



FORSCHUNGFRANKFURT

Das Wissenschaftsmagazin der Goethe-Universität

Klimakrise

2.2020

DIE LUFT DER GANZEN WELT

Wie tot geglaubte Treibhausgase entlarvt werden

INVASION DER PARASITEN

Sind Tropenkrankheiten auf dem Vormarsch?

DIE BESSERE GESCHICHTE

Mit Wissenschaftskommunikation gegen Verschwörungstheorien

UMWELTBEWUSSTSEIN LERNEN?

Was Bildung zum nachhaltigen Handeln beitragen kann

HEISSES FRANKFURT

Wie sich der Klimawandel in der Stadt messen läßt

PACKEN WIR'S ODER NICHT?

Standpunkt: Klimawandel kontrovers



Foto: Uwe Dettmar



FREUNDE
DER UNIVERSITÄT

«Weil für mich Bildung, Geist
und Freundschaft eng
zusammenhängen, engagiere
ich mich bei den Freunden
der Johann Wolfgang
Goethe-Universität.»

PROF. DR. JOHANNES ADOLFF

MITGLIED IM VORSTAND
DER FREUNDESVEREINIGUNG

Freunde kann man nie genug haben. Machen Sie mit!

VEREINIGUNG VON FREUNDEN UND FÖRDERERN
DER JOHANN WOLFGANG GOETHE-UNIVERSITÄT
FRANKFURT AM MAIN E.V.

THEODOR-W.-ADORNO-PLATZ 1, 60629 FRANKFURT AM MAIN

www.vff.uni-frankfurt.de

Beitrittserklärung

Ich möchte Mitglied werden und die Freunde und Förderer der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main e.V. unterstützen.

PRIVATE MITGLIEDSCHAFT (Jahresbeitrag)

- 70 EURO ALS FREUND
- 200 EURO ALS FÖRDERER
- 500 EURO ALS DONATOR
- _____ EURO JÄHRLICHE ZUSATZSPENDE

FIRMENMITGLIEDSCHAFT (Jahresbeitrag)

- 500 EURO ALS FIRMENMITGLIED
- 900 EURO ALS FIRMENMITGLIED (FÖRDERND)
- _____ EURO JÄHRLICHE ZUSATZSPENDE

Einwilligung in die Datennutzung zu weiteren Zwecken:

Ich erkläre mich durch meine Unterschrift damit einverstanden, dass meine Daten zu Vereinszwecken gespeichert und verarbeitet werden. Ich stimme ebenfalls zu, dass ich von der Vereinigung von Freunden und Förderern und der Goethe-Universität zu Vereinszwecken postalisch und per E-Mail kontaktiert werde. Rechte: Ich kann jederzeit ohne Angabe von Gründen von meinem Widerspruchsrecht Gebrauch machen und die erteilte Einwilligungserklärung mit Wirkung für die Zukunft abändern oder gänzlich widerrufen. Ich bin jederzeit berechtigt, gegenüber dem Verein um umfangreiche Auskunftserteilung zu den zu meiner Person gespeicherten Daten zu ersuchen.

Einzugsermächtigung

Bitte buchen Sie den Jahresbeitrag von meinem Konto ab.

NAME, VORNAME

E-MAIL

ADRESSE (STRASSE)

ADRESSE (PLZ, ORT)

BANKINSTITUT

IBAN BIC/SWIFT-CODE

DATUM UNTERSCHRIFT

AUS DER REDAKTION



Liebe Leserinnen, liebe Leser,

Deutschland wird im ablaufenden Jahr nur 35 Prozent weniger CO₂ emittieren im Vergleich zu 1990 statt wie anvisiert 40 Prozent – und das trotz der wegen Corona stark reduzierten Mobilität und der gedrosselten Wirtschaft. Auch die Klimaschutzstrategien vieler großer Unternehmen, etwa derer, die dem »Klimaversprechen« (CO₂-Neutralität bis 2040) von Amazon beigetreten sind oder die sich – wie zum Beispiel die Unternehmen Bosch und Siemens – noch ehrgeizigere Ziele setzen, laufen vor allem auf rechnerische Klimaneutralität hinaus: Was die Unternehmen nicht einsparen können, wird an anderer Stelle kompensiert, zum Beispiel durch die Förderung CO₂-einsparender Projekte im globalen Süden. Derlei Initiativen bringen uns wohl nicht wesentlich weiter auf dem Weg zur Klimaneutralität, sie gehen eher auf das Konto von Marketing und Imagepflege. Dennoch sind sie ein erster Schritt.

Einen ersten Schritt können wir »einfachen Bürger« auch schon gehen, so haben wir in der Vorbereitung dieses Magazins zum Schwerpunktthema Klimakrise überlegt. Sollen die katastrophalen Auswirkungen abgemildert werden, muss die Menschheit auf allen Ebenen einlenken: auf der Ebene der Weltgemeinschaft, der Staaten, der Kommunen; aber auch jedes Unternehmen, jeder Betrieb, jede Institution muss danach streben, CO₂-neutral zu werden – aber auch jeder einzelne Bürger. Also haben wir Heiz- und Stromrechnungen herausgesucht, Auto- und Bahnkilometer zusammengerechnet und mit Online-Rechnern des Umweltbundesamts den CO₂-Fußabdruck unserer Familien ausgerechnet: Pro Familie waren es 9 bis 12 Tonnen CO₂ mehr als die maximal eine Tonne pro Person, auf die wir kommen müssten, um die Ziele der Pariser Klimakonferenz zu erreichen. Daher haben wir

kompensiert und Klimaschutzagenturen dafür bezahlt, unter anderem die Anschaffung von Energiesparherden in Afrika und die Wiedervernässung von Mooren in Deutschland zu fördern. Das ist aber nur ein erster Schritt. Wir müssen auch unser Verhalten ändern, so dass gar nicht erst so viel CO₂ entsteht: indem wir mehr Rad fahren, weniger fliegen, weniger konsumieren. Das ist schon schwieriger.

Der menschengemachte Klimawandel ist in der Wissenschaft unumstritten, die Fakten liegen auf dem Tisch: Die Folgen der Klimakrise für Menschen, Gesellschaften und Ökosysteme werden tiefgreifend sein und sind es bereits, wie Forscherinnen und Forscher der Goethe-Universität in ihren Beiträgen erläutern. Andere Beiträge in dieser Ausgabe zeigen Möglichkeiten auf, wie wir den Klimawandel verlangsamten und uns an die veränderten Lebensumstände anpassen können. Doch warum fällt uns das Umdenken so schwer? Darüber schreiben die Psychologin Dr. Jeannette Schmid und die Soziologin Prof. Birgit Blättel-Mink in diesem Heft. Ob wir das 1,5-Grad-Ziel von Paris schaffen werden oder nicht, dazu gibt es auch vonseiten der Wissenschaft keine einheitliche Meinung – wie die »Standpunkte« unserer beiden Experten Prof. Volker Mosbrugger und Prof. Joachim Curtius am Ende dieses Hefts deutlich machen. Auf alle Fälle wird die Forschung an der Goethe-Universität ihren Beitrag leisten, denn das, so auch Unipräsidentin Prof. Dr. Birgitta Wolff im Interview, ist letztlich ihr Markenkern.

Eine beunruhigende Lektüre mit Hoffnungsschimmer wünschen Ihnen daher

Anke Sauter und Markus Bernards
Redaktion Forschung Frankfurt

INHALT



10

GRÜNE ARKTIS

Schon früher gab es in der Erdgeschichte geologische Warmzeiten. Sie können heutigen Klimamodellen als Testmodell dienen – und Paläoklimatologen wie Wolfgang Müller helfen, den Blick in unsere Klimazukunft zu schärfen.



21

SPEZIALISTEN VERLIEREN

Artenforscher Matthias Schleuning untersucht, wie Pflanzen und Tiere in komplexen Ökosystemen voneinander abhängen. So kann er Prognosen formulieren, wer zu den Gewinnern und den Verlierern des Artensterbens zählen wird.



48

WASSER ALS WAFFE

Wer die Wasserversorgung kontrolliert, kann Macht ausüben. Den Zusammenhang zwischen Gewalt, Ressourcenknappheit und Klimawandel untersucht die Konflikt- und Friedensforscherin Christina Kohler.

WAS DIE ATMOSPHÄRE BEEINFLUSST

- 5 **Erderwärmung: Erst Verheißung, dann Bedrohung**
Von der Erforschung des Treibhauseffekts bis zum Pariser Klimaabkommen
von Markus Bernards
- 10 **Als die Arktis tropisch war**
Was wir aus vergangenen Warmzeiten lernen können
von Anne Hardy
- 15 **Tot geglaubte Treibhausgase**
Spurensuche in der Atmosphäre
von Jan Schwenkenbecher

LEBEN IM KLIMAWANDEL

- 21 **Anpassen oder Aussterben: Artenvielfalt im Klimawandel**
Wie Pflanzen und Tiere aufeinander angewiesen sind
von Markus Bernards

- 24 **Der Wald der Zukunft ...**
... braucht andere Bäume. Welche, versuchen Forscher herauszufinden
von Jan Schwenkenbecher
- 29 **Invasion der Parasiten**
Tropenkrankheiten
von Heinz Hänel
- 30 **»West-Nil-Fieber, Hantavirus-Infektionen und Leishmaniose werden bald in Mitteleuropa eine große Rolle spielen«**
Interview mit Sven Klimpel
von Markus Bernards
- 34 **Quell des Lebens**
Wie der Klimawandel die globalen Grundwasserstände ändert
von Tim Schröder

MENSCH UND KLIMAKRISE

- 39 **Das Ende eines einmalig schönen, ruhigen Frühlingstages**
Für den politischen Philosophen Darrel Moellendorf ist Klimapolitik eine Frage der globalen Gerechtigkeit
von Rolf Wiggershaus
- 43 **Mit spitzer Feder**
- 44 **Ich konsumiere, also bin ich**
Warum nachhaltiges Konsumverhalten so schwierig ist
von Birgit Blättel-Mink
- 48 **Wasser als Waffe**
Durch den Klimawandel werden perfide Formen der Machtausübung noch wirksamer und schädlicher
von Christina Kohler
- 52 **»Als sei die Erde ein für allemal Erde«**
Wie die deutschsprachige Literatur vom Zeitalter der Großen Beschleunigung erzählt
von Bernhard Malkmus



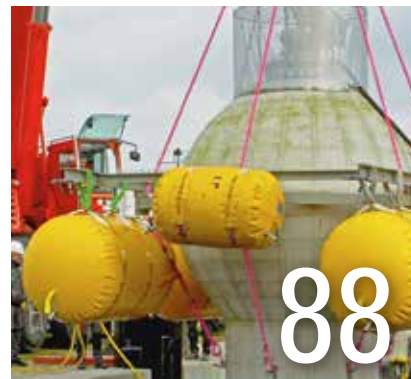
DER ÖKOLOGISCHE SCHWEINEHUND

Immer Rad fahren, niemals fliegen, weniger Fleisch essen – wir wissen ganz genau, wie wir uns klimafreundlicher verhalten können. Warum wir es trotzdem oft nicht tun, erklärt die Frankfurter Sozialpsychologin Jeannette Schmid.



ALLES IM GRÜNEN BEREICH?

Der Grüne Anleihenmarkt boomt. Doch wie glaubwürdig sind explizit klimafreundliche Anleihen wirklich? Können Anleger sicher sein, nicht doch ungewollt beim »Greenwashing« Beihilfe zu leisten? Eine Analyse von Julia Kapraun.



STROMDEPOT IM SEE

Ohne Kurzzeitspeicher für Sonnen- und Windstrom kann die Energiewende nicht funktionieren. Der Physiker Horst Schmidt-Böcking hat die Idee, für Ökostrom Unterwasser-Pumpspeicherkraftwerke zu bauen.

57 Blick zurück aus der Zukunft

Stückentwicklung am Schauspiel Frankfurt

58 »Verschwörungstheoretiker haben die besseren Geschichten«

Stephanie Dreyfürst plädiert für eine bessere Wissenschaftskommunikation
von Anke Sauter

VOM WISSEN ZUM HANDELN

61 Das lange Ringen

Ein kurzer Abriss des (nicht wirklich erfolgreichen) Zusammenspiels von Forschung und Politik bei der Bekämpfung des Klimawandels
von Birgit Blättel-Mink

65 Der ökologische Schweinehund

Warum es so schwierig ist, sich von alten Gewohnheiten zu verabschieden
von Jeannette Schmid

68 (Un)glaubwürdig grün?

Wie Anleger im boomenden Markt für Grüne Anleihen nach Orientierung suchen
von Pia Barth

74 Kann Pädagogik Waldbrände verhindern?

Zwischen Zurichtung und Mündigkeit: Bildung im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung
von Helge Kminek

HANDELN FÜRS KLIMA

79 Mailändische Verhältnisse

Wie sich der Klimawandel in Frankfurt am Main bemerkbar macht und was die Stadt dagegen tun kann
von Stephan M. Hübner

83 BEWEGGründe

Mobilität klimafreundlich verändern ohne Verzicht
von Anja Störiko

88 Unterwasser-Batterie im Tagebausee

Innovativer Zwischenspeicher für Sonnen- und Windstrom
von Anne Hardy

94 Fusionsenergie: Sonnenfeuer auf der Erde

Die Vision vom sauberen, unerschöpflichen Strom
von Dirk Eidemüller

99 Wie die EU-Agrarpolitik zum Klimaschutz beitragen könnte


von Heike Nitsch und Jörg Schramek

104 »Unser Hebel ist die Forschung«

Universitätspräsidentin Prof. Dr. Birgitta Wolff über die wachsende Bedeutung von Nachhaltigkeitsforschung

106 Standpunkt: Packen wir's oder nicht?

108 Aktuelles aus der Wissenschaft
112 Impressum/Abbildungsnachweis
113 Vorschau

An aerial photograph of a terraced vineyard in a mountainous region. The vineyard is the central focus, showing rows of grapevines on terraced hillsides. The surrounding landscape is rugged and forested, with a winding river visible in the upper left. The image is overlaid with a dark blue circular graphic at the bottom, which contains the title text.

WAS DIE ATMOSPHERE BEEINFLUSST

Erderwärmung: erst Verheißung, dann Bedrohung

Von der Erforschung des Treibhauseffekts bis zum Pariser Klimaabkommen

von Markus Bernards

Knapp 200 Jahre vergingen zwischen der Entdeckung des Treibhauseffekts bis zu den heutigen Klimamodellen. Ein Streifzug durch die Geschichte der Klimawandelforschung, die sich schließlich in der Weltpolitik Gehör verschaffte.

Ohne Treibhausgase wäre es auf unserem Planeten bitterkalt. Leben wäre nahezu unmöglich bei mittleren Temperaturen von minus 18 Grad Celsius. Dass wir unser mildes Klima, bei dem der Großteil des Wassers flüssig ist, dem Treibhauseffekt verdanken, kam als Erstem dem französischen Mathematiker Jean Baptiste Joseph Fourier in den Sinn. Er machte sich 1824 darüber Gedanken, wie unsere Erde mit durchschnittlich 14 Grad Celsius so angenehm temperiert sein kann, wo doch die Sonne nur aus so ungeheuer großer Entfernung ihre wärmenden Strahlen auf die Erde schickt. Rund 70 Jahre später stellte der Chemiker und spätere Nobelpreisträger Svante Arrhenius aus Schweden eine Theorie vor, der zufolge der Treibhauseffekt durch das Gas Kohlendioxid (CO₂) hervorgerufen werde. CO₂ lasse zwar das kurzwellige Sonnenlicht durch die Atmosphäre, absorbiere aber das von der erwärmten Erde zurückgeworfene langwellige Infrarotlicht. Damit führe CO₂ zur Aufheizung der Atmosphäre. Auch verstärkte Wasserdampf, so Arrhenius, den Effekt des Kohlendioxids. Heute ist die damals nur in engen Fachkreisen diskutierte Theorie bestätigt, und bestätigt hat sich auch, was Svante Arrhenius voraussagte für den ungebremsten Verbrauch von Kohle, Öl und Gas: dass nämlich die steigende CO₂-Menge in der Atmosphäre zu einer deutlichen Temperaturerhöhung führen werde. Falsch lag er aller-

dings mit seiner Schlussfolgerung, denn er sah die Temperaturerhöhung sehr positiv: »Der Anstieg des CO₂ in der Atmosphäre wird zukünftigen Menschen erlauben, unter einem wärmeren Himmel zu leben.«

Heute ist der angenehme »wärmere Himmel« bedrohlichen Szenarien der globalen Erwärmung gewichen. 2018 listet der fünfte Sachstandsbericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaveränderungen (Weltklimarat IPCC) in seiner Zusammenfassung weltweiter Forschungsergebnisse die Vorhersagen für eine weitere Erderwärmung auf: Mit steigendem Meeresspiegel werden Küstenstädte und Inseln versinken, Dürren in vielen Regionen die Ernten mindern und das Wasser knapp werden lassen, andernorts oder zu anderen Zeiten werden Starkregenfälle das Land überfluten, dazu wird es Wald- und Flächenbrände und immer heftigere tropische Stürme geben. Den Grund nennt der Atmosphärenforscher Joachim Curtius von der Goethe-Universität: »Die Treibhausgas-Konzentrationen in der Atmosphäre ändern sich so schnell, dass sich auch das Klima schnell ändert und sich weder Ökosysteme noch der Mensch so schnell anpassen können.«

1979: Erste Weltklimakonferenz in Genf

CO₂ kommt in unserer Luft zwar nur zu 0,04 Prozent vor – bei 78 Prozent Stickstoff, 21 Prozent Sauerstoff und einem knappen Prozent des

Der am stärksten entwaldete Teil Amazoniens ist der brasilianische Bundesstaat Rondônia an der Grenze zu Bolivien. Regenwaldrodungen sind nach dem Verbrennen fossiler Rohstoffe die zweitgrößte Quelle für CO₂ und bedrohen zudem die Biodiversität.

Edelgases Argon –, ist aber der Haupttreiber des Klimawandels. Bis sich diese Erkenntnis durchsetzte, vergingen nach Arrhenius' Berechnungen noch mehrere Jahrzehnte. 1938, kurz vor Ausbruch des Zweiten Weltkriegs, berechnete der britische Chemiker Guy Callendar, dass es in den 50 Jahren zuvor einen globalen Temperaturanstieg gab und dass dieser mit dem CO₂-Anstieg korreliert. Seinen wissenschaftlichen Aufsatz las in Deutschland der Klimatologe Hermann Flohn und war so tief beeindruckt davon, dass er sich in seiner Habilitation drei Jahre

World Meteorological Organisation der Vereinten Nationen acht Jahre später zur ersten Weltklimakonferenz nach Genf, die das internationale Weltklima-Forschungsprogramm in Gang setzte. In den USA, Frankreich und Russland starteten intensive Arbeiten, in Deutschland allerdings fanden sich auch drei Jahre später noch kaum Forschungsgelder für das Thema – der Transrapid sei dem Forschungsminister wichtiger, bemerkte Flohn 1982 bissig in der Sonderausgabe »Wetter« der Zeitschrift Geo. In den folgenden Jahrzehnten gewann das Thema



darauf mit der Möglichkeit eines menschengemachten (anthropogenen) Klimawandels auseinandersetzte. Später wurde Flohn zum wissenschaftlichen Vorreiter des Themas in Deutschland. Er war 1971 bei einer internationalen Konferenz auf einer Insel vor Stockholm dabei,

wo rund 60 Fachleute aus 20 Ländern den anthropogenen Klimawandel sehr kontrovers diskutierten. Hermann Flohn sagte später über diese Konferenz: »Wir waren alle der Überzeugung, dass wir diesem Problem unbedingt nachgehen mussten, dass es aber völlig verfrüht sei, darüber etwas zu sagen.«

Doch die Ergebnisse der dreiwöchigen Klausurtagung fanden in Fachkreisen ein breites Echo, und so lud die

allerdings auch in den deutschen Forschungsetats langsam an Priorität.

Als 1988 der Weltklimarat IPCC gegründet wurde, waren die Klimamodelle schon so ausgereift, dass der IPCC seinen ersten Sachstandsbericht 1990 mit den Worten begann: »Wir sind sicher, dass durch menschliche Aktivitäten verursachte Emissionen substanziell die Konzentrationen der Treibhausgase CO₂, Methan, Fluor-Chlor-Kohlenwasserstoffe [FCKW] und Stickoxide in der Atmosphäre erhöhen. Diese Erhöhungen werden den Treibhauseffekt verstärken und im Durchschnitt die Erdoberfläche weiter erwärmen.« Die Wissenschaftler sagten damals voraus, was wir heute nachmessen können: Den Anstieg der globalen Durchschnittstemperatur um rund 0,2 Grad Celsius pro Jahrzehnt. Nur bei der Abschätzung, wie schnell konkrete Folgen eintreffen würden, lehnten sie sich zu weit aus dem Fenster. 2014 legte daher der »Cicero« den Finger in die Wunde und titelte: »An der Realität vorbeiprognostiziert«, weil die 1990 vorhergesagten 50 Millionen Klimaflüchtlinge sich nicht auf den Weg gemacht hat-

AUF DEN PUNKT GEBRACHT

- Natürliche Treibhausgase haben das Leben auf der Erde ermöglicht.
- Vor allem durch die Freisetzung von CO₂ aus fossilen Ressourcen steigt die Temperatur schneller, als es die Ökosysteme der Erde verkraften.
- Um den Klimawandel auf 1,5 Grad Celsius zu begrenzen, müssen die weltweiten Emissionen innerhalb weniger Jahre drastisch reduziert werden.

ten, das Artensterben überwiegend nicht dem Klimawandel zugeordnet werden konnte und der IPCC die berechneten wirtschaftlichen Einbußen infolge des Klimawandels nach unten korrigieren musste. Die Ereignisse der folgenden Jahre allerdings zeichnen ein anderes Bild: Die trockenen und heißen Sommer 2018 und 2019 und die Waldbrände der vergangenen Jahre haben weltweit nicht nur ökologische, sondern auch große wirtschaftliche Schäden angerichtet. Rückversicherer zählen den Klimawandel nicht nur infolge vermehrter Wald-

hauseffekt gibt und dass wir bei zwei, drei oder vier Grad Erwärmung einen vollkommen anderen Planeten haben werden, daran gibt es keinen Grund zu zweifeln.«

Wenn Permafrostböden auftauen, könnte das einer der Kipppunkte des Klimawandels sein, wo eine kleine Temperaturänderung um durchschnittlich ein halbes Grad große Folgen nach sich zieht, in diesem Fall eine plötzliche Freisetzung großer Mengen an Treibhausgasen. Ein anderer Kipppunkt steht womöglich unmittelbar bevor: das Korallensterben. Sichtbar wird



brände, sondern auch durch Ernteausfälle, Starkregen und Stürme zu den drei größten Geschäftsrisiken. Und 2019 schätzte der Weltbiodiversitätsrat IPBES, dass eine Million Arten vom Aussterben bedroht sind. Die vermehrte Landnutzung ist die Hauptursache, wird jedoch vom Klimawandel verstärkt.

