche Stressindikatoren besonders brauchbar sind“, so Renner. Das sei zum Teil auch Grundlagenforschung. Gerade und noch im nächsten Jahr gehe es darum, aussagekräftige Befunde zu sammeln.

VIRTUELLE BAHNFAHRT GEGEN PLATZANGST

Die technische Angebotspalette wird derweil immer bunter. Für die Therapie psychischer Krankheiten bieten zunehmend Technikunternehmen und junge Entwicklerteams Lösungen an, hat Jörg Dau-

mann beobachtet. Der psychologische Psychotherapeut der Uniklinik Köln prüft seit einigen Jahren, wie gut sich Agoraphobie, auch bekannt als Platzangst, mithilfe von VR-Brillen behandeln lässt. Von dieser Angststörung sind etwa sechs bis acht Prozent der Deutschen betroffen.

„Agoraphobie ist oft gekoppelt mit einer Panikstörung, bei der Menschen denken, sie werden ohnmächtig oder sterben. Sie meiden dann öffentliche Räume, wo sie fürchten, keine Hilfe zu bekommen. Das können leere Plätze sein, aber auch ein Supermarkt, wo viel los ist, oder öffentliche Verkehrsmittel“, erklärt Daumann. Das Gegenmittel der Wahl sei die Exposition. „Das heißt: Wir motivieren die Patienten, dort hinzugehen, wo es wehtut. Sie müssen lernen, dass die Angst weggeht oder zumindest handhabbar wird, wenn man lange genug in der Situation bleibt.“

Der Informatiker Ernst Kruijff und sein Team an der Hochschule Bonn-Rhein-Sieg entwerfen dafür geeignete virtuelle Umgebungen. Videos zeigen die 3D-Illusionen einer ruckelnden Straßenbahn oder eines Busses, die durch eine Stadt fahren, vorbei an mehrstöckigen Gebäuden, an Cafés mit roten Marktschirmen, parkenden Autos und Haltestellen. Drinnen sitzen und stehen Menschen mit blondem oder dunklem Haar, mit und ohne Bart. Sie tragen Anzüge, Jeans oder Lederjacke, manche haben Tattoos. Das Rattern der Bahn beziehungsweise das Brummen des Busmotors und Stimmen-Gemurmel sind zu hören.

In der klassischen Konfrontationstherapie würde der Therapeut mit seinem Klienten gemeinsam in einer echten Straßenbahn fahren. „Das ist aber zeitaufwendig und man hat die äußere Situation nicht im Griff“, erklärt Kruijff. In der virtuellen Welt ließen sich Stressfaktoren hingegen gezielt einstellen und kontrolliert steigern. Ein Knopfdruck genüge und Mitfahrende näherten sich dem Avatar

GERICHTSFESTE GUTACHTEN

Wenn Kinder misshandelt oder missbraucht werden, ist eine schnelle, gerichtsfeste Begutachtung durch einen Mediziner wichtig. Doch diese haben oft nicht die nötige forensische Expertise. Rechtsmedizinerinnen des Universitätsklinikums Heidelberg nutzen deshalb seit Kurzem AR-Technologie, um Kinderärzte in Partnerkliniken bei der körperlichen Untersuchung misshandelter oder missbrauchter Kinder anzuleiten und sie bei der Spurensicherung und Dokumentation zu unterstützen. Über Datenbrillen sind die Forensik-Experten quasi vor Ort, selbst wenn sie Hunderte Kilometer entfernt sitzen. Die Methode wurde im Pilotprojekt Armed erfolgreich getestet.



Für Menschen mit einer Angststörung kann eine Fahrt mit der Bahn eine echte Herausforderung sein. Virtuelle Umgebungen helfen bei der Therapie.

des Probanden. Noch ein Klick und sie schauten ihn an. „Das ist schon unheimlich, selbst wenn man keine Angststörung hat“, so der Wissenschaftler. Auch die Zahl der Menschen lasse sich einstellen, man könnten sie je nach Bedarf aus- oder zusteigen lassen. Der Stress werde durch eine Tunnelfahrt noch gesteigert, zudem könne der Therapeut die Bahn im Tunnel anhalten und das Licht ausschalten.

Das Team hat in anderen Umgebungen auch mit zusätzlichen sensorischen Reizen wie Düften experimentiert. Diese wirkten aber nur begrenzt, räumt Kruijff ein. „Natürlich könnten wir über eine kleine Pumpe an der Brille einen Spritzer Duft oder Deo in den Raum geben, um zu signalisieren: Jetzt stehe ich wirklich nah an den Leuten dran. Dann tauchen die Menschen zwar schneller in die Szenerie ein, aber für den Therapieerfolg ist das unseren Erfahrungen zufolge nicht entscheidend.“

Die Forschenden verzichteten daher auf das Zusatz-Feature. Eine schlanke Technik ist laut Jörg Daumann wichtiger. „Bisher kommt die VR-Technik dort, wo sie eigentlich hingehört, eher selten zum Einsatz, nämlich in den ambulanten Praxen. Weil dort das Personal fehlt, das sich um die Wartung und dergleichen kümmert“, so der Mediziner. Dabei zeige die virtuelle Behandlung in einer aktuellen kleineren Fallstudie an der Uniklinik Köln bei fünf von sechs Probanden schon erste Erfolge. Und sie könne nicht nur Menschen mit Agoraphobie helfen, sondern auch jenen, die etwa unter sozialer Phobie leiden, wenn die Angst vor einer negativen Bewertung durch andere im Vordergrund steht, oder unter einem Putzzwang, weil sie sich vor Dreck und Keimen ekeln.

Bei der Therapie von Putzzwang und der sozialen Phobie kommen allerdings statt VR-Welten auch AR-Brillen zum Einsatz. Denn es gilt, die unangenehmen Reize in die gewohnte Umgebung einzublenden. Solche Therapien könnte die angekündigte

„Das sind meistens kleinere Studien mit einem begrenzten wissenschaftlichen Aussagewert.“

Brille von Apple womöglich noch verbessern, glaubt der Informatiker Kruijff. Ein deutlich größeres Sichtfeld, wie es der Hersteller verspreche, wäre in diesen Fällen durchaus von Vorteil. „Für die Behandlung der Agoraphobie hingegen bringt die Apple-Brille vermutlich keine großen Vorteile. Es gibt mittlerweile sehr gute bezahlbare VR-Brillen, die man zudem ohne Probleme lange tragen kann“, sagt der Forscher.

ZEITREISEN MIT VR-BRILLE

Kai Vogeley, Psychiater in der Uniklinik Köln, ist überzeugt, dass VR-Brillen in Zukunft auch Menschen mit Depressionen und Schizophrenie helfen können. Im Zentrum seines Ansatzes, den er im EU-Projekt VirtualTimes verfolgt, steht das oft gestörte Zeitempfinden der Betroffenen. „Viele Patienten mit Depressionen berichten zum Beispiel von einem stark verlangsamten Zeitempfinden, dass sich die Zeit wie Gummi zieht oder gar ganz stehen bleibt und sie sich wie tot fühlen“, berichtet der Psychiater. Könnte man das Zeitempfinden manipulieren, ließe sich das Leiden womöglich lindern.

Tatsächlich zeigte Vogeleys Team in einer im Fachblatt *Scientific Reports* publizierten Studie, dass ein simuliertes, auf den Probanden zufliegendes Sternenfeld das Zeitempfinden von gesunden Menschen beeinflussen kann. Danach gilt: Je schneller die Sterne in der virtuellen Szenerie auf einen Probanden zufliegen und je dichter das Sternenfeld ist, desto schneller scheint die Zeit zu vergehen. Doch eine derzeit laufende Untersuchung mit depressiven Patientinnen und Patienten zeigt keine relevanten Unterschiede. „Es lässt sich bisher kein anderes Zeiterlebnis in dem Experiment zeigen“, berichtet er. „Um das herauszufinden, brauchen wir ein Folgeprojekt, das sich auch mit den neurobiologischen Vorgängen des Zeiterlebens beschäftigt, und daran arbeiten wir gerade“, so Vogeley.

Eine andere Zeit-Strategie verfolgt Michael Wissussek, Leiter der Demenzpflege Riedlingen in Baden-Württemberg: virtuelle Zeitreisen für Demenzkranken. „Unsere Patienten reisen zum Beispiel an Orte aus ihrer Kindheit“, erzählt er. Danach kämen sie ordentlich ins Erzählen und hätten einfach Spaß. Der Vorteil der 3D-Brillen sei, dass die Demenzkranken sich gut fokussieren könnten. „Vielen fällt es schwer, sich auf einen Monitor oder Fernseher zu konzentrieren, weil sie von der Umgebung schnell abgelenkt werden“, erklärt er. Die Filme seien vom Start-up Anders VR der Universität Hohenheim gemeinsam mit Psychologen und Medizinern entwickelt worden. Schnelle Perspektivwechsel zum Beispiel seien tabu, sie würden Demenzkranke zu sehr belasten. Wichtig ist laut Wissussek, dass die Filme nicht eingesetzt werden, um die Patienten lediglich ruhigzustellen. „Im Zentrum muss immer das Gespräch mit der Pflegekraft über das virtuell Erlebte stehen“, betont er.

Der Neurologe Philipp Kellmeyer von der Uniklinik Freiburg hat dennoch Bedenken, gerade

wenn es um vulnerable Menschen gehe. Es seien zum Beispiel virtuelle Umgebungen für Pflegeheime in der Entwicklung, die Demenzkranke mit einer „Weglauftendenz“ wieder in ihr Zuhause zurückversetzen. Das klinge grundsätzlich gut, wäre aber nur eine Scheinlösung, wenn es zu einer Art Dauerlösung werden würde. „Man nutzt eine Täuschung, um die Menschen ruhigzustellen, und das ist ein Eingriff in ihre Autonomie.“ Wie bei sedierenden Medikamenten bestehe die Gefahr, dass die Technologie zunehmend dazu genutzt werde, des Problems der Überlastung in den Pflegeheimen Herr zu werden. „Dafür müssen andere Lösungen gefunden werden“, fordert der Ethikexperte.

Kritisch sieht Kellmeyer außerdem, dass die Wirkungsweisen und mögliche unerwünschte Nebenwirkungen von VR- und AR-Technologien noch weitgehend unbekannt sind. Denkbar sei etwa, dass bei Menschen mit einer Suchtneigung durch die virtuellen Reisen eine zusätzliche Abhängigkeit entstehe, erklärt er. Die Forschung sei bisher schlicht nicht systematisch genug. „Das sind meistens kleinere Studien mit einem begrenzten wissenschaftlichen Aussagewert, die außerdem noch unterschiedliche Methodiken verwenden und dann gar nicht miteinander richtig vergleichbar sind.“ Gerade läuft ein EU-Projekt an, das Abhilfe schaffen und Standards für aussagekräftige Studien entwickeln soll. „Das ist auf jeden Fall begrüßenswert, aber eben noch ganz am Anfang“, sagt Kellmeyer.

Auch in Balgrist wollen die Chirurgen die ersten positiven Erfahrungen mit ihrer AR-Brille in einer größeren Studie mit 50 Patienten erst noch bestätigen. „Sicherheit steht bei uns an oberster Stelle“, sagt Philipp Fürnstahl von der Universität Zürich, der an der ersten holographisch gesteuerten Wirbelsäulen-OP beteiligt war. An der Sensorik der Brille, die unter anderem durch die ganz eigenen Lichtverhältnisse in einem Operationssaal beeinflusst werden kann, ließe sich noch feilen. Zudem blende die Brille mittlerweile statt nur eines Bohrwinkels eine Art Kegel aller tauglichen Winkel ins Sichtfeld des Chirurgen. „Falls durch anatomische unerwartete Besonderheiten umgeplant werden muss“, so Fürnstahl.

Um die Entwicklungen voranzutreiben, sei erst kürzlich ein OP-Saal in Balgrist eingeweiht worden, der ausschließlich für die Entwicklung neuer Technologien zur Verfügung stehe und auch von externen Forschenden gebucht werden könne. Fürnstahls Team testet dort gerade den Einsatz einer AR-Brille für Hüftoperationen an Körperspenden. Nicht zuletzt rüste man auch den Reha-Bereich virtuell auf, berichtet der Forscher. Allerdings nicht für den Krankenhausbetrieb: „Nach einer OP funktioniert das angeleitete Aufbautraining hier in der Klinik meistens sehr gut, aber zu Hause lässt das Engagement oft stark nach“, sagt er. „Dort sehen wir großes Potenzial, über VR mehr Spaß und Motivation ins Üben zu bringen.“ ●



wachsen MIT DER IBB

Für Unternehmen, die wachsen

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

ibb.de/wachsen



Animierter Altar

Im belgischen Gent kann man sich einen berühmten Renaissance-Altar mit Augmented Reality erklären lassen.
Ist das wirklich hilfreich? – Gregor Honse1

Der Genter Altar ist ein Feuerwerk der Farben und Figuren. Nicht nur lokalpatriotische Belgier sehen seinen Erschaffer Jan van Eyck (um 1390 – 1441) auf Augenhöhe mit Raffael oder Leonardo. Wie nähert man sich einem solchen Monument der Kunstgeschichte? Versuchen wir es doch mal mit der Technik des 21. Jahrhunderts. Die St.-Bavo-Kathedrale, die den Altar beherbergt, bietet verschiedene Augmented-Reality-Führungen an. Ich entscheide mich für die halbstündige Standard-Tour, die nicht nur den Altar, sondern auch die Geschichte der Kathedrale umfasst. In der Krypta bekomme ich eine Microsoft Hololens aufgesetzt und einen Akku umgehängt. Die Hololens hat transparente Brillengläser, in die dreidimensionale Bilder eingespiegelt werden. Dadurch bleibt – im Gegensatz zu Virtual-Reality-Brillen wie der Oculus von Meta – die Umgebung immer sichtbar.

Die Bedienung ist einfach: Ich folge auf den Boden projizierten Pfeilen zu verschiedenen Stationen, an denen mir Animationen vorgespielt werden. Als virtueller Führer begrüßt mich der Genter Bischof Antonius Triest (1576 – 1657). Sein durchsichtiges Abbild steht in Lebensgröße ein paar Meter vor mir. Hier fallen mir die ersten Schwächen der Hololens auf: Ihr Blickwinkel ist so klein, dass ich, wenn ich dem Bischof ins Gesicht schaue, dessen Füße nicht mehr sehen kann.

Sei's drum, viel interessanter ist ohnehin die animierte Baustelle der Kathedrale, etwa in der Größe eines Schreibtischs. Hier wuseln Handwerker hin und her, prozessieren Pilger über den Vorplatz, höre ich Hammerschläge, Gemurmel und Gesänge. Wie ein bewegtes Wimmelbild in 3D, das ich mir beliebig lange anschauen kann.





Es folgen weitere Szenen an anderen Stellen der Krypta, zum Beispiel eine Porträt-Sitzung in van Eycks Atelier oder die Rettung des Altars vor dem Bildersturm 1566. Zwischendurch werde ich zu realen Exponaten wie einem Evangeliar aus dem 9. Jahrhundert gelotst. Die AR-Animation pausiert dann und ich kann das Original ungestört durch die Brillengläser betrachten.

Schließlich, als letzte Station: der Altar selbst. Beziehungsweise seine Projektion in einer leeren Kapelle der Krypta. Hier gibt es verschiedene Schaltflächen, die ich „anklicken“ kann, indem ich meinen Blick auf sie richte. Dann laufen kurze Erklärvideos ab. Sie erläutern beispielsweise die Motive und Figuren, lenken meine Aufmerksamkeit auf Details wie die Ohren des Opferlamms (es hatte wegen ungeschickter Restaurationsversuche zeitweise vier davon), zoomen heran an den Perlenschmuck, bis man darin die Spiegelungen der Fenster sieht.

Alle AR-Stationen sind liebevoll gemacht, und sie zeigen die Geschichte von Altar und Kathedrale deutlich lebendiger, als es reine Texte oder Videos vermocht hätten. Trotzdem frage ich mich, als ich die Hololens wieder abgebe: Ist Augmented Reality wirklich das richtige Medium dafür? Und haben die Macher die Möglichkeiten des Mediums wirklich ausgenutzt?

Praktisch alle Animationen hätten sich auch mit virtueller Realität darstellen lassen. Der Vorteil

wäre ein unbeschränktes Blickfeld und ein stärkeres Immersionserlebnis, weil die reale Umgebung nicht ständig durchschimmert. Zwar kann man sich mit der Hololens sicherer durch den Raum bewegen, aber im Grunde wäre das gar nicht nötig, denn eine Interaktion mit der Umgebung findet in der Genter Krypta kaum statt. Alle AR-Stationen sind in leeren Kapellen angesiedelt, im Grunde hätte ich auch an einer Stelle stehen bleiben können. Als einziger echter Vorteil von AR bleibt die Möglichkeit, zwischen Animation und physischen Exponaten hin- und herschalten zu können.

Nach der AR-Tour gehe ich dann eine Etage höher in die Kathedrale – und muss die Highlights mit einem Papierflyer finden. Dabei wäre AR gerade hier in ihrem Element. Ich stelle mir vor, wie ich eine Kapelle, ein bemaltes Fenster oder einen Altar anschau und dann automatisch eine Erläuterung dazu eingeblendet oder vorgespielt bekomme. Eine nahtlose Durchdringung von realer und virtueller Welt – so würde AR ihrem Namen wirklich gerecht werden.

Als ich schließlich vor van Eycks Altar stehe, bin ich dann doch ganz froh, keine AR-Brille mehr auf dem Kopf zu haben. Er ist nicht zu übersehen. Fast vier Meter hoch, mehr als fünf Meter breit, voller leuchtender Farben und subtiler Feinheiten. Manchmal ist die ungefilterte Realität dann doch am eindrucksvollsten. ●



Die AR-Darstellung des Genter Altars in einer leeren Kapelle. Die hell markierten Flächen lassen sich per Blick „anklicken“ und starten dann ein Erklärvideo zu den jeweiligen Ausschnitten.

© Copyright by Heise Medien.

In der Animation der Kathedrale wuseln Handwerker hin und her, prozessieren Pilger über den Vorplatz, erklingen Hammerschläge, Gemurmel und Gesänge.

Röntgenblick und Feenstaub

AR- und VR-Anwendungen in der Industrie schienen bislang die ewige Zukunft zu sein. Nun sickert die Technologie tatsächlich in die Fertigungshallen. – Karsten Lemm

Ein Blick aufs Tablet zeigt, was der CE 04 so alles unter der Haube hat: Steuerräte, Kabelstränge, Steckverbindungen – das ganze Innenleben eines E-Scooters, das sich eigentlich hinter Abdeckungen und Verkleidungen verbirgt, liegt plötzlich offen. „Was wir hier sehen, ist eine virtuelle Bauteileüberlagerung“, erklärt Tom-Li Kämper, Innovationsmanager beim BMW-Werk in Berlin. „Der Kabelbaum, der physisch installiert ist, wird wie mit einem Röntgenblick sichtbar gemacht und in Echtzeit auf das Fahrzeug projiziert.“

Egal wie der 30-jährige Ingenieur sein iPad hält, ob er um den Scooter herumgeht, den Blickwinkel ändert, in das Bild hineinzoomt oder wieder heraus: Immer folgt die digitale Projektion den Bewegungen, legen sich Computergrafiken aller Bauteile passend über das Livebild, das die Kamera einfängt. Es ist ein klassisches Beispiel für Augmented Reality (AR), die Erweiterung der physischen Realität durch Echtzeitinformationen aus dem virtuellen Raum.

Genutzt wird das System etwa für die Qualitätssicherung. „Man kann beispielsweise prüfen: Ist der Kabelbaum so verlegt worden, wie es der Sollprozess vorsieht?“, erklärt Kämper. Das verlangte bisher umständliches Abgleichen mit den Konstruktionsdaten. Mit AR dagegen wird auf den ersten Blick klar, ob alles passt, weil das System alle relevanten Informationen auf dem Display einblen-

det. „Hier lassen sich Abweichungen deutlich leichter identifizieren, als wenn man den Soll-Ist-Vergleich mit einem separaten Monitor nebendran durchführt“, sagt Kämper.

Mit solchen Anwendungen kommt nun eine Technologie im Unternehmensalltag an, die über viele Jahre hinweg immer nur schemenhaft über den Horizont zu flirren schien – ein Versprechen auf Effizienzgewinne und die Vereinfachung von Abläufen, das lange unerfüllt blieb.

„Seit ich das mache, sage ich immer: Augmented Reality ist die Zukunft. Und wird immer die Zukunft bleiben“, erzählt Thomas Alt und lacht verschmitzt. Der umtriebige Schwabe gilt als einer der prominentesten AR-Pioniere in Deutschland: Schon 1999 forschte Alt für seine Doktorarbeit daran, wie Augmented Reality VW helfen könnte, die Planung von Anlagen zu optimieren. 2003 gründete er mit einem Partner die Firma Metaio, deren Patente das Interesse von Apple weckten. 2015 schluckten die Kalifornier das Start-up aus München und integrierten viele Funktionen in iPhone und iPad – darunter die Möglichkeit, Gegenstände zu vermessen, einfach durch das Setzen von virtuellen Punkten im physischen Raum.

„Im Grunde ist AR mittlerweile in jedermann Hand“, sagt Alt. „Es gibt viele Anwendungen, bei denen man es gar nicht mehr explizit merkt, dass man AR verwendet.“ Die Kombination aus Kame-

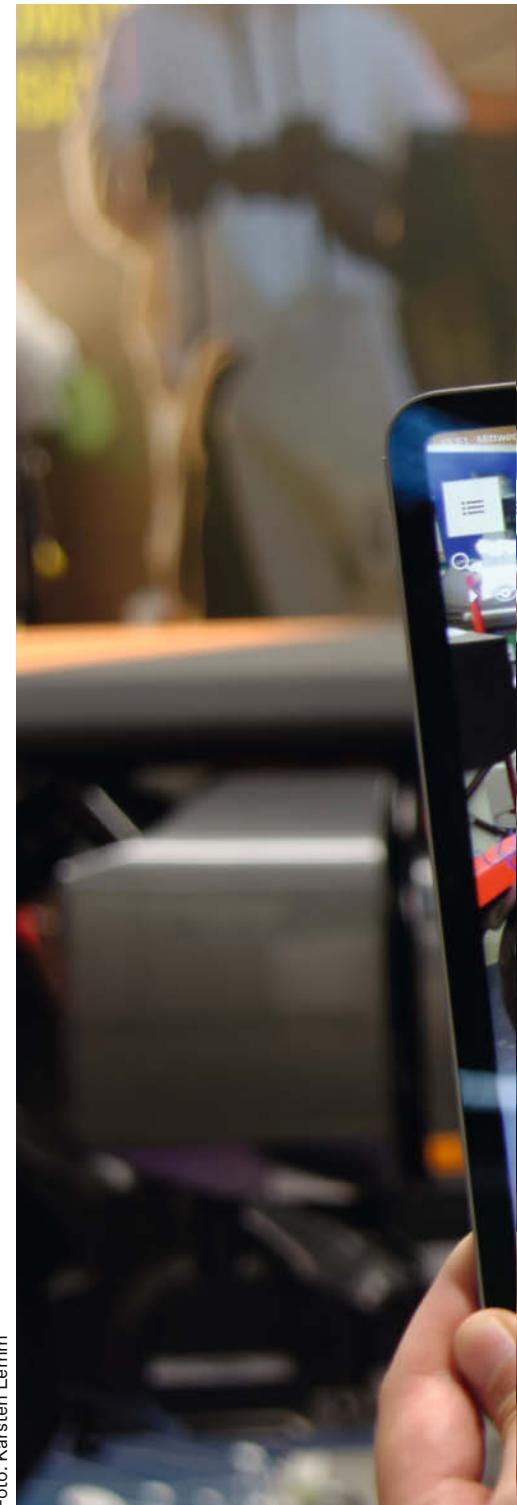


Foto: Karsten Lemm

Das BMW-Elektromotorrad zeigt unter dem AR-Röntgenblick des Tablets sein Innenleben – virtuelle Bauteileüberlagerung heißt das im Fachjargon.



„Wenn ich jemandem Inhalt mit der VR-Brille vermittele, speichert er den ganz anders ab, als wenn ich ihn mit zehn anderen in einen Seminarraum stelle.“

ra, Bildschirm und immer leistungsfähigeren Chips macht Smartphones und Tablets zu beliebten Geräten für AR-Anwendungen – auch in der Industrie.

„Was bisher nicht stattgefunden hat, ist, dass der Kommissionierer, der Montagemitarbeiter acht Stunden lang mit einer Datenbrille unterstützt arbeitet“, räumt Alt ein. Er erklärt das mit „ganz harren technischen Anforderungen“ an die Hardware. Die Brille dürfe nicht schwerer sein als 200 Gramm, „und in diesem Gewicht muss alles drin sein“ – Kameras, Sensoren, Funktechnik, ein hochauflösendes Display und genug Rechenpower, um eine Vielzahl an Bildinformationen in Echtzeit zu verarbeiten.

Neue Brillen kommen dem Ideal näher, und das Angebot wächst: Neben Apple, Meta, Microsoft und MagicLeap drängen zunehmend asiatische Hersteller wie Lenovo, HTC und Pico – ein Ableger der TikTok-Mutter Bytedance – auf den Markt. Zielgruppe ist, anders als früher, klar auch die Industrie. Lenovo etwa bewirbt seine „ThinkReality A3“-Datenbrille mit dem Spruch: „Eine neue Vision für Ihr Unternehmen.“

Tatsächlich signalisieren Firmenkunden vermehrt Interesse an Augmented Reality und der verwandten Virtual Reality. Bei einer Umfrage des Branchenverbands Bitkom gaben im Frühjahr 24 Prozent der Unternehmen an, die Zukunftstechnologien bereits zu nutzen. „Wir sehen eine größere Offenheit für AR- und VR-Lösungen und auch eine größere Integration ins Gesamtunternehmen“, berichtet der zuständige Bitkom-Bereichsleiter Sebastian Klöß. Früher sei es häufig bei Pilotprojekten geblieben, nun setze sich mehr und mehr die Erkenntnis durch,

dass beide Technologien echten Nutzen bieten können.

Am aktivsten werden AR und VR bisher von Autoherstellern und Firmen aus den Bereichen Fertigung, Planung und Konstruktion eingesetzt. „In letzter Zeit kommen aber immer mehr auch andere Anwendungsfelder hinzu“, berichtet Klöß. Auch die Debatte um das Metaverse habe das Interesse angefacht: „Der Begriff selbst ist für viele immer noch sehr, sehr vage, aber wenn man zeigt, dass AR und VR Schlüsseltechnologien sind, ist für viele ein Bewusstsein entstanden, was tatsächlich schon funktioniert.“

Ein Beispiel dafür sind Assistenzsysteme, wie sie sich bei DHL bewährt haben: In ausgewählten Logistikzentren von Brüssel bis Los Angeles hilft eine Datenbrille Tausenden von Mitarbeitenden dabei, Aufträge zusammenzustellen. Was liegt wo? Wie viele Artikel sollen ins Paket? Wohin soll's gehen? Alle relevanten Informationen dazu erscheinen direkt vor den Augen der Brillenträger.

„Die Datenbrille ist, vereinfacht gesagt, der Handheld-Scanner, den ich am Kopf trage“, erklärt Hendrik Witt, Produktchef vom Göppinger Dienstleister TeamViewer, der das System entwickelt hat. Doch anders als bei herkömmlichen Scanern bleiben beide Hände frei und die Augen müssen nicht immer wieder das Display suchen, um Informationen zu finden, die jeweils gerade wichtig sind. „Die Fehlerquote verringert sich“, sagt Witt, „und die Unternehmen werden schneller.“ Beim Halbleiterhersteller GlobalFoundries in Dresden hat die Frontline genannte AR-Lösung laut TeamViewer dazu geführt, dass sich die Ausführung von Arbeiten im Lager um 25 Prozent beschleunigt

hat; die Fehlerquote sei „auf nahe Null“ gefallen.

Auch bei Coca-Cola in Griechenland ist das System im Einsatz. Dort helfen die Datenbrillen zusätzlich bei der Wartung und Reparatur von Abfüllanlagen des bayerischen Maschinenbauers Krones. Der verspricht Kunden, die einen Service-Vertrag abschließen: „Sofortige Unterstützung durch einen Support-Spezialisten – und zwar so, als ob dieser direkt bei Ihnen vor Ort wäre.“ Funktioniert etwas nicht, könne Krone sich dank TeamViewer drahtlos auf die Datenbrille schalten, erklärt Witt. „Dann sagt man: ‚Prüf mal hier, guck mal da, vielleicht müssen wir etwas neu einstellen.‘ Und so können beide gemeinsam daran arbeiten: Der eine hat die Hände, der andere hat das Wissen.“

VIRTUELL GESCHULT

Während Datenbrillen den Blick auf die physische Umgebung mit Digital-Informationen anreichern, soll Virtual Reality die Anwender möglichst überzeugend in eine Parallelwelt mitnehmen. Auch hier gehört das Anleiten, Ausbilden und Wissenvermitteln zu den wichtigsten Anwendungen – denn im virtuellen Raum können alle, die noch üben sollen, keinen Schaden anrichten. Wenn Auszubildende bei der Deutschen Bahn im virtuellen Stellwerk den falschen Schalter umlegen, muss niemand Angst haben, dass ein Zug entgleist. Wer mit dem KUKA-Simulator lernt, Roboter zu steuern, kann mit einer unglücklichen Handbewegung am Controller niemanden verletzen. Und Gabelstapler-Fahrer, die in VR zu forschen durch digitale Fabrikhallen



Eine AR-Brille ersetzt eigentlich nur das in der Industrie inzwischen vertraute Tablet als Handheld-Scanner.



Mit AR-Technik lassen sich beliebige Schnittebenen durch das Hologramm eines Raketentriebwerks ziehen, die den Blick auf das Innere des Triebwerks freigeben.

© Copyright by Heise Medien.

sausen, können keine Kollegen auf die Ferkel nehmen.

Oft zeigt sich, dass die simulierten Erlebnisse auch den Lerneffekt steigern, weil sie mehr Eindruck hinterlassen als herkömmliche Schulungen. „Die Fähigkeit von Virtual Reality ist, den Menschen mit seiner Sinneswahrnehmung in eine Umgebung mitzunehmen, die er in diesem Moment nicht physisch erleben könnte“, erklärt Rolf Illenberger, Gründer des Münchener Software-Entwicklers VRdirect. „Wenn ich jemandem den Inhalt mit der VR-Brille vermittele, hat er den ganz anders abgespeichert, als wenn ich ihn mit zehn anderen Leuten in einen Seminarraum stelle.“

Besonders deutlich werden die Vorteile simulierter Schulungen, wenn es darum geht, Menschen das Verhalten in kritischen Situationen beizubringen. Im virtuellen Sicherheitstraining beim Energieriesen RWE etwa kann das Kraftwerkspersonal einstudieren, wie es sich im Notfall zu verhalten hat, ohne tatsächlich in Gefahr zu geraten. „Es gibt viele Szenarien, die sich in der Realität schlecht trainieren lassen“, sagt Wolfgang Hohlfeld, Gründer der Unternehmensberatung XReality Consulting. Der Brand in einer Müllverbrennungsanlage beispielsweise lasse sich in einer VR-Umgebung gefahrlos, aber doch so lebensecht nachempfinden, „dass man diesen Adrenalinshub bekommt und dadurch sehr viel besser über kann, trotz der Stress-Situation ruhig zu bleiben“.

Nicht zuletzt lockt viele Unternehmen die Aussicht, Kosten zu senken: Schulungen, die bisher für alle Beteiligten zur selben Zeit am selben Ort stattfinden müssen, lassen sich von den Fesseln des physischen Raums befreien, wenn jede und jeder für sich lernt – mit der Möglichkeit, Übungen so oft zu wiederholen wie nötig. Das biete sich besonders für die Vermittlung von Basiswissen an, erklärt Hohlfeld: „Man schickt den Teilnehmern eine Brille mit dem Grundkurs zu, und dadurch fallen potenziell die ersten zwei oder drei Trainingsstage weg – was natürlich für die Firma einen wahnsinnigen Gewinn bedeutet.“

Das gilt besonders dann, wenn sich die Inhalte kostengünstig erstellen lassen, weil sie keine komplexen Simulationen verlangen. „Mit den ersten 30 Leuten, die eine Schulung durchlaufen, habe ich im Prinzip schon einen positiven Business Case“, verspricht VRdirect-Chef Rolf Illenberger. Seine Firma hat sich auf foto-

realistische Visualisierungen spezialisiert, die auf 360-Grad-Aufnahmen basieren: Ähnlich wie in Google Street View können Betrachter sich in alle Richtungen umschauen und Klick für Klick durch den digitalen Raum bewegen.

Zu den knapp einhundert Kunden des Start-ups gehören zahlreiche Multis wie Siemens, Fraport, Henkel und der Schweizer Lebensmittelriese Nestlé. „Da werden die größten zehn Werke weltweit mit einer Basis-Sicherheitseinweisung in VR ausgestattet“, berichtet Illenberger. Alle neuen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter durchlaufen die virtuelle Schulung, die mit einem Webby-Award ausgezeichnet wurde. Schritt für Schritt spazieren sie in der fotorealistischen Umgebung über das Firmengelände, müssen Fragen beantworten und zeigen, dass sie sich korrekt verhalten, während sie sich umschauen und mit ihrem künftigen Arbeitsplatz vertraut machen können.

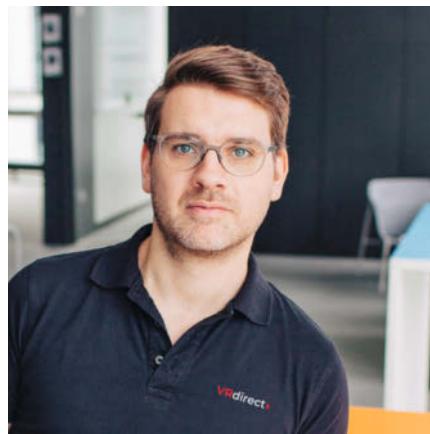
In den meisten Fällen reiche die Möglichkeit, sich in alle Richtungen umzuschauen, schon aus, um immersive Erlebnisse zu erzeugen, argumentiert Illenberger. „Bei immer mehr Anwendungen wird erkannt: Ich muss nicht mühsam eine ganze Welt aus 3D-Grafiken erstellen“, sagt er. „Etwas aus der realen Welt zu entlehnen, funktioniert sogar für die Nutzer meistens besser, weil sie abfotografierte Umgebungen aus der eigenen Wahrnehmung kennen.“

METAVERSE FÜR DIE INDUSTRIE

Das mag weit entfernt sein von Mark Zuckerbergs Vision eines virtuellen Raums, in dem sich Menschen als Avatare tummeln. Doch die kalifornische Version vom „Metaverse“ stößt in der Industrie ohnehin auf Skepsis. „Das Problem ist, dass das Ganze oft eher als Spielerei gesehen wird“, sagt XReality-Berater Wolfgang Hohlfeld. „Dadurch sind viele professionelle Anwender, wie CIOs von deutschen Mittelständlern, erst mal skeptisch.“ Auch Gabriele Zocchi hält nicht viel vom Metaverse, wie die Firma Meta es sich vorstellt. „So etwas mag für Marketing und Verkaufen funktionieren, aber nicht für Entwicklung und Technik“, glaubt der Entwicklungschef des Münchener Softwarehauses Holo-Light. „Die Industrie hat ganz andere Anforderungen an Dinge wie Sicherheit, Datenzugriff und vertrauliche Interaktionen.“

„Wir werden in der Industrie erst einen Durchbruch sehen, wenn sich diese Systeme im Consumerumfeld durchsetzen.“

Rolf Illenberger entwickelt VR-Schulungen und ist von den Vorteilen des virtuellen Lernens überzeugt.



