

Süddeutsche Zeitung

LANGSTRECKE

Sonderausgabe

Ziel Zero
(= zero emission)

Die besten Reportagen,
Kommentare
und Interviews
zum Thema



Bio-Daten

Der Landwirt der Zukunft
ist Datenanalyst

Unter Strom

Mehr Daten, mehr Strom?
So einfach ist es nicht

Decarb

Weniger Emissionen,
mehr Unternehmenserfolg

Neue Wolke

Die Cloudalternative Gaia-X
muss sich beweisen

Retter Wasserstoff

Die Industrie setzt in der
Klimakrise auf Wasserstoff

Quanten

Welche Unternehmen künftig
Quantencomputer brauchen

WAS UNS ERWARTET

Ziel Zero

(= zero emission)



Innovation ist Teil der Atos-DNA und basiert auf der **Kreativität und Agilität** unserer Kollegen und Mitarbeiter. Ich lade Sie ein, mehr über **innovative Projekte** mit Kunden aus den unterschiedlichsten Branchen wie der Energiewirtschaft oder der produzierenden Industrie zu erfahren. Ob nun die Unternehmen Leistungen konsequent aus der Cloud erbringen, die **Möglichkeiten** von Quantum-Computing früh nutzen oder auf nachhaltige Digitalwirtschaft umgestellt haben – immer sind es die **neuen und ungewöhnlichen Ansätze**, die die Projekte so interessant machen. Ich wünsche Ihnen viel Spaß beim Erkunden!



Udo Littke

Head of Atos Central Europe & Atos Germany

→ Mehr dazu unter [Atos.net](https://www.atos.net)

Atos

INHALT

WANDEL: 9 Minuten

Benedikt Müller-Arnold über die Chancen der Industrie in der Tüftlerrepublik Deutschland

SEITE 5

UMWELT: 14 Minuten

Julian Rodemann beschäftigt sich mit Internetkabeln in den Weltmeeren und den Folgen für die Umwelt

SEITE 9

KLIMA: 19 Minuten

Marlene Weiß und Michael Bauchmüller moderieren ein Streitgespräch zur Klimakrise

SEITE 15

CO₂: 14 Minuten

Tim Schröder geht der Frage nach, ob Climate Engineering die lang ersehnte Lösung ist

SEITE 23

WIRTSCHAFT: 9 Minuten

Alexander Hagelüken spricht mit einem Ökonomen über dessen neues Wirtschaftsmodell

SEITE 29

URSACHEN: 22 Minuten

Ein Autorenteam über die Klimakrise, ihre Auslöser und wie unsere Zukunft aussieht – bei 1,5 bis vier Grad

SEITE 33

ROHSTOFF: 13 Minuten

Benedikt Müller-Arnold mit Fakten zu CO₂ und seine Chancen als Rohstoff für die Industrie

SEITE 42

NACHHALTIGKEIT: 6 Minuten

Vivien Timmler beobachtet, wie Unternehmen durch neue Modelle nachhaltiger werden wollen

SEITE 49

WERTE: 5 Minuten

Ralph Diermann erklärt, wie Wasserstoff die Industrie klimaneutral machen soll

SEITE 52

INNOVATION: 8 Minuten

Christopher Schrader über ein Pilotprojekt zur Gewinnung von Wasserstoff

SEITE 55

FORSCHUNG: 7 Minuten

Stefan Mayr benennt Chancen und Risiken von Wasserstoff-Antrieben

SEITE 58

CLOUD: 6 Minuten

Thorsten Riedl will wissen, ob Cloud-Zentren und Datenschutz zusammen funktionieren

SEITE 61

DATEN: 5 Minuten

Helmut Martin-Jung über den Energiehunger von Daten und erstaunliche Zusammenhänge

SEITE 64

SICHERHEIT: 4 Minuten

Markus Strehlitz gibt Antworten rund um Fragen zu Cloud-Computing

SEITE 68

SCHWERPUNKT

Ziel Zero

(= zero emission)

NEW WORK: 7 Minuten

Remote Work und die Chancen des Arbeitens in der Cloud

SEITE 71

QUANTEN-COMPUTING: 6 Minuten

Warum Quanten-Computing für viele Unternehmen eine Chance ist

SEITE 74

DEKARBONISIERUNG: 6 Minuten

Wie es gelingt, weniger klimaschädlich und trotzdem erfolgreich zu sein

SEITE 77

RANSOMWARE: 7 Minuten

Wie sich Firmen gegen erpresserische Attacken wehren und dauerhaft schützen können

SEITE 80

ENERGIE & CLOUD: 6 Minuten

Über den Nutzen der Cloud, Netze zu stabilisieren und CO₂-Emissionen zu verringern

SEITE 83

RPA: 6 Minuten

Wie robotergestützte Prozessautomatisierung funktioniert und Unternehmen davon profitieren

SEITE 85

GAIA-X: 6 Minuten

Kann die europäische Cloud-Alternative die in sie gesetzten Erwartungen erfüllen?

SEITE 88

>>>

LEITLINIEN: 7 Minuten

Mirjam Hauck über die Chancen von Gaia-X, sich gegenüber der US-Konkurrenz durchzusetzen

SEITE 91

INITIATIVE: 3 Minuten

Jana Stegemann stellt die europäische Cloud-Alternative Gaia-X vor

SEITE 95

MÜNCHEN: 10 Minuten

Martina Scherf trifft zwei Physiker mit großen Träumen auf der Jagd nach Qubits

SEITE 97

QUANTENCOMPUTER: 7 Minuten

Christian J. Meier berichtet von einer Tagung der boomenden Quantencomputer-Branche

SEITE 101

TECHNOLOGIE: 12 Minuten

Helmut Martin-Jung über die Hoffnungen, die mit neuen Quantencomputern verbunden sind

SEITE 104

POTENZIAL: 7 Minuten

Christian J. Meier schildert, warum die Quanten-Förderung der Bundesregierung Forscher ärgert

SEITE 109

MEILENSTEIN: 5 Minuten

Helmut Martin-Jung zeichnet Europas Aufholjagd um superschnelle Quantencomputer nach

SEITE 112

NATURGESETZE: 9 Minuten

Jürgen Schmieder besucht ein Google-Labor, in dem ein Quantencomputer entwickelt wird

SEITE 116

AUTOMATISIERUNG: 4 Minuten

Andrian Kreye kommentiert das weltweite Wettforschen um die besten Quantencomputer

SEITE 120

ENTWICKLUNG: 5 Minuten

Thorsten Riedl beschreibt, wie sich Roboter auf die Arbeitswelt auswirken

SEITE 123

KÜNSTLICHE INTELLIGENZ: 7 Minuten

Helmut Martin-Jung zeigt, wie künstliche Intelligenz Bürojobs verändert

SEITE 126

AGRIKULTUR: 6 Minuten

Andrea Hoferichter über die Zukunft der Landwirtschaft und Bauern als Datenanalysten

SEITE 129

ROBOTIK: 10 Minuten

Elisabeth Dostert spricht mit einem Start-up-Gründer über Münchens Tech-Zukunft

SEITE 133

ARBEITSMODELLE: 4 Minuten

Helmut Martin-Jung über eine Software, die Angestellten dröge Jobs abnimmt

SEITE 138

VERNETZUNG: 5 Minuten

Elisabeth Dostert besichtigt eine digitale Fabrik in der Provinz

SEITE 140

IMPRESSUM

Süddeutsche Zeitung Langstrecke

VERLAG

Süddeutsche Zeitung GmbH
Hultschiner Straße 8
81677 München

PARTNER

Atos Information Technology GmbH
Otto-Hahn-Ring 6
81739 München

Dies ist eine Anzeigenonderveröffentlichung der Süddeutschen Zeitung GmbH in Kooperation mit der Atos Information Technology GmbH. Die Süddeutsche Zeitung ist weder für den Inhalt der Anzeige noch für ggf. angegebene Produkte verantwortlich. Danke an das Team SZ BrandStudio.

GRAFIK UND ILLUSTRATIONEN: *Eva Reiske**

REDAKTION UND KOORDINATION: Christopher Böhm

PROJEKTKOORDINATION ATOS: Philipp Bohn

SCHLUSSREDAKTION: *Christine Uschold-Schlör*

**freie/r Mitarbeiter/in*

Mehr zu #langstrecke:

langstrecke.sz.de
twitter.com/sz_langstrecke
instagram.com/langstrecke
facebook.com/langstrecke

Sonderausgabe in Zusammenarbeit mit Atos

Atos

DAS JAHRZEHNT DER INGENIEURE

WANDEL

Klimaproteste, Kohleausstieg, Green Deal: Alte Industrien geraten unter scheinbar existenziellen Druck. Doch der Wandel birgt große Chancen, gerade für die Tüftlerrepublik Deutschland. Politik und Wirtschaft haben es jetzt in der Hand



VON
BENEDIKT MÜLLER-ARNOLD

LESEDAUER: 9 MINUTEN

In der Wirtschaft in Deutschland ist ein neuer Wettlauf ausgebrochen. Konzerne überbieten sich mit Ankündigungen, bis wann sie „klimaneutral“ wirtschaften wollen: die Deutsche Post bis 2050, RWE bis 2040, Bayer bis 2030, Bosch von diesem Jahr an. Das sind nur Beispiele für die vielen Zielmarken, bis wann Konzerne kein zusätzliches Treibhausgas mehr in die Luft blasen wollen – oder zumindest alle klimaschädlichen Emissionen abfangen oder anderswo kompensieren wollen.

Zwar enthalten derlei Ankündigungen auch einige ungedeckte Schecks. Wenn Firmen beispielsweise mit Mengen an Ökostrom rechnen, von denen man heute leider nicht weiß, ob sie in Zukunft verfügbar sein werden. Und noch immer halten Konzerne – wie jüngst Siemens – im Zweifelsfall doch an früheren Zusagen fest, statt etwa die Zulieferung zu einem klimaschädlichen Kohleprojekt zurückzuziehen.

Doch zeigen all die Ankündigungen und Debatten immerhin, dass der Konflikt zwischen kurzfristigem ökonomischen Nutzen und langfristigen Auswirkungen

auf das Weltklima endlich angekommen ist: nicht nur in Familien und der Politik, auch in den Vorstandsetagen. Dies ist ein Verdienst der Bewegung Fridays for Future. Es ist aber auch Ausdruck eines Wandels, den die Politik in Europa im gerade vergangenen Jahr besiegelt hat: weg von der scheinbar sorglosen Verheizung fossiler Ressourcen. Und dies muss auch der Anspruch vernünftigen Wirtschaftens sein.

Die Wende begann damit, dass Deutschland 2019 keine Steinkohle mehr aus hiesigen Bergwerken zutage gefördert hat. Die Kohlekommission beschloss, wie die Republik bis spätestens 2038 ebenso aus dem Braunkohletagebau und der klimaschädlichen Kohleverstromung aussteigen soll. Und obwohl die Bundesregierung dies erst jetzt in ein Gesetz gießt, haben Windräder die Braunkohle bereits im vergangenen Jahr als wichtigsten Energieträger im hiesigen Strommix abgelöst.

Und zwar auch, weil der Preis für CO₂-Emissionsrechte, die Kraftwerksbetreiber und Industriebetriebe in der EU kaufen müssen, erstmals stabil über 20 Euro je Tonne lag. Klimafolgen machen sich mithin endlich im Zahlenwerk dieser Firmen bemerkbar. Mit ihrem Klimapaket will die Bundesregierung einen solchen Preis auch in alle anderen Wirtschaftsbe-

reiche bringen. Und schließlich rief Brüssel Ende 2019 einen sogenannten Green Deal aus.

Damit ist die Richtung auch für Konzerne klar: Die EU will von 2050 an keine zusätzlichen Treibhausgase mehr freisetzen, es sei denn, diese würden fest gespeichert oder wirksam kompensiert. Sie steht damit zu dem Klimaabkommen, das die Weltgemeinschaft 2015 in Paris beschlossen hat, um die Erderwärmung mit all ihren Bedrohungen nicht weiter zu beschleunigen.

Für viele Unternehmen klingt dies auf den ersten Blick existenziell bedrohlich. Etwa für Chemie-, Stahl- oder Zementfabriken, die viel Kohlenstoff benötigen und bislang unweigerlich CO₂ ausstoßen. Viele dieser Firmen, die hierzulande für Hunderttausende gut bezahlte Arbeitsplätze stehen, haben weltweit Konkurrenten. Und das Beispiel Australien zeigt ja, dass manch andere Staaten bislang weiter Bergwerke oder Ölquellen erschließen, als gäbe es kein Pariser Abkommen. Auch deshalb teilt die EU der Schwerindustrie noch viele CO₂-Emissionsrechte kostenlos zu.

Dennoch ist die Wende richtig. Und zwar nicht nur aus der Verantwortung für das Weltklima heraus; Deutschland war und ist bis heute der sechstgrößte CO₂-Emittent der Erde. Sondern auch, weil sie handfeste, wirtschaftliche Chancen bringt: indem Europa Techniken entwickelt und zur Marktreife bringt, die Treibhausgasemissionen vermeiden. Diese werden umso wettbewerbsfähiger, je teurer der CO₂-Ausstoß wird. Und auch international umso gefragter, je mehr Staaten das Pariser Abkommen beherzigen werden. Dies ist eine Chance gerade für Deutschland mit seiner angewandten Forschung, seinen vielen Maschinen- und Anlagenbauern. Diese 2020er-Jahre können eine wahre Dekade der Ingenieure werden, wenn Politik und Wirtschaft jetzt die richtigen Rahmenbedingungen setzen.

Klar ist, dass die Klimaneutralität einigen Firmen leichter fallen wird als anderen. Softwarehäuser oder Versicherungen etwa können schon mit Ökostrom und umweltfreundlicheren Dienstreisen einen Gutteil ihrer Emissionen vermeiden. Die Industrie hingegen muss ganze Anlagen und Kraftwerke austauschen und Milliarden investieren, um klimaneutral zu werden. Doch die gute Nachricht ist: Hier entstehen schon heute vielversprechende Technologien. Nicht allen dürfte ein internationaler Durchbruch gelingen; dennoch seien ein paar Beispiele genannt.

Etwa jene Verfahren, die der Kunststoffkonzern Covestro und die RWTH Aachen entwickelt haben, um aus Industrieabgasen Kunststoff herzustellen. So

DIE
SCHWERINDUSTRIE
HAT SCHON
HEUTE WEGWEISENDE
VERSUCHE,
DOCH DER MASSSTAB
IST NOCH KLEIN

steckt CO₂ heute fest gebunden in Schaummatratzen, Sportböden oder bald auch in Sockenfasern. Dies spart in deren Herstellung Öl als Rohstoff ein. Mindestens genauso wichtig ist freilich, dass künftig weltweit mehr Plastik recycelt wird, damit die Kunststoffindustrie nicht immer neues Öl benötigt.

Weitere Hoffnung ruht auf dem Projekt Rheticus, das der Chemiekonzern Evonik und – ausgerechnet – Siemens im Ruhrpott vorantreiben. Dort entsteht eine Anlage, die CO₂ mithilfe von Bakterien und Ökostrom zu Chemikalien verarbeiten soll – eine Art Fotosynthese im Labor. Wenn dies im industriellen Maßstab gelingt, könnte Siemens versuchen, die Technik auch ins Ausland zu exportieren.

Die Stahlindustrie versucht ihrerseits, weniger Kohle im Hochofen einzusetzen, hofft stattdessen auf Wasserstoff als Reduktionsmittel. Für die Zwischenzeit fängt Thyssenkrupp neuerdings einen kleinen Teil der Hüttengase am großen Stahlwerk Duisburg ab – und stellt daraus etwa erste Mengen Kraftstoff her. Da der kriselnde Stahlkonzern zugleich noch ein großer Anlagenbauer ist, könnte er diese Lösung künftig auch an ganz andere Betriebe mit hohem CO₂-Ausstoß verkaufen.

All diese Konzerne haben jeweils nur einen verschwindend geringen direkten Einfluss auf die Entwicklung der gesamten CO₂-Emissionen der Welt, konstatieren das Wuppertal-Institut und die Denkfabrik Agora Energiewende in einer Studie zur klimaneutralen Industrie. Doch prognostizieren die Forscher einen Milliardenmarkt für CO₂-neutrale Grundstoffe in der Zukunft: „Auch andere Länder und Regionen werden sich innerhalb der nächsten ein bis zwei Jahrzehnte deutlich in Richtung einer klimaneutralen Industrieproduktion bewegen müssen“, schreiben sie, „wenn sie ihre Verpflichtungen aus dem Paris-Abkommen einhalten wollen.“

So könne die Industrie die Grundlage für die Zukunft ihrer Arbeitsplätze legen und „ein weiteres Kapitel von Hightech Made in Germany“ aufschlagen. Freilich müssen dafür die Voraussetzungen stimmen. Und da besteht, bei allem Optimismus, auch dringender Handlungsbedarf.

Erstens benötigen viele CO₂-ärmere Verfahren der Industrie mehr Strom als die bisherigen – etwa, da die Fabriken auf Wärme angewiesen sind. Dieser Strom muss aus erneuerbaren Quellen stammen, damit die Klimabilanz stimmt. Auch deshalb ist es so erschreckend, dass der Neubau von Windrädern hierzulande fast zum Erliegen gekommen ist. Hier sollte nicht nur die Politik Abstandsregeln und Förder-

deckel überdenken. Ferner sollte, wer den Kohle- und Atomausstieg befürwortet, nicht auch noch den Bau von Windrädern und Stromleitungen bekämpfen – diese Rechnung geht genauso wenig auf.

Zweitens wird die Bundesrepublik, wie sie heute schon Gas oder Öl importiert, auch künftig auf Energieeinfuhren angewiesen sein. Deshalb ist es richtig, wenn der EU-Binnenmarkt für Energie voranschreitet. Ein wichtiger Brennstoff der Zukunft wird Wasserstoff sein, nicht nur für Chemie- und Stahlfabriken. Doch muss auch dieser per Elektrolyse mit Ökostrom gewonnen werden, damit er „grün“ ist. Das muss nicht unbedingt hierzulande geschehen. Deutschland wird Wasserstoff aus Ländern mit viel Wasser- oder Sonnenstrom importieren – ein denkbare Wachstumsfeld etwa für Südeuropa oder Nordafrika. Doch wer derlei Bedarfe schon absieht, sollte heute beginnen, die nötige Infrastruktur zu schaffen. Hier sind Politik und Wirtschaft beide gefordert.

Drittens werden Märkte für CO₂-neutrale Grundstoffe Starthilfe benötigen. Es braucht Kunden, die bereit sind, für weniger klimaschädliche Produkte im Zweifelsfall mehr zu zahlen. Der Staat kann hier vorausgehen, indem er in eigenen Bauvorhaben vorschreibt, dass die Firmen wenigstens zum Teil

ES BRAUCHT
MEHR ÖKOSTROM,
„GRÜNEN“
WASSERSTOFF –
UND DIE
LUST AUF CO₂-ARME
PRODUKTE

CO₂-neutralen Stahl oder Zement verbauen, sobald derlei Stoffe verfügbar sind. Eine solche Quote wird niedrig beginnen müssen und hoffentlich steigen können. Genauso braucht es Firmen und Verbraucher, die auf klimafreundliche Wertschöpfungsketten achten. Platt gesagt, muss es cool werden, ein Auto mit CO₂-neutralem Stahl zu fahren. Anders formuliert: Eine Dekade der Ingenieure allein wird nicht reichen. Es schlägt auch die Stunde nachhaltiger Einkäufer.

Und dies setzt viertens voraus, dass sich Firmen nicht nur einen Ankündigungswettlauf leisten, sondern immer wieder Produkte und Prozesse überdenken. Da kann es helfen, dass erste Konzerne Boni auch davon abhängig machen, wie viele CO₂-Emissionen man als Unternehmen eingespart hat. Die EU könnte nachhelfen, wenn künftig etwa nur diejenigen Firmen kostenlose Verschmutzungsrechte erhielten, die nachweisbar in klimafreundlichere Technik investieren. Zugleich ist es richtig, wenn der Staat vielversprechende Innovationen in der Anfangsphase fördert.

Der Bergbau, von dem sich Deutschland verabschiedet hat, liefert für all dies ein Beispiel, das längst nicht allen Zweifeln erhaben und dennoch anschaulich ist: Obwohl nun alle Zechen geschlossen sind, arbeiten hierzulande noch gut 11 000 Menschen in Firmen, die Bergbautechnik exportieren. Für das Klima ist das keine gute Nachricht, wenn damit weitere Kohle gebaggert und verheizt wird. Aber diesen Anspruch bräuchte es nun auch in der ergrünenden Industrie: Technik exportieren, die Emissionen reduziert. Im mitunter verzweifelten Kampf für die Klimaziele kann dies Deutschlands größter Hebel sein.

Benedikt Müller-Arnold berichtet für die Wirtschaftsredaktion aus Nordrhein-Westfalen. Seit Sommer 2017 schreibt er vor allem darüber, wie sich die großen Unternehmen an Rhein und Ruhr verändern. Sonstige Leidenschaften: Klavier, Kirchenorgel und der SC Freiburg.

Tiefer gelegt

UMWELT

IT- und Energiekonzerne lassen immer mehr Kabel durch die Weltmeere verlegen. Sie sind die Lebensadern des Internets, die Zukunft der Energiewende. Aber welche Folgen haben sie für die Umwelt?



VON
JULIAN RODEMANN

LESEDAUER: 14 MINUTEN

Auf dem Meeresboden wirbeln Sedimente durch das Wasser. Ein Pflug gräbt sich tief in den Boden. Schnurgerade bahnt er sich seinen Weg durch den Ozean. Hinter dem Pflug senkt sich ein schwarz-gelbes Kabel in die Furche. Es stammt von einem Schiff mit riesigen Kabeltrommeln an Bord. Mit einer Unterwasserkamera achten die Techniker an Deck darauf, dass nichts schiefläuft.

Das Werbevideo des Unternehmens General Cable zeigt, wie Seekabel im Ozean verlegt werden. Die Technik ist gefragt: Moderne Glasfaser-Seekabel sind die Schlagadern des Internets; fast der gesamte Datenverkehr läuft durch die Weltmeere. Vor Kurzem gab Facebook bekannt, ein neues Datenkabel rund um den afrikanischen Kontinent verlegen zu lassen, das Kabel wird mit 37 000 Kilometern beinahe so lang sein wie der Erdumfang. Auch die Zahl der

Stromkabel unter Wasser wächst seit Jahren. Erst vor einigen Wochen wurde ein neues Verbindungskabel zwischen deutschen und dänischen Windparks in der Ostsee eingeweiht.

Seekabel vernetzen die Welt und sorgen dafür, dass der in Offshore-Windparks gewonnene Strom an Land kommt. Umweltschützer warnen jedoch: Strahlung und Verlegung der Kabel könnten den Meeresbewohnern schaden. Doch wie gefährlich sind die Seekabel wirklich? Und wieso könnten sie manchen Tieren sogar nützen? Wer profitiert vom Seekabel-Boom und wie anfällig sind die Daten-Autobahnen auf dem Meeresgrund? Die wichtigsten Fragen und Antworten.

Wie viele Datenkabel liegen in den Weltmeeren?

Es gibt keine zentrale internationale Behörde, die Seekabel zählt. Das US-amerikanische Marktforschungsinstitut Telegeography schätzt, dass zurzeit etwas mehr als 400 Datenkabel durch die Ozeane führen. Demnach ist Deutschland gerade mal mit acht Seekabeln ans weltweite Datennetz angeschlossen, das weitgehend aus Seekabeln besteht, meist nicht dicker als Gartenschläuche. Im Vergleich zu Satellitentechnik kosten die Kabel weniger, haben höhere Kapazitäten und geringere Verzögerungen. „Traditionell

haben vor allen klassische Telekommunikationsanbieter Seekabel finanziert“, sagt Roman Bansen, Referent für IT-Infrastrukturen beim Digitalverband Bitkom. Mittlerweile seien auch „andere große Akteure wie Facebook, Amazon oder Google aktiv auf diesem Markt“.

Allein auf dem Boden des Nordatlantiks liegen 19 Kabel. Sie transportieren mehr als 99 Prozent der Kommunikationsdaten zwischen Europa und Nordamerika. Vor wenigen Monaten landete das von Google finanzierte Dunant-Seekabel an der französischen Westküste, es führt von Virginia aus quer durch den Atlantik. „Viele denken, ihre Daten sind in der Cloud“, sagte Jayne Stowell, die bei Google für die Tiefseekabel-Projekte verantwortlich ist, der *New York Times*. „Sie sind im Ozean.“

Wie viele Stromkabel liegen in der Nord- und Ostsee?

Stromkabel sind mit Durchmessern von bis zu 20 Zentimeter deutlich dicker als Datenkabel und verlaufen selten durch ganze Ozeane. Zumeist werden sie in Küstennähe verlegt, um den auf Offshore-Windparks erzeugten Strom zum Festland und damit zu den Menschen zu transportieren. Aktuell verbinden laut Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) zwölf Leitungen in der Nordsee und fünf in der Ostsee Windparks mit dem deutschen Festland.

Es werden weitere folgen, die Branche wächst rasant. Aktuell kommen in der EU etwa zwölf Gigawatt (GW) Strom aus Offshore-Windkraft-Anlagen. Die Europäische Kommission möchte diese Kapazität bis zum Jahr 2030 auf 60, bis 2050 sogar auf 300 GW erhöhen. Das entspräche der Leistung von etwa 300 Kohlekraftwerksblöcken. Ohne Offshore-Windenergie könnte es schwierig werden mit der Energiewende in naher Zukunft, Wind- und Solarparks an Land reichen nicht. Zu diesem Ergebnis kommt jedenfalls eine Studie des Fraunhofer-Instituts für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES).

Wer profitiert vom Seekabel-Boom?

Internet-Konzerne wie Google und Facebook verlegen die Kabel nicht selbst, sondern beauftragen Kabelproduzenten wie den Weltmarktführer Prysmian. Das italienische Unternehmen, das Daten- und Stromkabel fertigt, erwirtschaftete 2019 einen Gewinn von rund einer Milliarde Euro – das beste Konzernergebnis der Unternehmensgeschichte. Das Geschäft mit Tiefseekabeln wuchs in den vergangenen Jahren überdurchschnittlich, die Auftragsbücher in dem Segment waren laut Geschäftsberichten prall gefüllt.

”
VIELE DENKEN,
IHRE DATEN SIND
IN DER CLOUD.
SIE SIND IM OZEAN
“

Welche Folgen die Corona-Pandemie auf die langfristige Entwicklung der Branche hat, ist noch unklar.

Stören die Magnetfelder der Stromkabel Fische und Krebse?

Wo Strom fließt, entstehen elektrische und magnetische Felder. Während Isoliermaterial erstere abschirmt, dringt magnetische Strahlung in den Meeresboden und ins Wasser. Fische und Krebse besitzen magnetische Sinneszellen, mit denen sie sich am Erdmagnetfeld orientieren. „Sie nutzen Magnetfelder als Kompass“, sagt Frederike Hanke vom Marine-Science-Center der Universität Rostock. Lokale Änderungen nutzen die Tiere, um Gebiete oder Landmarken zu identifizieren. So verfügen sie „über eine magnetische Karte mit Positionsinformationen“, sagt Hanke.

Die magnetischen Felder um die Seekabel können diese Karten verzerren. Wissenschaftler um den Meeresökologen und Seekabel-Experten Andrew Gill von der Cranfield University fanden etwa heraus, dass sich Katzenhaie vor der schottischen Küste öfter in der Nähe aktiver Kabel aufhielten. Offenbar zogen die Kabel die Tiere an. Das passt zu Berichten von Haifischzähnen, die man im Isoliermaterial mancher Kabel fand. Auch Igelrochen vor der Küste Connecticuts hielten sich bevorzugt in der Nähe von Seekabeln auf und änderten ihre Routen, berichteten Forscher 2018. Das Wanderverhalten des Königslachses im Pazifik blieb hingegen gleich, wie eine andere Studie ergab. Auch der Kalifornische Taschenkrebs zeigte sich von den Seekabeln unbeeindruckt.

Noch ist die Studienlage zu dünn, um sicher sagen zu können, welche Tiere wie genau betroffen sind. Allein nach dem Vorsorgeprinzip aber müsse man die Effekte der Strahlung auf Meeresbewohner ernst nehmen, fordert Hans-Ulrich Rösner von der Umweltschutzorganisation World Wildlife Fund (WWF). Meeresökologe Gill, der sich seit Langem mit elektromagnetischen Feldern von Seekabeln beschäftigt, warnt in einem Bericht für die internationale Energieagentur (IAE) ebenfalls davor, die Gefahr zu vernachlässigen, nur weil genaue Informationen bisher fehlen.

Erwärmen Stromkabel den Meeresgrund?

Wenn Strom durch einen Kupfer- oder Aluminiumleiter fließt, geht durch Widerstand Energie verloren. Diese wird in Form von Wärme an die Umwelt abgegeben. Die aus Sicht einiger Naturschützer fatale Folge: Es könnten sogenannte Wärme-Autobahnen entstehen, die wärmeliebende Arten in für sie fremde Gewässer führen. Dort bringen sie möglicherweise Nahrungsketten durcheinander, rotten andere Arten

DIE WÄRME SCHADET DEN BEWOHNERN DES SEDIMENTS

aus oder sind selbst vom Aussterben bedroht, weil sie an die neue Umgebung nicht angepasst sind.

Die Wärme schadet zudem den Bewohnern des Sediments. Untersuchungen haben gezeigt, dass die Erwärmung bei Miesmuscheln zu Stress führt. Tina Mieritz, Referentin beim Naturschutzbund (Nabu), und Hans-Ulrich Rösner vom WWF warnen darüber hinaus davor, dass der Wasserhaushalt des Bodens gestört wird; die Umgebung des Kabels könnte austrocknen. Die Wärmeabstrahlung wird zwar durch die Ummantelung des Kabels abgeschwächt, ist im Erdreich aber noch messbar. Das Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie hat deshalb als Grenzwert für die Temperaturerhöhung zwei Grad Celsius festgelegt – für Rösner ein „akzeptabler Kompromiss“.

Er weist außerdem auf eine technologische Entwicklung hin, die der Natur zugutekommt: Seit einiger Zeit fließt in den meisten Seekabeln, besonders in der Nordsee, Gleichstrom statt Wechselstrom. Letzterer induziert durch seine Magnetfelder im Meerwasser schädliche elektrische Felder. Bei der Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung (HGÜ) treten diese nicht auf, zudem sind die Kabel kleiner und geben weniger Wärme an die Umgebung ab.

DURCH
DIE SEEKABEL
ENTSTÜN DEN
MANCHERORTS
„DE-FACTO-
NATURSCHUTZ-
RESERVATE“

Wieso könnten Meerestiere von den Kabeln profitieren?

Durch die Seekabel entstünden mancherorts „De-facto-Naturschutzreservate“, schreibt der Meeresgeologe Lionel Carter in einem Bericht im Auftrag des Umweltprogramms der Vereinten Nationen. Der Grund ist denkbar simpel: Weil Schleppnetze und Anker von Fischerbooten immer wieder Kabel zerstören, gilt in der Umgebung mancher Seekabel ein Fischereiverbot, wovon die Ökosysteme profitieren.

Zudem können Tiefseekabel – ähnlich wie Schiffswracks – als künstliche Riffe Meerestieren Lebensraum bieten. Typischerweise siedeln sich auf dem harten Kunststoff, der die Leiter umgibt, Seeanemonen an, die sonst auf harten, steinigen Meeresböden heimisch sind.

Schaden Datenkabel den Meeren?

Es gibt kaum Forschungsergebnisse zur Auswirkung von Datenkabeln auf die Umwelt, beim Bundesamt für Naturschutz spricht man von „Neuland“. Es liegt aber auf der Hand, dass sie ungefährlicher als Stromkabel sind. Moderne Datenkabel bestehen aus Glasfaser, sie übertragen Lichtwellen und keinen elektrischen Strom, folglich entstehen keine magnetischen Felder und für Ökosysteme unproblematisch geringe

Wärmeabstrahlung. Ein bisschen Strom fließt allerdings auch durch ein Datenkabel. Dafür sind die Kabel mit einem Kupfer- oder Aluminiumleiter ausgestattet, meist trennt Paraffin sie von den Glasfasern. Den Strom brauchen die Kabel für ihre Verstärker, welche die Datensignale alle 30 bis 100 Kilometer auffrischen.

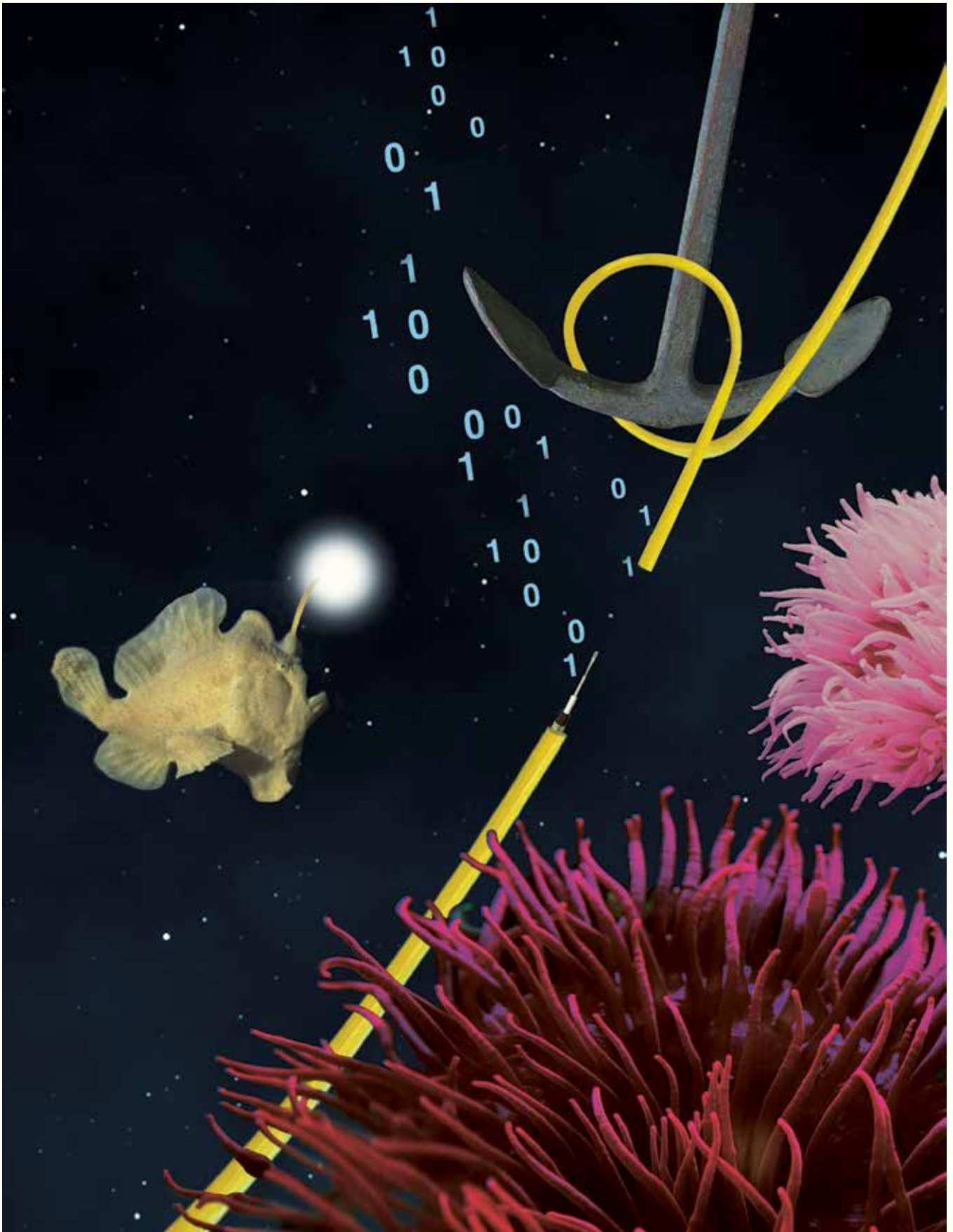
Wie werden die Kabel verlegt?

Die meisten Lebewesen im Meeresgrund besiedeln nur die oberen Schichten des Sediments, bis zu einer Tiefe von wenigen Zentimetern. Um den Einfluss elektromagnetischer Felder und der Wärmeabstrahlung auf Organismen zu verringern, vergraben die Unternehmen Kabel im Seeboden, sofern der Untergrund nicht zu felsig ist. Das ist auch im Interesse der Betreiber, denn so sind nicht nur Tiere besser vor den Kabeln, sondern auch die Kabel besser vor Fischernetzen, Ankern oder Haibissen geschützt. „Das ist eigentlich eine klare Win-win-Situation“, sagt Henning von Nordheim, Meeresnaturschutz-Experte an der Universität Rostock.

Problematisch daran ist allerdings, dass die Kabel erst mal unter die Oberfläche des Meeresgrunds kommen müssen. Dafür wird der Boden meist mit einem etwa hausgroßen Verlegepflug umgegraben. Seltener und nur bei weichem Untergrund kommt ein Hochdruckstrahl zum Einsatz: Dabei spritzen Düsen Wasser auf sandige oder schlackige Böden; es entsteht eine Furche, in die das Kabel eingelassen wird. An Kreuzungen mit anderen Kabeln verlegen teilweise auch Unterwasserbagger die Seekabel.

Alle Verfahren wühlen den Meeresboden auf und wirbeln die Sedimentschichten durcheinander. Ein Report der Initiative Erneuerbare Netze kam 2016 zu dem Schluss, dass beim Umgraben Lebewesen und Pflanzen aus dem Meeresgrund ins Wasser geraten – und damit der Lebensraum vieler Meeresbewohner durcheinanderkommt. Ähnlich wie bei den Wärmeautobahnen können Tiere durch den Eingriff in für sie fremde Lebensräume gelangen. Die Autoren gehen sogar von indirekten Effekten auf die Population von Vögeln und den kommerziellen Fischfang aus.

Ob aber ganze Ökosysteme durch die Kabel nachhaltig aus dem Gleichgewicht geraten, ist fraglich. Auch wenn immer mehr Kabel verlegt werden – im Verhältnis zur Gesamtfläche des Meeresgrunds machen sie nur einen winzigen Teil aus. Ökologen schätzen in einer kürzlich im Fachblatt *Nature Sustainability* erschienenen Studie, dass im Jahr 2028 weltweit knapp 100 Quadratkilometer Meeresgrund mit Seekabeln bedeckt sein werden – das entspricht zwar fast fünf Mal der Fläche des Frankfurter Flughafens,



aber weniger als 0,0001 Prozent des gesamten Ozeans. Von einem Kabelsalat auf dem Meeresgrund kann also (noch lange) keine Rede sein.

Gibt es Regeln für das Verlegen von Tiefseekabeln?

Das Völkerrecht unterteilt das Meer in verschiedene Zonen. Zum Küstenmeer zählen die ersten zwölf Seemeilen (22 Kilometer), es gilt als Hoheitsgewässer. Hier hat der angrenzende Staat das Sagen. In Deutschland regelt das Bundesberggesetz, ob und wie Kabel verlegt werden dürfen. Ein Okay gibt es nur, wenn die Pflanzen- und Tierwelt nicht „in unvertretbarer Weise gefährdet wird“. Die Bundesnetzagentur empfiehlt eine Verlegetiefe von 1,5 bis 3 Metern unter dem Meeresgrund.

Laut Bundesamt für Naturschutz liegen die Seekabel im deutschen Teil von Nord- und Ostsee meist in 1,5 Metern Tiefe. Ganz anders ist die Lage auf hoher See. Hier gilt das internationale Seerechtsübereinkommen der Vereinten Nationen. Dort taucht der Begriff Seekabel zwar auf – wie genau Kabel verlegt werden dürfen, ist aber nicht geregelt. Insbesondere gibt es keine Vorschriften zur Verlegetiefe. Dabei ist gerade die für den Erhalt der Ökosysteme entscheidend.

Wie abhängig ist die Menschheit von Datenkabeln in den Ozeanen?

Sicherheitsbehörden stufen Seekabel als „kritische Infrastruktur“ ein. Warum, zeigt ein Zwischenfall aus dem Jahr 2012. Damals beschädigte ein Schiffsanker vor der Küste Ostafrikas mehrere Kabel. Die Internetgeschwindigkeit verlangsamte sich mehrere Wochen lang um 20 Prozent – für Millionen Menschen in Kenia, Ruanda, Burundi, Tansania und Äthiopien.

Falls ein einzelnes Kabel beschädigt wird, bräche das Internet hierzulande allerdings nicht gleich komplett zusammen. Davon sind Experten wie Roman Bansen vom Branchenverband Bitkom überzeugt. „Das Internet ist dezentraler, als viele denken“, sagt der Fachmann für IT-Infrastruktur. Facebook zum Beispiel betreibt nicht nur Rechenzentren in den USA, sondern auch in Europa. Wenn ein Nutzer in Europa Facebook aufruft, leiten Verteilungsalgorithmen wie das Domain Name System (DNS) die Anfrage an Server in seiner Nähe weiter – der Nutzer muss so nicht immer auf Daten vom amerikanischen Kontinent zugreifen.

Warum können Seekabel als Alarmanlage dienen?

Wenn sich große Wassermassen relativ zum Erdmagnetfeld bewegen, entsteht ein elektrisches Feld; Meerwasser besitzt wegen des hohen Salzgehalts eine gute elektrische Leitfähigkeit. Meeresströmungen

induzieren so eine elektrische Spannung in Seekabeln. Je schneller das Wasser fließt, desto höher ist sie. Die US-amerikanische Nationale Ozean- und Atmosphärenbehörde (NOAA) benutzt etwa ein Seekabel zwischen Kuba und Florida, um die Stärke des Floridastroms zu messen.

Vor einigen Jahren wiesen Forscher von der University of Colorado im Fachblatt *Earth, Planets and Space* nach, dass so auch Tsunamis erkannt werden können – die Beben setzen riesige Mengen Wasser in Bewegung. Datenkabel im Meer könnten damit als Alarmanlage dienen. Das Erdbeben im Indischen Ozean vom 26. Dezember 2004 etwa verursachte den Forschern zufolge eine elektrische Spannung von einem halben Volt in jenen Seekabeln, die im Indischen Ozean verlaufen.

Kürzlich kamen andere Wissenschaftler jedoch zu dem Schluss, dass Seekabel zu spärlich und zu ungleich in den Ozeanen verteilt sind, um überall auf der Welt tatsächlich als Frühwarnsystem zu dienen.

Julian Rodemann schreibt über Technik, Klima und alles, was mit Zahlen zu tun hat. Er ist Absolvent der Kölner Journalistenschule und hat Mathematik, Wirtschaftswissenschaften und Statistik studiert. Nach dem Abitur verbrachte er ein Freiwilliges Soziales Jahr an einer Schule in Südafrika.

„Da rennen Sie in eine Falle“

KLIMA

Muss die Menschheit dem Wirtschaftswachstum abschwören, um der Klimakatastrophe zu entrinnen? Oder können Preise das Wachstum in klimafreundliche Bahnen lenken? Ein Streitgespräch zwischen dem Klimaökonom Ottmar Edenhofer und dem Postwachstums-Theoretiker Niko Paech



INTERVIEW:

MICHAEL BAUCHMÜLLER UND MARLENE WEISS

LESEDAUER: 19 MINUTEN

SZ: Herr Paech, Sie dürften zu den wenigen zählen, die dem Corona-Einbruch der deutschen Wirtschaft etwas abgewinnen können. Oder?

Niko Paech: Auch ein kompromissloser Wachstums-kritiker würde einer Gesellschaft keine solche Rosskur zumuten wollen. Dafür bringt diese Krise zu viel soziales und gesellschaftliches Ungemach hervor. Natürlich befürworte ich einen Rückbau der Globalisierung, der Techniknutzung, der Industrieproduk-

tion. Aber eben schrittweise – nicht durch diktatorische oder schicksalhafte Brechstangeneffekte. Ich schlage vor, im ersten Schritt eine 50-Prozent-Marke anzuvisieren, und dann zu prüfen, ob die Ökosphäre hinreichend entlastet wurde.

Herr Edenhofer, ist das ein Weg?

Ottmar Edenhofer: Ich kann nicht sehen, warum die Wirtschaftsleistung sinken muss, um die CO₂-Emissionen abzusenken. Die Frage ist doch: Kann man das entkoppeln? Die Faktenlage ist da eindeutig: Das

Bruttoinlandsprodukt lag in der EU inflationsbereinigt im Jahr 2019 um 60 Prozent höher als im Jahr 1990, der Ausstoß von Treibhausgasen um 24 Prozent niedriger.

Paech: Diese Entkopplung ist nicht einmal theoretisch ohne logische Widersprüche erklärbar. In einem nahezu geschlossenen System wie der Erde gibt es materiell nichts zum Nulltarif. Eine Wertschöpfung, die kaum der Umwelt schadet, existierte vielleicht in spätrömischen, nicht wachsenden Handwerker- und Agrargesellschaften, aber nicht mehr, seit die industrielle Revolution menschliche durch maschinelle Arbeit ersetzte.

Sie wollen die Maschinen wieder abschaffen?

Paech: Drehen Sie mir nicht das Wort im Mund herum! Nein, ich will nur ein Dilemma erklären: Eine „ökologische Produktion“, die allein auf menschlicher Arbeit beruht, die kaum maschinell verstärkt wird, erreicht schnell eine Grenze, sie kann nicht wachsen. Wachstum setzt erst mit der Technisierung ein, kann somit nie ökologisch unschädlich sein. Deshalb ist das Bruttoinlandsprodukt eine Maßgröße allenfalls für ökologische Zerstörung.

Edenhofer: Man kann durchaus fragen, ob das Bruttoinlandsprodukt das Maß aller Dinge ist. Aber empirisch ist der Befund: Länder mit einem größeren BIP haben auch höhere Lebenserwartungen, geringere Säuglingssterblichkeit, bessere Ausbildung, höhere Erwerbsbeteiligung der Frauen und so weiter.

Was wäre denn die Alternative zum BIP?

Edenhofer: Wir brauchen da sicher noch ein besseres Maß, das Aspekte wie Lebenserwartung, Einkommensverteilung und Freizeit mit einbezieht. Dann liegt Europa kaum hinter den USA. Aber ich sehe keinen Grund, das Bruttoinlandsprodukt gezielt abzusenken. Diese Rückbau-Debatte erscheint mir obsessiv.

Paech: Ich sehe nicht, dass die Zunahme von Gesundheit, Lebenserwartung oder Bildung in direktem Zusammenhang zum Wachstum steht. Wie sollen Hochöfen, Flugreisen, Kreuzfahrten und noch mehr Wohnraum die Lebenserwartung erhöhen? Die Wirtschaft muss für eine gute medizinische Versorgung nicht wachsen. Wir sollten mal unterscheiden zwischen basalen Bedürfnissen und dekadentem Luxus, der ökologisch ruinös ist.

Und wer entscheidet, welche Bedürfnisse befriedigt werden?

Paech: Das geht nur im demokratischen Diskurs. Aber ich habe noch nie gehört, dass jemand verhungert, weil Goldringe, Kaviar, Flugreisen und SUVs teurer

werden oder verschwinden. Im Gegenteil, das führt zu mehr sozialer Gleichheit. Aber wenn Politik und Wissenschaft nicht mal die Frage stellen, wo Reduktionspotenziale bestehen, dann gibt es in einer aufgeklärten Gesellschaft leider nicht viel Hoffnung.

Edenhofer: Ich sehe wenig Möglichkeiten, in freien Gesellschaften solche Unterscheidungen zu treffen. Es mag ja sein, dass noch keiner am Mangel an Champagner gestorben ist. Aber was ist mit Bildung und Gesundheit? Das sind sehr teure Güter – und je reicher die Leute werden, desto stärker wachsen ihre Bedürfnisse danach. Die Vorstellung, hier im demokratischen Diskurs zwischen Grund- und Luxusbedürfnissen zu unterscheiden und letzteren die Berechtigung abzuspochen, erscheint mir als abwegig. Übrigens müssten wir auch mal darüber reden, was „Güter“ eigentlich sind. Da scheint mir Herr Paech eine sehr dingliche Vorstellung zu haben.

Das müssen Sie erklären.

Edenhofer: Wenn Sie mir Saxophon beibringen, Herr Paech, und ich Ihnen dafür moderne Wohlfahrtsökonomie, dann sind das Güter. Dass Wertschöpfung sich nur auf das bezieht, was wehtut, wenn man dagegen stößt, das ist Unsinn! Bildung, Gesundheit, Pflege – in vielen Bereichen gibt es Güter, die im Laufe der Zeit

”

ÖKOLOGISCHE
SCHÄDEN SIND KEIN
BEWEIS DAFÜR,
DASS WIRTSCHAFTS-
WACHSTUM
GENERELL
SCHLECHT IST

“

OTTMAR EDENHOFER

auch noch an Qualität zunehmen, sodass das Bruttoinlandsprodukt zunimmt.

Paech: Dienstleistungen können größere ökologische Rucksäcke haben als die guten alten physischen Produkte. Wenn jemand als Masseur tätig ist, aber so viel Geld verdient, wie er vorher am Hochofen bekommen hat, dann verlagern wir nur die Stahlproduktion nach China und der Masseur fragt dieselben Güter nach. Eine ökologische Entlastung folgt daraus nicht.

Edenhofer: Ökologische Schäden sind kein Beweis dafür, dass Wirtschaftswachstum generell schlecht ist. Es liegt dann daran, dass wir insgesamt noch zu wenig Anreize setzen, Emissionen und Wertschöpfung zu entkoppeln.

Wie könnten solche Anreize aussehen?

Edenhofer: Wir kennen ja die planetare Belastungsgrenze. Letztlich müssen wir die CO₂-Emissionen schrittweise auf null herunterfahren, indem wir ihnen einen über die Zeit steigenden Preis geben. Wir werden ja sehen, ob dann noch Wachstum gelingt. Ich bin weder Wachstumsgegner noch Wachstumsfetischist, ich bin da agnostisch. Aber es ist eben falsch, da anzusetzen. Man muss dort ansetzen, wo Wirtschaftsleistung Schäden verursacht, und diese Schäden zurückführen. Klimaschutz über Preise hat einen großen Vorteil: Ich muss nicht unterscheiden zwischen Luxus- und Grundbedürfnissen. Das hat mehr Chancen auf gesellschaftliche Zustimmung. Allerdings müssen die einkommensschwächeren Haushalte kompensiert werden, es geht nicht ohne soziale Gerechtigkeit.

Paech: Da rennen Sie in eine Falle. Klimaschutz scheitert hierzulande trotz solcher Kompensationsversprechen daran, dass sofort die Einkommensschwächsten als negativ Betroffene vorgeschoben werden. Gerade CDU und SPD nutzen dieses Argument.