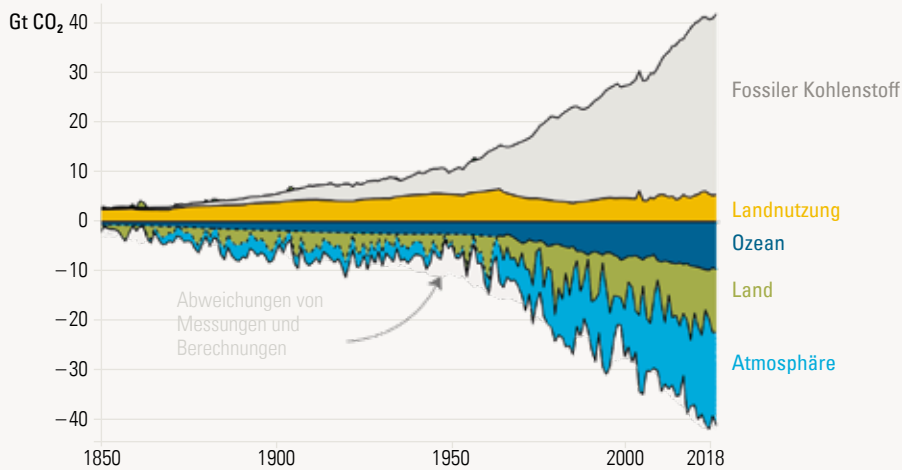
Korallen: Wenn Ökosysteme kippen

Gleichwohl sind Modelle, die Vorhersagen über die Auswirkungen des Klimawandels machen, sehr schwierig, weiß auch Joachim Curtius: »Bestimmte Rückkopplungen sind noch nicht so gut beschrieben, wie wir sie gerne beschreiben würden. Zum Beispiel wissen wir nicht, wie viel CO₂ und Methan aus auftauenden Permafrostböden freigesetzt würde. Auch darüber, ob und wie sich beispielsweise die Zugbahnen von Tiefdruckgebieten verändern, oder ob blockierende Hochdruckgebiete über Europa häufiger werden, wüssten wir gerne noch viel mehr.« Gleichzeitig ist er sich aber sicher: »Die grundsätzliche Physik haben wir sehr, sehr gut verstanden. Dass es also überhaupt einen Treib-

dieses Sterben als Korallenbleiche, bei der die Korallenpolypen die einzelligen Algen ausstoßen, mit denen sie leben, weil die Algen bei zu hohen Wassertemperaturen Giftstoffe produzieren. Eine kurze Zeit kommen die Korallen ohne ihre Algen-Partner aus. Wenn sich das Wasser dann nicht abkühlt, sterben sie ab. 2020 wurde so ein Viertel des Great Barrier Reef vor Australien schwer geschädigt, es war nach 2016 und 2017 die dritte Korallenbleiche dieses größten Korallenriffs der Erde innerhalb weniger Jahre. Ob die Wissenschaftler des Hawai'i Institute of Marine Biology der University of Hawai'i mit ihren Versuchen, wärmeresistente Korallen zu züchten, schneller als die weiterhin steigenden Temperaturen sind, ist fraglich. Denn »wir haben bereits fünfzig Prozent der Korallenriffe der Erde verloren«, sagt die Institutsdirektorin Ruth Gates. Die Korallenriffe, wegen ihrer Artenvielfalt auch »Regenwälder des Meeres« genannt, werden nicht nur durch lange Perioden mit höheren Wassertemperaturen – ein bis zwei Grad reichen schon aus – bedroht. Auch häufigere Stürme und die Versauerung der Ozeane

Die Erderwärmung zeigt sich eindrucksvoll am Rückzug der Gletscher: Der Pedersen Gletscher in Alaska hat sich zwischen 1940 (linkes Bild) und 2005 um zwei Kilometer von der Aialik-Bucht zurückgezogen. Die einstige Lagune ist mit Sedimenten gefüllt und mit Gras und Büschen bewachsen.

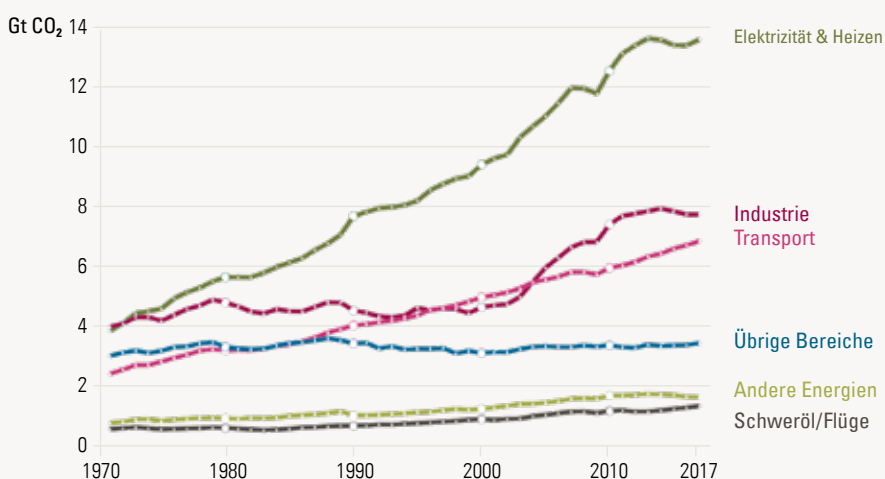
Die CO₂-Balance



Quelle: CDIAC; NOAA-ESRL; Houghton and Nassikas 2017; Hansis et al 2015; Joos et al 2013; Khatiwala et al. 2013; DeVries 2014; Friedlingstein et al 2019; Global Carbon Budget 2019.

Fossile Brennstoffe und veränderte Landnutzung – hauptsächlich die Rodung der Regenwälder – haben die jährlichen CO₂-Emissionen zwischen 1850 und 2018 bis auf knapp 40 Gigatonnen ansteigen lassen (oberhalb der Null-Linie). Nicht alle Emissionen bleiben in der Atmosphäre: Ozeane nehmen CO₂ auf. Der größte Teil wird als Kohlensäure gelöst und trägt zur Versauerung bei. An Land wird CO₂ durch Wälder, Moore, Humus, Grasland und bei der Gesteinsverwitterung gebildeten Kalk gespeichert.

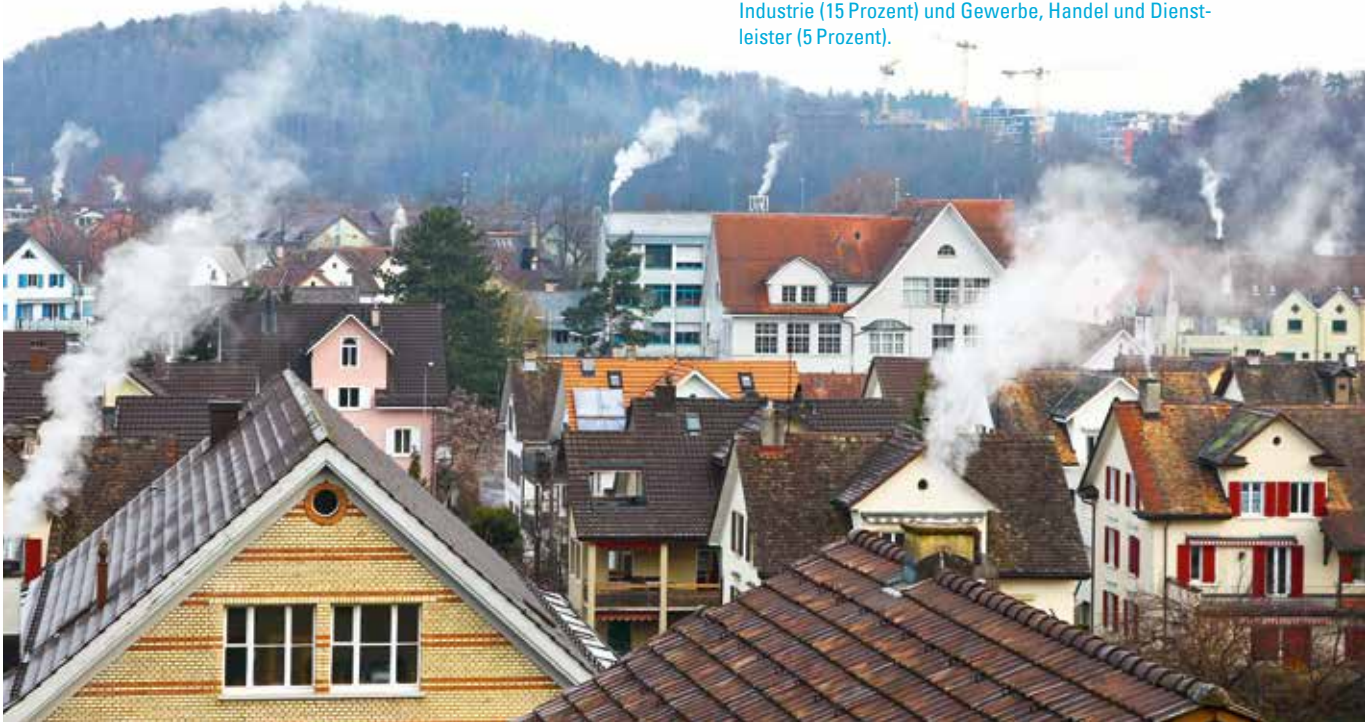
CO₂-Emissionen aus fossilen Energien nach Bereichen



Quelle: IEA 2019; Peters et al 2019; Global Carbon Budget 2019.

CO₂-Emissionen aus fossilen Brennstoffen werden laut Global Carbon Project 2017 weltweit zu 45 Prozent für Elektrizität und Heizen erzeugt, zu 23 Prozent von der Industrie, zu 19 Prozent durch nationalen Verkehr und zu 3,5 Prozent durch den internationalen Flugverkehr und den Schwerölverbrauch von Schiffen. Die übrigen Bereiche machen knapp 10 Prozent aus.

85 Prozent der 720 Millionen Tonnen Treibhausgase, mit denen Deutschland 2018 die Atmosphäre aufheizte, entstanden laut Umweltbundesamt bei der Erzeugung von Energie. Die Hälfte davon entfiel auf Strom- und Wärmeproduktion, gefolgt von Verkehr (20 Prozent), Industrie (15 Prozent) und Gewerbe, Handel und Dienstleister (5 Prozent).



setzen ihnen zu, da sich CO₂ im Wasser als Kohlensäure löst.

Die Reaktion der Politik

Auf der Agenda der Weltpolitik steht der Klimawandel seit 30 Jahren. Den Aufschlag machte die UN-Konferenz in Rio de Janeiro 1992, wo die Weltgemeinschaft einen Paradigmenwechsel vollzog: Umweltschutz wurde als gleichwertiges Ziel neben die Armutsbekämpfung und die soziale Gerechtigkeit gesetzt. Freiwillig wollten die Staaten Treibhausgas-Emissionen reduzieren. Im Kyoto-Protokoll 1997 verpflichteten sich dann alle Industrieländer bis auf die USA, die jährlichen Treibhausgas-Emissionen auf mindestens fünf Prozent unter die Werte von 1990 zu senken. Viele Jahre und etliche Konferenzen lang ging es nicht weiter, bis sich die Staatengemeinschaft 2015 im Pariser Abkommen darauf einigte, die Erderwärmung auf unter 2 Grad Celsius zu halten und möglichst auf 1,5 Grad Celsius zu begrenzen.

Um dieses Ziel zu erreichen, darf die Menschheit, so haben Klimaforscher ausgerechnet, nicht mehr als weitere 700 Gigatonnen CO₂ ausstoßen. Das ist angesichts der jährlichen Emissionen von 35 Gigatonnen CO₂ über die Verbrennung fossiler Brennstoffe und die Zementherstellung nicht allzu viel, zumal die konkreten Reduktionsziele des Pariser Abkommens nicht ausreichen werden. Joachim Curtius:

»Wenn alle Staaten ihre Selbstverpflichtungen von Paris vollständig einhalten, landen wir immer noch bei etwa 3 Grad Erwärmung im Jahr 2100 und damit bei deutlich mehr, als die Erde verkraften kann. Wir haben ein extremes Zeitproblem: 1,5 Grad Erwärmung sind bei den jetzigen Emissionstrends bereits 2040 erreicht.«

Es ist also höchste Zeit für drastische Reduktionen des weltweiten CO₂-Ausstoßes. Die Vereinten Nationen haben im November 2020 daher zum »Race to Zero [Emissions]« aufgerufen. Auch Joachim Curtius von der Goethe-Universität beteiligt sich als »Scientist for Future« am Warnruf der Wissenschaft an die Weltgemeinschaft: »Bei der Klimakrise sehe ich die Gefahr, dass wir wegen der großen Zeitverzögerung, mit der das Klima auf die Treibhausgas-einträge reagiert, die Folgen erst zu spät am eigenen Leib erfahren. Eine unter vielen Herausforderungen ist es, Staaten und große Unternehmen davon zu überzeugen, Kohle, Erdöl und Gas nicht weiter zu fördern. Die 700 Gigatonnen sind viel, viel weniger, als die geschätzten Rohstoffvorkommen an CO₂ freisetzen würden. Deshalb müssen wir es schaffen, Staaten und Unternehmen davon zu überzeugen, die fossilen Energiereserven im Boden zu lassen.« ●

Zur Person

Prof. Dr. Joachim Curtius ist Professor für Experimentelle Atmosphärenforschung am Institut für Atmosphäre und Umwelt der Goethe-Universität. Auf Seite 107 erklärt er, warum er glaubt, dass wir das 1,5-Grad-Ziel der Pariser Klimakonferenz noch erreichen können.

curtius@ia.uni-frankfurt.de



Der Autor

Dr. Markus Bernards, Jahrgang 1968, ist Molekularbiologe, Wissenschaftsjournalist und Redakteur von Forschung Frankfurt.

bernards@em.uni-frankfurt.de

Als die Arktis tropisch war

Was wir aus vergangenen Warmzeiten lernen können

von Anne Hardy

Schon zu früheren Zeiten in der Erdgeschichte gab es Warmzeiten durch starke Treibhauseffekte, mit tropischen Temperaturen in weiten Teilen der Erde, hohem Meeresspiegel und massivem Artensterben. Das belegen Daten aus der Paläoklimatologie. Wenn man heutige Klimamodelle auf solche geologischen Warmzeiten anwendet, kann man sie testen und verbessern. So verhilft die Paläoklimatologie zu einem präziseren Blick in unsere Klimazukunft

Ende der 1980er Jahre entdeckten Geologen bei einer Tiefseebohrung in der Antarktis Hinweise auf ein weiteres, bisher unbekanntes Aussterbe-Ereignis. Es passierte zehn Millionen Jahre, nachdem die Dinosaurier verschwunden waren. Weitere Bohrungen an anderen Orten bestätigten die Ergebnisse, doch als die Arbeiten 1991 publiziert wurden, hielt sich das öffentliche Aufsehen in Grenzen. Das mag daran gelegen haben, dass die Mehrzahl der ausgelöschten Arten nur stecknadelkopfgroße Einzeller waren, Foraminiferen, die teils auf dem Meeresboden und teils im Wasser schwebend gelebt hatten. Sie verschwanden auch nicht so spektakulär wie die Dinosaurier durch den Einschlag eines Asteroiden, sondern während der wärmsten Warmzeit, die es in den vergangenen hundert Millionen Jahren der Erdgeschichte gegeben hat. Das macht sie heutzutage für die Klimaforschung so interessant.

Die extreme Warmzeit, von der die Rede ist, liegt am Übergang vom Paläozän zum Eozän vor 56 Millionen Jahren, weshalb Geologen vom »Paläozän/ aturmaximum«, kurz PETM, sprechen. Die Phase dauerte rund 200 000 Jahre, was im Vergleich zur Erdgeschichte von 4,5 Milliarden Jahren kaum mehr als ein Wimpernschlag und in der Welttemperaturkurve nur eine feine, lange Nadelspitze ist. Zuvor war innerhalb von nur 4 000 Jahren die Kohlendioxid-(CO₂)Konzentration in der Atmosphäre

rasch angestiegen. Und dieser rasche CO₂-Anstieg macht das PETM angesichts des aktuellen, rapiden CO₂-Freisetzens durch menschliche Aktivitäten hochrelevant.

Die durchschnittliche Temperatur in der PETM-Warmzeit war etwa fünf bis acht Grad höher als davor und danach, und das in einer schon generell viel wärmeren Welt als heute. Es gab keine permanenten Eisschilde, die Antarktis war damals schon grün und der Meeresspiegel wesentlich höher.

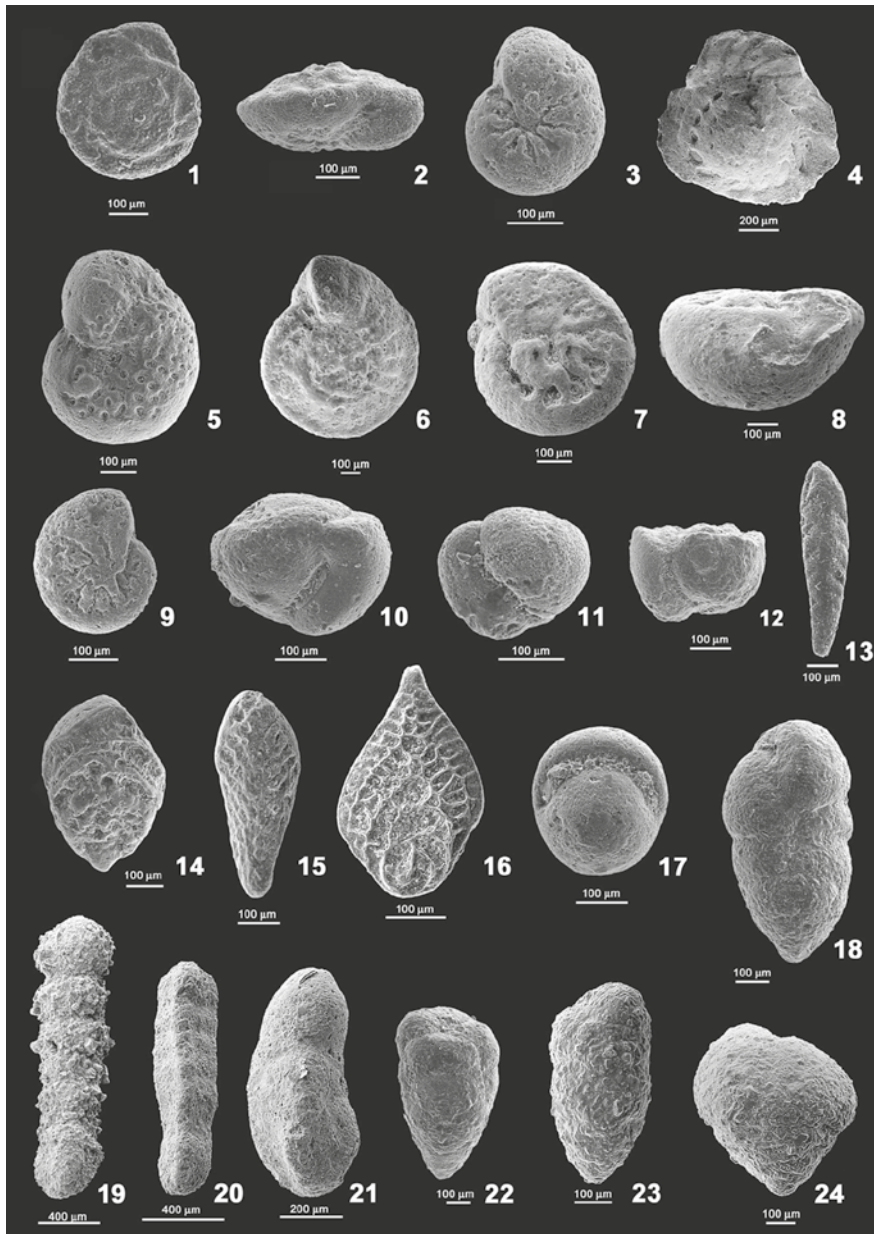
Massensterben im Meer

Durch die hohe CO₂-Konzentration in der Atmosphäre während des PETM löste sich mehr CO₂ im Wasser. Es kam zu einer Versauerung der Meere, chemisch gesprochen zu einer Abnahme des pH-Werts. Dadurch starben viele Organismen mit Kalkschalen, da sich diese im sauren Wasser auflösten. In Bohrkernen erkennt man PETM-Ablagerungen daran, dass der helle Farbton abgelagerter Kalkschalen verschwindet und die Farbe stattdessen rötlich ist wie Tonerde.