Thomas Alt gilt als Pionier der AR in der Industrie und versucht nun, smarten Brillen das Sehen beizubringen.



© Copyright by Heise Medien.

So hat sich nun, eher halbherzig abgegrenzt, der Begriff vom „Industriellen Metaverse“ eingebürgert. Auch wenn das M-Wort dabei weiterlebt, geht es vor allem um Themen, die das Ingenieursherz höherschlagen lassen: um Planung, Design und Konstruktion; um 3D-Modelle von Fabriken, Anlagen und Gebäuden – sogenannte digitale Zwillinge; und um Effizienzgewinne, wenn Prototypen am Bildschirm entworfen und physisch weiterentwickelt werden können.

„Prototypen erfordern meist Hunderte von Änderungen und Überarbeitungen“, sagt Zocchi. Ob in der Luftfahrt, dem Maschinenbau oder in der Auto-Industrie: ein zeitraubendes, teures Unterfangen, bei dem sich Digitalisierung schnell auszahlt. Deshalb setzen viele Firmen in der Entwicklung längst auf Computer Aided Design. Mit Augmented Reality können die dabei entstehenden CAD-Modelle in die physische Welt übertragen werden, um zu prüfen, ob alles passt.

„Stellen Sie sich vor, Sie arbeiten an zwei Bauteilen, deren Bohrungen sich überlagern müssen“, erklärt Zocchi, „und das eine liegt physisch vor Ihnen, das andere existiert nur als Hologramm.“ Der Blick durch die Brille führt vor Augen, wo sich womöglich Probleme verborgen – und bei Bedarf können die Designer im Handumdrehen das CAD-Modell ändern und zurück an die Brille senden; selbst wenn sie Hunderte von Kilometern entfernt am Schreibtisch sitzen, während das übrige Team in der Fabrik steht. „Nicht alle Prozesse lassen sich damit abbilden“, räumt Zocchi ein. „Aber die Entwicklung lässt sich trotzdem massiv vereinfachen.“

FORMAT-DSCHUNGEL

Trotz aller Fortschritte bleiben reichlich Herausforderungen. Eine der größten betrifft fehlende Standards. „Der Markt ist unglaublich fragmentiert“, klagt Zocchi. Ob Meta, Microsoft, Apple, HTC, Magic Leap oder Lenovo: Alle setzen auf eigene Dateiformate und proprietäre Technologie – was Software-Anbieter zwingt, das Problem selbst zu lösen. „Wir versuchen die Quadratur des Kreises“, sagt VRdirect-Gründer Illenberger. „Wir versuchen, die Ökosysteme, die an sich nicht miteinander kompatibel sind, so in den Griff zu kriegen, dass unsere Kunden dasselbe Projekt in der gleichen Qualität auf verschiedenen Geräten nutzen können.“

Hinzu kommt, dass die meisten Brillen für den Massenmarkt konzipiert sind und sich deshalb nur bedingt für Industrie-Anwendungen eignen. „In einer Fabrik kann ich nicht mit Brillen arbeiten, an denen Kabel hängen“, erklärt Zocchi. „Das ist eine große Einschränkung bei vielen Industrie-Anwendungen.“ Deshalb empfiehlt seine Firma für AR-Projekte vor allem Microsofts HoloLens-Brille: „Die war von Anfang an drahtlos konzipiert und bekommt verlässlich Software-Updates, auch nach Jahren noch.“

Zocchi hat, wie viele andere, keine Zweifel, dass für die Industrie der größte Nutzen in Augmented Reality liegt. „Virtual Reality entführt Sie aus Ihrer Umgebung“, sagt er. Für manche Anwendungen mag das ideal sein – „Tatsache ist aber, dass wir in der physischen Welt leben und ständig mit Dingen interagieren, die wir betrachten oder anfassen müssen. Und darin liegt der große Vorteil von Augmented Reality.“

Nun muss die Technologie nur noch lernen, sich die Welt der Menschen schlauer zu erschließen, idealerweise sogar zu begreifen, was sie vor sich hat. Genau daran arbeitet AR-Pionier Thomas Alt mit seinem neuen Start-up Ramblr. „Wir versuchen, Smart Glasses das Sehen beizubringen“, erklärt Alt. Den Schlüssel dazu sieht er in Bilderkennung und künstlicher Intelligenz, die für spezielle Anwen-

dungsfälle trainiert wird. „Das System erfasst dann zunächst die Umgebung ganz generell, und wir reichern das KI-Modell so an, dass es zum Beispiel nur die Siemens-Pumpen in der Industrieanlage erkennt und entsprechende Informationen bereitstellen kann.“

So ließe sich der Nutzen von AR-gestützten Assistenzsystemen noch deutlich ausweiten, glaubt Alt. „Solche Systeme sind besonders vorteilhaft, wenn man hohe Wissensanforderungen hat und sehr wenig Leute, die dieses Wissen mitbringen.“ Für ein Land wie Deutschland, das unter chronischem Fachkräftemangel leidet, womöglich ein Weg, Menschen für spezielle Aufgaben zu qualifizieren, ohne dass sie eine jahrelange Ausbildung brauchen.

Apples Vision Pro sieht Alt als „klares Bekenntnis zu Augmented Reality“ – auch wenn der Tech-Gigant den Begriff scheut. Beim Marketing mag Apple virtuelle Erlebnisse und Büroarbeit in den Mittelpunkt stellen; preislich passt die Datenbrille mit gut 3500 Euro wohl eher zum Budget experimentierfreudiger Firmenkunden.

Vielelleicht braucht es sogar eine Handvoll Feenstaub aus Kalifornien, um Millionen von Menschen das Verschmelzen von Wahrnehmungen, die Auflösung der bisher bekannten Wirklichkeit näherzubringen – Menschen, die bei Tech-

nik normalerweise keine leuchtenden Augen bekommen, nun aber mit der Brille auf dem Kopf in die Zukunft spazieren sollen.

Psychologie jedenfalls spielt für die Akzeptanz von AR und VR eine große Rolle, glaubt Alt: „Warum setzt es sich auf dem Smartphone durch? Weil die Leute diese Geräte aus ihrem Alltag kennen.“ Die Datenbrille dagegen sei für viele ungewohnt – selbst wenn sie die Arbeit erleichtern mag. „Deshalb glaube ich, dass wir in der Industrie erst dann einen Durchbruch sehen werden, wenn sich diese Systeme auch im Consumerumfeld durchsetzen“, sagt Alt, der nach der Metaio-Übernahme von 2015 bis 2018 selbst bei Apple tätig war.

Im Berliner Motorradwerk von BMW kennen die Verantwortlichen diesen Effekt. Auch wenn HoloLens-Brillen bereitliegen, um bei der AR-Diagnose noch anschaulicher zu machen, wo sich Schalter, Kabelstränge und Verbindungen im Inneren des CE 04 verbergen – oft gehe der Griff weiterhin zum gewohnten Tablet, berichtet Innovationsmanager Jonas Pramono. „Das ist ja dieses klassische Thema: Wie wird etwas Neues angenommen? Die Brille ist für viele erstmal befremdlich, das Tablet nicht. Das kennt jeder aus seinem Alltag. Wir verwenden beide Systeme für verschiedene Anwendungsfälle.“ ●

Know-How statt Hype

ct ChatGPT & Co.
Mit KI-Tools effektiv arbeiten

Besser und schneller texten
Welche Tools beim Schreiben helfen
Wo KI-Texte noch schwächen

Hacken mit ChatGPT
KI als Werkzeug für Angreifer
Gefahr durch „Prompt Injections“

Was KI alles umkrempelt

Heft + PDF mit 26 % Rabatt

- ChatGPT zwischen wirtschaftlicher Effizienz und menschlichem Wunschedenken
- Bilder-KI Stable Diffusion lokal installieren und betreiben
- Textgeneratoren für jeden Zweck
- Sprachmodelle mit Suchmaschinen koppeln
- Vier KI-Komponisten im Test
- ChatGPT als Hacking-Tool!

Heft für 14,90 € • PDF für 12,99 € • Bundle Heft + PDF 19,90 €

shop.heise.de/ct-chatgpt

Die Magie klobiger Brillen.

Im Februar dieses Jahres erschien die PSVR 2 – der Nachfolger der PlayStation VR. Unser Chefredakteur Luca Caracciolo hat sie ausprobiert. – Luca Caracciolo

Auf die PSVR2 mussten Fans der virtuellen PlayStation-Welten sieben Jahre lang warten. Sie ist beeindruckend, aber noch nicht magisch.

Ich weiß noch ziemlich genau, wie verzaubert ich war, als ich erstmals ein Testgerät der VR-Brille HTC Vive aufhatte. Es war das Jahr 2015, das Gerät war noch nicht erschienen und ich hatte das Glück, ein Entwicklergerät auszuprobieren zu dürfen. Ich stand mitten in einem Raum in Hamburg, und doch war ich ganz woanders: unter Wasser auf dem Meeresboden, umgeben von Fischen, Quallen und Rochen. Die Sonne drang von der Oberfläche zu mir herunter. Und plötzlich schwamm ein imposanter Blauwal an mir vorbei.

Meine Begeisterung war groß und ich war damals überzeugt, dass Virtual Reality die Zukunft des Gamings und vielleicht sogar des Computings sein wird: Das virtuelle Erlebnis funktionierte schon damals hervorragend, das Meer wirkte echt, die Erfahrung war nahezu latenzfrei. Diese virtuelle Welt, die sich vor meinen Augen auftat, brachte mich zu der Frage: „Wenn das heute und jetzt schon möglich ist, was können wir dann in 20 Jahren damit anstellen?“

In solchen Momenten wirken neue Technologien wie Zauberei. Der Science-



© Copyright by Heise Medien.

Fiction-Autor und Physiker Arthur Charles Clarke hat mal ganz treffend beschrieben: „Jede hinreichend fortschrittliche Technologie ist von Magie nicht zu unterscheiden.“ Heißt soviel wie: Der Blendfaktor ist in solchen Fällen groß. Dass es mit der Marktdurchdringung in der Regel nicht ganz so einfach ist, zeigte sich in den Folgejahren: Bisher ist VR selbst im Gaming-Bereich immer noch ein Nischen-Phänomen.

Jedenfalls war es nur logisch, dass ich bei meiner Begeisterung Ende 2016 die erste VR-Brille von Sony kaufte, die PlayStation VR1. Das Erlebnis war nicht ganz so gut wie auf der HTC Vive, die mit einem PC betrieben wird.

Die PS VR musste hingegen auf die in die Tage gekommene Hardware der PlayStation 4 setzen, auch wenn die Pro-Variante der PS4 leistungsfähiger war als das Basis-Gerät. Vor allem waren die Controller veraltet, genauso wie die Tracking-Technologie. Trotzdem: Sony bemühte sich und veröffentlichte auch einige Vorzeige-Spiele wie *Resident Evil 4*, *Rez HD* oder später *Astro Bot: Rescue Mission*.

Und nun, sieben Jahre später, ist die Nachfolgerin PSVR2 erschienen. Sie ist technisch in allen Belangen ein deutlicher Sprung im Vergleich zum ersten Modell: hochauflöste Displays, ein komplett neues Tracking-System für Hände und Kopf,

eingebautes Eye-Tracking. Mit der PlayStation 5 wird die PSVR2 auch durch deutlich leistungsfähigere Hardware angetrieben.

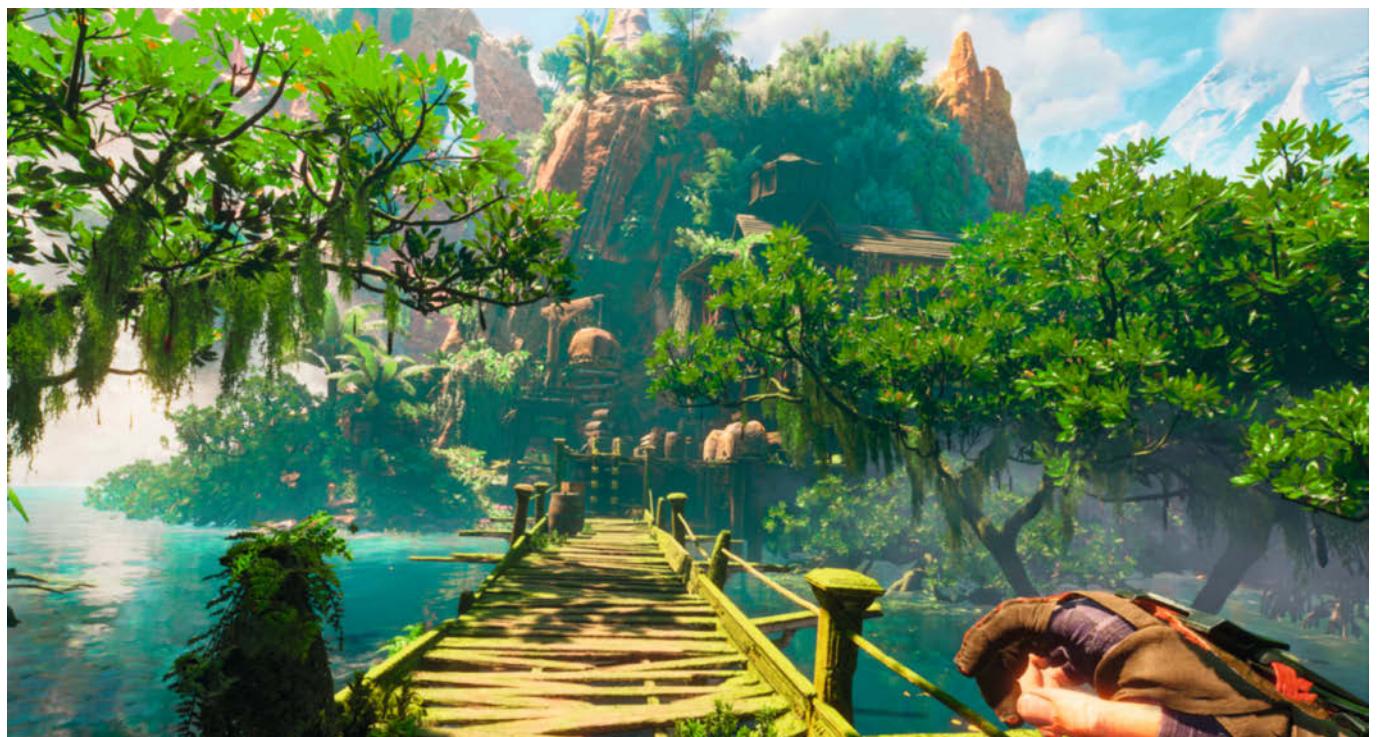
Ich konnte das Vorzeige-Spiel *Horizon: Call of The Mountain* sowie die PSVR2-Version von *Rez HD* anspielen. Und ja, vor allem *Horizon* sieht wirklich fantastisch aus und zeigt, wie viel besser die Grafikleistung der PSVR2 im Vergleich zur PSVR1 ist. Es sind kaum noch Pixel auf den Displays wahrzunehmen. Immer wieder bleibe ich stehen, um die Landschaft zu bewundern und zu genießen. Und wenn ein imposanter Dino-Mech – ein Maschinen-Dinosaurier in Cyberpunk-Optik – an mir vorbeiläuft, dann bin ich immer noch so beeindruckt wie damals in Hamburg, als der Blauwal an mir vorbeischwamm.

Aber es ist genau dies: Beeindruckt war ich schon vor acht Jahren. Ich habe aber noch immer eine sehr klobige Brille auf meinem Kopf, die ich nicht länger als 30 Minuten tragen will. Sie zwickt und zwackt an allen Ecken und Enden, im Sommer halte ich es keine 15 Minuten mit ihr aus. Und mir wird beim Spielen noch immer ein klein wenig schlecht, vor allem, wenn ich längere Zeit keine VR-Brille benutzt habe.

Die Magie stirbt, wenn der Körper sich zu Wort meldet. Auch bei so zukunftsträchtigen Technologien wie Virtual Reality. ●

„Wenn ein imposanter Dino-Mech an mir vorbeiläuft, bin ich immer noch so beeindruckt wie damals, als der Blauwal an mir vorbeischwamm.“

Eine virtuelle Horizon-Spielwelt zum Genießen versteckt sich hinter der nach wie vor klobigen VR-Brille.



„Die Signale sind nicht so, wie sie unser Gehirn erwartet“

Mit einer VR-Brille in virtuelle Welten einzutauchen, kann eine unerwünschte Nebenwirkung haben: Motion Sickness. Rein technologisch lässt sich das Problem bisher nicht lösen. – Interview: Andrea Hoferichter

Doreen Huppert ist Professorin am Deutschen Schwindel- und Gleichgewichtszentrum des LMU-Klinikums in München und erforscht Motion Sickness schon seit vielen Jahren. Ihr Steckenpferd ist die Antike, in der bereits Seefahrer und Säntenträger von der Krankheit berichteten. Sie erklärt, was hinter dem Unwohlsein im virtuellen Raum steckt und was dagegen helfen kann.

Wer sich eine VR-Brille aufsetzt, ist meistens top-fit. Warum spricht man trotzdem von einer Krankheit?

Man fühlt sich einfach krank. Das Ganze verläuft in mehreren Stufen: Erst ist man ein bisschen benommen, wird müde, man kann Kopfweh bekommen und auch Schwindel. Irgendwann wird einem schlecht und man muss brechen. Dennoch steckt keine Krankheit im eigentlichen Sinn dahinter, sondern eine Inkongruenz verschiedener Sinnessignale, die bei Bewegung im Gehirn eingehen.

Können Sie das genauer erklären?

Normalerweise sind in unserem Gehirn Muster abgespeichert, wie wir uns bewegen. Diese Muster haben wir im Laufe unseres Lebens erlernt und sie werden über Informationen aus drei Sinnesystemen immer wieder mit der Realität abgeglichen. Beim Gehen zum Beispiel senden Körperrezeptoren – also „Fühler“ – in den Füßen Signale, außerdem muskuläre Fühler und Gelenkfühler. Gleichzeitig senden das visuelle System und das Gleichgewichtssystem Informationen. Stimmen die Signale nicht mit den abgespeicherten Mustern überein, kann das Unwohlsein auslösen. Das ist

zwar wissenschaftlich nicht belegt, aber die zurzeit allgemein anerkannte Theorie.

Ein Beispiel bitte?

Motion Sickness tritt vor allem bei passiver Bewegung auf, wenn ich sozusagen bewegt werde. Also wenn ich beispielsweise im Auto sitze und in ein Buch schaue, dann melden die Augen: Alles stabil, ich bewege mich nicht, ich lese. Aber das Gleichgewichtssystem meldet eine lineare Bewegung des Autos. Dadurch kommt es zu einer Inkongruenz, weil die Signale nicht so sind, wie unser Gehirn sie erwartet.

Was passiert nun, wenn ich eine VR-Brille nutze?

Da wird meinen Augen zum Beispiel vorgespielt, dass ich mich vorwärtsbewege, und das wird dann vom Gehirn auch so wahrgenommen. Aber mein Gleichgewichtssystem und die Körperrezeptoren werden nicht gereizt, weil mein Körper in der Realität – je nach Spiel – sitzen oder stehen bleibt.

Wer leidet besonders unter der Bewegungskrankheit?

Dazu haben wir eine große epidemiologische Studie gemacht. Danach leiden Kinder zwischen neun und 13 Jahren besonders unter Motion Sickness und Menschen mit Vorerkrankungen wie Migräne. Die Empfindlichkeit ist aber individuell sehr verschieden. Es gibt Leute, die bekommen schon beim Skifahren Probleme, wenn zum Beispiel die Sicht schlecht ist, und müssen sich auf der Piste übergeben. Andere können stundenlang Karussell fahren und es passiert gar nichts. Auch in diesen



Die Medizinerin Doreen Huppert untersucht nicht nur akute Schwindelphänomene, sondern auch den „Schwindel danach“ – wenn das auslösende Erlebnis schon vorbei ist.

beiden Beispielen handelt es sich um ungewohnte Bewegungen, bei denen die drei Sinnessysteme Signale senden, die das Gehirn mit den abgespeicherten Mustern nur schwer überein bekommt. Die Gründe für die unterschiedlichen Empfindlichkeiten sind allerdings noch nicht verstanden.

Es gibt ja den sogenannten psychogenen Schwindel, der etwa bei Menschen mit Angststörungen auftreten kann. Spielen psychologische Faktoren bei der Bewegungskrankheit ebenfalls eine Rolle?

Auch das ist unklar. Allerdings berichtete schon der römische Dichter Juvenal von der Frau eines Senators, die immer sehr leicht seekrank wurde – nur nicht, als sie mit ihrem Liebhaber, einem Gladiator, auf einem Schiff nach Ägypten durchbrannte. Als Grund gilt ihre emotional gute Verfassung, da sie gerade freudig dem Ehemann entronnen war. Psychologische Faktoren können also durchaus eine Rolle spielen. In erster Linie ist die Bewegungskrankheit aber ein physiologisches Problem.

Lässt sich dieses körperliche Problem im Fall der VR-Erlebnisse technologisch lösen? Etwa durch bessere Brillen?

Wahrscheinlich kann man den Effekt lediglich ein bisschen dämpfen. Denn wenn die Diskrepanz zwischen den Körpersignalen bleibt, wird jemand, der empfindlich ist, trotzdem reagieren. Man hat mal versucht, das Gleichgewichtsorgan, das im Knochen hinterm Ohr sitzt, durch galvanische Stimulation zu reizen, sodass von dort auch Bewegungsimpulse kommen. Dass sich das durchgesetzt hätte, ist mir aber nicht bekannt.

Eine Studie aus den USA hat gezeigt, dass es helfen kann, wenn im Gesichtsfeld einer VR-Brille eine Nasenspitze eingeblendet wird.

Wenn stationäre Reize im Gesichtsfeld gesetzt werden, kann es durchaus sein, dass es einem dadurch besser geht. Man kennt das auch von der Seefahrt. Da hilft es zum Beispiel, den Horizont zu fixieren.

Was kann außerdem helfen?

Angenehme Düfte wie Minze zum Beispiel, darauf haben Seefahrer schon in der Antike gesetzt. Auch wenn bis heute nicht klar ist, warum genau sie wirken. Training, also Gewöhnung, ist ebenfalls ein gutes Gegenmittel. Es wirkt aber immer nur auf einen bestimmten Reiz. Wer also nach ein paar Tagen auf dem Meer endlich seefest ist, kann bei der nächsten Autofahrt durchaus wieder unter Übelkeit leiden. Natürlich kann man auch Medikamente einnehmen. Aber sie dämpfen alle Reize und machen müde. Dann wird einem nicht schlecht, doch bei einem VR-Erlebnis hat man vermutlich nicht das Vergnügen, das man eigentlich haben will. ●

„Der Historiker von morgen wird ein Programmierer sein oder er wird nicht existieren.“

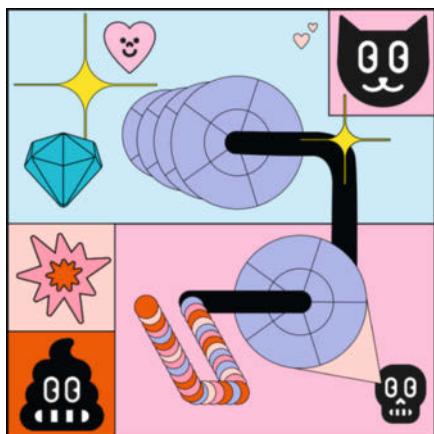
Emmanuel LeRoy Ladurie 1968 als Reaktion auf die Untersuchung des Abstimmungsverhaltens des britischen Parlaments in den 1840er-Jahren (Seite 66)

Report

- 53 KOLUMNE • Shitty-Tech-Futures
- 54 PHOTOVOLTAIK • Ziegel unter Strom
- 59 DÉJÀ-VU • Sorgen um die dezentrale Stromerzeugung
- 62 KÜNSTLICHE INTELLIGENZ • KI macht Geschichte
- 67 JUBILÄUM • Der Atomkrieg-Verweigerer
- 68 COMPUTER • Shift happens – eine kleine Tastaturgeschichte
- 74 AUTONOME WAFFENSYSTEME • Steward Russel über notwendige Verbote
- 78 EXPERTE IN 5 MINUTEN • Strompreis
- 80 KÜNSTLICHE INTELLIGENZ • Pünktlichere Bahnen mit KI
- 84 EINWANDERUNGSPOLITIK • Grenzlotterie

Shitty-Tech-Futures

In unserer Technikliebe übersehen wir häufig die Mängel und Trade-offs, die wir uns mit technischen und digitalen Lösungen einhandeln. Entsteht daraus Shitty-Tech, tun wir das als Kinderkrankheiten ab. Aber so einfach ist es nicht.



Stupid Shit No One Needs & Terrible Ideas – so hieß 2012 der weltweit erste Stupid Hackathon. 2014 hätte ich fast selbst einen veranstaltet, denn ich hatte große Lust auf so einen Anti-Hackathon, bei dem es darum geht, Prototypen zu entwerfen, die keinerlei Wert haben. Die so schlecht sind, dass sie niemand nutzen will: Outcognito Mode, eine Browser-Erweiterung, die jede besuchte Webseite öffentlich tweetet. Shakie, eine Kamera-App, die nur Bilder aufnimmt, wenn das Telefon kräftig geschüttelt wird. Non-Ad Block, eine Web-Extension, die alle Web-inhalte blockiert, die keine Werbung sind.

Die Projekte provozieren und rütteln auf, denn manchmal sind sie gefährlich nah dran an der Realität. Unser Alltag ist voll von Shitty-Tech, die ihn unnötig verkompliziert und uns zur Weißglut treibt. Das zeigt ein Blick auf den Twitter-Account „Internet of Shit“, der die Crème de la Crème dysfunktionaler Tech-Produkte featurt, die tatsächlich existieren: IOT-Duschen, die morgens erst mal ein Firmware-Update einspielen, Entsafter, die nur Saft produzieren, wenn die Inter-

netverbindung stabil ist, Kühlschränke, bei denen nicht nur die Milch, sondern auch die Software abläuft.

Besonders ärgerlich sind Momente, in denen man auf Shitty-Tech angewiesen ist. Ich erinnere mich nur zu gut an das Smart-Lock eines Airbnb in LA, das sich nicht öffnen ließ, weil ich keine US-Rufnummer hatte, mit der ich einen Account hätte anlegen können. Die Nacht hätte ich fast auf der Straße verbracht.

Obwohl ein Stupid Hackathon Kunst ist und kein konkretes Ziel verfolgt, hält er uns eindrücklich vor Augen, wo hin unermessliche Technikgläubigkeit führt – in eine shitty Zukunft. Dank Smart-Lock muss der Airbnb-Host nicht jedes Mal den Schlüssel vorbeibringen, sondern kann neue Nutzer (vermeintlich) bequem online freischalten. Eine einfache Schlüsselbox erscheint zu oldschool.

Der Glaube, der vielen Produkten zugrunde liegt, ist: digital = besser. Digital = die Zukunft. Analog = die Vergangenheit. Digital macht Dinge bequemer und einfacher. Das muss besser gehen, digitaler! Wir Menschen lieben den Technologiesolutionismus. In diesem Wunschedenken übersehen wir die Mängel und Trade-offs, die wir eingehen. Wir rechtfertigen Shitty-Tech damit, dass wir in einer Übergangsphase stecken. Sind die Tools erst einmal ausgereift, wird alles besser laufen, so der Glaube. Spoiler Alert: Diese Zukunft wird nicht eintreten.

Besonders skurril wird es, wenn analoge Tools einen pseudo-technischen Anstrich bekommen. Ein digitaler Schwangerschaftstest zum Beispiel, in dem ein analoger Teststreifen steckt, der mittels Technik im Gehäuse „ausgelesen“ und dessen Ergebnis digital ausgegeben wird, statt einfach auf den Teststreifen zu sehen. Oder ein KI-Überwachungskamera-System zur Erkennung von Ladendiebstahl.

stahl. Anstatt ausgeklügelter KI sitzen Menschen in Madagaskar am anderen Ende der „smartten“ Kamera und tun so, als wären sie eine Maschine. Unternehmen tricksen Konsumenten und -innen aus und verkaufen als „High Tech“, was längst keine ist. Denn – und das ist unser wunder Punkt – wir vertrauen den Maschinen längst mehr als den Menschen.

Die Zukunftserzählungen rund um neue Technologien bewegen sich zwischen Extremen: Utopie und Dystopie. Dass dazwischen ganz viel mondäner Schrott liegt, findet kaum Beachtung. Es ist an der Zeit für mehr Shitty-Tech-Folgenabschätzung. Debunking von Produkten, die auf dem Papier toll aussehen und in der Realität ihren kühnen Versprechen nicht gerecht werden oder gefährlich sind.

So wie Unternehmen ihre Produkte mit Pentests auf Sicherheitslücken überprüfen, könnten sie Technikfolgenabschätzungen forcieren und einen Beitrag leisten, uns vor einer Shitty-Tech-Zukunft zu bewahren. Man stelle sich nur vor, dass das selbstfahrende Taxi in Zukunft so zugemüllt wird wie der öffentliche Nahverkehr in San Francisco. Oder es lässt uns erst aussteigen, wenn wir auch den letzten Werbeclip zu Ende gesehen haben.



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

Kindergarten in Ipsach
(Schweiz), 2016, gedeckt
mit Solarplatten von
SunStyle.

Ziegel unter Strom

Solarzellen in Dachpfannen und in Fassaden erschließen neue Flächen für die Photovoltaik. So werden sie wirtschaftlich. – Gregor Honsel

Elon Musk war mal wieder ganz vorne mit dabei. Zumindest bei den Ankündigungen. „Schön, erschwinglich und nahtlos integriert“ werde ein neues Produkt des Hauses Tesla sein, versprach er 2016: Solarschindeln, die nicht zusätzlich auf das Dach kommen, sondern ins Dach.

Ein Erfolg für Tesla wurden sie nicht – auf dem europäischen Markt sind sie noch nicht einmal angekommen. Dabei war die Idee gar nicht neu und der Bedarf durchaus vorhanden: Hierzulande gibt es längst eine Reihe von Mittelständlern, die schon mehrere Tausend Dächer mit Solarziegeln versorgt haben.

Will Deutschland seine Klimaziele erreichen, muss es bis 2050 mehr als 200 Gigawatt an PV-Leistung allein auf Gebäuden zubauen. Das entspricht rund 19 Quadratmetern pro Haus, hat das Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE) in einer 2021 erschienenen Studie errechnet ([heise.de/s/QgJO](https://www.heise.de/s/QgJO)). Damit die Menschen das akzeptieren, sei eine „ausreichende architektonische Qualität bei der Integration in urbanen Gegenden“ wichtig. Und dabei spielen Solarziegel ihren Vorteil aus: Sie sind ästhetisch und fügen sich – im Gegensatz zu herkömmlichen, aufmontierten Photovoltaik-Modulen – nahtlos in die bestehende Architektur ein. Sie kommen sogar für denkmalgeschützte Häuser infrage. Selbst in Pompeji sind bereits Photovoltaik-Ziegel installiert, die kaum von ihren historischen Vorbildern zu unterscheiden sind.

Ebenfalls zur „gebäudeintegrierten Photovoltaik“ zählen Solarfassaden. Hier ist der Hebel, zusätzliche Solarflächen zu erschließen, noch höher. Der Grund ist schlichte Geometrie: Je höher ein Gebäude, desto mehr Fläche haben die Fassaden im Verhältnis zum Dach. „Gebäudefassaden bieten rund doppelt so viel potenzielle Fläche für Photovoltaik-Module wie Dächer“, hat die ISE-Studie ermittelt.

Dass trotzdem immer noch herkömmliche Dachmodule die Szene bestimmen, hat eine einfache Ursache: Massenproduktion und Standardisierung haben deren Kosten seit mehr als zwei Jahrzehnten kontinuierlich sinken lassen. Die vergleichsweise junge gebäudeintegrierte Photovoltaik kann da nicht mithalten – Schönheit hat eben ihren Preis. Unter bestimmten Umständen kann sie sich aber trotzdem rechnen.

KOMPROMISS AUF DEM DACH

Wenn man ein Dach ohnehin neu eindecken muss, spart man sich mit Solarziegeln die Kosten für die herkömmlichen Dachpfannen. Verbindet man das Ganze mit einer energetischen Sanierung, gibt es dafür auch Zuschüsse. Andererseits wird schon beim

Blick auf die Dimensionen klar, dass Solarziegel einen eingebauten Wettbewerbsnachteil gegenüber Standardmodulen haben. Diese sind ungefähr einen Quadratmeter groß – eine Fläche, die rund 15 handelsüblichen Dachziegeln entspricht. Weil Solarziegel aber einen gewissen Rand haben, erreichen sie auf gleicher Dachfläche weniger Leistung. Klassische Module bringen es auf mehr als 200 Watt pro Quadratmeter, die Solarziegel auf 120 bis 180 Watt (siehe Tabelle S. 56). Der niedersächsische Hersteller Solteq nennt neben diesen Prüfstand-Daten allerdings ebenfalls Werte von über 200 W/m² – dank einer „prismatischen“ Glasoberfläche, die schwaches oder schräg einfallendes Licht besser einfange. Dieser „Schwachlichteffekt“ bringe bis zu 20 Prozent mehr Ertrag, sei aber „standort- und lageabhängig“ und könne nicht garantiert werden.

Für die gleiche Leistung muss in der Regel also ein Vielfaches an Steckern, Buchsen und Kabeln produziert und installiert werden. „Technologisch sinnvoller sind große Module, schon weil sie weniger Anschlüsse brauchen“, sagt Martin Heinrich, Gruppenleiter für Einkapselung und Integration am ISE. Andererseits lassen sich mit den kleinen Solarziegeln auch verinkelte Dachflächen besser ausnutzen als mit den rechteckigen Standardmodulen. Wo also liegt der beste Kompromiss? „Circa einen Meter breit sollten die Module schon sein. Das wäre ein vernünftiger Trade-off zwischen Ästhetik und Kosteneffizienz.“

Die Anbieter haben jeweils eigene Antworten für dieses Gleichgewicht gefunden. So setzt der 2012 gegründete Hersteller Autarq auf klassische Ton- oder Betonziegel als Träger für die Solarzellen. In einer Fabrik in Prenzlau bohren Roboter ein Loch für die Anschlussdose hinein und kleben ein Silizium-Modul obendrauf.