Edenhofer: Wir haben in Modellen gezeigt, dass die Einnahmen aus der CO₂-Bepreisung so zurückgegeben werden können, dass einkommensschwache Haushalte unterm Strich bessergestellt werden. Ich hoffe natürlich, dass die Maßnahme Innovationen auslöst, sodass die CO₂-Preise nicht ganz so stark ansteigen. Aber sie werden in eine Größenordnung kommen, die ohne soziale Flankierung nicht durchsetzbar wäre.

Paech: So macht sich der Staat abhängig davon, dass genug Einnahmen aus Umweltverbräuchen entstehen, um diese Flankierung zu finanzieren. Und würden die CO₂-Preise komplett kompensiert, würden einkommensschwache Schichten ihr Verhalten kaum

”
 MAN MUSS
 DORT ANSETZEN, WO
 WIRTSCHAFTS-
 LEISTUNG SCHÄDEN
 VERURSACHT,
 UND DIESE SCHÄDEN
 ZURÜCKFÜHREN

“
 OTTMAR EDENHOFER

”
 WIR KÖNNEN DOCH
 MENSCHEN IN
 AFRIKA NICHT ALLEN
 ERNSTES RATEN,
 UNSERE FEHLER ZU
 WIEDERHOLEN

“
 NIKO PAECH

ändern, während Menschen mit hohem Einkommen sich ihren Lebensstil ohnehin weiter leisten können – und das mit symbolischer Kompensation: Ich habe den ökologischen Preis bezahlt, also kann ich den nächsten Flug nach Honolulu buchen und bin mit mir im Reinen. Um das zu verhindern, bräuchten wir eine CO₂-Steuer von 200 oder 300 Euro pro Tonne – statt der homöopathischen Dosen bisher. Wie Sie das politisch umsetzen und obendrein sozialpolitisch kompensieren wollen, bleibt Ihr Geheimnis.

Edenhofer: Dass Rückverteilung die ökologische Wirkung zunichte macht, stimmt einfach nicht. Die Kompensation bekommen die Haushalte ja unabhängig von ihren Emissionen, und wer Emissionen vermindert, stellt sich besser. Nach unseren Berechnungen sollten die CO₂-Preise in Europa, wenn wir die angekündigten Klimaziele umsetzen wollen, bis 2030 auf 100 Euro steigen, besser noch 150 Euro. Das wird zwar nicht einfach. Es ist aber immer noch sehr viel einfacher, transparente CO₂-Preise einzuführen, als gemäß Ihrem Konzept eine Monsterrezession einzuleiten, die alle schlechterstellt und nicht nur jene, die Schäden verursachen.

Paech: Bis heute existiert kein einziges Land auf diesem Planeten, in dem eine demokratische Mehrheit für eine konsequente Preissteuerung zustande kam. Auch die Ökosteuer von Rot-Grün war nur Homöopathie. Und eins noch: Gerade untere Einkommenschichten präferieren oft Handlungen, die besonders CO₂-intensiv sind, um sich kulturell anzupassen. Eine emanzipierte Gesellschaft kann ihre Mitverantwortung nicht an die Politik delegieren. Sie muss eigenständige Lebensstile hervorbringen, die zukunftsfähig und somit kopierfähig sind. Erst dieses Signal setzt gesellschaftliche und politische Veränderung in Gang.

Was sagen Sie Menschen in Entwicklungs- und Schwellenländern? Wollen Sie denen erklären, dass aus dem erhofften bescheidenen Wohlstand leider nichts wird?

Paech: Die Wahrheit ist dem Menschen zumutbar. Wir können doch Menschen in Afrika nicht allen Ernstes raten, unsere Fehler zu wiederholen! Dann könnten wir gleich einen interplanetarischen Grabstein in Auftrag geben. Es bedarf eines internationalen Konsenses über einen bescheidenen Wohlstand, der einhergeht mit im Schnitt einer Tonne CO₂-Äquivalenten pro Person und Jahr. Etablieren müssten wir den zuallererst in Europa, um den Menschen im globalen Süden ohne die bisherige Arroganz zu zeigen: Wir sind uns nicht zu schade, eine global gerechte Lebensfüh-

zung umzusetzen. Denn an unserem Beispiel orientiert sich der globale Süden.

Edenhofer: Im Vorfeld des Weltklimaabkommens von Paris habe ich mit Vertretern aus fast 200 Staaten IPCC-Berichte verhandelt, und ich kann Ihnen sagen: Wenn Sie auf internationaler Ebene Klimaschutz mit Wachstumsstopp verbinden, ist das Gespräch sofort beendet. Das empfinden viele als Kolonialismus. Es geht darum, Klimaschutz und Entwicklung zu verbinden. Und als Erstes darum, dass in Südostasien der Kohleausstieg gelingt. Vietnam zum Beispiel hat jetzt ein Kohlemoratorium angekündigt, daraus lässt sich mit geschickten Anreizen ein Kohleausstieg machen. Wenn wir dort zinsvergünstigte Kredite anbieten und sie dazu bewegen, dass sie Emissionshandel oder CO₂-Preise einführen, das wäre aus meiner Sicht ein richtiger, pragmatischer Schritt. In dieser Dekade entscheidet sich, ob wir die Tür für das 1,5-Grad-Ziel offen halten. Wir haben nicht die Zeit für illusorische Spielereien.

Aber beruht nicht ein großer Teil des asiatischen Wachstums auf Produkten für den Massenmarkt bei uns? Kann das nachhaltig sein?

Edenhofer: In der gegenwärtigen Form ist das nicht nachhaltig. In der Tat ist Europa nicht nur Netto-Importeur von Gütern aus der Region, sondern auch von Emissionen. Wird das in den Handelsströmen realistisch berücksichtigt, dann liegen die Emissionen der EU um sieben Prozent höher – was aber an der Entkopplung von Wachstum und Emissionen nichts grundlegend ändert. Wegen der globalen Verflechtung ist es wichtig, dass wir uns schrittweise und durch freiwillige Zustimmung der Länder auf eine internationale CO₂-Bepreisung hinbewegen. Dann passen sich die Handelsströme entsprechend an. Der Handlungsdruck ist groß. Aber gerade deshalb bleibt für Utopien, wie sie Herr Paech vorstellt, nicht die Zeit.

Paech: Für mich ist Ihre technizistische und institutionelle Zuversicht eine reine Utopie. Wir proklamieren seit Jahrzehnten technische und politische Lösungen, haben aber nur ständig neue Nachhaltigkeitsprobleme aufgetürmt. In der Postwachstumsökonomie, wie ich sie vorschlage, ist nichts utopisch. Statt technische Abenteuer einzugehen, würden längst erprobte und bewährte Praktiken reaktiviert: Denken wir an Sharing, Reparatur, Handwerk, Regionalökonomie, ökologischen Landbau. Das soll utopisch sein? Und zum Zeitproblem: Es ist genau umgekehrt. Nichts geht schneller, als sich daran zu orientieren, dass Klimaschutz eine Kunst der Unterlassung und nicht des zusätzlichen Bewirkens ist.

”
NATÜRLICH HAT AUCH
ERNEUERBARE
ENERGIEERZEUGUNG
IHREN PREIS

“
OTTMAR EDENHOFER

Nichts kostet weniger und ist technisch und politisch voraussetzungsloser.

Warum ist es noch nicht passiert, wenn es so einfach ist?

Paech: Das hat viele Gründe. Dazu zählt insbesondere die wissenschaftlich befeuerte Technikgläubigkeit, die ein bequemes Alibi für die Beibehaltung ruinöser Lebensstile liefert. Und wenn Herr Edenhofer sagt, wir könnten eine Wende zum Weniger nicht wollen, weil sie politisch nicht durchsetzbar sei, wird das zu einer selbst erfüllenden Prophezeiung. Wenn alle Politiker, Wissenschaftler und Medien beschwören, nein, das geht nicht, dann genau geht es nicht. Wir sollten hier ehrlicher sein. Kohle zum Beispiel durch Erneuerbare zu ersetzen, scheitert an technischen Grenzen oder gelingt nur zum Preis anderer ökologischer Schäden. Bleibt nur der dritte Weg jenseits von bisherigem und grünem Wachstum: Wir müssen ersatzlos runter mit dem Energieverbrauch – und das setzt materiell genügsamere Ansprüche voraus.

Edenhofer: Dass Energieerzeugung aus Sonne und Wind die ökologischen Lebensgrundlagen genauso belastet wie Energieerzeugung aus Kohle, ist eine falsche Behauptung. Aber natürlich haben auch Erneuerbare ihren Preis, deshalb sind Effizienzsteigerungen beim Strom- und generell Energieverbrauch notwendig. Was mich stört, ist, dass Sie immer behaupten, dass diese Verbräuche in direkter Bezie-

hung zum Bruttosozialprodukt stehen. Das halte ich für den blinden Fleck in Ihrer Argumentation.

Effizienzfortschritte gibt es ja schon. Autos sind heute viel sparsamer. Dafür werden Motoren größer, und es fahren mehr herum. Fressen solche Rebound-Effekte nicht allen Fortschritt auf?

Edenhofer: In der Tat lagen die CO₂-Emissionen im deutschen Straßenverkehr im Vor-Corona-Jahr 2019 um vier Prozent höher als 1990. Bei sparsamen Motoren sinkt der Benzinverbrauch pro gefahrenem Kilometer. Dass die Leute dann mehr fahren, zeigt doch, dass sie auf Anreize reagieren. Darum sage ich: Wir brauchen auch im Verkehrssektor über die Zeit steigende CO₂-Preise, eben damit wegen der Effizienzgewinne nicht mehr gefahren wird. Sie müssen eine dominante Rolle spielen.

Paech: Das reicht nicht! Verantwortbar im Sinne des Zwei-Grad-Klimaziels kann nur eine Lebensstilpolitik sein, die an der regulativen Idee ansetzt, dass jedem Menschen nur ein gewisses Budget an ökologischer Inanspruchnahme zustehen kann. Das sollte im Schulunterricht, erst recht in Politik und Wissenschaft zum Maßstab werden. So etwas muss vorgelebt werden.

Edenhofer: Wenn wir das Zwei-Grad-Ziel erreichen wollen, brauchen wir eine jährliche Senkung der Kohlenstoffintensität von etwa fünf Prozent – beim 1,5-Grad-Ziel sind es sogar sieben Prozent. Es gibt Menschen, die freiwillig auf Konsum verzichten, das ist okay. Dass wir generell Lebensstiländerungen benötigen – klar. Aber selbst wenn dadurch unser Bruttoinlandsprodukt über lange Zeit um zwei Prozent im Jahr sinken würde, was in der Wirtschaftsgeschichte ohne Beispiel wäre, dann blieben immer noch drei bis fünf Prozent notwendiger Schrumpfung der Emissionen pro Jahr, die die Politik auf andere Weise erzwingen müsste. Ich finde es falsch und auch verantwortungslos, Klimaschutz hauptsächlich von der Verzichtsseite her anzugehen.

Paech: Wenn Sie sagen, Nullwachstum reicht nicht, also brauchen wir Technik, kann ich Ihnen nicht folgen. Gerade weil Nullwachstum nicht reicht und die Technik versagt, bedarf es eines schrittweisen und sozialverträglichen Rückbaus bis auf ein überlebensfähiges Niveau. Der Homo sapiens ist als soziales Wesen genau dann zur tiefgreifenden Veränderung fähig, wenn er reale Beispiele dafür vorfindet, an denen er sich orientieren kann.

Aber wenn sich das Klima stabilisieren soll, müssen wir klimaneutral werden. Wie soll denn das ohne moderne Technologien gehen?

”

DAS UNSOZIALSTE,
WOVON ICH JE
GEHÖRT HABE, IST
DIE ZERSTÖRUNG
EINES PLANETEN

“

NIKO PAECH

Paech: Dass es nicht ohne Technologie geht, ist trivial. Aber sie löst kein Wachstumsproblem, weil sie nicht ohne ökologische Schäden zu haben, folglich zu dosieren ist. Um erneuerbare Energieträger, die im Übrigen maßlos überschätzt werden, so zu nutzen, dass wir damit nicht den letzten Rest an Natur zerstören, müssen wir ihren begrenzten Möglichkeiten durch eine hinreichend energiesparende Lebensweise entgegenkommen. Zwar könnten noch Autos genutzt werden, aber in weitaus geringerem Maß. Dafür werden wir viel mehr Fahrrad fahren. Wir werden auch das Internet nicht abschaffen müssen, aber nicht alle fünf Jahre unsere Hardware austauschen oder den ganzen Tag online sein.

Wachstum macht das große Versprechen, dass alle gleichzeitig mehr Wohlstand erreichen können. Wenn man das aufgibt, muss man den Reichen erst wegnehmen, was man den Armen geben will – Stoff für heftige Konflikte.

Paech: Schon möglich, aber kann jemand wollen, dass wir aus Angst vor Verteilungskonflikten unsere Lebensgrundlagen ruinieren? Das Unsozialste, wovon ich je gehört habe, ist die Zerstörung eines Planeten. Wenn ein Rest an Hoffnung auf Humanität und Aufgeklärtheit besteht, dann darauf basierend, dass die

Wachstumskrise als Chance begriffen wird, über die Begrenzung und Umverteilung der Inanspruchnahme ökologischer Ressourcen mehr soziale Gerechtigkeit zu erlangen. Davon profitieren die Ärmsten, und für die Reichsten ist es kein Verzicht, sondern eine Befreiung vom Überfluss.

Edenhofer: Es ist ja unbestritten, dass etwa Europa oder die USA pro Kopf mehr Treibhausgas emittieren und reicher sind als andere Regionen. Aber wenn das globale Pro-Kopf-Einkommen nicht mehr weiter steigen und gleich verteilt sein soll, dann würde das bedeuten: Der Lebensstandard in den USA müsste um rund 80 Prozent abgesenkt werden. Ich halte es für völlig undenkbar, und auch für falsch, das überhaupt nur zu versuchen. Denn die Welt muss ja runter auf Netto-Null-Emissionen – das geht nur durch Innovation und Investitionen, nicht durch generellen Wachstumsverzicht.

Herr Paech, Sie reden viel von „wir“. Ist das der Teil der Gesellschaft, der bereit zu solchen Veränderungen ist? Wie wollen Sie verhindern, dass diese Menschen für die Trittbrettfahrer die Klimalast schultern?

Paech: Dieses Risiko ist in einer Demokratie nicht zu vermeiden. Ansonsten drängt sich die Gegenfrage auf: Wie wollen Sie Mehrheiten für das organisieren, was Herr Edenhofer vorschlägt? Jeder Wandel, der unter freiheitlichen Bedingungen stattfand, hatte seinen Ursprung in Nischen, in Reallaboren, bei Avantgardisten. Erst wenn neue Daseinsformen und Versorgungsmuster sichtbar werden, können sich die neuen Praktiken ausbreiten. Nur dann, niemals vorher, bringt die Politik den Mut auf, diese Entwicklung aufzugreifen. Dieser Prozess kann überall im Kleinen beginnen, und das ist bereits beobachtbar. Während der Wandel, den Herr Edenhofer anspricht, seit 50 Jahren erfolglos ist, weil er ein politisches Wunder benötigt.

Aber es gab ja schon wissenschaftliche Reallabore, etwa das „KliB“ in Berlin, in dem Familien versucht haben, ihre Emissionen zu senken. Der Erfolg war ernüchternd, der Ausstoß ging kaum zurück.

Paech: Ich kenne dieses Experiment, halte es aber für wenig aussagekräftig. Wenn wir Europa als Ganzes betrachten, lassen sich immer mehr Reallabore und Beispiele für postwachstumstaugliche Lebensmodelle und Wirtschaftsformen finden. Etwa im Ernährungsbereich, mit „solidarischer Landwirtschaft“, Gemeinschaftsgärten, Foodsharing. Die Leute warten nicht mehr auf einen politischen Godot – sie packen selber an.

”
DIE MENSCHEN
VERSTEHEN SEHR
WOHL, DASS
WIR TREIBHAUSGAS-
EMISSIONEN
REDUZIEREN MÜSSEN

“
OTTMAR EDENHOFER

Edenhofer: Sie glauben, dass die Menschen im Grunde nur auf materiellen Reichtum aus sind – und dass sie erst ihre Konsumabhängigkeit überwinden müssen, damit sie sich auf den Wandel zu Nachhaltigkeit einlassen. Ich habe ein anderes Menschenbild. Die Menschen verstehen sehr wohl, dass wir Treibhausgas-Emissionen reduzieren müssen. Aber das ist für den Einzelnen nur sehr schwer möglich. Die Politik muss ihm dazu die Anreize geben. Nicht um ihm andere Bedürfnisse einzureden, sondern um ihm Entscheidungen zu erleichtern, auch mit Blick auf das Verhalten der anderen. Und dafür sind Preise sinnvoll. Sie liegen doppelt falsch: Sie stellen Forderungen an reiche Gesellschaften, die sie niemals erfüllen werden, und Sie verlagern zu viel Verantwortung auf den Einzelnen.

Haben Sie beide manchmal Angst, dass Sie falsch liegen? Dass Ihre Ideen letztlich nicht aufgehen?

Edenhofer: Dass ich mich irren kann, davon gehe ich ständig aus. Gelingt es uns erstmals in der Menschheitsgeschichte, uns selber Grenzen zu setzen, um unser Überleben zu sichern? Das Weltklimaabkommen von Paris vor gut fünf Jahren war ein wichtiger Schritt in diese Richtung. Seitdem gibt es Bewegung, auch außerhalb von Europa. Deshalb ist mir, trotz allem, um die Zukunft nicht bang.

Und Sie, Herr Paech? Befürchten Sie manchmal, dass Ihr Modell nicht rechtzeitig kommt?

Paech: Ich habe keine Angst, weil ich 60 Jahre alt bin und die möglichen Krisen für mich kaum mehr relevant sind. Aber ich Sorge mich um nachkommende Generationen. Ansonsten gleicht die Wachstumsfrage ohnehin einer Gespensterdebatte. Es besteht bestenfalls noch die Wahl zwischen einem chaotischen oder freiwillig geordneten Rückzug aus dem ökosuizidalen Überfluss. Entweder wir ändern uns, oder wir werden geändert.

Michael Baumüller verfolgt in Berlin die Geschehnisse der Energie-, Umwelt- und Entwicklungspolitik. Er ist Volkswirt und Absolvent der Kölner Journalistenschule.

Dr. Marlene Weiß promovierte am Forschungszentrum Cern in theoretischer Physik. Seit September 2020 leitet sie das Wissenschaftsressort.

Die Weltreparatur

CO₂

Um den Klimawandel zu stoppen, wird es wahrscheinlich nicht ausreichen, schädliche Treibhausgase einzusparen. Geo-Ingenieure entwickeln Methoden, um bereits freigesetztes CO₂ wieder aus der Atmosphäre zu fischen. Ist Climate Engineering die lang ersehnte Lösung?



VON
TIM SCHRÖDER

LESEDAUER: 14 MINUTEN

Christiane Tietz wird in den kommenden Wochen des Öfteren Treppen steigen müssen. Es sind fünf Etagen von ihrem Büro bis hinab ins Untergeschoss „-2“, wo die großen Kühlschränke für ihr Experiment stehen. Christiane Tietz ist Biologin. Sie macht am Geomar-Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung in Kiel gerade ihre Masterarbeit. Ihre Forschungsobjekte sind winzig. Sie untersucht Meeresplankton, Algen, die im Salzwasser schweben und so klein sind, dass man sie nur unter dem Mikroskop erkennen kann.

Sie nimmt eine Flasche aus dem Kühlschrank und hält sie gegen das Licht, das aus dem Kühlschrank in den halbdunklen Raum fällt. Man sieht nichts als klares Wasser. „So muss es aussehen“, sagt sie. „Wenn das Wasser langsam milchig wird, ist es schon zu spät.“ In den Flaschen wachsen die Algen bei 15 Grad Celsius heran. Einmal am Tag teilen sie sich und bilden Tochterzellen. Doch zu viele Algen dürfen es nicht werden. Treiben übermäßig viele im Wasser, verändern sie durch ihren Stoffwechsel nach und nach die Lebensbedingungen in den Flaschen. Idealerweise aber

fühlen sich die Algen im Kühlschrank wie Plankton im Meer. Mit ihrem Experiment will Christiane Tietz im Kleinen erforschen, was mit den Algen draußen in den großen Ozeanen geschehen könnte, wenn der Mensch ihre Lebensbedingungen weiter zerstören sollte.

Christiane Tietz gehört zum Team des Geomar-Wissenschaftlers Ulf Riebesell. Der Planktonspezialist forscht seit einiger Zeit an einem Thema, das mit dem Klimawandel in den kommenden Jahren weltweit an Bedeutung gewinnen wird – dem Climate Engineering, kurz CE. Denn trotz des wegweisenden Klimagipfels 2015 in Paris gelingt es noch immer nicht, den Ausstoß von klimaschädlichem Kohlendioxid (CO₂) zu verringern. Ganz im Gegenteil: Die emittierte Menge wächst weltweit noch immer von Jahr zu Jahr. Genau hier kommt CE ins Spiel: Warum nicht das Aufheizen der Erde verzögern, indem der Mensch in das Klima eingreift und es mit technischen Verfahren gezielt manipuliert?

Lange war dieses Vorhaben extrem umstritten. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, die sich damit befassten, ernteten harsche Kritik: Das Klima manipulieren zu wollen? Reine Hybris! Der Mensch überschreite eine Grenze und schwinge sich dazu auf, über das Schicksal des ganzen Planeten entscheiden zu wollen, hieß es oft.

Und tatsächlich: „Die Idee, mit technischen Hilfsmitteln am Klima zu drehen, erschien noch vor etwa zehn Jahren absurd“, erinnert sich auch Ulf Riebesell. Doch inzwischen ändere sich das Stimmungsbild. „Vielleicht brauchen wir Climate Engineering doch, um die Erde vor den schlimmsten Folgen des Klimawandels zu bewahren.“

Niemand weiß genau, wie schnell der Klimawandel in den kommenden Jahrzehnten voranschreiten wird, wie schnell das Eis der Antarktis und Grönlands schmelzen und der Meeresspiegel steigen könnte. Niemand kann voraussehen, wie oft es künftig Dürren oder Taifune geben wird. „Für den Fall, dass es irgendwann ganz schnell schlimmer wird, sollten wir eine Notfalloption bereit haben“, sagt Ulf Riebesell. „CE kann diese Notfalloption sein.“ Allerdings verbergen sich hinter dem Begriff zahlreiche verschiedene technische Ansätze – und das macht das Thema komplex.

Im Groben unterscheiden Klimaforscher zwei Kategorien: Zum einen gibt es das Carbon Dioxide Removal, kurz CDR – die Kohlendioxid-Entfernung. Diese Methode hat das Ziel, Kohlendioxid aus der Luft

DIE OZEANE
SCHLUCKEN FAST
EIN DRITTEL
DER VOM MENSCHEN
VERURSACHTEN
CO₂-EMISSIONEN

zu filtern oder aus den Abgasen von Kraftwerken abzutrennen und es für lange Zeit zu binden. Zur zweiten Kategorie zählen Methoden, die direkt den Wärmehaushalt der Erde verändern – das sogenannte Strahlungsmanagement, englisch: Solar Radiation Management (SRM). Beispielsweise könnten Flugzeuge in der Atmosphäre Partikel verstreuen, die einen Teil der Sonnenstrahlung reflektieren und somit von der Erde fernhalten.

Ulf Riebesell hat vor allem die Kohlendioxid-Entfernung, also die CDR-Methoden, im Blick. Und als Meeresforscher beschäftigt ihn besonders die Frage, welchen Beitrag die Ozeane leisten können. Immerhin sind sie schon heute einer der größten Kohlendioxid-Speicher überhaupt. Sie schlucken fast ein Drittel der vom Menschen verursachten CO₂-Emissionen. Dieser Effekt könnte sich durch Climate Engineering verstärken lassen – indem man zum Beispiel das Meer mit Gesteinsmehl düngt, sogenannten Karbonaten. Damit würde der Mensch ein natürlich auftretendes Phänomen imitieren: Durch die Verwitterung von Gebirgen werden Karbonate mit dem Regen aus Gebirgen ausgewaschen und über die Flüsse ins Meer transportiert. Diese Karbonate kann man sich wie einen Schwamm vorstellen. Sie binden im Wasser

gelöstes CO₂ und halten es damit für lange Zeit aus der Atmosphäre fern. Würde man größere Mengen Gesteinsmehl ins Meer kippen, könnte es noch mehr CO₂ als heute schlucken, so die Hoffnung. Ulf Riebesell und sein Team gehören zu den ersten Forschern überhaupt, die die Folgen solcher Climate-Engineering-Methoden im Experiment untersuchen.

Die Geomar-Forscherin Christiane Tietz hat gerade damit begonnen zu prüfen, was mit dem Plankton geschieht, wenn sie die Menge an Karbonat im Meerwasser Milligramm für Milligramm erhöht. Dafür begutachtet sie zwei Gruppen von Plankton – Kieselalgen, eine der wichtigsten Algengruppen in den Ozeanen überhaupt, die durch die Fotosynthese enorme Mengen an Biomasse produzieren; und zum zweiten Kalkalgen, die Coccolithophoriden. Diese Algen mit dem unaussprechlichen Namen bilden kleine Kalkpanzer. Wie gut die Panzer der Algen wachsen, hängt vom Karbonatgehalt des Wassers ab. Damit hat Christiane Tietz zwei Lebewesen ausgesucht, deren Wohl direkt mit dem Karbonat zusammenhängt. Denn beide brauchen zum Leben Kohlendioxid.

Klaut das Karbonat ihnen ihren Lebensgrundstoff, gehen sie ein, eine Katastrophe. „Ich möchte herausfinden, bei welcher Karbonatkonzentration die Algen Probleme kriegen“, sagt die Biologin. „Wo ist der Kippunkt, bei dem für die Fotosynthese nicht mehr ausreichend CO₂ zur Verfügung steht.“ Die Coccolithophoriden dürften dabei zunächst vom höheren Karbonatgehalt sogar profitieren, weil dieser das Wachstum der Kalkpanzer fördert. Aber irgendwann bekommen auch sie Probleme.

Und klar ist auch: Wollte man allein mit Gesteinsmehl Klimagase aus der Atmosphäre holen, müsste man eine Karbonatindustrie von der Größe des weltweiten Kohlehandels aufbauen – ein Milliarden-Tonnen-Geschäft. Das erscheint extrem unwahrscheinlich, immerhin setzt die Menschheit mit der Verbrennung von Gas, Öl und Kohle jährlich etwa 38 Milliarden Tonnen CO₂ frei. Bei allen Anstrengungen zur Emissionsminderung wird sich diese Menge nicht sofort auf null bringen lassen. Um den verbleibenden Rest zu neutralisieren, ist Climate Engineering von größerer Dimension nötig, ein bisschen Mehl reicht da nicht. Für realistische halten es Georingenieure daher, dass künftig viele verschiedene Methoden im Zusammenspiel zum Einsatz kommen.

Seit vielen Jahren diskutieren Fachleute deshalb zum Beispiel die Idee, Wälder und Mangroven in großem Stil wieder aufzuforsten, da auch diese Pflanzen mittels Fotosynthese Kohlendioxid speichern. Für

FÜR DIE
KOMMENDEN JAHRE
IST ABZUSEHEN,
DASS DIE
MENSCHHEIT MEHR
ACKERFLÄCHE
BENÖTIGT DENN JE

einen spürbaren Effekt aber müsste man die Wälder viele Hundert Jahre lang unberührt wachsen lassen. Das aber erscheint unwahrscheinlich, denn die Weltbevölkerung wächst und damit auch ihr Nahrungsbedarf. Für die kommenden Jahre ist abzusehen, dass die Menschheit mehr Ackerfläche benötigt denn je. Viel Platz für neue Wälder gibt es da nicht.

Der Weltklimarat betont in seinen Zukunftsszenarien seit einigen Jahren daher eine andere Climate-Engineering-Technologie: den Anbau schnell wachsender Energiepflanzen wie Chinaschilf. Ähnlich wie bei etablierten Biogasanlagen, in denen bereits heute Mais oder Ernteabfälle vor sich hin gären, soll das Schilf Energie liefern. Das Problem ist nur: Auch für den Anbau von Energiepflanzen braucht es Ackerfläche. Zudem müssen die Pflanzen zur Energieerzeugung verbrannt werden, es entsteht, was niemand möchte: CO₂. Energiepflanzentechnik also droht zum Nullsummenspiel zu werden, die Grenzen der Methode sind schon heute abzusehen.

Doch es gibt womöglich eine Lösung für dieses Problem: Man könnte, so die Idee, das bei der Verbrennung freigesetzte CO₂ aus den Abgasen abfischen und in unterirdische Lagerstätten pumpen – beispielsweise in ausgediente Erdgasfelder. Diese unterirdische Speicherung gilt derzeit als eine der viel-

versprechendsten CE-Technologien; nicht nur, aber vor allem in Kombination mit Energiepflanzen.

Die Firma Climeworks, eine Ausgründung der ETH Zürich, hat bereits eine Filteranlage entwickelt, mit der es möglich sein soll, Kohlendioxid direkt aus der Luft zu fischen. Künftig könnten solche Anlagen in vielen Ländern errichtet werden, sofern es dort unterirdische Speicher gibt. Doch auch hier gibt es eine Herausforderung: Um größere CO₂-Mengen mit Anlagen à la Climeworks aus der Atmosphäre einzufangen, braucht es viel Energie. Sinnvoller scheint es daher, schädliche Klimagase direkt dort abzuscheiden, wo sie in großen Mengen anfallen – also nicht hoch oben im Himmel, sondern an den Schornsteinen von Gas- und Kohlekraftwerken, von Müllverbrennungsanlagen und Zementwerken.

Die EU hat ihre Mitgliedsländer inzwischen mit der CCS-Direktive dazu verpflichtet, die unterirdische Speicherung von Kohlendioxid voranzutreiben. CCS steht für Carbon Capture and Storage, also Abscheidung und Speicherung von Kohlendioxid. Die Niederlande haben bereits reagiert. Im Projekt Porthos soll im Hafen von Rotterdam nun eine CCS-Anlage entstehen: Entlang der Raffinerien sowie an Kraft- und Zementwerken im Hafen soll eine Pipeline verlegt werden, in die CO₂ aus den Abgasen eingespeist wird. Die Pipeline wird zu einer Kompressorstation führen, die das Gas verdichtet und hinaus in die Nordsee zu einer ausgedienten Erdgaslagerstätte in 2900 Meter Tiefe leitet. Auch in Norwegen ist ein solches Projekt geplant: Künftig wird dort Kohlendioxid an der großen Müllverbrennungsanlage in Oslo abgeschieden und per Schiff an die Westküste zu einer Pumpstation transportiert. Von dort wird es in eine Gesteinsformation unter der Nordsee gepresst.

In Deutschland gab es vor einigen Jahren ähnliche Pläne – die gescheitert sind am massiven Widerstand von Klimaschützern. Sie argumentierten, dass sich vor allem die Kohleindustrie mit CCS aus der Affäre ziehen würde: Statt auf erneuerbare Energien zu setzen und den Ausstoß von Treibhausgasen zu begrenzen, würde man weiterhin Kohle verbrennen und die Abgase dann einfach in den Untergrund pumpen. Außerdem könnten, so die Kritiker, durch die Verpressung von CO₂ in den Meeresboden giftige Spurenstoffe aus der Erdkruste in die Nordsee gelangen.

Klaus Wallmann, CCS-Experte, Chemiker und Geologe am Geomar-Helmholtz-Zentrum in Kiel, war geschockt, als damals in der Öffentlichkeit der große Widerstand losbrach. „Die Behauptungen entbehren jeder wissenschaftlichen Grundlage“, sagt er heute.

SINNVOLLER
ERSCHEINT ES,
SCHÄDLICHE
KLIMAGASE DORT
ABZUSCHNEIDEN,
WO SIE ANFALLEN

SCHWEFELPARTIKEL
IN DIE ATMOSPHÄRE
SPRÜHEN? BLOSS
NICHT, SAGEN
UMWELTFORSCHER

„Die Umweltverbände hatten eigene Gutachten in Auftrag gegeben, die von Ein-Mann-Büros erstellt wurden. In der Öffentlichkeit wurden diese Arbeiten dann als gleichwertig zu der Forschung von Hunderten von Wissenschaftlern dargestellt.“ Tatsächlich aber, sagt Wallmann, blieben mehr als 99 Prozent des Kohlendioxids über lange Zeit im Boden. „Wir haben nur an wenigen Punkten in dem Speichergebiet Methan-Austritte festgestellt, Kohlendioxid und giftige Schadstoffe treten bisher nicht aus.“ Messungen unter Wasser zeigten zudem, dass CO₂ sollte es einmal über Leckagen austreten, kaum Schäden verursacht: Die Ökosysteme am Meeresboden werden auf einer Fläche von nur etwa 50 Quadratmetern beeinträchtigt. Weil das Kohlendioxid im Wasser teils Kohlensäure bildet, kann das Wasser in unmittelbarer Nähe der Austrittsstelle ein wenig versauern. Viele Organismen meiden solche Bereiche.

Von Giften aber, sagt Wallmann, könne keine Rede sein. „Kohlendioxid ist kein Atommüll!“ Sein Fazit lautet daher: Es sei absolut sinnvoll, große Mengen CO₂ im Untergrund über lange Zeit zu lagern, um eine zu starke Erderwärmung zu verhindern – zumindest so lange, bis es der Menschheit endlich

gelingt, ihren Lebensstil umzustellen, also: den Energieverbrauch zu drosseln und erneuerbare Energien weiter auszubauen. CCS für Industrieanlagen könnten aber zwischenzeitlich dazu beitragen, die Klimaerwärmung zu dämpfen.

Anders sieht es beim Strahlungsmanagement (SRM) aus, also dem Abdämpfen von Sonnenstrahlen; eine nach wie vor extrem umstrittene Technik. Denn auch sie bekämpft nicht die Ursache des Klimawandels, sondern doktert an den Symptomen herum. An der Harvard University bereiten Forscher seit längerer Zeit ein Experiment vor, mit dem sie messen möchten, wie groß der Effekt der Strahlungsdämpfung überhaupt ist. Dafür wollen sie Eiskristalle, Karbonat oder eines Tages sogar Schwefelverbindungen in der Stratosphäre ausbringen.

Auch wenn die Ergebnisse in der Fachwelt mit Spannung erwartet werden, bereitet vielen Umweltforschern die Vorstellung, künftig Schwefelpartikel oder andere Substanzen in der Atmosphäre zu verstreuen, großes Unbehagen. Nicht nur, weil der Himmel dadurch einen Gelbstich bekäme, sondern vor allem, weil kaum abzusehen ist, wie sich die veränderte Strahlung auf das Leben auf der Erde auswirkt, vor allem auf das der Pflanzen. Zudem überschreitet eine solche Maßnahme Staatsgrenzen, immerhin verteilen sich die Partikel über ein großes Gebiet. Damit könnte Strahlungsmanagement auch zum Zankapfel der internationalen Politik werden. Noch ist völlig offen, wie man eine solche Technik zur Zufriedenheit der betroffenen Staaten regeln könnte.

Und noch eine Einschränkung ist zu beachten: Hat man einmal damit begonnen, Sonnenstrahlen in den Himmel zurückzuschicken, kann man nicht einfach wieder damit aufhören – zumindest dann nicht, wenn die Menschheit weiter Klimagase in die Atmosphäre bläst. Denn dann würde sich die Erde sofort wieder erwärmen. Man müsste SRM-Anlagen also über Jahrzehnte oder gar Jahrhunderte laufen lassen – und würde damit künftige Generationen in die Pflicht nehmen.

„Der Gedanke erscheint unheimlich“, sagt auch Oliver Geden, Klimapolitik-Experte der Berliner Stiftung Wissenschaft und Politik. „Doch wer weiß, wie die Erde aussehen wird, wenn wir das 2-Grad-Ziel nicht schaffen, vielleicht sogar in einer 4-Grad-Welt leben müssen?“ Denn dann sei es durchaus denkbar, dass die davon am stärksten betroffenen Staaten ein weltweites Strahlungsmanagement einfordern. „Es bleibt abzuwarten, welche Welt uns dann unheimlicher erscheint – eine mit Strahlungs-

management oder eine mit extremen Auswirkungen des Klimawandels.“

Wie viele andere Forscher fordert auch Oliver Geden, verschiedene Climate-Engineering-Technologien so schnell wie möglich zu erforschen. „Das mag einem Eingeständnis gleichkommen, dass es der Menschheit nicht mehr gelingt, das Weltklima allein durch eine Minderung der Emissionen zu stabilisieren. Aber ich bin mir sicher, dass wir das Thema Climate Engineering einst international werden verhandeln müssen.“

Das alles klingt düster und beängstigend, doch das, sagt der Kieler Geomar-Forscher Ulf Riebesell müsse keineswegs sein. „Wenn man irgendwo im Ozean auf einen Schlag Hunderte Tonnen von Karbonat versenkt, dann wird das die Plankton-Lebensgemeinschaften sicher beeinträchtigen“, sagt er. Nur: Es gehe eben auch sanfter. So könnte man zum Beispiel Gesteinsmehl an der Küste in den Boden einarbeiten. Die Flut würde das Karbonat nach und nach auflösen und es in verträglichen Dosen ins Meer tragen. Und so, davon ist Riebesell überzeugt, gelinge CE, ohne die Umwelt massiv zu verändern.

Der lebende Beweis ist für ihn die Ostsee. Über Jahrzehnte gelangte dort Karbonat in das kleine Randmeer, ohne die Lebensräume messbar durcheinanderzuwirbeln. Es stammte allerdings nicht aus Climate-Engineering-Experimenten, sondern aus der DDR-Landwirtschaft – aus dem Kalk, den Landwirte damals in großen Mengen auf die Felder ausbrachten.

Tim Schröder studierte Biologie und Meeresphysik. Seit 2001 schreibt er als freier Wissenschaftsjournalist. Er arbeitete bereits als Teilzeit-Wattführer, „Vogelfänger“ in Côte d'Ivoire, als „Fledermausjäger“, Küstenreporter und Katechet.

„Der Kapitalismus wird nicht mehr dominieren“

WIRTSCHAFT

Der US-Ökonom Jeremy Rifkin über sein neues digitales Wirtschaftsmodell, das die Welt verbessern und einen Klimaschock verhindern soll



INTERVIEW:
ALEXANDER HAGELÜKEN

LESEDAUER: 9 MINUTEN

Jeremy Rifkin denkt seit Dekaden über die großen Themen nach, vom „Ende der Arbeit“ (so sein Buch 1995) über den Kapitalismus („Die dritte industrielle Revolution“) bis hin zur Energie („Wenn’s kein Öl mehr gibt“). Jetzt ist er zur Münchner Messe Electronica gereist, um seine These vorzustellen, dass wir vor einem völlig neuen Wirtschaftsmodell stehen.

SZ: Jeremy Rifkin, Sie sahen im Jahr 2000 durch Firmen wie den heute vergessenen Musikdienst Napster eine digitale industrielle Revolution kommen: Durch das Konzept von null Grenzkosten, bei dem es Firmen nichts mehr kostet, ihr Produkt zusätzlichen Kunden zu geben.

Jeremy Rifkin: Gewinnmargen sanken, das verwirrte die Manager. Die Digitalisierung stellte Annahmen der klassischen Theorie und des Neoliberalismus infrage.

Einen Autokonzern kostet es viel, zusätzliche Autos für zusätzliche Kunden zu produzieren. Facebook und Google kostet ein zusätzlicher Nutzer fast nichts.

Das verändert die Wirtschaft dramatisch. Keine Business School versteht das, kaum ein Ökonom, aber viele Unternehmen.

Das Konzept ruiniert alte Industrien. Musikstreaming ersetzt die CD, Online manche Zeitungen. Wie viel mehr davon werden wir sehen? Ersetzen Autos aus dem 3-D-Drucker bald Autofabriken?

Wir werden einige Entwicklungen sehen. Zuerst dachte ich, null Grenzkosten wälzen nur Unterhaltungs- und Medienbranche um. Aber mit dem Internet der Dinge kollabiert die Brandmauer, jetzt geht's um alles. Das Modell bietet Service 24 Stunden und sieben Tage die Woche. Es ersetzt Eigentum durch Nutzung und Verkäufer-Käufer-Beziehungen durch Netzwerke von Lieferanten und Nutzern. Firmen müssen Teil der Netzwerke werden, um das Sinken der Margen durch den 24/7-Umsatz auszugleichen.

Was soll das heißen?

Den deutschen Wind- und Solarstrom stellen meist kleine Produzenten mit fast null Grenzkosten her. Die Energiekonzerne kontrollieren das nicht mehr. 2013 fragte mich Eon-Chef Johannes Teysen: Wie verdienen wir bei diesem Modell Geld? Ich sagte: Managen Sie die Daten der dezentral produzierten Energie, die durch die Netze fließt. Damals sagte Teysen nein. 2017 sagte Eon, sie hätten zu lang gewartet.

Tja.

Autokonzernen passiert das auch. Jüngere nutzen Autos statt welche zu kaufen. Für jeden Pkw, den sie per Carsharing teilen, gibt es 15 Pkw weniger. Die Konzerne verkaufen noch Millionen Autos, aber in 20 Jahren ist das vorbei. Also stürzen sie sich auf Mobilitätsdienste und Big Data.

Was genau macht die dritte industrielle Revolution aus?

Der Kapitalismus wird noch da sein, aber nicht mehr dominieren. Daneben erobert die Ökonomie des Teilens ihren Raum, das erste neue Wirtschaftsmodell seit dem Entstehen von Kapitalismus und Sozialismus. Das sind die Ubers und kooperative Plattformen für alles. Gerade produzieren und teilen drei Milliarden Menschen im Netz Musik, Videos, Blogs. Sie machen Onlinebildungskurse oder schreiben auf Wikipedia und demokratisieren so das Wissen.

Anderen Forschern fallen zur Digitalära zuerst dominante Konzerne wie Google und Facebook ein, nicht Wikipedia.

Ich sehe Chancen und Gefahren. Ich liebe Google, die weltgrößte Forschungsmaschine. Aber wenn alle es nutzen, sieht es nach Monopol aus. Das gilt auch für Facebook.

Also?

Monopole muss man regulieren. Im Neoliberalismus geben Regierungen durch Privatisierung und Deregulierung ihre Macht ab. Die reichsten sieben Menschen besitzen so viel wie die ärmere Hälfte der Welt. Es muss sich etwas ändern, und das wird es auch. Das Internet der Dinge sorgt für Dezentralisierung. Es entstehen neben Monopolisten Tausende teilweise gemeinnützige Firmen, die Apps und Plattformen kreieren.

Was kann eine Regierung tun, um ihr Land in die richtige Richtung zu lenken?

Als Angela Merkel Kanzlerin wurde, bat sie mich nach Berlin, um zu erörtern, wie in der Wirtschaft von morgen Jobs entstehen. Ich fragte: Wie wollen Sie Jobs schaffen, wenn Ihre Firmen in der Infrastruktur der zweiten Industrie-Ära feststecken, in fossilen Energien, Atom und Verbrennungsmotoren? Dieses Modell hat seinen Zenit überschritten. Sie können da nicht mehr Produktivität rausquetschen. Es steht aber eine dritte industrielle Revolution bevor, die Produktivität stark steigern kann und Millionen Jobs schafft.

”

FÜR EINE
INDUSTRIELLE
REVOLUTION MUSS
MOBILITÄT MIT
KOMMUNIKATION
UND ENERGIE
VERBUNDEN WERDEN

“

Gerade sind drei Milliarden Menschen im Netz, in zehn Jahren sind alle verbunden. China hat ein Mobiltelefon mit großer Leistung für 25 Dollar. Und das ist nur die Kommunikation. Ökonomen wie Robert Gordon ...

... der sagt, dass die Produktivität und damit das Wachstum der Industriestaaten trotz Digitalisierung stagnieren ...

... verstehen nicht, dass sich für eine industrielle Revolution Kommunikation mit Mobilität und Energie verbinden muss. Gordon schreibt in seinem Buch, er lasse Energie weg! Aber industrielle Revolutionen haben drei Elemente. So war es in der ersten Revolution im 19. Jahrhundert: Kommunikation wurde mit Dampfdruck und Telegrafensystem verbunden, hinzu kamen Kohle und Eisenbahn. In der zweiten industriellen Revolution im 20. Jahrhundert verbanden sich Telefon und Fernsehen mit billigem Öl und Autos. Dieses Modell endet nun. Wir beobachten die Dämmerung dieser Industrie-Ära. Und wir brauchen auch dringend etwas Neues.

Wegen des Klimawandels?

Die Menschen bauen derzeit noch ihre Zivilisation darauf auf, sozusagen die Gräber ihrer geologischen Vorgänger auszugraben, aus denen Erdöl wurde. Wir haben die Dramatik des Klimawandels nicht begriffen. Der Temperaturanstieg sorgt für Fluten, Hurrikane, Dürren. Steigt die Temperatur bis 2040 nur um 1,5 Prozent, wird wohl die Hälfte der Arten ausgelöscht. Das ist das größte Thema für die Menschheit. Wir müssen bis 2040 von der Kohlenstoff-Zivilisation weg. Ich meine ganz weg, nicht nur weniger davon.

Aber wie?

Indem neue Kommunikation mit Energie und Mobilität verbunden werden. Millionen Deutsche speisen ihre Wind- und Solarkraft ohne Zusatzkosten in digitale Netze. Jetzt sind 35 Prozent des Stroms erneuerbar, 2040 werden es 100 Prozent sein. Ich arbeitete viele Jahre mit dem damaligen Umwelt- und Wirtschaftsminister Sigmar Gabriel an diesen Fragen. Als Nächstes sind Kommunikation und Energie mit neuer Mobilität zu verbinden, mit Elektroautos und Brennstoffzelle, dazu überall Sensoren. Am Ende können sich die Menschen global verbinden, daraus entsteht gesellschaftlich orientiertes Unternehmertum.

Große Worte.

Deutschland geht mit der Energiewende voran! Ihr habt reife Politiker. Ich bin ein Fan von Angela Merkel, ich nenne Frank Steinmeier einen Freund, und all die Grünen. Und vergesst nicht Sigmar Gabriel.

Mal sehen. Sie beraten die EU beim Plan „Smart Europe“. Wie weit ist Europa?

Wir begannen im Jahr 2000. Es gibt 9000 Städte mit tollen Projekten, Wasserstoffbusse, Fahrradwege. Aber das muss noch verbunden werden. Henry Ford brauchte Straßen und Pipelines, um Autos zur Massenware zu machen.

Hat das zerstrittene Europa die Kraft für solch eine Transformation?

Es gibt einen Aufstand gegen die neoliberale Globalisierung von links und rechts. Viele fühlen sich abgehängt. Diese Globalisierung kennzeichnet 500 Konzerne, die ein Viertel der Wirtschaftsleistung kontrollieren. Dagegen richtet sich der Protest. Jetzt haben wir die Chance auf offene kooperative Plattformen, von denen viele profitieren. Über etwa wird es nicht schaffen. Die Fahrer sagen einfach, lasst uns zusammenschließen, warum brauchen wir Uber? Das werden wir in vielen Branchen sehen. Es wird eine dezentrale Glokalisierung geben, eine Globalisierung, bei der starke Regionen und Verbände die Treiber sind.

Und dieses neue Modell wird bei den Menschen besser ankommen?

Als wir über die dritte industrielle Revolution redeten, sagte die Kanzlerin: Ich hätte dieses Modell gerne für Deutschland. Bei uns bestimmen die Regionen das Geschehen, das liegt an unserer Geschichte ...

... weil man dem übermächtigen Zentralstaat der Nazizeit etwas entgegengesetzte.

Wenn ich mit EU-Politikern bespreche, wie sich Fremdenhass und Rechtspopulismus bekämpfen lassen, sage ich: Ihr habt doch das Prinzip der Subsidiarität. Politische Macht soll von lokaler und regionaler Ebene ausgehen. Dazu passt das neue Wirtschaftsmodell, das glocalisiert.

Klingt ziemlich theoretisch.

Gar nicht! Ich organisiere mit einem Team seit Jahren den Wandel in der petrochemischen Region um Rotterdam und Den Haag und in der traditionellen französischen Industrieregion Hauts-de-France. Da arbeiten Konservative und Sozialisten zusammen. Da lernen Enkel von Bergleuten, Solarpaneele auf Gebäude zu montieren. Die Bürger entscheiden mehr als vorher.

Sie beraten auch die chinesische Regierung. Worum geht es dabei?

Der China-Plus-Plan ist so ähnlich wie Smart Europe. Bei einem Dinner von Ex-Telekom-Chef René Obermann traf ich eine Topmanagerin von Huawei. Sie erzählte mir, Premier Li schildere in seiner Biografie,

er habe mein Buch über die dritte industrielle Revolution gelesen und Politikader angewiesen, in diese Richtung zu arbeiten. Das Buch wurde dort inzwischen 700 000 Mal verkauft ... Wochen nach meinem ersten Besuch verkündeten sie, im Fünf-Jahres-Plan mit 80 Milliarden Dollar das Stromnetz zu digitalisieren, damit Bürger Wind- und Solarstrom produzieren können. Die Chinesen handeln so schnell!

Eine Diktatur muss keinen lästigen Widerspruch von Bürgern beachten. Fühlen Sie sich wohl, diese Machthaber zu beraten?

Ich fühle mich mit denen wohl, mit denen ich zu tun habe. Die Widersprüche sind ihnen bewusst. Aber Europa und China sind die einzigen Mächte, die unsere aktuellen Probleme lösen können. In den USA passierte schon vor Donald Trump wenig.

Aber China missachtet Menschenrechte.

Ich würde mit jedem Land zusammenarbeiten. Auch mit Nordkorea. Sie nicht? Wir müssen die Erde verändern.

Sie wenden alles ins Positive. Herr Rifkin, sind Sie ein unverbesserlicher Optimist?

Ich bin 73 Jahre alt. Ich habe viele Niederlagen erlebt. Ich dachte in den 80er-Jahren, der Klimawandel wird bekämpft. Nun haben wir die Erde mit unserem alten Modell fast ruiniert. Ich hoffe trotzdem. Industrielle Revolutionen geschehen schnell. Wir brauchen nur eine Vision.

Alexander Hagelüken ist Ökonom, Vater von vier Söhnen und Erfinder der Interviewreihe „Reden wir über Geld“. Seit 2015 schreibt er als Leitender Redakteur über Wirtschaftspolitik, Arbeit, Soziales und Welthandel. Er veröffentlichte die Bücher „Das Ende des Geldes, wie wir es kennen“, „Lasst uns länger arbeiten!“ und „Das gespaltene Land“.