Zusätzlich erwärmte sich das Meerwasser bis in die tieferen Schichten, was zum Aussterben vieler Meeresbewohner führte. Insbesondere waren die Tiefsee-Organismen betroffen, die weniger anpassungsfähig sind als oberflächennahe Meereslebewesen oder Landbewohner. Das bedeutete nicht nur das Ende von bodennah lebenden Foraminiferen, sondern auch



Im Inuit-Territorium Nunavut in Kanada hält Johnny Issaluk das Foto eines Sumpfes in South Carolina in den Händen. Während des Paläozän/Eozän-Temperaturmaximums vor 56 Millionen Jahren, bei dem die CO_2 -Konzentration der Atmosphäre deutlich höher war als heute, sah die Arktis so aus wie dieser Sumpf.



Diese Foraminiferen-Fossilien geben einen Eindruck der ungeheuren Artenvielfalt der nur stecknadelkopfgroßen Einzeller. Alle hier abgebildeten Arten lebten auf dem Meeresboden und starben während des PETM aus. Denn durch den hohen CO₂-Gehalt der Atmosphäre waren die Ozeane so sauer, dass sie die Kalkgehäuse der Einzeller auflösten.

(aus: Guisberti, Galazzo, Thomas, Clim. Past, 12, 213-240, 2016)

AUF DEN PUNKT GEBRACHT

- Am Übergang vom Paläozän zum Eozän vor etwa 56 Millionen Jahren war die CO₂-Konzentration in der Atmosphäre deutlich höher als heute.
- Der Temperaturunterschied zwischen den Dürre- und Wüstengebieten am Äquator und den tropischen Polarregionen war geringer als heute. Diese Zustände kann die Klima-Modellierung bislang nicht ausreichend reproduzieren.
- Die Rate, mit der Treibhausgase zurzeit vom Menschen in die Atmosphäre freigesetzt werden, übertrifft die natürliche Rate in früheren »Hoch-CO₂«-Zeiten um ein Vielfaches.

zahlreicher Seeigel-, Muschel- und Schneckenarten. Der Artenschwund in der Tiefsee wird auf 30 bis 50 Prozent geschätzt.

An Land verwandelten sich zuvor bewaldete Gebiete der Äquatorialregion in Dürregebiete und Wüsten mit örtlichen Temperaturspitzen von weit über 40 Grad, wie Fossilfunde von Pflanzen aus Wyoming oder Tansania belegen. Die Tiere passten sich an die Verknappung der pflanzlichen Nahrung durch Kleinwüchsigkeit an. In der Folge setzte die »Verzweigung« auch bei den Raubtieren ein.

Gleichzeitig erweiterte sich der Lebensraum von Reptilien bis zu den Polkappen hin. Die Arktis war tropisches Marschland, in dem, wie in den Everglades im heutigen Florida, Vorfahren der Alligatoren, Krokodile und Schlangen lebten. Das warme Klima und das vorherige Verschwinden der Dinosaurier läutete die Ära der Säugetiere ein, deren Lebensraum und Vielfalt sich enorm erweiterte. Neue Tierarten entstanden, unter ihnen Wale und Delfine, Kamele, Schafe, Kühe und schließlich Primaten.

Vulkane und Methan-Eis

Wie es zur Erderwärmung im PETM kam, ist bis heute nicht abschließend geklärt. Vermutlich gab es mehrere Faktoren. Da ist zunächst die verstärkte Aktivität von Vulkanen im Nordatlantischen Rücken, die nicht nur große Mengen CO₂ in die Atmosphäre freisetzen, sondern auch Grönland, Island, Norwegen, Irland und Schottland mit Lava bedeckten.

Zusätzlich müssen wohl noch große Mengen Methan (CH₄) freigesetzt worden sein. Dieses Gas hat im Vergleich zu Kohlendioxid einen 30-mal stärkeren Treibhauseffekt. Methan entsteht bei organischen Zersetzungsprozessen, also auch im Meer, wo absterbende Organismen auf den Boden sinken und sich dort über Millionen Jahre aufeinanderschichten. Unter bestimmten Bedingungen wird das Gas von einem kugelförmigen Käfig aus Meerwasser-Eis umschlossen. Während des PETM erwärmte sich das Meerwasser bis in die Tiefe, und so schmolzen große Teile des Methan-Eises und setzten das potente Treibhausgas frei. An Land tauten Permafrostböden auf, in denen viel abgestorbene organische Materie wie in einem Gefrierschrank vor der Zersetzung bewahrt wird.

Eine Kombination dieser Prozesse bewirkte den ungeheuren Anstieg von CO₂ und anderen Treibhausgasen in der Atmosphäre. Innerhalb von 4000 Jahren kamen wohl 2400 bis 4500 Gigatonnen CO₂ zusammen. Diese natürliche Freisetzung von CO₂ vor 56 Millionen Jahren war allerdings mit einer Rate von etwa einer Gigatonne pro Jahr deutlich langsamer als heutige Emissionen: Der Mensch bringt es auf

zehn Gigatonnen pro Jahr. Damit zeigt das PETM-Ereignis zwar, wie das aktuelle Klima sich in der »Hoch-CO₂«-Welt entwickeln könnte. Andererseits stoßen Wissenschaftler aber bei der Suche nach vergleichbaren natürlichen geologischen Situationen inzwischen an Grenzen.

Tiefseebohrungen als Klimaarchiv

Die Vorstellung davon, welche ungeheuren natürlichen Schwankungen es im Erdklima vergangener Erdzeitalter gegeben hat, verdanken wir u. a. Experten für Isotopen-Geochemie wie Prof. Wolfgang Müller. »Ozeanische Ablagerungen sind das beste Langzeit-Klimaarchiv, das wir auf der Erde haben, weil die Schichtenfolge der abgestorbenen Organismen dort nicht gestört ist«, erklärt Müller. Er und sein Team haben Gehäuse von Foraminiferen aus solchen Ablagerungen untersucht. So können die Wissenschaftler auf die Temperatur und den CO₂-Gehalt des Meeres zu verschiedenen Zeiten schließen.

Ein großer Teil der einzelligen Foraminiferen, von denen sich die verschiedensten Arten im Meer tummeln, baut ihr Gehäuse aus Kalk, chemisch: Kalziumkarbonat. Dazu verwenden die Einzeller gelöstes Karbonat aus dem Meerwasser. Mit zunehmender Versauerung der Meere wird jedoch weniger Karbonat gebildet, so dass die Schale der Foraminiferen weicher wird. Auf diese Weise geben die Proben aus Tiefseebohrungen noch Jahrmillionen später Auskunft über den CO₂-Gehalt im Meer.

Zusätzlich können Geologen auf die damals herrschenden Temperaturen schließen, indem sie den Magnesium-Anteil untersuchen, der als Unreinheit in der Schale der Foraminiferen auftritt. Die Einzeller bauen es statt Kalzium in ihre Kalziumkarbonat-Schalen ein. Und zwar umso mehr, je wärmer das Meer wird. Dieses »Magnesium-Thermometer« hat Müllers Mitarbeiter Dr. David Evans weiterentwickelt und insbesondere erfolgreich auf die Umwelt des Eozäns angewandt.

Zusätzlich bauen Foraminiferen statt des Kalziumkarbonats zuweilen auch Borat (BO₄) in ihr Skelett ein. Bor hat verschiedene Isotope, das heißt, die Masse des Elements variiert wegen der unterschiedlichen Anzahl an Neutronen im Atomkern. Am häufigsten ist das Isotop mit sechs Neutronen, aber es gibt auch stabile Isotope mit nur fünf Neutronen. Die Paläoklimatologie macht sich zunutze, dass die Häufigkeitsverteilung der Bor-Isotope im Meerwasser vom pH-Wert abhängt. Deshalb erlaubt sie Rückschlüsse auf die CO₂-Konzentration im Wasser und indirekt auch in der Atmosphäre. Ähnliche Untersuchungen machen Müller und sein Team auch an anderen Meerestieren wie Korallen, Muscheln und Schnecken.

Klimamodelle verbessern

Müller ist Sprecher des von der hessischen Landesregierung geförderten LOEWE-Schwerpunktprojekts VeWA »Vergangene Warmzeiten als natürliche Analoge unserer »Hoch-CO₂«-Klimazukunft«, in dem die Goethe-Universität und die Senckenberg Gesellschaft für Naturforschung (SGN) kooperieren. In diesem Konsortium, das im Sommer 2020 die Arbeit aufnahm, untersuchen Forscher in elf Teilprojekten unterschiedliche Klimazeugen von der Kreidezeit – der Ära der Dinosaurier – bis zum Ende des Eozäns, als die Antarktis wieder vereiste.

»Wenn wir möglichst präzise Daten über vergangene Warmzeiten und ihre »Hoch-CO₂«-Welt haben, ist das auch ein guter Test für heutige Klimamodelle«, erklärt Wolfgang Müller. Denn wenn diese im Rückblick gut mit den paläo-



Zur Person

Prof. Dr. Wolfgang Müller, Jahrgang 1967, ist seit August 2017 Professor für Geologie und Paläoumweltforschung mit Schwerpunkt Isotopengeochemie an der Goethe-Universität. Er studierte Geologie an der Universität Wien. 1998 promovierte er an der Eidgenössisch-Technischen Hochschule (ETH) Zürich. Seine Postdoktoranden-Zeit verbrachte er in der Schweiz und vor allem in Australien. 2004 bis 2017 war er an der Royal Holloway University in London, an der er zuletzt eine Professur für Isotopengeochemie innehatte. Er ist Initiator und Sprecher des LOEWE-Projekts VeWA »Vergangene Warmzeiten«, das im Sommer 2020 begonnen hat.

www.vewa-project.de

w.muller@em.uni-frankfurt.de

klimatischen Daten übereinstimmen, kann man ihnen auch zuverlässige Vorhersagen zutrauen.

Noch exaktere Temperaturdaten aus früheren Erdzeitaltern verspricht eine in diesem Jahr am Institut für Geowissenschaften entwickelte Methode. Dieses Verfahren der Arbeitsgruppe von Prof. Jens Fiebig, die auch am VeWA-Schwerpunkt beteiligt ist, basiert darauf, dass die isotopische Zusammensetzung der Karbonate, genauer gesagt der Grad der »Verklumpung« ihrer schweren Isotope, in den Skeletten von Meeres- und Landbewohnern temperaturabhängig ist. Zusätzlich spielen aber auch die jeweiligen Umstände der Mineralisation eine Rolle, also der Mechanismus und die Geschwindigkeit der Karbonatbildung. Dieser Einfluss kann nun herausgerechnet werden. Im VeWA-Projekt soll diese isotopebasierte Methode auf verschiedene Karbonatarchive der Kreidezeit und des Eozäns angewendet werden.

Davon sollen auch die Klimasimulationen profitieren, die derzeit ein entscheidendes Kennzeichen vergangener Warmzeiten nicht gut reproduzieren können, und zwar das geringe Temperaturgefälle zwischen dem Äquator und den Polen. Der flache »meridionale Temperaturgradient«, wie er in der Fachsprache heißt, zeigt an, dass sich die tropischen Ozeane in Warmzeiten viel weniger stark erwärmen, dafür aber viel Hitze von den Tropen zu den Polen transportiert wird. Diesen Prozess wollen Forscher in mehreren VeWA-Teilprojekten untersuchen.



Im PETM starben Foraminiferen rasch aus und konnten keine Sedimente mehr bilden. In Bohrkernen – hier ein Foto des Paläoklimatologen James Zachos – wird dies sichtbar als abrupte dunkelbraune Färbung der sonst eher kalkig-weißlichen Sedimentschichten.

Lernen für die Zukunft

»Wenn wir darauf warten, dass die Treibhausgase auf natürlichem Weg wieder auf das vorindustrielle Niveau zurückgehen, dauert das auf der menschlichen Zeitskala viel zu lang«, sagt Müller. Nach dem PETM-Ereignis etwa erstreckte sich die Abkühlungsphase über 100 000 Jahre. Eine wichtige Rolle spielt dabei die Verwitterung von Silikat-Gesteinen wie Basalt, Granit oder Gneis. Dabei wird CO_2 der Luft in Form von Kohlensäure entzogen und als Karbonat mit dem Sediment der Flüsse in den Ozean transportiert. Dort bauen Meeresorganismen das Karbonat in ihre Schale ein, wo es lange gespeichert wird, so dass der CO_2 -Gehalt in der Atmosphäre sinkt. In einem VeWA-Teilprojekt untersuchen die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler um Prof. Silke Voigt insbesondere die temperaturabhängige Verwitterung von Silikaten mithilfe der Isotopenzusammensetzung des Elements Lithiums, des leichtesten Metalls überhaupt.

Können wir an früheren Warmzeiten ablesen, was passiert, wenn der CO_2 -Ausstoß nicht gedrosselt wird? Für VeWA ist einer der Schwerpunkte das eozäne »Hothouse«, in dem die CO_2 -Konzentration in der Atmosphäre bei 1000 Teilen pro Million (parts per million, ppm) lag. Im Vergleich dazu sind wir heute bei fast 415 ppm, was bereits mehr als 130 ppm über dem Wert der vorindustriellen Zeit liegt. Und derzeit steigt die CO_2 -Konzentration jährlich um zwei bis drei ppm. Müller veranschaulicht, welche spürbaren Klimaeffekte schon bei relativ kleinen CO_2 -Schwankungen von »nur« 100 ppm auftreten können: »Aus den Eisbohrkernen der Antarktis, die die acht Hauptzyklen von Warm- und Kaltzeiten der letzten 800 000 Jahre widerspiegeln, wissen wir: Während der letzten kältesten Phase vor 20 000 Jahren war der Meeresspiegel um

130 Meter tiefer als heute, und der CO_2 -Gehalt lag bei 180 ppm. Das sind nur 100 ppm weniger als vorindustriell, aber trotzdem war es global vier Grad kälter.« Damals war die Nordsee trocken, Nordamerika mit Russland, Australien mit Papua-Neuguinea, Indonesien mit dem asiatischen Festland verbunden.

Für Paläoklimatologen wie Müller ist es höchste Zeit, den Trend umzukehren. »Wir nähern uns ohne rasches Gegensteuern einem Kipp-Punkt«, meint er. An diesen Punkten reicht bereits ein geringer äußerer Einfluss, um abrupte Änderungen im Klimasystem hervorzurufen. Ein solcher Kipp-Punkt könnte erreicht sein, wenn der CO_2 -Ausstoß 500 ppm erreicht. Ab diesem Wert erwarten Klimatologen einen nicht mehr umkehrbaren, sich selbst verstärkenden Effekt bei der Erderwärmung. Wenn etwa durch einen noch stärkeren Treibhauseffekt die Polkappen abschmelzen, wird weniger Sonnenlicht reflektiert, was die Erde weiter erwärmt. Aus den aufgetauten Permafrostböden werden zusätzlich Klimagase, v. a. das schädliche Methan, freigesetzt, die den Treibhauseffekt weiter verstärken. Und der Meeresspiegel steigt rasant durch destabilisierte Eisschilde wie in Grönland.

»Leider sind die Menschen sehr träge beim Verändern ihrer Gewohnheiten«, bedauert Müller. Er verweist darauf, dass die letzten drei Sommer in Europa bereits überdurchschnittlich warm waren und wünscht sich rasch eine stärkere politische Steuerung durch einen CO_2 -Preis. Dennoch ist er optimistisch, dass wir bei einem moderaten Gebrauch der Ressourcen und dem Einsatz erneuerbarer Energien noch vermeiden können, auf das Extremklima der geologischen Warmzeiten zuzusteuern. Wichtig ist ihm und seinen Kollegen im LOEWE-Projekt »Vergangene Warmzeiten« daher auch, dass sich das Wissen um die Zusammenhänge des Klimawandels rasch noch stärker in der Bevölkerung verbreitet. Die Ergebnisse des Projekts sollen deshalb in einer Reihe durch die LOEWE-Initiative geförderte Aktivitäten im Senckenberg Museum präsentiert werden. ●



Die Autorin

Dr. Anne Hardy, Jahrgang 1965, studierte Physik und promovierte in Wissenschaftsgeschichte. Sie ist als freie Wissenschaftsjournalistin auf Themen der Naturwissenschaft und Medizin spezialisiert.
anne.hardy@t-online.de

Tot geglaubte Treibhausgase

Spurensuche in der Atmosphäre

von Jan Schwenkenbecher



Der Atmosphärenforscher Kieran Stanley untersucht im Taunus die Luft der ganzen Welt. Seine Arbeit entlarvt ganze Regionen dabei, wenn sie längst geächtete Treibhausgase ausstoßen.

Einmal in der Woche steigt Kieran Stanley ins Auto und schlängelt sich die Kurven der Hochtaunusstraße empor, erst an Buchen vorbei, dann an Fichten, bis er auf 825 Höhenmetern über dem Meeresspiegel auf dem Kleinen Feldberg schließlich sein Ziel erreicht: das Taunus Observatorium der Goethe-Universität. Eine gute Sicht hat er von hier. Zum einen sieht Stanley das halbe Rhein-Main-Gebiet zu Fuße des Taunus. Zum anderen sieht der Atmosphärenforscher, wie es dem Planeten Erde so geht.

Zu Letzterem sind allerdings noch ein paar Zwischenschritte nötig. Deswegen entnimmt Stanley die Proben aus den Instrumenten, überprüft die Technik und bringt das Eingesammelte zurück an seinen Arbeitsplatz, das 695 Höhenmeter tiefer gelegene Institut für Atmosphäre und Umwelt der Goethe-Universität auf dem Campus Riedberg. Seit Mai 2019 erforscht der 32-Jährige hier die Luft des Planeten, vorher tat

er das an der Universität Bristol, wo er heute noch Visiting Fellow ist. Zu Beginn seiner Forscherlaufbahn interessierte sich Stanley für Moore, in seiner Promotion untersuchte er den Kohlenstoff- und Nitrat-Zyklus der Feuchtgebiete. Schon immer habe er ein recht ausgeprägtes Interesse an der Umwelt gehabt, sagt der gebürtige Brite, und als er mit der Doktorarbeit fertig gewesen sei, da habe er gewusst, dass er etwas machen wolle, wobei er Gasproben analysiere. So kam er nach Bristol, und sein Spezialgebiet wurden die Treibhausgase. Ein Glück für die Atmosphärenforschung und möglicherweise auch den Planeten Erde, denn Anfang 2020 gelang ihm auf diesem Gebiet ein Coup: In einer Studie, Stanley war der Erstautor, zeigte er mit einem internationalen Forscherteam, dass irgendwo auf der Welt das Treibhausgas HFC-23, Fluoroform, stärker ausgestoßen wird, als es eigentlich der Fall sein sollte. Die zwei Hauptverdächtigen der Wissenschaftler: China und Indien.

Stärkere Wirkung als CO₂

HFC-23 ist ein Treibhausgas, ein sehr potentes noch dazu. »Wenn man auf einen Zeitraum von 100 Jahren schaut, entspricht eine Tonne emittiertes HFC-23 etwa 12000 Tonnen CO₂«,

Kieran Stanley auf dem Dach
des Taunus-Observatoriums
der Goethe-Universität auf
dem kleinen Feldberg.



erklärt Kieran Stanley. »Denn es ist recht lang-lebig. Die allgemeine Lebensdauer des Gases in der Atmosphäre beträgt etwa 228 Jahre.« Wofür die Menschheit es braucht? Eigentlich gar nicht. Hier und da werde es als Kühlmittel eingesetzt, so Stanley, aber eigentlich gebe es effizientere Gase. Trotzdem kommt HFC-23 in der Welt vor. Es entsteht in der Regel als unerwünschtes Nebenprodukt bei der Produktion eines anderen Gases: HCFC-22, Chlordifluormethan, ebenfalls ein Kältemittel, eines der effizienteren.

Obwohl HFC-23 ein viel stärkeres Treibhausgas als CO₂ ist: Absolut gesehen sind seine Effekte wohl kleiner, einfach weil die Menschheit so viel CO₂ ausstößt. »Trotzdem spielen diese und weitere Halogenkohlenwasserstoff-Gase eine Rolle«, sagt der Atmosphärenchemiker. »Und wenn es so ist, dass wir einen Unterschied machen können, indem wir diese Gase nicht emittieren, dann ergibt es für mich irgendwie Sinn, dass wir uns darum bemühen sollten, das auch zu tun.«

Profit mit Treibhausgasen

Deswegen hatten Stanley und seine Ex-Kollegen aus Bristol schon länger ein Auge auf HFC-23 geworfen. »Viele Umweltschützer und Klimawissenschaftler sehen es als eine Art leichte Beute, weil man die Emissionen recht leicht verhindern kann«, sagt Stanley. »Bei der Herstellung von HCFC-22 kann man die beiden Gase trennen und das HFC-23 durch thermische Oxidation entfernen oder auffangen, damit es nicht mehr in die Atmosphäre gelangt.« Tatsächlich ist der globale Ausstoß in den vergangenen Jahren zurückgegangen. Insbesondere nach 2005, als den Produktionsfirmen im Rahmen des durch das Kyoto-Protokoll geschaffenen Clean Development Mechanism (CDM) finanzielle Anreize für die saubere HCFC-22-Produktion geboten wurden.