„Ich war in der Solarbranche, habe aber relativ schnell gemerkt, dass das auf Einfamilienhäusern einfach nicht schön aussieht“, sagte Autarq-Gründer Cornelius Paul in einem ZDF-Beitrag. Rund 700 Dächer hat Autarq nach eigenen Angaben schon mit seinen Solarziegeln bestückt.

Das niederrheinische Traditionssunternehmen Nelskamp hat sich dem Thema von der anderen Seite genähert. Seit fast hundert Jahren stellt es Dachziegel her. In den vergangenen zwei Jahrzehnten kamen immer mehr Photovoltaik-Produkte hinzu, seit 2015 auch Solarschindeln. Seitdem habe man „eine mittlere vierstellige Zahl“ an Dächern damit gedeckt, sagt Schulungsleiter Frank Engelmann.

Bestseller sind 1,5 Meter breite Riegel, die jeweils fünf bis sechs Dachpfannen ersetzen. „Zierkerben“ im Kunststoffträger sollen den Eindruck einzelner Pfannen erwecken. Um der klassischen

Optik noch näher zu kommen, hat Nelskamp Anfang des Jahres auch Solar-Einzelziegel auf den Markt gebracht. Engelmann rechnet damit, dass sie schnell an Marktanteil gewinnen werden.

Parallel zu diesem Schritt hat Nelskamp die Fertigungstiefe erhöht. „Wir kaufen nur noch die Zellen aus China ein, den Rest machen wir selber“, sagt Engelmann – also die Zellen mit Kontakten versehen, in Schutzfolie einkleben, mit einer Glasscheibe schützen und auf Dachziegeln eigener Produktion befestigen.

Der Schweizer Solarhersteller Meyer Burger hat sich noch weiter vom herkömmlichen Dachpfannenformat gelöst. Seine Zellen sind auf Blechkästen montiert, welche die Anschlüsse aufnehmen und von kühler Luft durchströmt werden können. Dank einer „variablen Decklänge“ seien die Ziegel nicht mehr „an ein festes Unterkonstruktionsmaß“ gebunden, heißt es im Prospekt. Entwickelt hat die Ziegel das Ingenieurbüro Paxos mit Sitz im nordrhein-westfälischen Langenfeld. Auf den Markt kommen sollen sie im Laufe des Jahres.

Daneben gibt es auch Module in diversen Größen, die gar nichts mehr mit normalen Dachpfannen zu tun haben – außer der Tatsache, dass sie dicht an dicht verlegt werden, sich nahtlos in das Gebäude einfügen und das Wasser abhalten. Der Schweizer Anbieter SunStyle etwa bietet quadratische Schindeln an, die gut einen halben Quadratmeter groß sind und je 84 Watt leisten.

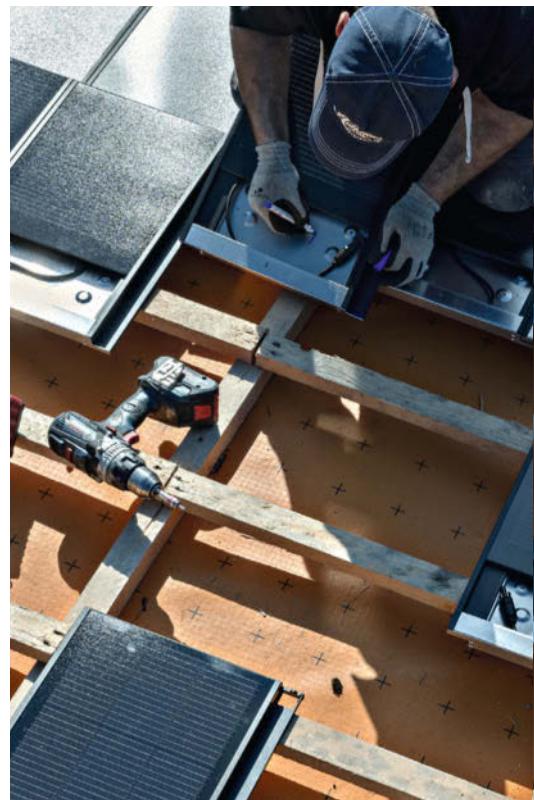
WARMLUFT FÜR DIE WÄRMEPUMPE

Solteq hat auch ein Konzept zur gleichzeitigen Wärmenutzung im Angebot: Die

Schindeln haben kleine Lüftungsschlitzte und Luftkanäle, über die Luft einströmen kann. Über ein Rohr am First wird die erwärmte Luft abgesaugt, was die Zellen kühl und ihren Wirkungsgrad erhöht. Im Winter kann die warme Luft über einen Wärmetauscher eine Wärmepumpe speisen. Solteq verspricht einen um bis zu 36 Prozent höheren Ertrag gegenüber konventioneller Photovoltaik. Ein weiterer Vorteil: In Verbindung mit einer Wärmepumpe wird das Solardach staatlich gefördert.

Ein entscheidender Kostenfaktor ist auch die Verkabelung. Autarq setzt ausschließlich auf eine parallele Verschaltung. Das bedeutet: Entlang der Dachlatte wird ein Kabelbaum mit vielen Anschlüssen befestigt, in den jede Pfanne eingestöpselt wird. Der Vorteil: Verschaltete Module können auf diese Weise nicht die Leistung der anderen Module beeinträchtigen, wie es bei einer seriellen Verkabelung der Fall wäre. Nelskamp bietet sowohl serielle als auch parallele Verschaltungen an, je nach verwendetem Wechselrichter. „Außerdem haben unsere Module Bypass-Dioden, da sind die Verschaltungen nicht mehr so dramatisch“, sagt Engelmann. Solche Bypass-Dioden verhindern ebenfalls, dass die schwächsten Zellen die Leistung der ganzen Anlage bestimmen.

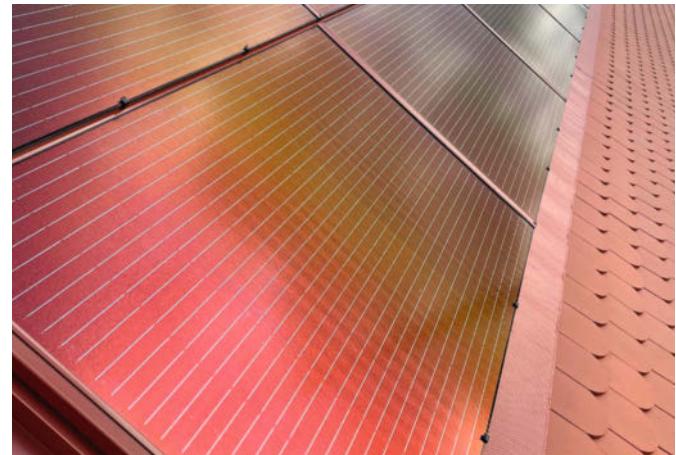
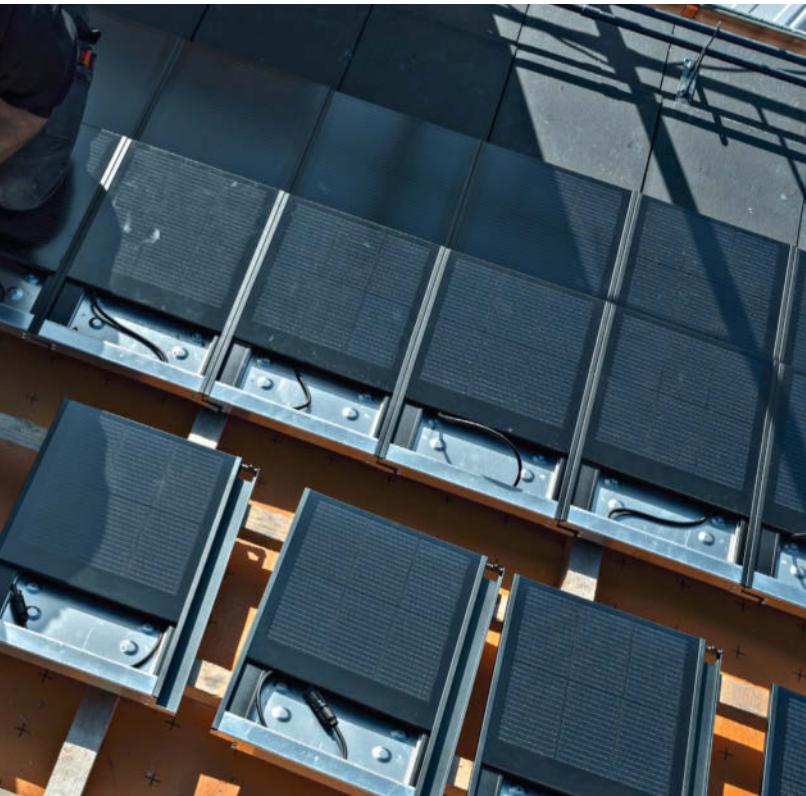
Für ISE-Forscher Heinrich sind parallele Verschaltungen noch aus einem anderen Grund sinnvoll: „Damit kann jeder Dachdecker arbeiten.“ Weil durch jede Steckverbindung jeweils nur der Strom eines einzigen Moduls fließt, befindet man sich im Niederspannungsbereich. Elektriker seien nur nötig, um anschließend das gesamte System anzuschließen und in Betrieb zu nehmen.



„Technologisch sinnvoller sind große Module. Circa einen Meter breit sollten sie schon sein.“

SOLARZIEGEL IM FORMAT EINZELLER DACHPFANNEN

Hersteller	Produkt	Farben	Leistung (W), schwarz			
			pro Modul	pro m ²	Breite (mm)	Gewicht (kg)
Autarq	Creaton PV	Schwarz, Grau, Rot	10	120	257	4,9
Dynaqua	Invisible Solar Rooftile	Terrakotta	7,5	111	17	2
Meyer Burger	Tile	Schwarz	15	150 – 165	330	2,6
Nelskamp	Planum Generon PV	Schwarz	16	171	300	5,9
Solteq	Quad 54 mono	Diverse	45	178	540	3,3
Tesla	Solar Roof	Schwarz	k. A.	k. A.	380	k. A.



Im Rahmen des Forschungsprojekts PVHide hat das Fraunhofer ISE gemeinsam mit Partnern eine ziegelrote PV-Anlage direkt in das Dach einer Turnhalle eingebaut. Die Module sind mit einer Farbschicht nach Vorbild des Morpho-Schmetterlings versehen.

Installation von Meyer-Burger-Solarziegeln auf einem Pilotdach in der Schweiz.

Trotzdem spielt die Schulung der Dachdecker eine große Rolle. Allein Nelskamp bildet jedes Jahr eine dreistellige Anzahl an Handwerkern aus. „Solche Schulungen sind aber nur ein Angebot, keine Pflicht“, betont Schulungsleiter Engelmann. „Die Arbeiten darf jeder Nicht-Elektriker ausführen. Aber Handwerker sind eine konservative Klientel, die wollen mitgenommen werden.“

Autarq-Gründer Cornelius Paul hat selbst bei rund 150 Dächern mit angepackt, um Praxiserfahrung zu sammeln. „Ich habe meinen kleinen Dachdeckergesellen gemacht“, so Paul. „Da habe ich viel besser verstanden, dass es nicht nur um Ästhetik geht, sondern auch um Anwendbarkeit.“

SILIZIUM VERSUS DÜNNSCHICHT

Weitgehend einig ist sich die Branche bei der Wahl des Photovoltaik-Materials: bewährte, glasbedeckte Silizium-Zellen. Diese lassen sich allerdings kaum biegen. Deshalb gibt es die Solarziegel in der Regel nur für eher flache Pfannen. Die ganze Bandbreite hierzulande gebräuchlicher

Formate, von der Finkenberger-Pfanne bis zum Doppelmuldenfatz, lässt sich damit nicht elektrifizieren. Eine Ausnahme bilden die Terrakotta-Ziegel des italienischen Anbieters Dyaqua, die beispielsweise in Pompeji zum Einsatz kommen. Aber die sind handgefertigt, nur in kleiner Stückzahl verfügbar und haben eine geringere Leistung. Wären für die Standard-Ziegel also nicht Dünnschichtzellen oder organische Folien sinnvoll?

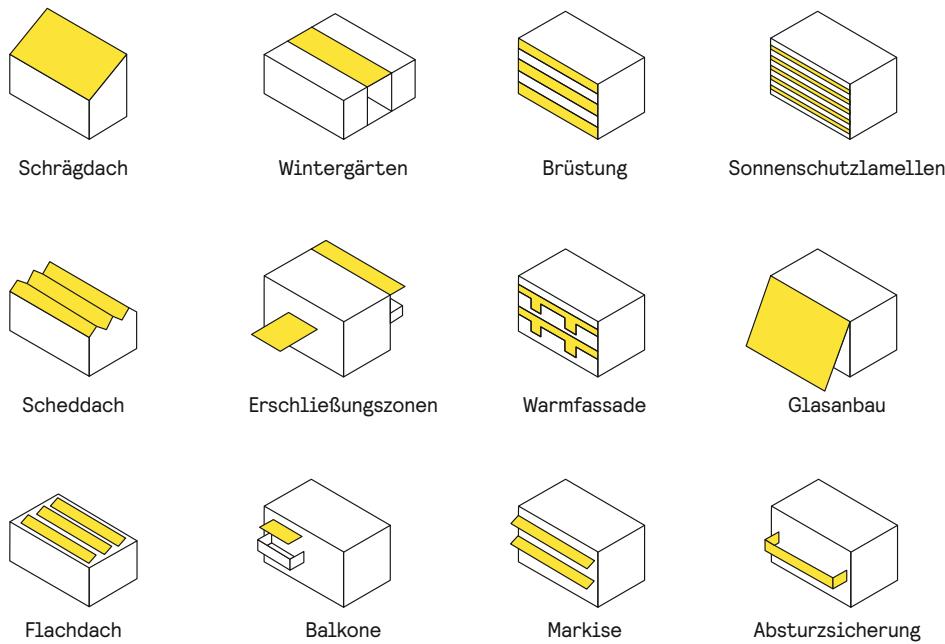
„Wir haben viele Angebote in dieser Art bekommen“, sagt Frank Engelmann von Nelskamp. „Aber wir haben die noch einmal zur Weiterentwicklung zurückgeschickt, um es freundlich zu formulieren. Die Technik kommt, aber es wird noch ein paar Jahre dauern.“ Das zentrale Problem dabei sei die Haltbarkeit der Schutzfolie.

Was noch gegen die flexibleren Dünnschichtzellen spricht: „Ihr Marktanteil ist deutlich geringer als bei kristallinen Silizium-Solarzellen und weist eine weiter sinkende Tendenz auf“, heißt es in der ISE-Studie. „Deshalb können Dünnschichttechnologien nicht von einem unterstützenden Massenmarkt profitieren.“ Im Projekt Baldachin erforscht das

Fraunhofer ISE mit Partnern unter anderem, wie sich auch Silizium-Zellen auf gewölbte Pfannen aufbringen lassen. „Leichte Biegungen machen die mit“, sagt Fraunhofer-Forscher Heinrich.

Derzeit seien Dächer mit Solarziegeln „eher Liebhaberprojekte“, gibt Heinrich zu. Weitere Kostensenkungen könnten größere Stückzahlen bringen. „Aber das ist ein Henne-Ei-Problem: Die Modul-Hersteller bräuchten Sicherheit, dass auch wirklich genug abgenommen wird. Da könnte eine staatliche Anschub-Förderung helfen.“

Nach der Erfahrung von Engelmann sind die reinen Kosten aber gar nicht spielscheidend. „Für den Bau eines frei stehenden Einfamilienhauses sind rund 500 000 Euro fällig, im süddeutschen Raum oft auch mehr als eine Million. Ob das PV-System dann 10 000 oder 15 000 Euro mehr kostet, spielt dann keine so große Rolle mehr.“ Die Zahlungsbereitschaft für einen unauffälligeren Look sei generell recht groß. „Das wichtigste Motiv bei unseren Kunden ist Ästhetik und Architektur“, sagt Engelmann. „Danach folgen die bessere Flächenausnutzung und die niedrigere Dachlast.“



Es muss nicht immer das Dach sein: Möglichkeiten, Solaranlagen an einem Gebäude unterzubringen, gibt es viele.

Denkmalschutz spielt hingegen nur in rund fünf Prozent der Fälle eine Rolle, schätzt er.

BUNTE FASSADEN

Bei Fassadenmodulen gibt es ähnliche Konflikte: Einerseits erschließen sie große Flächen für die Photovoltaik. Andererseits sind sie nicht so wirtschaftlich wie konventionelle Dachanlagen.

Dass die Fassadenmodule meist nicht im idealen Winkel zu Sonne stehen, ist dabei noch das geringere Problem. Im Schnitt liefern sie bei Südausrichtung nur rund 75 Prozent des Stroms einer optimal ausgerichteten Dachanlage. Bei Ost- oder Westausrichtung sind es rund 55 Prozent. Aber dafür produzieren sie bei Ost-West-Ausrichtung auch über den ganzen Tag verteilt gleichmäßig Strom. Für den lukrativen Eigenverbrauch ist das meist wichtiger als die Spitzenleistung.

Legt man Wert auf eine andere Farbe als Schwarz, kann das – wie auch bei Dachziegeln – weitere 15 bis 50 Prozent Wirkungsgrad kosten. Um die Ausbeute zu erhöhen, haben sich ISE-Forscher von den Flügeln des Morpho-Schmetterlings inspirieren lassen. Diese besitzen keine Farbpigmente, sondern winzige geometrische Strukturen, die Lichtwellen so überlagern, dass nur bestimmte Farben reflektiert werden. Alle anderen Wellenlängen können ungestört passieren. Nach diesem Prinzip haben die Forschenden Solarmodule in verschiedenen Farben entwickelt, die nach ihren Angaben „mindestens 90 Prozent ihrer Effizienz“ erhalten.

„Das wichtigste Motiv bei unseren Kunden ist Ästhetik und Architektur.“

Das eigentliche Problem bei Fassadenmodulen seien aber – ähnlich wie bei den Solarziegeln – ihre „vergleichsweise hohen Investitionskosten“, so die ISE-Studie. Diese seien „unter anderem bedingt durch eine fehlende industrialisierte Bauweise, dem damit verbundenen hohen Montageaufwand und den aufwendigen Zulassungsverfahren“.

Berücksichtigt man, dass die Solarmodule – wieder wie bei den Dachziegeln – herkömmliche Fassadenelemente ersetzen können und dadurch entsprechend Kosten sparen, dürfen sie durchaus etwas teurer sein. Die ISE-Studie gesteht den Fassadenmodulen einen Aufschlag von 130 Euro pro Quadratmeter zu. Damit kommen sie wirtschaftlich in Reichweite. Voraussetzung sei aber eine „hochautomatisierte, flexible Produktion von kundenspezifischen Modulen“ mit einem jährlichen Output von rund 55 Megawatt. Dies eröffne zudem „enorme neue Möglichkeiten für kleinere, lokale Produktionsanlagen in Europa“, weil die Nähe zum Endkunden entscheidend sei.

Das Forschungsprojekt Standard-BIPV (heise.de/s/8Og7), an dem auch das ISE beteiligt ist, will nun den gesamten deutschen Gebäudebestand unter anderem daraufhin untersuchen, welche Gebäude für vorgefertigte und standardisierte Solaranlagen geeignet sind. „Erste Ergebnisse deuten darauf hin, dass das Potenzial für Photovoltaik an Gebäuden weit größer ist als 200 Gigawatt“, heißt es in der ISE-Studie. An der fehlenden Fläche sollte die Energiewende also nicht scheitern. ●

Übertriebene Hoffnungen und Sorgen

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

„Die dezentrale Erzeugung zerlegt unser Energiesystem“, prognostizierten wir in Heft 7/2016. Ein Symptom: „Die Energiekonzerne fürchten um ihre Einnahmen. Wegen der niedrigen Börsenstrompreise – der Preis pro Megawattstunde ist in den letzten fünf Jahren um etwa zwei Drittel gesunken – verdienen sie schon heute wesentlich weniger als früher.“

Zumindest die Sorge um ihre Einnahmen erwies sich als unberechtigt. Der RWE-Börsenkurs hat sich seitdem vervierfacht. Und im Sommer 2022 sind die Strompreise geradezu explodiert. Ursachen waren schwächernde französische Atomkraftwerke, die die Stromnachfrage auch in Deutschland erhöhten, sowie gestiegene Gaspreise wegen des Ukraine-Kriegs (siehe S. 79). Mittlerweile hat sich der Börsenstrompreis zwar wieder auf deutlich niedrigerem Niveau eingependelt, ist aber immer noch doppelt so hoch wie vor sechs Jahren.

Der Anlass für unsere damalige Prognose: Immer mehr Privathaushalte und Betriebe erzeugten ihren eigenen Strom. Daraus folge, dass sich mit dem Verkauf von Kilowattstunden kaum mehr Geld verdienen lasse – das Stromnetz aber trotzdem finanziert werden muss. Deshalb laufe alles auf günstige „Pakettarife“ hinaus, deren Preis sich vor allem an der Anschlussleistung orientiere, nicht am Verbrauch: „Für eine solche ‚Energie-Flatrate‘ spricht, dass Strom und Wärme aus Wind und Sonne kaum Betriebskosten verursachen“, argumentierten wir.

Tatsächlich ist der Trend hin zu den Erneuerbaren ungebrochen. Ihr Anteil stieg seit 2016 von 33 auf gut 50 Prozent. Und 2023 wird zu einem neuen Rekordjahr für die Photovoltaik werden. Trotzdem reichte das bisher nicht, um den Strompreis zu senken. Grund ist der „Merit-Order-Effekt“ (siehe S. 79): Am

Strommarkt setzen die teuersten benötigten Kraftwerke den Preis. Hierzulande sind das in der Regel Gaskraftwerke.

Zudem geht der Zubau an Photovoltaik nicht notwendigerweise mit einer stärkeren Dezentralisierung einher – der potenziellen Ursache für das Zerlegen unseres Energiesystems. Nur rund ein Fünftel der neu installierten Leistung stammte in den letzten Jahren von kleinen Dachanlagen. Einen ungefähr doppelt so hohen Anteil hatten große Freiflächenanlagen, hinter denen große Konzerne stehen (siehe TR 4/2023, S. 60).

Auch wenn die mit Wind- und Sonnenstrom verbundenen Hoffnungen im Rückblick übertrieben waren: Die Befürchtungen waren es auch. „Je größer der Anteil an erneuerbarer Stromproduktion wird, desto mehr muss man sich um die Systemstabilität sorgen“, zitierten wir damals einen Fraunhofer-Experten. Sorgen machten auch neue Verbraucher: „Von der breiten Öffentlichkeit eher unbemerkt gewinnt Strom beim Heizen von Einfamilienhäusern wieder an Bedeutung“, schrieben wir damals. „Eine der zentralen Technologien dafür ist die Wärmepumpe.“

Als Anhaltspunkt für den Stress im Stromsystem dient die Residuallast – der Anteil des Verbrauchs, der nach Abzug des schwankenden Wind- und Sonnenstroms noch übrig bleibt und durch steuerbare Erzeuger wie Gaskraftwerke gedeckt werden muss. Die Residuallast bildet sozusagen das Scharnier zwischen Angebot und Nachfrage. Trotz stark erhöhten Erneuerbaren-Anteils ist sie in den vergangenen Jahren nicht gestiegen. 2023 betrug sie in der Spitzzeit nur knapp 65 Gigawatt. 2016 waren es noch 76 Gigawatt.

Die dezentrale Erzeugung von Strom hat unser Energiesystem bisher also nicht zerlegt – weder im Guten noch im Schlechten. ●



TR 7/2016: Die Versprechungen haben sich nicht erfüllt. Die Befürchtungen aber auch nicht.

Freuen Sie sich auf hochkarätige Speaker



Joerg Heidrich

Justiziar und Datenschutzbeauftragter
bei Heise Medien, Anwalt Datenschutz,
KI-Recht und Compliance



Daniel Domscheit-Berg

Informatiker, ehemaliger Sprecher der
Enthüllungsplattform WikiLeaks,
Gründer von OpenLeaks, Autor



Prof. Dr. Isabell Welpe

Professorin für Strategie an der
Technischen Universität München



Markus Bentele

CIO bei Mahle
International GmbH

Und viele mehr!

Mehr Informationen unter: www.mitexx.de



Partner 2023



Copyright by Heise Medien.

09. + 10. November 2023 HALLE 45, Mainz

MiTEXX

DIE FACHKONFERENZ FÜR IT IM MITTELSTAND



Jetzt
Ticket sichern!

499 € statt 549 €
Gültig bis 01.11.2023

Aktionsscode:
MTXX23TR2109

Rabatt nicht kombinierbar

Top-Themen 2023

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

powered by  DILK

KI macht

Historiker setzen zunehmend Informatik ein, um zu analysieren, wie die Menschen vor Jahrhunderten gelebt haben. Das eröffnet zwar neue Möglichkeiten, hat aber auch Nebenwirkungen. – Moira Donavan (Übersetzung: Jo Schilling)

Venedig. Ein Abend im Jahr 1531: In einer Druckerwerkstatt arbeitet ein Lehrling an einer Seite für ein Astronomie-Lehrbuch – dichte Textzeilen und eine Holzschnitt-Illustration eines Engelskopfes. Der beobachtet Formen, die sich durch den Kosmos bewegen – das Abbild einer Mondfinsternis.

Wie alle Aspekte der Buchproduktion im 16. Jahrhundert ist dies ein zeitaufwendiger Prozess. Aber dennoch ermöglicht er, Wissen in nie da gewesener Geschwindigkeit zu verbreiten.

Heute, knapp fünfhundert Jahre später, sieht die Informationsproduktion völlig anders aus: Digitale Bilder, Videos und Texte strömen terabyteweise. Sie zirkulieren fast augenblicklich und müssen fast ebenso schnell von trainierten Modellen analysiert werden, um den Datenstrom zu sortieren. Und sie ermöglichen es gleichzeitig erst, diese Maschinen-Lern-Modelle zu trainieren. Dieser Wandel in der Informationsproduktion wirkt sich auf die Zukunft aller Bereiche aus, von der Kunst bis zur Arzneimittelentwicklung.

Diese Fortschritte ermöglichen es jedoch auch, Daten aus der Vergangenheit anders zu betrachten als bisher: Historiker haben begonnen, maschinelles Lernen – insbesondere tiefe neuronale Netze – einzusetzen, um historische Dokumente zu untersuchen. Darunter beispielsweise astronomische Tabellen, wie sie in Venedig und anderen frühneuzeitlichen Städten erstellt wurden. Diese Dokumente verschimmeln und verschmutzen häufig jahrhundertelang in Archiven – oder sind verzerrt, weil die Hand des venezianischen Lehrlings beim Druck gewackelt hat.

Historiker erwarten, dass – wendet man moderne Computerwissenschaft auf die ferne Vergangenheit an – größere Bereiche historischer Aufzeichnungen verbunden werden kön-

nen, als das bisher möglich war. Und sie hoffen, so Verzerrungen korrigieren zu können, die sich automatisch ergeben, wenn historische Dokumente eins nach dem anderen isoliert analysiert werden müssen.

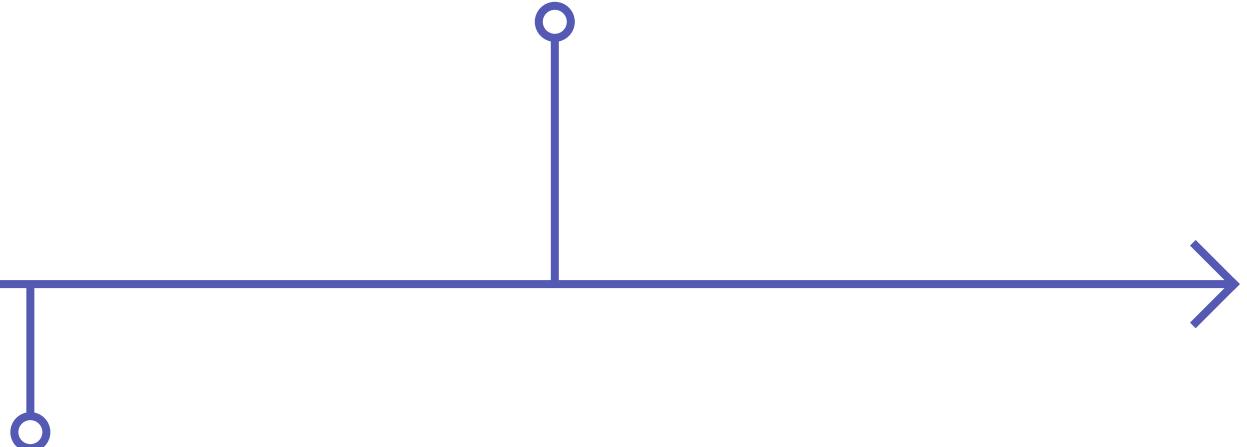
Aber der Einsatz maschinellen Lernens birgt auch selbst stets die Gefahr, andere eigene Verzerrungen oder Verfälschungen zu erzeugen. Da Historiker die Vergangenheit untersuchen, um die Gegenwart besser zu verstehen, sind diese möglichen Verzerrungen der Vergangenheit nicht nur von akademischem Interesse. Wie viel Vergangenheit sollten wir also Maschinen-Lern-Systemen überlassen, wenn Maschinen in der Zukunft eine größere Rolle spielen?

KOMPLEXITÄT DES PARSING

Durch die Digitalisierung der Sammlung der Library of Congress mit Millionen von Zeitungsseiten oder der Gerichtsakten des finnischen Archivs aus dem 19. Jahrhundert hat Big Data Einzug in die Geisteswissenschaften gehalten. Für Forscher ist dies gleichzeitig eine Chance und ein Problem: Ihnen stehen so viel mehr Informationen zur Verfügung, aber bisher oftmals ohne eine Möglichkeit, diese zu sichten.

Vor dieser Herausforderung stand 2009 auch Johannes Preiser-Kapeller, Professor an der Österreichischen Akademie der Wissenschaften. Er untersuchte ein Register aus Hunderten von Dokumenten mit Protokollen und Entscheidungen der byzantinischen Kirche aus dem 14. Jahrhundert und erkannte, dass eine systematische digitale Erhebung der Beziehungen zwischen den Bischöfen erforderlich ist, um die Dokumente zu verstehen. Er erstellte eine Datenbank mit den Einzelpersonen

Geschichte



**Es besteht die
Gefahr, dass
Künstliche Intelligenz
die Geschichte
verfälscht.**

und rekonstruierte deren Beziehungen zueinander mithilfe von Netzwerkanalyse-Software.

Diese Rekonstruktion deckte verborgene Einflussmuster auf, die Preiser-Kapeller zu der These führten, dass die Bischöfe, die in den protokollierten Sitzungen am meisten sprachen, nicht die einflussreichsten waren. Inzwischen hat er die Technik auf andere Netzwerke angewandt, darunter die byzantinische Elite des 14. Jahrhunderts. „Dadurch waren wir in der Lage, bis zu einem gewissen Grad herauszufinden, was sich außerhalb der offiziellen Darstellung abspielte“, sagt er.

Die Arbeit von Preiser-Kapeller ist nur ein Beispiel für diesen Trend in der Wissenschaft. Allerdings waren die Möglichkeiten, durch maschinelles Lernen Schlussfolgerungen aus immer größeren Textsammlungen zu ziehen, begrenzt – nicht zuletzt, weil bestimmte Aspekte historischer Dokumente (in Preiser-Kapellers Fall schlecht handgeschriebenes Griechisch) sie für Maschinen unentzifferbar machten. Jetzt beginnt Deep Learning, diese Einschränkungen zu überwinden, indem Netzwerke versuchen, die Funktion des menschlichen Gehirns nachzuahmen, um Muster in großen und komplizierten Datensätzen zu erkennen.

Vor fast 800 Jahren veröffentlichte der Astronom Johannes de Sacrobosco im 13. Jahrhundert den *Tractatus de sphaera*, eine einführende Abhandlung über den geozentrischen Kosmos. Diese Abhandlung wurde zur Pflichtlektüre für fröhneuzeitliche Universitätsstudenten. Es war das am weitesten verbreitete Lehrbuch über die geozentrische Kosmologie, sogar noch, nachdem die kopernikanische Revolution im 16. Jahrhundert das Ende der geozentrischen Weltsicht einlautete.

Das Traktat ist auch der Hauptdarsteller in einer digitalisierten Sammlung von 359 Astronomie-Lehrbüchern, die zwischen 1472 und 1650 veröffentlicht wurden – 76 000 Seiten, einschließlich Zehntausender wissenschaftlicher Abbildungen und astronomischer Tabellen. Matteo Valleriani, Professor am Max-Planck-Institut für Wissenschaftsgeschichte in Berlin, sah in diesem umfassenden Datensatz die Chance, die Entwicklung des europäischen Wissens nachzuverfolgen. Allerdings wurde schnell klar, dass das Erkennen von Mustern in der Sammlung mehr als menschliche Fähigkeiten erforderte. Also suchte Valleriani gemeinsam mit einem Team von Forschern des Berlin Institute for the Foundations of Learning and Data (BIFOLD) eine Lösung über maschinelles Lernen.

Dazu unterteilten sie die Sammlung in drei Kategorien: Textteile (Abschnitte zu einem bestimmten Thema mit einem klaren Anfang und Ende); wissenschaftliche Illustrationen zur Veranschaulichung von Konzepten wie etwa einer Mondfinsternis; und numerische Tabellen, die zur Vermittlung mathematischer Aspekte der Astronomie verwendet wurden.

Zu Beginn, so Valleriani, widersetzte sich der Text einer algorithmischen Interpretation. Zum einen waren die Schriftarten sehr unterschiedlich, denn frühe moderne Druckereien entwickelten eigene Schriften für ihre Bücher und hatten oft ihre eigenen metallurgischen Werkstätten, um ihre Buchstaben zu gießen. Dies bedeutete, dass ein Modell, das natürliche Sprachverarbeitung (NLP) zum Lesen des Textes verwendet, für jedes Buch neu trainiert werden müsste.

Auch die Sprache selbst war schwierig zu verarbeiten, denn viele der Texte wurden in regionalspezifischen lateini-

schen Dialekten verfasst. Die Maschinen konnten sie nicht erkennen, solange sie nicht auf historische Sprachen trainiert wurden. „Das ist generell eine große Einschränkung für die Verarbeitung natürlicher Sprache, wenn man nicht über das Vokabular verfügt, um die Modelle im Hintergrund zu trainieren“, sagt Valleriani. Das sei einer der Gründe, warum NLP bei dominanten Sprachen wie Englisch gut funktioniere, aber beispielsweise bei altem Hebräisch weniger effektiv sei.

Also extrahierten die Forscher die Texte manuell aus dem Quellenmaterial und identifizierten einzelne Verbindungen zwischen Dokumentensätzen – zum Beispiel, wenn ein Text in einem anderen Buch nachgeahmt oder übersetzt wurde. Diese Daten wurden in einen Graphen eingefügt, der diese einzelnen Verknüpfungen automatisch in ein Netzwerk einbette, das alle Datensätze enthielt. Die Forscher verwendeten dann einen Graphen, um ein maschinelles Lernverfahren zu trainieren, das selbst Verbindungen zwischen Texten vorschlagen kann. Blieben noch die visuellen Elemente aus den Texten übrig: 20 000 Illustrationen und 10 000 Tabellen, die die Forscher mithilfe neuronaler Netze untersuchten.