ANATOMIE EINER KATASTROPHE

URSACHEN

Alle reden über die Klimakrise, aber kaum einer versteht sie.
Über ihre Ursachen und wie unsere Zukunft aussieht – bei 1,5 bis vier Grad



VON

CHRISTIAN ENDT, MARKUS C. SCHULTE VON DRACH, MARLENE WEISS

LESEDAUER: 22 MINUTEN

Wir stecken mitten in einer der größten Krisen der Menschheit. Und das ist der Grund dafür: ein winzig kleines Molekül. Kohlendioxid. Ein Gas, dessen Vorkommen in der Erdatmosphäre verschwindend gering ist. Aber seine Wirkung ist gewaltig. Wir heizen den Planeten auf, weil wir permanent CO₂ ausstoßen – viel zu viel, tonnenweise. Beim Fliegen oder beim

Autofahren zum Beispiel ist eine Tonne CO₂ relativ schnell freigesetzt. Auch beim Zugfahren entsteht Kohlendioxid, aber dort kommt man mit derselben Menge CO₂ sehr viel weiter. Eine Tonne, das ist so viel wie etwa das Braunkohlekraftwerk Neurath in die Luft abgibt – in einer Sekunde. Etwa zehnmals so viel, 9,6 Tonnen CO₂, verursacht ein typischer Deutscher pro Jahr – das ist ungefähr doppelt so viel wie alle

STARKREGEN,
STÜRME, DÜRREN,
HITZE. DAS KLIMA
HAT SICH BEREITS
DEUTLICH ERWÄRMT

Menschen weltweit im Schnitt. Das heißt, die gesamte Bundesrepublik bläst pro Jahr etwa 798 000 000 Tonnen CO₂ in die Luft. Weltweit belastet die Menschheit die Atmosphäre Jahr für Jahr mit Milliarden von Tonnen CO₂. Und seit der Industrialisierung sind es schon weit mehr als zwei Billionen Tonnen.

Eine Zahl, die man sich kaum vorstellen kann. Was man sich aber vorstellen kann: Dass eine so gewaltige Menge auch ein gewaltiges Problem für den Planeten und seine Bewohner bedeutet. All das CO₂ ist seit Mitte des 19. Jahrhunderts zusätzlich in die Luft gelangt und hat den natürlichen Kohlenstoffkreislauf nach und nach aus dem Takt gebracht. Denn Kohlendioxid ist zäh, es zerfällt nicht, es hält sich bis zu 1000 Jahre in unserer Atmosphäre und reichert sich dort an.

1750 kamen 280 CO₂-Moleküle auf eine Million Luftmoleküle (parts per million), heute sind es 407. Und das ist das entscheidende Problem, denn Kohlendioxid ist – wie etwa auch Methan oder Lachgas – ein Treibhausgas. Der Treibhauseffekt selbst ist erst einmal gar nichts Schlechtes, im Gegenteil. Er bewirkt, dass die von der Erde abgestrahlte Wärme nur zu einem Teil wieder ins Weltall verschwindet. Ein Teil bleibt da und verhindert, dass die Erde vereist. Ohne Treibhausgase hätten wir eine weltweite Mitteltemperatur von nur minus 18 Grad.

Der Zusammenhang wird auch deutlich beim Blick in die Erdgeschichte. Es gab schon immer Schwankungen, sowohl bei der Temperatur wie auch beim CO₂ – das ist normal. Oder vielmehr: Es war normal, denn die derzeitige Entwicklung ist es nicht mehr. Die CO₂-Konzentration bricht gerade historische Rekorde, sie übersteigt alles, was die Erde in Millionen von Jahren erlebt hat.

Das ist fatal, denn wenn die CO₂-Konzentration steigt, steigt auch die Temperatur. Das war zu Zeiten der Dinosaurier so, das war im Pliozän, vor etwa drei Millionen Jahren, so. Damals war die CO₂-Konzentration ähnlich, die Temperaturen in der Folge zwei bis drei Grad höher im Vergleich zu heute. Damals waren Grönland und die Nordpol-Region weitgehend eisfrei, ebenso die Westantarktis, wo Bäume wuchsen. Das mag harmlos klingen, bedeutet aber im Umkehrschluss, dass die Eismassen in die Ozeane fließen und den Meeresspiegel ansteigen lassen. Der war damals mindestens zehn Meter höher als heute, vielleicht sogar bis zu 40. So ist der Blick in die Vergangenheit womöglich auch einer in die Zukunft. Aber ein wesentlicher Unterschied ist, dass der Temperaturanstieg heute im Vergleich rasend schnell vonstatten geht.

Der Klimawandel hat längst begonnen

Seit einem Jahr wird verstärkt über den Klimawandel geredet, viel mehr als in all den Jahren zuvor, obwohl die Prozesse und Gefahren seit mehr als 30 Jahren bekannt sind. Der Unterschied ist, dass die Folgen sich nicht mehr verdrängen lassen. Nicht nur wegen Greta Thunberg und Fridays for Future. Nicht nur wegen der erschreckenden Sonderberichte des Weltklimarats IPCC zum 1,5-Grad-Szenario, zu den Landssystemen und zu den Ozeanen oder wegen des Berichts des Weltbiodiversitätsrats zum Artensterben.

Die Klimakrise ist, nun auch für Menschen im globalen Norden, im Wortsinn spürbar geworden. Stürme, Starkregen, Dürren, Hitze. Das Klima hat sich bereits deutlich erwärmt. Der Klimawandel beginnt nicht gerade erst – wir sind, lange schon, mitten drin. Die Erde ist heute um etwa ein Grad wärmer als vor 150 Jahren.

Es ist dasselbe wie beim Kohlendioxid-Anteil in der Atmosphäre: Hört sich nach wenig an, weil es nur ein globaler Mittelwert über alle Tages-, Jahreszeiten und Regionen ist. Aber die Temperatur der Erdoberfläche weist je nach Ort sehr verschiedene Werte auf. Schon das Festland und die Ozeane unterscheiden sich erheblich, dasselbe gilt für Wüsten und Tropen, Täler und Berge. Daher können die Auswirkungen im Einzelnen enorm sein, auch in Deutschland. Die extreme Hitze und Trockenheit in den Sommern dieses und voriges Jahr mit Temperaturen von mehr als 42 Grad lassen kaum noch eine andere Erklärung als die Erderwärmung zu, die Häufigkeit solcher Wetterereignisse nimmt Klimaforschern zufolge zu.

Und in anderen Regionen macht sich die Erderwärmung noch stärker bemerkbar – in der Arktis beispielsweise ist die Temperatur schon um zwei Grad gestiegen. Die Eisdecke schrumpft dort seit Jahren. Die Ausdehnung des Eises gerade im Sommer ist ein Gradmesser für den Klimawandel. In diesem Jahr waren im September nur noch 3,41 Millionen Quadratkilometer Eisfläche übrig, die zweitniedrigste je gemessene Ausdehnung. Auch alle anderen niedrigen Werte stammen aus diesem Jahrhundert.

Durch die Erderwärmung ist dieses Eis nur noch scheinbar „ewig“. In seinem jüngsten Spezialbericht zu Meeren und Eis erwartet der Weltklimarat eine eisfreie Arktis bis Ende des Jahrhunderts mit einer Wahrscheinlichkeit von bis zu 35 Prozent – selbst wenn wir die Zwei-Grad-Grenze halten, wonach es derzeit nicht aussieht.

Und es schmilzt ja nicht nur das Eis der Arktis. Der Eisverlust in Grönland hat sich seit 2000 verdoppelt, der in der Westantarktis sogar verdreifacht. Das Meer steigt schon jetzt um knapp vier Millimeter pro Jahr. Auch das klingt nach wenig, aber im Vergleich zur vorindustriellen Zeit sind es schon 25 Zentimeter. Und nicht nur die zunehmende Wassermenge macht das Meer gefährlicher. Steigende Wassertemperaturen an der Oberfläche sorgen für mehr Wind – und damit für höhere und zerstörerische Wellen.

Auch wenn es bei einzelnen Wetterereignissen kaum möglich ist, einen Kausalzusammenhang herzustellen – die wachsende Zahl von Stürmen insgesamt und ihre größere Heftigkeit sind aller Wahrscheinlichkeit nach Folgen des Klimawandels. Nur zwei Beispiele aus den vergangenen Wochen: Anfang September traf Hurrikan Dorian die Bahamas; es war der stärkste Sturm, der dort jemals gemessen wurde. Ganze Ortschaften wurden verwüstet, Siedlungen auf mehreren Kilometern Länge überflutet, Dutzende Menschen starben.

Nur wenige Wochen später folgte Wirbelsturm Lorenzo, der weniger Schaden anrichtete, aber auf anderer Ebene alarmierend war: Er trat nicht in der Karibik oder im Golf von Mexiko auf, sondern weit draußen auf dem Atlantik zwischen Mittelamerika und Westafrika, viel weiter östlich und nördlich als sonst. Aber mittlerweile ist das Wasser dort warm genug für diese Art von Stürmen. Und dann nahm Lorenzo Kurs auf Europa, das, so die Einschätzung

IM SOMMER 2019
ÜBERSCHLUGEN
SICH DIE EREIGNISSE –
UND DIE HIOBS-
BOTSCHAFTEN

von Klimaforschern, sich künftig womöglich auf eine Hurrikan-Saison einstellen muss.

Und auch sonst überschlugen sich im Sommer 2019 die Ereignisse – und die Hiobsbotschaften. Island vermeldete den Tod eines Gletschers, des ersten infolge des Klimawandels.

In Brasilien stand das Amazonasgebiet in Flammen, Hunderttausende Hektar Wald und Weiden verbrannten.

Wie viel Zeit und CO₂ noch bleibt

Das sind die Folgen davon, dass die Menschheit bereits mehr als zwei Billionen Tonnen CO₂ in die Luft geblasen und so die Klimakrise ausgelöst hat. Um diese aufzuhalten oder zumindest beherrschbar zu machen, müssen wir diesen Ausstoß drastisch reduzieren. Für jedes Grad lässt sich eine maximale Menge Kohlendioxid berechnen, die wir noch emittieren dürfen – sonst wird es noch wärmer. Mit diesem CO₂-Budget ist also auch unser Schicksal verknüpft.

Wollen die Staaten die Erderwärmung zumindest theoretisch noch auf 1,5 Grad begrenzen, müssen sie schnell auf die CO₂-Bremsen treten. Bleibt der jährliche Ausstoß so wie jetzt, haben wir nicht einmal mehr neun Jahre, bis wir gar kein CO₂ mehr emittieren dürfen.

Um die Erderwärmung zumindest bei um die zwei Grad zu halten, bleiben der Menschheit noch etwa 1130 Gigatonnen CO₂ – ausgehend von den aktuellen Emissionen sind das grob geschätzt noch etwa 25 Jahre, um auf 0 zu kommen.

Ab hier werden Prognosen wegen der vielen Faktoren sehr schwierig – in jedem Fall bedeuten drei Grad dramatische Umwälzungen. Damit es nicht noch wärmer wird, dürften wir nur noch bis circa 2050 so wie bisher Treibhausgase emittieren und müssten bis 2100 auf 0 kommen.

Im Vier-Grad-Szenario wären bis Ende des Jahrhunderts fast 4000 weitere Milliarden Tonnen Kohlendioxid in die Luft gelangt – und die Menschen hätten es auch dann noch nicht geschafft, klimaneutral zu leben.

Es geht theoretisch aber noch weiter, über das derzeit Vorstellbare hinaus. Die CO₂-Emissionen hier sind nur geschätzte Maximalbudgets, jenseits derer nur mehr bedrohliche Unwägbarkeiten liegen. Solange Treibhausgase freigesetzt werden, steigt auch die Temperatur weiter. Immer weiter.

SOLANGE
TREIBHAUSGASE
FREIGESETZT
WERDEN, STEIGT
AUCH DIE
TEMPERATUR
WEITER. IMMER
WEITER

Was kommt also auf die Welt zu?

Es scheint, als ob die Nachrichten dieses Sommers ein Blick in die klimatische Glaskugel waren. Als ob Hitze, Stürme, Waldbrände und all die anderen Hiobsbotschaften ein bitterer Vorgeschmack auf eine unwirtliche Zukunft waren. Denn alles deutet darauf hin, dass das nur der Anfang war. Denn schon jetzt ist klar: Die Erde wird sich weiter erwärmen. Die Frage ist nur noch: Wie sehr?

1,5 bis zwei Grad

Die schlechte Nachricht zuerst: Selbst wenn es gelingt, die CO₂-Emissionen sehr schnell drastisch zu reduzieren, werden massive Folgen in allen Teilen der Erde zu spüren sein. Um mindestens 30 Zentimeter wird der Meeresspiegel bis 2100 auf jeden Fall steigen, aber auch 60 Zentimeter sind denkbar. Atoll-Inseln werden damit zwar nicht versinken, aber unbewohnbar, da die unterirdischen Trinkwasserspeicher vielerorts durch regelmäßige Fluten versalzen. Metropolen wie Shanghai müssen sich mit Deichen schützen.

Der Meeresspiegel wird noch mindestens über Jahrhunderte weiter steigen, um bis zu einem Meter, vielleicht auch zwei; über die Jahrtausende könnten selbst in diesem Szenario bis zu elf Meter folgen, wenn Kippunkte überschritten werden. Weil das von Menschen in die Atmosphäre gebrachte CO₂ lange nachwirkt: Selbst in 10 000 Jahren werden noch bis zu 14 Prozent des heute ausgestoßenen Kohlendioxids vorhanden sein. Die Temperaturen werden auch lange, nachdem die Emissionen gestoppt sind, nicht sinken. Nur wenn es gelingt, mit technischen Innovationen CO₂ in großem Stil aus der Luft zurückzunehmen, werden die Temperaturen wieder sinken. Doch das ist momentan nicht absehbar.

Die Arktis wird sich – auch bei Erreichen des Paris-Ziels, eine Erwärmung der Welt um zwei Grad zu verhindern und auf 1,5 Grad zu begrenzen – um bis zu fünf Grad erwärmen. Das heißt, dass Lebensräume in Permafrost und Eis deutlich schrumpfen. Eisfreie Sommer am Nordpol sind dann zwar nicht die Regel, aber schätzungsweise einmal pro Jahrzehnt zu erwarten. Auch die Westantarktis wird womöglich einen großen Teil ihres Eises verlieren.

Eng wird es vor allem für Grönland: Forscher schätzen bei großer Unsicherheit nach oben und unten, dass bei einer Erwärmung von 1,8 Grad ein Kippunkt erreicht ist. Dann schmilzt das Eis lang-

sam, aber sicher komplett ab. Auch in diesem günstigsten Szenario nehmen Wetterextreme zu: Starkregen wird um etwa ein Drittel häufiger werden, Dürren etwa vier Monate länger andauern; Tropen-Wirbelstürme werden um bis zu zehn Prozent heftiger, dafür aber etwas seltener. Auch zu Hitzewellen wird es häufiger kommen als heute: Extreme Hitzewellen wie jene von 2003 in Mitteleuropa sind weiterhin seltene Ereignisse und nicht die Normalität; 70 Prozent der Weltbevölkerung werden sie seltener als einmal in 20 Jahren erleben.

Allerdings müssen die Menschen in mittleren Breitengraden, auch in Deutschland, mit einem stärkeren Temperaturanstieg rechnen als dem globalen Durchschnittswert. Eine Erhöhung um 1,5 Grad hat Deutschland bereits erreicht. Steigt die Temperatur global um diesen Wert, sind extrem heiße Tage hier etwa drei bis vier Grad wärmer als in der vorindustriellen Zeit, also müssen die Menschen in Deutschland mit Temperaturen bis maximal um die 44 Grad rechnen. Nachts ist das noch deutlicher spürbar: Die wärmsten Nächte hierzulande sind in diesem Szenario bis zu sechs Grad wärmer. Das bedeutet für die Menschen im Westen, dass sie in Zukunft weniger heizen müssen. Dafür dürfte der Energieverbrauch für Klimaanlage allerdings deutlich zunehmen.

Schon eine solche Entwicklung ist für viele Tiere und Pflanzen dramatisch – sie wird mutmaßlich für einen großen Teil der Warmwasserkorallen das Ende bedeuten; schon heute sind sie schwer geschädigt. Unterwasserwüsten statt einem der an und für sich lebendigsten und artenreichsten Lebensräume wie hier vor den Malediven werden dann die Regel sein.

Trotzdem ist eine 1,5- oder auch 1,9-Grad-Welt nicht unwirtlich. Bis zu 30 Prozent der Korallen etwa können bei 1,5-Grad-Temperaturanstieg überleben, viele Meeres- und Küstenökosysteme bleiben erhalten. Mehr als 80 Prozent der Insekten und Pflanzen sowie mehr als 90 Prozent der Wirbeltiere können immerhin mindestens die Hälfte ihres klimatischen Lebensraums behalten. Und die Natur hätte eine gute Chance, sich langfristig einigermaßen anzupassen.

Zwei bis drei Grad

Wenn die Staaten lediglich ihre bislang gemachten Zusagen aus dem Paris-Abkommen umsetzen und nicht noch kräftig nachlegen, wird sich die Welt im Vergleich zur vorindustriellen Zeit um bis zu drei Grad erwärmen. Damit wird sich das Klima und auch das Leben auf der Erde radikal verändern.

UNTER DÜRREN
UND UNTER
WASSERKNAPPHEIT
WERDEN, SO
BEFÜRCHTEN DIE
FACHLEUTE, FAST
200 MILLIONEN
MENSCHEN LEIDEN

Natürlich wird ein solcher Wandel, wenn er einsetzt, Jahrtausende dauern. Aber in der Drei-Grad-Welt steigt der Meeresspiegel schon bis zum Jahr 2100 vermutlich um etwa 60 Zentimeter, schon bis 2300 könnten ein bis zwei weitere Meter hinzukommen – später noch mehr. Tiefliegende Inseln wie Kiribati oder Tuvalu erodieren und werden mindestens teilweise überflutet.

Lebensräume und ganze Kulturen gehen unter. Und nicht nur Millionenstädte wie das indische Kalkutta oder Dhaka in Bangladesch sind zunehmend vom Meer bedroht. Auch europäische Küstenstädte wie Rotterdam in den Niederlanden oder auch Hamburg werden sich nur mit Dämmen und Deichen vor Überflutungen schützen können. Schon in den nächsten Jahrzehnten werden die Veränderungen massiv sein: Die Erwärmung führt dazu, dass Warmwasserkorallen kaum eine Überlebenschance mehr haben, weil sich die Anzahl der Hitzewellen-Tage im Meer in etwa verdreißigfacht. Bis die Temperatur auf drei Grad gestiegen ist, dürften die Riffe längst abgestorben und von Algen überwuchert sein. Dass die toten Korallenskelette zerbröckeln, hat zur Folge, dass die Inseln und Küstengebiete hinter den Riffen nicht mehr vor den Wellen geschützt sind. Und die werden wegen des steigenden Meeresspiegels ohnehin immer mächtiger.

Das gilt auch für tropische Wirbelstürme, die wahrscheinlich schon bei zwei Grad Erwärmung im Mittel um mindestens zehn Prozent stärker sind: Sie erreichen häufiger als früher die zerstörerischen höchsten Kategorien 4 oder 5. Die Schadenssummen sind dann immens.

Auch andere Wetterextreme nehmen zu: Starkregen etwa wird vermutlich schon bei zwei Grad um 36 Prozent häufiger sein – das verstärkt Erosionsprobleme und damit die Gefahr von Erdrutschen. Flusshochwasser werden häufiger, auch in gemäßigten Breiten, auch in Europa – auf Deutschland bezogen geht man schon jetzt davon aus, dass die Schadenssumme um das Achtfache steigen wird.

Die Experten von „Carbon Brief“, die Daten von 70 Studien zusammengefasst haben, berichten, schon bei zwei Grad mehr steige die Wahrscheinlichkeit für ein Jahrhunderthochwasser am Rhein um fast 40 Prozent. Noch schlimmer kommt es in anderen Regionen: In Bangladesch, Bhutan und Indien vervielfacht sich die Zahl der Menschen, die von Hochwassern betroffen sind und Häuser und Ernten verlieren.

Große Dürren, die heute noch Jahrhundertereignisse sind, könnten in großen Teilen Afrikas, Australiens, Südeuropas, Nord- und Südamerikas und der

Karibik alle zwei bis fünf Jahre auftreten. Und statt wie heute einige Monate lang ist es durchaus wahrscheinlich, dass eine durchschnittliche Dürre beispielsweise in Südeuropa fast ein Jahr dauert, in Nordafrika sogar ein bis zwei Jahre. Dürre wäre in diesen Regionen dann nicht mehr die Ausnahme, sondern der Normalzustand. Unter diesen Dürren und unter Wasserknappheit werden, so befürchten die Fachleute, fast 200 Millionen Menschen leiden – was auch Fluchtbewegungen auslösen könnte. Darüber hinaus gehen Experten bei zwei Grad mehr davon aus, dass für Europa die Wahrscheinlichkeit einer Hitzewelle wie 2003 bei fast 60 Prozent liegt – in jedem Jahr. Damals starben Tausende Menschen wegen der extremen Temperaturen.

Auch auf dramatische Waldbrände wird sich Europa weit mehr als bisher schon einstellen müssen: Die jährlich verbrannte Fläche etwa im Mittelmeerraum steigt in diesem Szenario um mehr als 50 Prozent. Das bedeutet auch: Die Lebensmittelversorgung wird unsicherer, Knappheiten, Preisschwankungen und Hungersnöte häufen sich, da das, was im Süden an Ernten verloren geht, nur teilweise von neuen Anbaugebieten im Norden ausgeglichen werden kann.

Noch massiver sind die Auswirkungen im Norden: Sommer ohne Eis in der Arktis sind wahrscheinlicher als solche mit; die Schneedecke in den warmen Monaten geht auf der ganzen Nordhalbkugel schon bei zwei Grad Erwärmung vermutlich um ein Viertel zurück. Der bodennahe Permafrost taut auf etwa der Hälfte der weltweiten Fläche auf, in der Tundra entstehen dann Buschlandschaften, Feuchtgebiete und Seenplatten.

Die Feuchtigkeit kann dazu führen, dass noch größere Mengen des stark wirksamen Treibhausgases Methan aus dem Boden entweichen – einer der zentralen Kipppunkte, der den Klimawandel womöglich stark beschleunigen wird. Auch Grönlands Gletscher sind dann aller Wahrscheinlichkeit nach instabil geworden, die Eisdecke schmilzt unaufhaltsam ab, weil sie sich nicht mehr durch Schneefall selbst erhalten kann. Nicht mehr nur die Westantarktis verliert an Masse, sondern nun auch die riesige Ostantarktis.

Solche rapiden Veränderungen kann die Natur kaum mehr abpuffern. Wenn die globale Durchschnittstemperatur um drei Grad steigt, bedeutet das für trockene Landgebiete, dass sie sich um mindestens vier bis fünf Grad erwärmen. Und das bedeutet für etwa die Hälfte aller Pflanzen und Insekten, dass sie mehr als 50 Prozent ihres Lebensraums verlieren. Das Massenaussterben des 21. Jahrhunderts wird sich dann mutmaßlich erheblich beschleunigen.

Übervier Grad

Wenn die Industriestaaten ihren Pro-Kopf-Ausstoß von Treibhausgasen nicht bald deutlich reduzieren und die Entwicklungsländer ihren Energieverbrauch weiter erhöhen, dann kann die globale Durchschnittstemperatur Ende dieses Jahrhunderts um vier oder noch mehr Grad steigen. Das ist die derzeit besorgniserregendste Zukunftsprognose. Hier verändert sich die Erde so stark, dass Prognosen zu den Folgen sehr schwierig sind.

Das Klima und die Ökosysteme der Erde sind extrem komplex. Was an einem Ort passiert und dort womöglich gar keine dramatischen Konsequenzen nach sich zieht, kann die Klimaveränderungen andernorts und insgesamt stark beeinflussen. Für das Vier-Grad-Szenario ist davon auszugehen, dass die für eine Temperaturzunahme von 1,5 Grad bis drei Grad beschriebenen Folgen nicht nur etwas schlimmer werden. Jeder weitere Temperaturanstieg erhöht die Wahrscheinlichkeit, dass ein Kipppunkt passiert wird, dass also nicht mehr zu stoppende, fatale Dominoeffekte ausgelöst werden.

WENN GRÖNLAND
EISFREI IST, WIRD
DER MEERESSPIEGEL
UM SIEBEN METER
HÖHER LIEGEN

DAMIT WÄCHST
DAS RISIKO
FÜR GEWALTSAME
KONFLIKTE, ETWA
ZWISCHEN GRUPPEN
ODER STAATEN,
DIE UM RESSOURCEN
KONKURRIEREN

Die Wahrscheinlichkeit, dass der Grönländische Eisschild abschmilzt, nimmt deutlich zu – und wenn Grönland eisfrei ist, wird der Meeresspiegel um sieben Meter höher liegen. In der Folge werden in vielen Küstengebieten Schutzmaßnahmen notwendig, um die See fernzuhalten. Wo das nicht gelingt, drohen neben Überflutungen und Hochwasser auch die Erosion der Küsten und die Versalzung des Grundwassers.

Die Häufigkeit schwerer Stürme nimmt wahrscheinlich weiter zu, entsprechend leiden mehr Menschen, vor allem in Asien, unter den Folgen. Zum Beispiel: Wenn heute etwa in Russland ein Mensch von einem Sturm betroffen ist, werden es künftig fünf sein, in Indien 24, in Bangladesch sogar 32. Ohne ausreichende Schutzmaßnahmen, so warnt der IPCC, werden insgesamt Hunderte von Millionen Menschen ihre Heimat an die See verlieren.

Auch die Zahl der Hitzetoten steigt deutlich – und zwar auch dort, wo das Klima bislang gemäßigt war. Für Deutschland etwa meldet der Deutsche Wetterdienst einen Erwärmungstrend von plus 1,5 Grad seit 1881, in Bayern liegt die Temperatur in der Regel noch

etwas höher, und in der Großstadt München, wo die Luft zwischen hohen Häusern schlechter abkühlt als im Umland, ist die Temperatur besonders hoch. Das heißt: Steigt die Oberflächentemperatur global um vier Grad, müssen München und Umgebung bis 2100 sogar mit einem Anstieg um fünf bis sechs Grad rechnen. Auch in Städten wie Berlin, Hamburg und Frankfurt am Main könnten es bis zu fünf Grad und mehr werden, warnen die Experten von „Carbon Brief“.

Das bedeutet aber nicht nur Schweiß und schlaflose Nächte – sondern, dass Menschen sterben. Schon im Hitzesommer 2018 sind allein in Berlin und Hessen mehr als tausend meist ältere Menschen aufgrund der Hitze gestorben.

Eine große Studie aus Frankreich über den extremen Sommer 2003 kam sogar zu dem Schluss, dass in Westeuropa 70 000 Menschen Opfer der Hitze wurden, davon etwa 7000 in Deutschland. Bei einem Anstieg um vier Grad wird auch die Zahl der Hitzetoten zunehmen – in Frankreich um knapp sechs Prozent, in Spanien und Italien um mindestens sieben Prozent, noch deutlich höher etwa in Vietnam, auf den Philippinen und in Thailand. Gefährlich wird auch, dass sich in manchen Regionen Krankheiten weiter ausbreiten. So dürfte in Südamerika etwa die Zahl der Dengue-Fieber-Fälle um mehrere Millionen ansteigen. Malaria könnte in Gebieten auftreten, in denen es sie zuvor nicht gab.

Neben mehr Hitze müssen Menschen weltweit auch mit mehr Trockenheit rechnen. Global und regional, so der Weltklimarat IPCC, wird eine Erwärmung von etwa vier Grad die Nahrungssicherheit insbesondere in den tropischen und gemäßigten Regionen stark gefährden. Dass es aufgrund der Klimaveränderungen mancherorts auch Ertragssteigerungen geben wird, wird die Ernteausfälle insgesamt nicht ausgleichen.

Die Ernährung wird auch beeinträchtigt durch die Veränderungen in den Meeren und Flüssen, die massive Folgen für die Fischerei haben. In den Ozeanen wird vielerorts der Sauerstoff knapp, zugleich kommt es durch die Kohlendioxidemissionen zur Versauerung. Tote Zonen breiten sich aus.

Damit wächst das Risiko für gewaltsame Konflikte, etwa zwischen Gruppen oder Staaten, die um Ressourcen konkurrieren. Die Folge wären Fluchtbewegungen. Die genaue Zahl ist sehr schwer vorzusagen, Schätzungen reichen von 50 bis 200 Millionen Klimaflüchtlingen Mitte des Jahrhunderts. Sollte der Meeresspiegel um einen halben Meter ansteigen, wäre der Siedlungsraum von 72 Millionen Menschen bedroht.

Und jetzt?

Das ist die erschütternde Bilanz bisher. Man muss festhalten: Das Ziel, die Erderwärmung im Vergleich zum vorindustriellen Niveau auf 1,5 Grad zu begrenzen, das Ziel, auf das sich die Weltgemeinschaft dem Pariser Abkommen nach offiziell verpflichtet hat, ist angesichts der seitdem augenscheinlichen politischen Lethargie fast illusorisch. Und selbst wenn ab sofort niemand mehr fossile Brennstoffe verwenden würde, würde die Temperatur aufgrund des Beharungsvermögens von CO₂ erst mal noch weiter steigen.

Das bedeutet aber nicht, dass es sich nicht lohnte, etwas gegen weitere Emissionen zu tun. Ganz im Gegenteil: Gerade die Unwägbarkeiten, die Unsicherheit der Prognosen und das unkontrollierbare Gefahrenpotenzial von Kipppunkten sind ein Argument für den Kampf um jedes Zehntelgrad.

Mit diesem Beitrag gewann das Team der *Süddeutschen Zeitung* den Deutschen Reporterpreis in der Kategorie Multimedia. Der Preis wird vom Journalisten-Netzwerk Reporter-Forum verliehen.

DER FEIND IN MEINEM BETT

ROHSTOFF

CO₂ gilt als Klimakiller. Doch für die Industrie könnte das Gas zum wichtigen Rohstoff werden, etwa für Kleidung – und Matratzen



VON
BENEDIKT MÜLLER-ARNOLD

LESEDAUER: 13 MINUTEN
Spinnturm nennen die Forscher diesen fensterlosen Trakt ihres Instituts für Textiltechnik in Aachen. Hier oben, im dritten Stock eines Neubaus der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule (RWTH) schmilzt Kunststoff im heißen Gehäuse der großen Spinnmaschine. Eine Pumpe presst die Masse durch eine Schablone mit Düsen, die so fein sind, dass man

die Löcher auf den ersten Blick kaum sieht. Darunter zieht der Kunststoff hauchdünne Fäden, die unten im Erdgeschoss mit einer Saugpistole eingefangen und aufgewickelt werden.

Der Spinnturm ist der Schauplatz einer Neuheit, die der Kunststoffkonzern Covestro Anfang Juli vorstellen will. Das Besondere an der elastischen Textilfaser der Forscher: In dem Kunststoff steckt eine

kleine Brise CO₂. Das für den Klimawandel mitverantwortliche Treibhausgas ist in der Faser zu einem kleinen Anteil chemisch fest gebunden.

Was nach einer sprichwörtlichen Spinnerei klingen mag, ist für Thomas Gries ein Durchbruch. Der 55-jährige Wirtschaftsingenieur hat früher selbst für einen Anlagenbauer gearbeitet, der Textilhersteller belieferte. Heute leitet er als Professor das Aachener Institut, in dem an Textilien der Zukunft geforscht wird. Mit der neuen CO₂-Faser experimentieren auch Socken- und Sportartikelfirmen. Erste Tests seien vielversprechend, sagt Gries.

Für viele Industrieunternehmen ist CO₂ derzeit noch ein reines Abfallprodukt. Kohlemeiler und Stahlwerke, Chemie- und Zementfabriken pusteln jährlich Millionen Tonnen in die Atmosphäre. Nicht erst seit den Demonstrationen von Fridays for Future müssen sie sich fragen, welche Verantwortung sie für die Erderwärmung mit all ihren Folgen tragen. Doch CO₂ kann auch ein Rohstoff sein, etwa für Kunststoffhersteller. Was sie aus dem Klimakiller gewinnen, zeigt ein Ausflug ins Rheinland, zu Traditionsunternehmen die einst mit der Kohle groß geworden sind.

Im Aachener Institut liegen die ersten Produkte aus, in denen Markenhersteller die CO₂-basierte Faser testweise verarbeitet haben: zwei Paar bunte Socken etwa, die sich anfühlen wie ganz gewöhnliche Strümpfe. Auch für elastische Bänder, die etwa im Hosenbund oder in BH-Trägern stecken, sei das neue Material geeignet, sagt Gries. „Die elastischen CO₂-basierten Textilfasern bestehen weder aus Baumwolle, deren Anbau viel Wasser benötigt, noch aus dem knappen Rohstoff Wolle.“

Dem Wissenschaftler schweben viele neue Anwendungen vor. Gut 80 Prozent aller Kleidungsstücke bestehen zumindest teilweise aus elastischen Materialien. Fasern wie Elastan sind dehnbar, aber reißfest. Nicht nur Socken und Stützstrümpfe bestehen zu ein paar Prozent aus elastischen Fasern für den perfekten Sitz. „Die Textilbranche insgesamt ist die drittgrößte Industrie der Welt und die zweitgrößte Konsumbranche Deutschlands“, sagt Gries. „Das zeigt, wie groß das Potenzial CO₂-basierter Textilfasern ist.“

Der Leverkusener Konzern Covestro liefert den Rohstoff dafür: ein Granulat, das zum Teil aus CO₂ besteht. Wie Tausende kleine Hagelkörner lagert es in blauen Blechzylindern, oben im Spinnturm. Die Forscher trocknen den Kunststoff in einer großen Trommel, damit sich später ja keine Dampfblasen in der Faser wölben. Was Gries und seine Mitarbeiter heute im Spinnturm erproben, soll schon bald in gro-

ßen Fabriken funktionieren. Covestro und die RWTH bereiten gerade ein Folgeprojekt mit Spinnmaschinenbauern, Sportartikel- und Textilherstellern vor, das die CO₂-Textilien binnen drei Jahren in die Verkaufsregale bringen soll. Da Rohstoffkosten ohnehin nur einen Bruchteil des Preises einer Markensocke oder eines Sportschuhs ausmachen, soll die Innovation nicht an den Kosten scheitern. Gries jedenfalls ist zuversichtlich: „Viele Industriepartner öffnen sich derzeit für einen Wechsel hin zur Bioökonomie.“ Also weg von endlichen Rohstoffen wie Erdöl, hin zu erneuerbaren Quellen.

Das Einfangen und Nutzen von CO₂, sogenanntes Carbon Capture and Usage (CCU), ist ein Beispiel dafür. Auch Siemens und der Chemiekonzern Evonik etwa wollen Spezialchemikalien aus CO₂ herstellen und dazu bis 2021 eine Versuchsanlage im Ruhrgebiet aufbauen. Deutschlands größter Einzelemittent von CO₂, der Kohlekonzern RWE, hat erst kürzlich eine Projektanlage skizziert, um Treibstoffe aus CO₂ und Wasserstoff zu produzieren.

Auf der anderen Seite der Wertschöpfungskette können dann etwa die Hersteller von Dünger, Matratzen, Möbeln und Textilien Waren anbieten, in denen ein Hauch CO₂ fest gebunden und der Atmosphäre

ELASTISCHE FASERN
MIT CO₂
VERHELFFEN SOCKEN
UND STRÜMPFEN
ZUM PERFEKTEN SITZ

entzogen ist. Derlei Symbiosen entstehen gerade in Deutschland, vor allem dort, wo noch viel Industrie vorhanden und die Wege zwischen Fabriken, Kraftwerken und Laboren kurz sind.

Bei Covestro tüftelt Christoph Gürtler seit 2007 daran, was sich mit dem Klimakiller anstellen lässt. Der großgewachsene Doktor der organischen Chemie hat in seinem Leben schon mehr als 120 Patente entwickelt. Damals war der heute eigenständige Dax-Konzern noch die Kunststoffsparte von Bayer, und die Verwendung von CO₂ galt allenfalls als Spielerei in Leverkusen. Dennoch entstanden eine Projektgruppe und ein erster Laborreaktor.

Gürtler sieht, dass die Energiewirtschaft an der Dekarbonisierung, also dem Ausstieg aus Kohle, Erdöl und Gas, arbeitet. Aber er sagt auch: „Wir brauchen Kohlenstoff als Rohstoff.“ In Dormagen bei Köln gewinnt Covestro seit 2016 einen kleinen Teil des Kohlenstoffs aus CO₂-Emissionen einer Nachbarfabrik. Dort entsteht ein Kunststoff namens Cardyon, durchsichtig, ähnlich dickflüssig wie Honig, der bis zu 20 Prozent aus CO₂ besteht. „Ich bin verblüfft, für wie viele Anwendungen Cardyon geeignet ist“, sagt Gürtler: von Textilien über Schaumstoffe bis zu Bindemitteln.

In Dormagen lebt man seit 100 Jahren die industrielle Symbiose. Einst als Bayer-Werk entstanden, ist der „Chempark“ am Rhein heute so groß wie 500 Fußballfelder. Schiffe transportieren Rohstoffe hierher, die in Pipelines über den Köpfen der Menschen in die Fabriken fließen, und nehmen fertige Chemikalien mit. Da Bayer in der Vergangenheit immer wieder Konzernteile abgespalten hat, sitzen mittlerweile 60 verschiedene Betriebe hier. Doch die Logik des Verbunds bleibt: Die Nebenprodukte der einen Fabrik sind die Rohstoffe der anderen. Lauter bunte Röhren verbinden die Werke auf halber Höhe.

Mit Cardyon ist nun auch CO₂ Teil des Verbunds: Covestro nutzt das Gas, das in einer Ammoniakanlage in der Nähe entsteht. Das CO₂ strömt unter Druck in einen Kessel, der einige Meter tief ins Untergeschoss ragt. 50 riesige Schrauben halten den dickwandigen Reaktor zusammen. Es ist heiß, die Abwärme zahlloser Anlagen heizt die Luft auf.

5000 Tonnen Cardyon kann Covestro jährlich herstellen. Das mag nach viel klingen, sind aber nur ein paar Prozent aller Kunststoffvorprodukte, die Covestro produziert. „Es ist nicht unser Anspruch, mit Cardyon das Klima zu retten“, sagt Gürtler. „Doch wir können CO₂ hier nutzen, um fossile Rohstoffe einzusparen.“ Die Anlage sei ein Anfang, sie solle größer

MATRATZEN WERDEN
MIT CARDYON
HERGESTELLT, DARIN
IST CO₂ FEST IN
DER CHEMIKALIE
GEBUNDEN

werden. „Aber es dauert Jahre, bis die Chemie in den Prozessen stimmt und bis sich CO₂-basierte Produkte am Markt etablieren.“

Etwa 15 Millionen Euro hat die Anlage in Dormagen gekostet, eine größere könnte im nächsten Jahrzehnt folgen. „Wir als Unternehmen würden nicht in die Cardyon-Produktion investieren“, sagt Gürtler, „wenn die Produkte nicht qualitativ vergleichbar oder besser als herkömmliche und genauso wirtschaftlich wären.“ Das setzt der CO₂-Nutzung allerdings Grenzen: Bestände Cardyon zu mehr als 20 Prozent aus dem Treibhausgas, droht etwa der Schaumstoff im Endprodukt Matratze zu hart zu werden.

Zu den Anwendern gehört etwa der belgische Schaumstoffkonzern Recticel, hierzulande bekannt für die Marke Schlaraffia. Er stellt Matratzen mit Cardyon her. Deren Käufer schlafen freilich nicht auf einem Haufen Treibhausgas; das CO₂ ist vielmehr fest in der Chemikalie gebunden. Zudem hat Covestro ein CO₂-basiertes Bindemittel entwickelt, das im Unterbelag mehrerer Sportplätze steckt.

Dass Industriekonzerne Treibhausgase vermeiden oder verwenden wollen, hat mehrere Ursachen. Da sind zum einen Vorgaben der Politik: Bis 2030 will Deutschland jährlich 55 Prozent weniger CO₂

emittieren als noch 1990. Dieses Ziel verfolgt der Bund, damit er sein Versprechen gegenüber der Pariser Klimakonferenz einhalten kann. Langfristig soll die ganze EU praktisch klimaneutral wirtschaften. Zwar plant die Politik gerade den Ausstieg aus der klimaschädlichen Kohleverstromung. Doch steht auch die Industrie für gut ein Fünftel der CO₂-Emissionen hierzulande. Langfristig muss sie also entweder fossile Rohstoffe aus der Produktion verbannen oder anderswo Wälder aufforsten, um Emissionen auszugleichen. CO₂ unterirdisch zu speichern, gilt als sehr aufwendig.

Oder aber die Industrie fängt ihr CO₂ ein und spart damit eines Tages Geld: Denn seit 2005 müssen Großindustrie und Kraftwerksbetreiber in der EU Zertifikate kaufen, damit sie CO₂ ausstoßen dürfen. Die Menge der Verschmutzungsrechte ist gedeckelt und wird immer kleiner. Dümpelte der Preis lange unter zehn Euro je Tonne, ist er in den vergangenen Monaten auf gut 25 Euro gestiegen. Darüber hinaus diskutiert die Politik über eine CO₂-Steuer. Umso ambitioniertere Klimaziele setzen sich nun Konzerne wie BASF oder Bosch. Getrieben von Investoren, Kunden und Beschäftigten modernisieren sie Produktion und Gebäude, stellen auf Ökostrom um, investieren in Klimaschutzprojekte weltweit.

Doch es gibt auch Unternehmen, in denen Kohlendioxid Teil eines jahrzehntealten Erfolgsrezepts ist. Etwa an Europas größtem Stahlstandort Duisburg. Wenn das heiße Eisen hier beim Abstich aus dem Hochofen von Thyssenkrupp strömt, schimmert die ganze Halle rötlich bis unters Dach. Der Abstich ist ein Stück Malocherromantik, sozusagen der Sonnenuntergang der schuftenden Bevölkerung. Jede Tonne heißen Hüttengases wird hier für die Wärme- und Stromerzeugung genutzt, viele Werke versorgen sich selbst. Doch strömt am Ende dieser Kette unweigerlich CO₂ in die Luft. Allein die Eisen- und Stahlindustrie steht für gut sechs Prozent der CO₂-Emissionen Deutschlands.

Zwar versuchen die Hersteller nun, Kohle durch Wasserstoff zu ersetzen. Denn auch der kann Eisenerz reduzieren; am Ende entsteht dann Wasserdampf statt CO₂. Doch haben derlei Versuche, etwa in einem Hochofen von Deutschlands größtem Stahlhersteller Thyssenkrupp in Duisburg, gerade erst begonnen.

Von diesem Sommer an strömt hier Wasserstoff statt Kohlenstaub in den 1200 Grad heißen Ofen – zunächst nur durch eine der 28 Blasformen, das sind kleine Öffnungen. Wie sich das Produkt dadurch verändert, wolle Thyssenkrupp genau analysieren,

FORSCHER WOLLEN
TREIBHAUSGASE
IN KRAFTSTOFFE
UMWANDELN

erklärt Stahlvorstand Arnd Köfler zum Auftakt in Duisburg, und dann „in einer zweiten Projektphase den gesamten Hochofen auf diese Weise umstellen“. Bis zu 19 Prozent weniger CO₂ würde so je Tonne Roh-eisen entstehen.

Doch ganz ohne Koks-kohle kommt dieser klas-sische Hochofen, einer von vieren von Thyssenkrupp am Ort, nicht aus. Eine weitreichende Umstellung auf Wasserstoff, Ökostrom und Lichtbogenöfen, wie sie etwa auch Deutschlands zweitgrößter Stahlhersteller Salzgitter in den nächsten Jahren plant, wird Zeit und viele Milliarden kosten. Dabei leidet die Branche ohnehin seit Jahren an weltweiten Überkapazitäten, neuerdings auch einer schwächeren Nachfrage. Und wirklich grün wird Stahl erst, wenn auch der viele Strom für die Elektrolyse von Wasser zu Wasserstoff aus erneuerbaren Quellen stammt.

Zumindest für den Übergang hat Thyssenkrupp daher ein sogenanntes Technikum auf das riesige Gelände in Duisburg gebaut. Dicke, graue Rohre transportieren Hüttengase über eine Reinigungs-anlage in das neue Labor. Über gelb lackierte Metall-treppen kommen die Techniker von außen an die zischenden Kessel heran. Aus den Hüttengasen, die neben CO₂ vor allem Stickstoff und auch Wasserstoff enthalten, stellen die Forscher hier Methanol und Ammoniak her.

Es sind Ausgangsstoffe etwa für Kraftstoff oder Kunstdünger. Zudem forschen Partnerfirmen auch hier an Kunststoffen aus Treibhausgas. Noch produ-zieren sie nur kleine Mengen zu Forschungszwecken. Doch bekannten alle 18 Partner im vergangenen Jahr einstimmig, dass sie das Projekt weiter für „sinnvoll, nachhaltig und wirtschaftlich“ erachten. Darunter auch Weltkonzerne wie BASF oder Linde. Der Bund fördert dieses Technikum mit etwa 60 Millionen Euro.

In den nächsten Monaten müssen die Partner entscheiden, ob sie eine größere Anlage in industri-lem Maßstab aufbauen. Dazu liefen derzeit auch Ge-spräche über eine weitere Förderung, heißt es von Thyssenkrupp. Der Konzern will jedenfalls weltweit 50 Stahlwerke identifiziert haben, die sich ebenfalls für die Technik eignen. Derlei Lösungen zu exportieren, sei Deutschlands größter Hebel, um zum Klimaschutz weltweit beizutragen, sagte Bundesforschungs-ministerin Anja Karliczek bei der Eröffnung in Duisburg.

Auch der weltgrößte Stahlhersteller Arcelor-Mittal lässt seine Abgase untersuchen: bei Covestro in Lever-kusen. Gemeinsam mit einem Dutzend Partner er-forschen die Konzerne, ob sie aus Hüttengasen Kunst-stoffvorprodukte herstellen können, die einst in

WIRKLICH GRÜN
WIRD STAHL ERST,
WENN AUCH DER
VIELE STROM FÜR
DIE ELEKTROLYSE
AUS ERNEUERBAREN
QUELLEN STAMMT

Dämmschäumen oder Beschichtungen stecken sollen. Dieses Projekt, „Carbon 4 Pur“, läuft bis Herbst 2020; dann müssen die Firmen entscheiden, ob sie eine gemeinsame Anlage bauen.

Allerdings setzt den Unternehmen ausgerechnet der Zertifikatehandel in der EU einen falschen Anreiz. Das kritisiert Liv Adler. Die Projektkoordinatorin ist eine der wenigen Managerinnen in der Kunststoffindustrie. „Stand der Dinge müssen Industrieunternehmen Emissionszertifikate auch für jene Mengen CO₂ kaufen, die abgefangen und weiterverarbeitet werden“, sagt Adler. „Sollte diese Regelung so bleiben, wäre das nicht vorteilhaft für die Produkte aus Projekten wie Carbon 4 Pur.“

Dessen Partner haben sich als möglichen Ort ihrer Kooperation bereits den Hafen von Marseille in Frankreich ausgeguckt. Dort stehen Werke von Arcelor-Mittal und Covestro nur vier Kilometer voneinander entfernt. Die neuen Symbiosen wachsen, wo die Wege kurz sind.

Benedikt Müller-Arnold berichtet für die Wirtschaftsredaktion aus Nordrhein-Westfalen. Seit Sommer 2017 schreibt er vor allem darüber, wie sich die großen Unternehmen an Rhein und Ruhr verändern. Sonstige Leidenschaften: Klavier, Kirchenorgel und der SC Freiburg.

Komm zurück

NACHHALTIGKEIT

Immer mehr Unternehmen bieten ihren Kunden an, die einst
gekauften Produkte wieder anzukaufen. Sie wollen dadurch nachhaltiger werden.

Doch der Plan geht nicht auf



VON
VIVIEN TIMMLER

LESEDAUER: 6 MINUTEN

Mit vereinten Kräften hievt das junge Paar ein Billy-Regal von der Ladefläche des weißen Transporters auf einen Ikea-Karren. Oben drauf kommt der Fernsehtisch, dann die zwei Esszimmerstühle, Modell Ingolf, schließlich noch die weiße Plastiklampe. Ob die eigentlich angenommen wird, fragt sie. „Passt schon“, antwortet er. In der Parkbucht daneben sind zwei Studenten an diesem Montagmorgen schon weiter und schieben ihr altes WG-Sofa Richtung Eingang.

„Das wollten wir eh schon lange weghaben“, sagt einer von ihnen, bevor beide im Möbelhaus verschwinden.

Etwas ungewöhnlich ist die Situation schon: Normalerweise kommen Kunden mit Möbeln aus dem Ikea im Münchner Süden heraus. Nun ist es anders herum, sie schieben ihre Möbel hinein. Und das nicht etwa, weil sie etwas zu reklamieren hätten.

Der schwedische Möbelkonzern hat pünktlich zum Beginn der „Black Week“, die alle Jahre wieder im „Black Friday“ kulminiert, eine Gegenaktion

DIE KRITIK: IKEA
SORGE MIT SEINEN
ULTRANIEDRIGEN
PREISEN FÜR
ÜBERKONSUM UND
SPERRMÜLLBERGE

gestartet. Statt sich mit Sonderangeboten am kollektiven Shoppingrausch zu beteiligen wie in den vergangenen Jahren, hat Ikea den „Buyback Friday“ ausgerufen: Kunden sollen in den kommenden zwei Wochen ihre gebrauchten Möbel zurückbringen und bekommen dafür 20 Prozent Aufschlag auf den normalen Rückkaufpreis. Statt Bargeld erhalten sie einen Gutschein, die Möbel verkauft Ikea weiter. Gewinn machen die Schweden damit nach eigenen Angaben nicht. „Der Grundgedanke hinter dem Buyback Friday ist es, zu einem nachhaltigeren Konsum anzuregen“, sagt Katarzyna Dulko-Gaszyna, Nachhaltigkeitsmanagerin für Ikea in Deutschland.

Der Konzern hat sich große Ziele gesetzt: Bis 2030 will er klimapositiv werden und nur noch erneuerbare oder recycelte Materialien verwenden; aktuell liegt bei Letzterem der Anteil bei zehn Prozent. Ambitioniert für ein Unternehmen, das in Sachen Quantität zwar die deutschen Wohnzimmer beherrscht, in Sachen Qualität – sprich Hochwertigkeit und Dauerhaftigkeit – aber nicht den besten Ruf hat.

Und doch ist die strategische Neuausrichtung Ikeas folgerichtig, denn die Nachhaltigkeitswelle hat längst auch die Einrichtungshäuser erreicht. „Das Thema gewinnt immer weiter an Bedeutung“, sagt

Christine Scharrenbroch vom Verband der Deutschen Möbelindustrie. „Bei den Verbrauchern steigt das Interesse spürbar, was sich etwa in vermehrten Fragen nach der Herkunft oder dem Recycling von Möbeln ausdrückt.“ Das gelte besonders für Möbel aus Holz, das zwar ein nachwachsender Rohstoff, gleichzeitig aber auch wichtiger CO₂-Speicher sei. Weitere Faktoren in puncto Nachhaltigkeit sind laut Scharrenbroch die Verarbeitungsprozesse sowie die Transportwege.