So konnte die Weltgemeinschaft in kurzer Zeit den HFC-23-Ausstoß beträchtlich senken. »Doch dann erkannten einige Produktionsfirmen, dass sich durch den Mechanismus einiges Geld verdienen ließ«, so Stanley. 2010 rechnete die Nichtregierungsorganisation »CDM-Watch« mal durch, dass Nutznießer des Programms das



Zur Person

Dr. Kieran Stanley, Jahrgang 1987, studierte an der britischen Keele University Physische Geographie und Französisch und an der University of Oxford »Water Science, Policy and Management«. Seine Dissertation an der Queen Mary University of London fertigte er über die Biogeochemie von Mooren an. Nach einer Zeit als Postdoc an der University of Bristol im Bereich Atmosphärenchemie forschte er seit 2019 am Institut für Atmosphäre und Umwelt der Goethe-Universität.

stanley@iau.uni-frankfurt.de

65- bis 75-Fache dessen erhalten, was die Beseitigung tatsächlich kostet. Als Folge produzierten die Firmen mehr und mehr HCFC-22 – mehr als eigentlich nötig gewesen wäre –, um dabei wiederum HFC-23 einzusparen, das sonst nie hätte eingespart werden müssen. »Die Emissionen stiegen wieder an und in 2013, 2014 wurde der CDM für HFC-23 beendet.«

Scheinbarer Stopp der HFC-23-Produktion

2016 einigten sich zahlreiche Länder im »Kigali Amendment« darauf, innerhalb der nächsten Jahre die Verwendung aller HFC-Verbindungen mit hohem Treibhausgaspotenzial nach und nach zu reduzieren und schließlich zu stoppen. Die beiden Haupt-Emittenten, China und Indien, haben es allerdings bis heute nicht ratifiziert. Beide Staaten hatten jedoch bereits kurz nach dem Ende des CDM eigene Programme angekündigt, um die Emissionen in ihren Fabriken binnen kürzester Zeit zu stoppen. 2017 gaben sie an, den HFC-23-Ausstoß nahezu vollständig eingestellt zu haben – China hatte gegenüber der Weltbank berichtet, 2015 schon 45 Prozent fachgerecht entsorgt zu haben, 2016 dann 93 Prozent und 2017 schließlich 98 Prozent. Die Welt war zufrieden. Und Forscher rechneten damit, dass die globalen Emissionen zwischen 2015 und 2017 um etwa 90 Prozent zurückgegangen sein müssten. Doch dann maß Kieran Stanley nach.

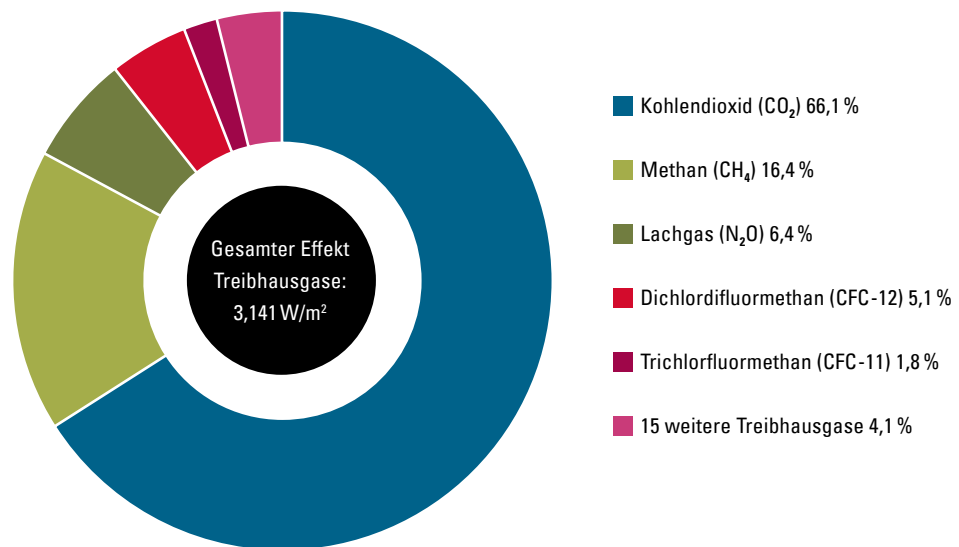
Nur, wie kann man eigentlich messen, wie viel Gramm eines bestimmten Gases in der Erdatmosphäre herumschwirren? Dazu brauchte Stanley nicht nur eine Messstation, sondern ein ganzes Netzwerk von Stationen – eines wie das

AUF DEN PUNKT GEBRACHT

- Weltweit wurde die Reduktion des potenten Treibhausgases HFC-23 gemeldet. Doch es wird noch weiter emittiert.
- Mithilfe von Messdaten eines weltweiten Netzwerks, zu dem auch das Taunus Observatorium der Goethe-Universität gehört, konnten Wissenschaftler dies nachweisen.
- Regional ausgerichtete Studien sollen künftig zeigen, wo HFC-23 entsteht, damit die Emission gestoppt werden kann.

AGAGE: Seit 1978 misst das Advanced Global Atmospheric Gases Experiment die Zusammensetzung der Atmosphäre.
<https://agage.mit.edu>

Beitrag zum Treibhauseffekt durch Kohlendioxid und langlebige Treibhausgase 2020



Quelle: Umweltbundesamt/NOAA Earth System Research Laboratory, The NOAA annual greenhouse gas index (AGGI) <https://www.esrl.noaa.gov/gmd/aggi/aggi.html>.

Advanced Global Atmospheric Gases Experiment (AGAGE). Das AGAGE-Netzwerk ist ein Zusammenschluss von 15 Messstationen, von Irland über Ruanda und Südkorea bis Amerikanisch-Samoa über die ganze Welt verteilt. Dazu kommen noch zahlreiche assoziierte Messzentren, zu denen mittlerweile auch das Taunus Observatorium der Goethe-Universität zählt. So kamen Stanley und seine Kollegen an die entsprechenden Luftdaten.

Verdächtige: China und Indien

Um nun Unterschiede in der Verteilung des Gases zu berechnen, teilten sie die Atmosphäre in zwölf Boxen auf: Die Erdoberfläche unterteilten sie in vier Sektoren, in die Höhe unterschieden sie nochmal drei Ebenen. »Damit konnten wir Unterschiede sehen und mit einigen klimatischen, physikalischen und chemischen Variablen untersuchen, wann welche Emissionen aufgetreten sein müssten und woher sie aus globaler Sicht kommen – von der Nordhalbkugel oder der Südhalbkugel«, sagt Stanley. »Eigentlich gibt es immer ein Nord-Süd-Gefälle, das liegt daran, wie die Bevölkerung verteilt ist, und anhand dessen erkennen wir die globalen Emissionen.«

Als Stanley und seine Kollegen die Daten schließlich analysierten, sahen sie, dass der globale HFC-23-Ausstoß nicht – wie eigentlich angenommen – um bis zu 90 Prozent zurückgegangen war. Er war nicht mal ein bisschen zurückgegangen. Stattdessen war die Konzentration im Jahr 2018 auf einen neuen bisherigen

Höchststand angewachsen. Die Forscher vermuten, dass die Emissionen aus China oder Indien kommen müssen – auch wenn sie das mit ihrer Methode gar nicht direkt nachweisen konnten. »Aber wenn man bedenkt, dass im Jahr 2017 China und Indien zusammen für etwa drei Viertel der weltweiten HCFC-22-Produktion verantwortlich waren, sind sie sehr wahrscheinlich die Quelle dieser Emissionen«, sagt Stanley.

Anfang 2020 veröffentlichte Stanley die Ergebnisse der Untersuchungen mit seinen Kollegen im Forschungsmagazin *Nature Communications*. Die Medien berichteten – öffentlich zumindest reagierte die Politik nicht. Dass solche Forschung zum Klimaschutz und dem Nicht-Einhalten von Klimaschutzmaßnahmen aber durchaus zu Konsequenzen führen kann, zeigt ein ganz ähnlicher Fall mit einem anderen Halogenkohlenwasserstoff, der sich zwei Jahre zuvor ereignete.

Suche nach Klimasündern

Im Mai 2018 entdeckte eine Forschergruppe von der US-amerikanischen National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), der nationalen Wetter- und Ozeanografiebehörde, dass der Ausstoß einer bestimmten chemischen Verbindung deutlich langsamer zurückging, als eigentlich zu erwarten gewesen war. Es handelte sich dabei um CFC-11, Trichlorfluormethan, ein die Ozonschicht schädigendes Treibhausgas, das zur Gruppe der Fluorchlorkohlenwasserstoffe gehört, die man besser unter ihrer Abkürzung kennt: FCKW.



Der Autor

Jan Schwenkenbecher, Jahrgang 1989, ist freier Wissenschaftsjournalist und lebt im Rhein-Main-Gebiet. Er hat in Gießen und Mainz Psychologie studiert und danach im Volontariat bei der Süddeutschen Zeitung das journalistische Handwerk gelernt.

jan.schwenkenbecher@posteo.de



Einst als Wunder-Verbindungen gefeiert wurden FCKW im 20. Jahrhundert zu zahlreichen Zwecken eingesetzt: als Kühlmittel, etwa in Kühlschränken, dazu aber auch als Treibgas in Sprühdosen, als Treibmittel in Schaumstoffen und als Reinigungs-, als Lösungs- oder als Löschmittel. In den 1970er Jahren kamen dann erste Hinweise auf die umweltschädliche Wirkung der FCKW-Verbindungen auf, im Mai 1985 wiesen britische Forscher in der Zeitschrift *Nature* auf ein recht großes Loch in jener Ozonschicht hin, die die Erde umgibt und sie vor einem Großteil der von der Sonne kommenden UV-Strahlen schützt. Zwei Jahre später, 1987, einigte sich die Welt im Montreal-Protokoll darauf, erst weniger und schließlich gar keine FCKW-Verbindungen mehr zu verwenden. CFC-11 sollte der Vereinbarung zufolge von Menschen seit 2010 gar nicht mehr ausgestoßen werden.

Tatort: Osten Chinas

Aber wie die NOAA-Wissenschaftler zeigten, schien irgendwer die Abmachung zu brechen. Die Forscher hatten erwartet, in den Ergebnissen ihrer Messungen zu sehen, dass der CFC-11-Gehalt in der Atmosphäre seit Mitte der 1990er Jahre stetig abfällt, weil immer weniger ausgestoßen werden sollte und sich die Reste des langlebigen Gases nach einigen Jahrzehnten dann doch zersetzen. Grafisch konnten sie dies tatsächlich als abfallende Linie darstellen. Doch ungefähr auf der Höhe des Jahres 2012 machte die Linie einen Knick. Ab da schien sich der

Abbau von CFC-11 zu verlangsamen. Scheinbar wurde irgendwo auf der Welt das Gas wieder emittiert. Zwar vermuteten die NOAA-Forscher, dass das Gas vermutlich aus China in die Atmosphäre gelange. Mit Sicherheit sagen konnten sie das aber nicht.

Dann berichtete im Sommer 2018 zunächst die *New York Times* über einige kleinere chinesische Unternehmen, die die Journalisten mit unabhängigen Ermittlern in der Küstenprovinz Shandong ausfindig gemacht hatten. Die Firmen emittierten CFC-11, weil sie damit Kunststoffe aufschäumten. Doch die richtige Evidenz kam im Frühjahr 2019, und auch hier war Bristol beteiligt. Unter Federführung der ehemaligen Arbeitsgruppe von Kieran Stanley veröffentlichte ein Team zahlreicher internationaler Wissenschaftler eine Analyse, in der sie recht klar nachweisen konnten, dass der globale Anstieg des CFC-11-Ausstoßes vom östlichen Rand Chinas stammte. Im Frühjahr 2020 wurde chinesischen Medienberichten zufolge der erste Fabrikleiter zu einer zehnmonatigen Gefängnisstrafe verurteilt.

Ob sich diese Geschichte gerade wiederholt? Noch habe seine Studie zu keinerlei Konsequenzen geführt, sagt Stanley. Aber er sagt auch: »Es gibt Wissenschaftler aus dem AGAGE-Netzwerk, die an einer regional ausgerichteten Studie arbeiten, um abzuschätzen, ob die Emissionen wirklich aus China kommen und wenn ja, von wo in China sie kommen.« ●

Zurück im Labor: Kieran Stanley verbindet die elektropolierten Edelstahlkolben mit den Luftproben vom Taunus-Observatorium mit dem Analysesystem. Das System erlaubt ihm die Bestimmung von rund 50 halogenierten Kohlenwasserstoffen.



LEBEN
IM
KLIMAWANDEL



Anpassen oder aussterben: Artenvielfalt im Klimawandel

Wie Pflanzen und Tiere aufeinander angewiesen sind

von Markus Bernards

Heute sterben zehn- bis hundertmal mehr Arten aus, als dies ohne die massiven Einflüsse des Menschen auf das System »Erde« der Fall wäre. Der Artenforscher Matthias Schleuning untersucht, wie Pflanzen und Tiere in komplexen Ökosystemen voneinander abhängen. Damit kann er voraussagen, wer zu den Gewinnern und den Verlierern von Klimawandel und stärkerer Landnutzung werden wird.

Wenn Matthias Schleuning von seiner Forschung über die Artenvielfalt erzählt, nimmt er den Zuhörer gerne mit auf seine Reisen und zeigt atemberaubende Fotos exotischer Tiere und Pflanzen. Die tropischen Anden liegen dem Biologen besonders am Herzen, im Manú-Nationalpark in Peru hat er viel Zeit verbracht. Zusammen mit dem Zuhörer betritt Schleuning seine »Berge der Vielfalt« durch die rund 4000 Meter hoch gelegene Puna-Hochsteppe, eine karge und fast baumlose Landschaft. Dann führt der Weg die Berge hinunter, durch die mystischen Elfenwälder mit ihren zwergenhaften, moosüberwucherten Bäumen, durch die nebelverhangenen Bergregenwälder, bis schließlich 3000 Meter weiter unten im tropischen Regenwald des Amazonas-Tieflands breite Flüsse den Rhythmus des Lebens bestimmen. Mehr als 1000 Vogelarten gibt es hier, viermal mehr als in Deutschland, und etwa zehnmal so viele Baumarten wachsen auf einem Hektar Waldfläche.

Biologische Vielfalt hat Matthias Schleuning schon als Teenager fasziniert, sie hat ihn ins Studium der Biologie und schließlich bis nach Südamerika getrieben. In den tropischen Anden will er verstehen, wie Pflanzen und Tiere zusammenleben und aufeinander angewiesen sind: Wie ein Schattenkolibri mit einem langen, gebogenen Schnabel Nektar aus ebenso

geformten Heliconia-Blüten trinkt, dabei die Pollen abstreift und zur nächsten Blüte weiterträgt. Wie sich der Blautukan von den Früchten einer Schefflera-Pflanze ernährt und dann – über seinen Kot – deren Samen ausbreitet.

Wie sich Ökosysteme verändern

Sein Team und er haben im Laufe der Jahre Tausende solcher Wechselbeziehungen verfolgt und Arten-Netzwerke der Andenwälder aufgezeichnet, wo in etwa 90 Prozent der Bäume und Sträucher auf Tiere als Bestäuber oder Samenausbreiter angewiesen sind. Die Höhengradienten der Anden eignen sich für solche Forschungen besonders gut, denn dort gibt es auf engem Raum viele, sehr verschiedene Ökosysteme. Alexander von Humboldt, der 1802 Ecuador bereiste, verglich die Lebensräume eines schneebedeckten Andenbergs mit den Lebensräumen, die sich auf der Erde vom Äquator bis zur Arktis erstrecken.

Doch Matthias Schleuning will nicht nur den Status quo beschreiben. »Wir nutzen unsere Erkenntnisse auch, um Vorhersagen für die Zukunft verbessern zu können«, erläutert er. Denn die Lebensräume wandeln sich, vielerorts in den tropischen Anden wird Wald gerodet und in Äcker, Weiden und Siedlungen umgewandelt. Vogel- und Pflanzenarten müssen in höhere, noch bewaldete Regionen der Berge

Tier-Pflanzen-Beziehungen:
Der Blautukan frisst die Früchte der Schefflera und breitet so ihre Samen aus (oben). Weibchen der Glockenblumen-Scherenbiene sammeln Glockenblumenpollen und sind damit wichtige Bestäuber dieser Pflanzen.



Der Manú-Nationalpark in Peru umfasst einen Höhengradienten von mehr als 3000 Höhenmetern und ist eines der artenreichsten Gebiete der Erde.

ausweichen. Ein weiterer Treiber ist der Klimawandel, denn auch die höheren Temperaturen tragen dazu bei, dass Pflanzen und Tiere in kühleren, höher gelegene Bergabschnitte auswandern.

Im historischen Rückblick lässt sich dies bereits belegen: Humboldt fertigte nach seiner Ecuador-Expedition eine Zeichnung der Vegetationszonen des Andenbergs Chimborazo an, in die er auch zahlreiche Pflanzenarten eintrug. Wissenschaftler haben diese historische Zeichnung mit dem Vorkommen derselben Pflanzenarten heute auf dem Chimborazo verglichen: In den vergangenen 200 Jahren haben sich die Vegetationszonen um mindestens 200 Meter nach oben verschoben – was gut zur Erwärmung der Atmosphäre um 1 Grad Celsius seit dieser Zeit passt.

Arten gedeihen im Klima-Optimum

Matthias Schleuning: »Verbreitungsgebiete von Arten sind dynamisch. Generell kann man aktuell den Trend beobachten, dass Arten den von ihnen bevorzugten Klimabedingungen folgen. Die fortschreitende Landnutzung, hauptsächlich durch Landwirtschaft, hat zwar im Moment noch einen stärkeren Effekt auf die Biodiversität als der Klimawandel, doch die beiden negativen Einflüsse werden sich letztlich multiplizieren.«

Wenn nun die Temperatur mit dem fortschreitenden Klimawandel immer schneller steigt – aktuell um etwa 0,2 Grad Celsius pro Jahrzehnt und damit mehr als doppelt so schnell wie in den 100 Jahren zuvor –, müssen auch die Arten sich schneller bewegen, um in ihrem Klimaoptimum bleiben zu können. Was das für die Wechselbeziehungen von fruchtfressenden Vögeln und Pflanzen bedeutet, die auf diese

Interaktionen für die Ausbreitung ihrer Samen angewiesen sind, untersuchen Schleuning und sein Team an unterschiedlichen Orten. »Globale Beobachtungen zeigen, dass Arten sich momentan in etwa zehn Meter pro Jahrzehnt einen Berg hinaufbewegen. Das reicht, wenn sich die Umweltbedingungen nicht zu schnell ändern. Günstig ist außerdem, dass wir an einem Berg hang kurze Entfernungen zwischen verschiedenen Klimazonen haben. Das Problem ist allerdings das Timing«, erklärt Schleuning.

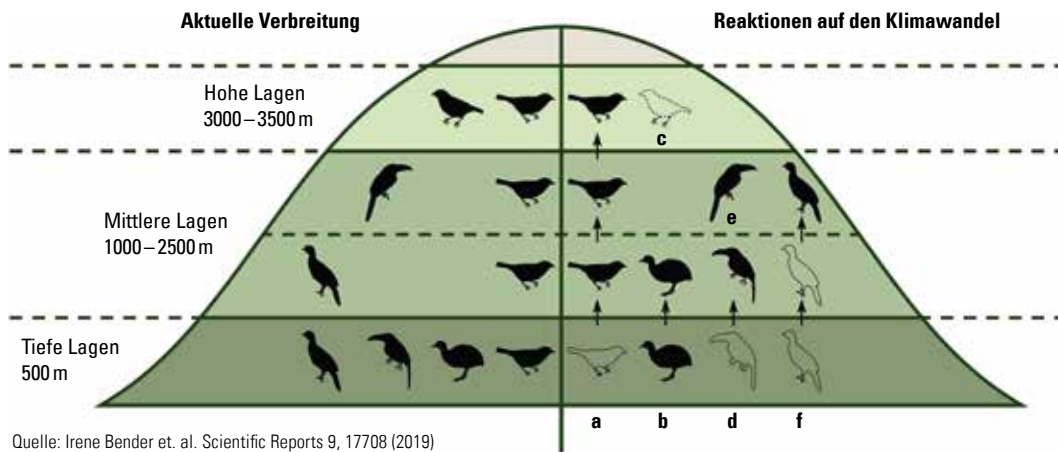
Denn die Samenausbreitung durch fruchtfressende Vögel ist ein komplexer und oft langwieriger Prozess. Die meisten Vogelarten breiten Samen nur über kurze Entfernungen aus. Für die so wichtige Ausbreitung über lange Distanzen sind meist nur wenige, große Vogelarten verantwortlich. Und gerade solche Arten sind durch die menschliche Landnutzung in vielen Regionen bereits selten geworden. Es ist daher wahrscheinlich, dass nicht schnell genug ausreichend Samen in höhere Regionen gelangen, damit die Pflanzen dort heimisch werden können. So bleiben Pflanzenarten zurück und drohen v. a. in den tieferen Lagen mittelfristig auszusterben. »In Simulationsmodellen für den Manú-Höhengradienten haben wir herausgefunden, dass die Bewegungsgeschwindigkeit der meisten Pflanzenarten zu gering ist verglichen mit der Geschwindigkeit, mit der die Temperatur am Berg steigt«, sagt Schleuning.

Spezialisten sind besonders gefährdet

Solche potenziellen Klimawandel-Verlierer, die durch veränderte Wechselbeziehungen vom Aussterben bedroht sind, gibt es weltweit, auch bei uns in Mitteleuropa. Schleuning und seine Kollegen haben hier die Wechselbeziehungen von mehr als 700 Tier- und Pflanzenarten untersucht, bei denen die Pflanzen auf Bestäubung und Samenausbreitung durch Tiere angewiesen sind. Einer der möglichen Verlierer ist die Glockenblumen-Scherenbiene, eine Wildbienenart, deren Weibchen ausschließlich Pollen von Glockenblumen sammeln, um damit ihre Larven zu ernähren. Wenn Glockenblumen verschwinden, verschwindet auch die spezialisierte Glockenblumen-Scherenbiene. Die Biene trägt zudem ein doppeltes Aussterberisiko, weil sie neben ihrer Abhängigkeit von Glockenblumen auch auf spezielle Klimabedingungen angewiesen ist. Umgekehrt sind Glockenblumen – wie viele Pflanzenarten – weniger von einzelnen Tierarten abhängig, weil sie von verschiedenen Insektenarten besucht und bestäubt werden.

Doch neben den Verlierern, das ist Schleuning wichtig, gibt es auch Gewinner des Klimawandels. In Deutschland breiten sich z. B. einige Vogelarten aus dem Mittelmeerraum aus. Orpheusspötter und Bienenfresser sind Beispiele hierfür.

Wenn es wärmer wird: Vogelmgemeinschaften am Berghang



Quelle: Irene Bender et. al. Scientific Reports 9, 17708 (2019)

- a:** Arten sterben in tiefen Lagen aus, ihr Verbreitungsgebiet wird kleiner.
- b:** Arten erweitern ihr Verbreitungsgebiet nach oben.
- c:** Arten in Höhenlagen sterben aus, weil sie nicht weiter nach oben wandern können.
- d, f:** Arten verlagern ihr Verbreitungsgebiet nach oben.
- e:** Arten passen sich an veränderte Klimabedingungen an.