GEGENWART

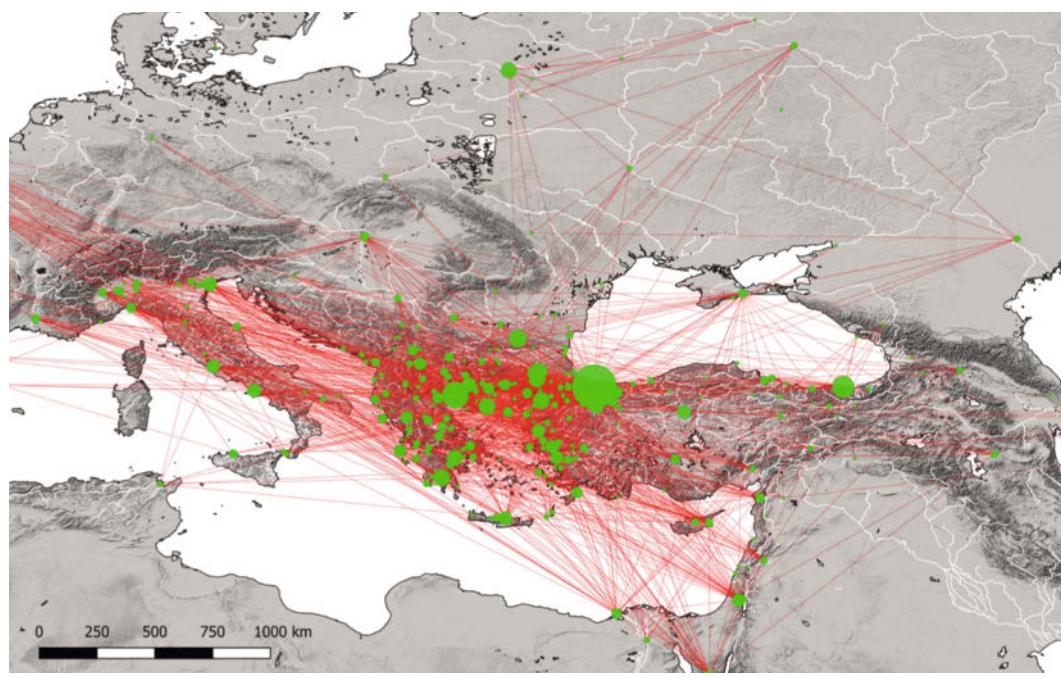
Die Verarbeitung historischer Bilder mit Computer Vision steht vor ähnlichen Herausforderungen wie die natürliche Sprachverarbeitung. Lauren Tilton, Professorin für digitale Geisteswissenschaften an der University of Richmond, bezeichnet sie als „gegenwartsbezogen voreingenommen“, denn viele KI-Modelle werden mit Datensätzen aus den letzten 15 Jahren trainiert. Die Objekte, die sie zu identifizieren gelernt haben, enthalten in der Regel Merkmale des heutigen Lebens wie Mobiltelefone oder Autos. Oft erkennen Computer nur aktuelle Versionen von Objekten, die eine längere Geschichte haben. Hinzu kommt, dass die Modelle in der Regel mit hochauflösenden Farbbildern trainiert werden und nicht mit körnigen

Schwarz-Weiß-Fotografien der Vergangenheit – und schon gar nicht mit uneinheitlichen frühneuzeitlichen Darstellungen des Kosmos, die über Jahrhunderte verwittert sind. All diese Faktoren machen Computer Vision weniger genau, wenn sie auf historische Bilder angewendet wird.

„Wenn wir mit Informatikern sprechen, sagen die: „Nun, wir haben die Objekterkennung gelöst“, sagt Tilton. „Und wir antworten: „Wenn Sie eine Reihe von Fotos aus den 1930er-Jahren nehmen, werden Sie feststellen, dass das Problem nicht gelöst ist.““ Deep-Learning-Modelle, die Muster in großen Datenmengen erkennen, können helfen, weil sie zu einer größeren Abstraktion fähig sind.

Im Fall des Sparta-Projekts trainierten die BIFOLD-Forscher ein neuronales Netz, um Illustrationen aus frühneuzeitlichen Texten zu erkennen, zu klassifizieren und nach Ähnlichkeit zu gruppieren; dieses Modell ist nun über den öffentlichen Webdienst CorDeep für andere Historiker zugänglich. Auch bei der Analyse anderer Daten verfolgten die Berliner einen neuen Ansatz. So konnten beispielsweise verschiedene Tabellen, die in den Hunderten von Büchern der Sammlung zu finden sind, nicht visuell verglichen werden, weil „dieselbe Tabelle auf 1000 verschiedene Arten gedruckt werden kann“, erklärt Valleriani. Daher entwickelten die Forscher eine neuronale Netzwerkarchitektur, die ähnliche Tabellen allein auf der Grundlage der darin enthaltenen Zahlen erkennt und gruppiert – ohne ihr Layout zu berücksichtigen.

So konnten die Forschenden aus einem Muster, das sie in den Daten gefunden haben, schließen, dass sich das wissenschaftliche Wissen in Europa konsolidierte, während der Kontinent nach der Reformation entlang religiöser Linien zerbrach. Wissenschaftliche Texte, die in Wittenberg gedruckt wurden – das durch reformierte Gelehrte zu einem Zentrum wissenschaftlicher Innovation geworden war –, wurden in Zentren wie Paris und Venedig nachgeahmt. Anschließend verbreiteten sie sich in ganz Europa. „Das war vorher absolut nicht klar“, sagt Valle-



Die byzantinischen Eliten waren im 14. Jahrhundert bereits äußerst mobil und dadurch großräumig vernetzt, wie die Auswertung großer historischer Textsammlungen zeigt. Je größer der Netzknopen, desto zentraler ist die Rolle des Ortes im Netzwerk.

Wenn von Inschriften nur noch Bruchstücke vorhanden sind, können die Lücken nur durch fundierte Vermutungen aufgefüllt werden. Dabei hilft Ithaca.



riani. Die protestantische Reformation sei nicht gerade ein wenig erforschtes Thema, aber eine maschinenvermittelte Perspektive habe es den Forschern ermöglicht, trotzdem noch Neues zu entdecken. Auch Modelle, die auf die Tabellen und Bilder angewandt wurden, haben ähnliche Muster hervorgebracht.

Diese Werkzeuge bieten Möglichkeiten, die weit über das bloße Nachverfolgen von 10 000 Tabellen hinausgehen, so Valleriani. Sie erlauben, aus Mustern in Datensatzgruppen Rückschlüsse auf die Entwicklung des Wissens zu ziehen, selbst wenn nur eine Handvoll Dokumente analysiert werden. „Wenn ich mir zwei Tabellen ansehe, kann ich bereits Schlussfolgerungen über 200 Jahre ziehen“, sagt er.

Tiefe neuronale Netze spielen auch bei der Erforschung noch älterer Geschichte eine Rolle. Die Entzifferung von Inschriften (Epigraphik) und die Restaurierung beschädigter Exponate sind mühsame Aufgaben, vor allem, wenn beschriftete Objekte verschoben wurden oder kontextuelle Hinweise fehlen. Darauf spezialisierte Historiker müssen dann fundierte Vermutungen anstellen. Für solche Aufgaben haben Yannis Assael, Forscher bei DeepMind, und Thea Sommerschield, Postdoktorandin an der Universität Ca' Foscari in Venedig, ein neuronales Netzwerk namens Ithaca entwickelt, das fehlende Teile von Inschriften rekonstruiert und den Texten Daten und Orte zuordnen kann. Der Deep-Learning-Ansatz, der mit einem Datensatz von mehr als 78 000 Inschriften trainiert wurde, soll der erste sein, der Restaurierung und Auswertung gemeinsam angeht, indem er aus großen Datensätzen lernt.

Bisher, so Assael und Sommerschield, wirft der Ansatz Licht auf Inschriften aus Erlassen aus einer wichtigen Periode im klassischen Athen. Die Erlasse wurden lange Zeit in den Jahren 446 und 445 v. Chr. verortet – ein Datum, das einige Historiker bezweifeln haben. Zu Testzwecken trainierten die Forscher das Modell mit einem Datensatz, der die fragliche Inschrift nicht enthielt, und baten es anschließend, den Text der Dekrete zu analysieren. „Das durchschnittliche von Ithaca vorhergesagte Datum für die Dekrete ist 421 v. Chr. Das stimmt mit den jüngsten Datierungen überein und zeigt, wie

**Oft erkennen
Computer
nur aktuelle
Versionen
von Objek-
ten, die
eine längere
Geschichte
haben.**

maschinelles Lernen zu Debatten über einen der bedeutendsten Momente der griechischen Geschichte beitragen kann“, so die Forscher.

In anderen Projekten setzen Forscher maschinelles Lernen ein, um noch umfassendere Rückschlüsse auf die Vergangenheit zu ziehen. Dies war die Motivation für die Zeitmaschine von Venedig, eine von mehreren lokalen „Zeitmaschinen“ in ganz Europa, die inzwischen eingerichtet wurden, um die lokale Geschichte aus digitalisierten Aufzeichnungen zu rekonstruieren. Die venezianischen Staatsarchive umfassen 1000 Jahre Geschichte auf 80 Regalkilometern. Das Ziel der Forscher war, diese Aufzeichnungen zu digitalisieren, die teilweise noch nie von Historikern untersucht wurden. Deep-Learning-Netzwerke sollten die Informationen extrahieren und über die Namen in den Dokumenten die Verbindungen der Venezianer untereinander rekonstruieren.

Frédéric Kaplan, Präsident der Time Machine Organization, erklärt, dass im Rahmen des Projekts nun genügend Verwaltungsdokumente der Stadt digitalisiert wurden, um die vergangene Struktur der Stadt zu erfassen und Familien einzelnen Gebäuden zu unterschiedlichen Zeiten zuzuordnen. „Es müssen Hunderttausende von Dokumenten digitalisiert werden, um diese Form der Flexibilität zu erreichen“, sagt Kaplan. „Das hat es noch nie gegeben.“

Sein ursprüngliches Versprechen konnte das Projekt allerdings nicht einlösen, sagen Historiker wie Johannes Preiser-Kapeller: eine digitale Simulation des mittelalterlichen Venedigs bis hinunter auf die Ebene der Stadtviertel. Das Projekt habe die Erwartungen nicht erfüllen können, weil das Modell nicht verstehen kann, welche Verbindungen sinnvoll sind.

Preiser-Kapeller hat selbst automatisches Erkennen genutzt, um Netzwerke aus Dokumenten zu entwickeln. Er extrahierte die Netzwerkinformationen mit einem Algorithmus, anstatt einen Experten Informationen extrahieren zu lassen, die dann in das Netzwerk einspeist – so wie er selbst es in seiner Arbeit über die byzantinischen Bischöfe getan hatte. Im Ergebnis erzeugte dieses Vorgehen eine Menge „künstlicher Komplexität“, aber nichts, was der historischen Interpretation diene. Der Algo-

rithmus war beispielsweise nicht in der Lage, zwischen Beziehungen zu unterscheiden, bei denen die Namen zweier Personen auf derselben Steuerliste auftauchten, und solchen, deren Namen auf einer Heiratsurkunde standen. So habe „das, was man erhält, keinen Erklärungswert“. Damit stoßen Historiker beim maschinellen Lernen an ähnliche Grenzen wie große Sprachmodelle: Da die Modelle nicht verstehen, was sie lesen, können sie zu den absurdesten Schlussfolgerungen kommen.

Dass bei den derzeit verfügbaren Quellen eine menschliche Interpretation erforderlich sei, um den Kontext zu liefern, stimme zwar, so Kaplan. Er glaubt jedoch, dass sich dies ändern könnte, sobald eine ausreichende Anzahl historischer Dokumente maschinenlesbar gemacht wird. Und er stellt sich bereits vor, dass generative KI verwendet werden könnte, um Lücken in den historischen Aufzeichnungen zu füllen. Das soll dann nicht auf der Grundlage einzelner Aufzeichnungen geschehen, die ungenau oder unvollständig sein könnten, sondern auf Basis aggregierter Daten. Ein Vorgehen, das andere Historiker als problematisch einstufen. Denn das widerspricht der üblichen historischen Praxis, bei der die Schlussfolgerungen auf den verfügbaren Belegen beruhen.

IST SIE ECHT?

Viel dringlicher ist jedoch, dass neuronale Netze bereits falsche Datensätze erstellen. Auf YouTube hält Richard Nixon eine Rede, die für den Fall geschrieben wurde, dass die Mondlandung 1969 in einer Katastrophe endete. Sie musste glücklicherweise nie gehalten werden. Forscher am MIT haben das Deepfake entwickelt, um zu zeigen, wie KI unser gemeinsames Geschichtsbild beeinflussen kann.

In Sekundenschnelle lassen sich falsche Bilder von großen historischen Ereignissen erzeugen – etwa von der Landung der Alliierten in der Normandie während des Zweiten Weltkriegs. „Man kann viele Menschen an einen Strand mit einem Panzer und einem Maschinengewehr stellen, und es sieht perfekt aus“, sagt Geschichtsprofessor Dan Cohen von der Northeastern University in Boston.

Geschichtsfälschung sei nichts Neues, sagt Cohen, aber das Ausmaß und die Geschwindigkeit, mit der Fälschungen erstellt werden können, sind inzwischen atemberaubend, und das Problem geht weit über Bilder hinaus. Generative KI kann etwa Texte erstellen, die sich plausibel wie eine Parlamentsrede aus dem viktorianischen Zeitalter lesen – wie Cohen mit seinen Studenten demonstriert hat. Durch die Generierung historischer Handschriften oder Schrifttypen könnte sie sogar etwas erschaffen, das überzeugend wie eine schriftliche historische Aufzeichnung aussieht.

Mit anderen Worten: Es besteht die Gefahr, dass Künstliche Intelligenz die Geschichte verfälscht. Einige dieser Fehler sind harmlose Anachronismen: Eine Anfrage an Aristoteles via Character.ai zu sei-

nen Ansichten über Frauen (die er als minderwertig ansah) ergab die Antwort, dass sie „keine sozialen Medien haben sollten“. Aber andere Fehler könnten weitreichender sein – vor allem, wenn sie in eine Sammlung von Dokumenten gemischt werden, die zu groß ist, als dass ein Historiker sie einzeln überprüfen könnte. Oder wenn sie von jemandem in Umlauf gebracht werden, der ein Interesse an einer ganz bestimmten Interpretation der Geschichte hat.

Selbst wenn keine absichtliche Täuschung vorliegt, haben einige Wissenschaftler Bedenken, dass Historiker Werkzeuge verwenden könnten, für die sie nicht ausgebildet sind. „Ich denke, es besteht ein großes Risiko, weil wir als Geisteswissenschaftler oder Historiker die Analyse an einen anderen Bereich oder vielleicht eine Maschine auslagern“, sagt Abraham Gibson, Geschichtsprofessor an der University of Texas in San Antonio. Die Historikerkollegen, mit denen Gibson gesprochen habe, hätten die Relevanz der Künstlichen Intelligenz für ihre Arbeit bis vor Kurzem nicht erkannt, setzten sich aber zunehmend mit der Möglichkeit auseinander, dass sie einen Teil der Geschichtsinterpretation an eine Blackbox abgeben könnten.

Dieses Blackbox-Problem ist nicht nur in der Geschichtswissenschaft anzutreffen: Selbst die Entwickler von maschinellen Lernsystemen haben manchmal Schwierigkeiten, zu verstehen, wie diese funktionieren. Glücklicherweise sind einige Verfahren, die speziell für Historiker entwickelt wurden, transparenter strukturiert. Ithaca etwa erstellt eine Reihe von Hypothesen, die nach ihrer Wahrscheinlichkeit geordnet sind, und die BIFOLD-Forscher arbeiten an der Interpretation ihrer Modelle mit erklärender KI, die aufzeigen soll, welche Eingaben am meisten zu den Vorhersagen beitragen. Die Historiker sagen, dass sie selbst Transparenz fördern, indem sie die Menschen ermutigen, maschinelles Lernen mit kritischer Distanz zu betrachten: als ein nützliches Werkzeug, das aber fehlbar ist, genau wie Menschen.

DIE HISTORIKER VON MORGEN

Obwohl die Skepsis gegenüber dieser neuen Technologie anhält, wird sie allmählich von der Fachwelt angenommen. Valleriani glaubt, dass die Zahl der Historiker, die computergestützte Methoden ablehnen, mit der Zeit abnehmen wird. Die ethischen Bedenken sind seiner Meinung nach weniger ein Grund, das maschinelle Lernen nicht zu nutzen, als vielmehr eine Chance für die Geisteswissenschaften, zu seiner Entwicklung beizutragen.

Der französische Historiker Emmanuel Le Roy Ladurie schrieb 1968 als Reaktion auf die Arbeit von Kollegen, die begonnen hatten, mit Computern das Abstimmungsverhalten des britischen Parlaments in den 1840er-Jahren zu untersuchen: „Der Historiker von morgen wird ein Programmierer sein oder er wird nicht existieren.“ ●

Der Atomkrieg-Verweigerer

Vor 40 Jahren verhinderte die einsame Entscheidung eines Sowjet-Offiziers, dass die Welt in einem Atombombenhagel unterging. – Jo Schilling



Stanislaw Petrow in einem Hotel, bevor er am 17.02.2013 mit dem Dresden-Preis für seine zu dem Zeitpunkt bereits 30 Jahre zurückliegende Entscheidung geehrt wurde.

„Ich bin kein Held. Ich war nur zur richtigen Zeit am richtigen Ort“, schließt Stanislaw Petrow 2006 seine bescheidene Rede vor den Vereinten Nationen in New York. In der Hand hält er eine gläserne Weltkugel, den World Citizen Award. Der Preis kommt spät: Bereits 23 Jahre zuvor, am 26. September 1983, verhinderte dieser Mann nicht weniger als den Untergang der Erde.

Der Kalte Krieg befindet sich zu dieser Zeit auf dem Höhepunkt. Wenige Wochen zuvor schossen die sowjetischen Streitkräfte ein Zivilflugzeug der Korean Air Lines ab. Der damalige US-Präsident Ronald Reagan nannte die Sowjetunion das „Reich des Bösen“.

Das Wettrüsten hatte absurde Dimensionen angenommen: In der Sowjetunion richteten über 400 SS-20-Atomraketen ihre Sprengköpfe auf Europa. Die Antwort des Westens waren – neben den in den USA ohnehin schon zu Hunderten stationierten Interkontinentalraketen mit Atomsprengköpfen – Pershing-II-Raketen für die ostdeutsche Grenze. Das Staatsoberhaupt der Sowjetunion, Juri Andropow, war überzeugt davon, dass die USA früher oder später angreifen würden.

In dieser angespannten Lage tritt Petrow am 26. September um 20 Uhr seine Nachschicht an. Er ist 44 Jahre alt, Oberstleutnant der Sowjetarmee und leitender Offizier in der

Kommandozentrale Serpuchowo-15 nahe Moskau. Damit hat er den Befehl über das satellitengestützte Raketenwarnsystem, das die Sowjetunion vor Raketenangriffen aus dem erdnahen Weltraum warnen soll. Er hat es selbst mitentwickelt, ist Ingenieur und kein Soldat. Auch die Dienstvorschriften dazu hat er selbst geschrieben.

Und dann geschieht das, wovor sich die ganze Welt zu der Zeit fürchtet: In diesem Bunker mit 200 Spezialisten heulen die Sirenen. Auf der Karte an der Wand des Kontrollraums blinkt ein Warnlicht: Ein Satellit hat den Start einer „Minuteman“ an der Ostküste der USA erfasst – einer mit Atomsprengköpfen ausgestatteten Interkontinentalrakete. Ihr Ziel: die Sowjetunion. Zu dem Zeitpunkt geht an der Ostküste gerade die Sonne auf.

Petrow weist die Mannschaft an, das Computersystem zu prüfen – alles arbeitet scheinbar einwandfrei. Und während die Tests noch laufen, erscheinen vier weitere Raketenstarts auf den Bildschirmen. Nur Minuten bleiben ihm für die Entscheidung, ob er dem System trauen kann. Aber auch die direkte Beobachtung der Startzone über Satellitenbilder ist nicht eindeutig. Die Offiziere, die auf die Bildschirme starren, können einfach nicht erkennen, ob von der Basis an der Ostküste Raketen gestartet sind. Die Startzonen liegen genau auf der Sonnenaufgangsgrenze. Die Minuten verstrecken. Vor Petrow blinkt der rote Knopf, der einen Atomkrieg in Gang setzt, sobald er ihn drückt. Seine eigene Dienstvorschrift schreibt vor, dass er die Kommandozentrale informieren muss – sein Vorgesetzter ist nur leider nach einer Geburtstagsfeier sturzbetrunkener.

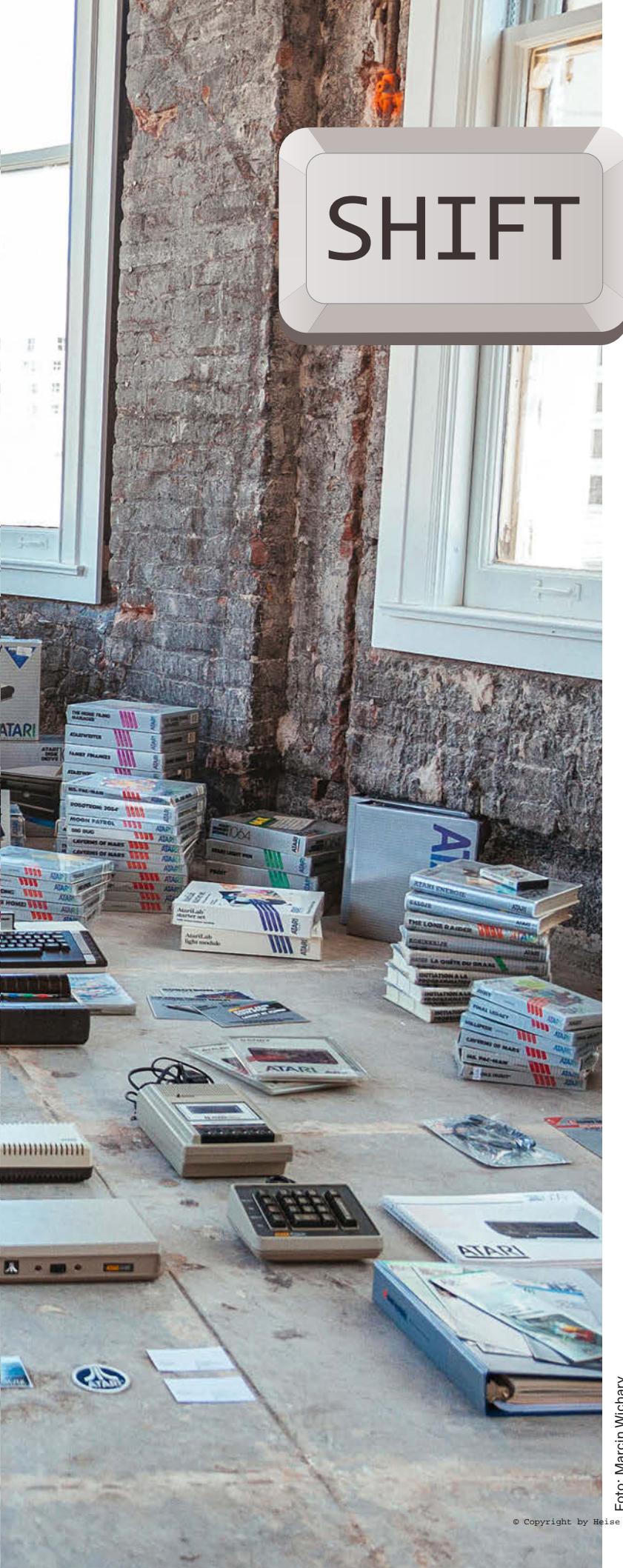
Also entscheidet der Analytiker Petrow, dass er der Szenerie nicht traut: Die USA würden bei einem Erstschlag nicht nur fünf Raketen von einer einzigen Raketenstation aus schicken. Wenn Reagan beschlossen hätte, die UdSSR anzugreifen, hätte er es vernichtend getan, mit Hunderten Raketen gleichzeitig. Petrow meldet einen Fehlalarm – und wartet weiter ab. Etwa 15 Minuten nach dem Start hätte die erste Rakete vom sowjetischen Bodenradar erfasst werden müssen. Sie kommt nicht. Der Luftraum über der Arktis ist leer.

Bei der akribischen Untersuchung des Vorfalls kam heraus, dass der Satellit die Reflexion von Sonnenstrahlen auf einer Wolkenschicht als Startfeuer von Raketen fehlinterpretiert hatte.

Aber erst 1998 – nach dem Untergang der Sowjetunion – machte Petrows Vorgesetzter den Vorfall öffentlich. Bis dahin fiel er unter strengste Geheimhaltung. Nicht einmal seiner Familie durfte der Ingenieur erzählen, dass er durch sein besonnenes Verhalten die Welt gerettet hatte. ●



Marcin Wichary inmitten
seiner Tastaturen.



happens

Auf ihr wird herumgehackt, dass es nur so klackert. Dennoch führt sie ein Schattendasein: die Tastatur. Ein Designer schenkt ihr nun die Aufmerksamkeit, die sie verdient. – Allison Arieff (Übersetzung: Jo Schilling)

Als der Designer und Typograf Marcin Wichary vor fünf Jahren auf ein winziges Museum in der Nähe von Barcelona stieß, bekam sein ohnehin reges Interesse an Technik-Geschichte eine neue Richtung. Er entwickelte eine Besessenheit von einem bestimmten Teil der Technik: der Tastatur.

„Ich habe noch nie so viele Schreibmaschinen unter einem Dach gesehen. Nicht einmal annähernd“, teilte er damals auf Twitter mit. „An diesem Punkt habe ich buchstäblich Tränen in meinen Augen. Ich scherze nicht. Es fühlt sich magisch an.“

Während er durch die Ausstellung schlenderte, hatte er eine Offenbarung: Jede Taste auf einer Tastatur hat ihre eigene Geschichte. Und diese Geschichten handeln nicht nur von der Computertechnologie, sondern auch von den Menschen, die die Tastaturen entworfen, benutzt oder anderweitig mit ihnen interagiert haben.

Nehmen wir die Rücktaste, sagt er: „Mir gefällt, dass die Rücktaste ursprünglich genau das war – ein Leerzeichen, das rückwärts geht. Heute sind wir daran gewöhnt, dass sie löscht, aber hundert Jahre lang war das Löschen eine eigene, unglaublich komplexe Angelegenheit. Man musste mit einem Comet-Radiegummi (Radiegummi für Schreibmaschinen von Faber) umgehen können oder mit Tipp-Ex oder mit seltsamen Korrekturbändern und möglicherweise sogar mit allem zusammen ... Oder man gab auf und begann von vorne, wenn man einen Tippfehler machte.“

Je intensiver er recherchierte, desto mehr fixierte er sich auf die Tastaturen. Da er erstaunt war, dass es kein umfassendes Buch über deren Geschichte gab, beschloss er, sein eigenes zu schreiben. Wenn er nicht gerade in seinem Job als leitender Designer bei der Designsoftwarefirma Figma arbeitete, begann er mit der Produktion von *Shift Happens*, einem zweibändigen, 1216 Seiten starken Buch. Im März 2023 konnte er über 750 000 Dollar für das Projekt auf Kickstarter sammeln – ein Erfolg, der Wichary nur wenig überraschte. „Es ist ein so wichtiges Gerät, das einen großen Teil unseres wachen Lebens einnimmt.“

Foto: Marcin Wichary



it dem verstellbaren Öffnungswinkel verhindert die ergoLogic-Tastatur von Key Tronic das Verdrehen und Strecken der Handgelenke. Über den Drehknopf links oben kann der Winkel individuell eingestellt werden – ganz eingefahren funktioniert sie wie eine herkömmliche Tastatur.



Die SafeType-Tastatur von Ergonomic-Interface Keyboard Systems soll ebenfalls die Pronation der Handgelenke unterbinden, allerdings mit festgestellten Tastaturhälften. Über kleine Rückspiegel an der Tastatur kann man sehen, was man gerade tippt.



Maltron-Tastaturen sind für Menschen konziert, die nur mit einer Hand an der Tastatur arbeiten. Es gibt sie für Rechts- und Linkshänder. Die Tasten bilden eine Mulde, um die Muskulatur beim Tippen zu entlasten.

© Copyright by Heise Medien.

Fotos: Marcin Wichary

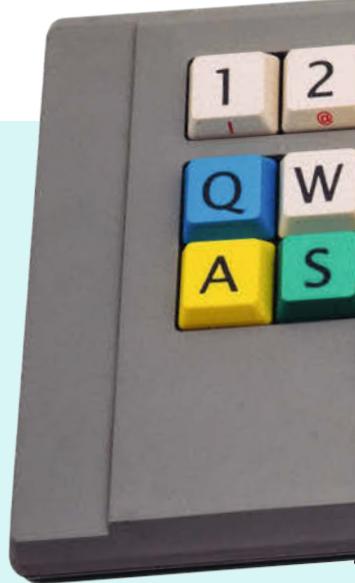


„Machen Sie sich darauf gefasst, ein Tastatur-Nerd zu werden, und betrachten Sie eine langweilige QWERTY-Tastatur mit neuem Respekt.“



Für die Kommunikation zwischen unterschiedlich gehandicapten Menschen wurden diese drei Geräte entwickelt. Oben eine Braille-Schreibmaschine, die Papier mit Sechs-Punkt-Blindenschrift prägt. Der Akustikkoppler rechts verbindet Menschen mit Höroproblemen mit Hörenden. Der rote Telatouch verbindet Sehende oder Blinde mit Taubblinden: Auf der einen Seite des Gerätes kann Text über eine QWERTZ-Tastatur eingegeben werden. Auf der Rückseite – hier vorne – befindet sich eine Braille-Zelle, die die getippten Buchstaben fühlbar macht.

„Mir gefällt, dass die Rücktaste ursprünglich genau das war – ein Leerzeichen, das rückwärts geht.“



D ie Idee hinter dem Comfort Keyboard ist, sich von einer flachen Tastatur Woche für Woche ein bisschen mehr an die Wohlfühlposition heranzudrehen. Stehen die Tastaturhälften hoch, kann der Nummernblock in die Mitte.

H eutzutage sind selbst die einfachsten Tastaturen nach irgendeiner Definition ergonomisch – spätestens wenn man sie mit den Tastaturen mechanischer Schreibmaschinen vergleicht. Das geteilte Pace Adjustable Keyboard entlastet die Hände durch seine frei dreh- und justierbaren Hälften jedoch deutlich stärker als einfache flache Tastaturen.



M it einem Touchpad in der Mitte und Ablageflächen für die Handballen gehört die geteilte, aber nicht bewegliche Acer Ergo 61 ebenfalls zu den ergonomischen Tastaturen.



Auf das Wesentliche reduziert für alle, die normale Tastaturen verwirrend finden oder motorisch eingeschränkt sind, ist der Name hier Programm: Big Keys Keyboard.



Fotos: Marcin Wichary



Nur wenige Millimeter bewegen sich die Finger bei der Zeicheneingabe mit der DataHand. Es sind – fast – die gleichen Bewegungen wie beim Schreiben nach dem Zehnfingersystem. Nur das T und das Y (in Deutschland das Z) steuern die Mittel- statt der Zeigefinger an.



Die Grenzen der Tastaturkonventionen sprengt die Orbi-Touch-Tastatur von Blue Orb. Sie soll Menschen mit starken motorischen Einschränkungen das Eingeben von Zeichen ermöglichen.

„Als würden wir Atomwaffen im Supermarkt anbieten“

Seit Jahren fordert Stuart Russell ein Verbot von Killerdrohnen und anderen autonomen Waffen. Er hält ein internationales Abkommen über „Lethal Autonomous Weapon Systems“ (LAWS) für ähnlich wichtig wie den Atomwaffensperrvertrag. – Interview: Karsten Lemm

Stuart Russell forscht und lehrt seit 1986 an der University of California, Berkeley. Vielfach ausgezeichnet, gilt der gebürtige Brite als einer der führenden Wissenschaftler auf dem Feld der Künstlichen Intelligenz.

Das Lehrbuch *Artificial Intelligence: A Modern Approach*, das Russell mit Peter Norvig verfasst hat, ist Pflichtlektüre

an mehr als 1500 Hochschulen weltweit. Er warnt vor den Risiken, die die Entwicklung einer allgemeinen Künstlichen Intelligenz mit sich bringt. Zudem ist er einer der Wortführer der internationalen Kampagne für ein Verbot von „Lethal Autonomous Weapon Systems“ – und vergleicht autonome Waffen mit Atombomben.

© Copyright by Heise Medien.

Schon jetzt wird KI dazu genutzt, Waffensysteme effizienter zu machen. Ist das nicht – aktuell zumindest – eine größere Bedrohung als die Gefahr einer übermächtigen KI, vor der Sie immer wieder warnen?

Künstliche Intelligenz in Waffensystemen stellt ein riesiges Problem dar, nicht zuletzt wegen des Autonomie-

Aspekts. Ein vollständig autonomes Waffensystem ist in der Lage, seine Ziele selbst zu identifizieren. Das bedeutet, eine einzelne Person kann eine Million Waffen gegen eine ganze Bevölkerung einsetzen. Dadurch reden wir über Waffen, die eine ähnliche Vernichtungskraft besitzen wie Atombomber, zugleich aber viel billiger herzustellen sind und deren Verbreitung sich kaum überwachen lässt. Simple Modelle sind bereits weltweit verfügbar. Es ist fast so, als würden wir beschließen, die Kontrolle über Atomwaffen aufzugeben und sie in jedem Supermarkt anzubieten.

Ein dramatisches Bild. Warum vergleichen Sie autonome Waffensysteme mit Atomwaffen?

Weil sie Hunderttausende von Menschenleben gefährden – und weil sie in die Hände von Akteuren gelangen können, die sich an keinerlei zivile Normen oder internationale Abkommen halten. Denken Sie an Terrorgruppen wie den IS oder Rebellen in Staaten, in denen ein Bürgerkrieg tobts, oder auch an Schurkenstaaten wie Nordkorea.

Viele haben sofort das Bild vom „Killerroboter“ vor Augen, wenn es um autonome Waffen geht. Zu Recht?

Wenn Sie damit menschenähnliche Metallwesen auf zwei Beinen meinen, ähnlich wie im Film *Terminator* – nein. Das ist Science-Fiction. Ich halte es auch für unwahrscheinlich, dass die Entwicklung autonomer Waffen in diese Richtung gehen wird. In den meisten Fällen reden wir über Fluggeräte: Drohnen wie das israelische Harpy-System, das Flügel und einen Propellerantrieb besitzt; oder kleine Quadcopter wie die STM Karagu aus der Türkei oder die chinesischen Blowfish-Modelle, die Bomben abwerfen können.

Worin liegt der Vorteil solcher Fluggeräte?