Bei alledem lässt sich Ikea ungern in die Karten schauen. Immer wieder kommt es zu Vorwürfen bezüglich der Herkunft des Holzes und der Möbelproduktion in Billiglohnländern, echte Skandale konnte der Konzern bislang jedoch stets abwenden. Die Kritik hingegen, dass Ikea mit seinen ultraniedrigen Preisen für Überkonsum und wachsende Sperrmüllberge sorgt, reißt nicht ab.

Ihr setzt der Konzern nun die Rückkaufaktion entgegen – doch auch die überzeugt die Verbraucherschützer nicht. „Solche Modelle sind an und für sich perfide“, sagt Jochen Geilenkirchen, Referent für Nachhaltigen Konsum beim Verbraucherzentrale Bundesverband. „Unter dem Vorwand der Nachhaltigkeit werden Verbraucher dazu aufgefordert, ihre Produkte zurückzugeben – dabei geht es vor allem darum, den Neukauf anzuregen und alte Produkte aus dem Markt zu nehmen.“

Wer Gutscheine anstatt Bargeld ausgabe, wolle zudem in erster Linie etwas für die Kundenbindung tun – und eben nichts für die Umwelt. „Aus meiner Sicht kann man das durchaus als Greenwashing bezeichnen“, so Geilenkirchen. Ikea-Nachhaltigkeitsmanagerin Dulko-Gaszyna hingegen argumentiert, „dass sich viele Menschen gerade dann von älteren Einrichtungsgegenständen trennen möchten, wenn sich ihre Lebensumstände oder Bedürfnisse verändern“ – und sie dann ohnehin neue Möbel bräuchten.

Häufiger als in der Möbelbranche beobachtet Verbraucherschützer Geilenkirchen solche Rückkaufaktionen in der Textilindustrie. „Dabei muss klar sein: Jedes eigentlich noch tragbare Teil, das zum Händler zurückgebracht wird, hält das Fast-Fashion-System am Laufen“, sagt er. Schließlich werde es allzu oft direkt gegen ein neues ausgetauscht. Hinzu komme, dass gerade bei Baumwollprodukten echtes Recycling kaum funktioniere, da die alten Fasern zerrissen und mit Neufasern gemischt werden müssten, um sie weiterzuverarbeiten.

Fest steht jedoch: Auch die Modeunternehmen wollen das lukrative Geschäft mit T-Shirts, Jeans und

Sneakern aus zweiter Hand nicht länger den Second-hand-Plattformen überlassen. Im Juni startete etwa H&M mit der hauseigenen An- und Verkaufsplattform Sellpy, Zalando zog im September nach und verkauft nun unter dem Namen „Pre-owned“, also „schon mal besessen“, gebrauchte Klamotten. Der Ankauf erfolgt – genau wie bei Ikea – gegen einen Gutschein.

Die Liste derer, die ihre eigene Mode zurück- und dann wieder verkaufen, umfasst aber nicht nur Fast-Fashion-Anbieter. Auch Levi's möchte so „einen aktiven Beitrag zum Umweltschutz leisten“, Globetrotter will einen „nachhaltigen und langfristigen Umgang mit vorhandenen Ressourcen“ fördern und das nachhaltige Modelabel Armedangels will „den Kreis durch hochwertiges Faser-zu-Faser-Recycling“ schließen. Alles schön und gut, sagt Verbraucherschützer Geilenkirchen. Aber er betont: „Bevor Firmen ihre Produkte zurücknehmen und Kunden etwas Neues kaufen, sollten sie lieber einen Reparaturservice anbieten und so die Lebensdauer der Produkte verlängern.“ Zwar repariert auch Ikea bereits heute beschädigte Produkte, eigenen Angaben zufolge waren es 2019 weltweit 47 Millionen. Diese landen jedoch in den „Fundgruben“ zum erneuten Verkauf und können vom Kunden nicht direkt wieder mit nach Hause genommen werden.

Für das Paar vom Ikea-Parkplatz hat sich die Rückkaufaktion jedenfalls gelohnt: Zwar müssen sie ihre Lampe wieder mit nach Hause nehmen, der Rest hat ihnen aber knapp 120 Euro eingebracht – wenn auch nur als Gutschein. Pech hatten hingegen die beiden Studenten: Ihr Sofa gehört nicht zu den Möbelstücken, die im Rahmen der Aktion angenommen werden. „Tja“, sagt einer der beiden, „kommt es halt doch zu Ebay Kleinanzeigen.“

Vivien Timmler ist Redakteurin in der Wirtschaftsredaktion und dort zuständig für Nachhaltigkeitsthemen. Zuvor studierte sie Journalistik und Wirtschaftswissenschaften in Dortmund. Am Wochenende ist sie in den Bergen zu finden – oder im SZ-Sportressort.

Der Öko-Hochofen

WERTE

Die Produktion von Stahl verursacht etwa sieben Prozent der weltweiten CO₂-Emissionen. Der Einsatz von Wasserstoff soll die Industrie nun langfristig klimaneutral machen



VON
RALPH DIERMANN

LESEDAUER: 5 MINUTEN

Was den Schutz von Ressourcen betrifft, ist Stahl in vielerlei Hinsicht ein wirklich vorbildliches Produkt. Denn Stahl ist extrem langlebig. Wenn er aber dann doch mal eines Tages zum alten Eisen gehört, lässt er sich problemlos wiederverwerten. Und das quasi unbegrenzt oft, die Qualität des Materials bleibt beim Recycling erhalten. Wäre da nur nicht der immense Bedarf an Kohle für die Produktion. Der macht die Stahlindustrie zu einer der klimaschädlichsten Bran-

chen überhaupt – sie ist für rund sieben Prozent des globalen CO₂-Ausstoßes verantwortlich.

Die Emissionen kommen vor allem aus den Hochöfen. Dort wird Kohle in Form von Koks und Kohlenstaub eingesetzt, um Eisenerz Sauerstoff zu entziehen. Dabei bildet sich flüssiges Roheisen, das sich zu Stahl weiterverarbeiten lässt. Der Hochofenprozess benötigt Temperaturen von bis zu 2000 Grad Celsius. Auch dafür sorgt die Kohle – durch eine stark exotherme Reaktion mit Sauerstoff aus eingblasener Luft, die

durch das Verbrennen der im Hochofen entstehenden Abgase, der sogenannten Gichtgase, zuvor erhitzt worden ist.

Deutschlands größter Hersteller Thyssenkrupp experimentiert nun in seinem Werk in Duisburg damit, einen kleinen Teil der Kohle durch Wasserstoff zu ersetzen. Erzeugt wird der Wasserstoff von Elektrolyseuren, die mit Ökostrom betrieben werden. Damit ist er klimaneutral. „Unser Ziel ist es, in den nächsten Jahren den Wasserstoffeinsatz an einem unserer bestehenden Hochöfen auszuweiten“, erklärt Arnd Köfler, Technikvorstand von Thyssenkrupp Steel Europe.

Allerdings ist es technisch unmöglich, dort mehr als 20 Prozent Wasserstoff zu verwenden. Wie andere Hersteller auch will Thyssenkrupp deshalb mittelfristig auf ein anderes Verfahren setzen: auf die Direktreduktion. Hier wird das stückige, poröse Eisenerz von Wasserstoff umströmt. Der löst den Sauerstoff aus dem Eisenerz. Auf Kohle können die Hersteller dabei verzichten. „Bei der Direktreduktion entsteht sogenannter Eisenschwamm, den wir mit einem neuartigen Aggregat einschmelzen und in weiteren Schritten zu Rohstahl aufbereiten werden“, sagt Köfler. Die Reduktion verläuft bei einer Temperatur von 700 Grad. Für die nötige Hitze sorgen Prozessgase aus der Anlage, die verbrannt werden. Zudem wird von außen Wärmeenergie zugeführt.

Bei diesem Wasserstoff-Konzept kann das Unternehmen auf etablierte Technik aufsetzen: „Die Direktreduktion ist schon heute verfügbar, da manche Stahlhersteller das Verfahren bereits nutzen – allerdings mit Erdgas statt mit Wasserstoff“, sagt Stahlexpertin Marlene Arens vom Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI.

Vorreiter bei der Direktreduktion mit Wasserstoff ist der schwedische Stahlkonzern SSAB, der jetzt zusammen mit Vattenfall und dem Eisenerz-Lieferanten LKAB im lappländischen Luleå eine Pilotanlage in Betrieb genommen hat. Ziel der Partner ist es, bis 2035 ein großes, klimaneutrales Stahlwerk mit dieser Technologie aufzubauen. Damit sollen die CO₂-Emissionen Schwedens den Projektpartnern zufolge auf einen Schlag um zehn Prozent sinken – vorausgesetzt, im Gegenzug werden konventionelle Stahlwerke mit gleicher Produktionskapazität stillgelegt.

Arens verweist darauf, dass die schwedische Stahlindustrie einen größeren Anteil am CO₂-Ausstoß des Landes hat als die deutsche, da die Stromerzeugung dort wegen der vielen Wasserkraftwerke und Windenergieanlagen sehr klimafreundlich ist und die

SCHON DIE ERSTE
ANLAGE SOLL DIE
CO₂-EMISSIONEN UM
ZWEI MILLIONEN
TONNEN REDUZIEREN

Schweden zudem beim Heizen viel Biomasse nutzen. „Deshalb würde sich die Dekarbonisierung der schwedischen Stahlindustrie stark auf die CO₂-Bilanz des Landes auswirken“, sagt die Fraunhofer-Forscherin.

Thyssenkrupp will seine erste Direktreduktionsanlage 2025 in Betrieb nehmen, drei weitere folgen dann ab 2030. Spätestens 2050 soll der letzte konventionelle Hochofen abgeschaltet werden. Schon die erste Anlage soll die CO₂-Emissionen des Unternehmens eigenen Angaben zufolge um zwei Millionen Tonnen reduzieren. Mit einer vollständigen Dekarbonisierung der Produktion spart Thyssenkrupp insgesamt 20 Millionen Tonnen CO₂ ein. Der gesamte deutsche Treibhausgas-Ausstoß würde damit, die Emissionszahlen von 2019 zugrunde gelegt, um 2,5 Prozent sinken.

Dafür sind allerdings erhebliche Investitionen nötig. So beziffert der Stahlhersteller die Kosten einer einzigen Anlage inklusive Schmelzaggregat auf rund eine Milliarde Euro. Arens verweist jedoch darauf, dass die Branche ohnehin laufend investieren muss. „Auch Hochöfen müssen regelmäßig erneuert werden, was ebenfalls äußerst kostspielig ist“, sagt die Expertin. Dennoch fordert sie für die Stahlindustrie umfassende politische Unterstützung beim Einsatz von

Wasserstoff. Sie müsse vor allem bei den Betriebskosten ansetzen, die durch den Einsatz von erneuerbaren Energien deutlich höher sind als bei konventionell produziertem Stahl.

Bleibt die Frage, wo der Wasserstoff für die Dekarbonisierung der heimischen Stahlindustrie eigentlich herkommen soll. Denn für dessen Herstellung werden gewaltige Mengen Strom benötigt: 105 Terawattstunden pro Jahr, bezogen auf die derzeitige Stahl-Produktionsmenge. Das entspricht knapp einem Fünftel des gesamten heutigen Stromverbrauchs in Deutschland. Die Bundesregierung setzt deshalb vor allem auf Wasserstoff-Importe aus Ländern, die gute Bedingungen für die Erzeugung von Ökostrom bieten – aus Skandinavien zum Beispiel, dem Mittelmeerraum oder aus afrikanischen Ländern. Einfach dürfte es jedoch nicht werden, hier die nötige Infrastruktur zu schaffen, wie die Proteste gegen neue Windenergieanlagen oder Wasserkraftwerke überall auf der Welt zeigen.

Ralph Diermann ist freier Journalist für Energiethemen in München. Er stammt aus Ostwestfalen und studierte Politikwissenschaft und Germanistik in Göttingen und Regensburg. Neben der SZ schreibt er unter anderem für den *Spiegel* und die *Neue Zürcher Zeitung* sowie für Fachzeitschriften.

EINMAL NORDSEE UND ZURÜCK

INNOVATION

In einem Pilotprojekt soll aus norwegischem Erdgas in Deutschland Wasserstoff gewonnen werden. Das dabei anfallende CO₂ nimmt Norwegen zurück und pumpt es unter den Meeresgrund



VON
CHRISTOPHER SCHRADER

LESEDAUER: 8 MINUTEN

Es ist schon ein besonderes Geschäft, wenn der Abfall mehr wiegt als der unbehandelte Rohstoff, wenn die Entsorgung fast so viel kostet wie das gelieferte Produkt, wenn die gleiche Firma für beides bezahlt wird und sie die Rückstände schließlich dort deponiert, wo das Ausgangsmaterial einst herkam.

Ein solches Geschäft möchte Norwegen mit der deutschen Industrie abschließen: Bereits heute liefern die Skandinavier ein gutes Drittel des in Deutschland verbrauchten Erdgases. Aus einem zunächst

kleinen Teil davon soll nun in einer Anlage zwischen Rhein und Ruhr klimafreundlicher Wasserstoff gewonnen werden, der zum Beispiel in der Stahlproduktion genutzt wird. Das dabei anfallende Kohlendioxid soll aufgefangen und per Flüssiggas-Tanker zurück nach Norden gebracht werden. Hier will es die gleiche Firma unter dem Boden der Nordsee deponieren, die dort zuvor das Erdgas gefördert hat.

Zur Vorbereitung möchte Norwegen den Einstieg in das Geschäft mit CCS (Carbon Capture and Storage) schaffen. Das Projekt ist weit fortgeschritten:

WASSERSTOFF IN
DEN HOCHÖFEN DER
STAHLPRODUKTION
KÖNNTE VIEL
ZUM KLIMASCHUTZ
BEITRAGEN

„Wir warten auf die Finanzierungszusage der norwegischen Regierung“, sagt Nina Scholz vom Berliner Büro des mehrheitlich staatlichen norwegischen Energiekonzerns Equinor. In Oslo wie auch in Stavanger, dem Sitz des Unternehmens, denkt man sogar noch weiter. Langfristig will Norwegen neben der CO₂-Entsorgung auch das Ausgangsmaterial für die Wasserstoffgewinnung liefern. Lediglich die Umwandlung von Erdgas zu Wasserstoff soll anderswo stattfinden: Zunächst war die Rede von Nordrhein-Westfalen; jetzt ist ein Standort an der Nordseeküste im Gespräch. Ein Industriekonsortium treibt dazu ein zweiteiliges Programm voran.

In Deutschland ist Thyssenkrupp an dem Projektteil mit dem kunstvollen Namen „H2morrow“ beteiligt. Das Stahlwerk des Konzerns in Duisburg könnte ein erster Abnehmer für den erzeugten Wasserstoff (H₂) sein. Einer der vier Hochöfen wird dort zurzeit umgerüstet, damit bei der Herstellung von Roheisen Wasserstoff statt Kohlestaub in den Meiler eingeblasen werden kann – zunächst bis zu 25 000 Kubikmeter pro Stunde. Letztendlich könnte die Umstellung die Emissionen des Hochofens um bis zu 20 Prozent senken, zeigen Laborversuche und Simulationen. Würde das Verfahren auf alle Hochöfen von Thyssenkrupp aus-

geweitet, könnten die Kohlendioxid-Emissionen jährlich um bis zu drei Millionen Tonnen sinken.

Gegengerechnet werden müssen die Emissionen, die bei der Erzeugung von Wasserstoff aus dem norwegischen Erdgas entstehen. Aber erstens setzt das viel weniger CO₂ pro Energieeinheit frei als Kohle, selbst wenn man die Verluste der Umwandlung berücksichtigt. Und zweitens, so versprechen es die H2morrow-Projektplaner, lassen sich 95 Prozent des im Prozess entstehenden Kohlendioxids einfangen. Wenn das Projekt umgesetzt wird und nach dem Jahr 2030 voll laufen sollte, könnte es 800 000 Kubikmeter Wasserstoff pro Stunde erzeugen. Thyssenkrupp will den Großteil davon nutzen, um seinen Stahl klimafreundlicher herzustellen, auch wenn die Menge in der Erprobungsphase noch ein Vielfaches dessen ist, was ein Hochofen in Duisburg verbraucht. Gut fünf Millionen Tonnen CO₂ würden dann jährlich abgetrennt und aufgefangen. Jeden zweiten Tag müsste ein Spezialtanker ablegen, um diese Menge zurück nach Norwegen zu schaffen.

Was dort damit geschieht, ist Gegenstand des zweiten Projektteils: Unter dem Titel „Northern Lights“ (Nordlichter) wird eine Lagerstätte am Grund der Nordsee erkundet, um das CO₂ dort hineinzupumpen. Anfang März dieses Jahres meldeten Geologen den Erfolg einer Probebohrung.

Die Lagerstätte liegt etwa 80 Kilometer vor dem Ort Kollsnes in der Nähe von Bergen. Dort ist das Meer 300 Meter tief. 2500 Meter unter dem Grund hat das Bohrloch eine geologische Formation erreicht, die Wissenschaftler für die Aufnahme großer Mengen von verflüssigtem CO₂ geeignet halten: ein wassergefülltes poröses Sandgestein. Darüber liegt eine 75 Meter starke, nach Angaben der Projektbetreiber undurchdringliche Schicht aus Schiefer.

Norwegen hat bereits Erfahrung mit dem Verpressen von CO₂. Equinor, das früher Statoil hieß, betreibt seit 1996 im Slepner-Feld eine Anlage, die Kohlendioxid in den Untergrund presst. Das Klimagas, das dort zusammen mit Erdgas (vor allem Methan) in großen Mengen aus dem Erdboden kommt, wird abgetrennt und gleich wieder in die Tiefe geleitet. Dass in der Region vor Kollsnes CO₂ aus weit entfernten Quellen entsorgt werden soll, ist allerdings auch für den Konzern neu. Um das zu üben, soll anfangs CO₂ aus dem Müllheizkraftwerk Klemetsrud in Oslo und dem Zementwerk Norcem in Brevik per Schiff angeliefert und unter den Meeresgrund gepresst werden. Die CO₂-Menge, die Norwegen am Meeresgrund unterbringen kann, ist vermutlich gewaltig. Die Erd-

öl-Behörde errechnete 2019 eine Kapazität von etwa 83 Milliarden Tonnen. Damit könnte das Land rein rechnerisch sämtliche Emissionen der europäischen Industrie für einige Hundert Jahre aufnehmen. Allerdings warnt Halvard Raavand von Greenpeace Norwegen davor, den Angaben unbesehen zu glauben. „Die Erdöl-Behörde hat ein massives Interesse daran, große Zahlen zu veröffentlichen und der fossilen Industrie ein neues Geschäftsfeld zu öffnen. Wir brauchen unabhängige Studien.“

Die Speicherung von CO₂ bietet den Norwegern eine Chance, die Förderung von Erdgas fortzusetzen, bis die Felder zur Neige gehen, und gleichzeitig in das Zukunftsgeschäft Wasserstoff einzusteigen. Seit Langem gilt das Gas als umweltfreundlicher Ersatz für Erdgas, Benzin oder Kohle. Erst kürzlich hat die Bundesregierung die lange angekündigte nationale Wasserstoff-Strategie verabschiedet. Zuvor war lange darüber gestritten worden, und das Ergebnis bleibt in vielen Punkten vage.

Einen positiven Effekt auf das Klima hat das Gas nämlich nur, wenn es mittels Wind- oder Sonnenstrom und per Elektrolyse aus Wasser gewonnen wird. Dann spricht man von „grünem“ Wasserstoff. Bisher wird das Gas aber überall auf der Welt vor allem aus Erdgas und heißem Wasserdampf in einer „Reformer“ genannten Industrieanlage produziert. Wenn das dabei frei werdende CO₂ in die Atmosphäre geblasen wird, heißt es „grauer“, wenn es aufgefangen und entsorgt wird, „blauer“ Wasserstoff.

Unabhängig von dieser Farbenlehre erscheint Wasserstoff vielen als zukunftsfähiges Geschäft. „Bei H2morrow handelt sich im ersten Schritt um eine Machbarkeitsstudie zur Dekarbonisierung der Industrie“, sagt Stefan Garcke von der Energieagentur NRW über das norwegisch-deutsche Projekt. „Zwar ist das Ziel, bis 2050 nur noch grünen Wasserstoff zu nutzen, aber am Anfang soll blauer zu wettbewerbsfähigen Konditionen in ein Transportnetz eingespeist werden.“ Ähnlich klingt es bei anderen Befürwortern der Technologie: Zunächst sollen die Infrastruktur und der Markt aufgebaut werden, dafür braucht man aber große Wasserstoff-Mengen, die sich heute kaum allein aus Ökostrom erzeugen lassen. Langfristig möchte auch Thyssenkrupp nach eigenen Aussagen ausschließlich grünen Wasserstoff verwenden, um seinen Stahl klimaneutral zu erzeugen.

Dass Wasserstoff in der Anlaufphase eher blau ist, stört Umweltschützer wie den Energie-Experten Steffen Bukold: In einer Studie für Greenpeace-Energy, einer Genossenschaft für Strom- und Gaslieferung

unter dem Dach der Umweltorganisation, bezweifelt er die positiven Zahlen zu blauem Wasserstoff. Ein Viertel der Emissionen von Erdgas stamme aus der sogenannten Vorkette, also den Schritten vor dem Verkauf an den Verbraucher, und lasse sich daher nicht reduzieren. Zudem sei die Abscheidung von CO₂ im Reformer oft weniger effektiv als angegeben. Darum gelangten insgesamt bis zu achtmal so viele Treibhausgase in die Atmosphäre wie von den Planern angenommen.

Ähnlich äußert sich Michael Sterner von der Technischen Hochschule in Regensburg: „Blauer Wasserstoff ist fossilen Ursprungs und verstetigt die fossile Industrie, statt sie zu transformieren“, bemängelt er. Auch sei völlig unklar, ob das CO₂ wirklich, wie es nötig wäre, nach dem Verpressen 1000 Jahre im Gestein gefangen oder gebunden bleibt. Sterner sagt darum: „Blauer Wasserstoff ist eigentlich auch nur grauer Wasserstoff.“

Letztlich ist es wie mit dem Wasser der Nordsee, das in den geplanten CO₂-Lagerstätten tobt: Manchmal ist schwer zu sagen, ob es grün, blau oder eher grau aussieht.

Christopher Schrader ist freier Autor im Wissenschaftsressort der *Süddeutschen Zeitung*. Er schreibt vor allem über Energie- und Klimathemen, Geowissenschaften und Technik. Schrader ist Diplom-Physiker und Absolvent der Henri-Nannen-Schule, der Journalistenschule des Verlags Gruner+Jahr.

Zu Wasser, zu Lande, in der Luft

FORSCHUNG

Viele Forscher und Firmen experimentieren mit der Brennstoffzelle. Für sie ist der Wasserstoff-Antrieb eine umweltfreundliche Zukunftstechnologie. Für andere nur ein teurer Spaß mit beschränktem Potenzial



VON
STEFAN MAYR

LESEDAUER: 7 MINUTEN

Das Wunderding steht im unscheinbaren Labor E211 des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) auf dem Campus der Universität Stuttgart.

Das Gerät ist so groß wie ein Lkw-Motor, hat graue Rohre und blaue Schläuche sowie Kabel und Drähte in allen möglichen Farben. Dazu viel Blech, Aluminium und braunes Isolierband. Fertig ist das Brennstoffzellen-System des Flugobjekts *HY4*. Der Flieger mit seinen zwei schmalen Rümpfen hob im

September 2016 auf dem Stuttgarter Flughafen ab und wurde damit zum weltweit ersten Passagierflugzeug, das von einer Brennstoffzelle angetrieben wurde. „In zehn Jahren werden emissionsfreie Flüge mit 80 Passagieren und 800 Kilometern Reichweite möglich sein“, sagt Josef Kallo, Professor am DLR-Institut für Technische Thermodynamik. Der 46-Jährige arbeitet an einer Revolution des Luftverkehrs: Ohne Kerosin und ohne Verbrauch von seltenen Rohstoffen wie Lithium oder Kobalt, stattdessen mit grünem

Wasserstoff. Fliegen ohne CO₂-Emissionen und somit ganz ohne schlechtes Gewissen.

Josef Kallo und seine Experimente lösen in Berlin Begeisterung aus. Bundeskanzlerin Angela Merkel bezeichnet den Wasserstoff als „vielleicht aussichtsreichsten Energieträger“. Bundeswirtschaftsminister Peter Altmaier nennt ihn sogar einen „Schlüsselrohstoff, der unverzichtbar für die erfolgreiche Dekarbonisierung“ sei. Deshalb müsse man „die Weichen dafür stellen, dass Deutschland bei Wasserstofftechnologien die Nummer eins in der Welt wird“. Bis Jahresende will die Bundesregierung eine große Wasserstoff-Strategie vorlegen. In ihrem Klimaschutzpaket schreibt die Bundesregierung dem Wasserstoff „eine zentrale Rolle für den Umbau der Wirtschaft zu“. Die großen Koalitionäre prophezeien: „An der Mobilität der Zukunft wird auch die Brennstoffzelle einen großen Anteil haben.“

Ist das so?

Ist die Brennstoffzelle wirklich die Lösung aller Verkehrs- und Klima-Probleme dieser Zeit? Auto-Experte Ferdinand Dudenhöffer von der Universität Duisburg-Essen widerspricht entschieden: „Unsere Hans-Dampf-in-allen-Gassen-Politiker sollten sich erst überlegen, was sie sagen, bevor sie wieder Welt-Champions mit viel Steuergeld schaffen wollen.“ Als Grund für seinen Sarkasmus nennt er die „bescheidene“ Energiebilanz des Wasserstoffs. Dieser wird gewonnen, in dem man Wasser (H₂O) in Sauerstoff (O) und Wasserstoff (H₂) aufspaltet. Der Prozess heißt Elektrolyse und verbraucht viel Energie. Der Wasserstoff wird dann im Fahrzeug in einer Brennstoffzelle wieder in Strom zurückverwandelt, um den Elektromotor anzutreiben. Am Ende der Transformationsprozesse werde von der ursprünglichen Energie „weniger als 25 Prozent“ genutzt, um das Fahrzeug anzutreiben, rechnet Dudenhöffer vor. „Das erinnert mich an das Örtchen Schilda.“

Dennoch forschen vielerorts Wissenschaftler und Unternehmen an der neuen Technologie. Nicht nur in der Luft wie DLR-Professor Kallo, sondern auch zu Wasser und auf der Schiene. Zwischen Buxtehude und Cuxhaven pendelt seit 2018 ein blauer Nahverkehrszug des Herstellers Alstom ohne Diesel und ohne Stromoberleitung. Es ist der weltweit erste Personenzug mit Wasserstoff-Antrieb. Und die Reederei Aida Cruises will 2021 die „Aidanova“ auslaufen lassen, das erste Kreuzfahrtschiff mit Brennstoffzelle. Mitfinanziert werden diese Tests von Bund, Ländern und auch Unternehmen, die allesamt auf eine emissionsfreie Technik hoffen.

VOLKSWAGEN-CHEF
HERBERT DIESS
HÄLT BRENNSTOFF-
ZELLEN-ANTRIEBE
FÜR AUTOS
FÜR „UNSINN“

Ob und wann deren Hoffnungen aufgehen werden, ist noch offen. Die Meinungen der Fachleute gehen auseinander, auch in der Automobilindustrie gibt es Wasserstoff-Fans und -Gegner. Wer von ihnen recht hat? Das wird frühestens in zehn Jahren feststehen. Nur eines ist schon sicher: Kalt lässt dieses Thema keinen.

Volkswagen-Konzernchef Herbert Diess bezeichnet Brennstoffzellen-Antriebe für Pkw als „Unsinn“. Weil die Wasserstoff-Erzeugung zu teuer sei und der Antrieb zu viel Platz benötige. Diess richtet VW voll und ganz auf die Batterietechnik aus: Bis 2024 investiert der Konzern 33 Milliarden Euro, um Volkswagen zum reinen Batterieautohersteller umzukrempeln.

Konkurrent Daimler setzt dagegen nicht nur auf die E-, sondern auch auf die H₂-Mobilität. Ein Vorserien-Modell namens Mercedes GLC F-CELL ist bereits auf den Straßen unterwegs. Baden-Württembergs Ministerpräsident Winfried Kretschmann lässt sich – zumindest zeitweise – in diesem Wasserstoff-Mercedes chauffieren. Zudem ist Daimler am Joint-Venture-Unternehmen H₂ Mobility beteiligt, das ein flächendeckendes Wasserstoff-Tankstellennetz anstrebt. Mitgesellschafter sind Air Liquide, Linde sowie – bemerkenswerterweise – die Minerölkonzerne OMV, Shell und Total. Ihr Ziel: Bis 2023 soll es „bis zu 400“ H₂-Tankstellen geben.

Zurzeit sind es nur 80. Für die Kritiker viel zu wenig, um Wasserstoff-Autos zum Durchbruch zu verhelfen. Dennoch gibt es bereits serienmäßige Brennstoffzellen-Pkws zu kaufen: Den Toyota Mirai und den Hyundai Nexa. Toyota will von 2020 an die Produktion sogar verzehnfachen, Hyundai hat eine ähnliche Offensive angekündigt. Der deutsche Hersteller Streetscooter, eine Tochter der Deutschen Post, will 2020 einen Kastenwagen für das Schwesterunternehmen DHL Express produzieren. Und BMW hat im September auf der Frankfurter Autoausstellung mit viel Brimborium das Konzeptfahrzeug iHydrogen Next präsentiert. Doch die Münchner geben sich sehr zurückhaltend, was den Verkaufsstart angeht: „Frühestens ab 2025“ werde eine Kleinserie ausgeliefert, teilt der Konzern mit. Und selbst dies nur „abhängig von Marktanforderungen und Rahmenbedingungen.“ Eine dieser Bedingungen ist wohl ein ausreichendes Tankstellennetz.

Wird es jemals so weit kommen? „Ich bin skeptisch, ob die Technologie für Pkw massentauglich sein wird“, sagt Autoanalyst Gerhard Wolf von der Landesbank Baden-Württemberg (LBBW). Die H₂-Modelle von Toyota und Hyundai seien „noch teuer“, das lohne

sich „weder für Käufer noch Hersteller“. Aber Wolf sagt auch: „Die Asiaten haben einen langen Atem.“

Ferdinand Dudenhöffer schließt einen kommerziellen Erfolg von Wasserstoff-Pkw für die nächsten 30 Jahre sogar aus: „Das wird nichts.“ Aber immerhin sieht er „bei Nutzfahrzeugen und Bussen eine Chance“, weil Speditionen und Stadtwerke auf Routinestrecken fixe Tankstellen ansteuern können. Und weil die Brennstoffzelle der Batterie überlegen ist, je schwerer das Fahrzeug ist.

Der Kauf eines H₂-Pkw ist – Stand heute – also nicht zu empfehlen, außer für Wasserstoff-Enthusiasten oder -Lobbyisten. Das wahrscheinlichste Szenario ist wohl, dass die Brennstoffzelle demnächst im Nutzverkehr eine Alternative wird. Im Pkw wird sie sich – wenn überhaupt – in ferner Zukunft durchsetzen, sofern es dann genügend H₂-Tankstellen gibt.

Der Autozulieferer Bosch glaubt jedenfalls an die Zukunft der Technologie: Er erwarb jetzt elf Prozent am schwedischen Hersteller Powercell, mit dem er Brennstoffzellen für Lkw und Pkw entwickelt. Und selbst Herbert Diess' Konzern hat die vermeintliche „Unsinn“-Technologie nicht ganz aufgegeben: Audi tüfelt in Neckarsulm sehr wohl an der Brennstoffzelle.

Stefan Mayr, geboren 1972 in Augsburg, studierte in Augsburg und Jerusalem Germanistik. Von 2001 bis 2020 war er SZ-Redakteur, zuletzt Wirtschaftskorrespondent im Büro Stuttgart. Er ist Autor dreier Fußballbücher und des Standardwerks über den bedeutendsten TV-Sketch Deutschlands: „Dinner for One von A-Z“.

LEBEN MIT DER WOLKE

CLOUD

Services aus Cloud-Zentren erleichtern das Leben – beruflich wie privat.
Doch wie sieht es mit dem Schutz der Daten aus?



VON
THORSTEN RIEDL

LESEDAUER: 6 MINUTEN

Heute schon einen Film geschaut über Netflix, Youtube oder Amazon Prime? Ein Lied gehört via Spotify oder Deezer? Oder gar ein Spielchen gewagt mit der X-Cloud von Microsoft oder mit Stadia von Google? Dann ist die Cloud ein vertrautes Thema. Denn im Privaten sind Services aus Rechenzentren, abgerufen über das Internet, längst angekommen. Nichts anderes machen Spotify, Youtube und Co., deren Daten in der Cloud lagern. Und auch im Beruflichen gehören

solche Dienstleistungen bereits zum Arbeitsalltag dazu. Künftig werden Dienste aus der Cloud das Leben beruflich wie privat noch tiefer durchdringen.

Die Landschaft der Informationstechnologie (IT) ist voll von Modewörtern. Doch die Cloud hat in den vergangenen Jahren bewiesen, dass sie weit mehr ist: Mit den Dienstleistungen aus dem Internet lässt sich nicht nur das Erlebnis der Nutzer verbessern, es können auch Kosten eingespart werden – und das auf einem Serviceniveau, das in der Regel höher ist als

DURCH DIE
PANDEMIE HAT
SICH DER
TREND ZU CLOUD-
LÖSUNGEN
NOCH BESCHLEUNIGT

früher. Kein Wunder also, dass das Segment weiter stark wächst: Im vergangenen Jahr haben die Marktforscher von IDC einen weltweiten Umsatz mit Cloud-Diensten in Höhe von 233,4 Milliarden Dollar erfasst. Das entspricht gegenüber dem Vorjahr einem Plus von 26 Prozent. Cloud ist dabei allerdings nicht gleich Cloud. Von den Internetservices, die noch im eigenen Haus vorgehalten werden, bis zu solchen, die komplett beim Dienstleister über das Netz laufen, gibt es ein weites Spektrum.

Für den gesamten IT-Markt erwarten die Experten von IDC im laufenden Jahr zurückgehende Umsätze – es sei denn, Cloud-Dienste sind betroffen. Denn in den Zeiten der Pandemie hat sich der Trend zu ausgelagerten Cloud-Services noch beschleunigt. Unternehmen wie Docusign, die das physische Abzeichnen digitaler Dokumente ermöglichen, oder Zoom, die Videokonferenzen via Cloud anbieten, haben neben anderen, jungen Unternehmen Auftrieb. Die großen Cloud-Anbieter Amazon, Google und Microsoft berichten von Zuwächsen. Der zeitweise Stillstand der Wirtschaft weltweit sowie die global bestehenden Reisebeschränkungen in Folge des Coronavirus machen es möglich.

Allerdings bringt die Popularität des Home-Office neue Fragen in Sachen IT-Sicherheit mit sich. Der Schutz der eigenen Daten lässt sich nämlich nicht auslagern. Unternehmen benötigen auch im Zeitalter der Cloud eine eigene Sicherheitsstrategie. Experten raten zudem, die Daten wenn immer möglich zu verschlüsseln, sobald sie in die Cloud wandern. Ein Mangel an Sicherheits-Know-how sowie fehlerhafte Konfigurationen beim Einsatz der Cloud sind nach Erkenntnis der Sicherheitsfirma Palo Alto Networks die häufigsten Gründe für Sicherheitsvorfälle.

So hätte auch ein Hack in den USA vermieden werden können, der für Aufsehen gesorgt hat: Einer IT-Spezialistin, Anfang 30, war es gelungen, in Teile der Cloud von Amazon vorzudringen. Auf diese Weise gelangte sie an teils vertrauliche Daten von mehr als 100 Millionen Kunden eines US-Kreditkartenanbieters. Eine Firewall war laut Auskunft bei Amazon falsch eingestellt, sodass der Hack nur auffiel, weil die IT-Expertin im Netz prahlte – und das FBI darüber stolperte.

Verschlüsselung schützt noch in einem weiteren Punkt: dem Ausspähen von Informationen durch staatliche Dienste. Die großen IT-Unternehmen von Alibaba über Amazon zu Microsoft – und damit die wichtigsten Cloud-Anbieter – haben ihren Sitz entweder in den USA oder in China. Beide Tech-Großmächte erlauben Geheimdiensten mehr oder weniger einfach den Einblick in Daten, die im eigenen Land gespeichert sind. Und das können dann eben durchaus auch Cloud-Informationen sein von Firmen, die ihren Sitz im Ausland haben.

In Europa ist daher vergangenes Jahr schon der Gedanke gereift, zuverlässige Rechenzentren auf dem Alten Kontinent aufzubauen. Entstehen soll, so heißt es auf der Internetseite des Bundeswirtschaftsministeriums, „eine vernetzte Datenstruktur für ein europäisches digitales Ökosystem“. Vor allem Deutschland und Frankreich arbeiten hier eng zusammen, andere europäische Partner zeigen Interesse. „Der europäische digitale Raum muss geschützt werden“, sagte Bundeswirtschaftsminister Peter Altmaier jüngst. Hunderte Firmen beteiligen sich an der Initiative, darunter auch Tech-Konzerne aus den Staaten, solange sie sich an die Vorgaben halten. Im Ökosystem rund um Gaia X existieren schon erste Pilotprojekte, die zeigen, wo die Reise hingeht: Viele Anbieter legen den Schwerpunkt ihrer Offerten auf Datensicherheit.

Dass die Cloud kein Modetrend ist, haben die vergangenen Jahre gezeigt. Mit Entwicklungen wie

autonom fahrenden Autos oder dem Internet der Dinge, in dem Maschinen miteinander kommunizieren, werden Cloud-Anwendungen den Alltag stärker durchdringen. Wesentliche Teile der Rechen- und Speicherkapazität werden in das Netz verlagert, abgerufen teils über schnelle 5G-Mobilfunk-Verbindungen. Doch schon zeichnet sich der – auf den ersten Blick – gegenläufige Trend ab: Beim Edge Computing finden die Berechnungen wieder auf dem Endgerät statt, Infos werden dort gespeichert.

Also alles wie früher? Zurück zu den Zeiten, in denen der PC am Schreibtisch alle Aufgaben erledigte? Nicht ganz. Die Zahl an Geräten ist künftig deutlich größer und reicht vom Computer über das Smartphone bis – dank des Internets der Dinge – hin zum Controller, der das automatische Schließen der Jalousie bei Sturm regelt oder eine Produktionsmaschine überwacht. Alle diese intelligenten Gegenstände kommunizieren in der Cloud. Damit vor allem die Mobilfunknetze dieser Belastung standhalten, greift Edge Computing, also die Datenverarbeitung am Ort. Einfache Entscheidungen können so am Ort getroffen werden, die komplexeren und wichtigeren werden weiter in der Cloud erledigt. Schon jetzt laufen gemäß Studien des Marktforschungshauses Gartner 90 Prozent aller Unternehmensdaten über zentrale Rechenzentren. In Zukunft wird die Cloud dank Edge Computing daher eher noch an Bedeutung gewinnen.

Thorsten Riedl schreibt seit fast zwei Jahrzehnten über Technik, lange Zeit bei der *Süddeutschen Zeitung*. Er studierte Wirtschaftsinformatik und Betriebswirtschaftslehre. Aus seiner neuen Wahlheimat Schweiz bloggt er jetzt über seinen digitalen Zeitvertreib: Apps, Gadgets, Games.

DER GROSSE HUNGER

DATEN

Daten, Daten, Daten – der Treibstoff unserer Zeit vermehrt sich rasend schnell. Aber was heißt das für den Energieverbrauch? Viele Daten, viel Strom, ist ja logisch, oder? Ganz so einfach ist es allerdings nicht, denn die Rechenzentren gehen immer sparsamer mit Energie um



VON
HELMUT MARTIN-JUNG

LESEDAUER: 5 MINUTEN
Büromenschen und ergo Internetnutzer machen es Dutzende Male am Tag: bei einer Suchmaschine Anfragen eingeben wie: „Gut Pizza essen“. Aber was passiert eigentlich, wenn wir das tun? Wer eine Suchmaschine nutzt, löst eine Kettenreaktion aus. Dutzenden

de, manchmal sogar Hunderte Serverrechner helfen mit, sie in Sekundenbruchteilen zu beantworten. Was könnte der Frager eigentlich wissen wollen? Wie spät ist es, welcher Wochentag, von woher kommt die Anfrage – von einem Bürocomputer oder von einem Smartphone, in welcher Stadt ist die IP-Adresse

registriert? Das und viel mehr fließt ein, um möglichst hilfreiche Ergebnisse zu liefern.

Geht es darum, eine Pizzeria mit guter Bewertung in der Nähe zu finden? Das würde der Algorithmus der Suchmaschine wohl annehmen, wenn man die Anfrage von einem Handy mittags oder abends stellt. Oder geht es am Ende um eine Pizzeria in Essen? Oder gar um ein Rezept?

Früher hätte man halt in ein Kochbuch geguckt, jemanden angerufen oder die Gelben Seiten zur Hand genommen – je nachdem, was mit der Anfrage nun wirklich gemeint war. Heute hat man's einfacher, aber dass sich dahinter ein gewaltiger Aufwand verbirgt, daran denken nur die wenigsten. Und es geht ja nicht bloß um Privatleute. Auch die Wirtschaft verlagert ihre Rechenzentren zunehmend an Orte, die man „die Cloud“ nennt. In Wahrheit sind auch das nur Rechenzentren, bloß dass die größer sind als die alten und von Spezialisten betrieben werden.

Immer mehr Computer, immer mehr Handys, immer mehr Dienste, die übers Netz laufen – klar, dass das nicht ohne Einfluss bleiben kann auf den Stromverbrauch. Oder? Schon 2010 machte die Cloud ein bis eineinhalb Prozent des Stromverbrauchs weltweit aus. Doch seither ist ja der Datenverkehr exponentiell angewachsen. 4,5 Milliarden Anfragen stellen die Nutzer der Google-Suche – pro Minute. Die Nutzer des Internetvideodienstes Netflix streamen in 60 Sekunden fast 700 000 Stunden Filme und Serien. Die Liste lässt sich beliebig fortsetzen. Bis 2025 soll die Datenmenge der Welt auf unfassbare 175 Zettabyte anwachsen.

Nun folgt für gewöhnlich der Versuch, das irgendwie einzuordnen: Ein Zettabyte, das ist eine 1 mit 21 Nullen. Wäre ein Byte eine Streichholzschachtel – na ja, so richtig bringen einen diese Vergleiche auch nicht weiter, es ist und bleibt gigantisch unvorstellbar. Daten, Daten, Daten. Und es werden immer mehr.

Wie ist das also mit dem Stromverbrauch? Sind wir alle Schreibtischtäter? Sitzen nichts ahnend im Büro, bearbeiten Excel-Tabellen, schreiben Mails, machen unsere Spesenabrechnung und stressen dabei die Server? Chillen zu Hause mit Netflix, während das Kühlwasser im Rechenzentrum kocht?

Wäre ja irgendwie logisch: Von nichts kommt nichts. Also muss von viel Nutzung auch viel Verbrauch kommen. Diese Frage hat sich auch eine Gruppe von Forschern um den Umweltwissenschaftler Eric Masanet gestellt. Mit einem ziemlich überraschenden Ergebnis, über das sie im Magazin *Science* berichten: Zwar stieg der weltweite Stromverbrauch

OBWOHL MEHR
FIRMEN IHRE
AKTIVITÄTEN IN
DIE CLOUD
VERLAGERTEN,
GING DER
ENERGIEVERBRAUCH
DER SERVER IN
RECHENZENTREN
ZURÜCK

von Rechenzentren zwischen 2005 und 2010 um knapp die Hälfte an. Aber dann geschah etwas Merkwürdiges. Obwohl mehr und mehr Firmen zumindest einen Teil ihrer Aktivitäten in die Cloud verlagerten, passierte nicht, was viele erwartet und manche vorhergesagt hatten. Der Energieverbrauch der Server in den Rechenzentren ging um den Faktor vier zurück – was laut den Wissenschaftlern vor allem zwei Gründe hatte: Neuere Chips sind energieeffizienter, und die Server verbrauchen im Leerlauf weniger.

Doch damit nicht genug. Beim Speicher ging der Verbrauch durch effizientere Technologien sogar um das Neunfache zurück. Zudem wurden weniger einzelne Server aufgestellt. Stattdessen teilen sich auf einem physikalischen Gerät mehrere virtuelle Server die Hardware.

Die Betreiber von Rechenzentren bemühen sich zudem darum, auch bei der Planung der Gebäude auf Energieeffizienz zu achten – schließlich sind das ja auch Kosten, die sie angesichts der knappen Margen in diesem Geschäft gerne einsparen wollen. Rechenzentren werden beispielsweise in kälteren Regionen gebaut, wo die Außenluft zur Kühlung dienen kann. Das alles führte letztlich dazu, dass der Energieverbrauch von Rechenzentren von 2010 bis heute nicht so stark gestiegen ist wie angenommen, obwohl zum Beispiel die Zahl der verfügbaren Recheneinheiten dramatisch zugelegt hat. Doch die Daten müssen auch hin zur Cloud und wieder zurück; auch die Netze sind ja keine rein passiven Transportautobahnen, sondern brauchen Gerätschaften, ohne die es nicht geht. Und auch die brauchen Strom, und zwar deutlich mehr als die Rechenzentren selbst. Besonders viel übrigens mobile Netzwerke, auch wenn der neue Standard 5G effizienter ist als seine Vorgänger.

Überdies fußen die ganzen schönen Kalkulationen zum Energieverbrauch der Cloud auf mehr oder weniger groben Schätzungen, eine Meldepflicht dafür gibt es nicht. Die einzuführen, wäre schon einmal ein wichtiger Schritt. Zwar liegt es auch im Interesse der Betreiber, Energie zu sparen, weil das auch Geld spart. Trotzdem wäre es gut zu wissen, was die Cloud nun wirklich schluckt – so wie es aussieht, wird dies ja in der nächsten Zeit nicht weniger werden.

Auch die Cloud ist also etwas, das man nicht bedenkenlos nutzen sollte, so wie man eben auch Flüge oder den Fleischkonsum einschränken sollte. Aber klar ist auch: Verglichen mit den kleinen, ineffektiven Rechenzentren von früher sind die großen Clouds tatsächlich die weitaus bessere Variante.

AUCH DIE NETZE
SIND KEINE
REIN PASSIVEN
TRANSPORT-
AUTOBAHNEN

Helmut Martin-Jung wollte erst doch nicht Musiker, dann auch nicht Lehrer werden und hatte beim Start in den Traumberuf das unverschämte Glück, dass die nächste große Zeitung gleichzeitig die beste war. Er schreibt über Technik, die den Alltag prägt, und ist fasziniert von Digitalisierung und künstlicher Intelligenz.



POWER AUS DER WOLKE

SICHERHEIT

Cloud-Computing ist auf dem Siegeszug. Vor allem Prozesse, die standardisiert sind oder viel Rechenleistung brauchen, werden ausgelagert. Doch Sicherheit und Geschwindigkeit können dagegensprechen



VON
MARKUS STREHLITZ

LESEDAUER: 4 MINUTEN

Zu Beginn wurde das Konzept kritisch beäugt – vor allem in Deutschland. Die Vorstellung, IT-Leistung aus einem Verbund von Großrechnern – einer Cloud – zu beziehen, die in Rechenzentren an irgendeinem Ort in der Welt stehen, ließ Firmenverantwortliche grübeln.

Doch mittlerweile hat sich das Cloud-Computing auch in Deutschland fest etabliert. Denn Unternehmen können so auf Mietbasis mit Informations-

technik arbeiten, statt in eigene Infrastruktur investieren zu müssen, die auch noch regelmäßig gewartet werden müsste. Das Angebot ist breit: Nutzer können in der Wolke auf reine Rechenpower zurückgreifen, um damit eigene Anwendungen zu entwickeln, oder sie können schon gefertigte Software-Funktionen beziehen.

Wer eine neue Technologie einführen möchte – etwa ein Softwaresystem für die Analyse von betriebswirtschaftlichen Daten – und die nötigen Investitionen

dafür nicht aufbringen kann oder möchte, für den ist IT aus der Wolke eine attraktive Alternative.

Cloud-Computing macht auch flexibel. Ein Onlineshop beispielsweise, der zu bestimmten Zeiten im Jahr mehr Kunden anfragen als sonst üblich zu verarbeiten hat, kann sich kurzfristig die dafür nötige Rechen-Power hinzubuchen. „Viele Unternehmen möchten schneller und agiler werden, indem sie standardisierte Dienste und Funktionen nutzen, die von den Cloud-Anbietern technologisch immer auf dem neuesten Stand gehalten werden“, sagt Matthias Zacher, Analyst beim Marktforschungs- und Beratungshaus IDC. „Die Firmen sparen sich somit Anpassungen an die Hardware und Pflegeaufwand für die Anwendungen.“

Prozesse im Kundenbeziehungsmanagement und im Personalbereich seien klassische Einstiegs-szenarien, so Zacher. Diese sind bereits sehr standardisiert und eignen sich daher besonders gut für das Cloud-Computing.

„Standardisierte Prozesse sind in der Cloud aufgrund von Skalierungseffekten häufig günstiger zu beziehen“, erklärt Patrick Schidler, der bei Microsoft das Marketing für das deutsche Cloud-Geschäft verantwortet. Cloud-Anbieter können Anwendungen für solche Tätigkeiten einmal entwickeln und dann einer Vielzahl von Firmen zur Verfügung stellen – zu entsprechend attraktiven Preisen.

Die Cloud biete außerdem enorme Vorteile, wenn es um große Datenmengen und hohe Rechenleistung gehe, meint Oliver Oursin, Vice President beim Cloud-Spezialisten Salesforce. „Die dafür notwendigen Ressourcen können in der Cloud leichter und dynamischer zur Verfügung gestellt werden.“ Dazu zählen etwa komplexe Datenanalysen oder auch der Einsatz von Technologien für das maschinelle Lernen.

„Früher brauchte man beispielsweise schon hoch bezahlte Spezialisten, um grundlegende Lösungen für das Internet der Dinge oder künstliche Intelligenz aufzubauen“, berichtet Schidler. Heute könnten solche Dienste quasi von jedem Mitarbeiter schlüsselfertig aus der Cloud bezogen werden.