Arten, die beweglich und wenig spezialisiert sind, werden leichter mit dem Klimawandel fertig.

Aber wäre das wirklich so schlimm, wenn jetzt die Glockenblumen-Scherenbiene verschwinden würde? »Wenn eine einzelne Art ausstirbt, würde sich im gesamten Ökosystem wenig verändern«, meint Schleuning. »Aber wenn immer mehr Arten wegfallen, können Dominoeffekte ausgelöst werden und sich Ökosysteme massiv verändern. Zwar sind Ökosysteme anpassungsfähig, aber nach großen Veränderungen kann der Weg zu einem früheren Zustand verstellt sein. Und wir alle verlieren dadurch wichtige Leistungen von Ökosystemen, die wir zum Überleben brauchen.«

»Was bedeutet es, wenn Schönheit verschwindet?«

So spielen allein die tierischen Bestäuber in der Nahrungsmittelproduktion eine wichtige Rolle. Der Weltbiodiversitätsrat IPBES schätzt, dass sich 5 bis 8 Prozent der globalen Pflanzenproduktion direkt auf die Tierbestäubung zurückführen lassen. Diese Leistung entspricht einem jährlichen Marktwert von 200 bis 500 Milliarden Euro. Praktisch alle Melonen-, Kakao- und Kiwiblüten z.B. werden von Tieren bestäubt, bei Äpfeln, Birnen und Kirschen sind es mehr als die Hälfte.

Schleuning: »Die Rate des Artensterbens ist heute durch den Einfluss des Menschen mindestens zehn- bis hundertfach erhöht. Damit lösen wir Veränderungen aus, deren Konsequenzen wir nicht abschätzen können.« Kipppunkte etwa, wenn z.B. die Bestäubungsleistung in einem Ökosystem

zusammenbricht oder wenn aus einem Wald eine Savanne wird. Oder wenn neue Schädlinge oder Krankheiten auftauchen und unsere artenarme Nahrungsmittelproduktion bedrohen. Auch das Risiko von Pandemien wird durch das Artensterben verschärft.

Zur ökonomischen Sicht auf das Artensterben kämen ethische Aspekte hinzu, meint der Artenforscher: »Was bedeutet das für jeden Einzelnen, wenn Arten unwiderruflich verloren gehen? Wenn Schönheit verschwindet?«

Schleuning ist überzeugt: »Je vielfältiger, desto widerstandsfähiger sind unsere Ökosysteme. Bei Systemen mit wenigen Arten machen wir eine Wette auf die Zukunft. Denn die Wechselbeziehungen zwischen Arten und die Rückkopplungseffekte in unserem Erdsystem machen es sehr schwer, Vorhersagen über die Zukunft unseres Planeten zu treffen. Leider verlieren wir viele Arten heute aber so schnell, dass wir die unmittelbaren Konsequenzen für uns Menschen bislang kaum abschätzen können.« ●



Der Autor

Dr. Markus Bernards, Jahrgang 1968, ist Molekularbiologe, Wissenschaftsjournalist und Redakteur von Forschung Frankfurt.

bernards@em.uni-frankfurt.de



Zur Person

Matthias Schleuning, Jahrgang 1978, studierte Biologie an der Universität Marburg und promovierte dort 2008 mit einer Arbeit über die zeitliche und räumliche Dynamik von Pflanzenarten im peruanischen Amazonas-Tiefland. Danach forschte er an den Universitäten Mainz und Halle in Regenwäldern in Afrika und Lateinamerika. 2010 kam er nach Frankfurt, wo er am Senckenberg Biodiversität und Klima Forschungszentrum (SBiK-F) zunächst als wissenschaftlicher Mitarbeiter und seit 2015 als Arbeitsgruppenleiter tätig ist. 2014 habilitierte er an der Goethe-Universität über Netzwerke von Pflanzen und Tieren und lehrt dort als Privatdozent. Seine Forschungsschwerpunkte sind Tier-Pflanze-Interaktionsnetzwerke sowie die Modellierung von Konsequenzen des globalen Wandels für die Biodiversität.

matthias.schleuning@senckenberg.de



Der Wald der Zukunft ...

- • • braucht andere Bäume.
Welche, versuchen Forscher herauszufinden.

von Jan Schwenkenbecher

Die Luft ist heiß und trocken, der sandige Boden hält kein Wasser: Es gibt nicht viele Wälder in Deutschland, denen es schlechter geht als dem Frankfurter Stadtwald. Für Wolfgang Brüggemann und Vera Holland ist er damit der perfekte Ort, um klimawandelresistente Bäume zu finden. Denn: Wer es hier schafft, der schafft es überall.

Nach ein paar Minuten Fußmarsch durch den Frankfurter Stadtwald biegen Wolfgang Brüggemann und Vera Holland ab vom Schotterweg und gehen rein ins Gebüsch. Unter ihren Wanderschuhen knacken Äste und Blätter. Über ihren Köpfen ziehen die Wolken vorüber, die ihren Regen an diesem Tag, wie an so vielen anderen, aber lieber für sich behalten. Man kann den Wolken bei ihrem Flug zuschauen, und das ist es auch, was Brüggemann, Professor für Pflanzenphysiologie am Institut für Ökologie, Evolution und Diversität, so stört. »Steht man unter einem intakten Baum, dann ist vom Himmel nichts mehr zu sehen, so dicht ist das Blattwerk dann«, sagt Brüggemann. Der Baum nutze jede Lichtlücke zur Fotosynthese. »Das hier sind massive Schäden«, sagt der Pflanzenphysiologe und zeigt auf die knorrigen und blätterfreien Baumwipfel, »Wir nennen das »Kronenverlichtung«. Die sind alle zum Sterben verdammt.«

Wolfgang Brüggemann und Vera Holland, ebenfalls Pflanzenphysiologin und Mitarbeiterin in Brüggemanns Arbeitsgruppe, stapfen an diesem Dienstagvormittag im Spätsommer durch den Stadtwald, und wenn man ihnen dabei folgt, kann man Teil einer kleinen Zeitreise werden. An einer von zwei je 0,5 Hektar großen eingezäunten Flächen schiebt Brüggemann das Gatter auf, dann betritt er die Zukunft. Oder genauer gesagt den Wald der Zukunft – so wie er und Holland ihr kleines Wäldchen im Wald nennen, in dem sie ihre eigenen Bäume angepflanzt haben, andere, als man im Stadtwald finden kann. Sie wollen wissen, welche Bäume hier gut überleben können, wenn der Klimawandel die Bedingungen immer extremer werden lässt. Sie müssen sich beeilen. Denn diese Zukunft scheint immer schneller zu kommen.

Fast alle Bäume im Stadtwald sind krank

Im Frankfurter Stadtwald kann man das gut sehen, denn dem Wald geht es schon jetzt schlecht. Über die Kronenverlichtung misst der Fachmann, wie gut oder schlecht es einem Baum gerade geht. Im Stadtwald sind viele Kronen aufgelichtet: 97 Prozent aller Bäume sind geschädigt, manche mehr, andere weniger.

Warum es dem Frankfurter Stadtwald so schlecht geht? »Ich kann mich nicht daran erinnern, dass es mal so trocken war«, sagt Wolfgang Brüggemann. »2003 war schlimm«, meint er, »aber das war nur ein einzelnes Jahr. Jetzt war es 2018, 2019 und 2020 drei Jahre in Folge sehr trocken.« Besonders sehe man das an ein paar 500-jährigen Eichen am Rande des Stadtwalds kurz vor Schwanheim, sagt Holland: »Diese Bäume haben viele Zeiten überdauert, doch die letzten Jahre haben auch ihnen ganz schön zugesetzt.«

Der Frankfurter Stadtwald ist in diesen Tagen aber nicht der einzige Wald, dem es schlecht geht. Das offenbart ein Blick in den hessischen Waldschutzbericht 2019. Die durchschnittliche Kronenverlichtung der hessischen Waldbäume betrug 27 Prozent. Dabei handelt es sich um den höchsten Wert, seit Hessen 1984 mit den Erhebungen begonnen hat. Die Absterberate liegt 2019 bei 2,3 Prozent. Klingt erstmal nicht so viel, ist aber das Siebenfache des Vorjahres. Überhaupt lag der Wert seit 1984 noch nie über einem Prozent. Die Hälfte aller abgestorbenen Bäume sind Fichten – oder besser: waren Fichten. Ihnen macht besonders der Borkenkäfer zu schaffen, aber Schadinsekten befallen auch Kiefern oder Buchen.

Extrem heiße und trockene Jahre

Neben der Veränderung des Lebensraums »Wald« durch seine forstwirtschaftliche Nutzung

Dem Frankfurter Stadtwald geht es schlecht: Geschädigte und abgestorbene Bäume zeugen von zu viel Hitze und Trockenheit.



Zur Person

Prof. Dr. Wolfgang Brüggemann, Jahrgang 1956, hält ein Diplom in Biologie und eines in Chemie. Als Postdoktorand forschte er in Marburg und in Groningen in den Niederlanden. In Düsseldorf arbeitete er als wissenschaftlicher Assistent am Institut für Ökologische Pflanzenphysiologie und wurde 1995 im Fach Botanik mit einer Schrift über die Kühleanpassung des Photosynthese-Apparates in der Gattung *Lycopersicon* (Tomaten) habilitiert. 1997 erhielt er den Ruf an den Fachbereich Biowissenschaften der Goethe-Universität. Das vorgestellte Projekt ist Teil des Biodiversität und Klima Forschungszentrums (SBiK-F), das von der Senckenberg Gesellschaft für Naturforschung gemeinsam mit der Goethe-Universität gegründet wurde.

w.brueggemann@bio.uni-frankfurt.de

ist daran v. a. der Klimawandel Schuld. Zum einen, weil die Winter wärmer werden. Und nach warmen Wintern ist die Anzahl der Schadinsekten größer, weil immer mehr von ihnen überleben. Dazu führt der Klimawandel zu heißeren und trockeneren Sommern. Der Wassermangel schadet den Bäumen direkt und macht sie zudem weniger resistent gegenüber den Insekten.

2019 war seit Beginn der Aufzeichnungen des Deutschen Wetterdienstes im Jahr 1881 das zweitwärmste Jahr in Deutschland, gleichauf mit 2014, 2018 war das wärmste. Heiße Jahre gibt es immer mal, doch nun kamen zwei extrem heiße direkt hintereinander. Abgesehen von der Hitze – und den Stürmen, die den Wäldern in den vergangenen Jahren ebenfalls ordentlich zusetzten – war es in beiden Jahren und auch 2020 noch überdurchschnittlich trocken.

Auch wenn man aufs gesamte Bundesgebiet schaut, hat sich gegenüber dem Vorjahr der Zustand der Baumkronen aller Baumarten verschlechtert. In ein paar Jahrzehnten werden viele deutsche Wälder anders zusammengesetzt sein als heute.

Schwieriger Waldumbau

Für die Deutschen scheint das ein emotionales Thema zu sein, der Wald. Es gibt viel Wald in Deutschland – ein Drittel der Fläche ist bewaldet – und so hat jeder eine Beziehung zum Grünen. Dabei gibt es viele verschiedene Interessen: Die einen wollen darin wandern oder radeln, andere wollen Holz produzieren, manche wollen Tiere schützen, andere wollen Tiere jagen. Jede Interessengruppe hat ihre eigenen Vorstellungen davon, wie der perfekte Wald aussehen sollte. Von »man soll den Wald bloß in Ruhe lassen, der organisiert sich schon von selbst am besten« bis zur Forderung nach in Reih und Glied angelegten Plantagen ist alles vertreten. Was ohnehin schon genug Streitpotenzial bietet, wird nun noch durch den Klimawandel verschärft – denn irgendetwas muss nun geschehen.

Brüggemann und Holland sind auf der Suche nach einem nachhaltigen Kompromiss, mit dem alle leben können, auch die Tiere. Sie glauben nicht, dass die Zeit noch reicht, damit sich der Wald von alleine anpasst. Sie glauben auch nicht, dass Monokulturen funktionieren, und setzen auf größere Biodiversität.

Künftig Wälder wie in Spanien?

Brüggemanns Ansatz geht so: Um einschätzen zu können, was wachsen könnte, muss man künftige Bedingungen abschätzen. Eine weitere Reise in die Zukunft also, wenn auch nur eine gedankliche. »Für die nächste Zeit müssen wir mit einem Klima wie in Freiburg rechnen, ein wenig wärmer und ein wenig trockener«, sagt Brüggemann. Dann irgendwann werde es noch trockener und wärmer und damit eher wie heute im südfranzösischen Montpellier. »Und schließlich könnten wir 2100 ein Klima bekommen, wie es das jetzt in Barcelona gibt, wenn der Klimawandel so fortschreitet wie bisher.« Mit einem solchen Ortswechsel könne man der Zeit vorgreifen, sagt Brüggemann. »Es ist, als würden wir in die Zukunft fahren.«

Und was sieht man, je weiter man in die Zukunft fährt? Was ersetzt dort die Stieleichen des Frankfurter Stadtwalds? »Je weiter wir nach Südwesten fahren, desto mehr verändert sich der Wald«, sagt Brüggemann. Im Freiburg umgebenden Breisgau gibt es bereits viele Traubeneichen statt der Stieleichen. Steigt man die Trockenheitsresistenz-Skala verschiedener Eichen weiter empor, dann finden sich in Südfrankreich vermehrt Flaumeichen und Steineichen. In Spanien

angekommen, gibt es in den tieferen Lagen praktisch nur noch Steineichen.

»Wer es hier schafft, schafft es überall«

Ist die Steineiche also der Retter des deutschen Waldes? Oder zumindest des Frankfurter Stadtwaldes? Erstmal ist das nur ein Gedankenspiel. Als Mann und Frau der Wissenschaft wissen Brüggemann und Holland, dass sie auch zeigen müssen, dass ihre Ideen umsetzbar sind. Und dafür ist Frankfurt perfekt, denn im Stadtwald herrschen schon jetzt extreme Bedingungen: Es ist trocken, es ist heiß, und mit jeder verlichteten Krone wird es heißer. Der Boden besteht fast komplett aus Sand, den der früher etwas anders strömende Main einst angespült hat. Dieser Bodentyp kann Wasser nicht gut halten. Normalerweise könnten die Bäume das Wasser auch aus dem Grundwasser ziehen. Doch weil der Grundwasserspiegel abgesunken ist, reichen die Wurzeln nicht mehr tief genug. Auch anderen Wäldern, die jetzt noch eine gute Wasserversorgung haben, wird der Klimawandel in Zukunft zusetzen. Aber der Frankfurter Stadtwald ist schon ein Vorzeige-Wäldchen, wenn es darum geht, wie schlecht es einem Wald gehen kann. Das bedeutet aber auch, wie Brüggemann es sagt: »Wer es hier schafft, der schafft es überall.«

Deswegen haben die beiden Pflanzenphysiologen ihre eigenen eingezäunten Waldflächen. Hier überprüfen sie, ob Ungarische, Flaum- und Steineiche auch tatsächlich gut in den hiesigen Gefilden überleben können. SHOP heißt ihr Projekt, kurz für »South Hesse Oak Project«, begonnen hat es bereits 2011. Mitten in die herkömmliche Flora hat die Arbeitsgruppe Brüggemann kleine Gruppen verschiedener Eichenarten gesetzt. Und das nicht nur im Frankfurter Stadtwald. Im SHOP-Projekt – und dem 2017 daraus mit Partnern in Italien und Griechenland entwickelten Kooperationsprojekt »Futureoaks-IKYDA« – haben die Forscher insgesamt über 10 000 Eichen gepflanzt. In Südhessen, aber auch für Kontrollmessungen in den Herkunftsländern Griechenland und Italien.

Der Wald muss auch den Baum mögen

Vor einem dieser Grüppchen im Stadtwald steht ein weißes Schild mit der Aufschrift »Q. ilex«, Steineiche, und dahinter steht Vera Holland. Sie erklärt: »Um zu schauen, welche Eichenarten hier gut wachsen, machen wir eine Reihe physiologischer Messungen, zudem messen wir die Höhe und den Durchmesser des Baums«, sagt Holland. Außerdem schauen sie, wie viele der gepflanzten Bäume überleben. »Die Stieleiche, die hier heimisch ist, wächst zwar sehr gut, aber dann sterben viele der Bäume ab«, so Holland. »Die mediterranen Eichenarten, die wir hier angepflanzt haben, haben bessere Überlebens-



Zur Person

Dr. Vera Holland, Jahrgang 1984, studierte an der Goethe-Universität Biologie. Ihre Diplomarbeit fertigte sie zur Photosynthese der Eichenhybriden an, die 2009 als nachhaltigste Diplomarbeit 2009 mit dem P&G Nachhaltigkeitspreis ausgezeichnet wurde. Sie promovierte 2015 bei Wolfgang Brüggemann über die Alterung europäischer Eichen mit Bezug auf den Klimawandel.

vholland@gmx.de

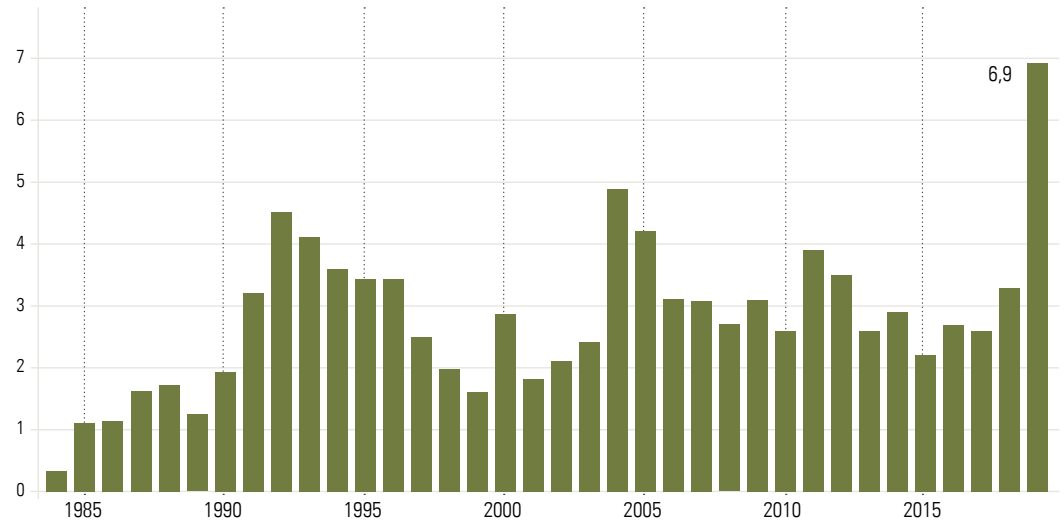
raten, und die Flaumeiche wächst mindestens genauso schnell wie die Stieleiche.«

Die zweite wichtige Frage ist, ob das Habitat »Wald« auch gut mit dem Baum leben kann. Schließlich soll sich nicht wiederholen, was bei der Spätblühenden Traubenkirsche geschah. Die ist eigentlich in Nordamerika heimisch und gedeiht dort in Form schöner großer Bäume. Nachdem man das auch hier haben wollte, stellte sich heraus, dass derselbe Baum in Europa eher als Busch wächst, sich dafür aber so schnell ausbreitet, dass die Pflanzen einheimische Jungbäume oft überwachsen und ihnen das Licht stehlen.

Und warum es unbedingt Eichen sein müssen? Diese Vorliebe stammt noch aus einer Zeit, in der Brüggemanns Institut noch an der Siesmayerstraße lag. Wenn Praktikanten im Winter Fotosynthese messen sollten, was öfter mal vorkam, dann schickte Brüggemann sie zu einem vielleicht sechs Meter hohen und immergrünen Baum im nebenan gelegenen Botanischen Garten – einer Steineiche. Der Baum eig-

Anteil starker Schäden (inkl. abgestorbener Bäume), Baumarten alle Alter in %

Baumschäden in Hessen
 Dass 2019 in Hessen mehr Bäume aller Altersgruppen stark geschädigt oder abgestorben waren als in allen Jahren seit 1984 (Angaben in Prozent), liegt überwiegend an den Fichten. Diese Baumart hat die Trockenheit 2018 und 2019 besonders schlecht vertragen, während die Hitze den Borkenkäfer und andere Schadinsekten begünstigte.



Quelle: Waldzustandsbericht 2019, Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz

nete sich so gut, dass Brüggemann schließlich 2007 ein paar eigene Steineichen im Instituts-garten pflanzte.

Die sind noch heute das lebende Argument gegen das, was Kritiker von Brüggemanns Vorschlägen ihm gelegentlich vorhalten: dass mediterrane Eichen die deutschen Winter nicht überstehen könnten. Als das Institut 2012 auf den Campus Riedberg umzog, da buddelte der Arbeitskreis die Steineichen sogar aus und pflanzte sie im Wissenschaftsgarten wieder ein. Auch das hielten sie aus, und Brüggemanns Steineichen sind heute auch sechs Meter hoch und bei allerbesten Gesundheit.

Eichen beherbergen 400 Insektenarten

Davon abgesehen stellen Eichen einen Lebensraum für zahlreiche Pilze, Flechten oder Käfer dar, über 400 Insekten sind auf und in den Bäumen beheimatet. Brüggemann hat bei den SHOP-Eichen sogar mal nachgezählt: Über 70 Schmetterlingsarten kamen zusammen, die Käferarten schätzt er auf über 200. Der größte Teil der heimischen eichengebundenen Insekten kann auch die mediterranen Eichenarten nutzen. Manche der Insekten würden zwar auch auf andere Bäume umziehen, wenn es die Eichen nicht gäbe. Einige aber nicht. Der Große Eichenbock etwa, bis zu fünf Zentimeter lang, eine der größten Käferarten Mitteleuropas und vom Aussterben bedroht: Im Stadtwald gibt es ihn noch.