Warum haben Soldaten Arme und Beine? Weil das bei Menschen nun mal so ist. Könnten wir fliegen, wie Schwäbchen oder Mückenschwärme, wären wir im Kampf viel effektiver. In der Luft können Sie wendiger und schneller sein, Sie bewegen sich durch die dritte Dimension und sind für Angreifer schwieriger zu treffen. Das sind nur einige der Gründe, warum sich die Entwicklung autonomer Waffensysteme besonders auf kleine Flugobjekte konzentriert. Der Kontrast zur herkömmlichen Vorstellung von Kil-



Der KI-Pionier Stuart Russell lehrt und forscht seit 1986 an der University of Berkeley.

lerobotern war auch ein wesentlicher Grund für uns, 2017 den Kurzfilm *Slaughterbots* zu produzieren.

Das Video kommt wie ein futuristischer TED-Talk daher, in dem ein fiktiver Rüstungsmanager seine KI-Drohnen anpreist. Sie haben es zusammen mit dem Future-of-Life-Institut konzipiert. Was war Ihr Ziel?

Uns ging es darum, zwei Dinge zu illustrieren: zum einen die enorme Gefahr, die von autonomen Waffensystemen ausgeht, weil sie so klein und billig werden können, dass sie eines Tages praktisch jedem zur Verfügung stehen werden. Das andere war die Botschaft: Hier geht es nicht um Science-Fiction.

Es geht nicht um den Terminator; der lenkt von der wahren Debatte ab. Wir wollten Menschen ganz drastisch vor Augen führen – besser, als es mit Zeitungsartikeln oder Powerpoint-Präsentationen möglich ist –, welchem Risiko wir uns aussetzen, wenn wir die Entwicklung solcher Systeme nicht stoppen.

Haben Sie mit dem Film etwas bewirken können?

Ich denke schon. Soweit ich weiß, haben mehr als 75 Millionen Menschen das Video gesehen, die meisten auf Facebook. Und mir ist noch niemand begegnet, der anschließend gesagt hat: „Alles kein Problem. Mir macht diese Vision keine Sorgen.“

„Es geht nicht um den Terminator; der lenkt von der wahren Debatte ab.“

Befürworter argumentieren, dass autonome Waffensysteme Menschenleben retten können – weil künftig Maschinen gegen Maschinen in den Krieg ziehen.

Solche Argumente, die autonome Waffensysteme als Fortschritt anpreisen, sind aus meiner Sicht nicht stichhaltig. Eines, das man oft hört, lautet: „Dann müssen unsere Soldaten sich nicht mehr selbst in Gefahr begeben.“ Aber das stimmt natürlich nur, wenn wir die Einzigsten sind, die solche Waffen besitzen. Der Krieg in der Ukraine zeigt, was passiert, wenn beide Seiten ähnlich hochgerüstet sind: Russen wie Ukrainer verfügen über ferngesteuerte Waffen, und die Zahl der Toten ist enorm – durch direkte Angriffe und weil Drohnen helfen, die Treffsicherheit der Artillerie zu erhöhen. Hightech im Krieg führt also nicht dazu, dass die Opferzahlen sinken. Ganz im Gegenteil.

Was wir bisher nicht sehen, sind Killerdrohnen und andere Waffen, die sich ihre Ziele selbst suchen – obwohl das technisch inzwischen möglich sein müsste.

Da kommen mehrere Dinge zusammen. Das eine sind moralische Bedenken: Zum mindesten im Westen ist es nicht leicht, hoch qualifizierte Wissenschaftler für die Arbeit an autonomen Waffensystemen zu finden. Auch im Militär gibt es große Vorbehalte. Alle Mitglieder der Streitkräfte, mit denen ich bisher gesprochen habe, sind sich ihrer moralischen Verantwortung bewusst, wenn es um das Töten von Menschen geht. Viele befinden sich in einem echten Zwiespalt, einige schließen den Einsatz autonomer Waffen kategorisch aus – darunter Paul Selva, ein ehemaliger Air-Force-General, der 2017 vor dem US-Kongress zu Protokoll gab: „Es wäre sicher nicht sinnvoll, Robotern die Entscheidung darüber zu überlassen, ob wir Menschen das Leben nehmen.“

Sind die moralischen Bedenken wirklich so stark?

Auch die politische Debatte spielt sicher eine Rolle. Im Herbst 2017, beinahe zeitgleich zu *Slaughterbots*, stellte der türkische Rüstungshersteller STM seine Kargu-Drohne vor – mit dem expliziten Hinweis darauf, dass das System eigenständig menschliche Ziele identifizieren könne. Heute ist davon nicht mehr die Rede. Der Hersteller betont sogar, dass immer ein menschlicher Pilot die Entscheidung für Kampfhandlungen trage. Als ich im Mai bei einer UN-Veranstaltung in Genf die früheren Aussagen von STM zitiert habe, war der türkische Botschafter außer sich und hat mich der Lüge bezichtigt. Ich habe ihm dann aus dem Internet Archive Belege von der damaligen STM-Website geschickt.

Wie erklären Sie sich die demonstrative Zurückhaltung?

In den meisten Ländern ist die öffentliche Meinung klar: Man will nicht, dass solche Waffen entwickelt und eingesetzt werden. Vielleicht sind die Regierungen deshalb vorsichtiger geworden, das Thema voranzutreiben – was wichtig ist, weil sie es in der Regel sind, die als Kunden bestimmte Systeme in Auftrag geben.

Das klingt nach Entwarnung.

Nein. Es mag langsamer vorangehen, als viele Experten erwartet hatten – aber die Richtung bleibt klar: Es geht weiterhin darum, Waffen auf den Markt zu bringen, die vollkommen eigenmächtig über Leben und Tod entscheiden. In ihren Werbekampagnen mögen die Hersteller

Ein autonomer Panzer vom Typ Robust, der zurzeit in Israel entwickelt wird. Das Gerät soll noch 2023 erste Feldtests absolvieren.





Das Blowfish A3 Combat Swarm System des chinesischen Herstellers Ziyuan kann autonom Ziele in bis zu 60 Kilometer Entfernung angreifen.

betonen, dass immer noch ein Mensch involviert ist – aber die Kernbotschaft lautet: Die Systeme sind eigentlich in der Lage, autonom zu operieren. Der Soldat, der pro forma auf den Knopf drückt, nickt die Entscheidung nur noch ab. Deshalb ist das Mindeste, was wir brauchen, ein Verbot von autonomen Antipersonenwaffen. Und sicher auch von Systemen, die selbstständig über den Einsatz von Atomwaffen entscheiden könnten.

Bemühungen über ein UN-Abkommen, das autonome Waffensysteme regulieren würde, kommen seit 2013 kaum voran. Haben Sie noch Hoffnung?

Ich bin vorsichtig optimistisch, dass es gelingt, ein Abkommen auszuhandeln. Vielleicht nicht in Genf, weil die Regeln dort Einstimmigkeit erfordern. Aber bei der Generalversammlung in New York reicht in den meisten Fällen eine einfache Mehrheit der Stimmen, um eine Resolution zu verabschieden.

Wer sperrt sich bisher am meisten?

Derzeit unterstützen mehr als 90 Länder ein Verbot von Waffensystemen, die eigenständig über Leben und Tod entscheiden. Etwa ein Dutzend sperrt sich kategorisch gegen ein verbindliches Abkommen, auch wenn einige von ihnen sich für eine freiwillige Verpflichtung zur „verantwortlichen Nutzung“ solcher Systeme ausspricht. Das Problem ist: Zu den Staaten, die kein Verbot wollen, gehören auch Russland und die USA. Und wenn ein Abkommen etwas bewirken soll, müssen zumindest die Vereinigten Staaten mitmachen.

Was wäre durch ein Verbot gewonnen? Sie betonen ja selbst, dass eine große Gefahr von nicht staatlichen Akteuren ausgeht.

Eine Terrorgruppe wie der IS würde sich vermutlich nicht an ein Verbot halten, das ist schon wahr. Aber wenn es gelingen würde, die kommerzielle Pro-

duktion autonomer Waffensysteme zu untersagen, dann wären solche Gruppen darauf angewiesen, sich ihre Killerdrohnen selbst zu basteln. Das würde Angriffe mit Massenwirkung stark erschweren, denn es ist natürlich weitaus komplizierter, Millionen tödliche Waffen in Eigenproduktion herzustellen, und fast unmöglich, dabei nicht entdeckt zu werden.

Kommerzielle Technik wird immer kleiner, billiger, leistungsfähiger. Wie aufwendig ist es, sie umzurüsten? Man kann sicher nicht verhindern, dass zivile Technologie für militärische Zwecke genutzt wird.

Auch die Verbreitung von Künstlicher Intelligenz wird sich nicht verhindern lassen. Mit einem Verbot autonomer Waffensysteme allein ist es deshalb nicht getan. Wir sollten einschränken, wie viele ferngelenkte Waffensysteme jemand kaufen kann, und technisch sicherstellen, dass die Umwandlung in autonome Systeme so gut wie unmöglich wird.

Wie würde das funktionieren?

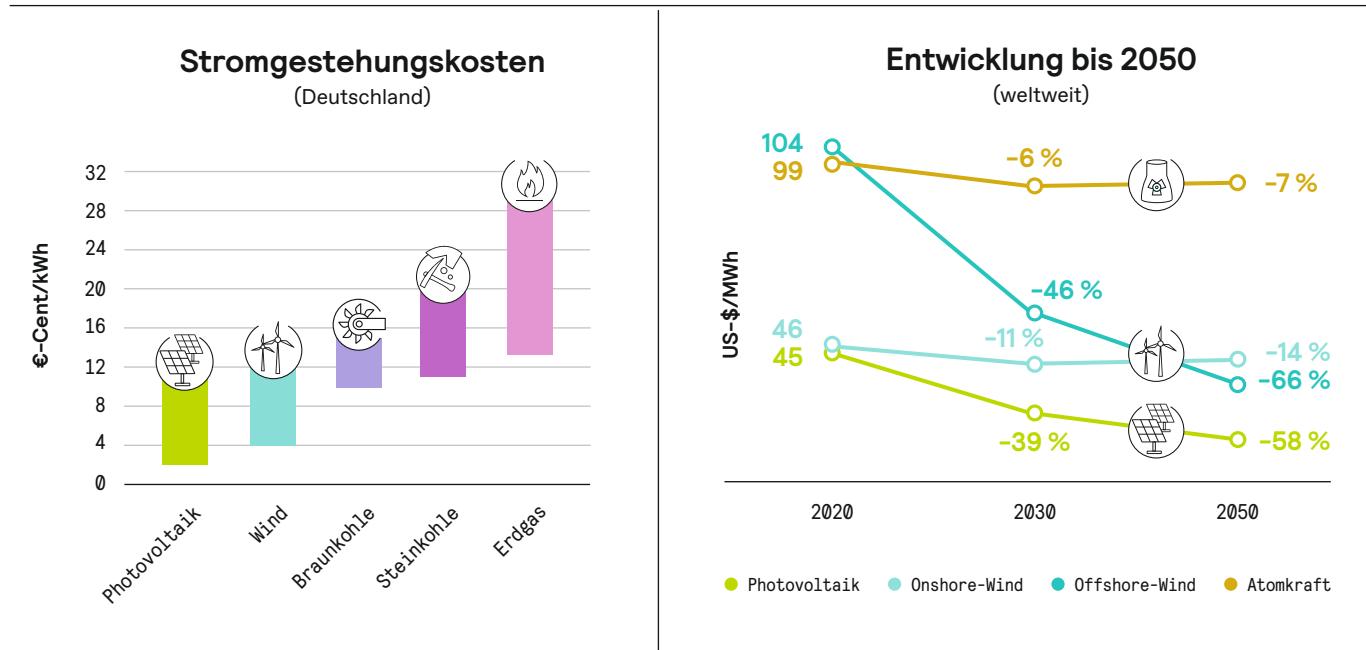
Die Waffen könnten zum Beispiel physisch voneinander getrennte Komponenten besitzen: auf der einen Seite Kamera, Bilderkennung, Signalverarbeitung – auf der anderen der Auslösemechanismus für die Waffe, damit der Bordcomputer keine Möglichkeit hat, selbst zu feuern. Das würde bereits helfen. Und man kann sicher argumentieren, dass künftig alle ferngelenkten Waffensysteme sogenannte ASICs haben sollten: applikationsspezifische integrierte Schaltkreise, die fest verbaut sind und nicht umprogrammiert werden können.

Bei Atombomben brauchte es den Schock von Hiroshima und Nagasaki, um der Welt die Zerstörungskraft dieser neuen Waffen vor Augen zu führen. Furchten Sie, dass es auch bei Killerdrohnen und ähnlichen Systemen erst zu einer Katastrophe kommen muss?

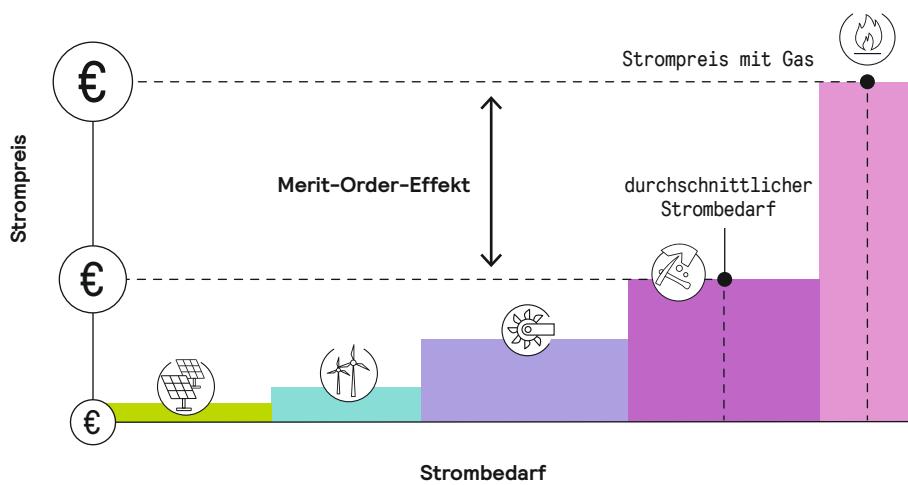
Ich hoffe sehr, dass wir eine humanitäre Tragödie verhindern können. Ähnlich wie es zum Beispiel bei Laserwaffen gelungen ist. Dort hat man erkannt, dass die Folgen zu schwerwiegend waren. Etliche Tausend Soldaten hätten erblinden können, und man hat gesagt: „Das muss nicht sein.“ Es geht also – die große, offene Frage ist, ob es uns auch in diesem Fall gelingen wird, das Schlimmste zu verhindern. ●

Strompreis

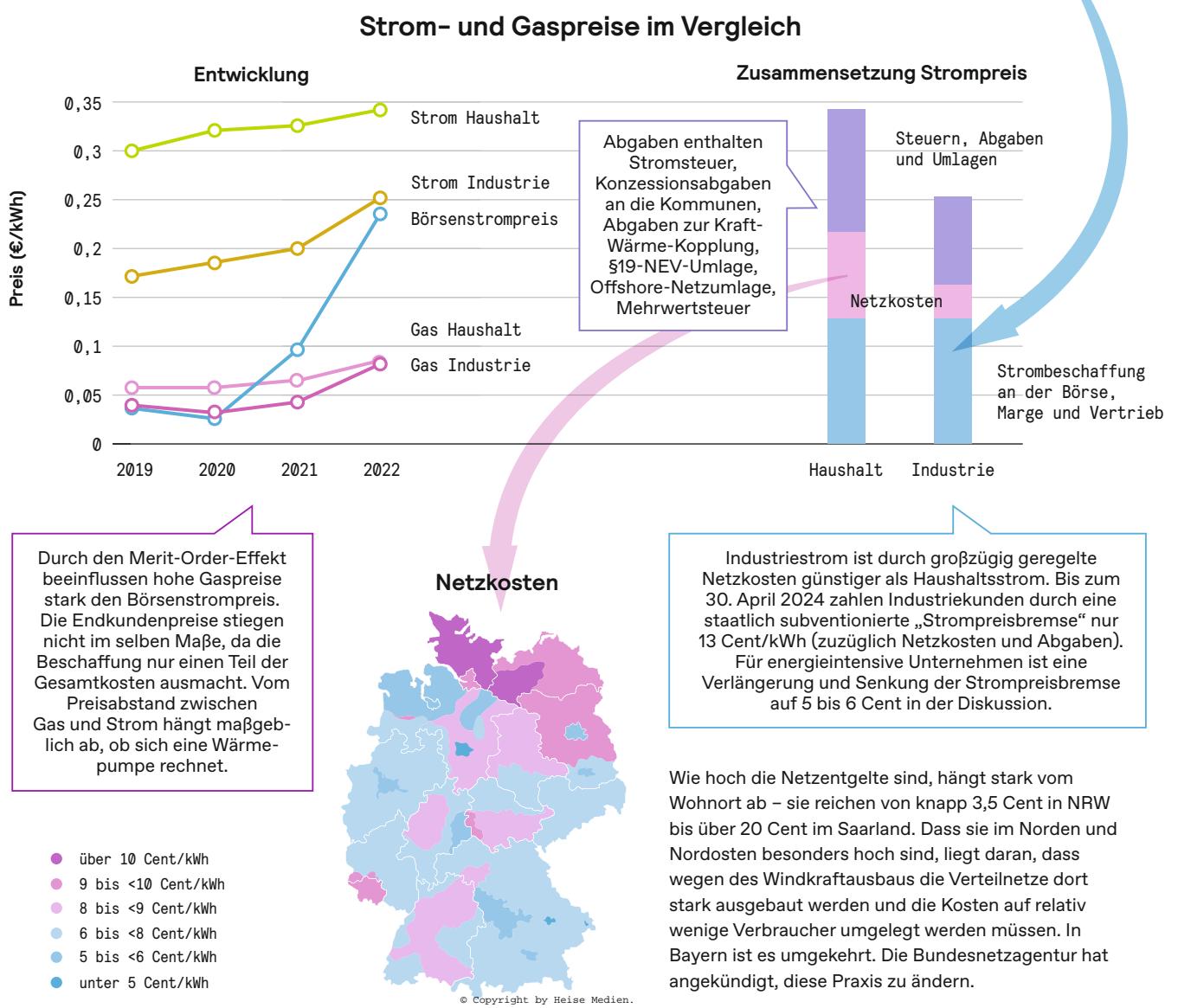
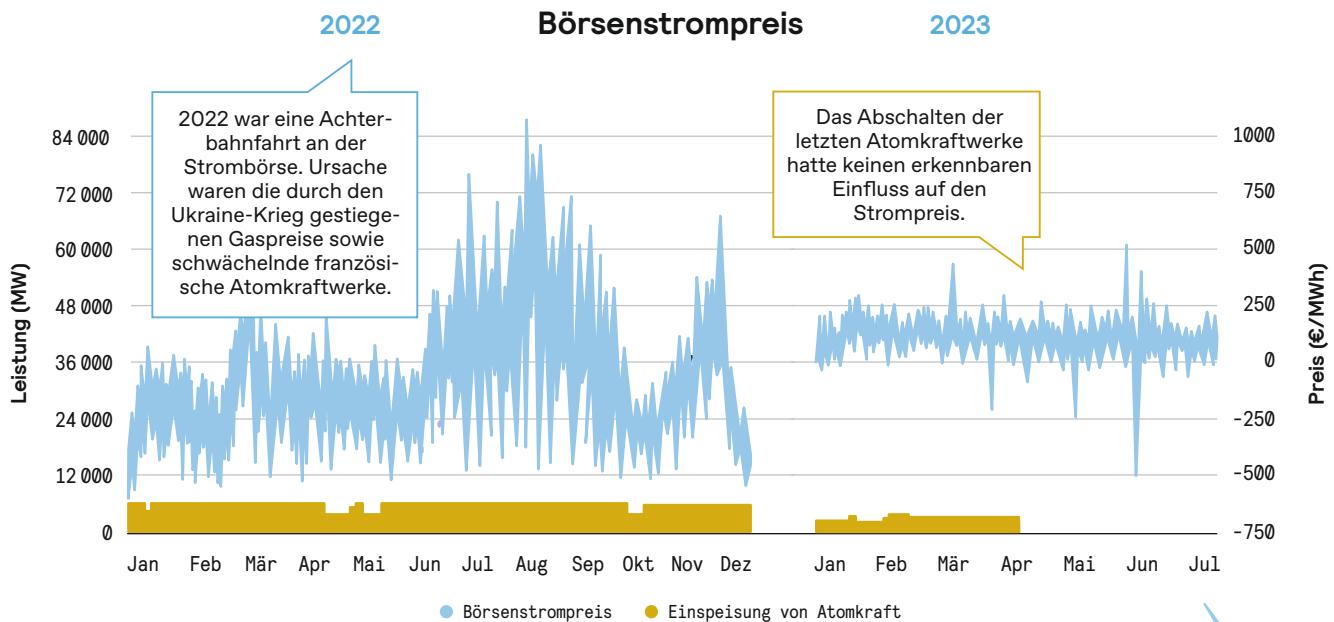
Bei den Stromkosten liegt Deutschland europaweit derzeit auf Platz vier.
 Nur in Irland, Tschechien und Italien ist der Strom noch teurer. Auch unter Berücksichtigung der Kaufkraft liegt Deutschland weltweit in der Spitzengruppe.
 Wie kommt dieser Preis zustande? – Gregor Honsel; Grafik: Vanessa Bahr, Steffi Martens



Preisbildung an der deutschen Börse nach Merit-Order



An der Börse bieten Stromproduzenten ihre jeweiligen Stommengen an. Die Versorger kaufen – beginnend mit den günstigsten Angeboten – so viel Strom ein, wie sie brauchen. Das letzte – also teuerste – Angebot setzt den Preis für alle anderen: der Merit-Order-Effekt. Sinkt der Bedarf oder bieten die günstigen Anbieter besonders viel an, werden teure Anbieter aus dem Markt gedrängt. Umgekehrt steigt der Preis überproportional, wenn die „letzten“ Kraftwerke besonders teuer sind.



90 000 Minuten pünktlicher



Mithilfe von KI gelingt es der Bahn, Verspätungen in S-Bahn-Netzen drastisch zu reduzieren. Wie das funktioniert und wie es sich sogar auf das gesamte Bahnnetz übertragen ließe. – Wolfgang Stieler

58 000 Minuten, das sind 966 Stunden oder 40 Tage. So viel Verspätungszeit konnten die S-Bahnen in Stuttgart, im Rhein-Main-Verbund und in München im vergangenen Jahr in Summe einsparen, weil Künstliche Intelligenz ihnen geholfen hat, den Verkehr zu optimieren. Bis Ende 2023 sollen es 90 000 Minuten werden. In der zweiten Jahreshälfte will die Bahn das Tool auch bei der S-Bahn Berlin einsetzen. Dann in Hamburg, und irgendwann vielleicht sogar bundesweit.

Jahrzehntelang galt die Bahn quasi als Auslaufmodell. Doch in Zeiten von Klimawandel und Verkehrswende steigen sowohl die Erwartungen als auch die Anforderungen an die Schiene rasant: Bis 2030 soll die Bahn die Zahl ihrer Passagiere im Personenverkehr verdoppeln und den Marktanteil im Frachtverkehr

auf 25 Prozent steigern. Und das mit einer seit Langem vernachlässigten und überlasteten Infrastruktur und in Zeiten des Fachkräftemangels. Da ist es nicht verwunderlich, dass auch die Deutsche Bahn ein Mittel einsetzt, das als Allheilmittel für Effizienzsteigerungen gilt: Künstliche Intelligenz.

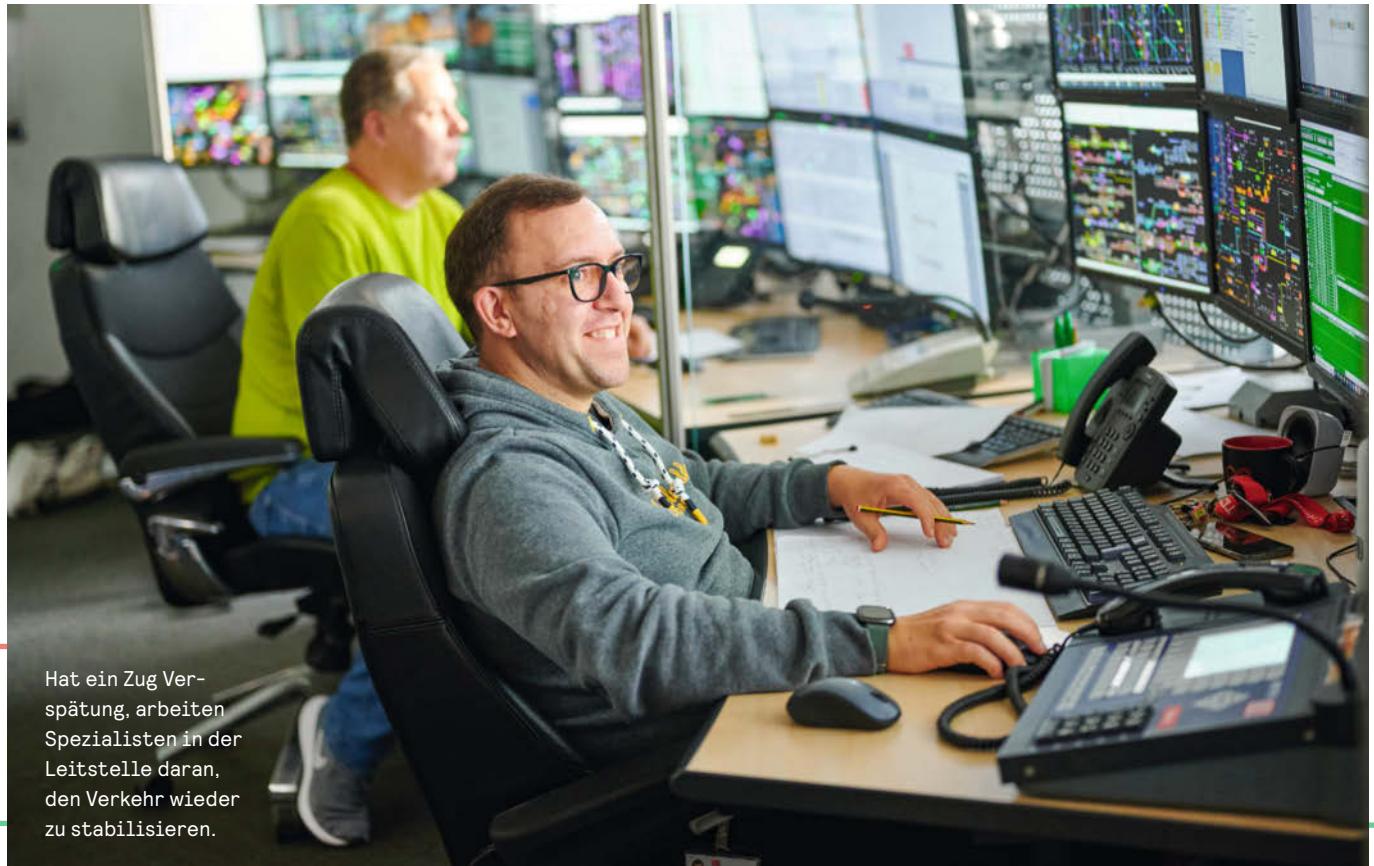
KI IM BAHNVERKEHR

KI kann sich im Bahnbetrieb an vielen Stellen nützlich machen – etwa in selbstfahrenden, autonomen Zügen oder auch in Konvois, bei denen halbautonome Güterzüge einem menschlich gesteuerten Führungsfahrzeug folgen. Große Hoffnungen setzen Bahnbetriebe auch in „Predictive Maintenance“ – die vorausschauende Wartung. Dabei wertet Soft-

ware Bilder von Kameras am Gleis aus, um frühzeitig zu erkennen, ob und wann Material gewartet werden muss. Teure und langwierige Betriebsunterbrechungen können so vermieden werden.

In der Verkehrssteuerung gehört KI bislang zwar zu den vielversprechenden Kandidaten, über Grundlagenforschung sind viele KI-Projekte in diesem Bereich allerdings nicht hinausgekommen. Mit ihrem S-Bahn-Projekt betritt die Deutsche Bahn technisches Neuland.

Um zu verstehen, warum es so schwierig ist, Züge pünktlich durch das Gleisnetz zu schicken, hilft ein Blick in die Geschichte: In der Frühzeit des Bahnverkehrs gab es nur wenige Strecken – und wenige Züge. Als das Netz Mitte des 19. Jahrhunderts immer dichter wurde, entstand die Notwendigkeit, die Zugfahr-



ten zu koordinieren – woraus schließlich Fahrpläne entstanden. Erst von Hand geplant und berechnet, später per Software optimiert. Technisch betrachtet sind Fahrpläne Lösungen für ein „Resource Allocation Problem“ – bei denen Zügen die Ressource „freie Strecke“ zugewiesen wird.

Allerdings sind diese Lösungen statisch und neue Fahrpläne zu erstellen ist sehr aufwendig. Unfälle, Polizei- und Arzteinsätze oder technische Pannen führen immer wieder zu Abweichungen vom Plan. Auch Bauarbeiten, die Umleitungen notwendig machen, stören den Fahrplan.

Hat ein Zug erst einmal Verspätung, wirkt sich das auch auf nachfolgende Züge aus. Im ungünstigsten Fall „kaskadieren“ Verspätungen, sie verstärken sich gegenseitig. Deshalb leiten Disponenten Züge um, lassen andere überholen oder warten und versuchen so, den Verkehr wieder zu stabilisieren. Je größer die betrachteten Netze werden und je mehr Züge darauf fahren, desto komplexer wird das Problem aber.

ABENTEUER IN FLATLAND

Das betrifft natürlich nicht nur die Deutsche Bahn. Auch die eigentlich für ihre Pünktlichkeit gerühmte Schweizer Bundesbahn SBB befürchtete, den stetig

„Mit Fracht- und Fernverkehr erreichen wir ein völlig neues Level der Komplexität.“

zunehmenden Zugverkehr auf ihrem Netz irgendwann nicht mehr gut genug steuern zu können. Das triggerte die Überlegung, ob man nicht den gesamten schweizerischen Bahnverkehr mithilfe einer KI steuern könnte. Eine Methode schien den SBB-Entwicklern dabei besonders erfolgversprechend: das Reinforcement Learning (RL). Es beruht im Wesentlichen auf Versuch, Irrtum und Belohnung: Zu Anfang probiert die KI rein zufällig ausgewählte Aktionen, um ein gegebenes Problem zu lösen. Ist sie damit erfolgreich, werden diese Aktionen belohnt. Damit wird die Wahrscheinlichkeit erhöht, dass sie später in einer ähnlichen Situation wieder gewählt werden. Nach und nach lernt die KI so, auf jede Situation optimal zu reagieren.

Auf die Verkehrssteuerung übertragen bedeutet das: Es gibt eine bestimmte Anzahl Züge, die auf einem simulierten kleinen Bahnnetz ihr Ziel erreichen soll. Jeder Zug wird von einer KI – einem „Agenten“ – gesteuert. Jeder Agent kann in jeder Runde einer Simulation neu entscheiden, ob er mit seinem Zug stehen bleibt, weiterfährt oder an einer Schienenkreuzung die Richtung wechselt. Aber natürlich kann ein Zug nur auf einem freien Gleis fahren. Jeder Agent kann andere Agenten in seiner unmittelbaren Umgebung „sehen“ und mit ihnen Nachrichten austauschen.

58 000 Minuten, das sind 40 Tage. So viel Verspätungszeit konnten S-Bahnen im vergangenen Jahr einsparen.

Im Rahmen dieser Spielregeln testeten die Entwickler Standard-RL-Ansätze. In einer ersten Vorstudie stellten die SBB-Entwickler fest, dass die Idee zwar im Prinzip funktioniert, der Teufel aber im Detail steckt: Die Züge blieben manchmal aus nicht ersichtlichen Gründen im Netz hängen oder blockierten sich gegenseitig. Doch mit der richtigen Technik, vermuteten die Entwickler, müsste das Problem lösbar sein.

Um die Entwicklung voranzutreiben, beschlossen die SBB und ihre Projektpartner (Deutsche Bahn und die französische SNCF), das Problem 2019 mit einem Software-Wettbewerb an die wissenschaftliche Community zu übergeben: die Flatland Challenge. Die Aufgabe war, simulierte, von KI gesteuerte Züge in einem simulierten Schienennetz fahren zu lassen und dabei so wenig wie möglich von den vorgegebenen Abfahrts- und Ankunftszeiten abzuweichen.

Drei Jahre lang lief der Open-Research-Wettbewerb – mit steigendem Schwierigkeitsgrad bei den Aufgaben. Praktisch nutzbare Lösungen ergaben sich daraus jedoch nicht – dazu sind die Forschungsergebnisse noch zu weit von der Praxis entfernt. Im Juli 2023 gründeten die Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften (ZHAW), die Flatland Community, T-Systems und die SBB AG die Organisa-

tion flatland-association.org, die die Forschung um Flatland weiter vorantreiben soll.

BOTTOM-UP

Dass die deutschen S-Bahnen in Stuttgart, Rhein-Main und München inzwischen pünktlicher fahren, verdanken sie ebenfalls Reinforcement Learning, aber das setzt die Bahn grundlegend anders ein als in Flatland: Die S-Bahn-KI-Agenten steuern nicht die Züge, sondern bedienen „dispositive Hebel“. Das heißt, sie dürfen Umleitungen vornehmen, Züge aufhalten, andere Züge vorfahren lassen und im Extremfall auch mal einen Zug zurückschicken, bevor er die Endstation erreicht. Aber selbst das dürfen die KI-Agenten nur simulieren. In der Leitstelle vor Ort machen sie den menschlichen Disponenten dann Vorschläge, wie auftretende Probleme zu lösen sind. Die Mitarbeitenden können dann eine Simulation laufen lassen, die in einer animierten Darstellung zeigt, wie sich der Bahnverkehr nach dem Eingriff weiter entwickeln würde.

„KI in der Disposition“ erprobt die Bahn in S-Bahn-Netzen, weil das relativ abgeschlossene, überschaubare Einheiten sind. In Stuttgart beispielsweise besteht das Netz



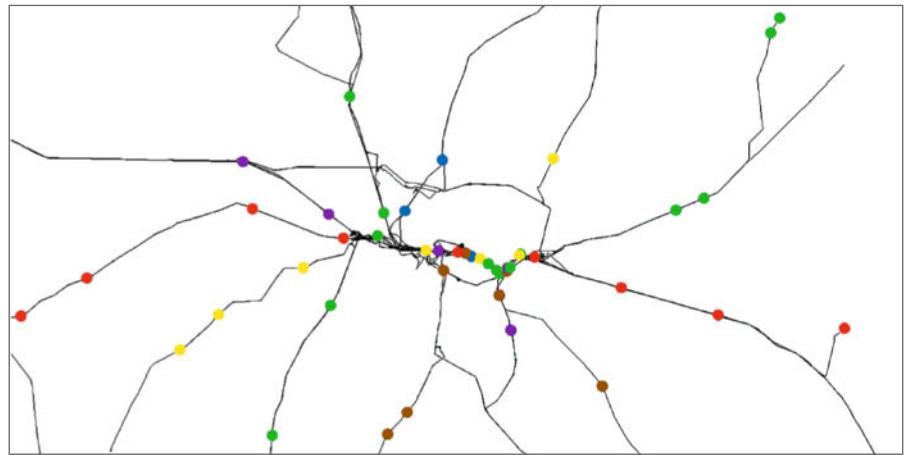
aus rund 215 Kilometern Strecke, auf der täglich etwa 900 Züge fahren. Welche „Policy“ ein Agent in seinem Training lernt, also welche Maßnahmen in welcher Situation am besten wirken sollen, ist stark von den konkreten Bedingungen abhängig, unter denen der Agent trainiert wird. Was ein Agent in einem S-Bahn-Netz gelernt hat, lässt sich also vergleichsweise einfach auf andere S-Bahn-Netze übertragen.