Laut Analyst Zacher wandern fast alle Prozesse in die Wolke. Selbst Sicherheit ist mittlerweile ein Argument für diese Art der IT-Nutzung. „Große Cloud-Anbieter haben sehr gute Sicherheitsteams und können ein Schutz-Level gewährleisten, das sich gerade kleine und mittlere Unternehmen nicht immer leisten können“, sagt Oursin. Und Microsoft-Mann Schidler fügt hinzu: „Die meisten Vorgaben des Datenschutzes oder Steuerrechts sowie viele

SELBST LÖSUNGEN
FÜR DAS INTERNET
DER DINGE
ODER KÜNSTLICHE
INTELLIGENZ
KÖNNEN HEUTE
SCHLÜSSELFERTIG
AUS DER CLOUD
BEZOGEN WERDEN

industrie- oder unternehmensspezifische Vorgaben lassen sich heute in der Cloud abbilden.“

In bestimmten Fällen kann der Sicherheitsaspekt aber nach wie vor auch gegen Cloud-Computing sprechen. Das gelte etwa für Daten, die aufgrund ihrer Wichtigkeit auch innerhalb des Unternehmens physikalisch von anderen getrennt sind und in separaten Netzwerken gehalten werden, heißt es vonseiten des Cloud-Anbieters Servicenow. Diese fänden in der Regel in der Cloud nicht die entsprechenden Bedingungen vor.

Ein weiteres Argument gegen die Cloud kann auch die mangelnde Geschwindigkeit sein. Manche Geschäftsprozesse benötigen extrem schnelle Rückmeldungen. Bestimmte Sensordaten von Produktionsmaschinen müssen im Mikrosekunden-Bereich verarbeitet werden. In diesem Fall reicht die Zeit meist nicht aus, um die Daten in ein Rechenzentrum in der Wolke zu übermitteln, diese dort dann zu analysieren und das Ergebnis zurückzuschicken. Häufig bietet das vorhandene Netz auch einfach nicht die notwendige Geschwindigkeit und Bandbreite. Die mangelhafte Netzabdeckung ist aktuell gerade in Deutschland ein viel diskutiertes Thema.

Einige Cloud-Anbieter haben auf diese Anforderungen aber schon reagiert. Sie stellen spezielle Mini-Recheneinheiten bereit, die Daten schon im Unternehmen vor Ort verarbeiten oder nur noch einen Teil davon in die Wolke schicken. Das Schlagwort lautet Edge-Computing, weil die entsprechenden Systeme am Rande des Netzwerks – englisch: Edge – stehen. So schreitet der Siegeszug der Cloud-Technik weiter voran.

Markus Strehlitz arbeitet seit mehr als zehn Jahren als freier Journalist und schreibt für die SZ, weitere Tageszeitungen sowie für Fachzeitschriften. Er studierte Geschichte, Medienwissenschaft und Allgemeine Linguistik in Mannheim, danach machte er ein Volontariat bei der *Computer Zeitung*.

So arbeiten wir in Zukunft

NEW WORK

Das vergangene Jahr hat die laufende Entwicklung hin zu Remote Work in der Cloud um Jahre beschleunigt. Was bedeutet das für Ihr Unternehmen?

LESEDAUER: 7 MINUTEN

Wie sieht das Arbeiten nach der Corona-Pandemie aus? Was die Beschäftigten betrifft, so fällt das Votum eindeutig aus: 83 Prozent wollen auch in Zukunft weitestgehend selbst über Arbeitsbeginn und -ende bestimmen. Auch beim Ort und der Anzahl an Home-Office-Tagen wünschen sie sich mehr Mitsprache. Gleichwohl kehren mehr als zwei Drittel gerne ins Büro zurück, wo Freunde, Flurfunk und kollegialer Austausch zur gewohnten Atmosphäre verschmelzen.

In der Arbeitswelt nach Covid-19 dürfte die Bürowoche mit neun Stunden Anwesenheitspflicht genauso passé sein wie das reine Home-Office, sagt Philipp Bohn, New-Work-Experte und Marketingleiter beim Systemintegrator Atos. Bohn lebt in Berlin und verbrachte bereits den Großteil seiner Arbeitszeit in Co-Working und Home-Office, lange bevor das Coronavirus unsere neue Realität war.

Für seinen Arbeitgeber Atos entwickelte der heutige Marketingleiter für Deutschland eine Kollaborationssoftware für Unternehmenskunden. Ihm und seinem Team sei bereits vor Jahren klar gewesen, dass Kommunikation und Zusammenarbeit nur per Telefon und E-Mail bald nicht mehr effektiv sein würden und es neuer Werkzeuge für virtuelle Teams bedarf.

Weil seine Abteilung ihre Arbeitsweise schon damals entsprechend ausrichtete, weiß Bohn auch, dass es keine universelle Blaupause für „New Work“ gibt. Denn bei neuen Formen der Arbeit gehe es weniger um Vorgaben, sondern vielmehr um Ziele, die jede Person möglichst individuell erreichen soll. Mal gelinge das besser mit Home-Office, mal gemeinsam als Workshop im Büro. In anderen Fällen ist ein flexibler Mix inklusive Co-Working-Space die beste Lösung, also ein angemieteter und offen gestalteter Büroplatz für Selbstständige, Start-ups und Beschäftigte verschiedener Unternehmen.

Bits, Bricks & Behavior

Welche Kriterien können Unternehmen anlegen, um die jeweils beste Arbeitsform zu finden? Bohns Entscheidungshilfe lautet „Bits, Bricks & Behavior“. Die Bits stehen stellvertretend für die technischen Rahmenbedingungen, die ein sicheres, mobiles und performantes Arbeiten gewährleisten. Covid-19 hat die Entwicklung zum digitalen Arbeitsplatz in der Cloud beschleunigt. Nun gelte es, die Menschen in das neue Ökosystem einzubinden und ihm den letzten Schliff zu verpassen, so Bohn. Das betreffe etwa die Qualität der Internetverbindung, die Konsistenz der Verschlüsselung oder die Vervollständigung des persönlichen Cloud-Desktops um fehlende Apps mit einheitlicher Anmeldung.

Auch steht die Verlagerung von Facharbeitsplätzen in die Cloud noch an, die in der ersten Cloud-Migration noch weniger Berücksichtigung gefunden haben. Etwa in der Forschung und Entwicklung mit rechnerintensiven Anwendungen wie CAD.

„Bricks“, die zweite der drei New-Work-Zutaten, widmet sich räumlichen Fragestellungen. Die Erfah-

rungen aus dem pandemiebedingten Home-Office zeigen, dass sich nicht jede Tätigkeit gleich gut von zu Hause erledigen lässt. Während laut Studien Sach- und Wissensarbeiter daheim oft sogar produktiver werden, müssen strategische und kreative Arbeiten eher im Team gemeinsam vor Ort erledigt werden. Auch hier ist also Flexibilität gefragt.

Die Beschäftigten eines japanischen Technologie-Konzerns dürfen im Zuge der digitalen Transformation wählen, ob sie von zu Hause arbeiten wollen, in einem kleineren Satellitenbüro oder in einem größeren Hub-Office, das bestimmte Funktionen wie zum Beispiel einen Showroom beinhaltet. Ein „Hot Desk System“ ersetzt vormals fest zugewiesene Schreibtische durch flexible Arbeitsplätze. In rund drei Jahren soll die bisherige Bürofläche um 50 Prozent schwinden.

Zentrale Büroplätze abzubauen oder auszulagern, ist nicht nur wirtschaftlich interessant. In Stadtgebieten kann so dringend benötigter Wohnraum entstehen. Zudem wirken Co-Working-Spaces wie ein sozialer Katalysator: Finden sich bestimmte Berufsgattungen oder Branchen in einem thematisch ausgerichteten Campus zusammen, profitieren Mitarbeiter und Arbeitgeber zugleich von einer wertvollen Vernetzung zu Trendthemen wie künstlicher Intelligenz oder Mobilität. Von der räumlichen Flexibilisierung profitiert auch das Recruiting. Fachkräfte zu gewinnen, wird deutlich einfacher, wenn diese auch nach einem Jobwechsel ihren Lebensmittelpunkt behalten können.

Offenheit und Vertrauen statt Kontrolle

Selbst der beste Arbeitsmix funktioniert nur, wenn sich die Unternehmen auch mit der dritten Komponente „Behavior“ auseinandersetzen. „Wo Kontrolle durch Freiräume ersetzt werden soll, braucht es Offenheit und Vertrauen“, weiß Atos-Manager Bohn. Führungskräfte müssten entsprechend geschult werden, und auch die Beschäftigten brauchten Handreichungen zu Themen wie Gesundheit im Home-Office, Sicherheit und Datenschutz oder klimabewusster Umgang mit Ressourcen.

Wer 15 Stunden pro Woche in Videokonferenzen verbringt, verursacht monatlich 9,4 Kilogramm an CO₂-Emissionen, so eine aktuelle Studie. Lässt man die Kamera aus, sind es den Forschern zufolge nur 377 Gramm. Jeder Verzicht auf die Kamera bedeutet also 96 Prozent weniger CO₂-Ausstoß.

ZENTRALE
BÜROPLÄTZE
ABZUBAUEN ODER
AUSZULAGERN,
IST NICHT NUR
WIRTSCHAFTLICH
INTERESSANT

Videokonferenzen sind unterm Strich dennoch meist klimafreundlicher als Konferenzen mit Anfahrt. Schon ab fünf Kilometer Anfahrtsweg mit dem Auto lohnt sich der Umstieg ins virtuelle Meeting, rechnet eine aktuelle Studie von Verkehrsclub Deutschland (VCD) und Borderstep Institut vor.

Deshalb gilt: Klimaschädlicher als viele Videokonferenzen wäre eine Rückkehr zum alten Pendlerverhalten vor Covid-19. Neben wichtigen Maßnahmen wie der Umstellung von Fahrzeugflotte zu Elektroautos empfiehlt Bohn Firmen, auch über Optionen wie ein monatliches Mobilitätsbudget für Ride-Sharing-Dienste nachzudenken: für ÖPNV, E-Roller und andere umweltschonende Verkehrsmittel. Solche Pauschalangebote bietet beispielsweise das Berliner Start-up Rydes an.

Jetzt die Weichen stellen

Neben neuen Unternehmensprozessen, die zum Beispiel Real-Estate- und Personalabteilungen zur Zusammenarbeit bringen, braucht New Work auch Maßnahmen für das soziale Miteinander. „Früher haben wir uns mit unserem geografisch über ganz Europa verteilt lebenden Entwicklungsteam einmal im Quartal zu einer gemeinsamen Arbeitswoche zur Roadmap-Planung und sonstigen strategischen Beratungen getroffen. Abends waren wir dann zusammen unterwegs“, berichtet Bohn aus der Prä-Covid-Zeit.

Solange diese Option nicht besteht, widmen erste Unternehmen ihr wöchentliches Meeting ausschließlich dem sozialen Austausch und überlassen die Arbeitsthemen den Projektteams. Andere wiederum nutzen virtuelle Coffee-Breaks oder setzen künstliche Intelligenz ein, um spontane Begegnungen zu initiieren.

Sobald sich die Lage stabilisiert hat, sollten Unternehmen einen hybriden Betrieb prüfen – ein „Alle zurück ins Büro“ oder „Dauerhaft Home-Office“ wird wohl seltener die richtige Lösung sein.

Den guten alten Flurfunk kann dies freilich nicht ersetzen, aber abgesehen davon bietet New Work wandlungsfähigen Unternehmen eine Vielzahl an Chancen. Sie reichen vom effektiveren Networking über ein gutes Employer-Branding mit Work-Life-Balance bis hin zu mehr Wettbewerbsfähigkeit und Klimafreundlichkeit. Die Interessen von Arbeitgebern und Beschäftigten liegen in diesem Fall nahe beieinander. Ein Grund mehr, aus der Zeit der Pandemie zu lernen und sich auf den Arbeitsplatz der Zukunft vorzubereiten.

Braucht mein Unternehmen Quanten-Computing?

QUANTEN-COMPUTING

Sie schaffen in Millisekunden, wofür bisherige Rechner Jahre brauchen:
Die Quantum-Computing-Revolution kommt weit schneller, als viele ahnen.
Warum Unternehmen jetzt einsteigen müssen

LESEDAUER: 6 MINUTEN

Nach der künstlichen Intelligenz steht schon die nächste technische Revolution vor der Tür: Quantum Computing übertrifft die bisherige Rechenleistung um Welten. Doch nur wenige Unternehmen scheinen die Chance zu ergreifen, bisher unlösbare Rechenaufgaben in wenigen Millisekunden zu lösen. Woran liegt das? Zwar berichten die Medien fast täglich von einem neuen Meilenstein auf dem Weg zum quantenmechanischen Supercomputer, doch stehen dabei meist die wissenschaftlichen Fragen im Fokus. Tatsächlich ist nicht leicht nachzuvollziehen, welchen Nutzen eine Maschine haben kann, die erst aufwendig auf minus 273 Grad heruntergekühlt werden

muss, um dann einige Tausendstel Sekunden zu rechnen, ehe das quantenmechanische Konstrukt sofort wieder kollabiert und außerdem nur „wahrscheinliche“ Ergebnisse liefert.

Nerdige Materie, großer Unternehmensnutzen

Zugegeben, Quantencomputer sind nicht einfach zu verstehen. Aufbau und Funktionsweise unterscheiden sich fundamental von den herkömmlichen Silizium-Rechnern. Anders als das Bit, die allgemein bekannte Recheneinheit, können Quantenbits, kurz: Qubits, nicht nur den Wert 0 oder 1 annehmen,

sondern beliebige Zwischenwerte, und das zur selben Zeit. Sinnbildlich lässt sich das Phänomen gut mit dem Zustand einer Münze beschreiben: In der klassischen Bit-Welt liegt das Geldstück auf dem Tisch und zeigt entweder Kopf oder Zahl. In der Quantenwelt rotiert die Münze hingegen in der Luft so schnell um sich selbst, dass beide Seiten gleichzeitig sichtbar sind.

Unter Ausnutzung dieser „Superposition“ und weiterer quantenmechanischer Eigenschaften lassen sich Schaltkreise aufbauen, die hochkomplexe Rechenaufgaben in einem Bruchteil der bisherigen Zeit durchführen. Dabei potenziert sich die Kapazität mit jedem zusätzlichen Qubit. Ein Rechner mit 40 Qubits ist in der Lage, gängige Kryptoverfahren zu knacken, zum Beispiel die weit verbreitete asymmetrische RSA-Verschlüsselung. Um einen Quantencomputer mit 80 Qubits zu simulieren, wäre die komplette aktuell auf der Welt verteilte Rechenkraft nötig.

Auch wenn vieles nach Science-Fiction klingt: Die neue Rechner-Ära kommt, und es bleibt nicht viel Zeit, sich darauf vorzubereiten. Schon in zwei bis drei Jahren sei mit 50- bis 100-Qubit-Computern zu rechnen, die Unternehmen wirtschaftlich einsetzen können, sagt Jan Wender, Experte für Quanten- und High-Performance-Computing beim IT-Unternehmen Atos. Diese könnten bereits Aufgaben jenseits der aktuellen Möglichkeiten lösen oder gängige Analysen drastisch verkürzen. „Große Player wie Airbus, Bosch, Daimler oder Siemens haben dafür längst eigene Abteilungen geschaffen“, erklärt Wender. Alle anderen Software-affinen Unternehmen müssten sich jetzt beeilen, wollten sie nicht ins Hintertreffen geraten.

Wo bleibt die Software?

In vielen Führungsetagen Europas herrscht noch die Meinung vor, Quantum Computing sei etwas für Wissenschaftler und Nerds. Das könne auch daran liegen, dass sich die Forschung zu stark auf die physikalische Seite konzentriere, vermutet Jan Wender. Um die individuellen Nutzenpotenziale zu erschließen, brauche es neben Schnittstellen zu konventionellen Rechnern vor allem Software. „Viel wichtiger als die Frage nach der Verfügbarkeit des ersten Quantencomputers ist doch, was die Unternehmen konkret damit machen können und wie sie entsprechende Algorithmen programmieren“, sagt der Atos-Experte. Genau an diesem Punkt gelte es nun, Know-how aufzubauen und an konkreten Anwendungsfällen zu arbeiten.

GROSSE PLAYER
WIE AIRBUS, BOSCH,
DAIMLER ODER
SIEMENS HABEN
FÜR QUANTEN-
COMPUTING
LÄNGST EIGENE
ABTEILUNGEN
GESCHAFFEN

Was einzelne Branchen vorhaben

Welche Anwendungen benötigen überhaupt eine exponentiell gesteigerte Rechenpower? Tatsächlich ist der Bedarf vorhanden: Logistik- und Mobilitätsanbieter wollen die ideale Route durch verschiedene Wegknoten finden. Der Einzelhandel möchte aus Millionen von Kombinationen die umsatzoptimale Warenanordnung im Supermarktregal ermitteln, die Finanzbranche sucht nach neuen Anlagestrategien nebst einer besseren Risikobewertung. Die Frage, wie sich Strom aus volatilen Quellen wie Wind und Sonne bedarfsgerecht verteilen lässt, motiviert die Energieerzeuger, in Quantum Computing zu investieren. Und sobald Chemie- und Pharmaunternehmen hochkomplexe chemische Gleichungen lösen können, werden wir vielleicht CO₂-absorbierende Substanzen und neue, noch wirkungsvollere Vakzine sehen.

Welche Bedeutung Quantum Computing für die künftige Medikamentenentwicklung hat, zeigt die Tatsache, dass Biontech-Vorstand Helmut Jeggel in den Aufsichtsrat des Start-ups IQM berufen wurde. IQM ist der europäische Marktführer für supraleitende Quantencomputer mit Hauptsitz im finnischen Espoo. Im Rahmen des Start-up-Programms „Scaler“ arbeitet das Unternehmen auch mit Atos zusammen, um dessen künftiges Angebot gezielt zu erweitern.

Rechtzeitig an Algorithmen arbeiten

Wer den Unternehmenserfolg mit Quantenmechanik voranbringen möchte, braucht zunächst einen konkreten Anwendungsfall. Den Prozess von der Ermittlung bis zum Proof of Concept begleitet Atos mit Lehrgängen, Explorations-Workshops und konkreter Projektunterstützung. „Viele wissen nicht, dass sie die Software schon heute unabhängig von einem fertigen Quantencomputer entwickeln können“, so Atos-Experte Wender. Die später eingesetzten Algorithmen ließen sich schon heute erstellen und mithilfe von Simulatoren testen.

Dafür bietet Atos seinen Kunden seit mittlerweile vier Jahren eine „Quantum Learning Machine“ (QLM). Die Atos QLM läuft im normalen Rechenzentrum und ist in der Lage, Systeme mit bis zu 40 Qubits zu simulieren. Mithilfe einer universellen Programmierumgebung lassen sich so Algorithmen realisieren, die später auf Quantencomputern beliebiger Bauart laufen können. Das entsprechende myQLM Framework zum Testen von Anwendungen auf dem eigenen Computer stellt Atos kostenfrei zur Verfügung.

Jetzt ist die Zeit einzusteigen

Alle relevanten Unternehmen, die zu lange zögern, verpassten eine historische Chance, warnt Wender. „Sind die ersten Rechner einmal da, werden die Projekte schnell vergeben sein“, prognostiziert er. Firmen, die dann bereits fertige Algorithmen haben, werden sich frühzeitig einen Platz sichern und ihre Anwendung umgehend realisieren.

Ähnlich wie bei der künstlichen Intelligenz vor rund sieben Jahren dürfte auch das Quantum Computing zu weitreichenden Veränderungen führen. Unternehmen, die sich noch nicht mit dem bevorstehenden Paradigmenwechsel auseinandergesetzt haben, stehen jetzt vor der Wahl: der technischen Entwicklung und damit der Konkurrenz hinterherzulaufen oder rechtzeitig einzusteigen.

DIE QUANTUM
LEARNING MACHINE
VON ATOS KANN
SYSTEME MIT BIS
ZU 40 QUBITS
SIMULIEREN

So wird Ihr Unternehmen besser fürs Klima

DEKARBONISIERUNG

Selbst Firmen, die Technologie zur Bekämpfung der Klimakrise entwickeln, verursachen CO₂. Wie es gelingt, weniger klimaschädlich und trotzdem erfolgreich zu sein

LESEDAUER: 6 MINUTEN

Türkisblaues Wasser, fjordähnliche Buchten, umgeben von malerischen Kalkfelsen – der Nationalpark Calanques vor den Toren von Marseille ist eine der wichtigsten Touristenattraktionen Südfrankreichs. Und: ein neuer Hoffnungsträger im Kampf gegen die Erderwärmung. Denn das hier beheimatete Seegras *Posidonia oceanica* besitzt eine fantastische Fähigkeit: Jeder Hektar speichert bis zu 1500 Tonnen Kohlenstoff, bis zu fünf Mal mehr als tropische Wälder, über Hunderte von Jahren. Das Problem: Obwohl die Seegraswiesen gesetzlich geschützt sind, gehen jährlich 1,5 Prozent der Flächen verloren, und damit die Grundlage eines bedeutenden und empfindlichen marinen Ökosystems.

Unvermeidbare CO₂-Emissionen kompensieren

Die fortschreitende Zerstörung der Seegraswiesen trifft das Klima doppelt hart: Denn zusätzlich zur Abnahme des natürlichen CO₂-Speichers wird bis-

lang gebundenes Treibhausgas freigesetzt. Das Pilotprojekt „Prométhée – Med“ soll das ändern. Mehrere Digital- und Umweltakteure, darunter auch EcoAct, ein Atos-Unternehmen mit Expertise im Bereich Klimawandel und Feldforschung, entwickeln damit erstmals eine Methodik zum Schutz von Seegraswiesen. Über ein entsprechend zertifiziertes Klimaschutzprojekt könnten sich künftig Unternehmen am Erhalt und der Wiederherstellung der Seegraswiesen beteiligen und damit ihre direkt oder indirekt verursachten CO₂-Emissionen ausgleichen. „Off-Setting“ nennen Fachleute diese Methode.

Ähnliche Klimaschutzprojekte zum Aufbau von Kohlenstoffvorräten oder zur Vermeidung lokaler Emissionen gibt es mittlerweile viele. Mit dem Geld der Unternehmen werden unter anderem Wälder am Amazonas, in Äthiopien oder Kambodscha geschützt und wiederaufgeforstet. Andernorts reduzieren Off-Setting-Programme den Verbrauch von Feuerholz, indem sie effizientere Kochstellen, Wasserfilter und erneuerbare Energiequellen einführen.

Wie Unternehmen ihren CO₂-Abdruck reduzieren

Ist Off-Setting lediglich ein bequemer Weg, sich von der eigenen Klimaverantwortung freizukaufen? „Wer so denkt und damit Greenwashing betreiben will, hat nicht verstanden, worum es geht“, sagt Alexandra Knupe, verantwortlich für den Bereich Corporate Social Responsibility der Atos-Gruppe. „Das Ausgleichen von CO₂-Emissionen kann immer nur der zweite Schritt auf dem Weg zum klimaneutralen Unternehmen sein.“ Zuvor gelte es, sie so weit wie möglich zu reduzieren, so die CSR-Chefin. Was dann noch übrig bleibt, wird kompensiert.

Grundlage eines Umweltmanagement-Programms sei ein umfangreiches Berichtswesen, an dessen Anfang eine fundierte Bestandsaufnahme stehen muss. Denn zunächst gilt es, die Quellen aller verursachten Emissionen genau zu identifizieren und dann geeignete Maßnahmen und Meilensteine zu ihrer Reduktion festzulegen und zu überwachen. „Ein erfolgreiches Programm braucht langfristige Planung, ein transparentes Berichtswesen und ambitionierte Ziele“, weiß Knupe. Schließlich fordern Politik, Geschäftskunden und der Kapitalmarkt zunehmend Informationen und Nachweise zum unternehmerischen Klimaschutz.

Digitale Dekarbonisierung nötig

Der meist genutzte Methodenstandard für ein Klima-Reporting, das sogenannte Greenhouse Gas Protocol (GHG Protocol), unterscheidet drei Gruppen von Treibhausgasemissionen: In die erste Kategorie (Scope 1) fallen direkte Emissionen, die das Unternehmen selbst durch Verbrennung in eigenen Anlagen oder Fahrzeugen erzeugt. Scope 2 betrachtet hingegen den Anteil an Treibhausgasen, die mit eingekaufter Energie verbunden sind, etwa den Stromverbrauch von Bürogebäuden oder des eigenen Rechenzentrums. Scope 3 wiederum umfasst die indirekten Emissionen, die beispielsweise Geschäftsreisen oder gekaufte Waren und Dienstleistungen verursachen.

Während sich Scope 1 und 2 mit offensichtlichen Maßnahmen wie E-Fahrzeugen oder Ökostrom in den Griff bekommen lassen, wird es bei Scope 3 schwieriger. Denn diese Ziele lassen sich nur unter Mitwirkung aller an der Wertschöpfungskette beteiligten Organisationen erreichen. Schließlich ist der eigene Einfluss auf die indirekten Emissionen begrenzt.

UM DIE ZIELE ZU
ERREICHEN,
MÜSSEN ALLE
ORGANISATIONEN
IN DER WERT-
SCHÖPFUNGSKETTE
ZUSAMMENARBEITEN

Vielfältige Tools für den Klimaschutz

EIN ERFOLGREICHES
PROGRAMM
BRAUCHT LANGFRISTIGE
PLANUNG,
EIN TRANSPARENTES
BERICHTSWESEN
UND AMBITIONIERTE
ZIELE

Darüber hinaus sorgt die digitale Transformation dafür, dass die indirekt verursachten CO₂-Emissionen stetig nach oben getrieben werden, insbesondere durch die steigende Nutzung von Cloud-Diensten und Datenzentren. Wie diese künftig energieeffizienter werden können, zeigt ein unter Beteiligung von Atos neu entwickelter Supercomputer, der im November 2020 unter dem Namen JUWELS am Forschungszentrum Jülich in Betrieb ging. Das System ist nicht nur das bis dato schnellste, sondern auch das weltweit effizienteste in der höchsten Leistungsklasse.

Bereits in zwei Jahren möchte Atos mit Unterstützung des französischen Energieexperten HDF das erste mit grünem Wasserstoff betriebene Datacenter eröffnen. Und auch das Engagement im Bereich Quantum Computing könnte eine wichtige Rolle im Kampf gegen den Klimawandel spielen. Denn mithilfe der ungeheuren Rechenpower, so die begründete Hoffnung, könnten Forscher neuartige Materialien berechnen, die CO₂ unmittelbar nach der Energieproduktion binden.

Durch digitale Dekarbonisierung lassen sich Klimaschutz, neue Technologien und Wirtschaftlichkeit in konstruktiver Weise verbinden, sagt Alexandra Knupe. Unternehmen, die damit ihre Emissionen transparent machten, erarbeiteten sich einen nachhaltigen Wettbewerbsvorteil. Die Toolbox von Atos, EcoAct und weiteren Partnern halte hierfür ein Bündel an erprobten Maßnahmen bereit. So lassen sich etwa das Design neuer Produkte und Fertigungsanlagen mithilfe von Simulationen und virtuellen Abbildern, sogenannten digitalen Zwillingen, hinsichtlich ihrer Klimarelevanz optimieren. Auch beim Messen und Überwachen der Ziele kann die Digitalisierung helfen.

Wer über alle Abteilungen hinweg eine klimafreundliche Dynamik erzeugen möchte, kann auch über einen internen Carbon-Preis nachdenken. Atos hat dies im letzten Jahr mit 80 Euro je Tonne getan und damit gute Erfahrungen gemacht. Aktuell bindet das Unternehmen auch seine Lieferkette ein. Dafür wurden Anreize für Partner mit Umweltzielen geschaffen und die Auswahl der Lieferanten um Umweltkriterien erweitert.

Die Glaubwürdigkeit nach außen unterstreichen sogenannte Decarbonization Level Agreements. Erreichen Atos-Projekte die vertraglich festgelegten CO₂-Reduktionen nicht, kommt der IT-Dienstleister für das Off-Setting des Fehlbetrags auf. Darüber hinaus hat das Unternehmen jüngst sein bisheriges Net-Zero-Ziel um sieben Jahre auf 2028 vorverlegt.

„Klimaschutz braucht das Engagement aller“, stellt Alexandra Knupe klar, „und erfolgreiche Lösungen müssen einen Wettbewerbsvorteil darstellen.“ Die digitale Transformation kann einen wesentlichen Beitrag dazu leisten. Und damit auch zum Erhalt der wichtigen Seegrasswiesen im Mittelmeer.

Wird mein Unternehmen bald erpresst?

RANSOMWARE

Social Hacker warten wie Spinnen darauf, dass ihnen einzelne Mitarbeiter ins Netz gehen. Sind sie einmal im System, können sie den kompletten Betrieb lähmen. Wie sich Unternehmen gegen erpresserische Attacken wehren und dauerhaft schützen können

LESEDAUER: 7 MINUTEN

Cyberkriminelle erfinden laufend neue Methoden, wie sie einzelne Mitarbeiter und ganze Unternehmen abzocken können. Derzeit besonders beliebt ist das „Pretexting“, mit dem die Hacker ihren sorgfältig recherchierten Opfern unter einem Vorwand (Pretext) sensible Informationen entlocken. Diese werden anschließend für Erpressungsversuche, Transaktionen oder Angriffe auf das Firmennetz verwendet oder einfach nur im Darknet verkauft. Eine besonders perfide Masche ist der aus dem privaten Umfeld bekannte „Enkel-Trick“: Dabei geben sich die Hacker als Enkelkinder aus, deren Geburtstag vergessen wurde. Von Schuldgefühlen heimgesucht, übermitteln Omas und Opas nach wenigen Nachrichten prompt ihre Kreditkartennummer nebst Prüfziffer.

Pretexting ist auch im Unternehmensumfeld nur eine von vielen Betrugsmethoden aus dem Bereich des Social Engineering. Warum diese so oft Erfolg haben, erklärt Giulia Vaccaro, Cybersecurity-Expertin

beim IT-Dienstleister Atos: „Social Engineering spricht gezielt die emotionale Seite im Menschen an, um spontan und instinktiv zu einer Handlung zu bewegen.“ Die Hacker arbeiteten dafür mit Autorität, Vertrauen, Eile oder Druck, mit Neugier, Mitleid oder Sehnsüchten. Das Ziel sei aber stets das gleiche: der Zugriff auf sensible Daten, auf den Arbeitsrechner, auf das Firmennetz.

Mitarbeiter werden gezielt angesprochen

Die Methoden der Betrüger werden immer ausgefeilter. Anders als vor einigen Jahren, als sich Phishing-Mails noch durch ungelenke Formulierungen und Rechtschreibfehler selbst entlarvten, pickt sich das verbal perfektionierte „Spear-Phishing“ gezielt Personen aus den sozialen Netzwerken heraus. „Um möglichst authentisch mit ihren Opfern in Kontakt zu treten, mimen die Hacker Vorgesetzte, Admins,

Singles, Freunde oder Verwandte“, berichtet Atos-Expertin Vaccaro, die selbst solche Attacks im Auftrag von Unternehmen durchführt und so als „White Hacker“ Sicherheitslücken aufdeckt. „Sie suchen Kontakt per E-Mail, Telefon, SMS oder direkt in den sozialen Medien und erbeuten im sich entspinnden Dialog Antworten auf Sicherheitsfragen. Mit dem bei-läufig herausgefundenen Namen des ersten Haustiers beispielsweise können persönliche Log-in-Informationen geändert und die Opfer erpresst werden.

Hacker kapern Facebook-Auftritt

Mit Social Engineering bekommen Kriminelle ohne nennenswertes Technikwissen einen Fuß in die Tür zum Firmennetz“, erklärt Giulia Vaccaro. „Dafür reicht ein Link zu einem ‚lustigen Video‘, der gedankenlos vom Arbeitsrechner aus angeklickt wird. Die stattdessen hinterlegte Schadsoftware verbindet sich zurück und eröffnet den Hackern einen Systemzugriff. Damit können sie beliebige Kontakte aus dem Adressbuch anmailen und ihrerseits zum Klicken eines Links bewegen.“

Ebenfalls im Trend bei den Social Hackern liegen sogenannte Evil Captive Portals, das sind Klone bekannter Log-in-Seiten, deren Namen in der Adresszeile kaum vom Original abweichen. Unter einem passenden Vorwand lassen sich Mitarbeiter dazu motivieren, etwa auf einer Fake-Seite von PayPal eine „unklare Überweisung“ zu prüfen und die Log-in-Daten für das Firmenkonto preiszugeben. Auch E-Mail-Portale oder Firmenseiten auf Facebook und Co. werden auf diese Weise gekapert. Giulia Vaccaro berichtet von einer befreundeten Designerin, die auf diese Weise nach einer fingierten Anfrage durch ein Modelabel kurzzeitig die Kontrolle über ihren Instagram-Account und damit den Kontakt zu ihren Followern verlor.

Erfolgreiche Erpressungsversuche

Unternehmen müssen wissen, dass alle Informationen im Social Web gegen sie verwendet werden können, sagt Giulia Vaccaro. Wer den Hackern auf den Leim geht, wird erpressbar. Häufig drohen die Betrüger damit, den Verstoß gegen Firmenrichtlinien offenzulegen oder arbeitsfremde Aktivitäten zu melden, und verlangen Schweigegeld. Nicht selten zahlen die Opfer aus Angst oder Scham. Haben die Cyber-

UNTERNEHMEN
MÜSSEN WISSEN,
DASS ALLE
INFORMATIONEN
IM SOCIAL
WEB GEGEN SIE
VERWENDET
WERDEN KÖNNEN

kriminellen erst einmal Zugang zum Firmennetz, können sie noch größere Geschütze auffahren, indem sie eine Erpressersoftware, englisch: Ransomware, einschleusen. Schadprogramme dieser Art vervielfältigen sich über alle Benutzer und Systeme hinweg und verschlüsseln Festplatten, zentrale Kundendatenbanken und Back-up-Server. Die Freigabe der Daten wird jeweils gegen Zahlung von Lösegeld in Aussicht gestellt.

Die Dimension der mit Ransomware verbundenen Schäden zeigt eine Analyse der Allianz-Industrieversicherungstochter AGCS, die für das vergangene Jahr weltweit fast eine halbe Million Vorfälle registrierte. Die geforderte Lösegeldsumme beläuft sich auf mindestens 6,3 Milliarden US-Dollar. Noch deutlich höher lagen allerdings die geschätzten Gesamtkosten zur Bewältigung der erfolgreichen Attacks mit weit über 100 Milliarden US-Dollar.

Manchmal schränken Ransomware-Angriffe sogar das öffentliche Leben ein. Mitte Mai stellte die

NIEMALS DÜRFE
 MAN DIE
 FORDERUNGEN
 DER HACKER
 ERFÜLLEN UND
 IHNEN DIE
 HOHEIT ÜBERLASSEN

wichtigste Benzin-Pipeline zwischen Texas und New York wegen eines Erpressungs-Trojaners vorübergehend ihren Betrieb ein, wodurch es in mehreren Bundesstaaten zu Benzinknappheit kam. In Deutschland registrierte die Bundesregierung für das Jahr 2020 über 170 erfolgreiche Angriffe auf Einrichtungen der kritischen Infrastruktur, darunter Krankenhäuser, Energie- und Wasserversorger, Banken und Versicherungen.

Bloß nicht zahlen!

Doch was tun, wenn einzelne Mitarbeiter oder ganze Unternehmen erpresst werden? Der US-Pipelinebetreiber soll Medienberichten zufolge fast fünf Millionen US-Dollar Lösegeld gezahlt haben. Die daraufhin von den Erpressern übermittelte Entschlüsselungs-Software sei jedoch so langsam gewesen, dass es schneller war, Back-ups einzuspielen. Niemals dürfe man die Forderungen der Hacker erfüllen und ihnen die Hoheit überlassen, rät Atos-Expertin Vaccaro. Stattdessen empfiehlt sie, die infizierten Systeme sofort herunterzufahren und alle betroffenen Personkreise proaktiv zu informieren: Mitarbeiter, Kunden, Partner, gegebenenfalls auch die Öffentlichkeit.

Das gebiete schon der Datenschutz. Fachliche Hilfe erhielten betroffene Unternehmen zudem von sogenannten Incident Response Teams. Diese spezialisierten Einsatzgruppen helfen den Unternehmen, ihre Daten und Systeme wiederherzustellen und die Angreifer zu finden. Jedes Unternehmen müsse unbedingt geeignete Prozesse entwickeln, um im Ernstfall schnell und angemessen reagieren zu können, sagt Giulia Vaccaro.

Wer Social-Engineering-Attacken dauerhaft den Nährboden entziehen möchte, sollte seine Mitarbeiter regelmäßig sensibilisieren und die Home-Office-Praxis sicher gestalten. Einer im Mai vorgestellten Studie zufolge stieg das Volumen der weltweiten Cyberangriffe während der Pandemie um 238 Prozent – wohl auch, weil Büroarbeiter im Home-Office stärker ihre Büro-Hardware auch privat nutzen. Privates und Betriebliches seien daher strikt zu trennen, Verbindungen zum Firmennetz zu sichern und öffentliche Drahtlosnetze ohne Passwortabfrage zu meiden. Außerdem ist es unerlässlich, die aktuelle Bedrohungs- und Sicherheitslage zu kennen und regelmäßig zu prüfen. Als idealen Rhythmus für das „Penetration-Testing“ von externen und mobilen Webseiten empfiehlt Vaccaro drei bis vier Monate, gegebenenfalls auch größere Abstände. Das Gesamtpaket müsse zum tatsächlichen Bedarf passen, so die Atos-Expertin.

Die Entwicklung im Social Engineering läuft rasant. Nahezu täglich lernen Giulia Vaccaro und ihre Teamkollegen von Atos neue Methoden kennen, mit denen Cyberkriminelle die emotionale Seite des Menschen gezielt für ihre Zwecke ausnutzen. Umso wichtiger ist es für Unternehmen, am Ball zu bleiben und ihr Firmennetz laufend zu testen und abzusichern. Nicht nur gegen Angriffe von außen, sondern auch von innen.

Warum wir für die Energiewende die Cloud brauchen

ENERGIE & CLOUD

In Zukunft kommt der Strom dezentral aus Millionen von kleinen Kraftwerken. Ihre Steuerung verursacht gewaltige Datenmengen. Wie die Cloud hilft, Netze zu stabilisieren und CO₂-Emissionen zu verringern

LESEDAUER: 6 MINUTEN

Die meisten Menschen verstehen unter dem Wort „Energiewende“ schlicht den Wechsel von der konventionellen Stromerzeugung zu erneuerbaren Energiequellen. Für die Netzbetreiber jedoch bedeutet sie einen technischen Kraftakt. Denn sie müssen ihre monolithischen Strukturen mit wenigen großen Kraftwerken in ein intelligentes Netzwerk umbauen, in dem es unzählige kleine Erzeuger und Stromspeicher zu überwachen und zu steuern gilt: Solaranlagen, Windgeneratoren, Geothermie, Biomasse- und Blockheizkraftwerke. Künftig sollen sogar E-Auto-Batterien oder Aufzüge als Puffer hinzukommen.

Der Anteil der erneuerbaren Energien am Stromverbrauch wächst beständig: von rund sechs Prozent im Jahr 2000 auf rund 46 Prozent im Jahr 2020. An der Produktion beteiligt waren rund 1,7 Millionen Solaranlagen, 30 000 Windkraftanlagen und 10 000 Biogaskraftwerke. Je komplexer die Netzwerke werden, desto größer ihre Neigung, instabil zu werden.

Um sowohl Unter- als auch Überversorgungen zu vermeiden, brauchen die Stromversorger Daten. Sie müssen wissen, welche Quellen in nächster Zeit wie viel Strom produzieren und welcher Verbraucher aktuell für wie lange vom Netz kann. „Die Anzahl an Variablen ist exponentiell gestiegen“, sagt Thomas Walter, Energie-Experte beim IT-Dienstleister Atos. „Um Schwankungen dynamisch ausgleichen und die Flut an Verbrauchsdaten bewältigen zu können, brauchen die Energieversorger zwei Dinge: neue Methoden und eine ungleich höhere Rechenkapazität.“

100 000 Kleinkraftwerke, Millionen von Datensätzen

Der Gesetzgeber macht ebenfalls Druck. Mit der Regelung zur Beschleunigung des Netzausbaus soll ab spätestens Oktober die erforderliche Datengrundlage für das sogenannte Redispatching stehen. Mit diesem Begriff beschreibt die Bundesnetzagentur

zum einen das kurzfristige Ändern der Einspeisung als auch das vom Netzbetreiber angeordnete Speichern von Energie zur Vermeidung von Engpässen, erklärt Thomas Walter. Die Verordnung „Redispatch 2.0“ sieht vor, dass alle Anlagen mit einer Leistung größer 100 kW entsprechende Informationen an den jeweiligen Anschlussnetzbetreiber übermitteln. In Summe sind das knapp 100 000 zusätzliche Stromquellen und damit auch 100 000 zu analysierende Datenquellen.

So viele neue Stromverbraucher vertikal zu koordinieren, kommt einer Mammutaufgabe gleich. Um die technischen Voraussetzungen für den nötigen Datenaustausch zwischen Netzbetreibern und Versorgungsunternehmen zu schaffen, errichtet Atos derzeit im Auftrag eines großen Energieversorgers eine IT-Plattform, erklärt Thomas Walter vom Digitalisierungspartner Atos. Bis zum Sommer soll die Informationsdrehscheibe auf Basis der Datenbanktechnologie SAP HANA aufgebaut sein.

Wie die Cloud hilft, CO₂ zu reduzieren

Je mehr Daten, desto besser die Prognose und umso genauer die Steuerung. Deshalb sollen künftige Verbrauchsprognosen nicht nur Wetterdaten, Verkehrsdaten und globale Ereignisse wie Wahlen oder Fußballmeisterschaften berücksichtigen, sondern auch Millionen von Smart-Metern, die im 15-Minuten-Takt Verbrauchsdaten aus Haushalten und Betrieben liefern. So entstehen gigantische Datenmengen, die in Sekundenschnelle analysiert, verarbeitet und ausgetauscht werden müssen.

Diese informationstechnische Herausforderung lasse sich letztlich nur mithilfe von Cloud-Technologien bewältigen, sagt Thomas Walter. Ohne eine genaue Bedarfseinschätzung könne man das engmaschige Erzeugernetz nicht ausreichend regeln oder spontan „abgeschaltete“ Produzenten entschädigen. Je mehr die Akteure wissen, desto wirtschaftlicher der Betrieb und desto mehr CO₂-Emissionen lassen sich am Ende durch den Einsatz der erneuerbaren Energiequellen einsparen.

In Zukunft sollen auch Sensordaten aus den Bereichen Smart Home, Smart City und Elektromobilität in die Berechnungen einfließen, darunter Bewegungsdaten von Kameras oder der Ladezustand des E-Autos in der heimischen Garage. Zur endgültigen Datenexplosion kommt es für die Versorger spätestens mit Redispatch 3.0, für das jede noch so kleine

Stromquelle zu berücksichtigen ist: jeder einzelne Kühlschrank, jedes einzelne Solardach auf dem Pkw. Die neuen Plattformen in der Cloud müssen schon heute auf die nächste Stufe vorbereitet sein, sagt Atos-Experte Walter. Darüber hinaus müssten sie aber von Anfang an das Thema Sicherheit adressieren, um die kritische Infrastruktur gegen Hackerangriffe zu schützen. Weil jeder neue Datenpunkt die Angreifbarkeit erhöhe, habe Atos spezielle Methoden zur Absicherung der Informations- und Betriebstechnik (IT und OT) entwickelt.

Informationstechnisch unabhängig

Passend zur autarken Stromversorgung möchte die EU auch die dafür verwendeten Cloud-Plattformen möglichst unabhängig aufstellen und datenschutzrechtlich abgesichert wissen. Beim Aufbau eines zugleich geschützten und skalierbaren Datenraumes für die nächste Redispatching-Stufe könnte Gaia-X eine wichtige Rolle spielen. Das EU-konforme Regelwerk und Ökosystem für mehr Datensouveränität wird aktuell von einem Konsortium aus mehreren europäischen Anbietern entwickelt. Bis zur endgültigen Verfügbarkeit Gaia-X-konformer Dienste empfiehlt Mitbegründer Atos den Energieversorgern, auf Hybridstrukturen zu setzen. Mit diesem Mix können kritische Applikationen sicher und geschlossen im eigenen Rechenzentrum laufen, während Analyse- und Verarbeitungsaufgaben bedarfsgerecht als gut skalierbare Cloud-Dienste hinzugekauft werden.

Bleibt die Frage, wer am Ende die vielen Tausend bis Hunderttausend Stromquellen steuern soll. Auch dazu hat Thomas Walter eine klare Empfehlung: Er votiert für die Verteilnetzbetreiber, denn diese hielten den Schlüssel für eine intelligente Energieversorgung in der Hand. „Je besser die Prognosen ausfallen, je genauer die einzelnen Erzeuger gesteuert und neue Speicher, zum Beispiel aus der Elektromobilität, eingebunden werden, desto unabhängiger die Stromversorgung“, so der Atos-Experte. Das technische Fundament hierfür steht jedenfalls bald.

Die Roboter kommen ins Büro

RPA

Wäre es nicht schön, einen digitalen Helfer zu haben, der einem stupide und zeitaufwendige Arbeiten abnimmt? Die robotergestützte Prozessautomatisierung (RPA) kann das. Wie RPA funktioniert und wie Unternehmen davon profitieren

LESEDAUER: 6 MINUTEN

Software ist dumm. Aber sie kann gut Dinge erledigen, die uns nerven, überfordern oder langweilen. Immer häufiger nehmen kleine digitale Helfer Menschen repetitive und zeitintensive Aufgaben ab. Klaglos und unermüdlich arbeiten sie komplexe Prozesse ab, die Unternehmen Zeit und Geld und ihre Mitarbeiter Energie kosten. In einer gemeinsamen Studie haben das Marktforschungsunternehmen Pierre Audoin Consultants und der Personaldienstleister Hay herausgefunden, dass selbst hochqualifizierte Fachkräfte in wissensbasierten

Volkswirtschaften durchschnittlich 36 Prozent ihrer Arbeitszeit mit Routinetätigkeiten verbringen. Ist das wirklich nötig?

Die Firma Neuroth möchte sich damit nicht länger abfinden und nahm die Umstellung auf ein neues Warenwirtschaftssystem vor sechs Monaten zum Anlass, ihre Mitarbeiter sukzessive zu entlasten. Damals stand der österreichische Marktführer für Hörakustik und internationale Anbieter von Hörgeräten und Gehörschutz vor der Herausforderung, 2500 alte Produktdatensätze händisch aufbereiten und neu einpflegen zu müssen.

„Durch unseren Dienstleister Atos kamen wir auf die Idee, diese mühsame Migrationsarbeit automatisiert durch Software-Roboter erledigen zu lassen“, erinnert sich der IT-Leiter der Neuroth-Gruppe, Heimo Kern. Andernfalls hätte die ohnehin gut ausgelastete Belegschaft die Produktionsdaten in Form von Excel-Listen aufbereiten und übertragen müssen, was einen Aufwand von 6000 bis 8000 Personenstunden bedeutet hätte. „Deshalb nahmen wir die Veränderung zum Anlass, unsere Mitarbeiter jetzt und in Zukunft durch modernste Technologie zu entlasten“, so Kern.

Digitale Hauselfen: emsig und schmerzfrei

Gemeinsam mit Atos führte Neuroth eine neue Technologie ein, die in der Fachwelt als Robotic Process Automation, kurz RPA, bezeichnet wird. Atos-Experte Thomas Janis erklärt: „In Analogie zu den bekannten Robotern aus der Fertigungshalle nutzen immer mehr Unternehmen ‚RPA Bots‘, um diese strukturierten Prozesse ausführen zu lassen.“ In Anlehnung an Harry Potter nennt der Atos-Experte die digitalen Helfer „digitale Hauselfen“. „Sie füllen Formulare aus, schaufeln große Datenmengen von einem System zum anderen, sortieren, schreiben und beantworten E-Mails oder prüfen mit Demokäufen die Erreichbarkeit von Onlineshops.“

RPA zählt zu den am schnellsten wachsenden Segmenten der Softwarebranche. Warum das so ist, ist leicht nachzuvollziehen. „Mit RPA können Unternehmen massiv Kosten einsparen, menschliche Irrtümer und Fehlerquellen ausschließen und Datenschutzrisiken umgehen“, erklärt Thomas Janis. Die Unternehmen könnten unterschiedlichste Tätigkeiten an Software-Roboter abgeben, bis hin zur Kundenakquise.

Börsenhype um rumänische RPA-Firma

Das riesige Potenzial, das sich über sämtliche Branchen erstreckt, lässt sich auch daran erkennen, wie einschlägige Softwarefirmen an der Börse bewertet werden, die das Thema RPA innovativ weiterentwickeln und anwendbar machen. So gelang etwa dem in Rumänien gegründeten Unternehmen UiPath im April mit einer Erstnotierung von 29 Milliarden Dollar der größte US-Börsengang, den ein Start-up mit europäischen Wurzeln bis dato aufs Parkett gelegt hatte.

”
MIT RPA KÖNNEN
UNTERNEHMEN MASSIV
KOSTEN EINSPAREN,
MENSCHLICHE IRRTÜMER
UND FEHLERQUELLEN
AUSSCHLIESSEN UND
DATENSCHUTZRISIKEN
UMGEHEN
“

Thomas Janis, dessen Arbeitgeber Atos außer mit UiPath mit zwei weiteren RPA-Softwareanbietern zusammenarbeitet, führt den Durchbruch auf zwei Entwicklungen zurück: Zum einen lassen sich die RPA Bots im Grunde sehr einfach erstellen. Zum anderen hält die Cloud mittlerweile geeignete Plattformen bereit, mit denen sich RPA auch auf Enterprise-Niveau betreiben lässt. „Die Cloud liefert uns die nötigen Standards und Rechenkapazitäten, um beliebig große Datenmengen analysieren, verarbeiten und aggregieren zu können“, erklärt der Atos-Experte. „Damit können nun nicht mehr nur einzelne Aktionen, sondern bei Bedarf auch ganze Prozesse wirtschaftlich automatisiert und dokumentiert werden.“

Smarte Roboter zum Selberbauen

Die großen Cloud-Plattformen für RPA haben aber noch einen weiteren Vorteil: Dank ihres modularen Aufbaus kann Atos je nach Anforderung auch fertige Bausteine aus den Bereichen künstliche Intelligenz oder Machine Learning einklinken und die Software-Roboter damit zunehmend schlauer agieren lassen. So wie bei „Steve“, den Thomas Janis und sein Team rein aus Spaß gebaut haben. „Mit Steve kann man sich direkt unterhalten, er kommuniziert wie ein Mensch“, berichtet der Atos-Experte. Seine Vision ist, dass sich irgendwann alle Mitarbeiter ihre eigenen digitalen Hauselfen bauen können. Mithilfe intuitiver grafischer Programmierung sei das heute schon möglich. Man müsse sich das wie einen Rekorder vorstellen, mit dem man seine Arbeitsabläufe aufzeichne, um sie später an bestimmte Ereignisse geknüpft automatisch ablaufen zu lassen.