Und was bedeutet die Forschung von Brüggemann und Holland nun für den Frankfurter Stadtwald? Ist der noch zu retten? Und wenn ja, wie sollte der Wald aufgeforstet werden, damit er die kommenden, sehr wahrscheinlich wär-

AUF DEN PUNKT GEBRACHT

- Trockenheit, Hitze und der sandige Boden haben dazu geführt, dass viele Bäume des Frankfurter Stadtwalds geschädigt sind.
- Daher eignet sich der Frankfurter Stadtwald besonders gut für die Suche nach Bäumen, die an veränderte Klimabedingungen bei uns angepasst sind.
- Im South Hesse Oak Project (SHOP) wurden 2011 Eichenarten gepflanzt, die in Südeuropa gedeihen.
- Das Ergebnis: Die südeuropäischen Eichenarten haben bessere Überlebensraten als die heimische Stieleiche.

mer und trockener werdenden Jahre übersteht, vielleicht sogar gut übersteht? Wichtig wäre das ja, denn der Wald speichert das CO₂ der Stadt und kühlt sie auch, wenn er gespeichertes Wasser in die Luft verdunstet. Mit Ratschlägen aber ist Brüggemann etwas zurückhaltend, das sei eher die Aufgabe von Politik und Förstern. Dann anders gefragt: Was würden Sie pflanzen, wenn Sie hier in der Gegend ein Stückchen Wald hätten? »Da würde ich auf frei werdenden Flächen wohl in erster Linie Flaumeichen setzen, dazu noch einen Anteil Steineichen und den Rest der natürlichen Sukzession heimischer Arten überlassen«, sagt Wolfgang Brüggemann. ●




Der Autor

Jan Schwenkenbecher, Jahrgang 1989, ist freier Wissenschaftsjournalist und lebt im Rhein-Main-Gebiet. Er hat in Gießen und Mainz Psychologie studiert und danach im Volontariat bei der Süddeutschen Zeitung das journalistische Handwerk gelernt.

jan.schwenkenbecher@posteo.de

Tropenkrankheiten: INVASION DER PARASITEN

von Heinz Hänel



Die feinen Härchen der Sandmücke schlucken ihre Fluggeräusche, so dass sie sich fast lautlos ihrem Wirt nähern kann.

Das wärmere Klima schafft hierzulande immer bessere Lebensbedingungen für Parasiten, die vormals exotische Krankheiten übertragen. Leishmaniose ist auf dem Vormarsch, und in Italien gab es im Sommer 2020 den ersten lokalen Ausbruch von Dengue-Fieber.

Ihr Anflug in der Dämmerung ist leise, und bevor die Sandmücke zusticht, hüpfert sie erst ein wenig auf der Haut herum. Dann ritzt sie ihr Opfer mit ihren starken Mundwerkzeugen. Blut tritt aus der Haut, doch der injizierte Speichel verhindert, dass es gerinnt und weitet die Blutgefäße ringsum. Jetzt kann die Mahlzeit aus Blut und Lymphflüssigkeit aufgesaugt werden. Dann geht es zum nächsten Wirt oder zur Eiablage. Wählerisch ist die Sandmücke nicht: Vom Frosch bis zum Menschen kommen alle Landwirbeltiere für den nur zwei bis vier Millimeter großen, häufig beigefarbenen Parasiten in Betracht.

Der starke Juckreiz, der dem Stich folgt, ist bei Weitem nicht das größte Problem. Denn einige Sandmückenarten können ihrerseits wiederum Parasiten übertragen: Einzeller der Art *Leishmania*. Leishmanien befallen weiße Blutzellen von Säugetieren und rufen – je nach Stamm – Haut- und Schleimhautkrankheiten bis hin zu hoch gefährlichen Leber-, Milz- und Knochenmarksveränderungen hervor. Manchmal bleibt die Infektion auch ohne Symptome, teilweise treten sie Jahre später auf.

Sandmücken sind bereits bis nach Hessen gekommen

Sandmücken dienen den Leishmanien als Zwischenwirt. Rund 100 der weltweit 1000 Sandmückenarten können Leishmanien übertragen, ihr Zusammenspiel bei der Infektion ist perfekt choreografiert: Die Leishmanien vermehren sich im Vorderdarm der Sandmücke und verstopfen diesen, so dass die Sandmücke nach mehreren vergeblichen Versuchen, Blut aufzusaugen, bis zu 100 Leishmanien in die Wunde erbricht. Der Speichel der Mücke wiederum verhindert nicht nur die Blutgerinnung, er lockt auch weiße Blutzellen des Wirts zur Stichwunde, die von den Leishmanien befallen werden.

Die Leishmaniose ist eigentlich eine hauptsächlich in Süd- und Mittelamerika sowie Ostafrika verbreitete Tropenkrankheit und in Europa nur im südlichen Mittel- und Schwarzmeerraum bekannt. Eine gute Nachricht ist daher: Sandmücken sind äußerst schlechte Flieger, die höchstens 200 Meter zurücklegen können, und das auch nur bei Windstille. Die schlechte lautet: Sandmücken sind trotzdem bereits in Deutschland angekommen. 2014 wurden sie von Parasitologen der Goethe-Universität und der Senckenberg Gesellschaft für Naturforschung bereits in Nordhessen entdeckt.

Wenn Sandmücken nach Deutschland einwandern, ist das höchst problematisch, auch wenn sie hierzulande offenbar noch keine Leishmanien in sich tragen – die rund 20 Menschen, die in Deutschland jährlich an Leishmaniose erkranken, bringen ihre Infektionen von Reisen mit. Denn die Leishmanien sind bereits da, im Blut des »besten Freundes des Menschen«: Zwischen 20 000 bis 100 000

infizierte Hunden leben schätzungsweise in Deutschland. Die Tiere haben sich – ohne Impfschutz – im Urlaub angesteckt, streunende Hunde werden aus Tierschutzgründen aus Südeuropa vermittelt oder von illegalen Tierhändlern aus betroffenen Regionen eingeschmuggelt. Die Stadt Wien etwa geht von jährlich 200 000 Hundewelpen aus, die an Veterinärämtern und Steuerbehörden vorbei in den deutschsprachigen Raum eingeschleust werden und den »Welpendealern« ein Vermögen einbringen.

2020: Lokaler Ausbruch des Dengue-Fiebers in Italien

Immer mildere Winter, einwandernde Sandfliegen und ohne Gesundheitscheck importierte Hunde machen es damit nur zu einer Frage der Zeit, bis auch Deutschland und Mitteleuropa zu Leishmaniose-Gebieten werden.

Die neue Tropenkrankheit wird nicht die einzige bei uns bleiben. In den vergangenen 40 Jahren hat sich z. B. die Asiatische Tigermücke (*Aedes albopictus*) nach Europa ausgebreitet. In Deutschland wurde die Stechmückenart vermutlich über den Güterverkehr aus Italien eingeschleppt und kommt mittlerweile in Teilen Bayerns, Baden-Württembergs, Thüringens und Hessens vor. Sie kann potenziell mehr als 20 Krankheitserreger übertragen, darunter das Gelbfieber-, das West-Nil- und das Dengue-Virus.

Wie rasch es zu einem lokalen Ausbruch eines Tropenfiebers kommen kann, zeigt der Fall einer italienischen Reisenden im Sommer 2020. Die Frau hatte sich in Indonesien mit Dengue-Viren infiziert, zeigte die Symptome des Dengue-Fiebers aber erst nach ihrer Rückkehr in eine norditalienische Klein-

stadt nahe Vicenza. Drei Wochen nach ihr erkrankten fünf der sieben Mitglieder ihres Haushalts ebenfalls an Dengue-Fieber – übertragen wurde der Erreger höchstwahrscheinlich durch die in Norditalien bereits verbreiteten Tigermücken.

Das örtliche Gesundheitsamt reagierte umgehend: Drei Tage lang wurden im Umkreis von 200 Meter um das Haus der Familie Mücken bekämpft, und in der ganzen Provinz wurden Menschen, die in den zurückliegenden 30 Tage gefiebert hatten, auf Spuren von Dengue-Viren untersucht. Die Polizei verteilte an allen Türen Informationsflyer, Blut- und Organspenden der ganzen Provinz wurden auf das Virus gescreent. Dann gab es erst einmal Entwarnung: kein größerer Ausbruch. Womöglich hatten auch die Beschränkungen wegen der COVID-19-Pandemie dazu beigetragen. Und die Wachsamkeit der Gesundheitsbehörden, die sich bereits seit 2010 mit einem Überwachungsprogramm für exotische Fieberarten auf die Invasion der Tropenkrankheiten vorbereitet hatten.



Der Autor

Prof. Dr. Heinz Hänel, Jahrgang 1955, ist beim Unternehmen Sanofi-Aventis für die Entwicklung von Antidiabetika zuständig. Er studierte an der Goethe-Universität Biologie, fertigte seine Diplomarbeit in Canberra, Australien, an und promovierte am Institut für Bienenkunde und in Kuala Lumpur, Malaysia. Seine Habilitationsschrift befasste sich mit der Penetration von Hefen in Säugerzellen. Seit 1994 lehrt er an der Goethe-Universität und ist dort seit 2001 Honorarprofessor im Fachbereich Biologie, wo er im Institut für Zoologie die Parasitologie betreut. Prof. Hänel engagiert sich im Vorstand der Vereinigung der Freunde und Förderer und leitet seit 2008 den Alumni-Rat der Goethe-Universität.

heinz.haenel@sanofi.com

» West-Nil-Fieber, Hantavirus-Infektionen und Leishmaniose werden bald in Mitteleuropa eine große Rolle spielen«



Interview mit dem Parasitologen und Infektionsbiologen Sven Klimpel

Markus Bernards: Herr Professor Klimpel, Sie forschen an Infektionskrankheiten, die durch Tiere (Vektoren) übertragen werden, meist Zecken, Mücken oder kleinere Säugetiere wie Nagetiere oder Flughunde. Weltweit, so prognostizieren Sie, werden solche Krankheiten zunehmen. Warum?

Sven Klimpel: Nach aktuellen Angaben der World Health Organization werden etwa 20 Prozent der heute bekannten ansteckenden Infektionskrankheiten durch Vektoren übertragen, sog. VBD oder vector-borne diseases, und mehr als 50 Prozent der Weltbevölkerung lebt in Gebieten, in denen das Risiko, sich mit einer vektorübertragenen Infektionskrankheit anzustecken, sehr hoch ist. Allein in Europa erkranken durchschnittlich jedes Jahr weit über 80 000 Menschen an einer solchen Infektion. Dabei erfolgt die Verbreitung des Erregers nicht über direkten oder indirekten Kontakt zu erkrankten Individuen, wie es z. B. bei Grippeviren oder SARS-CoV-2 der Fall ist, stattdessen wird der Erreger von einem anderen Organismus, dem sogenannten

Vektor, übertragen und verbreitet. Der Vektor bleibt daraufhin häufig ein Leben lang infektiös, erkrankt selber nicht und fungiert so als Reservoir für die Erreger. Insbesondere blutsaugende Insekten wie z. B. Stech-, Sand- und Kriebelmücken gelten weltweit als die wichtigsten Überträger auch in unseren Breiten, dicht gefolgt von Nagern, Fledermäusen und Flughunden. Gerade in Zeiten des globalen Wandels finden zahlreiche Krankheitserreger und -überträger ihren Weg in neue Lebensräume. Auch können wir zunehmend neuartige Krankheitserreger nachweisen, die häufig erst mit zeitlicher Verzögerung in den Industrieländern auftreten. Klimatische und ökologische Veränderungen, Lebensweisen, Umweltveränderungen und Wirt-Erreger-Interaktionen können dabei die Ausbreitung und das Verhalten von Vektoren beeinflussen und somit vielen Arten neue Lebensräume eröffnen. Als Konsequenz wird in den nächsten Dekaden die Verbreitung von durch Vektoren übertragene Infektionskrankheiten auch in unseren Breiten spürbar zunehmen.

Welche von Vektoren übertragene Infektionskrankheit erwarten Sie zukünftig in Mitteleuropa?

Wir arbeiten seit 2010 intensiv in europäischen Monitoring-Programmen zur Überwachung von Vektoren und Reservoirwirten mit. Das West-Nil-Virus, Hantaviren und Leishmanien werden unserer Einschätzung nach in Mitteleuropa bald eine größere Rolle spielen. Wir haben in Hessen erstmals das nördlichste Auftreten von Sandmücken nachgewiesen, die geeignete Vektoren für die Übertragung der Leishmaniose auslösenden Erreger Leishmanien sind. Das West-Nil-Virus ist bereits seit den 1960er Jahren in Europa nachgewiesen. Wir rechnen mit weiteren autochthonen West-Nil-Virus-Infektionen in Europa, da das Virus in Frankreich, Österreich und Tschechien bereits zirkuliert. Unsere mathematischen Ausbreitungsmodelle und ökologischen Nischenmodelle zeigen, dass sich zeitversetzt zu den Vektoren auch die Krankheitserreger ausbreiten werden. In den nächsten 10 bis 15 Jahren werden wir sicherlich vermehrt autochthone Leishmaniose-Fälle und West-Nil-Virus-Infektionen verzeichnen.

Autochthone Ausbrüche sind solche, bei denen die Übertragung lokal stattfindet.

Richtig, es handelt sich dabei um eine Infektion einer Person, die in der Region, in der sie lebt, erworben wurde und nicht ursprünglich von einer Reise ins Ausland stammt. Wir haben beispielsweise Gebiete in Europa aufzeigen können, in denen die Wahrscheinlichkeit des Auftretens von autochthonen Zika-Virus-Infektionen am wahrscheinlichsten ist. Unsere Modellrechnungen haben mittlerweile eine sehr hohe Genauigkeit und wir konnten die Gebiete in Frankreich vorherberechnen, in denen das Virus dann tatsächlich lokal übertragen und nachgewiesen wurde.

Neben dem Zika-Virus ist also das West-Nil-Virus auch schon in Europa angekommen?

Ja, aber die Verbreitung ist noch nicht flächendeckend. Wir analysieren gerade, womit das zusammenhängt. Es braucht Reservoirwirte wie z.B. Sperlingsvögel oder den Waschbären, der das Virus in

sich trägt. Aber es braucht auch einen geeigneten Vektor, eine Stechmücke, die an infizierten Organismen saugt. Und dann muss sich das Virus in der Stechmücke vermehren können und mit einem der nächsten Blutsaugakte müsste dann der Erreger auf einen Menschen übertragen werden können. Wie die Zusammenhänge sind, wissen wir noch nicht genau. Diese Übertragungswege in Europa sind noch nicht hundertprozentig geklärt und verstanden.

Was ist mit unseren heimischen Mücken und Zecken?

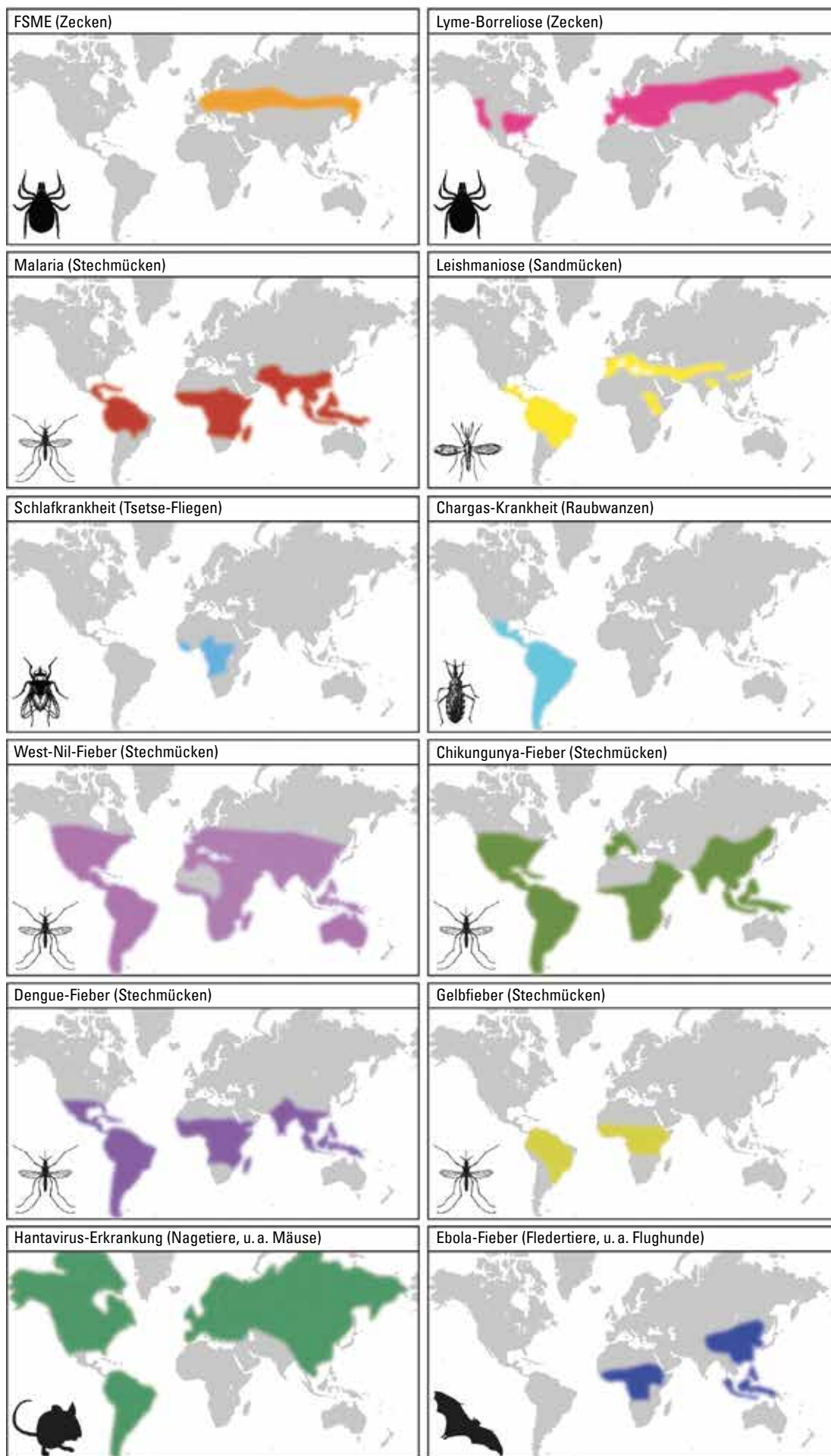
In der Tat, nicht nur die invasiven Arten wie die Asiatische Tiger- oder Buschmücke, sondern auch unsere einheimischen Arten können als Vektoren fungieren, dies belegen umfangreiche Laborversuche. Mitteleuropäische Mückenarten der Gattung *Culex* sind z. B. sehr gut geeignet, das West-Nil-Virus zu übertragen. Sie sind exzellent an unser Klima angepasst, profitieren aber auch vom Klimawandel, weil sich ihre Lebensbedingungen durch höhere Temperaturen und Niederschläge verbessern. Sie sind dadurch in der Lage, mehr Generationen im Jahr hervorzubringen und somit steigt auch das Risiko einer potenziellen Übertragung derartiger Infektionskrankheiten auslösender Erreger auf Menschen und Nutztiere.

Aktuell sucht uns die SARS-CoV-2-Pandemie heim. Welche Lehren sollten wir daraus ziehen?

Schwierig zu beantworten, da wir uns ja noch mitten im Geschehen befinden und die vielfältigen Zusammenhänge der Erkrankung immer noch nicht hinreichend genug verstanden und geklärt sind. Viele schwerwiegende Infektionskrankheiten AIDS (HIV), Tuberkulose und Malaria sind in den Hintergrund getreten, weil SARS-CoV-2 unmittelbar die Gesundheit so vieler Menschen bedroht und auch, weil es beim Rennen um den Impfstoff natürlich um sehr viel Geld geht. Dennoch darf man nicht außer Acht lassen, dass aktuell weltweit 38 Millionen Menschen mit HIV infiziert und an AIDS erkrankt sind, zwei Drittel von ihnen haben keinen Zugang zu Medikamenten. Ein großes zukünftiges Problem stellen auch Antibiotikaresistenzen und multiresistente Keime dar. Die großen Pharmaunternehmen haben die Forschung an wirklich neuartigen Antibiotika fast völlig eingestellt. Ich glaube, dass dieser Missstand in naher Zukunft zu extremen Herausforderungen für die jeweiligen Gesundheitssysteme und zu einer erheblichen Reduzierung der Weltbevölkerung führen kann. Daher sollten wir jetzt umsichtig agieren und nicht alle Ressourcen in die Corona-Forschung stecken, sondern uns breit gefächert aufstellen und entsprechende Strukturen in verschiedenen Disziplinen schaffen und fördern. Die Infektionsbiologie kann ihren Beitrag leisten herauszufinden, ob Viren oder andere Erreger über Vektoren übertragen werden oder in Reservoirwirten überdauern, und somit essenzielle Fragen klären wie z.B.: Welche ökologischen



Der unter anderem in Mitteleuropa heimische Feldsperling (*Passer montanus*) ist ein potenzieller Reservoirwirt für das West-Nil-Virus.



Weltweite
Verbreitung von
Infektionskrankheiten
und ihre Überträger

Quelle: Koch, Dörge, Klimpel: Vektorassoziierte Infektionskrankheiten, Pharmakon 3/2020.

Nischen besetzen diese Tiere? Wie können wir sie bekämpfen? Wie schnell vermehren sie sich? Auf welche Weise kann sich ein Erreger in solchen Tierpopulationen halten? Mit solchen Erkenntnissen wäre man in der Lage, nicht nur medizinisch am Erreger anzusetzen, sondern auch an den Vektoren, den Wirten, Reservoirwirten, den Tieren, die in der Übertragungskette wichtig sind.

Also sollten wir solche pan-/epidemiologischen Probleme stärker interdisziplinär angehen?