Schwieriger wird es, wenn sich die Bedingungen ändern. Aber selbst dann müssten die Agenten nicht völlig neu trainiert werden, sagt Torsten Deutsch, der bei der Bahn für das Projekt verantwortlich ist. In 80 Prozent der Fälle würden sie weiterhin funktionieren, mit der Zeit sammle man Erfahrungen, was wann und wo nachjustiert werden muss. Aktuell arbeitet sein Team an einem Agenten, der eine eingleisige Strecke bei Elmshorn berücksichtigen soll, auf der auch Regional- und Fernverkehr fährt. Er muss etwa lernen, wie lang ein Zug sein darf, der auf einem Wartegleis geparkt wird. „Der muss da ja auch reinpassen. Außerdem kann ein langer Zug nicht beliebig beschleunigen, wenn er gestanden hat. All das muss die Software berücksichtigen.“ Verlaufen die Tests erfolgreich, kommt das System im nächsten Schritt auf der stark ausgelasteten Strecke zwischen Mannheim und Basel zum Einsatz.

Allerdings können weder Agenten noch Disponentinnen und Disponenten der S-Bahn frei schalten und walten, denn der Bahnbetrieb ist in Deutschland aufgeteilt, erklärt Deutsch: „Wir unterscheiden zwischen Eisenbahnverkehrsunternehmen – im Bahnjargon EVUs – und Infrastrukturunternehmen. Die sind dafür zuständig, dass das Gleisnetz diskriminierungsfrei genutzt werden kann.“ Einfach eine Weiche stellen und den Zug auf ein anderes Gleis umstellen, dürfen die Disponenten der EVU nicht. Das ist Aufgabe des zuständigen Infrastrukturunternehmens in der Betriebszentrale. „Disposition“, sagt Deutsch, „ist ein Teamsport.“

DER FAKTOR MENSCH

Dabei gehe es auch immer darum, den „Faktor Mensch mitzudenken“, betont Deutsch. Denn natürlich habe es bei den Disponenten vor Ort auch Skepsis gegeben. „Wenn die Software eine Maßnahme vorschlägt, an die Mitarbeiternde nicht gedacht haben, ist das erst mal eine große Veränderung“, sagt Deutsch.



Die KI-Disposition bei der S-Bahn wurde in einer Verkehrssimulation trainiert, der „Simulation of Urban MObility“ (SUMO).

Um die Akzeptanz vor Ort zu erhöhen, setzt die Bahn eine eigene Abteilung ein. Deren Mitarbeitende „erklären, was KI ist und was die Einführung der Software für Auswirkungen hat“, so Deutsch. Sie organisieren Info-Sessions und Tutorials. Und sie sorgen für eine regelmäßige Kommunikation, die nicht nur in eine Richtung laufe, sondern auch das Expertenwissen der Disponenten mit einbinden – beispielsweise mit einem Chat für regelmäßiges Feedback, aber natürlich auch immer wieder vor Ort.

Spricht man mit Deutsch, scheint der Fahrplan klar: Das Tool wird zunächst in den großen S-Bahn-Netzen eingesetzt, dann im Regional- und Fernverkehr. Überall sammeln die Entwicklerinnen und Entwickler Erfahrungen, bauen ihren Software-Baukasten aus, und irgendwann könnte das Tool auch im gesamten Netz zum Einsatz kommen.

Nikola Bešinović, Experte für Eisenbahnverkehrssysteme an der TU Dresden, ist da ein wenig skeptischer. „Maschinelles Lernen ist gut darin, aus der Vergangenheit zu lernen“, sagt er. „In vielen Fällen geht das gut, aber in manchen nicht. Aber es sind genau diese seltenen Fälle, die komplizierten Störungen, die sich weiter ausbreiten, die besonders interessant sind.“

Traditionell habe man bei der Verkehrssteuerung mit Methoden der „Operations Research“, der mathematischen Optimierung, gearbeitet. Die sind gut erforscht und liefern mathematisch sauberere Lösungen, lassen sich aber nicht auf große Probleme wie die Verkehrs-

steuerung in einem Bahnnetz anwenden. „Upscaling ist alles andere als trivial“, sagt er. „Ein S-Bahn-Netz geht ja vielleicht noch. Da treten Störungen meist vereinzelt auf – eine nach der anderen. Aber wenn wir Frachtverkehr und Fernverkehr berücksichtigen, erreichen wir ein völlig neues Level der Komplexität.“

Bešinović setzt daher auf „hybride Lösungen“, die maschinelles Lernen mit klassischen Methoden der mathematischen Optimierung, Suche in Entscheidungsbäumen oder auch Simulationen kombinieren. Im von der EU geförderten Projekt „Reinforcementail“, an dem ebenfalls die Deutsche Bahn und die französische SNCF beteiligt sind, will er solch eine Lösung für die vollautomatische Zug-Disposition erforschen. Wenn ein Zug verspätet unterwegs ist, soll ein spezielles neuronales Netz herausfiltern, welche anderen Züge von dieser Verspätung und möglichen Aktionen des Zuges – etwa einer geänderten Route – betroffen sind. Der „Problemraum für Dispositionentscheidungen“ werde auf diese Weise „erheblich reduziert“. Auf dieses kleinere Problem will Bešinović dann klassische Rechenverfahren anwenden. Die haben den großen Vorteil, dass sie im Unterschied zu KI-Entscheidungen explizit nachvollziehbar sind – eine wichtige Voraussetzung für die Anwendung solch einer Software im Bahnbetrieb. Ob das funktionieren wird? „Fragen Sie mich in ein paar Jahren noch mal“, sagt Bešinović. „Mir ist nur wichtig zu betonen, dass KI keine Silberkugel ist, mit der sich alle Probleme erschlagen lassen.“ ●

Grenzlotterie

Seit Januar soll eine App die Migration von Mexiko in die USA geordneter gestalten. Doch für viele Schutzsuchende ist sie ein existenzielles Problem. – Alicia Fernández (Übersetzung: Andrea Hoferichter)

Ein Morgen Ende März in Ciudad Juárez, kurz vor 9 Uhr. Die 39-jährige Keisy Plaza lehnt an einer Hauswand, Ecke Avenida Juárez und Calle Gardenias. Es ist die letzte Kreuzung in Mexiko vor der texanischen Stadt El Paso. Unzählige Pendler fahren vorbei, auf dem Weg zur Arbeit oder zu anderen täglichen Aktivitäten im Nachbarland USA.

Die Grenze ist nur wenige Meter entfernt. Doch statt zur Brücke zu gehen, die als offizieller Grenzübergang dient, und um Schutz in den USA zu bit-

ten, steht Plaza einfach nur da. Neben ihr schaut ihre 20-jährige Tochter ständig aufs Handy, während ihre siebenjährige Tochter und ihr dreijähriger Enkel weinend Frühstück und Aufmerksamkeit fordern.

Ich treffe Plaza zum ersten Mal in einem kleinen, überfüllten Unterstand, nur wenige Meter von der Grenzmauer entfernt. Sie komme ursprünglich aus Venezuela, erzählt sie. Ihr Zuhause in Kolumbien habe sie vor sieben Monaten verlassen. Mit ihren Kindern sei sie rund

© Copyright by Heise Medien.



Fotos: Alicia Fernández

Ohne Smartphone hätten Keisy Plaza und ihre Familie keine Chance auf ein Leben in den USA. Eine App ist seit Anfang des Jahres obligatorisch, um einen Termin bei der Grenzschutzbehörde zu bekommen.



„Dass die Menschen eine App brauchen, um Schutz zu beantragen, verkennt ihre schlimme Situation.“

100 Kilometer durch bergige, dichte Regenwälder und Sümpfe gelaufen. Sie hat mehrere Länder durchquert, zu Fuß und auf Eisenbahnwaggons. Nun ist sie hier und versucht seit Wochen, über die App CBP One einen Termin bei CBP, der Zoll- und Grenzschutzbörde, zu bekommen, um eine Einreiseerlaubnis für ihre Familie zu beantragen. Doch bisher hatte sie kein Glück. Immer wieder tauchen Fehlermeldungen auf oder das Programm stürzt ab. Und kommt Plaza doch einmal durch, sind die freien Termine schon vergeben.

Plaza ist nicht die Einzige, die bei der Asylsuche in den Vereinigten Staaten auf dieses noch recht neue Hindernis an der Südgrenze der USA stößt. Seit Anfang des Jahres müssen Menschen, die Schutz vor Gewalt, Armut oder Verfolgung suchen, zunächst über die mobile App einen Termin mit einem Einwanderungsbeamten vereinbaren. Die US-Regierung hat es so verfügt. Ihr Ziel: das Aufnahmeprozess an der Grenze geordneter zu gestalten.

ÜBERFÜLLTE UNTERKÜNFTE

Längst übersteigt die Zahl der Migranten und Asylsuchenden an der Südgrenze die Kapazitäten der US-Regierung zur Einreisekontrolle. Zehntausende harren in Städten wie Ciudad Juárez, Tijuana, Reynosa und Matamoros aus, wo die Unterkünfte oft überfüllt und Entführungen, Erpressungen und andere Verbrechen an der Tagesordnung sind. Viele Flüchtende sind obdachlos. Sie haben kein fließendes Wasser, keinen Strom und keinen Zugang zu Schulen oder Bildungsprogrammen für Kinder. Oft gibt es nicht einmal eine warme Mahlzeit. „Mexiko erkennt die Situation nicht als humanitäre Krise an, aber meiner Meinung nach handelt es sich um eine Migrationskrise, die Ressourcen, Dienstleistungen und einen humanitären Reaktionsplan erfordert“, sagt Rafael Velásquez, Mexiko-Direktor der Hilfsorganisation International Rescue Committee.

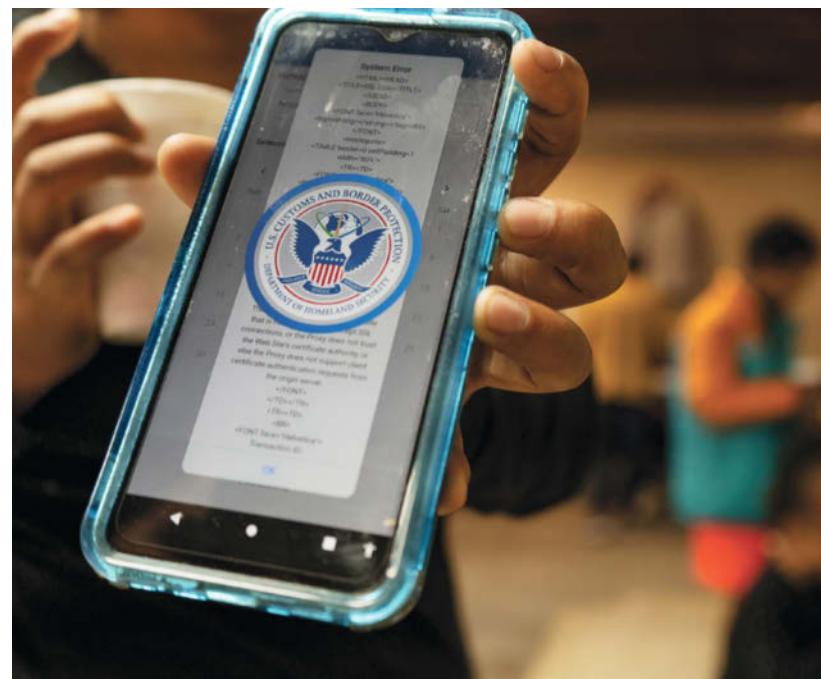
Die dramatische Lage an der Grenze ist unter anderem der Gesundheitsrichtlinie Title 42 geschuldet. Die Richtlinie stammt aus der Pandemiezeit und sollte vor einer Corona-Ausbreitung in den USA schützen. Sie sorgte dafür, dass Millionen Schutzsuchende ohne Verfahren an der Grenze abgewiesen wurden. Zwar hob die Biden-Regierung die Regelung am 11. Mai 2023 auf, doch die App als Hürde blieb. Die Möglichkeiten für eine legale Einreise wurden zudem so stark eingeschränkt, dass einige Interessenvertreter für Migranten gar von einem Asylverbot sprachen. Und Flüchtenden, die sich nicht an die Regeln halten, drohen harte Konsequenzen.

Aktuell gilt: Wer die Grenze illegal übertritt oder auf der Durchreise nicht zuerst Asyl in einem Drittland beantragt, hat

sein Recht auf Asyl in den USA verwirkt. Ende Juli hat das US-Bundesgericht in Kalifornien diese Regelung zwar für unzulässig erklärt. Aber ob und – wenn ja – wann dies das Ende der Restriktionen bedeutet, bleibt abzuwarten. Die Regierung hat bereits Berufung angekündigt.

Die Terminvereinbarung über die CBP-One-App ist derzeit eine der wenigen Möglichkeiten, über eine humanitäre Ausnahmegenehmigung legal in die USA einzureisen – und ähnlich schwierig wie der Versuch, online ein Ticket für ein Taylor-Swift-Konzert zu ergattern. Niemand weiß, wie lange es dauert, bis man Erfolg hat. Der Jesuitenpater Brian Strassburger, der Notunterkünfte und Lager für Migranten im mexikanischen Grenzstaat Tamaulipas besucht, berichtet im Juni von Menschen, die seit Anfang März CBP One nutzten und zu dem Zeitpunkt immer noch keinen Termin hatten. „Sie versuchen

Täglich versuchen Flüchtende an der Südgrenze der USA, über die CBP-One-App einen Termin bei der Einwanderungsbehörde zu ergattern – oft ohne Erfolg.





Nicht alle Flüchtenden profitieren von regelmäßigen Mahlzeiten in den Unterkünften. Viele sind obdachlos.

es jeden Tag“, sagt er. „Das sind drei Monate Stress, in denen sie sich fragen: ‚Ist heute der Tag, an dem ich im Lotto gewinne?‘ Können Sie sich vorstellen, welchen psychischen Tribut es kostet, jeden Tag zu denken: ‚Vielleicht ist heute der Tag?‘“

Die Grenzschutzbehörde räumt ein, dass nur eine begrenzte Anzahl von Personen pro Tag abgefertigt werden können. Schließlich müsse sich die Behörde unter anderem auch um den Grenzhandel und den Reiseverkehr kümmern, sagt ein CBP-Beamter, der seinen Namen nicht gedruckt sehen möchte. Zudem gelte es, gegen Drogen- und Waffenschmuggel vorzugehen. „Unsere Ressourcen sind endlich. Wir müssen sie aufteilen“, so der Beamte.

Im Juni wurde die Zahl der verfügbaren Termine von anfänglich 750 auf 1250 pro Tag erhöht und eine Reihe technischer Probleme behoben. Dennoch argumentieren Migrantenverbände, dass die Software selbst ein inakzeptables Hindernis darstelle. Schließlich benötigen Asylsuchende ein kompatibles Mobilgerät für die App, eine gute Internetverbindung, Geld für einen Mobilfunkvertrag, Strom zum Aufladen und technische Kenntnisse. Gerade die am meisten gefährdeten Migranten würden dadurch besonders benachteiligt, so die Kritik. „Tech-

**„Ist heute
der Tag,
an dem ich
im Lotto
gewinne?“**

nologie ist keine Politik. Ganz gleich, wie viele Korrekturen sie an der App vornehmen, (...) das System ist ungenügend für Menschen, die um ihr Leben fürchten“, sagt Bilal Askaryar, Interims-Kampagnenleiter von #WelcomeWithDignity, einem Zusammenschluss von Organisationen, Aktivisten und Asylbewerbern, der sich für die Rechte von Migranten und Flüchtenden einsetzt. „Das Problem sind nicht die Pannen und Bugs. Das Problem ist die App selbst. Dass die Menschen eine App brauchen, um Schutz zu beantragen, verkennt ihre schlimme Situation.“

GEFÄHRLICHES WARTEN

Allein in der Grenzstadt Ciudad Juárez sind Tausende Migranten und Asylbewerber unterwegs. Sie vertreiben sich die Zeit, waschen an roten Ampeln Windschutzscheiben und verkaufen Süßigkeiten auf der Straße. Andere laden ihre Handys an einer der wenigen kostenlosen Ladestationen nahe dem Nationalen Fraueninstitut auf. Sie warten in Schlangen an Lebensmittelküchen oder sehen zu, wie ihre Kinder spielen, um sich von den eigenen Problemen und Sorgen abzulenken.

Schließlich ist Mexiko ein gefährliches Land. Seit 1964 sind mehr als 100 000 Menschen verschwunden, die meisten von ihnen im Drogenkrieg, der 2006 begann. Migranten laufen auf ihrem Weg durch das Land besonders Gefahr, erpresst, ausgeraubt und ermordet zu werden. Selbst wer es bis zur Grenze geschafft hat, ist nicht sicher. Am 26. Januar wurde beispielsweise ein 17-Jähriger aus Kuba erschossen, der in einem Hotel in Monterrey auf einen Termin wartete. Einige Tage später starb ein 15-jähriger Haitianer in einem Mietshaus in Reynosa. Hinzu kommt: Asylsuchende haben keine Arbeitserlaubnis in Mexiko. Oft werden sie von den mexikanischen Einwanderungsbehörden auf der Straße aufgegriffen und in Gebäuden festgehalten. Dort lauern wieder ganz andere Gefahren: Im März starben 40 Migranten, die abgeschoben werden sollten, bei einem Brand in einer Haftanstalt in Ciudad Juárez.

Das US-Heimatschutzministerium räumt ein, dass die Situation an der Grenze „herausfordernd und schwierig“ sei. Man halte aber an der Strategie fest, Menschen vom Versuch des unerlaubten Grenzübertritts abzuhalten, heißt es. Zudem die neuen Regelungen samt App-Pflicht offenbar ihren Zweck erfüllen. Die Zahl der versuchten Grenzübertritte ist seit dem Ende der Coronaregelung drastisch gesunken. Im Juni meldeten die Grenzpatrouillen nur noch knapp 145 000 versuchte Grenzübertritte. Das sind rund 30 Prozent weniger als im Mai und die niedrigste Zahl seit Februar 2021. Die hohe Zahl illegaler Grenzübertritte während der Pandemie war vor allem auf die Verordnung nach Title 42 zurückzuführen.

Nach Klagen von Anwälten und Aktivisten im Jahr 2021 führte die Regierung Ausnahmeregelungen ein, die es Menschen ermöglichen, aus humanitären Gründen eine Einreiseerlaubnis in die USA zu beantragen. Schwangere und Personen mit körperlichen oder geistigen Erkrankungen oder Behinderungen kamen dafür infrage. Ebenso Menschen ohne sichere Unterkunft in Mexiko und Personen, die jünger als 21 oder älter als 70 Jahre waren. Doch selbst die Zahl der Anträge für eine solche Ausnahmebelehnigung war zu groß, um von den Sachbearbeitern bewältigt werden zu können. Die Wartelisten wurden immer länger. Eine Studie des Strauss Center for International Security and Law berichtete im August 2022 von mehr als

55 000 Personen auf den Wartelisten für Title-42-Ausnahmen in elf mexikanischen Grenzstädten. Erst die App-Pflicht sorgte dafür, dass diese Listen wieder kürzer wurden.

APP MIT MANKOS

Tatsächlich war das System der Wartelisten alles andere als perfekt. Es war anfällig für Betrug, Erpressung und hing vom Urteil der Personen ab, die die Listen führten. Dennoch sei es humaner als die App gewesen, weil Menschen entschieden, wer unter die Ausnahmeregelung fiel, sagt Thiago Almeida, Leiter der Außenstelle Ciudad Juárez der Internationalen Organisation für Migration der Vereinten Nationen. Mit der App gebe es keine Möglichkeit mehr, die Bedürftigsten zu priorisieren. „Jetzt haben Menschen, die einen besseren Zugang zur Technologie haben, die wissen, wie man sie benutzt, und die Zugang zu schnellerem Internet haben, bessere Chancen, einen Termin zu bekommen“, betont Almeida.

Ähnlich äußert sich der Jesuitenpater Brian Strassburger. Die Grenzbehörde teste die App quasi „in einer Beta-Phase an Menschen in prekären Situationen“. In den ersten Monaten nach der Einführung des Online-Terminvergabeystems wurden schnell Probleme festgestellt, die es schwierig bis unmöglich machten, die App zu nutzen. So war das Programm zunächst nur auf Englisch und Spanisch verfügbar. Migranten, die haitianisches Kreolisches, indigene oder andere exotischere Sprachen sprechen, waren praktisch ausgeschlossen.

Interessengruppen für Migranten wiesen außerdem auf Probleme mit der Gesichtserkennungsfunktion der App hin, die Menschen mit dunklerer Hautfarbe oft nicht erfassen konnte. Erst ein Update Ende Februar habe die Funktion verbessert, sagt Felicia Rangel-Sampunar, Direktorin der Sidewalk School. Ihre Hilfsorganisation arbeitet mit einer großen Gruppe haitianischer Migranten zusammen und wies schon Anfang des Jahres auf die Probleme der App hin. „Die ganze Zeit über waren schwarze Menschen (...) außen vor“, sagt sie. „Das ist unfassbar!“

„Viele Probleme haben mit der Qualität der Bilder zu tun, nicht mit dem Algorithmus, der sie auswertet“, entgegnet ein CBP-Beamter, der nicht namentlich genannt werden möchte. Um die Gesichtserkennung zu beschleunigen, habe

Für die Kinder der Flüchtenden ist die Touristenattraktion von Ciudad Juárez eine Art Klettergerüst – und eine willkommene Ablenkung.



Fotos: Alicia Fernández

„Ich wünschte, sie hätten von Anfang an gründlicher gearbeitet – vor allem angesichts der Traumata, die die Menschen erlitten haben.“



man die Anzahl der benötigten Bilder reduziert. Das mache sich vor allem bei schlecht aufgelösten Fotos bemerkbar.

Umfragen der Internationalen Organisation für Migration zufolge bereitet die App auf Huawei-Telefonen besonders viele Probleme. Einige Migranten haben beobachtet, dass das iOS-System auf iPhones kompatibler mit der App ist als Android und dass ältere Versionen der App besser funktionieren als die neuesten Updates. Hardware und Hersteller seien kein Problem, sagt dagegen der CBP-Beamte. „Man muss nur sein Gerät auf die neueste Software aktualisieren.“

Nicht wegzudiskutieren sind jedoch Probleme mit der Internetverbindung, ohne die die App schlicht nicht arbeitet. Das WLAN in Notunterkünften, Migrantenlagern und Hotels funktioniert längst nicht immer und die Datenübertragung verlangsamt sich beträchtlich, wenn Hunderte Menschen gleichzeitig eine Verbindung herstellen wollen. Migranten, die es sich leisten können, kaufen daher zusätzliches Datenvolumen. Die Kosten: zwischen 50 und 100 Pesos (ewta 2,50 bis 5 Euro) pro Tag.

Eine weitere Herausforderung war lange, dass die Einreisewilligen – so sie das Glück hatten, überhaupt einen Termin zu ergattern – nur wenige Minuten Zeit hatten, um ihren Termin mit einem Foto zu bestätigen. Wenn die App das Foto nicht erfassen konnte oder beim Hochladen abstürzte, war die Zeit schnell um – und der Termin futsch. Von solchen Erlebnissen berichtet auch Keisy Plaza. Sie sei jedes Mal am Boden zerstört gewesen.

Am 5. Mai kündigte das CBP an, solche Ungerechtigkeiten zu beseitigen. Anstatt jeden Tag zur gleichen Zeit Termine für einen kurzen Zeitraum zu vergeben, solle die App den Nutzern nun die Möglichkeit bieten, Termine in zwei Schritten über zwei Tage verteilt anzufragen und zu bestätigen. Das verringere den Zeitdruck und die Abhängigkeit von Internetgeschwindigkeit und Verbindungsqualität, heißt es in einer Pressemitteilung. Außerdem würden nun diejenigen bevorzugt, die am längsten gewartet hätten.

„Es hat fünf Monate gedauert und es wurden viele Fehler gemacht, aber ich denke, sie haben das System jetzt tatsächlich verbessert“, sagt der Jesuitenpater Strassburger. „Ich wünschte allerdings, sie hätten von Anfang an viel mehr getestet und gründlicher gearbeitet – vor



In den Notunterkünften haben die Flüchtenden keinerlei Privatsphäre, und dies oft über Monate.



Willkommene Ablenkung: Damaris Hernández (Mitte) muntert die Flüchtenden mit Gymnastikübungen auf.



Nicht nur Raum und Schlafplätze müssen geteilt werden, sondern auch die Steckdosen, um die unverzichtbaren Handys aufzuladen.

Fotos: Alicia Fernández



Mobile Endgeräte helfen gegen Langeweile.



Norkys A. aus Venezuela klagt über die Enge in der improvisierten Unterkunft.



© Copyright by Heise Medien.

allem angesichts des Stresses und der Traumata, die die Menschen auf dem Weg dorthin erlitten haben.“

So wie Norkys A., eine alleinerziehende Mutter aus Venezuela, die nur mit Vornamen genannt werden möchte. Sie machte sich mit zwei Kindern im Teenageralter auf die Reise, brach sich die Schulter, als sie auf einen Zug aufsprang, um nach Ciudad Juárez zu gelangen. Sie suchte eine örtliche Klinik auf, die ihr Schmerzmittel verschrieb und ihr sagte, dass sie eine Operation benötige, die etwa 5000 Dollar kosten würde. So viel Geld hatte sie nicht; es reichte nicht einmal für eine Schlinge, um ihren Arm ruhig zu stellen.

Ende Dezember kommt die Familie in der mexikanischen Grenzstadt an und lebt noch im März in einer Notunterkunft. Die Familie schläft in einer kleinen Ecke eines Dachbodens. Rucksäcke hängen an den Wänden, der Boden besteht aus Sperrholz. Darauf liegen verstreut ein paar alte Spielsachen. „Diese Enge macht uns verrückt“, klagt sie. „Ich möchte in die USA, damit meine Kinder zur Schule gehen können.“ Schon seit Monaten versucht sie, einen Termin in Ciudad Juárez zu bekommen. Doch sie habe nicht einmal ein funktionierendes Mobiltelefon, um CBP One zu benutzen. „Ich bin ohne Handy, Geld und Essen losgezogen.“ Gelegentlich versucht sie, mit einem geliehenen Telefon einen Termin zu vereinbaren, wenn sie eines finde. „Aber fast niemand verleiht hier sein Telefon, weil jeder es selbst braucht, um einen Termin zu vereinbaren“, erzählt die junge Mutter.

Ende April, nach vier Monaten in der mexikanischen Grenzstadt, will Norkys nicht länger warten. Sie reist mit ihren Kindern illegal in die USA ein. Die Familie wird festgenommen und das Abschiebeverfahren eingeleitet. Doch in Laredo, Texas, werden sie wieder freigelassen. Bald dürfen sie ihren Fall vor einem Einwanderungsgericht vortragen. Norkys ist dankbar. „Solange wir leben und gesund sind“, sagt sie, „ist alles gut.“

Auch Keisy Plaza hat Glück. Die täglichen Versuche mit der App führen schließlich zum Erfolg. Sieben Wochen nach ihrer Ankunft in Ciudad Juárez bekommt sie einen CBP-One-Termin am Paso del Norte Port of Entry in El Paso und macht sich mit Töchtern und Enkelkind auf den Weg. Nun geht das Warten in den USA weiter. Voraussichtlich im nächsten Jahr wird ein Einwanderungsgericht über ihre Zukunft entscheiden. ●

Für eine Verkehrswende reicht es nicht, das Auto zu verteufeln und die Bahn auszubauen – es braucht auch neue Mobilitätskonzepte. Urbane Seilbahnen, Individualverkehr auf Schienen und geschicktes Management der Bordsteinkanten eröffnen neue Wege von A nach B.

Dossier

THEMA

NEUE MOBILITÄTSKONZEPTE

- 93 URBANE SEILBAHNEN • Über den Dächern der Stadt
- 96 INDIVIDUALVERKEHR • Experimenteller Bahnverkehr mit Ottobahn und Monocab
- 100 CURBSIDE MANAGEMENT • Kampf um die Bordsteinkante

Über den Dächern der Stadt

Seilbahnen könnten einen wichtigen Beitrag zur Mobilitätswende leisten. Erfahrungen aus Lateinamerika belegen die Vorteile für Mensch und Umwelt. – Bernd Müller



Mi Teleférico in La Paz ist mit derzeit zehn Linien und 30 431 Kilometern Länge das weltweit größte städtische Seilbahnnetz. Sie befördert täglich über 300 000 Fahrgäste. Die einzelnen Linien haben individuelle Gondelfarben und zwischen zwei und fünf Stationen.

In Luxemburg hat sich nach dem Bau der Seilbahn der Anteil des öffentlichen Nahverkehrs in das Finanzviertel von 17 auf 25 Prozent erhöht.

Mobilität benötigt Platz – für Straßen und Schienen, aber auch Radwege brauchen ausreichend Quadratmeter. Doch in einem dicht besiedelten Land wie Deutschland ist dieser Platz knapp. Kein Wunder also, dass sich immer mehr Städte für urbane Seilbahnen interessieren. Sie überqueren Straßen und Häuser staufrei und fast lautlos. Einige Städte weltweit planen oder bauen gerade eine Seilbahn, darunter Paris. Andere betreiben bereits Anlagen oder erweitern diese, wie Mexiko-Stadt, Bogotá oder La Paz, wo mit 31 Kilometern das längste urbane Seilbahnnetz der Welt in Betrieb ist – 250 Millionen Passagiere nutzten es in den letzten fünf Jahren. In Deutschland sind Projekte in Bonn und in Herne in Planung. In Asien haben Seilbahnen dagegen den Stellenwert von Touristenattraktionen, für den öffentlichen Nahverkehr sind sie nicht vorgesehen, nur Indien hat etwa ein Dutzend Projekte angekündigt.

Große Städte wie Paris oder Mexiko-Stadt lösen mit Seilbahnen ein verbreitetes Problem des öffentlichen Nahverkehrs: die Anbindung der Quartiere. Die für Paris geplante „Câble A“ wird südöstlich des Stadtzentrums beziehungsweise nordöstlich des Flughafens Paris-Orly starten und die Menschen aus ihren Wohngebieten an die Endstation der Metrolinie 8 bringen. Die Wahl des Verkehrsmittels fiel auf die Seilbahn, weil die Route Straßen und die Gleise des TGV kreuzt und die Alternative mit Straßenbahn oder U-Bahn zu aufwendig wäre. Eine Seilbahn lässt sich dagegen in eineinhalb Jahren errichten. Zudem ist der Platzbedarf für die Masten minimal.

Vor einer ähnlichen Herausforderung steht Mexiko-Stadt: Dort verbindet die neue, 9,2 Kilometer lange Seilbahnachse den Verkehrshub Indios Verdes mit dem Stadtteil Cuautepetl. Etwa 40 000 Passagiere nutzen die Strecke pro Tag, die Fahrzeit verkürzt sich im Schnitt um 1,5 Stunden. „Eine urbane Seilbahn ist nie das einzige Verkehrsmittel in einer Stadt“, betont Reinhard Fitz, Leiter der internationalen Produktentwicklung beim Seilbahnspezialisten Doppelmayr in Österreich. Sie sei sinnvoll in Kombination mit anderen öffentlichen Verkehrsmitteln, schließe Lücken und verkürze Reisezeiten beim Einpendeln in bestimmte Stadtviertel. Wie in Luxemburg, wo sich nach dem Bau der Seilbahn der Anteil des öffentlichen Nahverkehrs beim Einpendeln in das Finanzviertel von 17 auf 25 Prozent erhöht hat.

Auch Bonn könnte von einer Seilbahn profitieren. Dort ist der Rhein mit nur zwei Brücken ein Hindernis für Pendler, gleichzeitig ist das Klinikum auf dem Venusberg nur über eine schmale Straße zu erreichen. Eine Seilbahn wäre eine ideale Abkürzung. Laut einer Umfrage von Forsa lehnt allerdings die Mehrheit der Bonner das Projekt ab. Das dürfte sich also noch

einige Jahre hinziehen und eine Seilbahn wohl nicht vor Ende des Jahrzehnts in Betrieb gehen.

Die Vorurteile haben ihre Ursache vielleicht in der Vorstellung, urbane Seilbahnen seien ähnlich unkomfortabel wie ihre Pendants für Skitouristen. Dabei haben die Kabinen heute Klimatisierung, Scheiben- und Sitzheizung, Bildschirme zur Unterhaltung und WLAN. Der Zustieg ist ebenerdig und barrierefrei.

Sicher ist: Seilbahnen leisten einen erheblichen Beitrag zur Reduktion der Emissionen. Die Gondeln überqueren Wohngebiete nahezu geräuschlos und auch bei den CO₂-Emissionen ist die Bilanz vorzüglich – selbst wenn der Strom aus fossilen Kraftwerken stammt wie in La Paz. Zu diesem Ergebnis kommt eine Studie der Hochschule Düsseldorf für die „Línea Roja“ in La Paz. Die Studie betrachtet den gesamten Lebenszyklus, also unter anderem die Materialbeschaffung, die Herstellung der Komponenten, den Bau der Infrastruktur, den Betrieb und die Wartung sowie den Abbau und das Recycling. Über die Lebensdauer von 30 Jahren erzeugt die Seilbahn bei realistischer Auslastung in Summe etwa 48 000 Tonnen CO₂, wobei der Strom ausschließlich aus fossilen Energieträgern stammt, es also noch Einsparpotenzial mit Strom aus erneuerbaren Energien gäbe. Würde man stattdessen die Route mit einer Straßenbahn bedienen, wären es 215 000 Tonnen, für Busse knapp 267 000 Tonnen CO₂.