Beim Unternehmen Neuroth in Österreich ist man nach wie vor begeistert von der Idee, die Mitarbeiter mithilfe von Atos laufend weiter zu entlasten und so mehr Zeit und Energie für wertschöpfende, anspruchsvolle Aufgaben zu haben. „Wir waren überrascht, wie schnell unser erstes Projekt erfasst, umgesetzt und erledigt war“, sagt IT-Leiter Kern. Ganze zehn Tage brauchte das Team von Thomas Janis von der Analyse und Entwicklung bis zum erfolgreichen Abschluss der Migration. „Ich bin mir sicher, dass Robotic Process Automation die Arbeitsweise revolutionieren wird und uns die Zeit- und Kostenersparnisse einen echten Business-Nutzen sowie erhebliche Wettbewerbsvorteile bringen“, sagt der Atos-Experte.

Die Sprache der Menschen sprechen

Dank verhältnismäßig geringer Investitionskosten, die sich zudem innerhalb von Wochen oder Tagen rechnen, dürfte RPA bald zu einem Standardwerkzeug im Automatisierungskoffer der Unternehmen werden. Damit die ersten und alle folgenden Projekte aber auf Anhieb ins Schwarze treffen, sollten gute Umsetzungspartner neben aller Enterprise-Expertise auch ein wenig Start-up-Mentalität mitbringen und sich schnell, agil und dynamisch am Puls der Zeit bewegen, findet Thomas Janis.

Weitere Zutaten für das Erfolgsrezept RPA seien eine geordnete Vorgehensweise, eine saubere Dokumentation und gute Auffassungsgabe. Um immer wieder erfolgreich zu sein, müssen IT-Dienstleister wie Atos die jeweilige Arbeitskultur und vor allem die Menschen verstehen, denen die Software-Roboter lästige Aufgaben abnehmen sollen. Ist das der Fall, so Janis, sprudelten schon beim ersten Workshop die Ideen nur so aus den Mitarbeitern heraus. Und bald darauf geht ein neuer Schwarm Hauselfen ans Werk.

Große Erwartungen an an das Gaia-X-Ökosystem

GAIA-X

Europa wünscht sich mehr Souveränität und Sicherheit für den Umgang mit sensiblen Daten. Die Initiative Gaia-X soll einlösen, was Unternehmen bei den großen Cloud-Anbietern vermissen. Kann die EU-Alternative das Versprechen einlösen?

LESEDAUER: 6 MINUTEN

Die Digitalisierung treibt die Menge an Daten in astronomische Höhen. Alle zwei Tage entstehen weltweit mehr davon als in der gesamten Menschheitsgeschichte bis zum Jahr 2003. Sie zu speichern, zu verwalten zu analysieren und auszutauschen, geht nur mithilfe der Cloud. Deren Kapazitäten wachsen unaufhörlich, doch europäische Unternehmen zögern bei der Fremdvergabe von Datendiensten. Laut einer Studie von

Roland Berger sind gerade einmal 26 Prozent der EU-Unternehmen bereit, unternehmenskritische Aufgaben in die Cloud zu verlegen. „Ein wesentlicher Grund dafür ist die Furcht vor dem Verlust ihrer Datenhoheit“, sagt Klaus Ottradovetz vom Digitalisierungsunternehmen Atos. Und das sei nicht verwunderlich. Denn die führenden Infrastruktur- und Plattformdienste aus Übersee, die sie dringend für neue Geschäftsmodelle brauchen, sind nicht neutral gestaltet.

Den wichtigen Cloud-Markt dominieren derzeit Anbieter aus den USA und China, wie Amazon, Google, Microsoft und Alibaba. Es soll eine ergänzende europäische Lösung für mehr Datensouveränität her, und die ist bereits auf dem Weg.

Bis dahin rät Cloud-Experte Ottradovetz Unternehmen zu einer Hybridstrategie. Mit einer Mischung aus lokalen Rechenkapazitäten und sorgfältig ausgewählten Cloud-Diensten ließen sich Datenschutz, Leistung und Skalierbarkeit für den Übergang gut unter einen Hut bringen.

Gaia-X: Europas Weg zur Datensouveränität

Auch wenn Europa in Sachen Cloud den Kampf um die Vorherrschaft im Endverbrauchermarkt verloren hat: Im zwischenbetrieblichen B2B-Bereich könne man noch immer eine führende Rolle spielen, sagt Ottradovetz. Das müsse man auch, denn die Datenökonomie sei der Wirtschaftsmotor der Zukunft. Als Grundlage dafür arbeiten derzeit Vertreter aus Wirtschaft, Wissenschaft und Verwaltung mit vielen europäischen Partnern an einer geeigneten Dateninfrastruktur. Sie trägt den Namen Gaia-X, benannt nach der griechischen Göttin Gaia – der „Gebärdin“ und personifizierten Erde, die aus dem Chaos entstand.

Gaia-X startete 2019 als deutsch-französische Initiative für eine vertrauenswürdige und souveräne digitale Infrastruktur auf Basis europäischer Regeln. Mittlerweile hat sich das Projekt zu einer Bewegung mit über 200 Mitgliedern entwickelt. Das gemeinsame Ziel: eine Umgebung schaffen, in der private und öffentliche Organisationen Daten unter der jeweiligen Kontrolle von Dateneigentümern und -nutzern teilen und speichern können. Zugleich sollen einheitliche und verbindliche Methoden sicherstellen, dass sich Daten und Dienste leicht verfügbar machen, zusammenstellen und gegen andere austauschen lassen. Die drei damit verwirklichten Prinzipien der Interoperabilität, Portabilität und Sicherheit sollen den europäischen Branchen und Unternehmen helfen, sich ungehindert zu entwickeln, zu wachsen und besser im globalen Wettbewerb bestehen zu können.

Reguliert wird die neue Cloud-Initiative von der Europäischen Vereinigung für Daten und Cloud, einem internationalen gemeinnützigen Verein nach belgischem Recht. Unter den 22 Gründungsmitgliedern der Gaia-X AISBL („Association Internationale Sans But Lucratif“, Vereinigung ohne Gewinnerzie-

TRITT GAIA-X DAMIT
IN KONKURRENZ
ZU DEN CLOUD-
SCHWERGEWICHTEN
AUS DEN
USA UND CHINA?

lungsabsicht) nimmt Atos eine bedeutende Rolle ein. Der globale Digitalisierungsdienstleister mit Hauptsitz in Bezons bei Paris bringt sein langjähriges Fachwissen und seine Erfahrung im Bereich des Cloud Computing in die Initiative ein. Aktuell ist Atos unter anderem im Board of Directors vertreten und beteiligt sich an der Ausgestaltung branchenspezifischer „Data Spaces“, darunter Industrie 4.0, Gesundheit, Energie, Mobilität und Finanzen.

Wachstum ohne Lock-In

Leistungs- und wettbewerbsfähig, sicher und vertrauenswürdig: mit diesen Eigenschaften soll die neue europäische Dateninfrastruktur europäische Branchen und Unternehmen jeder Größe mit daten-gesteuerten Geschäftsmodellen und Lösungen im globalen Wettbewerb unterstützen, ohne dass diese einen „Vendor Lock-In“ riskieren, sprich: in Abhängigkeit von ihren Cloud-Partnern zu geraten.

Gaia-X sei auch deswegen einzigartig, weil es alle notwendigen Elemente von der Wurzel bis zur Spitze gemeinsam angehe, sagt Atos-Experte Ottradovetz von der Angleichung der technischen Standards und Dienste für Interoperabilität und Portabilität über

föderierte Vertrauens- und Souveränitätsdienste bis hin zu regelkonformen Ontologien, Programmierschnittstellen und Technologiestandards. All dies werde zudem als Open Source bereitgestellt, so dass die Mitglieder sämtliche Dienste teilen und wiederverwenden können.

Tritt Gaia-X damit in Konkurrenz zu den Cloud-Schergewichten aus den USA und China, den sogenannten „Hyperscalern“? Atos-Experte Ottradovetz verneint: „Die europäische Cloud-Initiative bietet lediglich einen Rahmen für regelkonforme Angebote. Die Hyperscaler können wie jedes andere Mitglied an Gaia-X partizipieren, und tun dies auch.“ Tatsächlich finden sich unter den über 200 Mitgliedern unter anderem auch Google, AWS und Alibaba.

Geht die Rechnung auf?

Die erste Mitgliederversammlung der Gaia-X-Vereinigung fand im Juni 2021 statt. Neben der Wahl des offiziellen Führungsgremiums soll der Fahrplan konkretisiert werden. Bis Ende des Jahres sollen erste Anwendungsfälle umgesetzt und konforme Cloud-Angebote von verschiedenen Anbietern erhältlich sein. Schon heute können sich Unternehmen kostenfrei an sieben nationalen Gaia-X Hubs beteiligen und an der Gestaltung der branchenspezifischen Datenräume mitwirken.

Im Vergleich zu den etablierten Bausteinen der Hyperscaler werde das Angebot anfangs noch nicht so integriert sein, verrät Klaus Ottradovetz. Die Firmen können aber bereits aus einem Katalog an miteinander kompatiblen Cloud-Services auswählen, statt wie bisher mit jedem einzelnen Partner individuelle Verträge schließen zu müssen.

Wird sich die neue europäische Dateninfrastruktur durchsetzen? Klaus Ottradovetz ist fest davon überzeugt. Gaia-X sei alternativlos und eine historische Chance, die datenseitigen Herausforderungen Europas zu adressieren. Dass dieses Vorhaben nur mit einer gemeinsam im Zuge einer paneuropäischen Anstrengung gelingen kann, liegt auf der Hand. Jetzt sind die Unternehmen am Zug. Sie müssen die Weichen stellen: für den Übergang auf das europäische Cloud-Ökosystem und damit für eine sichere Grundlage für ihre neuen, datenbasierten Geschäftsmodelle.

ALTERNATIVE MIT DATENSCHUTZ

LEITLINIEN

Die europäische Cloud-Initiative Gaia-X will die Abhängigkeit von amerikanischen und chinesischen Cloud-Anbietern reduzieren.

Pläne und Konzepte dafür gibt es längst – nun müssen sie auch umgesetzt werden. Kann das gelingen?



VON
MIRJAM HAUCK

LESEDAUER: 7 MINUTEN

Von Gaia-X wird Großes erwartet. Benannt nach der griechischen Erdgöttin soll das Projekt nichts Geringeres werden als der „Goldstandard für Cloud-Services weltweit“. So wünscht sich das zumindest Geburtshelfer und Wirtschaftsminister Peter Altmaier (CDU). Vor gut einem Jahr hatte er auf dem Digitalgipfel der Bundesregierung Gaia-X das Projekt als deutsch-französische Initiative mit seinem französischen Amtskollegen Bruno Le Maire vorgestellt.

Die Initiatoren verstehen das Projekt als „Wiege eines offenen und transparenten digitalen Ökosystems, in dem Daten und Dienste verfügbar gemacht, zusammengeführt und vertrauensvoll geteilt werden können“. Dafür sollen neue und bestehende Angebote über Open-Source-Anwendungen und offene Standards miteinander vernetzt werden. Das heißt, Gaia-X soll dafür sorgen, dass es Cloud-Services gibt, die europäische Datenschutzstandards gewährleisten, die es erlauben, Daten untereinander branchen- und

länderübergreifend sicher auszutauschen. Und dabei am besten noch konkurrenzfähig zu amerikanischen und chinesischen Diensten sind.

Gegen Clouddienste aus den USA wie Microsoft Azure, Google Cloud und Amazon AWS gibt es insbesondere nach dem Urteil des EuGH zugunsten des österreichischen Datenschutzaktivisten Max Schrems Vorbehalte. Er kippte mit seiner Klage das sogenannte Privacy Shield, das den Datenaustausch zwischen der EU und den USA rechtssicher regeln sollte. Das Gericht stellte im Juli klar, dass EU-weit die Datenschutz-Grundverordnung (DSGVO) gelten muss. Sie regelt, dass personenbezogene Daten grundsätzlich nur dann in ein Drittland übermittelt werden dürfen, wenn das betreffende Land für die Daten ein angemessenes Schutzniveau gewährleistet. Das wiederum ist nicht mit dem US-amerikanischen Cloud Act vereinbar. Der besagt, dass US-Unternehmen auf Anfrage der Sicherheitsbehörden Kundendaten herausgeben müssen.

Allerdings sind US-Konzerne wie Amazon, Google und Microsoft nicht von vornherein von der Gaia-X-Initiative ausgeschlossen. Wirtschaftsminister Altmaier hatte mehrmals erklärt, dass auch Tech-Konzerne aus den USA Angebote entwickeln sollten, die mit den Richtlinien von Gaia-X vereinbar sind. Und diese zeigen nach anfänglichen Vorbehalten durchaus Interesse. Microsoft-Präsident Brad Smith etwa nannte Gaia-X einen „durchdachten Vorschlag“.

22 Gründungsmitglieder wie SAP, die Deutsche Telekom und BMW verzeichnete Gaia-X im Oktober 2019, gut ein Jahr später wollen weitere 100 Unternehmen und Organisationen aus mehreren europäischen Ländern das Projekt mit Geld und Know-how unterstützen. Die Initiative ist mittlerweile ein gemeinnütziger Verein mit dem etwas sperrigen Namen Gaia-X AISBL. AISBL steht für Association internationale sans but lucratif, die belgische Rechtsform für eine Vereinigung ohne Gewinnerzielungsabsicht.

Den Milliardenmarkt der Cloudanbieter dominiert derzeit Amazon Web Services (AWS) mit 33 Prozent Marktanteil weltweit. Nach Zahlen der Synergy Research Group haben Unternehmen im dritten Quartal 2020 weltweit 33 Milliarden US-Dollar für Cloud-Infrastrukturdienste ausgegeben und damit 33 Prozent mehr als im dritten Quartal 2019. Nach Amazon belegt Microsoft mit 18 Prozent Marktanteil den zweiten Platz, zusammen bedienen sie gut die Hälfte des Marktes. Platz drei geht mit neun Prozent an Google, es folgen Alibaba und IBM mit je fünf Prozent. Erst auf Platz zehn findet sich mit einem Prozent

BEI GAIA-X
IST GEREGLT,
WER AUF
WELCHE DATEN
ZUGRIFF HAT



Marktanteil das erste europäische Unternehmen: SAP aus Walldorf. Die Top Ten der Anbieter teilen unter sich 80 Prozent des Marktes auf. Die übrigen 20 Prozent bedienen kleinere nationale oder regionale Cloudanbieter.

Zu den Kunden der großen US-Cloudanbieter gehören mittlerweile auch viele deutsche Unternehmen. So verkündete die Deutsche Bahn Ende Oktober, dass sie ihre eigenen Rechenzentren abgeschaltet und die komplette Informationstechnik in die Cloud verlagert habe – in die Clouds von Amazon und Microsoft. Der Konzern begründete diesen Schritt damit, dass die Auslagerung flexibler und kostengünstiger sei, als die IT-Anwendungen selbst zu betreiben. Die Deutsche Bank setzt seit Sommer bei ihren Finanzdienstleitungen auf Googles Cloud. Der Modehändler Zalando nutzt seit Kurzem Machine-Learning-Algorithmen von Amazon.

Gaia-X will aber kein „Hyperscaler“ nach dem Vorbild von Google, Amazon oder Microsoft werden. Vielmehr soll den Cloud-Riesen mit einer Vernetzung von vielen kleineren Anbietern aus Europa entgegengetreten werden. Aber wie stehen die Chancen? Die Marktforscher von Forrester Research haben sich die Initiative genauer angesehen und sind zu dem Ergebnis gekommen, dass das Projekt zwar sehr ambitioniert, aber insgesamt noch zu abstrakt sei. Es sei noch nicht klar, was Gaia-X genau sei und wo Initiatoren und Mitglieder damit hinwollten.

Martin Endreß, Vorstand eines der größten europäischen Webhoster 1&1 Ionos, ist dagegen überzeugt, dass Gaia-X das richtige Projekt zur richtigen Zeit ist: „Wir sind von Anfang an dabei, und für uns ist Gaia-X ein starker Impuls aus der Regierung.“ Für Europa könne daraus eine echte Wertschöpfung entstehen, vor allem dadurch, dass europäische Tech-Arbeitsplätze geschaffen werden.

Endreß sieht den Vorteil von Gaia-X darin, dass das Projekt den Rahmen vorgibt, indem Plattformen für den Datenaustausch geschaffen werden können. Gerade im Bereich des Machine Learning und der künstlichen Intelligenz (KI), für den viele Daten benötigt werden, sei es sinnvoller, dass beispielsweise fünf Unternehmen ihre Daten in einen Datenpool geben. Über diesen könne dann ein gemeinsamer KI-Algorithmus laufen, das bringe viel mehr, als wenn jedes Unternehmen nur seine Daten verwenden könne, um die KI zu trainieren. „Für die technologische Entwicklung Europas ist es immens wichtig, dass es diese Datapools gibt“, sagt Endreß. Zudem könne das Unternehmen mit der eigenen Cloud die Infrastruktur

für diese Datenpools stellen. Diese erfülle alle Datenschutz- und Souveränitätsanforderungen.

Denn Gaia-X soll festschreiben, welche Standards gelten sollen und wer Zugriffsrechte auf die jeweiligen Daten hat. Das ist zum Beispiel auch bei Vorhaben wie der elektronischen Patientenakte wichtig, die Patientinnen und Patienten von Arzt zu Ärztin und möglicherweise von Land zu Land mitnehmen können sollen. Aber nicht nur in der Industrie und im Gesundheitswesen, auch für die Digitalisierung der öffentlichen Verwaltung sollen Gaia-X-Projekte eingesetzt werden. „Deutschland liegt mit seinen digitalen Diensten auf einem inakzeptablen 21. Platz im Ranking der 27 EU-Staaten. Eine hohe Nachfrage aus dem öffentlichen Sektor würde Gaia-X die dringend notwendige Starthilfe geben“, sagt Iris Plöger, Mitglied der BDI-Hauptgeschäftsführung.

Laut Wirtschaftsministerium werde momentan in knapp 50 Fallbeispielen ein Bedarf ermittelt und dann in Arbeitsgruppen vertieft. Zunächst wolle man 2021 mit einem „Minimum Viable Product“ („minimal funktionsfähigem Produkt“) an den Start gehen. Dies sei der Ausgangspunkt für Prototypen, den Test kritischer Funktionalitäten und weitere Entwicklungen.

Für Martin Endreß ist der entscheidende Punkt, dass es bald konkrete Anwendungen mit einem Mehrwert für Unternehmen oder den öffentlichen Sektor gibt. „Wir haben genügend IT-Architekturkonzepte geschrieben, der nächste Schritt muss einer weg von Konzepten hin zu drei, vier realisierbaren Anwendungen sein. Das muss in den nächsten sechs Monaten passieren.“

Mirjam Hauck ist Redakteurin im Wirtschaftsressort und schreibt vor allem über digitale Themen. Sie studierte Politikwissenschaft, Soziologie und Psychologie in Passau. Danach absolvierte sie ein Volontariat bei der *Bertelsmann Fachinformation* und war Autorin für verschiedene Fachtitel.

Göttin auf der Wolke

INITIATIVE

Auf dem Digitalgipfel stellen Politiker die Cloud-Initiative Gaia-X vor.
Sie soll Europa unabhängiger von den USA machen



VON
JANA STEGEMANN

LESEDAUER: 3 MINUTEN

Es ist das Prestigeprojekt des Bundeswirtschaftsministeriums und daher hat es einen großen Namen bekommen: Gaia-X. Dahinter steht die Vision für einen europäischen Cloudservice, der Daten souverän sichern soll – unabhängig von amerikanischen Konzernen. Noch befindet sich das ehrgeizige Projekt zwar

in der Planungsphase, schon Ende 2020 soll aber der Livebetrieb mit ersten Firmen starten. Aktuell ist jedoch noch vieles ungeklärt, wie sich auf dem Digitalgipfel der Bundesregierung in Dortmund zeigte.

Gaia, so heißt die personifizierte Erde in der griechischen Mythologie. Anja Karliczek nennt Gaia-X „Peter Altmaiers und mein Baby“. Die CDU-Ministerin

für Bildung und Forschung steht mittags auf der Bühne, von der Wirtschaftsminister Peter Altmaier am Morgen heruntergestürzt ist. Eigentlich wollte Altmaier die Pläne für die europäische Datenwolke selbst vorstellen, doch nach seinem schweren Sturz musste der Minister alle Termine absagen.

Also redete an Altmaiers Stelle Thomas Jarzombek. Der Düsseldorfer Bundestagsabgeordnete ist unter anderem Beauftragter des Wirtschaftsministeriums für die Digitale Wirtschaft und Start-ups. „Mit Gaia-X bauen wir die Startrampe für den KI-Airbus“, sagt Jarzombek. Die Abkürzung KI steht für künstliche Intelligenz. Gaia-X soll eine virtuelle Wolke werden, keine echte. In dem Projektpapier wird es als „Wiege eines vitalen, europäischen Ökosystems“ bezeichnet. Vor seinem Vortrag habe jemand zu ihm gesagt: „Wenn Daten das neue Öl sind, dann müssen wir langsam anfangen, uns die Finger schmutzig zu machen“, so Jarzombek weiter.

Klar ist: Europäische Firmen spielen zurzeit bei Datenclouds keine Rolle. Die großen, wichtigen Clouds gehören fast alle US-amerikanischen Firmen: Nummer eins im Cloudgeschäft ist Amazon mit einem alleinigen Marktanteil von 33 Prozent, dahinter folgen Microsoft und Google. Gemeinsam dominieren die drei Konzerne den Großteil des Cloud-Marktes. Unzählige deutsche und europäische Firmen sind auf ihre Dienste angewiesen, ja abhängig von ihnen. Das wollen Deutschland und Frankreich nun ändern und haben sich gemeinsam auf das ebenso ambitionierte wie unkonkrete Projekt Gaia-X geeinigt.

Dabei will der Staat aber nicht selbst zum Cloud-Anbieter werden, die europäische Wolke soll stattdessen eine Cloud-Infrastruktur aus kleineren und mittelgroßen Cloud-Anbietern werden, die über einen gemeinsamen Standard verbunden werden. Darauf sollen dann große Konzerne genauso wie Mittelständler und Start-ups Zugriff haben. Wie genau das aussehen soll, was es kosten wird? Ungeklärt.

An dem Projekt sind Anwender und Anbieter aus der öffentlichen Verwaltung, dem Gesundheitswesen, von Unternehmen und wissenschaftlichen Einrichtungen beteiligt. Die Datencloud soll unter anderem die Ressourcen europäischer Firmen bündeln und eine „leistungs- und wettbewerbsfähige, sichere und vertrauenswürdige Infrastruktur für Europa“ schaffen, heißt es in dem 56-seitigen Projektpapier des Wirtschaftsministeriums.

„Die Macht über die Daten in Europa soll nicht mehr in den Händen einiger weniger Konzerne anderswo liegen“, sagte Karliczek auf dem Gipfel.

„Wir wollen europäische Datensouveränität möglich machen; in einer Welt, in der Daten eine Schlüsselressource sind und die Grundlage für Innovationen.“ Bundeskanzlerin Angela Merkel (CDU) sagte in ihrer Rede: „Das digitale Leben ist kein außerrechtliches Leben, unsere Werteprinzipien müssen weiter gelten.“ Als Projektteilnehmer sind 85 Menschen namentlich aufgeführt: 79 Männer, sechs Frauen. Die europäische Datenwolke, sie scheint auch 2019 noch überwiegend männlich zu sein.

Jana Stegemann arbeitet seit 2012 für die SZ, seit 2018 als Landeskorrespondentin für Nordrhein-Westfalen. Sie ist immer auf der Suche nach: Geschichten mit Herz, Menschen mit Humor und allem, was glitzert. Und freut sich, wieder in einem Bundesland mit modernen Ladenöffnungszeiten zu leben. Vermisst allerdings die bayerischen Seen.

Im Ideen-Reaktor

MÜNCHEN

Selbst gemachte Chips und ein dynamischer Kühlschrank – damit gehen die Physiker Rudolf Gross und Stefan Filipp auf die Jagd nach Qubits. Sie wollen München im weltweiten Wettlauf um die Entwicklung des Quantencomputers ganz nach vorne bringen. Und träumen von ungeahnten Möglichkeiten



VON
MARTINA SCHERF

LESEDAUER: 10 MINUTEN

Er sieht aus wie ein schönes Werk der Feinmechanik. Mit seinen glänzenden Röhren und vergoldeten Ringen könnte man ihn für ein Präzisionsinstrument aus dem Chemielabor halten. Aber nein, es ist ein Quantencomputer. Eine Maschine, von der manche sagen, sie wird die Welt beschleunigen wie keine vor ihr.

Rudolf Gross und Stefan Filipp nähern sich der Maschine mit großer Vorsicht. Ein Ausrutscher, und das kostbare Stück nimmt Schaden. Eine knappe Million Euro ist es wert. Noch ist das Wunderwerk

nicht fertig gebaut. Das kleine, zylinderförmige Herzstück, in dem sich später die eigentlichen Quantenprozesse abspielen, hängt noch nicht dran. Am Boden stehen halb ausgepackte Kartons und die zerlegte Aluhülle, die später das Gerät schützen wird. Dann wird es von außen nur noch aussehen wie eine x-beliebige runde Tonne.

Aber wie funktioniert nun so ein Apparat? „Stellen Sie sich einen dynamischen Kühlschrank vor“, sagt Gross, „der von oben nach unten immer kälter wird.“ Ganz unten soll die Temperatur nahe am

absoluten Gefrierpunkt liegen, minus 273 Grad, niedriger als im Weltall. Da fühlt sich der Quantencomputer am wohlsten, da verhalten sich die subatomaren Teilchen – Elektronen, Neutronen, Photonen, Quarks – so, wie es die Physiker haben wollen. Und dann kann dieser Computer nicht nur wie seine herkömmlichen Verwandten mit den binären Zuständen „eins“ und „null“ rechnen, sondern gleichzeitig – durch die Quantenzustände der subatomaren Teilchen – mit allen möglichen Zuständen dazwischen. Das steigert seine Leistung in ungeahnte Dimensionen. Wofür ein heutiger Computer, und sei es der Supermuc des Leibniz-Rechenzentrums nebenan, Tage oder Wochen braucht, das schafft so ein Quantencomputer in Sekunden.

Allerdings ist er ein empfindlicher Genosse: Ohne geeignete Vorkehrungen würde schon ein eingeschaltetes Handy in seiner Nähe die ganze Rechenleistung torpedieren, sagt Philipp. Er muss auf die extreme Kälte heruntergekühlt und absolut sicher gegen Umwelteinflüsse abgeschirmt werden. Das sind nur ein paar der Herausforderungen.

Weltweit hat ein Wettlauf begonnen um diese Technologie. Google und IBM haben bereits Quantencomputer, sie legen deren Leistung offen. Auch China verfügt angeblich über so einen Turborechner. „Aber“, sagt Rudolf Gross an dieser Stelle, „wir können etwas, was die anderen noch nicht können: Wir lassen Quantencomputer miteinander kommunizieren.“ Er sagt das in bescheidenem Tonfall, aber mit natürlichem Selbstbewusstsein. Jeans und dunkles Hemd, Vollbart, so sitzt er da und plaudert über die unvorstellbaren Sphären seiner Wissenschaft genauso locker wie über Fußball oder Hardrock.

Rudolf Gross, 64, ist einer der führenden Physiker auf dem Gebiet der Supraleiter. Seit 20 Jahren ist er Direktor des Walther-Meißner-Instituts, er hat es zu einem der bedeutendsten Standorte für diese Forschung entwickelt. Vor Kurzem hat er den Österreicher Stefan Philipp, 43, von IBM nach München geholt, als Co-Direktor. Gemeinsam wollen sie München im Rennen um die Entwicklung der Quantencomputer ganz vorne positionieren.

Das Institut in seinem unscheinbaren Sechzigjahre-Bau ist ein Reaktor für Ideen. Geht man durchs Erdgeschoss, kommt man an Schildern vorbei wie „Superbowl“ oder „Ultradisk.“ Und hinter jeder dieser Türen warten Experimente. „Die Studenten lassen sich immer originelle Namen einfallen, das macht so ein Ungetüm gleich viel persönlicher“, sagt Gross und lacht. In der Superbowl steht ein Apparat zur Her-

stellung von hauchdünnen Metallschichten für Quanten-Chips, eingewickelt in handelsübliche Alufolie. Sieht aus wie ein doppelter R2-D2 aus „Star Wars“.

Während man in Europa stark sei in der Grundlagenforschung, sagt Gross, fehlten die groß angelegte Produktion von Hard- und Software und die Entwicklung neuer Geschäftsideen. „Das muss sich endlich ändern“, stellt er mit Nachdruck in der Stimme fest. Man dürfe nicht noch eine Entwicklung verschlafen. „Heute fragen sich viele: Warum haben wir nicht vor zehn Jahren ein europäisches Google gegründet?“

So ähnlich erklärte es der Physiker auch dem bayerischen Wissenschaftsminister bei dessen Besuch. „Die erste Halbzeit ist zwar verloren, wir wollen aber das Spiel gewinnen – und das ist noch lange nicht aus“, sagte er zu Bernd Sibler. „Wenn wir in der ersten Liga spielen wollen, brauchen wir mehr Unterstützung.“ Sibler habe geantwortet: Wir pushen die zweite Halbzeit, und gehen auch noch in die Verlängerung. Gross lacht, als er das zitiert: „Das ist doch mal ein Wort.“

„Wir könnten jetzt natürlich diskutieren, ob das Spiel überhaupt schon in der ersten Halbzeit läuft“, wirft Philipp an dieser Stelle ein und zieht die Augenbrauen hoch. „Keiner weiß genau, wie lange es dauert, bis wir einen echten Quantenrechner haben. Vielleicht fünf, vielleicht 15 Jahre.“ „Egal“, sagt Gross,

ANWENDUNGEN

GIBT ES VIELE:

CHEMIE, LOGISTIK,
VERSICHERUNGEN,

AUTONOME

FAHRZEUGE

„Hauptsache, wir bewegen hier etwas.“ Wo Gross Leidenschaft in seine Worte legt, agiert Philipp eher nüchtern. „Aber ja“, sagt auch er, „wir können es noch schaffen, aufzuholen.“

Man müsse sehr früh anfangen, wenn man Patente anmelden will, sagt Gross. Er zeigt zur Verdeutlichung das Foto von „Colossus“, einem schrankwandgroßen Röhrenrechner aus der Zeit des Zweiten Weltkriegs, mit dem die Engländer Nachrichten der Deutschen entschlüsseln wollten. „Auf dieser Entwicklungsstufe stehen wir ungefähr mit unserem Quantencomputer.“ Soll heißen: Man hat eher in Jahrzehnten als in Jahren zu rechnen. „Als ich vor etwa zwölf Jahren in das Thema einstieg“, sagt Philipp, „sprach wir von einem Qubit. Jetzt haben wir zehn bis 15 Qubits, die recht gut funktionieren.“ „Ja“, sagt Gross, „und als wir hier das erste Qubit hatten, machten wir einen Champagner auf.“ Qubits, Quantenbits, sind die Einheiten, in denen die Rechenleistung dieses Supercomputers gemessen wird.

Eines ist jedenfalls klar, betonen beide: Schon jetzt ist die Abhängigkeit Europas von China und den USA zu groß. „Würde ein Trump auf die Idee kommen, die Lieferungen von Halbleitern nach Deutschland zu stoppen, gingen in weiten Teilen der deutschen Wirtschaft die Lichter aus“, sagt Gross. Chips aus Asien oder den USA, Seltene Erden aus China – sie stecken in jedem Smartphone, in jedem Auto, und auch der Supermuc nebenan würde ohne Prozessoren aus China nicht laufen.

Sie hätten deshalb vor Kurzem ein Strategiepapier mit dem Titel „Munich Quantum Valley“ an Söder geschickt, sagt Gross. Der Ministerpräsident soll die nationale Bedeutung ihrer Forschung verstehen. Die Präsidenten der Fraunhofer- und der Max-Planck-Gesellschaft, von TUM und LMU sehen das genauso, sagt Gross. Aber, gibt er zu, schon jetzt flössen viele Millionen Euro nach Garching um die Grundlagenforschung zu Quantentechnologie voranzutreiben, „um mal zu relativieren, dass es immer heißt: Nur die Chinesen investieren so richtig groß. Wir beklagen uns nicht“. Es schade auch nicht, eine Physikerin als Kanzlerin zu haben. Angela Merkel habe bei dem Treffen mit Söder am Chiemsee längere Zeit über Quantencomputing gesprochen.

Anwendungen gibt es viele: Chemie, Logistik, Versicherungen, Finanzmärkte, autonome Fahrzeuge – überall dort, wo heutige Supercomputer an ihre Grenzen stoßen. Unumstritten ist die Forschung nicht. Kritiker fürchten, dass sich mit einem Quantencomputer Daten-Verschlüsselungen im Handumdrehen

ES GIBT KRITISCHE
KOLLEGEN, DIE
QUANTENCOMPUTER
AM LIEBSTEN
VERBIETEN LASSEN
WÜRDEN

knacken lassen. Wenn man sieht, welche Unmengen an Informationen etwa die chinesische Regierung über ihre Bevölkerung sammelt, wird einem da nicht mulmig bei der Vorstellung, all das ließe sich noch viel schneller auswerten? Nein, sagen die beiden Physiker. „Denn mit Quantentechnologie kann man Verschlüsselungen umgekehrt auch absolut sicher machen.“ Sie sind überzeugt, dass ihre Technologie die Welt verbessert.

„Es gibt natürlich auch kritische Kollegen, die Quantencomputer verbieten lassen wollen“, sagt Gross, „aber dann hätte man auch das Messer verbieten müssen. Es ist doch immer die Frage, wie wir Technologie einsetzen.“ Wichtig sei, offen über Chancen und Risiken zu sprechen. „Wir sind ja gerade erst dabei, auszuloten, was man mit der Technologie alles machen kann“, sagt Philipp. „Und die wichtigste Anwendung ist immer die, die wir heute noch gar nicht kennen“, sagt Gross. Als er selbst studierte, hätten selbst führende Computerspezialisten nicht im Traum daran gedacht, welche gesellschaftliche Bedeutung es haben würde, dass jeder mit der Welt vernetzt ist, wenn er zu Hause am PC sitzt – geschweige denn mit einem Telefon in der Hosentasche.

Gross begann seine Laufbahn an der Universität Tübingen. Er war als Postdoc in Japan, die fremde Kultur hat ihn fasziniert, „ich habe in der örtlichen Fußballliga gespielt“. Später war er bei IBM in den

USA, dann mehrere Jahre an der Universität Köln, bevor er den Ruf auf den Lehrstuhl für Technische Physik an der TU München annahm und Direktor des Walther-Meißner-Instituts wurde. Als er damals die Institutsleitung übernahm, war sein Vorgänger schon zwei Jahre weg. „Ich musste mit vielem fast wieder von vorn anfangen.“ Deshalb wollte er unbedingt rechtzeitig einen Nachfolger holen.

Stefan Filipp studierte in Wien, machte den Master in Schweden, forschte in Grenoble, am Atominstitut in Wien, an der ETH Zürich. Dann ging er zu IBM, zuerst nach New York, dann wieder nach Zürich. Der Wechsel nach München, von der Industrie zurück in die Grundlagenforschung, reizte ihn. Für die Familie war es wieder ein großer Schritt. Vier Kinder im Alter von fünf bis zwölf Jahren hat er, „und es wäre gelogen, zu behaupten, alle standen voll hinter diesem Umzug“.

Österreich, Schweiz, Bayern, der kulturelle Unterschied ist wenigstens nicht so groß, oder? „Na ja“, sagt Filipp, „das meint man immer.“ In der Schweiz werde man schief angesehen, wenn man mit dem Auto „go poschte“ (einkaufen) fährt anstatt mit dem Velo (Fahrrad) oder den Öffis (öffentliche Verkehrsmittel), „in Bayern ist das eher umgekehrt“.

Ja, ja, sagt Gross, „ich bin nach 20 Jahren in München auch immer noch der Schwabe. Wenn ich bei meinen Nachbarn zugebe, ich hätte lieber eine schwäbische Brezel als eine bayerische, dann geht jedes Mal die Diskussion los.“

Und dann erzählt er noch eine schöne Anekdote, wie die Kältetechnik Bayern und Österreich verbindet. Im Sommer 1871 fragte der österreichische Brauereidirektor August Deiglmayr den Münchner Physikprofessor Carl von Linde, ob er eine Kühlanlage für seine Brauerei in Triest bauen könnte. Auch die Münchner Spatenbrauerei, in der Deiglmayrs Onkel arbeitete, interessierte sich dafür. Denn das Bier wurde bis dato noch mit Eisblöcken im Keller gekühlt. Die Männer wurden sich einig, und Lindes Forschung zur Kältetechnik bekam Auftrieb. Später setzte sie Walther Meißner fort. „So geht unsere Arbeit hier auf die bayerisch-österreichischen Bierbrauer zurück“, sagt Gross und lacht wieder herzlich.

Martina Scherf ist freie Journalistin und schreibt für die *Süddeutsche Zeitung* sowie für die Schweizer Zeitungen *Tages-Anzeiger* und *Der Bund*.

ENDLICH NÜTZLICH

QUANTENCOMPUTER

Wenn Quantencomputer nicht bald sinnvolle Anwendungen finden, droht der boomenden Branche das Geld auszugehen, bevor es richtig losgegangen ist. Eine Tagung in Darmstadt sollte gegensteuern, aber sie zeigte: Der Weg in die Praxis ist weit



VON
CHRISTIAN J. MEIER

LESEDAUER: 7 MINUTEN

Im Foyer lächelt den Besucher der Astronaut Alexander Gerst auf einem lebensgroßen Foto an, daneben hängt ein Modell der Internationalen Raumstation ISS. Etwa 80 Fachleute haben sich im Februar am Kontrollzentrum der Europäischen Weltraumorganisation Esa in Darmstadt versammelt. Sie wollen in unbekanntes Gebiet vorstoßen. Aber statt um Raum-

fahrt geht es um erste Anwendungen von Quantencomputern, die einige der Experten hier schon in wenigen Jahren erwarten. Potenzielle Nutzer diskutieren mit Entwicklern kommerzieller Quantenchips.

Spätestens seit Google im vergangenen Jahr einen Quantenchip vorstellte, der eine spezielle Aufgabe sehr viel schneller löste, als es der stärkste Supercomputer der Welt könnte, herrscht Goldgräberstimmung

NOCH HABEN DIE
NEUARTIGEN
RECHNER KEINE
EINZIGE LOHNENDE
ANWENDUNG
BESCHLEUNIGT

in der Branche. Neben Tech-Giganten wie Google oder IBM suchen Start-ups ihr Glück auf dem neuen Feld, meist aus der Forscherszene gegründet und mit Millionen an privatem Kapital ausgestattet. Aber auch traditionelle Konzerne wie BASF oder Merck wollen wissen, ob sie Quantenrechner bald nutzen können. „Die neue Technologie könnte unsere Branche grundlegend verändern“, sagt Philipp Harbach vom Darmstädter Pharmaunternehmen Merck.

Die neue Art von Computern nutzt die Regeln der Quantenmechanik, die im Mikrokosmos gelten. Ein Atom oder ein Elektron kann eine Doppelseinzigkeit führen, etwa an zwei Orten zugleich sein. Als Datenspeicher verwendet, speichert es die beiden Werte „0“ und „1“ simultan. Damit übertrifft dieses „Qubit“ die kleinste Speichereinheit eines klassischen Rechners, das „Bit“, das nur entweder „0“ oder „1“ aufnimmt. Mit jedem weiteren Qubit verdoppelt sich die Kapazität. Schon 300 Qubits können mehr Werte speichern, als das bekannte Universum Teilchen enthält. Da sich die Daten potenziell auch simultan verarbeiten lassen, verspricht der Quantenrechner ein Riesentempo in der Informationsverarbeitung.

Doch das klappt noch nicht. Noch haben Quantenrechner keine einzige lohnende Anwendung

beschleunigt. Googles Maschine löste mit 53 Qubits ein rein akademisches Problem. Um klassische Computer bei Anwendungen wie Mustererkennung oder bei der Datensuche auszusteichen, bräuchte es sehr viel mehr Qubits. Diese reagieren zudem äußerst empfindlich auf Umwelteinflüsse. Schon nach relativ wenigen Rechenschritten verlieren Qubits ihre Fähigkeit, Werte simultan zu verarbeiten. Ob und wie lang sich das hinauszögern lässt, wird derzeit erforscht. Mit einem Durchbruch rechnen Experten frühestens in einem Jahrzehnt.

Noch fließen weltweit Milliarden Euro in die Forschung. Doch ein „Quantenwinter“ könnte die Geldströme bald zum Erliegen bringen, wenn greifbare Resultate weiter ausbleiben. Um dem vorzubeugen, wollen manche Forscher eine Art „Quantencomputer light“ bauen, der einzelne Aufgaben schon bald lösen und das Interesse wachhalten könnte. Manche Probleme, so die Hoffnung, sind mit 100 oder 200 Qubits und relativ wenigen Rechenschritten zu lösen. Start-ups aus den USA, Großbritannien oder Deutschland pokern hoch. Um ihre Hard- und Software auf Profit auszurichten, brauchen sie konkrete Kundenwünsche. Die dreiköpfige „Quanten-Taskforce“ bei Merck, der Harbach angehört, versucht, solche Aufträge zu formulieren.

Für Merck sei Quantenmechanik Alltag, sagt Harbach. Denn chemische Reaktionen folgen deren Regeln. Die „Quantenchemie“ zu simulieren ist eine naheliegende Aufgabe für einen Quantenrechner. Heute noch Unrentables ließe sich damit vielleicht verwirklichen, sagt Harbach. Er nennt ein Display aus organischen Leuchtdioden (OLED) als Beispiel. Es besteht aus mehreren Schichten organischen Materials. „Um Kosten zu sparen, wollte ein Kunde eine der Lagen dünner entwerfen.“ Dafür müsse man aber erst eine passende chemische Verbindung finden, mit einem hohen Brechungsindex etwa. Tausende Kandidaten im Labor zu synthetisieren und zu testen würde zu viel Zeit und Geld kosten. Die Alternative: Im Computer simulieren, wie ein neues Molekül auf elektromagnetische Wellen reagiert. „Die gesamte Prozesssimulation ist quantenmechanisch“, sagt Harbach. Mit einer Light-Version des Quantenrechners könne man aber nur einen Teil davon bearbeiten. „Der Einsatz würde sich lohnen, wenn der Mehrwert des Rechenergebnisses signifikant größer wäre“, sagt Harbach. „Ob das bald möglich sein wird, wissen wir noch nicht“, räumt er ein.

Ein ganz anderes Problem hat Klaus Merz im Blick, der bei der Esa Umlaufbahnen von Satelliten

berechnet. „Der Verkehr im Orbit nimmt stark zu“, sagt der Mathematiker. Schon heute stören ausgediente Raumfahrzeuge und Trümmer den Betrieb. Ein Satellit muss im Jahr ein bis drei Ausweichmanöver fliegen. „Das könnte in Zukunft auf Dutzende jährlich anwachsen“, sagt Merz. Jeder Schwenk würde eine Kaskade von weiteren auslösen. Eine kontinuierliche Optimierung der Flugbahnen durch Computer würde nötig. Jeder zusätzliche Satellit vervielfacht die Zahl der möglichen Abfolgen von Manövern. Um im Übermaß an Varianten diejenige mit dem geringsten Kollisionsrisiko zu finden, brauchen herkömmliche Rechner zu viel Zeit. Quantenrechner hingegen könnten in Zukunft alle Alternativen simultan prüfen und die laufende Optimierung meistern. „Daher haben wir die Entwicklung des Quantenrechners im Blick“, sagt Merz. Ein konkreter Test stehe aber nicht bevor: „Wir sind keine Quanten-Leute“, sagt er.

In Darmstadt hat Merz Gelegenheit zum Brückenschlag in die Quantenwelt: Fünf Start-ups stellen ihre Entwicklungen vor. Fertige Lösungen haben sie allerdings nicht anzubieten. Sie bilden eher ein Ökosystem, das verschiedene Ansätze für Hardware und die dazugehörige Software ausprobiert. Die Light-Version des neuen Rechners ist noch lange nicht ausgereift. „Die Quantenrechner von heute erinnern an die Computer der 1950er-Jahre“, sagt Matthew Hutchings vom US-Start-up SeeQC. Sie werden aus vielen Teilen zusammengesetzt, meist im Labor. Was fehle, sei ein integrierter Chip, ein Baustein, der alle Funktionen versammelt – die Qubits, die Fehlerkorrektur und Zuleitungen für den Datenaustausch. Das Start-up will nun immerhin Teile der Steuerung in die Kühlvorrichtung integrieren, in der die Qubits stecken. Weniger Kabel führen dann von außen dort hinein, das soll die Störungen verringern.

Andere Start-ups entwickeln Software für Quantenrechner. „Wir passen bestehende Algorithmen für Quantencomputer an“, sagt Jan Reiner von HQS Quantum Simulations. Für Kunden wie BASF oder Merck entwickelt die Karlsruher Firma Software zur Simulation chemischer Reaktionen. „Wir testen derzeit, wo man Quantenrechner einsetzen kann und wo nicht“, erklärt Reiner. Ob und wie gut das geht, könne er in einem Jahr sagen, meint er. Erste Anwendungen erwartet er in fünf Jahren.

So richtig Feuer und Flamme sind die potenziellen Anwender in Darmstadt allerdings nicht für den Quantenrechner. Noch sehen sie ihn als Studienobjekt, nicht als Werkzeug. Am konkretesten ist das

Interesse vonseiten der Chemiebranche. Andere bleiben distanziert: „Das ist weit weg von dem, was wir machen“, sagt Thomas Neff von der Gesellschaft für Schwerionenforschung in Darmstadt, wo Atomkerne aufeinander geschossen werden. Für die Simulation der Kernreaktionen brauche man eine Quantenmaschine mit 180 000 Qubits – das ist vorerst nicht realistisch. Philipp Harbach erwartet ein langsames Hineinwachsen in die neue Technik: „Es wird eine oder zwei Generationen von Programmierern brauchen, bis Anwender wissen, wie ein Quantenrechner tickt. Das war in den 1960er- und 70er-Jahren auch beim klassischen Computer so.“

Dem Einbruch des Quantenwinters mit schnellen Anwendungen zuvorzukommen, dürfte also schwierig werden. Wenn er kommt, dann kommt er.

Christian J. Meier ist freier Wissenschaftsjournalist und promovierter Physiker. Er schreibt unter anderem für die *Süddeutsche Zeitung*, die *neue Zürcher Zeitung* und die *Bild der Wissenschaft*. Außerdem ist er Sachbuch- und Thrillerautor.

DAS SUPERHIRN

TECHNOLOGIE

Vom Quantencomputer erhoffen sich Wissenschaftler die Lösung vieler Probleme. Er soll komplexe Aufgaben bewältigen und etwa Autos in Echtzeit durch den Verkehr steuern. Doch ob sich diese Hoffnungen erfüllen, ist noch keineswegs sicher



VON
HELMUT MARTIN-JUNG

LESEDAUER: 12 MINUTEN

Federico Carminati gehört zu jener eher seltenen Sorte Wissenschaftler, die ihre komplizierte Welt in einfache Worte fassen können. Carminati ist Physiker, und er sagt: „Von 96 Prozent des Universums wissen wir nicht, was es ist.“ Das reizt Forscher wie ihn, und darum ist in der Nähe von Genf die größte Maschine entstanden, die Menschen jemals gebaut haben: der Teilchenbeschleuniger am Kernforschungszentrum Cern. Carminatis Job dabei: Er sucht mit seinem Team

nach neuen Möglichkeiten, die ungeheure Menge an Daten auszuwerten, die die Maschine ausspuckt.

Denn Carminati hat ein Problem: „Um all diese Daten zu berechnen, müsste die Rechenleistung bis zum Jahr 2030 um das Hundertfache steigen“, sagt der Wissenschaftler, „wir laufen auf eine Wand zu.“ Diese imaginäre Wand, sie wächst empor, weil das Ende einer Entwicklung in Sicht kommt: Die Welt muss sich von der lieb gewonnenen Regel verabschieden, dass Computerchips immer leistungsfähiger

werden. Jahrzehntlang hat sich Moores Gesetz, das eigentlich kein Gesetz ist, sondern vielmehr eine recht gewagte Vorhersage, als korrekt erwiesen. Alle ein- einhalb bis zwei Jahre verdoppelte sich seit den 1960er-Jahren die Zahl der Transistoren auf den Siliziumchips und damit die Rechenleistung. Doch inzwischen sind daraus eher drei Jahre geworden, und – schlimmer noch – die Grenzen der Physik machen sich bemerkbar.

„Ausgerechnet jetzt, wo wir Maschinen hätten, um die Forschung zu künstlicher Intelligenz voranzutreiben, geht deren Entwicklung nicht mehr weiter“, klagt auch Alessandro Curioni. Er leitet das Forschungszentrum des IT-Konzerns IBM in Rüslikon bei Zürich. Die beiden Wissenschaftler Curioni und Carminati – und mit ihnen alle, die auf mehr Rechenleistung angewiesen sind – hoffen inzwischen, dass eine andere Technologie erfolgreich sein wird: Quantencomputer. Diese Maschinen, die auf ganz andere Weise rechnen als herkömmliche Computer, könnten komplexe Aufgaben in null Komma nichts lösen, bei denen sogar die gewaltigen Rechenanlagen kapitulieren, die man Supercomputer nennt.

Auch bei IBM in Rüslikon wird am Quantencomputer geforscht. Der Weg ins dortige Quantenlabor führt durch fensterlose Gänge eines nüchternen Zweckbaus mit dem Charme der 1960er-Jahre. Die Wände sind mit Platten in einem blassen Violett-Ton verkleidet. Hinein kommt man nur mit Chipkarten, an den Türen zu manchen der Labors warnen grellgelbe Schilder: „Achtung, Laser!“ Andere Forscher wiederum haben so empfindliche Geräte, dass sie Besucher vorsorglich bitten, nicht ohne Voranmeldung hereinzuplatzen. Auch die Quantenchips sind empfindlich. Schon ein einziges Atom, das störend dazwischengerät, kann sie aus dem Takt bringen. Und sie funktionieren überhaupt nur, wenn sie auf eine Temperatur ganz nahe am absoluten Nullpunkt heruntergekühlt werden, kälter als im Weltraum.

Den eigentlichen Chip kann man deshalb während des Betriebes nicht sehen. Er steckt in einer aus mehreren metallenen Schalen aufgebauten Hülle. Diese Hülle ähnelt einer Tonne, der Fachbegriff dafür lautet Kryostat. Zur Kühlung wird flüssiges Helium in die Tonne gepumpt. Die Pumpe summt und gibt zwischendurch ein Piepen von sich, das an die Intensivstation in einem Krankenhaus erinnert.