Natürlich, das müssen wir, ich plädiere für ein an den jeweiligen Erreger angepasstes One-Health-Konzept, das neben den Mediziner*innen und Lebenswissenschaftler*innen auch z.B. Wirtschaftswissenschaftler*innen und Juristen einschließt, um Strategien für Ökonomie und Gesetzgebung zu entwickeln, denn es bedarf in meinen Augen einer Überarbeitung und Anpassung des Infektionsschutzgesetzes, und Psycholog*innen, um die Auswirkungen auf den Menschen zu verstehen. Ein ganzheitlicher Ansatz wäre nachhaltig, das sollten wir aus der aktuellen Krise lernen. Wenn wir erst riesige Mittel in die Forschung pumpen, wenn eine Epidemie oder Pandemie losgeht oder bereits läuft, ist das sehr kurzfristig gedacht und hinkt dem Geschehen immer hinterher, wir dürfen nicht mehr nur reagieren, sondern müssen frühzeitig und zielgerichteter agieren.

Wie verhindern wir das Auftreten weiterer Tropenkrankheiten, die womöglich auf uns zukommen?

Das können wir nicht, wir können nur frühzeitig über die Thematik arbeiten und wir sollten in den Gebieten ansetzen, wo derartige Infektionskrankheiten auslösende Erreger ursprünglich auftreten. Für mich wäre eine essenzielle Maßnahme und gleichzeitig zielgerichtete Entwicklungshilfe, das Gesundheitssystem in diesen Ländern auf- und auszubauen und somit nachhaltig zu unterstützen und die Ausbildung der Menschen vor Ort zu verbessern. Wenn die Krankheiten in den Ursprungsländern bereits effektiv bekämpft werden können, sinkt die Gefahr der weltweiten Verbreitung. Unsere bisherigen Bemühungen reichen da nicht.

Die Medienmeldungen über diverse tropische Krankheitserreger häufen sich: Zika, Chikungunya, Dengue, Chagas, Usutu etc. – Werden durch derartige Meldungen die Menschen nervöser?

Nachrichten über neue oder erste Nachweise von exotischen Krankheitserregern, Vektoren etc. werden tatsächlich gerade im Hinblick auf die mediale Präsenz von SARS-CoV-2 häufiger und schneller wahrgenommen. Ich glaube aber auch, dass die Menschen inzwischen mehr über Infektionskrankheiten erfahren wollen, sie interessieren sich

auch mehr für tropische und subtropische Infektionskrankheiten und wie die Übertragungsmechanismen funktionieren bzw. ob eine Gefahr in unseren Breiten bestehen könnte. Gerade das gesteigerte Interesse der Menschen ist in meinen Augen vorteilhaft, da durch den Informationsfluss die Menschen aufgeklärter sind und bestimmte Meldungen über Infektionskrankheiten besser und detaillierter einordnen können.

Vielen Dank für dieses Gespräch, Herr Klimpel.



Zur Person

Prof. Dr. Sven Klimpel ist seit 2010 Professor für Integrative Parasitologie und Tierphysiologie an der Goethe-Universität und Leiter der Forschungseinheit Medical Biodiversity and Parasitology am Senckenberg Biodiversität und Klima Forschungszentrum (SBiK-F). Der 1973 geborene Wissenschaftler studierte Biologie an der Universität Kiel und dem Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung (GEOMAR) und leitete nach seiner Promotion an der Universität Düsseldorf am dortigen Institut für Zoomorphologie, Zellbiologie und Parasitologie die Nachwuchsgruppe »Aquatische und terrestrische Parasitologie«. 2008 habilitierte er sich in Parasitologie und Infektionsbiologie. Es schlossen sich zahlreiche Auslandsaufenthalte (u. a. Chile, USA, Indonesien) an. 2010 nahm Klimpel die Professur an der Goethe-Universität an, zwischen 2011 und 2013 leitete er zusätzlich als Direktor das Leibniz-Institut SDEI, zwischen 2014 und 2017 war er Direktor des Instituts für Ökologie, Evolution und Diversität, seit 2017 leitet er den Fachbereich 15 als Dekan. Seine Forschungsschwerpunkte reichen von der Identifizierung neuer und neu an Bedeutung gewinnender Pathogene und Vektoren über die Bestimmung ihrer heutigen Verbreitung bis hin zur Erforschung u. a. der genetischen Evolution ihrer Ausbreitungsfähigkeit, Klimatoleranz und Überträgerfähigkeiten (Infektionswege).

klimpel@bio.uni-frankfurt.de

A large red irrigation machine is positioned in a field of green crops. A powerful stream of water is being sprayed upwards from the machine, creating a wide, bright rainbow that arches across the sky. The background shows a line of trees under a clear blue sky.

Quell des Lebens

Wie der Klimawandel die globalen Grundwasserstände ändert

von *Tim Schröder*

Während Trockenperioden müssen zum Beispiel Gemüsegelder wie dieses hier in den Niederlanden bewässert werden. Das Wasser stammt häufig aus Grundwasserbrunnen.

Mit dem Klimawandel könnte das Grundwasser künftig weltweit in vielen Regionen knapp werden. Das zeigt eine große internationale Studie, die vom Doktoranden Robert Reinecke und der Geographin Prof. Petra Döll initiiert wurde. Vielerorts könnte das zu Wassermangel führen oder einen bestehenden Wassermangel verschärfen. Gleichzeitig werden andere Regionen unter steigenden Grundwasserständen zu leiden haben. Ackerflächen könnten durch Vernässung verloren gehen.

Grundwasser ist lebenswichtig. In vielen Ländern gewinnen Menschen daraus ihr Trinkwasser. Auch pumpt man das Grundwasser über tiefe Förderbrunnen nach oben, um Felder zu bewässern und in trockenen Regionen Getreide, Gemüse und Obst anbauen zu können. Trotz seiner großen Bedeutung war das Grundwasser für viele Menschen in Mitteleuropa lange Zeit kein Thema, denn in der Regel gibt es er hier genug davon. Doch mit den extrem trockenen Sommern der vergangenen drei Jahre wächst auch hierzulande die Angst, dass künftig mit dem Klimawandel das Wasser knapp werden könnte.

Prof. Petra Döll interessiert sich schon länger für das Schicksal des Grundwassers. Die Geographin leitet an der Universität Frankfurt die Arbeitsgruppe Hydrologie und ist mit ihrem Grundwasser-Fokus unter Hydrologinnen und Hydrologen eigentlich eine Exotin. »Die Hydrologinnen und Hydrologen befassen sich in der Regel mit Bächen und Flüssen, mit Oberflächengewässern«, sagt sie. Doch in den letzten Jahren ist das Grundwasser und wie es durch den Klimawandel beeinflusst wird, zu einem großen Thema geworden. Denn in vielen Gebieten weltweit könnten sich die nachhaltig verfügbaren Grundwasserressourcen durch den Klimawandel verringern, mit negativen Folgen für die Wasserversorgung für Landwirtschaft, Industrie und Haushalte.

Einmal zu viel, einmal zu wenig

Dabei geht es keineswegs nur um Dürren und sinkende Grundwasserstände. Auch das Gegenteil könnte eintreten. Für manche Regionen erwarten Experten im Zuge des Klimawandels stärkere Niederschläge. Die könnten den Grundwasserspiegel steigen lassen. »In manchen Gebieten in Deutschland liegt das Grundwasser nur zwei oder fünf Meter tief«, erklärt Petra

Döll. »Steigt der Grundwasserspiegel, könnten Äcker vernässen und landwirtschaftliche Flächen verloren gehen. Keller müssen aufwendig gegen eindringendes Grundwasser geschützt werden. Jede Abweichung vom Normalfall kann zum Problem werden – sinkende, aber auch steigende Grundwasserspiegel.«

Gemeinsam mit ihrem Doktoranden Robert Reinecke und Kooperationspartnern von Forschungsinstituten aus Belgien, Japan, den Niederlanden und vielen anderen Ländern hat Petra Döll unlängst einen Blick in die Zukunft geworfen. In einer aufwendigen Studie haben die Forscherinnen und Forscher mithilfe von globalskaligen hydrologischen Modellen, die Grundwasserneubildung auf allen Landflächen der Erde berechnen, ermittelt, in welchen Regionen der Welt die Grundwasserspiegel künftig steigen oder sinken könnten. Der Aufwand war enorm, weil das internationale Team

In Westafrika, wo dieses Bild aufgenommen wurde, wird der Grundwasserspiegel in einigen Regionen durch den Klimawandel voraussichtlich stark sinken. Dadurch könnte auch dieser Brunnen trockenfallen.



für die Studie die Ergebnisse einer Vielzahl von hydrologischen Modellen, die wiederum von einer Vielzahl von Klimaszenarien angetrieben wurden, miteinander kombiniert hat.

Diese Studie wäre nicht möglich gewesen ohne das internationale Großprojekt ISIMIP unter der Leitung des Potsdam-Instituts für Klimafolgenforschung. In ISIMIP haben mehr als 100 Forschergruppen weltweit modelliert, welche unterschiedlichen Auswirkungen der menschengemachte Klimawandel bis zum Ende dieses Jahrhunderts haben könnte, nicht nur auf die Wasserressourcen, sondern auch z.B. auf landwirtschaftliche Erträge oder die Vegetation. Da



Zur Person

Prof. Dr. Petra Döll, Jahrgang 1962, studierte Geologie an den Universitäten Erlangen und Colorado und schloss mit einem Master of Science mit dem Schwerpunkt Geohydrologie ab. Anschließend arbeitete sie am Geologischen Landesamt in Hamburg und promovierte dann im Fachgebiet Bodenkunde an der TU Berlin. Am Wissenschaftlichen Zentrum für Umweltsystemforschung der Universität Kassel habilitierte sie sich und wurde 2003 auf die Professur für Hydrologie am Institut für Physische Geographie der Goethe-Universität berufen.

p.doell@em.uni-frankfurt.de

heute noch niemand weiß, wie sich der Ausstoß von Treibhausgasen in den kommenden Jahrzehnten durch Klimaschutzmaßnahmen verändern wird, werden im Rahmen von ISIMIP vier verschiedene Szenarien durchgespielt – entsprechend den Emissionsszenarien des Weltklimarats. Diese reichen von einer starken Verringerung der Treibhausgas-Emissionen bis zum düstersten Szenario, in dem die Emissionen unvermindert ansteigen. Für jedes der vier Emissionsszenarien werden vier verschiedene Klimaszenarien, die von vier globalen Klimamodellen berechnet wurden, zur Verfügung gestellt.

Einmalige Kombination von Klimadaten und Grundwasserexpertise

Die Grundwasser-Expertinnen und -Experten haben die im Rahmen von ISIMIP bereitgestellten Klimaszenarien – die für die Zukunft erwarteten CO₂-, Niederschlags- und Temperaturwerte – jetzt mit acht verschiedenen globalen hydrologischen Modellen verknüpft.

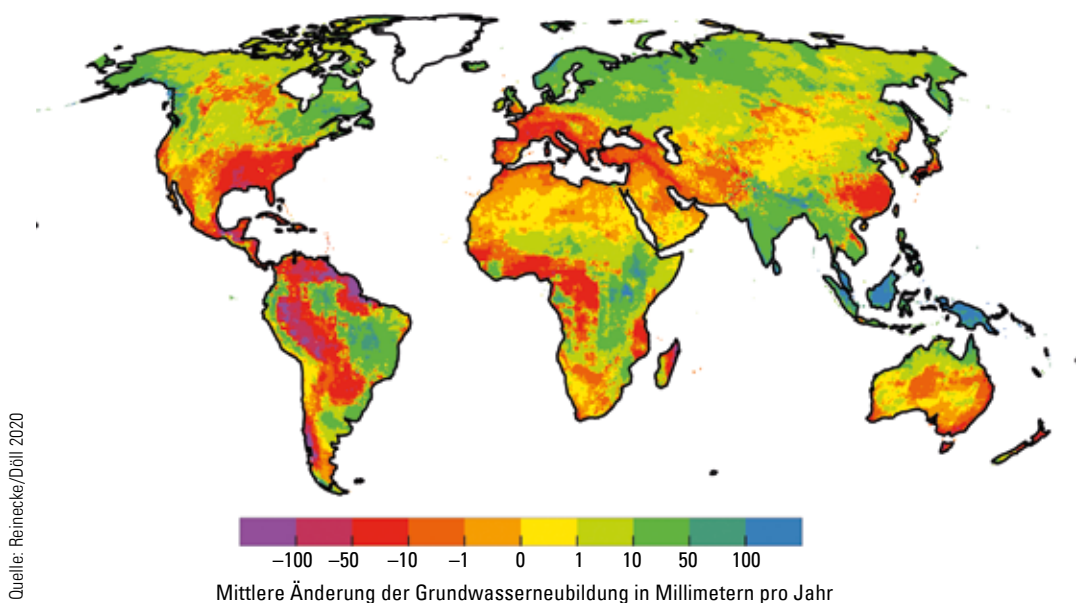
Eine Herausforderung bestand darin, dass die globalen hydrologischen Modelle teils ganz unterschiedlich rechnen. Manche berücksichtigen z.B., dass die Vegetation sich aufgrund des Klimawandels ändern wird, andere nicht. Und da die Vegetation einen großen Einfluss auf die Verdunstung und damit die Grundwasserneubildung hat, liegen die Ergebnisse der acht verschiedenen globalen hydrologischen Modelle recht weit auseinander. »Pflanzen verdunsten Regenwasser und spielen für die Wasserspeicherung im Boden eine wichtige Rolle, insbesondere Wälder«, sagt Petra Döll. Für Südostasien beispielsweise weichen die Modellergebnisse stark voneinander ab. Zwar erwarten Klimaforscher in Zukunft stärkere Regenfälle während des Monsuns in Indien. Die Grundwassermodelle aber können nicht eindeutig vorhersagen, was das für das Grundwasser bedeutet.

Wassermangel im Mittelmeerraum und Nordost-Brasilien

Für manche Regionen der Erde konnte die Studie sehr wohl eindeutige Ergebnisse liefern – Vegetation hin oder her, sagt Petra Döll. So zeigten die Daten, dass in zwei schon heute unter Wasserknappheit leidenden Regionen, dem Mittelmeerraum und im trockenen Nordosten Brasiliens, die Neubildung von Grundwasser abnehmen dürfte. »Viele verbinden Brasilien mit dem immer feuchten Regenwald am Amazonas. In der Nähe des Äquators aber gibt es Gebiete, die schon heute trocken und heiß sind. Man muss sich sowohl im gesamten Mittelmeerraum als auch in Nordost-Brasilien auf eine durch den Klimawandel bedingte Verschärfung des Wassermangels einstellen, mit negativen Auswirkungen vor allem auf die Landwirtschaft.«

Sinkendes Grundwasser kann zu Problemen führen. Förderbrunnen etwa, die für viel Geld gebaut wurden, könnten völlig versiegen. Zwar ist es denkbar, durch noch tiefere Brunnen zu noch tiefer liegenden Grundwasserschichten vorzustoßen. Doch auch dort könnte das Wasser nach und nach knapp werden, wenn von Jahr zu Jahr weniger Grundwasser neu gebildet wird. »Die Übernutzung von Grundwasserspeichern ist ein bekanntes Problem«, erklärt Petra Döll. »Um natürliche Grundwasserspeicher zu erhalten, muss man darauf achten, dass stets mehr Wasser neu gebildet wird, als

Änderungen der erneuerbaren Grundwasserressourcen beim Klimaszenario »plus 3 Grad Celsius«



Quelle: Reinecke/Döll 2020

Bei einer globalen Mitteltemperatur, die 3 Grad Celsius höher ist als in der vorindustriellen Zeit um das Jahr 1850, würde sich die Neubildung des Grundwassers in weiten Teilen der Welt deutlich von den heutigen Werten unterscheiden.

AUF DEN PUNKT GEBRACHT

- Neue Computersimulationen sagen voraus, in welchen Regionen der Welt die Grundwasserspiegel als Folge des Klimawandels steigen oder sinken werden.
- Für die Computersimulation wurden acht verschiedene globale hydrologische Modelle mit Klimaszenarien verknüpft.
- Im Mittelmeerraum wird der Wassermangel durch den Klimawandel zunehmen, während in Teilen Deutschlands eine Vernässung von Feldern aufgrund steigender Winterniederschläge möglich ist.
- Für viele Gebiete der Erde sind Vorhersagen unsicherer, auch weil die Reaktion der Vegetation auf den Klimawandel schwer zu prognostizieren ist.

man entnimmt. Es ist bereits ein No-Go, genau so viel Wasser zu entnehmen, wie neu entsteht, weil dann für den Lebensraum, die Flüsse oder die Pflanzen nichts mehr übrig bleibt.«

Auch für den Regenwald am Amazonas könnten die sinkenden Grundwasserspiegel zum Problem werden. Denn hier regnet es keineswegs das ganze Jahr über. Regen- und Trockenzeiten wechseln sich ab. Sollte der Grundwasserspiegel soweit sinken, dass die Bäume

während der Trockenzeit mit ihren tiefen Wurzeln das Wasser nicht mehr erreichen, könnte der Wald mancherorts absterben. Das wäre eine weitere Belastung für den Regenwald, der durch Abholzung und Waldbrände ohnehin unter Druck steht.

Wichtige Erkenntnisse für Anpassungsmaßnahmen

»Eine solche Kombination von globalen Klimadaten mit einer Vielzahl von Modellen, die die Grundwasserneubildung simulieren, hat es vorher noch nicht gegeben«, betont Petra Döll, die die internationale Studie initiiert und koordiniert hat. »Insofern liefert unsere Arbeit auch wichtige Grundlagen für politische Maßnahmen – für Projekte und Initiativen, mit denen sich die Menschen in den betroffenen Gebieten rechtzeitig auf die Folgen des Klimawandels vorbereiten können.« So könnten effizientere Bewässerungsmethoden eingesetzt werden oder die bewässerten Flächen reduziert werden. Auch für die vielen Regionen, in denen die verschiedenen Modelle zu unterschiedlichen Abschätzungen der zukünftigen Grundwasseränderungen kommen, sind die Studienergebnisse relevant für künftige Anpassungsbemühungen. »Nehmen wir an, die berechneten potenziellen Abnahmen der Grundwasserneubildung lägen zwischen 10 und 40 Prozent. Wenn man jetzt sehr risikoavers ist, also Risiko vermeiden möchte, dann kann man Managementmaßnahmen ergreifen, um zukünftig auch mit 40 Prozent weniger auszukommen. Wenn man risikobereiter ist, macht man nur so viel, dass man mit 10 Prozent weniger gut auskommt.« ●



Der Autor

Tim Schröder, Jahrgang 1970, studierte Biologie mit dem Nebenfach Meeresphysik, volontierte bei der Nordwest-Zeitung und war anschließend Redakteur im Wissenschaftsressort der Berliner Zeitung. Seit 2001 arbeitet er als freier Journalist mit den Themenschwerpunkten Naturwissenschaften, Energie und Umwelt.

kontakt@schroeder-tim.de



MENSCH

UND KLIMAKRISE

Das Ende eines einmalig schönen, ruhigen Frühlingstages

Für den politischen Philosophen Darrel Moellendorf ist Klimapolitik eine Frage der globalen Gerechtigkeit

von Rolf Wiggershaus

Wie lassen sich die Chancen und Gefahren menschlicher Wirkmacht erkennen und einschätzen? Wie umgehen mit den Auswirkungen des menschlichen Handelns? Dazu forscht Darrel Moellendorf, der an der Goethe-Universität politische Philosophie lehrt. Ein Gespräch über Klimawandel, Moral, Gerechtigkeit und das Anthropozän.

Mächtiges gibt es vielerlei, doch nichts ist mächtiger als der Mensch: Was Sophokles im 5. Jahrhundert n. Chr. in seiner »Antigone« den Chor vortragen lässt, gehört längst zu den »Geflügelten Worten«. In der letzten Strophe heißt es dann, weniger warnend als vielmehr ahnungsvoll: »Im erfindenden Geiste/ Nimmer verhoffter Dinge Meister./ Geht er die Bahn, so des Guten/ Wie des Bösen.« Das klingt wie ein Vorblick auf unsere Gegenwart, für die der Atmosphärenchemiker Paul Crutzen den Namen »Anthropozän« vorschlug. Crutzen, der 1995 für seine Forschungen zum Ozonabbau den Nobelpreis für Chemie erhielt, hatte entdeckt, was er – wie andere Wissenschaftler – sich lange nicht vorzustellen vermochte und ihn an seinen Messungen zweifeln ließ: »dass so ein bisschen FCKW in der großen Atmosphäre solche Auswirkungen haben könnte«.

Wie umgehen mit solcher Macht von Menschen? Wie lassen sich ihre Chancen und Gefahren erkennen und einschätzen? Welche Verantwortung ergibt sich für wen daraus? Und schon stellen sich aufs Neue Kants alte Fragen: Was kann ich wissen? Was soll ich tun? Was darf ich hoffen? Kurz: Was ist der Mensch? Fragen, die gerade in Hinblick auf das Thema »Klimawandel« von großer Brisanz sind. Antworten sollte ein Gespräch mit Darrel Moellendorf erbringen, Professor für internationale Politische Theorie

und Philosophie an der Goethe-Universität. Seine aktuellen Themenfelder sind Klimawandel und Gerechtigkeit, die normative Bedeutung des Anthropozäns sowie Hoffnung.