Auch die Weltbank hebt den Daumen. Sie hat die sozio-politischen Auswirkungen der Seilbahn in La Paz untersucht. Größere Zugänglichkeit auch für sozial Schwächere, Schub für die wirtschaftliche Entwicklung und Nachhaltigkeit für die Umwelt seien die Vorteile. Claudia Sheinbaum Pardo, ehemalige Bürgermeisterin von Mexiko-Stadt, bestätigt das: „Für uns ist die Seilbahn nicht nur ein Mobilitätsprojekt, sondern auch ein soziales Projekt. Wir wollen den Menschen in unserer Stadt den besten öffentlichen Verkehr bieten und setzen dort an, wo Verbesserungen dringend nötig sind.“

Für Reinhard Fitz brechen die goldenen Zeiten für Seilbahnen erst an. Doppelmayr arbeitet an Konzepten für die urbane Mobilität der Zukunft. Darin können Gondeln in den Stationen über ein Schienensystem im Dach ausgeklinkt und auf eine rollende Plattform gesetzt werden, die autonom bis in Wohnquartiere oder gar bis vors Haus fährt. Das sei aber noch Zukunftsmusik, so Fitz. Er warnt allerdings davor, die rollenden Gondeln als Ersatz fürs Auto zu verstehen und noch mehr Verkehr auf die Straße zu bringen. „Seilbahnen verändern die Art und Weise, wie wir Mobilität nutzen. Sie müssen als Teil des öffentlichen Nahverkehrs konzipiert werden.“ ●



Qualifizieren Sie Ihre Fachkräfte für die Zukunft der IT

Mit Ihrem Partner für digitale IT-Weiterbildung

JETZT
KOSTENLOS
TESTEN

Die Zukunft des Lernens ist digital

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

Stetig wachsendes Kursangebot

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

Themen von heute und morgen

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

Weitere Vorteile:

- Einfache Angebotsabwicklung
- Volle Kostenkontrolle durch individuelle Gruppenlizenzen
- Teilnahmebescheinigungen

Jetzt 30-Tage-Test für Ihr Team anfragen:

heise-academy.de

© Copyright by Heise Medien



Auf hohem oder halbem Gleis

Individualverkehr auf Schienen klingt wie ein Widerspruch in sich. Doch Start-ups wie Ottobahn und das Forschungsprojekt Monocab entwickeln die passende Technik dafür. Sind sie das Verkehrssystem der Zukunft oder nur Lückenfüller? – Christian Rauch

Ich gebe mein Fahrziel in die App ein und schon kommt eine windschnittige Kabine an. Ich steige ein und nehme im gut gepolsterten Sitz Platz. Er ist definitiv bequemer als in der Straßenbahn, eher wie in der 1. Klasse des ICE. Dann geht es an Schienen hängend über dem Boden dahin. Ein ruhiges Fahrgefühl, auch wenn es in den Kurven noch ein wenig knarzt. Ein Touchscreen bietet Zugang zu Wetterberichten und Streamingfilmen. Ich kann individuell die Beleuchtung und die Klimatisierung meiner Kabine einstellen. „Ein Uber auf Schienen“ nennt Marc Schindler das von ihm entwickelte Nahverkehrssystem gerne. Offiziell heißt es Ottobahn.

Nach 30 Sekunden ist meine Fahrt zu Ende. Noch verkehrt die Ottobahn lediglich auf einem Rundkurs in einem alten Industriegebäude in München. Die Räume dienen gleichzeitig als Büro für Ottobahn. Vor drei Jahren wurde diese Indoor-Teststrecke aufgebaut. Per Lastenaufzug kamen rund 40 Meter Schiene und zehn stählerne Doppel-T-Träger in eine Halle im ersten Stock. Binnen einer Woche hatte das Team die Bauteile montiert. Die Träger halten die Schiene in knapp vier Metern Höhe, die einsitzige Testkabine schwebt ein wenig über dem Boden – vorbei an Schreibtischen und Schränken. Zur Fahrt nutzt sie eigene Elektromotoren. Die greifen Strom von der Schiene ab und übertragen rund 20 PS auf die Stahlräder.

1000 METER TESTSTRECKE

Eine künftige Outdoor-Teststrecke wird im Prinzip genauso funktionieren, allerdings in anderen Dimen-

„Wir brauchen nur ein Gleis, keine Oberleitung, keinen Fahrer.“

sionen: Ein 1000 Meter langer Rundkurs soll über eine gepachtete Wiese bei Taufkirchen südlich von München laufen. Bis zu fünf Kabinen für je vier Passagiere verkehren dann sieben Meter über dem Boden. Dieses Frühjahr fand der Spatenstich statt.

Das ferne Ziel sind verzweigte Ottobahn-Netze, in denen jeder Passagier binnen Minuten eine Kabine erhalten und damit direkt zu seinem Ziel gelangen kann – über Weichen, Schleifen, Kreisverkehre und gegenläufige Parallelspuren. Geeignete Steuerungssoftware gibt es im Prinzip bereits aus der Werkslogistik. In einer Autofabrik etwa liefert sie Bauteile in komplexen Transportnetzwerken autonom dorthin, wo sie für die Montage gebraucht werden.

Marc Schindler hat selbst lange in diesem Bereich gearbeitet. Für Ottobahn soll solche Software auch vorgebuchte Fahrten planen, zum Beispiel für Pendler. „Da könnten jeden Morgen um acht fünf aneinandergekoppelte Kabinen in ein Wohngebiet kommen, die Menschen aufpicken und sie dann im Netz verteilen“, sagt Schindler. An einem Teststand kann Schindlers Team größere Ottobahn-Netze bereits nachbilden. Hier laufen echte, an einer Wand befestigte Hardware-Komponenten wie der Kabinenmotor, Stromrichter und das GPS-System im durch Software simulierten Fahrbetrieb.

Die Idee hinter der Ottobahn – autonom gesteuerter On-Demand-Verkehr auf Schienen – ist nicht neu: Auf Druck der Ölkrise ließen Demag und Messerschmitt-Bölkow-Blohm schon in den siebziger Jahren „Cabinetaxis“ auf einer 1,9 Kilometer langen Teststrecke in Hagen fahren (siehe TR 5/2012,



Ein Kabinen-Prototyp fährt bei Ottobahn praktisch durchs Büro.

S. 52). Ziel war ein so dichtes Trassennetz, dass die nächste Station für jeden Bewohner einer Stadt nie weiter als 100 bis 200 Meter entfernt ist. „Ab 1975 können Sie Ihr Auto vergessen, zumindest als innerstädtisches Verkehrsmittel“, prophezeite die Zeitschrift *hobby* damals. Doch trotz Serienreife wurde die gesamte Teststrecke 1981 abgerissen und verschrottet. Das Vorhaben scheiterte am komplizierten Genehmigungsverfahren. Zudem war die Ölkrise da bereits wieder vergessen, die BRD setzte auf freie Fahrt für Autos.

Ob sich Ottobahn heute durchsetzen kann, wird wohl auch von anderen Faktoren abhängen als der technischen Machbarkeit – vor allem von der Integration in bestehende Städte. Der emeritierte Verkehrsforscher Heiner Monheim hält einerseits viel davon, den Raum über dem Boden zu nutzen, um die vielfältigen Flächenkonkurrenzen zu umgehen. „Und die Individualisierung und schlanke Fahrwegstruktur geben der Ottobahn Vorteile gegenüber Stadtseilbahnen und Hängebahnen, wie sie in Dortmund fahren.“ Dennoch zweifeln Monheim und andere Experten daran, dass Ottobahn als ÖPNV-System im breiten Maßstab wirtschaftlich wäre. Christian Böttger, Professor an der Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin, sieht vor allem Probleme dabei, ein weit verzweigtes Netz innerhalb bestehender

Stadtstrukturen aufzubauen: „Denken Sie nur mal an Oberleitungen, Ampelbrücken, Beleuchtungsanlagen und Feuerwehreinsätze.“ Marc Schindler räumt ein: „Nahe liegend für uns ist, dass wir zunächst Neubau-, Gewerbe- und Industriegebiete mit Ottobahn-Strecken erschließen.“

Im nächsten Frühjahr soll die Outdoor-Teststrecke fertig sein. 2025 könnte die Planung der ersten kommerziellen Ottobahn-Strecke beginnen. Konkrete Gespräche gibt es bereits über eine zehn Kilometer lange Linie von Taufkirchen zum Karl-Preis-Platz in München. Sie würde einen Forschungscampus, Bürokomplexe und Wohngebiete mit der Innenstadt verbinden. Die Stahlträger könnten auf dem Mittelstreifen der Autobahn A8 installiert werden. Von dort sind keine Einblicke in fremde Wohnungen möglich – und Autofahrer, die sieben Meter tiefer im Stau stehen, könnten zu einem Umstieg motiviert werden. Über Erstgespräche hinaus ist man bei Ottobahn nach eigenen Angaben auch in zwei amerikanischen Bundesstaaten sowie in Dubai und auf den Kanarischen Inseln.

Beim Energieverbrauch hat Ottobahn gute Argumente: Eine voll besetzte Vier-Personen-Kabine braucht nicht einmal halb so viel Strom wie ein Elektroauto, denn die Reibung der Stahlräder auf Schienen beträgt nur ein Zehntel der

Reibung von Gummireifen auf Asphalt. Dazu kommt ein Luftwiderstandsbeiwert von 0,13 – beste Serienautos schaffen einen cW-Wert von 0,19.

Bei den Baukosten rechnet das Unternehmen mit fünf Millionen Euro pro Kilometer. Das wäre halb so teuer wie beim Bau einer neuen Straßenbahn. Christian Böttger ist da allerdings skeptisch: „Je nachdem, wie das Einstiegen realisiert wird, durch Absenken der Kabinen oder auf erhöhten Haltepunkten, sehe ich Kosten, die um oder über Straßenbahniveau liegen könnten.“

KABINEN AUF DEM BODEN

Bedarfsgerechten Schienenverkehr verfolgt auch das Forschungsprojekt Monocab OWL in Ostwestfalen-Lippe. Größter Unterschied: Hier fahren die Kabinen auf dem Boden. Zwischen Bösingfeld und Rinteln-Süd, auf einem stillgelegten Teilstück der Extertalbahn, werden die ersten beiden Demonstratoren getestet. Sie balancieren auf einer einzigen Schiene, können also auch auf einer einspurigen Strecke im Gegenverkehr aneinander vorbeifahren. Jede Kabine fährt mittig auf zwei vorne und hinten montierten Rädern. „Entscheidend ist die Stabilisierung des Fahrzeugs“, erklärt Fabian Kottmeier, technischer Projektkoordinator an der

„Naheliegend für uns ist, dass wir zunächst Neubau-, Gewerbe- und Industriegebiete erschließen.“

Hochschule Ostwestfalen-Lippe. Als variabler Schwerpunkt dient ein 600 Kilogramm schweres Bleigewicht, das sich quer zur Fahrtrichtung bewegt. Hinzu kommen zwei jeweils 250 Kilogramm schwere Kreisel, die sich 4800 Mal pro Minute drehen. Computer und Sensoren erfassen permanent ihre Lage und stabilisieren sie mit kleinen Stellmotoren. Trotz der Stützmassen sind die Monocab-Kabinen nicht übermäßig schwer: Mit den maximal sechs Passagieren wiegen sie knapp vier Tonnen, wie ein Kleinbus.

Die Idee hatte vor sieben Jahren Thorsten Försterling vom Verein Landeseisenbahn Lippe. Er ist überzeugt: „Auch im ländlichen Raum muss bedarfsgerechter Verkehr ohne Auto funktionieren.“ Für den Bau der Kabinen und die Testfahrten holte er für das Forschungsprojekt die Technische Hochschule Ostwestfalen-Lippe, die Hochschule Bielefeld und das Fraunhofer-Institut für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung in Lemgo mit ins Boot.

Ähnlich der Ottobahn fahren die Monocab-Kabinen autonom und individuell mit je zwei 47 PS starken Elektromotoren im Batteriebetrieb. Will ein Fahrgäst mitfahren, ruft er die Kabine per App zum nächsten Haltepunkt von der Größe einer Bushaltestelle. Diese sind notwendig, da es bei einer Höhe von 60 Zentimetern über dem Gleis sonst keinen barrierefreien Einstieg gäbe. Im Regelbetrieb sollen bis zu 45 Kabinen mit 60 Stundenkilometern unterwegs sein. So soll immer schnell eine Kabine bereit sein. Was den Energiebedarf angeht, benötigt eine Kabine mit bis zu sechs Passagieren rund 10 Kilowattstunden auf 100 Kilometer. Auch das ist deutlich weniger als bei den meisten Elektroautos.

Im Juni endete das Forschungsprojekt. Ende des Jahres sollen die Ergebnisse ausgewertet sein. Bis 2028 will das Team dann die ersten Kabinen in den realen Testbetrieb zusammen mit der Kommunalen Verkehrsgesellschaft Lippe schicken. Das langfristige Poten-

zial ist vielversprechend: Mehr als 6000 Kilometer Gleise sind in Deutschland stillgelegt, vor allem in ländlichen Regionen. Ein Großteil davon ließe sich mit verhältnismäßig kleinen Anpassungen wie der Einrichtung neuer Haltestellen reaktivieren.

Selbst die Verlegung neuer Gleise für Monocab oder der Mischbetrieb auf bestehenden Bahnlinien ist denkbar. Allerdings müssten sich dann Zulassungs- und Bauverfahren an klassischen Vollbahnen orientieren. Der Aufwand wäre also erheblich. „Für den Monocab-Betrieb brauchen wir jedenfalls nur ein Gleis, keine Oberleitung, keinen Fahrer, und wir verkehren on demand“, argumentiert Thorsten Försterling.

VORTEILE AM STADTRAND UND AUF DEM LAND

Fazit: Ottobahn und Monocab werden den Verkehr nicht revolutionieren. Die Ottobahn kann ihre Vorteile – vergleichsweise günstig, sparsam und komfortabel – vor allem in Vierteln am Stadtrand oder in neu gebauten Siedlungen und Industriezonen ausspielen. Dort gibt es mehr Platz, ästhetische Nachteile fallen nicht so ins Gewicht und die öffentlichen Verkehrsangebote sind eher dünn. Monocab lohnt besonders im ländlichen Raum, wo vorhandene stillgelegte Schienen ein preisgünstiges Fundament liefern.

Ohne Subventionierung wird ein Betrieb bei beiden Systemen zunächst freilich nicht gelingen. Doch wenn man wirklich weg von zu viel Autoverkehr will, der den Staat 5000 Euro (siehe TR 5/2023, S. 16) pro Fahrzeug pro Jahr für Straßenbau, Umweltschäden und Parkflächen kostet, sollte Geld auch in neue experimentelle Bahnsysteme fließen können. Denn nur ein echter Fahrbetrieb wird zeigen, wie praktikabel und attraktiv schienengeführter On-Demand-Verkehr heute sein kann. ●

Die Monocab-Kabine braucht nur eine Schiene. Dadurch lassen sich auch eingleisige Strecken reaktivieren, ohne Probleme mit dem Gegenverkehr zu bekommen.



© Copyright by Heise Medien.

IMPRESSUM

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

Redaktion

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

Chefredakteur: Luca Caracciolo

Leitende Redakteurin: Dr. Jo Schilling

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

Redaktionsassistent: Carmen Lehmann

Mitarbeiter dieser Ausgabe: Allison Arieff, Moira Donovan,

Alicia Fernández, Alex Cameron Hall, Julia Kloiber, Martin Kölking,

Karsten Lemm, Jan Oliver Löfken, Jens Lubbadeh, Bernd Müller,

Christian Rauch, Ben Schwan, Eva Wolfangel

Coverillustration: Matthias Timm

Infografiken: Vanessa Bahr, Steffi Martens, Matthias Timm

Fotoredaktion: Marei Stade (Ltg.), Lara Bögener

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

Hergestellt und produziert mit Xpublisher: www.xpublisher.com

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

Verlag

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

Herausgeber: Christian Heise, Ansgar Heise

Geschäftsführung: Ansgar Heise, Beate Gerold

Mitglied der Geschäftsführung: Jörg Mühlé, Falko Ossmann

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

Anzeigenpreise: Es gilt die Preisliste vom 1. Januar 2021

Leiter Vertrieb und Marketing: André Lux

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

Vertrieb Einzelverkauf: VU Verlagsunion KG, Meßberg 1,
20086 Hamburg; Tel. 040/3019-1800, Fax: 040/3019-1451800;

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

Sonderdruck-Service: Julia Conrades

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

Aboservice

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

Abonnement-Preise

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

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

Der Bezug der Zeitschrift Technology Review ist im Mitgliedsbeitrag des
Verbandes BVIZ e.V., des hightech presseclub e.V. und des Vereins Munich
Network e.V. enthalten. Für VDI-, VBIO-, VDE-, GI- (Gesellschaft für Infor-
matik), bdvb e.V., /ch/open und JUG Switzerland-Mitglieder gilt ein er-
mäßigter Preis: Inland € 66,00, Österreich € 73,40, Schweiz CHF 131,70,
restl. Europa € 77,70, im restl. Ausland € 81,60 gegen Vorlage eines
schriftlichen Nachweises des Verbandes bzw. Vereins einmal pro Jahr.

Eine Haftung für die Richtigkeit der Veröffentlichungen kann trotz 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.



data2day

**Die Konferenz für Data Scientists,
Data Engineers und Data Teams**

**11. und 12. Oktober 2023
Karlsruhe**

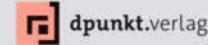
www.data2day.de



Workshops am 13. Oktober:

- **data build tool (dbt)**
- **Polars – der Turbo Boost für Dataframes**

Veranstalter



Gold-Sponsoren



Silber-Sponsoren



Bronze-Sponsor



Kampf um die Bordsteinkante

Parkplatz, Haltezone, Fahrradweg oder Scooter-Stellplatz: Der Platz am Bordstein ist knapp. Mit Curbside Management wollen die Städte diesen Raum effizienter nutzen – und so die Verkehrswende voranbringen. – Bernd Müller

Wem gehört die Straße? Auto- und Radfahrer liefern sich einen erbitterten Kampf um jeden Zentimeter Asphalt. Dabei wird vergessen, dass die viel wertvollere Fläche nicht die zwischen den Bordsteinen ist, sondern der Gehweg selbst. Parkplätze, Haltezonen, Radwe-

ge, Stationen für E-Scooter und Sharing-Bikes – jeder möchte einen Teil des Kuchens haben. Manche Städte regeln das Chaos durch Verbote: Gegen Falschparker helfen Schilder und Strafen. Bikes und Scooter werden gleich ganz verbannt.

In der Stadt konkurrieren Roller, Räder, parkende Autos und Fußgänger um den Platz auf dem Bordstein.



© Copyright by Heise Medien.

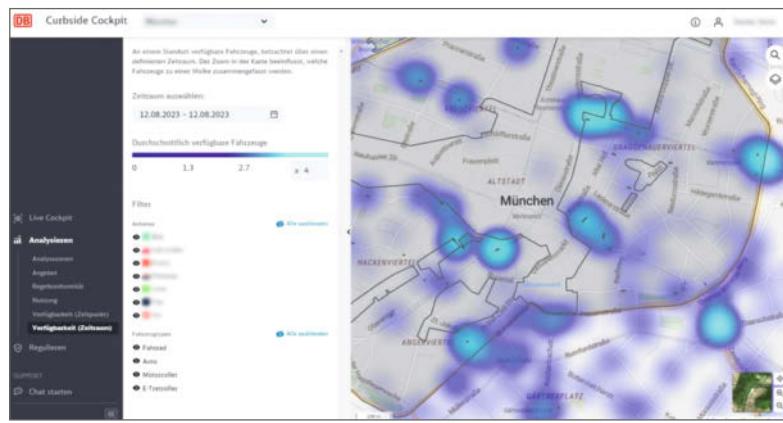
Doch den Städten dämmert: Verbote verhindern Mobilität. So verwandelte sich die Wut gegen die 6000 Leihräder, mit denen der chinesische Anbieter Obike 2017 die Münchener Innenstadt geflutet hatte, nach seiner Insolvenz in Enttäuschung. Plötzlich fehlte vielen Menschen das Anschluss-Fortbewegungsmittel als Alternative zum Auto, etwa bei der Ankunft am Bahnhof. Diesen Zielkonflikt aus mehr Mikromobilität und einem öffentlichen Raum ohne Stolperfällen soll Curbside Management auflösen, das Management des Bordsteins. Der Begriff kommt aus den USA, genauer: aus San Francisco. Dort verwaltet die Stadt Haltezonen digital und dynamisch, je nach Tageszeit und Auslastung fallen unterschiedliche Gebühren an.

„Curbside Management räumt die Stadt auf“, sagt Kilian Kärgel, der bei der Deutschen Bahn das Thema vernetzte Mobilität vorantreibt. Für sein Unternehmen sei die Anschlussmobilität außerhalb des Bahnhofs mit Call-a-Bike und dem Carsharing-Anbieter Flinkster ebenso wichtig wie das Angebot auf den Schienen. „Der Bordstein ist für uns die Verlängerung des Bahnsteigs“, so Kärgel. Seit diesem Jahr hat das Unternehmen ein Angebot namens Curbside Management Cockpit im Angebot. Basis ist eine genaue Karte, in der alle aktuellen Mobilitätsangebote visualisiert werden. Wo ste-

hen E-Scooter, wo starten und enden die Fahrten, wo kommt es häufiger zu Unfällen? Auf solche Fragen gibt das Cockpit Antworten. Die Stadt kann in der Karte mit wenigen Mausklicks Zonen definieren, Angebote dorthin verlagern oder verbieten, etwa zu bestimmten Tageszeiten.

Die Online-Plattform vernetzt die Kommunen mit den Mobilitätsanbietern, sie sorgt für Transparenz in beide Richtungen und die Umsetzung von Regeln. München ist die erste Stadt in Deutschland, die das System eingeführt hat, laut Kärgel liefern derzeit Ausschreibungen in Heilbronn und Berlin, weitere Städte stünden in den Startlöchern. Weil immer wieder Missverständnisse aufkämen: „Das Curbside Management Cockpit ist keine neue Mobilitätsplattform, wo man Scooter oder Bikes mieten kann“, so Kärgel, „es schafft vielmehr die Basis, auf der die Anbieter von Mikromobilität mit den Verwaltungen Informationen und Regeln austauschen können.“ Dieser Datenaustausch erfolgt mit einem international einheitlichen Format, das in der Mobility Data Specification der Open Mobility Foundation definiert ist. Dazu gehören Informationen wie Ort, Art und Ladestand etwa eines E-Scooters. Diese Informationen verschaffen den Städten einen Einblick, wie ihr öffentlicher Raum genutzt wird. Damit sind verschiedene Anwendungsszenarien denkbar:

- Temporäres Abstellverbot. Auf dem Marktplatz ist jeden Samstagvormittag Wochenmarkt. Die Verwaltung kann im Cockpit für die entsprechende Fläche ein Verbot zum Abstellen von E-Scootern sowie ein Bußgeld hinterlegen. Der Anbieter der Scooter bekommt diese Regel in sein Cockpit, dort sieht er den Standort seiner Roller und weiß, welche er entfernen muss. Und der Kunde, der einen Scooter in dieser Zeit dort abstellen möchte, bekommt in seiner App die Meldung, dass er den Roller woanders parken soll, die Rückgabe ist dann blockiert. Das funktioniert nicht nur bei wiederkehrenden Verboten, sondern dynamisch, etwa wenn infolge eines Unfalls eine Fläche freigehalten werden muss. In vielen Städten läuft dieser Informationsaustausch noch analog – per Fax. Das enthält die Meldung der Verwaltung und eine Karte mit handschriftlich markierter Fläche.
- Aufstockung von Angeboten. Nach dem Tollwood-Festival im Münchener Olympiapark machen sich Tausende Menschen auf den Nachhauseweg. Es gibt allerdings nur eine Buslinie, viele wünschen sich dafür eine Alternative. Die Stadt hinterlegt im Cockpit, dass am Olympiapark um diese Zeit ein erhöhter Mobilitätsbedarf besteht. Die Anbieter können dann Scooter, Bikes oder Sharing-Cars dort hinzubringen. Um solche Bedarfsspitzen zu erkennen, beobachtet das Cockpit die Verkehrsströme. So können die Städte und die Anbieter für den Tag oder fürs ganze Jahr Kapazitäten planen.



Im Curbside Cockpit wird sichtbar, wo sich gerade die meisten Fahrzeuge in einem definierten Zeitraum befinden. Je heller das Blau, desto mehr Roller, Sharing-Bikes und Autos warten in der Zone auf Nutzer.

Der Kunde bekommt die Meldung, dass er den Roller woanders parken soll, die Rückgabe ist dann blockiert.

„Lieferverkehr, Fahrradweg, E-Scooter – die Nutzung des Bordsteins darf kein Kampf, sondern muss ein Miteinander sein“, fordert Ilja Radusch vom Fraunhofer-Institut FOKUS in Berlin, „und Curbside Management gibt die nötige Flexibilität.“ Radusch arbeitet an der Digitalisierung der Bordsteinfläche. Damit die Kommunen planen können, brauchen sie einen stets aktuellen Überblick über die Situation an den Straßen – einen digitalen Zwilling in Form einer Karte, auf weniger als einen Meter genau und mit Informationen über die momentane Nutzung. Solche Karten in digitaler Form haben die Kommunen zwar, sie sind aber nicht aktuell. Raduschs Forschungsprojekt hat das Ziel, diese Karten mit Echtzeitinformationen zu verknüpfen.

Das würde den Kommunen neue Möglichkeiten geben, den Platz am Bordstein effizienter zu nutzen. Haltezonen für Lieferfahrzeuge werden heute mit Schildern markiert, doch das ist statisch, der Platz bleibt ungenutzt, wenn gerade nichts liefert wird. In Raduschs Szenario könnte der Fahrer des Paketdienstes per App einen Halteplatz buchen, verknüpft mit der Ankunftszeit aus dem Navi. Wenn es keine Parkplätze gibt, könnte die App die Einfahrt verbieten – sogar abhängig vom Fahrzeugtyp. Die App nutzt derzeit Bus- und Taxifahrer in einem geschlossenen Beta-Test. Sie erkennt mit der Kamera des Smartphones, ob auf dem Gehweg Sperrmüll liegt oder Scooter geparkt sind. Im nächsten Jahr sollen dann alle mitmachen können.

Curbside Management ist die Basis für neue Anwendungen und Geschäftsmodelle und eine Chance für Start-ups. „Die Kommunen wollen dabei nicht auf Google angewiesen sein“, weiß Ilja Radusch. „Mit Curbside Management holen sich die Städte die Kontrolle über ihren öffentlichen Raum zurück.“ ●

„Die Regierung müsste dringend eine Grundsatzfrage beantworten, vor der sie sich bisher gedrückt hat, nämlich: Welche Rolle soll die CO₂-Bepreisung eigentlich in unserer Klimapolitik spielen?“

Matthias Kalkuhl vom Mercator Research Institute on Global Commons and Climate Change (Seite 111)

Review

- 103 AUSPROBIERT • VariAnt, die Roboterameise
- 104 HARDWARE • Selbstreinigendes Katzenklo • Redox-Flow-Speicher fürs Eigenheim
- 108 MEDIEN • Netflix-Serie *Painkiller* • Warum wir nicht durch Wände gehen, F. Aigner
- 110 MEINUNG • Klimageld, noch ein gebrochenes Versprechen
- 114 DER FUTURIST • Linke Zecken

Läuft (leider) nicht

VariAnt ist ein Roboter, der sich ganz ohne Löten zusammenbauen lässt. Einfach ist das trotzdem nicht.



VariAnt ist der neueste Roboterbausatz von Variobot. Es ist für 199 Euro bei variobot.com erhältlich.

Sie läuft nicht. Nach rund acht Stunden Schrauben, Stecken, Fummeln – und Fluchen – habe ich den autonomen Ameisen-Roboter von Variobot fertig montiert. Ich habe die Arduino-Software installiert, den Code abgetippt, ihn auf den Roboter übertragen und die Maschine gestartet. Und jetzt das: Die LEDs blinken fröhlich wie erwartet, aber die Motoren laufen nicht an. Keine Drehung, kein Mucks, nichts. Ich bin zutiefst frustriert.

VariAnt ist ein Ameisen-Roboter mit sechs Beinen, die mithilfe von zwei kleinen Elektromotoren angetrieben werden. Der Bot ist mit zwölf Sensoren ausgestattet und wird von einem Arduino-kompatiblen Mikrocontroller gesteuert. Vorausgesetzt, das richtige Programm ist geladen, kann das Maschinchen also Markierungen auf dem Boden ablaufen oder einer Lichtquelle folgen und erkennt Hindernisse oder Helligkeitsunterschiede.

Das Roboter-Tier wird im kompakten Flatpack geliefert: Die – überraschend – kleine Schachtel enthält 345 Teile. Laut Anleitung soll der Aufbau vier bis acht Stunden dauern. Wobei diese Zahlen eher optimistisch sind: Für Ungeübte sind es mindestens acht Stunden. Denn die mechanischen Teile des Roboters bestehen aus schwarzen Acryl-Teilen, die mit – ebenfalls schwarzen – zum Teil winzigen Schrauben montiert werden. Die Montage der Beine ist ein besonderes Highlight: Als Gelenkverbindung dienen kleine Messingkugeln, die mit Schmier-

mittel eingerieben werden und auf die dann unter Spannung die Beine aufgeklippt werden – natürlich ohne die bereits angebauten Beine wieder auszuhaken. Ein „patentierter Laufmechanismus“ sorgt dafür, dass der Roboter beim Laufen tatsächlich recht natürlich aussieht.

Wenn er denn laufen würde. Aber das tut er leider nicht. Irgendwo muss ich ein Kabel falsch oder zu locker gesteckt haben. Aber die Kabel stecken nun alle gut verpackt zwischen Boden- und Deckplatte. Sie sind mithilfe schwarzer Steckbretter, sogenannter Breadboards, untereinander verschaltet. Das viele Schwarz sieht cool aus, der richtige Anschluss ist aber auf den Fotos in der Anleitung verdammt schwer zu erkennen. Ich muss das Ganze wohl wieder auseinanderbauen, um den Fehler zu finden. Schade eigentlich.

Um nicht missverstanden zu werden: An sich hat Tino Werner, der seit 2013 biologisch inspirierte Roboterbausätze anbietet, auch mit diesem Bausatz solide Arbeit abgeliefert. Die Teile sind qualitativ hochwertig, die Maschine ist durchdacht und ermöglicht einen einfachen und spannenden Zugang zur Mechatronik. Was mir an der kompakten Anleitung allerdings fehlt, sind zwei Dinge: Zum einen hätte ich mir ein wenig Überblick und Einordnung gewünscht. Es macht mich rappelig, einer Bauanleitung minutiös folgen zu müssen, ohne zu wissen, worauf das Ganze hinauslaufen soll. Mindestens eine Prinzipskizze vom Antrieb und ein Schaltplan der Verdrahtung wären hilfreich gewesen.

Außerdem wäre es extrem nützlich, nicht erst ganz zum Schluss testen zu können, ob denn alles funktioniert. Zwischenstufen wären prima: Dass die Motoren nicht laufen, will ich nicht erst am Ende erfahren, wenn ich das Ding wieder komplett auseinanderbauen muss, um den Fehler zu finden.



Wolfgang Stieler, TR-Redakteur, hat schon als Kind gerne mit Robotern gespielt. Früher waren seine Augen allerdings besser.

HAUSTIERE

Kluges Klo

Die Reinigung des Katzenklos zählt nicht gerade zu den angenehmen Seiten der Katzenhaltung. Mit dem Katzenklo Snow+ verspricht PetSnowy, den Haltern diese lästige Arbeit abzunehmen. Dazu klettert das Kätzchen in eine mit klumpender Streu befüllte Trommel. Nach dem Geschäft dreht sich die Trommel und die Streu wird über ein integriertes Sieb geführt. Die darauf hängen bleibende verklumpte Streu wird dann in einen versiegelten Müllbeutel entsorgt. Außerdem wird die Luft in dem Kasten über ein Filtersystem gereinigt. So soll das Katzenklo geruchsneutral bleiben und auch im Wohnraum stehen können.

Damit neugierige Vierbeiner beim automatischen Zimmer-service nicht verletzt werden, ist das System mit mehreren Sensoren ausgestattet. Erkennen die Sensoren ein Tier in der Nähe, wird die Reinigung unterbrochen. Das Katzenklo kann mit einer App verbunden werden, sodass Herrchen oder Frauchen sehen, wann und wie ihr Kätzchen das Klo nutzt und wie voll der Müllbeutel ist.



Produkt:
Snow+
Hersteller:
PetSnowy
Preis:
ab 539 Euro



COMPUTER

Tasten für Gefühlvolle

Normale mechanische Tastaturen schlagen an, wenn die Taste den Kontakt zwischen zwei Metallplättchen herstellt. Eine Hall-Effekt-Sensor-Tastatur schlägt dagegen nicht bei Berührung von Metall auf Metall an, sondern misst den Abstand zwischen zwei Magneten. Nun hat Corsair mit der K70 Max mit dieser Technik eine Tastatur entwickelt, die flexibel auf den Anschlag reagiert.

So können etwa zwei vom Benutzer festgelegte Aktionen durch einen Schalter ausgelöst werden, je nach Anschlagstärke. Auch der Auslösepunkt der Tasten – und damit die Geschwindigkeit des Anschlags – lässt sich individualisieren: von blitzschnellen 0,4 bis hin zu den vollen 3,6 Millimetern. Dies kann insbesondere beim Spielen die Reaktionszeit verbessern.



Produkt: K70 Max
Hersteller: Corsair
Preis: 230 Euro

Produkt: Sleepbuds
Hersteller: Ozlo
Preis: 270 Euro



UNTERHALTUNGSELEKTRONIK

Guten Abend, gute Nacht ...

Die von ehemaligen Bose-Ingenieuren entwickelten Ozlo Sleepbuds sind In-Ear-Kopfhörer, die beim Einschlafen helfen sollen. Dazu spielen sie weißes Rauschen, Waldgeräusche oder ähnlich beruhigende Klänge aus der zugehörigen App ab. Active Noise Cancelling zum Ausblenden von Störgeräuschen beherrschen sie aber nicht. Das Profil der Kopfhörer ist flach und schließt mit der Öffnung des Ohres ab. Dadurch sollen sie auch für Seitenschläfer bequem sein. Die Silikon-Ohrstöpsel sollen für einen sicheren Halt sorgen. Integrierte biometrische Sensoren zeichnen die Schlafqualität auf und übertragen sie auf die App. Die Akkulaufzeit wird mit 10 Stunden angegeben, das mitgelieferte Ladecase soll für vier volle Ladungen ausreichen.



Produkt: ConnectedRide
Smartglasses
Hersteller: BMW
Preis: 699 Euro



VERKEHR

Navi in der Brille

Head-up-Displays in der Zweiradwelt funktionieren mit smarten Brillen: Sie blenden Fahrdaten wie Geschwindigkeit, Tempolimit, Gang oder auch die Navigation direkt in das Blickfeld des Fahrers oder der Fahrerin ein. Zumindest ist das die Lösung von BMW mit den ConnectedRide Smartglasses. Die Brille verbindet sich über Bluetooth mit dem Smartphone und erhält von dort die einzublendenenden Daten. Was der Fahrerin an welcher Position in die Brille projiziert wird, steuert sie über einen Controller am Lenker.

Ausgeliefert wird die Brille mit zertifizierten UV-Schutzgläsern: Ein Satz ist zu 85 Prozent transparent und einer als Sonnenbrille getönt. Durch einen RX-Adapter mit +/- 4,5 Dioptrien können auch Brillenträger die Smartglasses nutzen. BMW verspricht eine Akkulaufzeit von bis zu zehn Stunden, geladen wird die Brille über eine Schnittstelle am Bügel.