Drei Tage dauert es, bis das System überhaupt so weit heruntergekühlt ist, dass es die Arbeit aufnehmen kann. Warum aber die Kälte? Nur so werden die Materialien – Aluminium und Niobium –, die in einer

nur 100 Nanometer dünnen Schicht auf Silizium aufgebracht werden, zu Supraleitern, verlieren also ihren elektrischen Widerstand. Qubit nennen die Forscher das, womit sie da rechnen. „Ein Qubit verhält sich wie ein künstliches Atom“, sagt Heike Riel. Die hochdekorierte deutsche Physikerin leitet die Abteilung Wissenschaft und Technik im Zürcher IBM-Forschungszentrum.

Diese künstlichen Atome werden anschließend, gesteuert durch herkömmliche Computer, mit Mikrowellenstrahlung angeregt – und dann geschieht Erstaunliches. Dann tritt das auf, was jeglicher normalen Erfahrung widerspricht: Subatomare Teilchen können an zwei Positionen gleichzeitig sein. Anders als Transistoren und ihre Bits, mit denen Computer heute rechnen, haben Qubits also nicht entweder den Wert 0 oder den Wert 1, sondern können für eine gewisse Zeit auch beides zugleich sein. Der Physiker Erwin Schrödinger hat das mit seinem berühmten Beispiel von der Katze in einer Kiste anschaulich erklärt: Eine Katze kommt in eine verschlossene Kiste, in die zu einem unbekanntem Zeitpunkt tödliches Gas strömt. Solange man die Kiste nicht öffnet, so Schrödinger, wisse man nicht, ob die Katze tot sei oder ob sie noch lebe.

QUANTENCHIPS
BRAUCHEN
EIN UMFELD, DAS
KÄLTER IST
ALS DER WELTRAUM

Das Besondere an der Quantentechnologie: Jedes zusätzliche Qubit verdoppelt – zumindest theoretisch – die Rechenleistung, weil es die Zahl der möglichen Kombinationen verdoppelt. Um dagegen bei einem herkömmlichen Chip die Rechenleistung zu verdoppeln, braucht es auch doppelt so viele Bits. Anders beim Quantencomputer: „Mit 275 Qubits gibt es mehr Grundzustände als Atome im Universum“, sagt Riel.

In Innsbruck arbeitet der Physiker Rainer Blatt mit einer anderen Technologie. Sein Team manipuliert Ionen mit Laserstrahlen. Vorteil dieser Methode: Blatt kann die Teilchen etwas länger dazu bringen, zusammenzuarbeiten. Deshalb kann seine Maschine mit lediglich 20 Qubits auch komplexere Berechnungen und mehrere hintereinander ausführen. Noch allerdings steht die Forschung zu dieser neuen Technologie ziemlich am Anfang. Heutige Computerchips haben Milliarden Transistoren, die Quantencomputer dagegen arbeiten mit gerade einmal 80 Qubits oder weniger, und so richtig ist noch nicht klar, wie man ihre Zahl substanziell erhöhen kann. Denn je mehr Qubits ein System hat, umso schwerer ist es, sie zu kontrollieren, sie also zusammenzuschalten. Die Fehlerrate steigt enorm an, für einen Quantenrechner mit einigen Tausend Qubits wären dann Hunderttausende Qubits bloß dafür nötig, die Fehler zu korrigieren.

Es gibt aber auch ganz praktische Probleme. Etwa mit den Kabeln, die die Rechenergebnisse aus der Kältetonne nach draußen übermitteln. Je mehr Qubits, desto mehr Kabel sind nötig – das führt irgendwann zu einem Platzproblem. Auch daran arbeiten die Wissenschaftler bei IBM in Rüslikon. Mehrere Qubits, so ein Forschungsansatz, könnten sich ein Kabel teilen, so wie man das auch bei Glasfaserkabeln macht.

Eine ganze Menge technischer Probleme sind das. Könnte es den Quantencomputern am Ende gar ergehen wie einst der künstlichen Intelligenz? Mehrmals in den vergangenen Jahrzehnten wähten sich Forscher schon kurz vor dem Ziel, doch dann stockte die Entwicklung, kam sogar fast zum Stillstand. KI-Winter heißen diese Perioden, in denen es nur noch wenig Forschungsgeld für die Technologie gab. Vor allem deshalb, weil zuvor so hohe Erwartungen aufgebaut worden waren, entstand der Eindruck, als gäbe es kaum Fortschritte.

Einige Forscher befürchten, dass es der Quantenforschung ebenso ergehen könnte. Zwar hat der Internetkonzern Google vor wenigen Monaten mit großem

Bohei einen Quantencomputer präsentiert, der eine komplexe Rechenaufgabe gelöst hat, die der derzeit schnellste Supercomputer nicht geschafft hätte. Doch die Aufgabe war vollkommen akademisch – es ging vor allem darum, die sogenannte Quantum Supremacy zu beweisen, dass also die Quantentechnik Supercomputer schlagen könne. Was nun genau bewiesen ist, darüber gehen die Meinungen in der Fachwelt deshalb auseinander. Manche sagen, es sei ein Durchbruch, ähnlich dem ersten Satelliten *Sputnik*, der auch nichts konnte außer piepsen, letztendlich aber die Ära der Raumfahrt begründet hat – das sind die Optimisten.

Das eigentliche Ziel der Forscher ist es aber natürlich, eine Rechenmaschine zu bauen, die bei ganz realen Problemen hilft. Eine, die „eine Revolution auslösen“ könnte, wie Cern-Forscher Carminati sagt. Sie würde nicht nur ihm helfen, die Datenberge des Cern zu verarbeiten. Die Maschine könnte auch den Verkehr in Großstädten in Echtzeit berechnen – und dabei jedem einzelnen Fahrzeug eine eigene Route zuweisen. Sie könnte helfen zu verstehen, was wirklich passiert, wenn sich Proteine unfassbar komplex falten. Und sie könnte die Risiken für Versicherer und Banken anhand einer Vielzahl von Faktoren viel genauer und vor allem viel schneller kalkulieren als herkömmliche Rechner.

Doch bevor es so weit ist, müssen die Physiker eben noch eine Vielzahl technischer Probleme lösen. So kann man Quantenchips noch nicht in ein iPhone einbauen oder in einen Laptop. Sie funktionieren – Stand heute – nur in einer Laborumgebung.

Die Physikerin Riel argumentiert, schon mit Quantencomputern, die etwas mehr leisteten als die heute verfügbaren, ließen sich „relevante Anwendungen“ verwirklichen. Quantencomputer, die zwischen 100 und 200 Qubits zur Verfügung haben, könnten zum Beispiel helfen, die Entwicklung von Batterien für Elektroautos voranzutreiben. Der Volkswagen-Konzern, der ganz auf Elektromobilität umsteigen will, setzt darauf große Hoffnungen. Mit leistungsfähigen Quantencomputern könnten die ungeheuer komplexen chemischen Vorgänge in Batterien simuliert und so neue Technologien oder Materialien dafür entwickelt werden. Etwas weiter ist VW schon bei der Simulation von Verkehrsflüssen. Eini-ge Busse in der katalanischen Metropole Barcelona übermitteln live ihre Position, daraus errechnet ein Computer mit Quantentechnologie alle 30 Sekunden für jeden Bus die schnellste Verbindung zum nächsten Haltepunkt.

DIE TECHNIK
FASZINIERT AUCH
KRIMINELLE

Die wichtigsten Ziele der Forscher sind also schnell zusammengefasst: „Wir müssen das Quantenvolumen erhöhen und längere Kohärenzzeiten erreichen“, sagt Riel. Also mehr Qubits in die Rechner packen und den Zustand verlängern, in dem sich die Elementarteilchen zusammenschalten lassen. Bisher gelingt das nur für sehr kurze Zeiträume, 100 Mikrosekunden, also ein Zehntausendstel einer Sekunde.

Mehr und mehr Wissenschaftler sind zwar mittlerweile davon überzeugt, dass sich die technischen Hürden lösen lassen. Doch sicher ist das keineswegs. Und dann ist immer noch die Frage, wie lange es noch dauert. Bis die Technik breite Anwendung findet, könnten Jahrzehnte vergehen. Es ist aber auch nicht ausgeschlossen, dass die Entwicklung an eine unüberwindliche Grenze stößt.

Dabei wird ein neuer Leistungssprung in der Computertechnologie dringend benötigt. Viele Forschungszweige sind schon heute auf hoch entwickelte Computersimulationen angewiesen, in der Astrophysik genauso wie in der Medizin, der Biologie, der Chemie oder der Materialforschung. „Ein neues Material zu designen, ist schwierig, es herzustellen, aber noch viel schwerer“, sagt der Chemiker Teodoro Laino, der auch bei IBM arbeitet. Allein um das Vitamin B₁₂ künstlich nachzubauen, hätten 93 Forscher zwölf Jahre gebraucht. Mit Supercomputern kommt man hier nur bedingt weiter – die Moleküle sind zu komplex, es gibt zu viele Möglichkeiten, wie sie sich falten oder verbinden können. Würde man alle Möglichkeiten nacheinander ausprobieren, wie sich ein komplexes Protein falten kann, würde das länger dauern, als das Universum alt ist. Quantencomputer mit ihrer geradezu fantastischen Rechenleistung könnten hier tatsächlich eine neue Ära begründen.

Es gibt aber auch Menschen, die die Entwicklung mit Sorge betrachten. Zum Beispiel jene, die nicht wollen, dass ihre verschlüsselten Daten mit vergleichsweise geringem Aufwand lesbar gemacht werden können. Unternehmen, Verwaltungen, Privatleute und nicht zuletzt Geheimdienste, die schon immer „verschlüsselt“ kommunizierten. Es gilt geradezu als Spezialität von Quantencomputern, Verschlüsselungen zu knacken, an denen die derzeitigen Supercomputer zumindest lange arbeiten müssen und wofür sie Unmengen an Strom verbrauchen.

Sorgen muss man sich vor allem um Daten machen, die in langlebigen Geräten stecken, etwa Satelliten oder Bohrinsern, oder die lange aufbewahrt werden wie etwa Gesundheitsdaten oder die Schlüssel für Kryptogeld. Noch leisten Quantencomputer

ja nicht genug, aber Spione oder Kriminelle könnten auch auf die Idee kommen, nach dem Prinzip „Sammele jetzt, knacke später“ zu verfahren, warnt der Kryptografie-Experte Vadim Lyubashevsky. Wer sichergehen wolle, müsse sich daher schon jetzt mit quantensicheren Verschlüsselungsverfahren beschäftigen.

Das ist freilich aufwendig. Das gilt, zumindest heute noch, aber auch für das Arbeiten mit Quantencomputern selbst. „Man kann nicht einfach den Code von einem herkömmlichen Computer nehmen und damit auf einem Quantencomputer rechnen“, sagt Stefan Woerner, der sich bei IBM darum kümmert, wie die neue Technologie in der Finanzbranche angewendet werden kann. „Das muss alles von Grund auf neu programmiert werden.“

Doch die Vorteile wären unschlagbar: Statt über Nacht wie herkömmliche Supercomputer liefert ein Quantencomputer nahezu in Echtzeit Ergebnisse für Risikoanalysen und Preisgestaltung. Und er braucht dazu nicht Millionen Beispiele, es reichen einige Tausend. Woerner hat die Erfahrung gemacht, dass Quantencomputer auf seinem Gebiet besonders effizient sind, wenn sie mit herkömmlichen Computern zusammenarbeiten – die werden eingesetzt, um die Fehlerrate der Quantencomputer zu reduzieren.

Federico Carminati, dem Cern-Forscher, der auf mehr Rechenleistung wartet, dürften solche Details letztlich egal sein. Was er sich wünscht, beschreibt er mit einem Zitat des berühmten Physikerkollegen Richard Feynman. Die Welt, sagte der schon vor fast 40 Jahren, sei „verdammte noch mal“ nicht nach den Regeln der klassischen Physik aufgebaut, sondern aus Quanten. „Wenn wir sie simulieren wollen, muss es quantenmechanisch sein.“

Helmut Martin-Jung wollte erst doch nicht Musiker, dann auch nicht Lehrer werden und hatte beim Start in den Traumberuf das unverschämte Glück, dass die nächste große Zeitung gleichzeitig die beste war. Er schreibt über Technik, die den Alltag prägt, und ist fasziniert von Digitalisierung und künstlicher Intelligenz.

Angst vor dem Quantenwinter

POTENZIAL

Die Bundesregierung will die neuen Technologien mit mehr als einer halben Milliarde Euro Fördergeld anwendungsreif machen. Doch viele Forscher fürchten: Dieser Versuch geht nach hinten los



VON
CHRISTIAN J. MEIER

LESEDAUER: 7 MINUTEN

Im Keller von Gebäude 04.8 des Forschungszentrums Jülich umfasst Markus Jerger eine weiße Schale mit beiden Armen und zieht sie vorsichtig an einem mannshohen Zylinder herunter. Darunter erscheint wie bei einer russischen Matrjoschka-Puppe eine weitere Schale und noch eine, bis goldglänzende Stangen, Röhren und Drähte freiliegen. Jerger deutet auf den Kühlapparat. „Da werden wenige Tausendstel Grad über dem absoluten Temperaturnullpunkt

herrschen“, sagt der Physiker. Die Apparatur wartet auf einen Prozessor, der in wenigen Jahren schneller rechnen soll als die derzeit leistungsstärksten Superrechner.

Mit dem Jülicher Quantencomputer erscheint Deutschland auf der Weltkarte des Quantencomputings, auf der bislang vor allem die USA und China sichtbar sind. Die Bundesrepublik bekommt sogar noch einen zweiten: Die US-Firma IBM will ihren kommerziellen Quantenrechner „Q System One“ in

NUR DIE KLEINSTE
STÖRUNG VON
AUSSEN BRINGT DEN
WUNDERRECHNER
DURCHEINANDER,
ANWENDUNGEN
SIND NOCH FERN

einem deutschen Rechenzentrum aufstellen und zusammen mit der Fraunhofer-Gesellschaft betreiben. Dazu will die Bundesregierung in dieser Legislaturperiode 650 Millionen Euro für Quantentechnologien ausgeben.

Doch Freude will bei deutschen Experten nicht aufkommen. Um das zu verstehen, muss man ein wenig ausholen. In der Theorie sind Quantencomputer wahre Wundermaschinen. Die Rechner nutzen Gesetze der Quantenphysik, die für Atome, Elektronen oder andere kleinste Teilchen gelten. Eines davon nennt sich „Überlagerung“. Demnach kann ein einzelnes Teilchen mehrere Zustände simultan einnehmen, ein Atom zum Beispiel an zwei Orten gleichzeitig sein.

Die Überlagerung lässt sich für sogenannte Qubits nutzen. Während die kleinste Einheit eines klassischen Computers, das Bit, jeweils nur 0 oder 1 annehmen kann, speichert das Qubit beide simultan. Jedes zusätzliche Qubit verdoppelt die Anzahl der speicherbaren Werte. Mit rund 300 Qubits lassen sich schon mehr Zahlen aufnehmen, als das Universum Teilchen besitzt. Ein Algorithmus, der Qubits verknüpft, kann die Werte simultan verarbeiten, viele Rechenwege parallel gehen. Besonders glänzen soll der Wunderrechner bei Aufgaben mit vielen Lösungs-

möglichkeiten. Er könnte in der Theorie Warenströme oder Finanzportfolios optimieren oder Moleküle simulieren, um die Entwicklung von Medikamenten zu beschleunigen.

In der Praxis erweist sich der Bau eines Quantenrechners jedoch als schwierig. Seit mehr als 20 Jahren arbeiten Forscher weltweit daran. Zwar hat ein Quantenprozessor mit 53 Qubits von Google vor Kurzem erstmals einen speziellen Algorithmus binnen Minuten ausgeführt, für den selbst der schnellste Supercomputer der Welt Jahrtausende benötigt hätte. Der Algorithmus hat jedoch noch keinen konkreten Nutzen. Die Crux bei der Entwicklung: Die kleinste Störung von außen zerstört die Überlagerung. Dafür reicht schon der Stoß mit einem Luftmolekül oder etwas zu viel Wärme. Vakuum und tiefe Temperaturen sollen die Qubits daher schützen.

„Die Hüllen schirmen auch elektromagnetische Felder ab“, erklärt Jerger, während er diese von dem Kühlapparat abmontiert. Trotzdem lassen sich Qubits nur Sekundenbruchteile in der Überlagerung halten. Zu kurz für komplexe Algorithmen. Forscher wollen deshalb Korrektur-Qubits einbauen, die Fehler rückgängig machen. Das schafft aber einen Wasserkopf. Ein breit einsetzbarer Quantencomputer wird daher mehrere Tausend, wenn nicht hunderttausend Qubits benötigen, schätzen Experten. „Die Entwicklung dieser Fehlerkorrektur wird noch lange dauern“, sagt Frank Wilhelm-Mauch von der Universität des Saarlandes, der das Projekt Open Super Q leitet, das die EU mit rund zehn Millionen Euro fördert. Der Physiker baut derzeit den Quantenrechner in Jülich auf, der 50 bis 100 Qubits erhalten soll.

Firmen wie Google oder IBM wollen indessen nicht Jahrzehnte warten, bis eine Maschine mit perfekter Fehlerkorrektur zur Verfügung steht. Sie probieren, was mit der heutigen Hardware schon geht. Der jüngste Erfolg befeuert die Hoffnung, bald eine praxisrelevante Anwendung zu finden, etwa beim Simulieren von Molekülen. Dazu soll auch der Quantenrechner von IBM beitragen, der 20 Qubits besitzt. Die Firma bietet zudem Cloud-Zugang zu weiteren Quantenprozessoren. Diese werden laut Unternehmensangaben von mehr als 100 000 Forschern weltweit genutzt.

Warum es in Europa nichts Vergleichbares gibt, erklärt Wilhelm-Mauch so: „In den USA hat man schon vor Jahren auf anwendungsorientierte Forschung umgeschaltet. Da hinken wir weit hinterher.“ Das will das 650-Millionen-Euro-Programm der Bundesregierung ändern. Es soll die Forschung „stärker

auf Anwendung“ ausrichten, heißt es in der Beschreibung. Im Bundesforschungsministerium (BMBF) sieht man die Fraunhofer-Gesellschaft mit ihren Industriekontakten als den natürlichen Partner dafür. „Wir wollen erstmals einen Quantencomputer als offene Plattform in Deutschland etablieren“, sagt Torsten Siebert, Leiter des Quantentechnologieprogramms bei Fraunhofer. „Der Rechner kann Unternehmen helfen, die Potenziale der Technik richtig einzuschätzen und langfristig als Wettbewerbsvorteil zu nutzen.“ Vor allem die Finanzbranche zeige Interesse, sagt Siebert.

In der Forschergemeinde hingegen regt sich Ärger über die Einbindung der Fraunhofer-Gesellschaft. So beklagen mehrere Forscher von deutschen Universitäten übereinstimmend, Fraunhofer habe bislang keine Rolle beim Bau eines Quantencomputers gespielt. Zudem werde die Expertise im eigenen Land zu wenig berücksichtigt. Ein Beispiel: Q System One von IBM nutzt supraleitende Chips für Qubits. „Dafür gibt es Experten in Deutschland“, sagt Wilhelm-Mauch. Sie könnten auch Hardware für den Jülicher Rechner Open Super Q entwickeln, der ebenfalls supraleitende Qubits nutzt. Markus Jerger zeigt einen münzgroßen Zylinder, einen Chip mit vorläufig zwei Qubits. Der Chip kommt von einer schwedischen Universität.

Deutsche Hardwareentwickler sitzen indessen auf dem Trockenen. Aus dem BMBF sei seit der Ankündigung des 650-Millionen-Euro-Programms im September 2018 noch keine Ausschreibung zu Quantencomputern gekommen, beklagen Forscher. Sie konnten also zuletzt kaum Geld für Projekte einwerben. Das Förderprogramm wirkt zudem üppiger, als es ist: In den vier Jahren wären ohnehin rund 400 Millionen Euro in die Quantentechnologie geflossen, etwa über die Grundausstattung für die Institute. Diese Summen sind in den 650 Millionen Euro bereits enthalten. Lediglich mit 1,8 Millionen Euro fördert das BMBF laut Förderkatalog Projekte im Bereich Quantencomputing, also die Entwicklung von Hardware. „So wird es uns nicht gelingen, Hardware auf Augenhöhe zu entwickeln“, sagt Wilhelm-Mauch.

Ohne diese könnte es auch schwierig werden, Anwendungen zu schreiben. Denn dass Algorithmen ohne viele Qubits und Fehlerkorrektur auskommen, ist nicht gesichert. So präsentierte ein für Google arbeitender Physiker einen Algorithmus, der auf bald verfügbarer Hardware laufen soll. Ein Forscher von Intel jedoch berechnete, dass es mehrere Hundert

Qubits bräuchte, um damit einen herkömmlichen Rechner zu übertrumpfen. Eine solche Maschine sehen Experten in weiter Ferne. Der Drang zu Anwendungen könnte sogar in der Sackgasse enden. Die Befürchtung einiger Experten: Uneingelöste Versprechen könnten zu einer Art „Quantenwinter“ mit gekürzten Mitteln führen.

Auch die Festlegung auf einzelne Techniken wie supraleitende Qubits könnte verfrüht sein; schließlich werden auch Qubits aus Atomen, Lichtteilchen oder Elektronen erforscht. „Es ist noch unklar, welche Art von Qubits das Rennen machen wird“, sagt Wilhelm-Mauch. Plausibel sei ein hybrides System, in dem etwa Ionen-Qubits rechnen und Qubits aus Lichtteilchen Informationen übertragen. Einzelne Institute könnten die Integration dieser Techniken aber nicht leisten. Der Physiker regt eine europäische Allianz nach dem Vorbild von Airbus an, um gegen die Amerikaner konkurrieren zu können.

Christian J. Meier ist freier Wissenschaftsjournalist und promovierter Physiker. Er schreibt unter anderem für die *Süddeutsche Zeitung*, die *Neue Zürcher Zeitung* und die *Bild der Wissenschaft*. Außerdem ist er Sachbuch- und Thrillerautor.

AUFHOLJAGD

MEILENSTEIN

Quantencomputer sind komplizierte Maschinen, aber wenn sie zum Laufen kämen, könnten sie die Welt verändern. Deutschland und Europa sind auch bei dieser Technologie bisher im Rückstand, aber das soll sich ändern



VON
HELMUT-MARTIN JUNG

LESEDAUER: 5 MINUTEN

Es hat, wie viele neue Technologien, etwas Magisches. Und das Potenzial, die Welt zu verändern: Winzige Partikel auf atomarer Ebene werden von Mikrowellenstrahlung angeregt und geraten in einen Schwebestand, sodass eine besondere Art von Bits gleichzeitig mehrere Zustände einnehmen kann. Nicht mehr nur 1 oder 0 wie bei klassischen Computerchips. Mit jedem weiteren Bit verdoppelt sich die Rechenleistung, und die ist schnell gigantisch. Sie ermöglicht es, hochkomplexe Aufgaben zu berechnen, an denen

klassische Computer mit ihren Rechenherzen aus Silizium scheitern. Die kommen ohnehin an ihre physikalischen Grenzen, daher braucht es Technologien, mit denen sich die Rechenleistung wie seit mehr als 50 Jahren gewohnt weiter steigern lässt. Bedarf gibt es mehr als genug, ganze Wissenschaftszweige kommen ohne immer höhere Rechenkapazitäten kaum noch voran.

Konzerne wie Google oder IBM arbeiten längst an Quantencomputern, in Deutschland ist es bis dato eher eine Sache für öffentlich geförderte Forscher.

Bei einem Projekt mit dem Namen GEQCOS sollen die bestqualifizierten deutschen Forschungseinrichtungen nun zusammenarbeiten, um den Prototypen eines eigenen Quantenchips zu entwickeln, der dann am Walther-Meißner-Institut der Bayerischen Akademie der Wissenschaften demonstriert werden soll. Dessen Direktor, der Physiker Stefan Filipp, ist Professor an der TU München und Mitglied im Expertenrat der Bundesregierung. Vor Kurzem hat der Rat, dem auch führende Vertreter der Industrie angehören, an die Regierung appelliert, mehr in die Quantentechnologie zu investieren: „Für unsere Hightech-Industrie kann der Zugang zu dieser Technologie existenziell sein“, schreiben Filipp und Peter Leibinger, Technikkopf des Laserspezialisten Trumpf.

Damit Europa nicht den Anschluss an die Weltspitze verliere oder in Abhängigkeit von ausländischen Anbietern gerate, müsse „im Verbund mit den europäischen Partnern“ ein anwendungstauglicher Quantencomputer gebaut und betrieben werden, und zwar in spätestens zehn Jahren. Das GEQCOS-Projekt kann man dabei als einen ersten, eher noch forschungsorientierten Schritt sehen. Sein Ziel ist es, einen Quantenchip, also quasi das Herz eines Quantencomputers, zu entwickeln und einen Prototypen zum Laufen zu bringen.

Das Projektteam, das hochspezialisierte Forscher verschiedener deutscher Universitäten, Fraunhofer-Institute sowie der Industrie zusammenbringt, will gezielt einige Schwachstellen heutiger Quantenchips angehen. Eine davon ist die Verknüpfung der einzelnen Qubits untereinander. Bisher werden sie paarweise verbunden, bei GEQCOS sollen es mindestens vier sein, erläutert Stefan Filipp. Damit braucht das System weniger Rechenschritte und kann so die kurze Zeitspanne des Quantenzustandes besser ausnutzen. Auch der Quantenzustand selbst, den man sich im Zehntausendstelsekunden-Bereich vorstellen muss, soll verlängert werden.

Beim Design des Chips steigen die Forscher relativ tief ein und prüfen genau, wo es Störmechanismen in den verwendeten Materialien gibt. Quantenchips reagieren äußerst sensibel auf äußere Einflüsse, dazu gehören schon kleinste Defekte im Material. Hauptsächlich sollen dabei Aluminium und Niob verwendet und verbessert werden, sagt Filipp. Es würden aber auch noch andere Materialien untersucht. Weil es auf den Leitungen in dem Chip keinen elektrischen Widerstand geben soll, muss das ganze System auf extrem niedrige Temperaturen heruntergekühlt werden, angestrebt werden Temperaturen nur einige

DAS GANZE SYSTEM
MUSS AUF
EXTREM NIEDRIGE
TEMPERATUREN
HERUNTERGEKÜHLT
WERDEN

Zehntel Grad über dem absoluten Nullpunkt, also minus 273,15 Grad.

Die große Anstrengung, die nach Meinung von Experten nötig wäre, um zur Weltspitze aufzuschließen, ist ein Projekt wie GEQCOS nicht, für das rund 15 Millionen Euro fließen. Die Größenordnung, die es eher bräuchte, ist aber auch schon zugesagt. Zwei Milliarden Euro will die Bundesregierung bereitstellen, noch ist das Geld nicht verteilt. „Das muss aber fokussiert geschehen“, warnt Filipp, „die Tendenz ist, dass jeder mitmachen darf, und dann geht der Fokus verloren.“ Bis Jahresmitte soll eine Entscheidung fallen.

Darüber hinaus sei Geld nur ein Teil, der andere die Menschen, die solche Projekte umsetzen sollen, sagt Filipp: „Man braucht gute Leute, die so etwas auch bauen können und effizient umsetzen.“ In Forschungseinrichtungen gebe es oft kein unternehmerisches Denken, daher gelangten Forschungen oft nicht zur Produktreife oder zur Massentauglichkeit. Der Physiker fordert daher, Forschung und Start-ups zusammenzubringen. Es brauche eine solche Umgebung auch für die Forscher, die auf Start-ups als Zulieferer zugreifen können, beispielsweise für die Kühlanlagen, die sogenannten Kryostaten.

Dabei, sagt Filipp, ergäben sich auch interessante Fragen zur Souveränität, sprich: wie viel von der Technologie Europa selbst in der Hand haben müsse. „Eine klare Trennlinie gibt es dabei nicht“, sagt er. Bis dato aber sei es so, dass viele Experten lieber in die USA gingen, weil dort das Ökosystem von Forschung und Zulieferern schon existiere. Aber auch hierzulande entstünden die ersten Unternehmen.

Und wann kann man mit dem rechnen, was das Ziel aller Forschung zu Quantenrechnern ist, dem universellen Quantencomputer? Filipp will sich da nicht festlegen, mindestens zehn bis 15 Jahre werde das noch dauern, schätzt er. Auch ein solcher universeller Rechner werde dann nicht auf dem Schreibtisch stehen, sondern in einem Rechenzentrum und im Verbund mit herkömmlichen Rechnern arbeiten – denn nicht für jede Aufgabe ist ein Quantencomputer die beste Lösung.

Andererseits, und das ist der große Reiz an der Technologie: Sie ermöglicht es, Aufgaben zu lösen, an denen herkömmliche Computer scheitern. Das betrifft viele Einsatzgebiete, vom Finanzwesen bis hin zu den Naturwissenschaften. Vor allem wenn es um Zusammenhänge auf molekularer oder atomarer Ebene geht, sind die Möglichkeiten der Simulation, die ein Quantencomputer bietet, unübertroffen.

WINZIGE PARTIKEL
AUF ATOMARER
EBENE WERDEN VON
MIKROWELLEN-
STRAHLUNG
ANGEREGT UND
GERATEN IN EINEN
SCHWEBEZUSTAND,
SODASS EINE
BESONDERE ART VON
BITS GLEICHZEITIG
MEHRERE ZUSTÄNDE
EINNEHMEN KANN

Helmut Martin-Jung startete vor gut 30 Jahren als Journalist bei der SZ. Er begann im Lokalen, es folgten Stationen beim Chef vom Dienst und in der Nachrichtenredaktion. Zwischendurch verbrachte er sieben Jahre bei SZ.de. Heute schreibt er vor allem über Technik und ist fasziniert von Digitalisierung und künstlicher Intelligenz, weiß aber, dass bisher noch keine Technik ohne unerwünschte Nebenwirkungen war.



Zukunftsmaschine

NATURGESETZE

Er braucht Temperaturen, niedriger als im All, und muss vor äußeren Einflüssen geschützt werden – aber er könnte die Welt verändern:

Googles Quantencomputer erreicht einen wichtigen Meilenstein.

Ein Besuch im Labor des Konzerns in Santa Barbara



VON
JÜRGEN SCHMIEDER

LESEDAUER: 9 MINUTEN
Hartmut Neven ist Physiker. Er ging aber auch als Bassist von *Rammstein* oder Kosmonaut aus den 1960er-Jahren durch. Die graue Steampunk-Hose, die silberne Plusterjacke, die Future-High-Sneakerstiefel und die schwarz-silberne Sonnenbrille passen zu dem, was der Deutsche verkündet. Neven, der bei Google das Quantum Artificial Intelligence Lab leitet, spricht an diesem Mittwochmorgen sehr oft über Musik und das Weltall. Ohne anschauliche Beispiele

würde nämlich kaum jemand kapieren, warum hier alle so aufgeregt sind.

In der Nacht zuvor veröffentlichte das Wissenschaftsmagazin *Nature* einen Artikel, der bereits im September große Aufregung verursacht hatte. Die US-Raumfahrtbehörde Nasa hatte ihn versehentlich für kurze Zeit auf ihre Webseite gestellt. Googles Quantenchip Sycamore, schreiben die Wissenschaftler des Konzerns in ihrem Fachaufsatz, „konnte in 200 Sekunden eine Berechnung durchführen, für die

der schnellste Supercomputer der Welt 10 000 Jahre gebraucht hätte“. Der Test bestand, sehr vereinfacht ausgedrückt, aus einer Berechnung für komplexe Zufallszahlen.

Nun wird debattiert, ob Googles Forscher mit dem Experiment tatsächlich die sogenannte Quantenüberlegenheit bewiesen haben. Sie würde bedeuten, dass ein Quantencomputer Dinge vollbringen kann, die auch die schnellsten Superrechner, die auf Basis klassischer Chips arbeiten, nicht schaffen. Man fragt sich, ob das der Beginn eines neuen Computerzeitalters ist. Ob der technologische Sprung Revolutionen ganzer Wissenschaftsgebiete wie Pharmazie, Chemie oder Logistik einleitet. Und: Was der Test überhaupt sollte.

Denn Sycamores hochkomplizierte Berechnung hat keinen praktischen Nutzen. Dennoch sagt Neven über das Experiment: „Der erste Sputnik hat auch nichts anderes getan, als die Erde zu umrunden, und doch war es der Beginn des Weltraumzeitalters.“ Er beschreibt mit dem Sputnik-Vergleich auch ein Problem bei der Vermarktung der Forschung: Beim Satelliten wussten die Leute, dass der Mensch nun in der Lage war, Dinge ins Weltall zu schicken. Der erste Flug der Gebrüder Wright im Jahr 1903 zeigte, dass es möglich sein dürfte, ein Flugzeug für den Personentransport zu bauen. Es war sichtbar, greifbar, verständlich, und es befeuerte die Vorstellungskraft, positiv wie negativ.

Was wissen die Menschen, wenn sie Googles Experiment betrachten, worauf dürfen sie hoffen, was müssen sie fürchten? Vielleicht hilft ein Besuch im Labor.

Santa Barbara ist eine verschlafene Küstenstadt in Kalifornien, etwa zweieinhalb Autostunden nordwestlich von Los Angeles. Es gibt kaum einen unscheinbareren Ort für ein Projekt, das die Menschheit entscheidend voranbringen soll, als dieses Gebäude mit der Adresse 6868 Cortona Drive. Außen sind beigefarbene Kacheln angebracht, es sieht aus, als würden drinnen Pakete verpackt oder Tiere geschlachtet. Es macht keinen futuristischen Eindruck wie zum Beispiel das Quantum Computing Laboratory des chinesischen Konzerns Alibaba in Shanghai. Das hier wirkt eher wie bei einem Start-up. Das Labor selbst ist keine 300 Quadratmeter groß, es gibt keine Fenster, nur weiße Wände. Das Sycamore-Projekt selbst sieht aus, als hätte jemand einen überdimensionalen Kochtopf hundertfach verkabelt.

Der Zauber entfaltet sich, wenn die Google-Mitarbeiter an einer der Anlagen in der Ecke den etwa

1,20 Meter hohen Silberzylinder mit einem Durchmesser von 50 Zentimetern entfernen und sozusagen Skelett und Herz präsentieren: ein mehrstufiges, vergoldetes Gebilde, das an das Innere einer Schweizer Uhr erinnert. Oben herrscht laut Neven Zimmertemperatur, unten „ist es kälter als im Weltall“. Dort ist der Chip angebracht, geschützt vor äußeren Einflüssen wie Erschütterungen, Geräuschen und magnetischer Strahlung. Er ist ein bisschen größer als der Fingernagel eines Daumens. Die Gastgeber lassen den Besucher den Chip selbst unter dem Mikroskop betrachten und fotografieren, und erklären geduldig, wie er funktioniert.

Dass ein Technikkonzern derart offen mit seiner Forschung umgeht, ist wohl der Tatsache geschuldet, dass Google diesen angeblich historischen Moment für sich reklamieren will.

Quantenmechanik gehört zu den Aspekten der Physik, die für Laien verrückt wirken. Sogar Albert Einstein hielt sie für „spukhaft“. Sie sei nur zu verstehen, wenn man daran glaube, dass Gott höchstselbst „würfelt oder sich telepathischer Mittel bedient“. Der bekannteste Erklärungsversuch ist das Gedankenexperiment des Physikers Erwin Schrödinger: Eine Katze wird dabei in einen Kasten eingesperrt,

DIE ANLAGE SIEHT
AUS WIE EIN
HUNDERTFACH
VERKABELTER
RIESENKOCHTOPF

in dem zu einem zufälligen Zeitpunkt tödliches Gas freigesetzt wird. Lebt die Katze oder ist sie tot? Solange die Box geschlossen bleibt, weiß man es nicht.

Genauso ist es in der Quantenphysik. Objekte können in mehreren Zuständen gleichzeitig existieren, sogenannte Qubits müssen sich im Gegensatz zur klassischen Physik (deren binäre Bits nur die Werte 0 oder 1 haben können), nicht für eins von beiden entscheiden. Sie schweben in einer Überlagerung beider Zustände, der sogenannten Superposition. Diese Eigenschaft ist labil und extrem schwer zu kontrollieren. Deshalb hat Google um den Chip herum ein Gebilde gebaut, das wirkt wie eine russische Puppe. Im Chip nutzen 53 Qubits (es waren eigentlich 54, eines ging kaputt) die Gleichzeitigkeit der Zustände aus. Das ermöglicht es, mehr als neun Milliarden Zustände auf einmal darzustellen. Die Rechenleistung steigt doppelt exponentiell, weil sich Qubits auch untereinander verschränken können. Innerhalb weniger Sekunden können Millionen komplexe Berechnungen durchgeführt werden.

Die Träume, die die Quantentechnik auslöst, sind groß. „Ich will nicht zu optimistisch sein, aber wir blicken seit Beginn des Projekts in Richtung Horizont und überlegen, wie ein System mit einer Million Qubits aussehen könnte“, sagt Neven, der deutsche Skepsis mit kalifornischer Begeisterung kombiniert: „Was wir nun herausgefunden haben: Wir können das irgendwann schaffen.“ Wichtig sind dabei die Worte „können“ und „irgendwann“.

Neven, 54, galt schon als Student an der Uni Bochum als Ausnahmephysiker. Er hatte einen Algorithmus entwickelt, der anhand der Bewegungen auf der Tanzfläche die Musik in der Diskothek automatisch steuerte. Sein damaliger Professor Christoph von der Malsburg übertrug ihm die Leitung seines Labors an der University of Southern California, doch Neven wollte keine Anträge für Fördergelder ausfüllen. Er wollte forschen. Sein Start-up Neven Vision brachte Computern bei, Objekte zu erkennen. 2006 verkaufte er es an Google. Dort entwickelte er die smarte Brille Google Glass, danach wechselte er in die Abteilung für Quantencomputer.

„Jeder, ob nun Wissenschaftler oder Künstler, will den Leuten zeigen, wenn er was erreicht hat“, sagt er über die Veröffentlichung der Ergebnisse. Es hat bereits Kritik am Experiment gegeben. Konkurrent IBM meint zum Beispiel, die Behauptungen seien nur „Hype“. Google habe beim Test die Fähigkeiten von Supercomputern nicht voll ausgeschöpft, sie also im Vergleich zum Quantenrechner schwächer er-

JEDER BETEILIGTE
FORSCHER SAGT:
DIE ARBEIT HAT ERST
BEGONNEN

scheinen lassen, als sie tatsächlich sind. Neven will deshalb sämtliche Daten und den Programmcode veröffentlichen. Er sagt, ihm gehe es nicht nur darum, dass sich die Konkurrenz selbst überzeugen kann: „Lieber arbeiten wir zusammen und schaffen das, als wenn jeder für sich werkelt und es uns nicht gelingt.“ Dennoch ist ihm anzumerken, dass er stolz ist, dass sein Team die Quantenüberlegenheit zuerst verkünden konnte.

Das führt zurück zur Frage: Gibt es irgendwo, irgendwann eine Ziellinie, und was passiert, wenn sie erreicht wird? Der *Sputnik* war ein Meilenstein. Das wirklich monumentale Ereignis für die Menschen kam zwölf Jahre später, als Neil Armstrong auf dem Mond spazierte.

Das in etwa ist die Zeitspanne, die sie nun auch bei Google ausrufen. Künftige Anwendungen sollen dann ein ebenso großer Schritt für die Menschheit sein wie der Fußabdruck von Armstrong auf dem Mond. Ein Beispiel: Wer heutzutage eine Idee für ein Arzneimittel hat, der setzt es zusammen und testet sein Produkt. Quantenprozessoren sollen diese komplexen Prozesse simulieren und so mehrere Millionen Ideen gleichzeitig prüfen. Das könnte der Pharmazie einen enormen Schub verleihen. Bahnbrechende

Anwendungen in Medizin, Chemie, Finanzwesen und Autobau – darauf hoffen die Quantenforscher. Neven sagt, dass es neben den derzeitigen Partnern Daimler und Volkswagen weitere deutsche Firmen gebe, die vielversprechende Ideen hätten.

Sie wollen nichts versprechen bei Google – was eher eine Seltenheit ist in der selbstbewussten Tech-Welt Kaliforniens. Jeder beteiligte Forscher sagt: Die Arbeit hat erst begonnen. Man müsse auch keine Angst haben, dass ein Bösewicht in absehbarer Zeit mit einem Quantencomputer sämtliche digitalen Verschlüsselungen der Welt knackt, so wie die Leute einst fürchteten, dass vom *Sputnik* Raketen abgeworfen würden. Sie wissen, dass sie einen Meilenstein erreicht haben in diesem Labor. Sie wissen aber auch, dass dieses Experiment erst einmal keinen Nutzen hat und dass es noch Jahre, vielleicht Jahrzehnte dauern könnte bis zu ersten Anwendungen mit realem Nutzen.

An der Wand haben sie einen Spruch der britischen Mathematikerin Ada Lovelace angebracht. Sie hat Mitte des 19. Jahrhunderts eine Rechenmaschine entwickelt und gilt einigen deshalb als erste Programmiererin der Menschheit. Von ihr stammt der Satz, der in diesem Labor als Leitspruch dient: „Ich bin nie wirklich zufrieden, wenn ich irgendwas verstehe – weil, so gut ich es auch kapieren mag: Mein Verständnis wird immer nur ein unendlich kleiner Teil dessen sein, was ich verstehen möchte.“

Jürgen Schmieder, Jahrgang 1979, hat mittlerweile 108 vom IOC anerkannte Sportarten selbst versucht – meist erfolglos, dafür aber auch meist unverletzt. Seit 2013 ist er freier Korrespondent in Los Angeles. Ansonsten hofft er auf neue Abenteuer mit seiner Frau und seinem Sohn.

DIGITALES WETTRÜSTEN

AUTOMATISIERUNG

Um die Entwicklung von Quantencomputern hat ein Wettforschen eingesetzt. Die Zivilgesellschaft muss mitdiskutieren, wohin die Entwicklung geht. Am besten, bevor aus dem Wettforschen ein Wettrüsten wird



VON
ANDRIAN KREYE

LESEDAUER: 4 MINUTEN

Es gab bis vor Kurzem nur wenige Menschen, die das Prinzip des Quantencomputers erklären konnten. Was vor allem damit zu tun hat, dass diese Maschinen auf der Funktion von subatomaren Partikeln beruhen, die sich nicht an die gewohnten Naturgesetze halten. Tatsachen wie, dass zwei solcher Partikel auch von entgegengesetzten Enden des Universums zusammenwirken können, oder dass ein sogenanntes Qubit

bei einem Rechenvorgang alle Möglichkeiten der Resultate gleichzeitig beinhaltet, entziehen sich zunächst einmal der menschlichen Logik.

Die Quantenphysikerin Shohini Ghose von der kanadischen Wilfrid Laurier University gehörte zu ihnen. Sie zeigt in Workshops mithilfe von mehrfarbigen Schokolinsen in Plastikdöschen, wie man mit Quantencomputern in der Zukunft Daten so verschlüsseln kann, dass niemand jemals den Code

knacken kann. Oder sie führt mit einem schlichten Münzwerfspielchen vor, dass zwischen Mensch und Maschine bei herkömmlichen Computern noch Chancengleichheit besteht. Sobald ein Mensch aber gegen einen Quantencomputer antritt, reduziert sich die Wahrscheinlichkeit, dass der Mensch gewinnen kann, auf theoretisch null. Was einiges erklärt und vor allem eine Ahnung davon gibt, was „Quantum Supremacy“ (Quantenüberlegenheit) bedeuten könnte. Der Professor für theoretische Physik John Preskill hatte sich diesen Begriff vor sieben Jahren ausgedacht. Er meinte damit den Punkt, an dem ein Quantencomputer Dinge tun kann, die kein normaler Computer schafft.

Genau diese Quantenüberlegenheit beansprucht nun der Digitalkonzern Google mit seinem Sycamore-Prozessor für sich. Und damit auch den historischen Beginn eines neuen Technologiezeitalters. Da spielt es kaum eine Rolle, dass das Konkurrenzunternehmen IBM schon vorgerechnet hat, dass die Behauptung gar nicht stimmt, Sycamore habe in dreieinhalb Minuten einen Rechenvorgang ausgeführt, für den der IBM-Supercomputer 10 000 Jahre brauche. Es seien nur zweieinhalb Tage.

Das war nur ein Schlagabtausch unter Konkurrenten. Denn die Entwicklung von Quantencomputern ist ein Wettforschen, bei dem Alt gegen Jung angetreten ist (IBM gegen Google), West gegen Ost (Amerika gegen China). Viel relevanter ist die zwei Jahre alte Meldung, China entwickle schon ein Quanten-Internet, habe schon Quantenspeicher und einen Quantensatelliten im Einsatz. Denn da geht es nicht um Anwendungen, bei denen Quantencomputer in Zukunft einmal zum Wohle der Menschheit zum Einsatz kommen.

Das wird zum Beispiel die Möglichkeit sein, Medikamente zu entwickeln, die ganz auf den einzelnen Patienten abgestimmt sind. Oder Materialien, die ganz anders beschaffen sind als alles, was es bisher gab. Ein Quanten-Internet hätte für den Normalnutzer kaum merkbare Vorteile. Es wäre aber so etwas wie eine uneinnehmbare digitale Festung und dann auch ein digitaler Rammbock. Da kommt das dritte Anwendungsfeld der Quantentechnologie ins Spiel, die Sicherheit. Und die macht aus dem Wettforschen auch ein Wettrüsten.

Noch ist es viel zu früh für die Frage, mit der Sicherheitsfirmen schon werben: „Wie können Sie Ihr Unternehmen vor Angriffen mit Quantencomputern schützen?“ Denn wenig schadet der Debatte über eine neue Technologie so sehr wie halbinformierte Angst. Oder aber blinde Fortschrittsbegeisterung. Das

NICHTS SCHADET
DER DEBATTE
ÜBER NEUE
TECHNOLOGIE
MEHR ALS
HALBINFORMIERTE
ANGST

konnte man in den vergangenen zwanzig Jahren am Verlauf der Digitalisierung beobachten. In den USA hat die Euphorie zu einer Entfesselung der digitalen Technologien und Konzerne geführt. In Europa zu einer Zögerlichkeit, die den Kontinent weitgehend abgehängt hat.

Wenn nun Googles Sensationsheischen aber dazu führt, dass erst einmal Journalisten lernen, so etwas Abstraktes wie die Quantentechnologie zu erklären, gibt es die Hoffnung, dass sich die Zivilgesellschaft frühzeitig mit diesem Thema beschäftigt, das langfristig gewaltige Auswirkungen haben könnte. Gerade weil Quantencomputer bis auf Weiteres kein Konsumprodukt sein werden. Das erlaubt die Technik nicht. Mal davon abgesehen, dass die komplizierten Rechengänge, die Quantencomputer bewältigen, keine Alltagsfunktion haben. Doch erste Start-ups gibt es schon, die (noch nicht ganz so überlegene) Quantencomputer für die Entwicklung künstlicher Intelligenz (KI) nutzen, also für Computer, die eigenständig lernen und dann Entscheidungen fällen können. Und im Gegensatz zum Quantenrechnen ist KI längst Teil des Alltags, auch wenn sie nicht immer so genannt wird.

Wie wichtig es aber ist, dass Zivilgesellschaften früh und vernünftig über wissenschaftliche Entwicklungen diskutieren, zeigen auch die beiden entscheidenden Debatten des 20. Jahrhunderts. Über Atomenergie wurde viel zu spät, über Biotechnologie rechtzeitig diskutiert. Ersteres führte zu Katastrophen – Zweiteres zu meist sinnvollen Fortschritten.

Andrian Kreye kam 2000 zur SZ. Von 1988 bis 2007 lebte er als Reporter in New York und arbeitete von dort aus auch in Lateinamerika, Afrika, Asien und im Nahen Osten. Von 2007 bis 2020 war er Leiter des SZ-Feuilletons. 2019 erhielt er den Theodor-Wolff-Preis und den Medienethik-Award Meta.

HERR ROBOTER ÜBERNIMMT

ENTWICKLUNG

Regale sortieren, Pakete ausliefern, Getränke servieren.
Immer mehr Arbeiten werden von Maschinen übernommen



VON
THORSTEN RIEDL

LESEDAUER: 5 MINUTEN

Durch die Werkshallen von Ford in Michigan patrouilliert seit Kurzem ein Roboter. Er vermisst die Produktionsstätte automatisch für mögliche Umbauarbeiten und spart den Ingenieuren so Zeit. In einem Hotel in Peking erledigt ein Roboter nun den Room-Service.

Der mit Frack bemale Maschinensklave bringt Essen und Getränke. Auf seinem Weg weicht er Hindernissen aus, nimmt notfalls den Aufzug. Desinfektionsroboter aus Dänemark helfen dabei, die Coronakrise zu bekämpfen. Sie fahren selbstständig durch Krankenhäuser und töten mit ultravioletem Licht schäd-

DER GLOBALE
ROBOTERMARKT
STEHT FÜR
EINEN UMSATZ VON
WEIT MEHR
ALS 30 MILLIARDEN
DOLLAR

liche Krankheitserreger. Keine Frage: Roboter sind in der Realität angekommen. Mit weitreichenden Folgen für den Menschen, guten wie schlechten.

Der Name der Arbeitsgeräte basiert auf dem tschechischen Wort „robota“, was so viel wie Frondienst bedeutet – und einiges zur Einstellung gegenüber den Geräten verrät. Die US-Industrieverband Robotic Industries Association definiert als einen Roboter weniger emotional eine „programmierbare, multifunktionale Handhabungsvorrichtung“. Und der hiesige VDI (Verein Deutscher Ingenieure) bezeichnet Industrieroboter als „universell einsetzbare Bewegungsautomaten“. Allein, die Geräte sind inzwischen weit über den Einsatz an Fertigungsstraßen etwa in der Automobilindustrie hinausgewachsen.

Die jüngsten Zahlen der International Federation of Robotics (IFR) gehen von einem Umsatz mit Industrierobotern im Jahr 2018 weltweit von 16,5 Milliarden Dollar aus. Der Erlös mit Servicerobotern für den professionellen Einsatz lag im selben Jahr bei 9,2 Milliarden Dollar. Dazu kommen die Serviceroboter für den persönlichen Gebrauch – die Armada an Saugrobotern etwa, die in deutschen Haushalten für Sauberkeit sorgen. Ihr Volumen schätzt der IFR auf 6,5 Milliarden. Insgesamt steht der globale Roboter-

markt also für einen Umsatz von weit mehr als 30 Milliarden Dollar – Tendenz steigend.

Dabei ist die Corona-Pandemie für die Branche Herausforderung wie Chance zugleich. Weil Bänder stillstehen und Unternehmen sparen müssen, rechnet der deutsche Verband VDMA Robotik + Automation hierzulande mit einem starken Einbruch der Branche im laufenden Jahr von mindestens 20 Prozent. Anschließend soll es wieder aufwärtsgehen. Auch weil sich die Roboterhersteller im Eilverfahren auf die Zeit mit Covid-19 einstellen. Denn Roboter sind immun gegen Viren.

Der Industriedienstleister BoKa Automatisierung etwa hat ein vollautomatisches Corona-Testzentrum entwickelt, das an ein Drive-Thru-Schnellrestaurant erinnert. Ein Roboter überreicht das Teströhrchen und nimmt es wieder zurück. Automaten von Kuka, seit vier Jahren in chinesischer Hand, aber noch immer mit Sitz in Augsburg, sortieren im Universitätsklinikum Aalborg täglich 3000 Blutproben, darunter viele Covid-19-Tests.

Das Unternehmen Robshare aus Rheinböllen in Rheinland-Pfalz hat mit „James“ einen Kommunikationsandroiden entwickelt. Er soll beispielsweise Bewohner von Pflegeheimen besuchen, wenn sonst aufgrund von Ansteckungsgefahr niemand kommen darf. James verbindet per Videokonferenz Familien. Schöne, neue Welt – nicht wenige allerdings sorgen sich um ihr Auskommen, wenn Roboter am Band stehen, Regale sortieren, Taxi fahren, Pakete ausliefern. Was passiert mit den Jobs, wenn Roboter Aufgaben billiger, schneller und im Zweifel sogar besser erfüllen? Die Wissenschaft ist sich uneins. Bis zur Hälfte aller Arbeitsplätze oder gar noch mehr würden ausradiert, hieß es vor Kurzem noch in Studien. Ideen von einer Robotersteuer wurden wieder aufgenommen, um einen sozialen Ausgleich zu schaffen. Alles halb so wild, sagen nun jüngere Untersuchungen. In einem Kurzbericht weisen Hermann Gartner und Heiko Stüber vom Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (IAB) in Nürnberg auf einen *Spiegel*-Titel aus dem Jahr 1978 hin: „Fortschritt macht arbeitslos“, hieß es seinerzeit schon zur anstehenden Computerrevolution.

Wir alle wissen, dass es anders gekommen ist und jede Menge Berufsbilder rund um Digitalisierung existieren, an die in den 70er-Jahren niemand dachte. Dass im Zuge des technologischen Wandels Jobs verschwinden würden, sei kein neues Phänomen, argumentieren die beiden Experten. „Entscheidend ist, dass gleichzeitig auch neue Arbeitsplätze ent-

IM ZUGE DES
TECHNOLOGISCHEN
WANDELS
ENTSTEHEN AUCH
NEUE
ARBEITSPLÄTZE

stehen.“ Ähnlich verlautet es vom arbeitgebernahen Institut der deutschen Wirtschaft (IW) in Köln: „Keine Angst vor Robotern“, heißt es dort. Sicher, es gebe Horrorszzenarien über Arbeitsplatzabbau durch den digitalen Wandel – „einer wissenschaftlichen, empirischen Überprüfung halten sie allerdings nicht stand“.

So behält das Bonmot des US-Informatikers Alan Kay Gültigkeit: „Der beste Weg, die Zukunft vorherzusagen, ist, sie zu erfinden.“

Thorsten Riedl schreibt seit fast zwei Jahrzehnten über Technik, lange bei der *Süddeutschen Zeitung*. Er studierte Wirtschaftsinformatik und Betriebswirtschaftslehre. Aus seiner Wahlheimat Schweiz bloggt er jetzt über seinen digitalen Zeitvertreib: Apps, Gadgets, Games.

Kollege KI

KÜNSTLICHE INTELLIGENZ

Die nächste Phase des Maschinenzeitalters findet wohl nicht in den Fabriken statt, sondern in den Büros – und die Krise könnte den Wandel beschleunigen. Bedroht die künstliche Intelligenz Millionen Jobs? Experten sagen eher: Sie wird Jobs nicht abschaffen – aber verändern



VON
HELMUT MARTIN-JUNG

LESEDAUER: 7 MINUTEN
Max Schaber ist schon lange im Geschäft. 1983 hat er studierte Maschinenbauer sein erstes Unternehmen gegründet, den Vorläufer der heutigen Data-group SE, einer der größten IT-Dienstleister in Deutschland. Doch so etwas wie in diesem Frühjahr in der Zeit der Corona-Beschränkungen hat er noch nie erlebt. „Es gab einen Riesenschwall an Nachfragen

der Kunden“, sagt Schaber, vom Typ her der schwäbische Mittelständler par excellence. Die Kunden wollten die Arbeitsplätze ihrer Mitarbeiter in deren Wohnungen verlagern, und das bitte dalli.

Ein Kraftakt, doch wenn Schaber weiterredet, gewinnt man den Eindruck, etwas Besseres hätte ihm und seiner Firma kaum passieren können: „Erstmals wurden Tools wie Teams, Skype und andere in wirk-

licher Breite eingesetzt. Und viele Firmen erkannten jetzt erst, welche Möglichkeiten in der elektronischen Kommunikation stecken“, sagt er – und nimmt dabei die eigene nicht aus: „Selbst als Digitalunternehmen stellten wir fest, das ist eine Welt von Möglichkeiten, das glaubt man nicht.“

Wen man auch fragt – keiner bestreitet, dass die Pandemie in Deutschland einen für kaum möglich gehaltenen Digitalisierungsschub gebracht hat. Von einem riesigen Experiment für viele Firmen und unzählige Beschäftigte spricht etwa Dietmar Harhoff, Direktor am Max-Planck-Institut für Innovation und Wettbewerb. Und Datagroup-Chef Max Schaber malt sich bereits aus, was sich in der Wirtschaft von nun alles ändern könnte: Vertriebsmitarbeiter müssten seltener zu Vor-Ort-Terminen, die Reisekosten würden in vielen Firmen zusammengezurrert, der Bedarf an Bürofläche könnte schrumpfen. „Es fällt den Leuten wie Schuppen von den Augen, was die Technologie für Effizienzgewinne bringt.“ Doch die Frage ist: Welche von den neuen Möglichkeiten bleiben, wenn Corona vorüber ist – und was bedeutet das für die Arbeitswelt?

Lange Zeit, sagt die Arbeitssoziologin Sabine Pfeiffer, Professorin an der Uni Erlangen-Nürnberg, habe man ja angenommen, mit der Digitalisierung gehe es in Deutschland auch deshalb nicht so voran, weil die Beschäftigten damit fremdelten, weil sie sich davor fürchteten. „Jetzt kann man sehen, dass das nicht stimmt“, sagt sie, „das ging ja alles ziemlich smooth.“ Viele hätten im Lockdown ihren Job von eigenen Computern und Smartphones aus erledigt – so digital wie noch nie.

Pfeiffers Meinung nach wird die Digitalisierung großen Einfluss vor allem auf administrative Jobs haben – auf die Bürotätigkeiten also. „Da ist mehr zu holen als in der Produktion.“ Die nämlich, das sieht auch Max-Planck-Forscher Dietmar Harhoff so, sei bereits ziemlich an der Grenze des Möglichen angelangt. Der nächste Schub der Digitalisierung findet womöglich nicht in den Fabriken statt – sondern an den Schreibtischen.

Der Blick ins Ausland vermittelt derzeit zumindest eine Ahnung davon: „In den USA wird die Home-Office-Situation für digitale Kontrollen genutzt, bis hin zu Keyloggern, die jeden Tastendruck erfassen und Programmen, die alle 30 Sekunden einen Screenshot des Bildschirms machen“, sagt Soziologin Pfeiffer. Würden die Daten mit spezieller Software ausgewertet, „kann man daraus noch ganz andere Potenziale ableiten für Automatisierung“. Viele Prozesse in

Unternehmen seien längst digitalisiert, die Firmen hätten nur verschlafen, das darin verborgene Potenzial zu heben.

Übernehmen die Maschinen und die Algorithmen am Ende die Jobs? In den vergangenen Jahren kursierten teils dramatischen Zahlen, die etwa Wissenschaftler aus dem angelsächsischen Raum ins Spiel gebracht haben. Die Digitalisierung, hieß es da, könnte Millionen Arbeitsplätze vernichten, auch solche, die bislang als relativ sichere Wissenstätigkeiten galten. Aber diese Zahlen, sagt Pfeiffer, „stehen auf tönernen Füßen“. Es gebe eine gewaltige Forschungslücke, was die Büroarbeit angehe, sagt sie. Seit Ende der 80er-Jahre sei auf diesem Gebiet kaum mehr geforscht worden.

Auch Terry Gregory, Teamleiter der Forschungsgruppe „Digitale Transformation“ am Institut zur Zukunft der Arbeit (IZA) in Bonn, misstraut den Schreckensszenarien vom großen Jobverlust. Zwar stünden tatsächlich disruptivere Techniken vor der Tür: „Besonders durch künstliche Intelligenz kommen neue Elemente hinzu, erstmals sind davon auch Nicht-Routinearbeiten betroffen.“ Diese Systeme trafen auch Entscheidungen, die eigentlich als nicht automatisierbar gegolten hätten. Jedoch: „Die KI kommt nicht wie ein Tornado“, sagt der Volkswirt Gregory.

NICHT IMMER
VERSCHWINDET
ARBEIT DURCH DIE
TECHNIK – OFT
MACHT SIE EINFACH
EIN ANDERER

„Für die EU könnte es auch so ausgehen, dass es durch den Produktivitätszuwachs mehr Jobs statt weniger gibt“, sagt Gregory. Was es aber brauche, sei Flexibilität der Beschäftigten, die Bereitschaft, auch mal einen beruflichen Neuanfang zu wagen. Doch der Wissenschaftler weiß auch, dass dies nicht für alle gleichermaßen gilt. „Wir müssen die Ungleichheiten im Blick behalten“, fordert er, „das Bewusstsein für den Wandel muss wachsen.“ Dazu sei Weiterbildung unerlässlich. Es klinge zwar abgedroschen, „aber lebenslanges Lernen ist sehr wichtig“. Ältere und Menschen mit Lernschwierigkeiten würden jedoch leicht ins Hintertreffen geraten – „eine große Herausforderung für die Sozialpolitik“.

Eine neue Technik, so erklärt es Gregory, ersetzt in der Regel nicht einfach einen ganzen Beruf – sondern automatisiert einzelne Aufgaben innerhalb eines Jobs. Bei Radiologen etwa könne die künstliche Intelligenz künftig assistieren und Röntgenbilder automatisch auswerten, der Arbeitseinsatz der Fachärzte verringere sich teilweise – sie können sich nun bestenfalls auf andere Aufgaben konzentrieren, etwa auf das Gespräch mit dem Patienten. „Der Wandel passiert innerhalb der Berufe.“

Aber auch der Verlust von Tätigkeiten innerhalb eines Berufes, sagt Soziologin Pfeiffer, könne sich auf den Arbeitsmarkt auswirken. Doch zu Tätigkeiten gebe es wenn, dann nur sehr grobe Angaben in Studien, meistens gar keine. „Wenn man aber verstehen will, was mit den Tätigkeiten passiert, muss man in die Betriebe gehen.“ Was sie dabei oft feststellt: Diejenigen, die eine neue IT einführen, hätten oft keine genaue Vorstellung davon, wie die Abläufe in der Firma wirklich seien. Und oft seien die „viel komplexer und uneindeutiger, als dass ein einzelner Automatisierungsschritt daran was ändern könnte“.

Und oft verschwänden nicht einmal die Tätigkeiten selbst, sondern würden nur durch die Technik auf andere Menschen übertragen. „Wenn Ingenieure sagen, 30 bis 50 Prozent meiner Arbeit ist eigentlich keine Ingenieursarbeit – das ist durch die Digitalisierung passiert.“ Früher habe es beispielsweise in nahezu jeder Werkstatt eine Schreiberin gegeben, das müssten heute die Fachkräfte selbst machen. Insgesamt aber, klagt die Soziologin, gebe es viel zu viele blinde Flecke in der Forschung. Deshalb, warnt sie, müsse man „vorsichtig sein mit großen Prognosen“.

Ähnlich sieht das auch der Max-Planck-Forscher Harhoff. Wie sich die Nachfrage nach Arbeitskräften durch die Digitalisierung verändere, dazu gebe es noch keine seriöse Studie. Die Umstellung in der

Industrie sei gut gelungen und ohne größere Verwerfungen auf dem Arbeitsmarkt über die Bühne gegangen. „Was weniger gelingt, ist die Umstellung auf digitale Geschäftsmodelle, auf Datenzentrierung.“

Deutschland sei durch die weitgehend automatisierte Produktion sehr erfolgreich gewesen, „deshalb sieht man die Bedrohung nicht“, sagt Harhoff. Es könne gut sein, dass einige Unternehmen künftig nicht mehr so gut dastehen. Es müsse deshalb jetzt in die „Schulung für eher digital angehauchte Berufe“ investiert werden. Denn es gebe „kein Rennen zwischen Mensch und Maschine, sondern eines zwischen Maschine und Bildungssystem“. In den USA werde das Problem gelöst, indem man die Weiterbildung den Menschen weitgehend selbst überlässt, in Deutschland dagegen arbeiteten Arbeitgeber und Gewerkschaften dabei gut zusammen. „Wir können den Wandel gut meistern.“

Helmut Martin-Jung begann bei der *Süddeutschen Zeitung* in den 80er-Jahren. Er schreibt über Technik, die den Alltag prägt: von Supercomputern, die die Wettervorhersage berechnen, bis hin zu Telefonen, auf denen man sie abrufen kann. Er ist fasziniert von Digitalisierung und künstlicher Intelligenz.

Der ferngesteuerte Acker

AGRIKULTUR

Roboter, Drohnen und Satelliten könnten die Arbeit auf dem Feld künftig umweltfreundlicher machen und die Landwirtschaft grundlegend ändern: Bauern würden zunehmend arbeiten wie Datenanalysten



VON
ANDREA HOFERICHTER

LESEDAUER: 6 MINUTEN

Mit lautem Knattern und schwarzem Abgas hielten im vergangenen Jahrhundert erste Trecker auf den Feldern Einzug, ersetzten Zugtiere wie Pferde und Ochsen und erleichterten die Feldarbeit. Die aktuelle Wachablösung in der Landwirtschaft kommt leiser daher, mit Robotern, Drohnen, Sensoren und Kameras. Die digitale Technik soll helfen, Pestizide, Dünger, Wasser und schwere Landmaschinen einzusparen. Und sie könnte dafür sorgen, dass sich Bauern schon

in ein paar Jahren buchstäblich vom Acker machen. Das jedenfalls prognostizierten Senthold Asseng und Frank Asche von der University of Florida im Fachblatt *Science Robotics*. „Landwirte, die regelmäßig mit ihren Treckern auf den Feldern unterwegs sind, wird es in Zukunft kaum noch geben“, sagt Asseng. Sie würden vielmehr als Technikversther, Datenbändiger und für strategische Zielvorgaben gebraucht.

Im Szenario der beiden Agrarforscher rollen Roboter statt massiger Landmaschinen über die Felder,

jäten Unkraut oder sprühen Pestizide und holen die Ernte ein. Sensoren senden live Daten aus dem Boden, zu Temperatur, Feuchtigkeit, pH-Wert und Nährstoffgehalten. Auch Drohnen und Satelliten, die mit Kameras und Messtechnik bestückt sind, liefern Informationen zu möglichen Problemzonen auf dem Acker. „Diese Informationen könnten dann in ein zentrales System gesendet werden, das aus den Informationen Handlungsbedarf herausliest, Entscheidungsvorschläge entwickelt oder selbstständig Gegenmaßnahmen initiiert“, erklärt Asseng. Stelle eine Drohnenkamera zum Beispiel einen Schädlingsbefall fest, würde so ein System mögliche Maßnahmen und deren Kosten ermitteln, auf dieser Grundlage eine Entscheidung fällen und dann zum Beispiel einen Roboter oder eine Drohne losschicken, um die befallenen Pflanzen zu behandeln. Auch Wettervorhersagen, Markt- und Konsumprognosen könnten in die Entscheidungsprozesse einfließen. Die Technologien dafür seien größtenteils vorhanden, müssten aber noch schlau miteinander verknüpft werden.

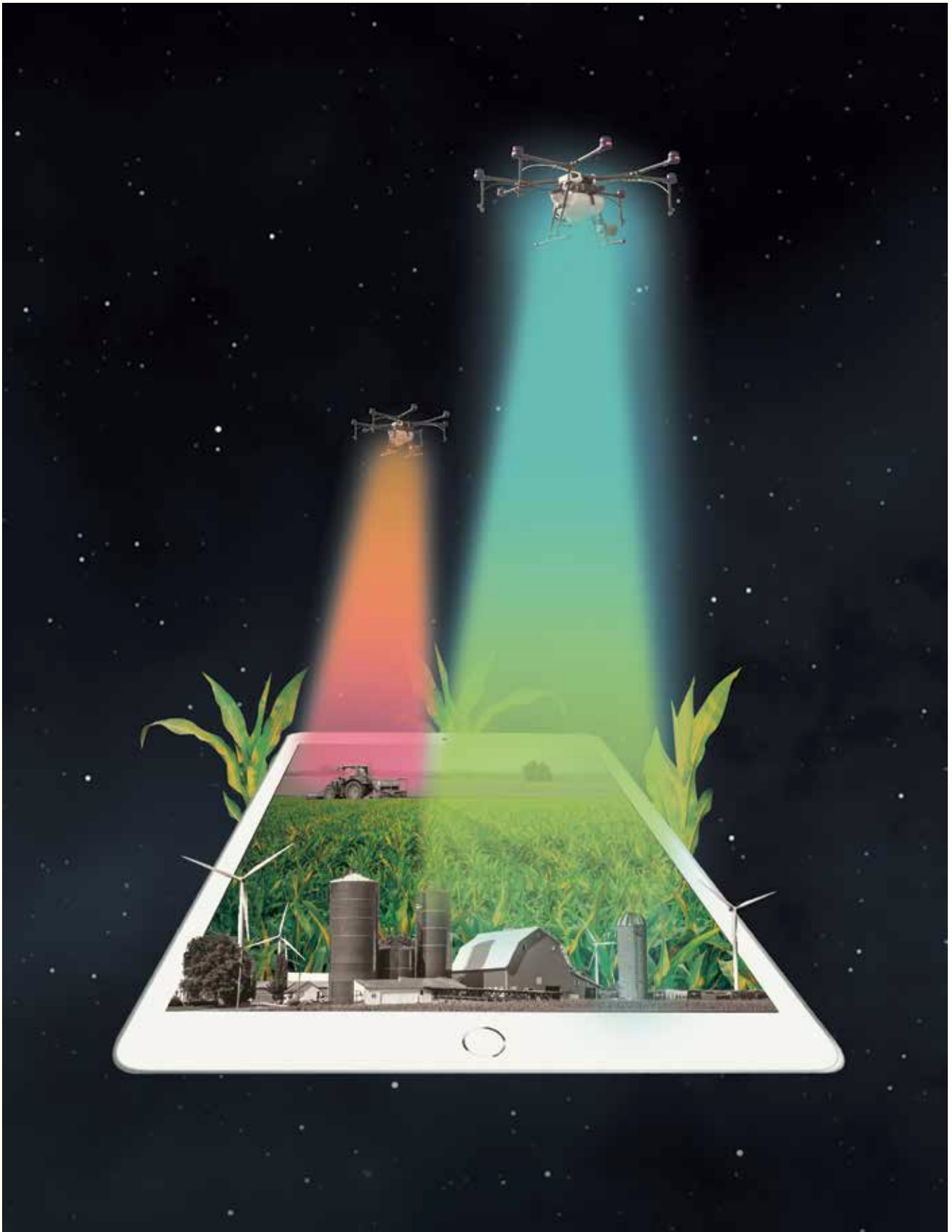
Die Systeme haben den Forschern zufolge viele Vorteile: Bodenmängel und Pflanzenstress lassen sich quadratzentimetergenau und frühzeitig erkennen und therapieren, sodass größere Ernteauffälle vermieden werden könnten. Und weil nur dort eingegriffen wird, wo es wirklich nötig ist, werden eine Menge Pestizide und Dünger eingespart, die heute in der Regel großflächig ausgebracht werden und Böden und Gewässer belasten. Möglich wäre auch, die Aussaat auf die lokal oft schwankenden Bodenbedingungen abzustimmen und verschiedene Pflanzensorten auf dem gleichen Acker anzubauen. Roboter und Drohnen punkten gegenüber den oft tonnenschweren Landmaschinen, weil sie rund um die Uhr im Einsatz sein können und den Boden schonen, was das Pflanzenwachstum fördert. Nicht zuletzt folgt aus der automatisierten Dokumentation aller Abläufe, dass nur noch schwer getrickst werden kann. „Die Lieferkette lässt sich praktisch nahtlos verfolgen, sozusagen vom Acker auf den Teller“, betont Asseng.

Dass Landwirte offenbar keine Berührungängste mit digitaler Technik haben, berichtete schon mehrfach der Branchenverband Bitkom. Demnach nutzen viele Bauern schon heute Software zum Betriebsmanagement, Melkroboter oder mit Kamera bestückte Drohnen, um über die Färbung der Felder auf lokale Mangelerscheinungen zu schließen oder Tiere vor dem Mähtod zu retten. „Einzelne Komponenten sind schon extrem gut entwickelt, aber wenn es darum geht, sie in ein IT-System einzubetten, stehen wir

WENN ZU VIELE
LEUTE IHRE
HANDYS NUTZEN,
BRICHT DIE
KOMMUNIKATION
ZWISCHEN
TRAKTOREN
ZUSAMMEN

noch komplett am Anfang“, sagt Hans Griepentrog von der Universität Hohenheim in Stuttgart. Vor allem müssten die Maschinen lernen, zu kommunizieren. Künstliche Intelligenz und Cloud-Dienste, die alle Informationen zusammenführten und daraus Handlungsempfehlungen ableiteten, gelte es zu verbessern. Dass komplett autonome Systeme zum Einsatz kommen werden, glaubt der Wissenschaftler nicht: „Das können sich vielleicht Militär und Untertagebau leisten. Für die Landwirtschaft ist das einfach zu teuer.“ Hier sei eben doch ab und zu noch ein Mensch gefordert, um zum Beispiel Roboter, die Unkraut jäten, von eingeklemmtem Blattwerk zu befreien.

Bedenken hat Griepentrog auch, weil der Datenfunk zurzeit nur mit Einschränkungen funktioniert. „In Mecklenburg-Vorpommern zum Beispiel fahren Trecker mit automatischer Lenksteuerung die Felder ab. Diese Systeme fallen regelmäßig aus, wenn mittags die Schule zu Ende ist und alle Schüler ihre Handys einschalten, weil Sprache Vorrang vor Daten hat“, berichtet er. Die Abhängigkeit vom Datenfunk sei schon allein deshalb kritisch zu bewerten, da es um die Produktion von Nahrungsmitteln gehe. Nicht umsonst ordnet das Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) die Landwirtschaft in die



Kategorie „kritische Infrastruktur“ ein, die es vor Hackerangriffen zu schützen gilt. „Auch die Frage, wem die Daten gehören, ist noch nicht geklärt“, moniert Griepentrog. Schon heute sammeln moderne Landmaschinen jede Menge betriebsspezifische Informationen, die dann auf den Servern der Hersteller landen. „Die Hersteller versprechen zwar, dass sie die Daten nicht weitergeben, aber es gibt keine rechtlichen Grundlagen, das zu prüfen oder eine Weitergabe zu sanktionieren.“

Insgesamt bewertet der Forscher die Möglichkeiten der digitalisierten Landwirtschaft aber positiv, auch weil der Einsatz von Robotern eine Abkehr von großflächigen Monokulturen und mächtigen Landmaschinen ermöglicht. „Die Flächen können wieder kleiner und durch Landschaftselemente wie Teiche, Bäume, Hecken oder Wälle unterteilt werden.“ Das steigere die Artenvielfalt und verhindere, dass immer mehr Boden buchstäblich vom Wind verweht wird. „Solche Maßnahmen werden auch von der Gesellschaft gefordert. Und unserer Einschätzung nach würden sie auch sehr gut funktionieren, ohne Ertrags einbußen“, sagt Griepentrog.

Senthold Asseng jedenfalls ist überzeugt, dass die „Landwirtschaft 4.0“ kommen wird. „Ich bekomme oft skeptische Rückmeldungen, das alles sei eine Utopie, die vielleicht in 100 Jahren Wirklichkeit wird. Ich glaube aber, dass es sehr schnell gehen kann und schon in vier bis fünf Jahren erste Betriebe einen Großteil der Techniken einsetzen werden“, sagt der Wissenschaftler.

Andrea Hoferichter ist Wissenschaftsjournalistin und schreibt für die *Süddeutsche Zeitung* und Zeitschriften wie die *Bild der Wissenschaft* und *Geo Wissen*. Außerdem arbeitet sie für den Hörfunk. Studiert hat sie Chemie und Journalismus.

„Wir sind Sklaven des Geldes“

ROBOTIK

Simon Haddadin, Mitgründer des Münchner Start-ups Franka Emika, über Deutschland und Roboter. In zehn Jahren sollte München in der Robotik das sein, was das Silicon Valley für die IT-Konzerne ist, sagt er.

Das ist kein leichtes Ziel



INTERVIEW:
ELISABETH DOSTERT

LESEDAUER: 10 MINUTEN

Simon Haddadin, 33, ist nicht allein. Im kleinen Besprechungsraum auf der Industriemesse in Hannover steht Panda, das jüngste Robotermodell des Münchner Start-ups Franka Emika. Eine Gruppe um Simon Haddadin, 33, und seinen Bruder Sami, 38, hat die Firma 2016 gegründet. Sie will Roboter herstellen, die jeder Mensch nutzen kann, intuitiv, ohne Programmierkenntnisse. Und sie sollen in Deutschland hergestellt werden.

SZ: Herr Haddadin, Ihre Mutter stammt aus Finnland, Ihr Vater aus Jordanien, Sie haben im Ausland studiert. Woher rührt eigentlich Ihr Faible für Deutschland?

Simon Haddadin: Zum Leben ist das der schönste Ort der Welt. Ich bin in Deutschland geboren und aufgewachsen. Wir genießen viele Freiheiten, die es in anderen Ländern nicht gibt. Ich lebe in München, und ich kann abends rausgehen, wann und wohin ich will. Meine Eltern haben Unfassbares geleistet in einer

schwierigen Zeit. Sie haben mir und meinen beiden Geschwistern stets vermittelt, dass uns dieses Land viel gegeben hat. Viele Leute schimpfen auf Deutschland, aber waren nie woanders. Wenn man die Welt gesehen hat und nicht nur die schönen Ecken, dann weiß man, wie schön es in Deutschland und in Europa ist. Ich bin überzeugter Europäer. Aber man darf sich nicht auf seinem Wohlstand ausruhen.

Was fehlt?

Klare Ziele.

Was wäre ein gutes Ziel für Deutschland?

Ich nenne ein Ziel für München. In zehn Jahren sollte die Stadt das für Robotik sein, was das Silicon Valley für IT-Konzerne ist.

Wie soll das gehen?

Warum funktioniert das Silicon Valley?

Erklären Sie es?

Weil es starke Universitäten gibt. Ohne Berkeley und Stanford, wo die klügsten Köpfe der Welt zusammenkommen, gäbe es das Silicon Valley nicht. Die bayerische Staatsregierung hat das Potenzial der Robotik mittlerweile erkannt und an der TU München die Munich School of Robotics and Machine Intelligence gegründet, die mein Bruder Sami leitet. Auf der Forschungsebene ist der Grundstein gelegt.

”

ES IST VIEL GELD DA,
ABER ES WIRD
FALSCH INVESTIERT.
DIE LEUTE STECKEN
IHR GELD LIEBER
IN IMMOBILIEN ALS
IN HIGHTECH

“

Was muss nun geschehen?

Start-ups müssen stärker gefördert werden. Es kann nicht sein, dass innovative Kollegen, die jahrelang ein Forschungsprojekt umgesetzt und nun ein cooles Produkt haben und sogar eine Ausgründung planen, mehr als ein Jahr mit ihrer Uni über Lizenzen verhandeln müssen. Das muss zack, zack gehen.

Woran mangelt es noch in Deutschland?

Geld. Es ist viel Geld da, aber es wird falsch investiert. Die Leute stecken ihr Geld lieber in Immobilien als in Hightech.

Gibt es noch andere Ärgernisse?

Wir haben in Deutschland große Konzerne, die historisch sehr viel geleistet haben, aber die meisten sind nicht wirklich offen. Sie übernehmen oder beteiligen sich gerne an Start-ups, um sie dann vom Markt zu nehmen. Wie viele Start-ups stammen denn aus Deutschland, die international so anerkannt werden wie derzeit Franka Emika? Unser Roboter Panda hat es im November sogar auf die Titelseite des Magazins *Time* geschafft, als eine der 50 besten Innovationen des Jahres 2018.

Zalando ist auch ziemlich bekannt!

Ist das ein Technologieunternehmen? Aus meiner Sicht ist dies eine Handelsplattform. Deutschland ist ein Technologiestandort. Seit SAP gibt es meines Wissens nach keine Technologiegründung, die international so wahrgenommen wird wie derzeit Franka Emika. Das ist schon ein Problem für Deutschland.

Mit Voith hat Franka Emika seit fast einem Jahr auch einen Konzern als Investor, und Sie haben ein Gemeinschaftsunternehmen Voith Robotics. Wie liefen die Gespräche mit Investoren? Ist Franka Emika ein Unicorn, gab es Bewertungen von mehr als einer Milliarde Dollar?

Gab es. Aber wir haben uns für Voith entschieden, weil wir ähnlich ticken. Wir sind Familienunternehmen. Wir haben mehr als 150 Gespräche geführt. Es gab Leute, die mehr geboten haben.

Was soll denn aus Franka Emika mal werden, so was wie Siemens oder MAN?

Das Apple der Robotik. Aber uns geht es nicht um Geld und schiere Größe. Wir haben nahezu 150 Mitarbeiter, für sie und ihre Familien macht man Umsatz und Gewinn. Wir haben ein klares Ziel: Wir wollen Robotik für alle möglich machen. Die Menschen in der Produktion sollen unsere Roboter wie einen Schrauber oder einen Hammer benutzen, der ihnen das Leben leichter macht. Der nächste Schritt sind die Krankenhäuser, da fehlt es an Personal, und das vorhandene

”
WIR SPRECHEN
ALLE ÜBER
DIGITALISIERUNG
UND SIND NICHT MAL
MEHR IN DER
LAGE, COMPUTER
ZU BAUEN
“

ist überlastet. Ich weiß das aus eigener Erfahrung. Ich bin Arzt und habe einige Jahre im Krankenhaus gearbeitet, um mir meinen Lebensunterhalt zu verdienen. Auf Dauer war das nichts für mich.

Warum?

Ich mochte den Umgang mit Patienten. Aber als kleines Rädchen in so einer Maschinerie kann man nichts bewegen.

Viele Menschen fürchten, dass die Roboter sie nicht nur entlasten, sondern ihnen die Arbeit wegnehmen!

In der Vergangenheit haben neue Technologien meist mehr Jobs geschaffen als gekostet. Allein in unserem Ökosystem, bei Franka Emika, in der Produktion im Allgäu, und bei Zulieferern sind mehr als 400 Arbeitsplätze in Deutschland entstanden. Darüber hinaus wurden bereits einige Tausend neue Jobs weltweit um unsere Technologie geschaffen. Im vergangenen Jahr wurde die Schließung der letzten Computefabrik Europas bekanntgegeben. Wir sprechen alle über Digitalisierung und sind nicht mal mehr in der Lage, Computer zu bauen. Das ist die Realität. Der Standort hätte erhalten werden können, wenn die Fabrik stärker automatisiert worden wäre. Wenn

ein Facharbeiter Herr über fünf oder mehr Roboter ist, lassen sich höhere Stückzahlen erreichen, und dann ist ein Hochlohnland wie Deutschland wettbewerbsfähig. Nun wird dieser Standort geschlossen, und es fallen 1500 Arbeitsplätze ersatzlos weg. Man muss den Leuten die Angst nehmen. Unsere Roboter machen ihnen das Leben leichter und entlasten sie von schweren und gefährlichen Arbeiten.

Wozu ist dann der Mensch noch da?

Sicher nicht, um acht Stunden am Tag einen Stecker in das gleiche Loch zu stecken oder andere stupide Arbeiten zu erledigen, sondern um kreativ zu sein – Mensch zu sein. Smartphones oder Textilien, beispielsweise, werden in Niedriglohnländern teilweise unter menschenunwürdigen Bedingungen hergestellt. Wozu muss jemand acht Stunden am Tag monotone Arbeiten erledigen?

Weil er das Geld braucht?

Genau: Wir sind die Sklaven des Geldes. Das kann nicht das Ziel sein. Menschen wollen kreativ sein, Roboter schaffen ihnen Freiräume.

Wie viele Stunden arbeiten Sie?

Ich arbeite gar nicht, ich mache das, was ich liebe. Ich verfolge einen Traum.

Kommen in Ihrem Traum auch die Konkurrenten vor? Wer ist Ihr schärfster?

Wir selbst. Ich habe mir auf der Hannover Messe viele Roboterhersteller angesehen. Bei den Großen habe ich wenig Neues gesehen, es gibt ein paar kleinere Firmen, die versuchen, Systeme wie das unsrige zu entwickeln. Aber unsere Technologie ist schon extrem gut, aber auch komplex.

Worin besteht denn die Komplexität?

Man sieht es ihm nicht an, aber unser Panda besteht aus mehr als 9000 Komponenten. Das Zusammenspiel von Sensorik, Elektronik und Antriebstechnologien in einem System und gleichzeitig ein irre gutes Roboterbetriebssystem, welches jeder versteht und nutzen kann, das ist die Kunst. Das Geniale ist doch, schwierige Dinge einfach zu machen. Wir sollten nicht versuchen, den großen Mächten in der IT und Big Data nachzulaufen ...

... Sie meinen Google, Amazon oder Alibaba ...

Zum Beispiel, die können wir unmöglich einholen. Sie haben eine Marktmacht, die lässt sich nicht mehr verdrängen.

Was können deutsche Firmen?

Alle reden über künstliche Intelligenz in der Produktion, aber eigentlich meinen sie Maschinenintelligenz. Man stattet Maschinen mit Sensoren und

”
 WIR LASSEN UNSERE
 ROBOTER
 IM ALLGÄU BAUEN.
 UNSERE
 ROBOTER SIND
 DURCH UND
 DURCH MADE IN
 GERMANY
 “

Algorithmik aus, damit sie die physikalische Welt erlernen und Dinge erledigen können, die sie vorher nicht konnten. Dann spricht man von maschinellem Lernen.

Ein Beispiel, bitte.

In Hannover haben wir einen Roboter gezeigt, der mit zwei Dutzend Robotern in München über LTE, den Mobilfunkstandard der 3. Generation, vernetzt ist. Alle versuchen, einen Schlüssel in ein Schloss zu stecken und tauschen sich darüber aus, welche Strategien funktionieren und welche nicht. So lernt der eine vom anderen, und am Schluss können alle Roboter den Schlüssel perfekt ins Schloss stecken. Das ist Maschinenintelligenz, basierend auf smarterer Mechatronik. Ohne die bringt die intelligenteste Software nichts. Die Maschine lernt also aus Erfahrung und entwickelt keine eigenen Ideen, denn die Maschine ist eben kein Mensch und hat auch kein Bewusstsein.

Was kostet ein Roboter?

Stand heute kostet die reine Hardware 10300 Euro. Hinzu kommen wie beim Smartphone und je nach Bedarf, Roboter-Apps. Diese variieren im Preis – von kostenlos bis einige Tausend Euro. Sie verleihen dem Roboter zusätzliche Fähigkeiten.

Warum nehmen Sie nicht mehr, wenn die doch so toll sind?

Es gibt Konkurrenten, die würden 50 000 oder 100 000 Euro nehmen. Aber wir wollen Roboter möglichst vielen Menschen und Firmen zugänglich machen. Wir bieten eine Plattform, bestehend aus Roboter, Betriebssystem, Roboter-Apps und „Franka World“, eine Cloud für Maschinenintelligenz. Diese Plattform kann der Kunde mit seinen eigenen Applikationen aufrüsten und in seine Produktion eingliedern. Große Unternehmen mit eigener Automatisierungsabteilung machen das selbst, andere suchen sich einen Partner.

Wie viele Roboter haben Sie vergangenes Jahr verkauft?

Ausgeliefert haben wir 1500.

An wen?

Erste Kunden waren Forschungseinrichtungen und Universitäten. Im Berliner Universitätsklinikum Charité zum Beispiel stehen unsere Roboter am Bett und helfen Leuten, die an einer Erkrankung des Nervensystems leiden, im Alltag. Mittlerweile findet man unsere Roboter in Schulen, weltweiten Universitäten, bei Mittelständlern und Konzernen. Amazon Web Services, Microsoft und SAP haben auch welche.

Machen Sie Gewinn?

Es geht uns gut. Vor allem, wenn man bedenkt, dass über 70 Prozent der Komponenten aus Deutschland bezogen werden, knapp 20 aus der Europäischen Union und nur rund zehn Prozent von internationalen Lieferanten. Wir lassen die Roboter sogar im Allgäu produzieren. Unsere Roboter sind durch und durch Made in Germany.

Elisabeth Dostert ist Redakteurin im Wirtschaftsressort der *Süddeutschen Zeitung*. Sie arbeitet seit mehr als 20 Jahren für die SZ.

Langweilen darf sich der Roboter

ARBEITSMODELLE

Die Software von Another Monday nimmt Büroangestellten Routinejobs ab – sie sollen sich um Spannenderes kümmern



VON
HELMUT MARTIN-JUNG

LESEDAUER: 4 MINUTEN

Hier die Adresse eintragen, unten den Rechnungsbetrag. Und natürlich ankreuzen, welcher Mehrwertsteuersatz gilt, und so weiter und so fort. Auch wenn sie inzwischen meistens digitalisiert sind: Formulare auszufüllen ist trotzdem ein ziemlich langweiliger und stupider Job. „Das ist eigentlich Roboter-Arbeit“, findet auch Hans Martens.

Martens, gebürtiger Niederländer, hat 20 Jahre in führenden Positionen bei Banken gearbeitet. Doch

nach der Bankenkrise und einem einjährigen Sabbatical beschloss er, die Branche zu wechseln. Er gründete eine Software-Firma, die Büroangestellte von der Langeweile erlösen soll. Robotic Process Automation (RPA) heißt das, was seine Firma Another Monday macht. Heißt: Die stupiden und langweiligen Jobs übernimmt ein Roboter.

Den darf man sich natürlich nicht als menschenähnliches Wesen vorstellen, das in einer Ecke des Büros sitzt und den ganzen Tag (und womöglich die

ganze Nacht) vor sich hin tippt. Die Roboter, das sind Software-Programme, die andere Software-Programme steuern. Das nämlich ist ein Problem, das viele Firmen haben: Sie sitzen auf manchmal Dutzenden sogenannter Legacy-Programme. Das ist Software, die speziell auf die Firma zugeschnitten ist, manchmal sogar speziell dafür entwickelt wurde.

Solche Programme, die oft eine zentrale Rolle für ein Unternehmen spielen, kann man nicht einfach ersetzen, sie bleiben lange im Einsatz. Die Software von Another Monday „bedient die vorhandenen Systeme, als ob sie ein Mensch wäre“. Eine wichtige Rolle spiele dabei aber die Methodik, sagt Martens, „da muss man ganzheitlich draufschauen“. Ganzheitlich, das heißt: In vielen Fällen sind die Prozesse, so wie sie in einer Firma ablaufen, nicht optimal, sondern haben sich durch Gewohnheit entwickelt. Automatisiert werden aber müsse der Soll-Prozess.

Aber hat Martens nicht ein schlechtes Gewissen? Seine Software könnte ja dazu führen, dass Jobs wegfallen. Doch das hat er bei den mehr als 1200 Software-Robotern, die mittlerweile im Einsatz sind, noch nicht beobachtet. „Die Firmen sparen viel Geld“, sagt er, „aber es gibt keine Entlassungen.“ Allenfalls holten die Firmen Arbeit von Outsourcing-Diensten zurück. Menschen zu ersetzen, ist auch gar nicht sein Ziel. Ihm geht es darum, die Menschen von gleichförmigen, langweiligen Tätigkeiten zu entlasten, damit sie sich auf spannendere Sachen konzentrieren und so dem Unternehmen helfen könnten: „Die Menschen machen den Unterschied, nicht die Roboter.“ Daher kommt übrigens auch der Name. Die Firma wolle Angestellten einen anderen, besseren Start in die Arbeitswoche ermöglichen.

Für das Ausfüllen von Formularen hat Another Monday eine eigene Technologie entwickelt. Trotzdem gibt Martens zu, dass es selten gelinge, auf 100 Prozent Automatisierung zu kommen, „wir erreichen aber oft 90 bis 95 Prozent“. Es geht aber nicht nur um Formulare, auch andere Firmenprozesse bildet die Software ab. Bei der Deutschen Telekom etwa checkt sie bei Störungsmeldungen automatisch ab, ob es aus derselben Gegend noch weitere Meldungen gibt. Denn dann könnte es sich zum Beispiel um einen Defekt an einer Hauptleitung handeln. Zumindest aber wird verhindert, dass sich mehrere Techniker in dieselbe Gegend aufmachen.

Die Telekom war der erste große Kunde in Deutschland und auch so etwas wie ein Prüfstein. Anders als in den Niederlanden, wo Another Monday schon in vielen großen Unternehmen tätig war, gelten in

DIE UMSETZUNG
IST DAS
ENTSCHEIDENDE,
NICHT
DIE SOFTWARE

Deutschland strengere Auflagen bei Datenschutz und Compliance. „Die Leute von der Telekom haben gesagt, wenn ihr es bei uns schafft, schafft ihr es überall.“

Mittlerweile hat Another Monday andere Sorgen. Die Firma möchte wachsen und um neue Mitarbeiter werben. Beispielsweise überlegt Hans Martens, eSport-Veranstaltungen zu sponsern, weil er hofft, dort auf potenzielle Bewerber zu treffen. Außerdem sucht die Firma nach Unternehmen, welche die Software von Another Monday in einer Art Franchise-System vertreiben. Im Juni, so verspricht Martens, werde es ein neues Software-Werkzeug geben, das genau das erlaubt. Wichtig sei aber auch die Umsetzung, „das ist das Entscheidende, nicht die Software“.

Martens glaubt, mit seiner Software in eine Lücke zu stoßen. Firmen wollten zwar Potenziale heben, die sich durch die Digitalisierung ergeben. Sie seien aber keineswegs so weit, schon künstliche Intelligenz einzusetzen, auch wenn das derzeit ein Schlagwort ist, das andauernd genannt wird. Doch vielen Firmen fehle dazu schlicht die nötige Masse an Trainingsdaten.

Helmut Martin-Jung wollte zuerst Musiker, dann Lehrer werden und startete schließlich bei der *Süddeutschen Zeitung* in den Traumberuf als Journalist. Er schreibt über Technik, die den Alltag prägt, und ist fasziniert von Digitalisierung und künstlicher Intelligenz.

DIE ZUKUNFT IST PINK

VERNETZUNG

Die Loh-Gruppe aus Hessen produziert in ihrem neuen Werk Schaltschränke.
Alles dort ist digitalisiert



VON
ELISABETH DOSTERT

LESEDAUER: 5 MINUTEN

Die digitale Fabrik steht in der Provinz – in Haiger in Mittelhessen. Die Firmengruppe von Friedhelm Loh sitzt dort. Das neue Werk gehört zu Rittal, dem größten Mitglied der Loh-Gruppe. Die Fabrik ist ein dunkelgrauer, fensterloser Klotz: 24 000 Quadratmeter Produktionsfläche auf zwei Etagen. Bis zu 9000 Kompakt-Schaltschränke und Kleingehäuse will Rittal dort täglich produzieren. 35 000 Tonnen Stahl wird das Werk jedes Jahr verarbeiten. 250 Millionen Euro

hat Loh in seine Smart Factory gesteckt, zu der auch ein Logistikzentrum gehört. Es ist die größte Investition in der Firmengeschichte. Mitte März, schon vor der Hannover-Messe, lud Loh zur Besichtigung ein.

In der smarten Fabrik ist alles vernetzt – die Maschinen, die Produkte und die Menschen. Die Fabrik ist nur ein Teil in einer langen digitalen Wertschöpfungskette, die beim Kunden anfängt und dort wieder aufhört. Der Kunde konfiguriert den Schaltschrank nach seinen Wünschen am Computer: Soll er aus Edel-

stahl sein oder Schwarzblech? Wo sollen die Scharniere für die Tür sitzen? Welche Farbe soll der Lack haben? Mit welchen Steuerungskomponenten soll die Montageplatte bestückt werden? Nach diesen Daten fertigt Rittal das Gerät, das dann an den Kunden geht. „Wir fahren gerade erst hoch“, sagt Werksleiter Oliver Poth. Er führt durch die Fabrik. Alles, was beweglich ist, ist in einem kräftigen Rosa lackiert, die Roboter, die fahrerlosen Transportsysteme und die Förderanlagen, an denen Gehäuseteile durch die Lackiererei baumeln. Loh regelt alles, auch die Farben des Firmenauftritts: Anthrazitgrau, Signalweiß, Power Pink, die Farbe hat sich Loh schützen lassen.

Poth läuft durch die Gänge in der neuen Fabrik, vorbei an Robotern, die Metall bearbeiten, Öffnungen stanzen und schweißen. Sie arbeiten hinter Gittern. Neben den Anlagen sitzen an kleinen Tischen Männer an Notebooks, es sind eigene Mitarbeiter und welche von Firmen, die Maschinen und Roboter für das neue Werk geliefert haben. Sie richten die Produktion ein und kontrollieren, ob die Produktion schon so läuft wie geplant. An Stehwänden hängen „Problemfortschrittstafeln“ und „Problemlöseblätter“, alles wird sorgfältig protokolliert. Bis Ende des Jahres soll das Werk voll hochgefahren sein. Es kommt nicht ohne Menschen aus, aber es braucht ein Drittel weniger als bisher für das gleiche Produktionsvolumen benötigt wurde. Etwa 300 Mitarbeiter sollen am Ende in dem neuen Werk arbeiten, sagt Werksleiter Poth.

„Industrie 4.0 ist bei Rittal keine Vision mehr, sie hat begonnen“, sagt der bei Rittal für die Produktion zuständige Geschäftsführer Carsten Röttchen. Er gerät ins Schwärmen. In dem neuen Werk sei die Integration der einzelnen Komponenten und Anlagen auf eine ganz andere Ebene gehoben worden. Es gehe darum, „Tausende von Sensoren und Hunderte von Maschinen“ über Schnittstellen optimal zu einem Konstrukt zu verbinden. „Industrie 4.0 können Sie nicht kaufen“, sagt Röttchen. „Das hier ist Pionierarbeit. Alle Prozesse, die wir jetzt schon in unseren Fabriken haben, werden im neuen Werk digital zusammengeführt.“ In dem neuen Werk produziert Rittal Schaltschränke. Es ist aber auch der Ort, an dem die Gruppe lernen will, wie die komplett vernetzte Produktion geht, wie man in vielen Terabyte von Daten die richtigen herausfiltert und nutzt, um die eigene Effizienz zu verbessern und neue Dienste zu entwickeln. „Das eine ist Daten sammeln, das andere ist Daten nutzen“, sagt Firmenchef Loh. „Man neigt dazu, zu viele Daten zu sammeln, die man gar nicht braucht. Die Fabrik ist ein Risiko. So etwas muss nicht

”
 WIR PASSEN UNS
 NICHT AN,
 WIR WOLLEN
 VORNEWEG SEIN,
 WIR WOLLEN
 ÜBERRASCHEN
 “

klappen“, sagt Loh. Das neue Werk in Haiger entstand auf der grünen Wiese. Das Werk am Standort Rittershausen wird im laufenden Betrieb digitalisiert. Insgesamt will Loh binnen drei Jahren 600 Millionen Euro investieren.

„Wir passen uns nicht an, wir wollen vorneweg sein, wir wollen überraschen“, sagt Loh. Aus seinem Mund klingt das wie ein Gebot. Im vergangenen Jahr setzte die Gruppe weltweit mit 12 000 Mitarbeitern 2,6 Milliarden Euro um. Sie liefert viel mehr als Schaltschränke oder Racks für Rechenzentren. Sie bietet komplette IT-Lösungen für Edge-Computing und Hyperscaler. Das eine ist die Verarbeitung von Daten lokal an der Anlage oder zumindest in oder nahe der Fabrik, das andere in sehr, sehr großen Rechenzentren, sogenannten Server-Farmen. Loh hat in den vergangenen Jahren immer wieder kleinere Firmen übernommen oder sich an ihnen beteiligt, um sein Angebot zu erweitern. 2016 hat sich Rittal mit 31 Prozent an dem deutschen Start-up Innovo Cloud beteiligt. Mittlerweile gehört der Anbieter von virtuellen Rechenzentren ganz zur Gruppe. Und Loh hält rund ein Drittel an der Lefdal Mine in Norwegen, dem größten europäischen Rechenzentrum in Westeuropa.

Über seine private Beteiligungsfirma Swoctem ist er mit einem Anteil von gut 25 Prozent der größte Einzelaktionär beim Stahlhändler Klöckner & Co. Loh war auch am Roboterhersteller Kuka beteiligt, verkaufte seine Anteile dann an den chinesischen Hausgerätehersteller Midea.

Lohs Vater Rudolf hat Rittal 1961 in einer ehemaligen Weberei gegründet. „Heute wären wir ein Start-up. Früher hat man einfach gesagt: Wir gründen eine Firma.“ Die Erfindungen würde man heute vielleicht disruptiv nennen, weil sie einen alten Markt aufbrachen. Rudolf Loh erfand den standardisierten Schaltschrank, vielmehr seine Kunden. „Jeder, der zu uns nach Hause kam, wurde gefragt: Hast du eine Idee“, erzählt Friedhelm Loh. „Die Produkte, die wir haben, sind die Erfindungen unserer Kunden, weil wir Fragen gestellt haben. Wir sind permanent auf der Suche nach Neuem.“

Elisabeth Dostert ist Redakteurin im Wirtschaftsressort der *Süddeutschen Zeitung*. Sie arbeitet seit mehr als 20 Jahren für die SZ.

SZ Langstrecke

Das **Best-of-Magazin** der Süddeutschen Zeitung, mit 180 Seiten Reportagen, Essays und Interviews.



|
*Großer
Schwerpunkt:
Die Ära Merkel*
|

Jetzt im Handel oder hier bestellen:

sz.de/langstrecke-2021  **089 / 21 83 10 00** 

Süddeutsche Zeitung



Bild: © IQM Germany GmbH, Isabelle Faggianelli, Ingenieurin bei IQM Quantum Computers

Braucht mein Unternehmen Quanten-Computing?

Sie schaffen in Millisekunden, wofür bisherige Rechner Jahre brauchen: Die Quantum-Computing Revolution kommt schneller als viele ahnen. Lesen Sie auf [sz.de](https://www.sz.de), warum Unternehmen jetzt einsteigen müssen.



Jetzt informieren auf [sz.de/atos](https://www.sz.de/atos)