Produkt: Nokia 130 und 150
Hersteller: Nokia
Preis: ab 40 Euro



ENERGIE

Redox-Flow fürs Eigenheim

Speichern statt einzuspeisen, ist der Wunsch vieler Solaranlagenbesitzer, wenn die Sonne mal wieder mehr Energie liefert, als der Haushalt verbraucht. Allerdings sind Speichersysteme für das Eigenheim bislang vorwiegend Lithium-Ionen-Akkus mit den bekannten Nachteilen: brandgefährlich, teuer und begrenzte Lebensdauer. Prolux hat nun mit dem kühlschranksgrößen STORAC den ersten Redox-Flow-Stromspeicher für den Heimbetrieb entwickelt. Darin wird die Energie in einer zirkulierenden Vanadium-Lösung gespeichert, die zu 92 Prozent aus Wasser besteht. Erhältlich ist der Stromspeicher mit 6 und 10 kWh Kapazität und 2 sowie 4 kW Leistung und soll seine Kapazität auch nach 20 Betriebsjahren zu 95 Prozent erhalten. Hergestellt werden die Stromspeicher in der EU.

Produkt: STORAC AC 2/6 und STORAC 4/10
Hersteller: Prolux
Preis: auf Anfrage



KOMMUNIKATION

Zeitreise mit Tasten

Die 2000er melden sich zurück – sogar in der Welt der Mobiltelefone. Nokias Feature-Phones 130 und 150 kommen im legendären Nokia-Tasten-Look daher, aber mit modernem Innenleben. Drei Farben, schlichte Ausstattung (nur das 150 besitzt überhaupt eine Kamera): Das ist Retro-Telefonie pur. Neben dem Nostalgiefaktor punkten die kleinen Telefone mit einem (auswechselbaren) Akku, der im Stand-by bis zu einen Monat halten soll. Die Telefone haben zudem eingebaute FM-Radios, sind staub- und spritzwassergeschützt und mit modernen Anschlüssen ausgestattet – geladen wird über Micro-USB und eine MicroSD-Karte bewahrt die Daten auf.

POSTLEITZAHL 0



01217 Dresden

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

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

Dr. B. Dressel

Tel.: 0351 85478665

Fax: 0351 85478734

E-Mail: kontakt@tzdresden.de

www.tzdresden.de



12555 Berlin

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

Technologie- und Gründerzentrum

Innovationspark Wuhlheide

Gründen – Mieten – Bauen

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

Tel.: 030 6576-4410

E-Mail: info@corona-immobilien.de

www.ipw-berlin.info

POSTLEITZAHL 3

Technologie- und
Gründerzentrum
Kassel



34131 Kassel

Produktions-/Verfahrenstechnik, Technische Dienstleistungen, Informationstechnologie

FiDT Fördergesellschaft für innovative Dienstleistungen und Techniken mbH

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

Tel.: 0561 93897-0

www.fidt.de

POSTLEITZAHL 1



12459 Berlin

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

Technologie- und Gründerzentrum Schöneweide

Gründen und mieten in Schöneweide. Moderne Büro-, Labor- und Werkstattflächen auf ca. 20.000 m².

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

Tel.: 030 6576-4413

E-Mail: info@corona-immobilien.de

www.tgs.berlin



14476 Potsdam

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

Potsdam Science Park

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

Sprechen Sie uns an!

Standortmanagement Golm GmbH

Am Mühlenberg 11

Tel.: +49 331 237351135

E-Mail: info@potsdam-sciencepark.de

www.potsdam-sciencepark.de



35394 Gießen

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

Technologie- und Innovationszentrum Gießen GmbH

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

Tel.: +49 641 948226-0

Fax: +49 641 948226-29

E-Mail: info@tig-gmbh.de

www.tig-gmbh.de

Unser Service für Technologiepartner

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

POSTLEITZAHL 4



40225 Düsseldorf

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

POSTLEITZAHL 5



50829 Köln

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

POSTLEITZAHL 6



69120 Heidelberg

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

POSTLEITZAHL 8



86159 Augsburg

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

POSTLEITZAHL 9



91522 Ansbach

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

MIT Technology Review: Angebot für Technologiepartner

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

Die Netflix-Miniserie *Painkiller* erzählt vom Anfang der amerikanischen Opioidkrise und wie ein Mix aus Geldgier und gutem Marketing bislang Hunderttausende töten konnte. – Jo Schilling

Der Schmerz einer Nation



Painkiller,
Netflix, 2023

Um mir die Netflix-Miniserie *Painkiller* anzuschauen, musste ich erst einmal eine emotionale Hürde überwinden: einen Epilog, in dem mich eine Frau ansieht und mir sagt, dass diese Serie auf wahren Begebenheiten beruhe, aber aus dramaturgischen Gründen Charaktere hinzugefügt worden seien. Nicht erfunden sei der Tod ihres Sohnes... Nur widerwillig steige ich ein in die sechsteilige Geschichte hinter der Opioidkrise in den USA.

Diese Geschichte erzählen die Autoren Micah Fitzerman-Blue und Noah Harpster in mehreren Strängen: Den Auf-takt macht Dr. Richard Sackler, der aus Habgier das bereits bekannte, stark süchtig machende Opioid Oxycodon unter dem Namen Oxycontin als ungefährliche Lösung gegen Schmerzen auf den US-Markt schüttet.

Ein weiterer Strang führt über den ganz normalen Familienvater Glen Kryger, der eine kleine Autowerkstatt betreibt und nach einem Unfall Oxycontin verschrieben bekommt. Und dann ist da noch Shannon Schaeffer, eine junge Handelsvertreterin. Sie steht prototypisch für die Marketingmaschinerie, die die Opioid-Epidemie ausgelöst hat, in der die USA nach wie vor feststecken.

Den Rahmen bildet die retrospektive Erzählung von Edie Flowers, einer Mitarbeiterin der Staatsanwaltschaft von Virginia, die sich wie ein Terrier in die Geschichte verbeißt.

Die Opioidkrise der USA wurde schon oft thematisiert, in Zeitungsartikeln, Büchern und Filmen, aber sie gehört zu den Dramen, die gar nicht oft genug erzählt werden können. Es ist die Geschichte der Perversion des amerikanischen Traums, der Ohnmacht des Staates und des Vertrauensmissbrauchs.

Diese Aspekte macht die Serie physisch erlebbar. Regisseur Peter Berg überzeichnet Sackler und seine Familie

derart, dass sich um mein Sofa eine Aura der Wut ausbreitet. Wenn an Sacklers Seite der Geist des verstorbenen Onkels Arthur auftaucht, der Feuermeiler fiept oder er mit seinem Hund Ball in den Purdue-Marmorhallen spielt, machen die Kameraperspektiven und Matthew Brodericks Geschick als Sackler-Darsteller Monster aus dem Pharma-Clan.

Jeder Erzählstrang hat seine eigene Bildsprache, seine eigene Überzeichnung. Die Bilder um die Mitarbeiterin der Staatsanwaltschaft Edie Flowers, die einen David-gegen-Goliath-Kampf führt, sind einsam und voll verzweifelter Wut – etwa, wenn sie abends wieder und wieder versucht, Lara Croft aus ihrer Videospiel-Höhle klettern zu lassen.

Glen Kryger wiederum ist eigentlich zu nett für diese Welt, seine Frau und das gemeinsame Töchterchen sind zauberhaft. Der Teenager(stief)sohn ist – naja – eben ein Teenager. Diese perfekte kleine Familie bewegt sich auf den Abgrund zu, als Glen seine erste Oxycontin-Tablette nimmt – und es ist klar, dass diese Geschichte kein Happy End hat.

Wie ein ganzes Land in diese Katastrophe gestürzt werden konnte, zeigt uns letztlich die Pharmavertreterin Shannon Schaeffer. Sie und ihre Chefin flirten und tanzen in bonbonbunten Bildern mit Ärzten, verteilen blaue Plüschipillen in Apotheken, fahren Porsche und feiern sich alle Zweifel weg.

All das inszeniert *Painkiller* mit einer Farb- und Bildgewalt, die die Macht der Marketingmaschinerie hinter dem Medikament in das Wohnzimmer holt. Die Serie macht verständlich, wie es passieren konnte, dass allein im letzten Jahr über 100 000 Menschen in den USA an einer Überdosis Opioiden gestorben sind. Um „Oxy“ gegen den Tennisarm geht es längst nicht mehr, aber jede Epidemie hat ihren Patienten Null.

PHYSIK

Quanten ohne Mathe

Quantenphysik bestimmt schon lange unseren Alltag – angewandt in Mikroelektronik, Laser oder MRT. Aber darüber gesprochen hat kaum jemand. Doch seit ein paar Jahren gibt es einen neuen Hype: Quantencomputer sollen schneller rechnen als alle klassischen Supercomputer. Quantenkryptographie soll mathematisch beweisbar nicht zu knacken sein, und Quantensensoren eröffnen uns einen Blick in völlig neue Welten.

Leider gilt die Quantenmechanik als schrecklich kompliziert und kontraintuitiv. Niemand, so heißt es, könne sie wirklich begreifen. Dass das nicht stimmt, will der Quantenphysiker Florian Aigner in seinem neuen Buch *Warum wir nicht durch Wände gehen**: **Unsere Teilchen aber schon* belegen – und zwar ganz ohne Mathematik. Natürlich ist Aigner nicht der Erste, der das versucht. Im Unterschied zu anderen löst er dieses Versprechen aber auch ein und ist dabei noch unterhaltsam. Kurz: Das Buch ist ein guter Ausgangspunkt zu einem Trip in die erstaunliche Welt der kleinsten Teilchen. – Wolfgang Stieler



F. Aigner: *Warum wir nicht durch Wände gehen*, Brandstätter,
264 S., 25 €
(E-Book: 20,99 €)



S. Mukherjee:
Das Lied der Zelle,
Ullstein,
672 S., 32,99 €
(E-Book: 29,99 €)

MEDIZIN

Zeitreise mit Zellen

Ein herrliches Buch, irgendwo zwischen Bio-Schullektüre, Medizinreport und historischem Thriller. Siddhartha Mukherjee, der Autor von *Das Lied der Zelle*, ist Onkologe am Columbia University Medical Center und Gewinner des Pulitzerpreises. Er nimmt die Leserin mit an den Abendbrottisch jener Männer, die das Prinzip Zelle als Grundlage des Lebens entdeckten, auf einen Tauchgang in die Zelle, wo Membranproteine wie Bootsrümpfe über ihr schwaben, und an die Klinikenbetten seiner Patienten.

Mukherjee erzählt, wie sich aus verstaubten Ansichten die Medizin von heute entwickelte. Ein Beispiel: Lange wurde etwa geglaubt, ein Säugling stecke schon fix und fertig im Samen des Mannes und müsse im Mutterleib lediglich aufquellen. Die mehr als 600 gehaltvollen Seiten helfen zu begreifen, wie wichtig das Verständnis von Zellen für die moderne Medizin war. Es hilft, die aktuell rasanten Fortschritte, etwa in der Gentherapie und der Stammzellforschung, besser einzurunden. – Andrea Hoferichter

KLASSIKER NEU GELESEN

Die Sache mit dem Schmetterling

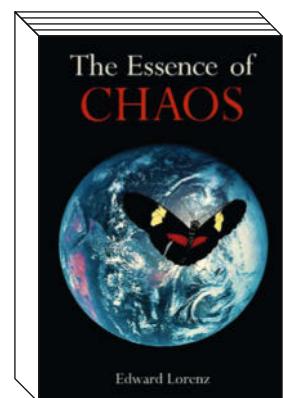
Worte seien keine Lebewesen, aber führten ein Eigenleben, so sei es auch mit dem Wort Chaos, eröffnete Edward Norton Lorenz sinngemäß sein Buch *The Essence of Chaos* vor 30 Jahren. Er trat Anfang der 1970er-Jahre mit seiner Chaostheorie eine Welle los, die eine ganze Generation prägte. Wissenschaftler erhoben Chaos zu einem eigenen Forschungsfeld, und parallel bildete sich eine breite popkulturelle Bewegung voller bunter Fraktale und mathematischer Spielereien aus.

Natürlich nicht zu vergessen: der Schmetterlingseffekt. Mit seiner zentralen Frage, ob der Flügelschlag eines Schmetterlings in Brasilien einen Tornado in Texas auslösen kann, kreierte der Autor ein bis heute geflügelte Wort.

Den Anfang nahm seine Chaostheorie tatsächlich bei der Berechnung von Wettervorhersagemodellen. Ein winziger Fehler in der dritten Nachkommastelle einer Variable führte bei einem seiner Experimente zu einer völlig anderen Wettervorhersage. Die Auswirkungen, die minimale Veränderungen in den Anfangsbedingungen eines dynamischen deterministischen Prozesses haben, nannte Lorenz schlicht Schmetterlingseffekt. Und so klug und eingängig wie diese Analogie ist das ganze Buch verfasst.

Lorenz schafft es, seinen Lesern die Idee von Chaos in Anekdoten und mit Skizzen nahezubringen, ohne sie mit mathematischen Formeln zu überfordern. Er erzählt beispielsweise von Flipperautomaten aus seiner Jugend und entwickelt daran eine Definition, was Chaos aus seiner Sicht bedeutet, worin es steckt, worin nicht und wie unterschiedlich man Chaos definieren kann. Dabei geht er sparsam mit Fachbegriffen um, führt nur solche ein, die sonst stets lange Definitionen erfordern würden.

Die Chaoswelle, die Lorenz und andere Forscher damals ausgelöst haben, ebbte bereits wieder ab, als *The Essence of Chaos* im Jahr 1993 erschien. Die Bücher mit psychedelisch gefärbten Fraktalen verstaubten schon in den Regalen. Vielleicht ist das der Grund, weshalb es nicht mehr ins Deutsche übersetzt wurde. Chaos wurde zu dem, was es bis heute in der Forschung ist: ein Querschnittsgebiet. Schade eigentlich, denn Lorenz verleiht dem Chaos durchaus einen Hauch von Poesie. – Jo Schilling



Edward N. Lorenz:
The Essence of Chaos,
University of Washington Press,
240 Seiten, antiquarisch

Klimageld – noch ein gebrochenes Versprechen

Eigentlich sollte das Klimageld die gestiegenen CO₂-Abgaben ausgleichen. Doch die Regierung kann es nicht auszahlen – oder sie will es einfach nicht.

Immer, wenn man glaubt, noch blöder kann man sich nun wirklich nicht anstellen, zeigt die Ampel-Koalition: Doch, man kann. Nachdem sie schon beim Heizungsgesetz jegliches Vertrauen in eine berechenbare Gesetzgebung verdaddelt hat (siehe S. 113), zeichnet sich nun der nächste Wortbruch ab – beim sogenannten Klimageld. Dies war eigentlich als Ausgleich für die steigenden CO₂-Abgaben auf fossile Brennstoffe für Heizungen und Fahrzeuge gedacht. Derzeit müssen Bürgerinnen und Bürger 30 Euro pro Tonne CO₂ bezahlen, ab 2024 sollen es 40 Euro werden. Das eingenommene Geld sollte, zumindest teilweise, in Form einer Pro-Kopf-Pauschale zurückgezahlt werden. Die Summe könnte man dann zwar auch für Flugreisen oder ein größeres Auto ausgeben, aber: Je mehr Energie jemand spart, desto größer unter dem Strich die Einnahmen.

Was nach einer Umverteilung von der linken in die rechte Tasche klingt, hat auch eine wichtige soziale Funktion: Ärmere Haushalte geben tendenziell einen höheren Anteil ihres Einkommens für Energie aus. Sie leiden also stärker unter den CO₂-Abgaben. Andererseits ist aber ihr absoluter Energieverbrauch niedriger. Sie profitieren also unter dem Strich stärker von einer pauschalen Rückzahlung, so eine Studie des Deutschen Instituts für Wirtschaftsforschung (DIW). Das Klimageld könnte auf diese Weise Gelbwesten-Protesten wie in Frankreich vorbeugen und populistischen Parteien den Wind aus den Segeln nehmen.

Doch wie es aussieht, wird die Koalition eher das Gegenteil erreichen. Die CO₂-Abgaben sind nämlich schon seit 2021 fällig. Wann das versprochene Klimageld kommt, ist hingegen noch vollkommen offen. So unglaublich es klingt: Die Regierung wäre derzeit schon rein technisch nicht in der Lage, es auszuzahlen. Dafür bräuchte es eine Verknüpfung der Steuer- und Kontonummern der Bürger, die laut Bundesfinanzministerium erst irgendwann im Laufe dieser Wahlperiode kommen soll.

„In Zeiten knapper Kassen ist es bequem, Einnahmen durch die CO₂-Bepreisung für andere Zwecke zu verwenden.“

Allerdings käme selbst bei funktionierender Technik bis auf Weiteres kein Klimageld bei den Menschen an, denn Bundeswirtschaftsminister Robert Habeck hat die Mittel längst anderweitig verplant. Die knapp 58 Milliarden Euro im sogenannten „Klima- und Transformationsfonds“ (KTF), der sich aus dem europäischen Emissionshandel sowie den deutschen CO₂-Abgaben speist, sind unter anderem bereits für Gebäude Sanierungen (19 Mrd.), Abschaffung der EEG-Umlage (13 Mrd.), E-Mobilität (5 Mrd.) und das Schienennetz der Bahn (4 Mrd.) vorgesehen.

Habeck argumentiert, schon die Entlastung der Strompreise von der EEG-Umlage sei schließlich so etwas wie ein indirektes Klimageld. Das mag sein, war aber so nicht vereinbart. Im Koalitionsvertrag steht: „Um einen künftigen Preisanstieg zu kompensieren und die Akzeptanz des Marktsystems zu gewährleisten, werden wir einen sozialen Kompen-sationsmechanismus über die Abschaffung der EEG-Umlage hinaus entwickeln.“

Eine direkte Überweisung, zu sehen in Euro und Cent auf dem Kontoauszug, ist außerdem schon rein psychologisch etwas ganz anderes als eine wenig transparente Entlastung, die möglicherweise durch andere Preissteigerungen wieder aufgefressen wird. Vor allem aber zeigt der Fall (mal wieder): Versprechungen der Ampel kann man nur so weit trauen, wie man ein Windrad werfen kann. Sollte das Klimageld in dieser Wahlperiode nicht mehr kommen, wäre das eine „politische Wahnsinnstat“ und ein „Konjunkturprogramm für die AfD“, wie der *Spiegel* schreibt.

Dabei wäre durchaus Geld vorhanden. So sollen aus dem KTF auch vier Milliarden Euro in die „Förderung der Halbleiterproduktion“ fließen und 2,6 Milliarden in die Entlastung „besonders energieintensiver Unternehmen“. Mit anderen Worten: Einnahmen aus dem Bereich Klima werden mehr oder weniger willkürlich für Industriesubventionen umgewidmet. „Die Halbleiterproduktion hat eine hohe Re-



Innenministerin Nancy Faeser streicht das Geld für die Digitalisierung. Finanzminister Christian Lindner kann das Klimageld nicht auszahlen und Wirtschaftsminister Robert Habeck hat es längst anderweitig verplant.

levanz für klimaneutrale Technologien“, begründet die Regierung diese Entscheidung. Klar, ohne Elektronik funktionieren weder Windräder noch Wärmepumpen. Aber das Gleiche gilt auch für viele andere Technologien. Wo ist dann die Grenze?

„Gerade in Zeiten knapper Kassen ist es bequem, zusätzliche Einnahmen wie durch die CO₂-Bepreisung für andere Zwecke zu verwenden“, kommentiert DIW-Präsident Marcel Fratzscher in einem Gastbeitrag für die *Zeit* – und fragt sich, ob die Politik „nicht in der Lage oder nicht gewillt“ sei, die Voraussetzungen für die Entlastungen zu schaffen.

Die Frage ist berechtigt. Denn parallel zur Klimageld-Debatte zeigte eine andere Meldung, wie bizarr die Prioritätensetzung in der Ampel sein kann: Das Bundesinnenministerium wollte die Digitalisierungszuschüsse für die Länder von 377 auf 3 (!) Millionen Euro kürzen. Schließlich konnte es doch noch 300 Millionen aus „nicht abgerufenen Mitteln der vergangenen Jahre“ zusammenkratzen. Doch selbst diese Summe ist ein Witz, wenn man sich überlegt, welch zentrale Rolle eine leistungsfähige Verwaltung für die politische Handlungsfreiheit spielt – und mit welchen Summen andernorts hantiert wird. Allein das Dienstwagenprivileg ist dem Bund das Zehnfache der Digitalisierung wert.

„Es fehlt der politische Willen zu sagen, wir wollen das machen, also sorgt dafür, dass es funktioniert“, meint auch

Matthias Kalkuhl vom *Mercator Research Institute on Global Commons and Climate Change*. Hinter der Zurückhaltung beim Klimageld vermutet er noch eine andere Ursache: „Die Regierung müsste dringend eine Grundsatzfrage beantworten, vor der sie sich bisher gedrückt hat, nämlich: Welche Rolle soll die CO₂-Bepreisung eigentlich in unserer Klimapolitik spielen?“, sagte er gegenüber dem Magazin *Neue Energie*. „Um eine deutliche Lenkungswirkung zu entfalten, müssten die CO₂-Preise viel höher liegen. Aber davor scheut die Regierung zurück. Stattdessen versucht man verstärkt, mit Ordnungsrecht und Förderprogrammen voranzukommen.“



Gregor Honsel, TR-Redakteur, hatte große Hoffnungen in die neue Koalition gesetzt.

Halbe Sache

Nur den Konsum von Cannabis zu legalisieren, aber nicht den Handel, ist kurzsichtig und kontraproduktiv.

Drogenpolitik ist eine höchst irrationale Angelegenheit. Denn sie hat oft mit wirtschaftlichen und machtpolitischen Vorgaben zu tun und nur selten etwas mit Gesundheitsschutz. Das ist nicht neu. Dass sich dieses Muster auch bei der bevorstehenden Legalisierung von Cannabis in Deutschland wiederholen wird, ist aber zutiefst frustrierend.

Zur Erinnerung: Die internationale Ächtung von Cannabis war keineswegs das Ergebnis einer medizinischen Debatte, sondern einer politischen. Die ägyptische Regierung hat im Rahmen der zweiten internationalen Opiumkonferenz 1925 in Genf überraschend ein Verbot dieser Droge verlangt, nachdem die Verhandlungen über Kokain, Heroin und andere Substanzen monatelang stockten. Die deutsche Delegation lehnte den Vorschlag der Ägypter zunächst ab, doch die drohten mit einem Einfuhrstopp für Kokain und Heroin – wichtige und auf dem internationalen Markt höchst erfolgreiche Erzeugnisse der deutschen Pharmaindustrie. Um wirtschaftlichen Schaden abzuwenden, stimmte die deutsche Delegation einem Cannabis-Verbot zu, das fortan in – fast – allen Ländern gelten sollte.

Das ist immer noch so. Und es gilt eigentlich auch in den Niederlanden. Streng genommen ist der Joint in Amsterdam genauso illegal wie in Berlin – die berühmten Coffeeshops werden lediglich geduldet. Privater Konsum von Cannabis wird in der Regel nicht polizeilich verfolgt.

Das klingt echt tiefenentspannt, hat aber eine dunkle Seite. Denn weil der Handel mit Cannabis und Cannabis-Produkten illegal ist, müssen die Coffeeshop-Betreiber ihre Ware auf dem Schwarzmarkt kaufen. Sehr zur Freude des organisierten Verbrechens, das nebenbei nicht nur mit dem geduldeten Cannabis dealt, sondern auch ganz Europa mit Kokain und Heroin versorgt.

Eigentlich ist die Lehre aus diesem Beispiel ziemlich einfach: Wer nicht will, dass das organisierte Verbrechen von einer Liberalisierung des Konsums weicher Drogen profitiert, muss den Handel mit diesen Substanzen legalisieren. Und zwar am besten

über staatlich lizenzierte Abgabestellen, die gleichzeitig auch die Qualität der Waren kontrollieren.

Vor genau diesem Schritt aber schreckt die Bundesregierung zurück. Stattdessen soll es Cannabis-Clubs geben, in denen sich Selbstversorger zusammenschließen können, die ihre eigenen Pflanzen ziehen. Nicht ganz zu Unrecht beklagen Polizei und Justiz, dass die neuen Regelungen, inklusive Ausnahmen und Ausnahmen von den Ausnahmen – kein Gras-Anbau in der Nähe von Kitas zum Beispiel – unmöglich zu kontrollieren und durchzusetzen sind.

Und das alles nur, weil ein Rechtsgutachten des wissenschaftlichen Dienstes des Deutschen Bundestages angeblich belegt, dass der staatlich lizenzierte Handel mit Cannabis gegen EU-Recht verstößen würde. Allerdings ist dieses Rechtsgutachten von der CSU in Auftrag gegeben und die Folgerungen daraus sind durchaus umstritten. Meine Vermutung ist viel eher: Die Bundesregierung hat Angst vor ihrer eigenen Courage bekommen und befürchtet, Haschkekse und Joints aus der Apotheke würden beispielsweise der rechten politischen Szene Aufwind geben.

Dabei wäre das die einzige sinnvolle Möglichkeit, den Schwarzmarkt auszutrocknen. Aber das geht ja nicht. Die Debatte um die Cannabis-Legalisierung ist so irrational, dass sie manchmal nur vollkommen zugedröhnt zu ertragen ist.

„Wer nicht will, dass das organisierte Verbrechen profitiert, muss den Handel legalisieren.“



Wolfgang Stieler, TR-Redakteur, muss sich über die Gesundheitspolitik der Ampel manchmal sehr wundern.

WÄRMEWENDE

Erst Hysterie, dann Desinteresse

Es stimmt schon, bei der Wärmewende bekleckert sich die Ampelkoalition nicht gerade mit Ruhm. Erst verhindern interne Querelen und handwerkliche Fehler die Verabschiedung des Heizungsgesetzes vor der Sommerpause. Und nun stellt Bauministerin Klara Geywitz (SPD) auch noch die im Koalitionsvertrag geplante Verschärfung der Energiestandards für Neubauten infrage. Das ist symptomatisch für den fehlenden Plan der Regierung. „Zu einem Gesamtkonzept muss gehören, dass Kabinettsmitgliedern nicht immer zuerst der Klimaschutz einfällt, den sie als Ballast abwerfen können, wenn sie ihre Wachstumsziele verfehlten“, kommentiert die Hannoversche Allgemeine.

Die Verbraucherinnen und Verbraucher geben allerdings auch keine gute Figur ab. Kaum wurde das Heizungsgesetz verschoben und entschärft, brach die Nachfrage nach Wärmepumpen und Dämmssystemen ein. Erst komplette Hysterie („Die wollen unsere Heizungen aus dem Keller reißen!“), nun totales Desinteresse. Beides ist kindisch.

Übertriebene Hektik ist weder bei der Gesetzgebung noch bei persönlichen Investitionsentscheidungen hilfreich. Schließlich nutzt es niemandem, wenn jemand, der gerade eine Wärmepumpe installiert hat, am nächsten Tag erfahren muss, dass die Kommune jetzt auch einen Fernwärmeanschluss legen könnte. Aus Trotz in die alte Bräsigkeit zurückzufallen, ist

aber auch keine Option. Liebe Leute: Früher oder später müsst ihr euch ohnehin von euren Gas- und Ölthermen verabschieden – sei es wegen steigender CO₂-Abgaben oder wegen politischer Vorgaben. Das ist so sicher wie das „Technologieoffen“ auf dem FDP-Parteitag. Und wer früher investiert, kann länger sparen.

Doch man könnte jede politische Entscheidung nun um 5, um 15 oder um 50 Jahre verschieben – auch dann bräche wieder kurz vor dem Stichtag die nackte Panik aus: Wo soll ich so plötzlich das Material herbekommen und woher die Fachkräfte? Warum hat mich niemand rechtzeitig gewarnt? Was hiermit geschehen wäre. Keine Ursache.



Gregor Honsel, TR-Redakteur, wartet immer noch auf einen Fernwärmeanschluss für seine Wohnung.

Online-Shopping ohne Probleme: c't hilft.

SICHER EINKAUFEN
Online-Shopping ohne Probleme

- Schützen Sie sich vor Betrug
- Digital bezahlen
- Kaufprobleme lösen

Heft + PDF mit 29 % Rabatt

So machen Sie Schnäppchen ohne Reue
Datenschutzfreundliche Kundenkarten-App

- Die wichtigsten Regeln für den Onlinekauf
- Schützen Sie sich vor Betrug
- Kaufprobleme lösen

- Käuferschutz richtig einsetzen
- Digital bezahlen
- Auch als Heft + digitale Ausgabe mit 29 % Rabatt

Heft für 14,90 € • PDF für 12,99 € • Bundle Heft + PDF 19,90 €



shop.heise.de/ct-sicher-einkaufen23

Linke Zecken

„Schatz, wie willst du deins? Englisch oder medium?“

Es prasselte, als er das Fleisch in die heiße Pfanne gab. Betörender Geruch von scharf angebratenem Steak stieg auf. Eva hatte noch einen guten Rotwein besorgt. Heute war ihr Hochzeitstag, das wollte gebührend gefeiert werden.

Die Haustür ging auf. Mit weit aufgerissenen Augen sahen er und Eva sich an. Wieso war Clara wieder da? Sie wollte doch bei Melanie übernachten.

„Papa! Mama!“ Clara war völlig außer sich. „Ihr dürft das Fleisch auf gar keinen Fall essen!“

„Oh, nicht schon wieder“, rief David. „Clara, du musst endlich respektieren, dass nicht jeder vegan leben möchte.“

„Bitte, Papa!“ Ihre Stimme wurde flehend. „Es ist ... gefährlich für euch!“

Er kannte ihren missionarischen Eifer, was das Thema Fleisch anging. Aber dieser Ton war neu. „Clara, das geht zu weit.“ Dann lief es ab wie immer. Sie schrien sich an. Türen knallten. Irgendwann rannte Clara weinend hinaus.

Der Abend war ruiniert. Betroffen aßen sie ihre Steaks. Sie schmeckten vorzüglich, aber genießen konnten sie sie nicht mehr.



In der Nacht plagten sie Magenkrämpfe. Dann hatte David plötzlich überall Quaddeln am Körper, Evas Augen juckten, ihr Mund schwoll an. Als sie gegen vier Uhr morgens plötzlich kaum noch Luft bekam, rief er einen Krankenwagen. Ihm hatten sie eine Spritze gegeben, danach war der Ausschlag weg. Aber Eva. In der Notaufnahme verbrachte er Stunden in Ungewissheit.

Endlich kam ein Arzt zu ihm. „Ihrer Frau geht es gut, Herr Demain. Sie ist außer Gefahr.“

„Was ist los? Was hat sie?“

„Wir haben einen Bluttest gemacht: Es handelt sich um eine Fleischallergie. Und ich fürchte, Sie sind auch betroffen.“

„Was? Fleischallergie? Seit wann gibt es denn so was?“

„Ein Zeckenbiss kann die Allergie auslösen. Sind Sie kürzlich im Wald gewesen?“

David konnte kaum einen klaren Gedanken fassen. „Nein, nicht, dass ich wüsste. Und jetzt?“

Der Arzt zuckte mit den Schultern. „Ich fürchte, ab jetzt sind Sie beide Vegetarier. Kein Steak mehr, es sei denn, Sie möchten die Nacht wieder im Krankenhaus verbringen.“

David und Eva brauchten eine Weile, um das Ganze zu verkraften. Und da war noch ein ungutes Gefühl, das ihn nicht losließ: Claras merkwürdige Aktion. Was hatte sie noch mal gesagt? *Es ist gefährlich für euch!*

Clara war noch bei ihrer Freundin. An ihrer Zimmertür hing das Schild „Keep out“. Er zögerte, einzutreten. Als er in ihrem Zimmer war, wusste er gar nicht, wonach er eigentlich suchte. Aber auf ihrem Schreibtisch fand er etwas, womit er nicht gerechnet hatte.

Es war ein kleines Einmachglas. Und in ihm krabbelte etwas herum. Kleine, schwarze Punkte. Als er das Glas von Näherem betrachtete, verzog er angewidert das Gesicht: Zecken! Es mussten Hunderte sein. Er erinnerte sich an die Worte des Arztes: *Ein Zeckenbiss kann die Allergie auslösen.*

Was war hier los?

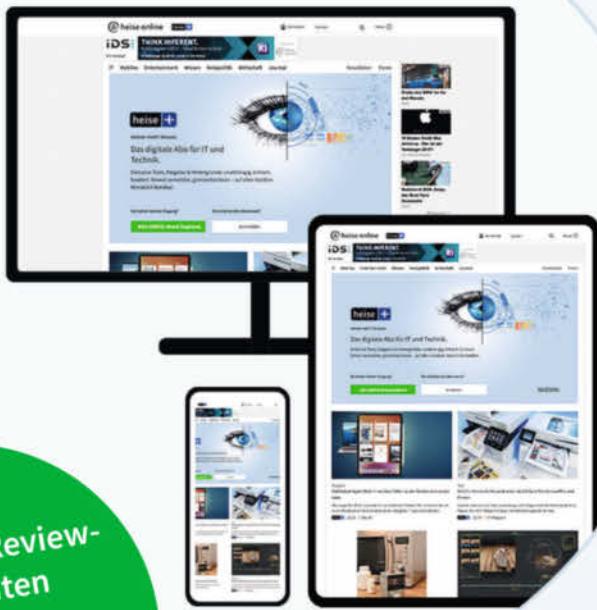
Er stellte Clara abends zur Rede. Sie gestand sofort unter Tränen. Sie war Mitglied der „Linken Zecken“, einer radikalen Splittergruppe der „Letzten Generation“. Ihre Mission: die gesamte Menschheit mithilfe der Zecken zu Vegetariern zu machen. Die Bewegung war mittlerweile weltweit aktiv.

Es fiel David schwer, das alles zu verdauen. Seine Tochter hatte ihn und seine Frau absichtlich allergisch gegen Fleisch gemacht. Er sah, wie bitterlich sie weinte und wie sehr es ihr leidtat. Aber es flößte ihm Respekt ein, dass es seiner Tochter so ernst damit war. Er konnte ihr gar nicht böse sein.

Schließlich sagte er: „Komm, du musst hungrig sein. Ich brate uns ein Käsesteak.“

„Papa, ich bin doch Veganerin.“ Clara seufzte. „Aber okay, ich mach mal eine Ausnahme.“ – Jens Lubbadeh

Technology Review-
Abonnenten
lesen bis zu
75%
günstiger



Das digitale Abo für IT und Technik.

Exklusives Angebot für Technology Review-Abonnenten:
Sonderrabatt für Magazinabonnenten

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

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

heise.de/plus-testen

✉ leserservice@heise.de ☎ 0541 80009 120



Horizons #23

by heise

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

NEUE DIGITALE ARBEITSWELT

KÜNSTLICHE INTELLIGENZ

CYBER-SICHERHEIT

NEXT GENERATION & RECRUITING



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

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



Seien Sie mit dabei!

www.horizons-heise.de

eine Veranstaltung von

Heise Medien

Partner, Sponsoren

chrome

CCISO

G DATA

hannoverimpuls

HENCKE

tkn
digital
pioneers

UVN
UNTERNEHMERVERBÄNDE
NIEDERSACHSEN E.V.