Ungleichheit in Zeiten des Klimawandels

In den späten 1990er Jahren wurden globale Ungleichheit und globale Gerechtigkeit zentrale Themen für Darrel Moellendorf. Fragt man ihn nach Autoren, die für ihn dabei eine wichtige Rolle spielten, nennt er sogleich zwei Namen: Dale Jamieson, Professor of Environmental Studies and Philosophy an der New York University, und Henry Shue, Professor Emeritus of Politics and International Relation an der University of Oxford. »Sie sind die beiden philosophischen Großväter der Klimaforschung und haben in den frühen 1990er Jahren die ersten wichtigen philosophischen Texte zum Klima veröffentlicht.«

Mit dem Klimawandel und der zunehmenden Einsicht in seine Ursachen und Wirkungen kam für Moellendorf ein Faktor ins Spiel, der die Probleme von Armut, sozialer Ungleichheit und ungleicher Entwicklung in immer schärferem Licht hervortreten ließ. »Ungleichheit in Zeiten des Klimawandels« bedeutet: »Arme Länder sind besonders ausgesetzt und gefährdet und verfügen gleichzeitig über weniger Ressourcen, um sich zu schützen und anzupassen,

Die Hauptleidtragenden der Klimakrise leben weit weg vom reichen Westen, zum Beispiel in Bangladesch, wo im Juli 2020 der Fluss Padma über die Ufer trat und Tausende Menschen obdachlos wurden.

als die reichen Länder, die ihrerseits die Hauptverantwortlichen des Klimawandels sind.«

Das könnte die Relevanz von moralischen und verantwortungsbewussten politischen Betrachtungs- und Handlungsweisen steigern. Doch wie ist es darum bestellt? Offensichtlich, so Moellendorf, ist Kooperation seit Langem aufgrund starker Konkurrenz zwischen den Ländern schwierig. Seit dem Beginn internationaler Klimaverhandlungen sei eine gewisse Skepsis aufseiten der Entwicklungsländer zu beobachten, die befürchten, Klimavereinbarungen könnten ihre Entwicklungsaussichten eher verschlechtern. Diese Länder betrachteten es als ihr moralisches Recht, die eigene Entwicklung voranzubringen. Seit seinem 2014 erschienenen Buch »The Moral Challenge of Dangerous Climate Change« sei die allgemeine Lage noch

schlimmer geworden, weshalb er seinem nächsten Buch, das 2021 bei Oxford University Press erscheinen soll, den Titel »Mobilizing Hope« gegeben habe.

Ein Recht auf nachhaltige Entwicklung?

Einen Ansatzpunkt für Hoffnung sieht Moellendorf in dem 1992 im »United Nations Framework in Climate Change« formulierten »Recht auf nachhaltige Entwicklung«. »Wenn man das ernst nimmt, heißt das: Gerade weil Energie so wichtig für die gesellschaftliche Entwicklung ist, sollte eine globale Energiepolitik nicht die Kosten der Entwicklung erhöhen. Wenn es teurer ist, erneuerbare Energie zu produzieren als Energie aus fossilem Brennstoff, muss es irgendeine Art von Subvention seitens der hoch industrialisierten Länder geben.« Dies wäre, meint Moellendorf, ein Verhalten, das dem Umgang zivilisierter Länder miteinander angemessen wäre. »Das wäre keine Hilfe, sondern Gerechtigkeit.« Dann könnte die besonders umweltschädliche Kohle übersprungen werden, könnte man in Entwicklungsländern gleich in die erneuerbaren Energien einsteigen.

Das sind Überlegungen moralischer Art, die eine zu rationaler, nachhaltiger Allmendenutzung fähige menschliche Spezies voraussetzen. Doch die Realität in den hoch industrialisierten Ländern sehe so aus, sagt Moellendorf: »Gewissen politischen Kräften geht es um die Realisierung ihrer Investitionen in fossile Brennstoffe, die auf Jahrzehnte angelegt sind. Australien, auch China, versorgen Länder mit Kohlekraftwerken und Kohle, die davon verschont bleiben sollten.« Die Atmosphäre sei ja ein Gemeinschaftsgut der ganzen Menschheit. Sie weiterhin wirtschaftlichen und politischen Interessen bedenkenlos als Deponieraum für Emissionen zu überlassen – das bedeutet für Moellendorf deren Missbrauch und Schädigung ungeachtet besseren Wissens und besserer Möglichkeiten. Das Recht auf nachhaltige Entwicklung ernst zu nehmen, wäre das genaue Gegenteil davon – und das Korrektiv einer Strategie kurzfristiger Vorteilsnahme, die Klimaschutzpolitik hintertreibt.

Klimaschutz und Klimaanpassung – Strategien unterschiedlichen moralischen Niveaus

Man müsse unterscheiden zwischen Klimaschutz und Klimaanpassung, erklärt Moellendorf. Das Pariser Abkommen, das 2015 geschlossen wurde, machte die Vermeidung gefährlichen Klimawandels zur gemeinsamen Aufgabe aller Staaten. Als langfristiges Ziel wurde die Begrenzung des globalen Temperaturanstiegs auf weniger als 2 Grad Celsius gegenüber dem vorindustriellen Niveau festgelegt. Außerdem präsentierte jedes Land ein eigenes klimapolitisches Pro-

AUF DEN PUNKT GEBRACHT

- Der Atmosphärenchemiker Paul Crutzen hat die Bezeichnung »Anthropozän« für unser Zeitalter aufgegriffen und bekannt gemacht, um ein neues Niveau menschlicher Macht und Verantwortung auszudrücken.
- Für den politischen Philosophen Darrel Moellendorf kommt mit dem Klimawandel ein Faktor ins Spiel, der das Gefälle zwischen reichen und armen Ländern vergrößert. Das unterstreicht die Dringlichkeit des »Rechts auf nachhaltige Entwicklung«.
- Klimaschutz und Klimaanpassung sind Strategien unterschiedlichen moralischen Niveaus. Klimaschutz zielt auf Begrenzung des globalen Klimanstiegs auf unter 2 Grad Celsius. Klimaanpassung kann entsolidarisierend wirken, da die Möglichkeiten zur Bewältigung der Folgen der Erderwärmung höchst ungleich verteilt sind.
- Nicht Kritik am Wirtschaftswachstum, sondern die Förderung und Beschleunigung der Umstellung auf erneuerbare Energiequellen ist für Moellendorf entscheidend für die Reduktion von Treibhausgasen. Darin könne eine Chance für Entwicklungsländer liegen.
- Skepsis hinsichtlich des Potenzials von Klimaschutzmaßnahmen zwingt nach Moellendorfs Überzeugung dazu, zumindest jene Varianten von Geoengineering ins Auge zu fassen, die auf die Entfernung von CO₂ aus der Atmosphäre abzielen.



gramm. »Es gab keinen Zwang«, so Moellendorf: »Jedes Land trug seine eigene Agenda bei. Nur dadurch wurde das Pariser Abkommen möglich.« Aber die Versprechen reichten zusammen genommen nicht für die vereinbarte Begrenzung auf weniger als 2 Grad Celsius. Es fehlte eine gemeinsame Aufteilung des bei solcher Begrenzung zulässigen globalen Kohlenstoffbudgets auf die einzelnen Staaten. Das ist bis heute nicht nachgeholt worden, und die Chancen, dass dies noch geschieht, sind spätestens seit dem Ausstieg der USA aus dem Abkommen gleich null.

So spielt Klimaanpassung in Form von Deichbauten etwa oder der allgemeinen Verwendung von Klimaanlage in Häusern und Verkehrsmitteln eine umso größere Rolle. Dabei ist leider für die reichen Länder Zusammenarbeit weniger nötig als beim Klimaschutz – umso weniger, je kurzfristiger und räumlich begrenzter gedacht und gehandelt wird. »Wenn jedes reiche Land sich selbst schützen und auf diese Weise dem Klimawandel anpassen kann, verringert das den Druck und die Chancen für die Zusammenarbeit zwischen reichen und armen Ländern. Die Gefahr besteht darin, dass die armen Länder die Anpassung allein finanzieren müssen. Je weniger wir beim Klimaschutz kooperieren, desto höher ist die Rechnung für die Anpassung, die viele arme Länder möglicherweise allein bezahlen müssen.«

Zwei Hoffnungen bleiben, meint Moellendorf. Die eine setzt auf moralisches Denken und

Handeln als spezifisch menschliche Fähigkeit: Die Menschen in den hoch entwickelten Ländern könnten es als ihre Pflicht und als eine Frage der Gerechtigkeit ansehen, Menschen in den Entwicklungsländern zu unterstützen. Doch das habe bisher nicht funktioniert. Die andere Hoffnung setze auf einen Sinn für kluges Eigeninteresse, indem »die hoch industrialisierten Länder sich klarmachen, dass keine Mauer hoch genug und kein Meer tief genug ist, um sie vor den Problemen der Entwicklungsländer und den davor fliehenden Menschen zu schützen«.

Weitere Hoffnungen bleiben notwendigerweise vage. Eine internationale Bewegung junger Menschen, die früh langfristig zu denken beginnen, wird sich angesichts eines zunehmend krisenhaften und spürbaren globalen Klimawandels vielleicht nicht mehr mit Kompensationen und Ablenkungen abspesen lassen.

Ohne Geoengineering geht es nicht

Wachstumskritik hat für Moellendorf keinen Vorrang. Zwar brauchten wir eine andere Art von Wachstum, bei der es nicht nur um ökonomische, sondern auch um menschliche Entwicklung gehe – eine v. a. von dem Wirtschaftswissenschaftler Amartya Sen prominent vertretene Position. Aber zunächst würde eine Minderung des Wachstums in den hoch industrialisierten Ländern wegen der globalen Verflochtenheit die Situation in den Entwicklungsländern erschweren. Für wichtiger hält Moellendorf eine Politik, die Hoffnung auf eine bessere Zukunft gerade in

Schlechte Ernte: In Sansibar (Tansania) ernten Frauen Seetang, um daraus Kosmetik und Arznei herzustellen. Die als Folge des Klimawandels steigenden Wassertemperaturen schaden dem Tang jedoch, er stirbt vorzeitig ab.

den Entwicklungsländern macht, Hoffnung erst einmal auf Wohlstand für alle. Allerdings sollte es dabei sobald wie möglich um ein »Wachstum ohne fossil fuel« gehen. Doch auch das rangiert vorerst noch unter »bloße Hoffnung«.

Und so geht es schließlich auch um Geo-engineering. Bereits 2015 gab Moellendorf bei einer Podiumsdiskussion zum Thema »Klimawandel und Gerechtigkeit« in Bad Homburg zu bedenken: Es gibt keine Alternative zu einer ehrgeizigen Energiewende, und zwar global. Aber wenn es nicht gelingt, durch Reduktionsverpflichtungen allein die Erderwärmung auf 2 Grad zu begrenzen, muss Klimaschutz durch andere Mittel ergänzt werden. Erst dann schlägt die Stunde der Klimaingenieure und der Dämpfung des globalen Temperaturanstiegs mit anderen technischen Mitteln. Das Spektrum der von ihm erwähnten Projekte reichte vom Aufspannen globaler Sonnenschirme durch Aerosole in

also nicht ohne die Entwicklung und das Testen neuer technischer Strategien. Projektiert und probiert wird vielerlei. Bei all diesen Unternehmungen, so Moellendorf, sei stets mit zu bedenken: Wie weit mindern oder steigern sie distributive Ungerechtigkeit?

Der Mensch zerstört seine eigene »Bühne«

Klimageschichtlich, so war im abermals heißen und trockenen Sommer des Jahres 2020 in der »Süddeutschen Zeitung« zu lesen, bot die Erde der Menschheit für die ungewöhnlich lange Zeit von knapp 10000 Jahren eine stabile Bühne. Sie machte die Menschheit zum Nutznießer eines einmalig schönen, ruhigen Frühlingstages. Nach fast zwei Millionen Jahren, in denen Menschen als Jäger und Sammler existiert hatten, begann mit Ackerbau und Viehzucht und der »Neolithischen Revolution« die Geschichte der menschlichen Zivilisation. »Man makes himself« lautete der Titel eines 1936 erschienenen und mehrfach aktualisierten Buches des australischen Prähistorikers Vere Gordon Childe. Doch wie klingt das heute, in einer Zeit, in der die Bühne der Menschheitsgeschichte ihre Stabilität verloren hat und wie ein Kartenhaus auseinanderzufallen beginnt?

Der Philosoph Moellendorf spitzt die sich ergebende Problematik auf zwei Fragen zu. Wenn man Schritt für Schritt immer neue Teile eines Menschen dank fortschreitender technischer Möglichkeiten künstlich ersetzt oder verbessert – »Ist das dann noch ein Mensch oder schon etwas anderes?« Wenn der Mensch alle Komponenten seiner Umwelt für manipulierbar hält und sie tatsächlich auch manipuliert – »Gibt es dann überhaupt noch Natur als etwas unabhängig von menschlicher Zurichtung Entstandenes und Erfahrbares?« Moellendorf hält den Begriff »Anthropozän« für unser Zeitalter für angemessen – und sehr bedeutungsschwer. »Wir sind jetzt am Ende des Gesprächs beim Thema »Anthropozän« angelangt. Das Anthropozän ist eine Zeit, die total anders ist als alles, was Menschen früher erlebt haben: Es gibt keinen Ort, der nicht von ihm gezeichnet ist.« ●

der Stratosphäre bis zur Verpressung von Treibhausgasen in der Tiefe. In Norwegen beispielsweise entstand bereits Ende des vorigen Jahrtausends eine Anlage, die Kohlendioxid, das zusammen mit Erdgas aus dem Boden kommt, abtrennt und sofort wieder zurück in die Tiefe leitet. Inzwischen ist daraus ein groß angelegtes Projekt für das Geschäft mit CCS (Carbon Capture and Storage) geworden.

Heute ist für Moellendorf erst recht klar: »Es gibt schon zu viel CO₂ in der Atmosphäre. Wir müssen nicht nur unsere Emissionen auf null senken, sondern auch CO₂ aus der Atmosphäre entfernen und irgendwo in der Erde oder dem Meer versenken und lagern.« Mit Mitteln wie dem Pflanzen von Bäumen sei das Problem nicht zu lösen. Für so viele Bäume, wie dafür nötig wären, sei gar nicht genug Platz auf der Erde, der ja auch dafür gebraucht wird, alle Menschen zu ernähren. Will man die destruktiven Wirkungen des wachsenden Wohlstands der Industriegesellschaften bewältigen, geht es



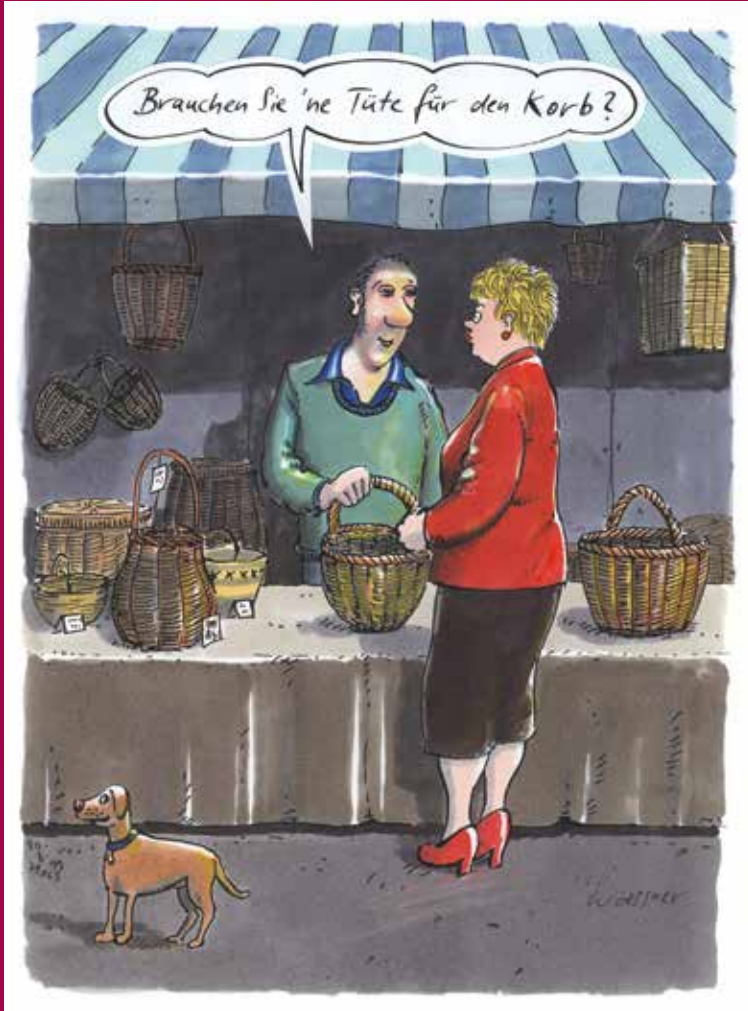
Zur Person

Darrel Moellendorf ist Professor für Internationale Politische Theorie und Philosophie an der Goethe-Universität mit den Schwerpunkten politische Umwelt- und Moralphilosophie. Seine philosophische Forschung ist v. a. durch die aktuellen Probleme der Welt, in der wir leben, bestimmt.

Der Autor

Dr. Rolf Wiggershaus ist Dozent an der Universität des Dritten Lebensalters und freier Autor mit dem Schwerpunkt Gesellschaft und Natur.
wiggersh.r@t-online.de

MIT SPITZER FEDER



Humor ist, wenn man trotzdem lacht. Im Fall des Klimawandels und angrenzender Themen kann es allerdings durchaus passieren, dass einem dabei der ein oder andere Glückser schmerzhaft im Halse stecken bleibt. Dem Berliner Zeichner und Karikaturisten **Freimut Wössner** gelingt es wie kaum einem anderen, die kleinen und großen Unzulänglichkeiten menschlicher Individuen mit der Feder aufzuspießen. Der Themenkreis Klimakrise und Umweltschutz bietet hierfür viel Stoff: Maßlose Konsumgelüste und unreflektierte Bequemlichkeit, dabei aber den Umweltschutz immer wacker auf den Lippen – niemand ist wirklich ganz davor gefeit und bekommt von Wössner einen Spiegel vorgehalten. Vielleicht helfen dem gebürtigen Schwaben dabei seine acht Semester Psychologiestudium, die er in München, Marburg und Saarbrücken absolviert hat. F.W. Bernstein nannte Wössner einst einen »Chronisten unseres postmodernen Biedermeiers«. asa



Ich konsumiere, also bin ich

Warum nachhaltiges
Konsumverhalten so schwierig ist

von Birgit Blättel-Mink



Die moderne Industriegesellschaft beruht auf einem konsumistischen Verhalten ihrer Mitglieder: Was ich mir leisten kann, das prägt meine soziale Stellung. Dies im Interesse der Nachhaltigkeit zu ändern, wird aus soziologischer Sicht einige gesellschaftliche Kraftanstrengung verlangen.

Konsum ist ein mehrphasiger Prozess. Er beginnt mit Bedürfnisgenese und Informationsgewinnung, setzt sich fort mit der Entscheidung für ein spezifisches Produkt, der Nutzung bzw. dem Verbrauch und endet mit der Entsorgung. Nachhaltig ist den Vereinten Nationen und ihrem Sustainable Development Goal (SDG) Nr. 12 zufolge der Konsum (und die Produktion) von Gütern, der Grundbedürfnisse befriedigt und die Lebensqualität der Menschen verbessert und gleichzeitig die Nutzung natürlicher Ressourcen und giftiger Materialien sowie den Abfall und den Eintrag von Schadstoffen in Boden, Luft und Wasser über den Lebenszyklus eines Produkts hinweg minimiert. Ein solcher Konsum würde dazu führen, dass die Bedürfnisbefriedigung zukünftiger Generationen im globalen Kontext gewährleistet wäre – nicht zuletzt indem der fortschreitende von Menschen gemachte Klimawandel mit seinen fatalen Folgen für Menschen und Tiere zumindest verlangsamt würde.

Was heißt das für unseren alltäglichen Konsum? Wir sollten alle weniger Fleisch essen, auf Einweggeschirr verzichten, weniger Nahrungsmittel wegwerfen, Strom sparen, mehr laufen und Fahrrad fahren, weniger Flugreisen unternehmen, und wir sollten darauf achten, dass Produkte, die wir kaufen, fair produziert wurden – wir sollten also insgesamt bewusster konsumieren. Diese Vorschläge des »Nachhaltigen Warenkorb« (Renn Süd, 2020) hören sich allesamt vernünftig an. Wer sich an solche Vorgaben hält, lebt höchstwahrscheinlich gesünder und mit einem besseren Gewissen. Dies belegt auch die jüngste Umweltbewusstseinsstudie in Deutschland, bei der nur 19 Prozent der Befragten der Meinung waren, dass Bürgerinnen und Bürger genug oder eher genug für den Umwelt- und Klimaschutz tun; 78 Prozent sprachen sich jedoch dafür aus, dass wir zugunsten der Umwelt »alle

bereit sein sollten, unseren derzeitigen Lebensstandard einzuschränken« (BMU, 2019).

Konsum schafft Identität

Warum aber wird der Konsum insgesamt nicht nachhaltiger? Die Menge an Verpackungsmüll nimmt stetig zu, immer mehr Mikroplastik verunreinigt die Weltmeere, überdüngte Felder beeinträchtigen die Qualität des Trinkwassers. Aus soziologischer Sicht ist Konsum mehr als nur z.B. ein Brot zu kaufen und es zu essen. Vielmehr wird Konsum als ein »Set von Praktiken« verstanden, »die es Menschen ermöglichen, Selbst-Identität auszudrücken, die Zugehörigkeit zu sozialen Gruppen zu kennzeichnen, Ressourcen zu akkumulieren, soziale Distinktion zu demonstrieren und Teilhabe an sozialen Aktivitäten sicherzustellen« (Heiler et al., 2009: 37). Konsum dient dem Individuum zwar zur Bedürfnisbefriedigung, aber auch zur Identitätsgewinnung und -sicherung und zur Distinktion, zur Unterscheidung von anderen. Konsum ist demnach eine Form des sozialen Handelns mit umfassenden individuellen, aber auch gesellschaftlichen Funktionen. Konsum sichert Beschäftigung und Wachstum. Konsum ist einer der tragenden Pfeiler der modernen Gesellschaft. Den Konsum zu transformieren und damit auch zu reduzieren, um Verantwortung für die jetzt und in Zukunft lebenden Generationen zu übernehmen, erweist sich damit als ein wenig wahrscheinliches Unterfangen – es sei denn, nachhaltiger Konsum eröffnet die Chance auf nachgefragte soziale und kulturelle Ressourcen, beispielsweise soziale Anerkennung.

Beim Blick in die Vergangenheit lässt sich die enge Verbindung zwischen Konsum und Anerkennung konkretisieren: In vorindustriellen Gesellschaften war »demonstratives Konsumieren«, also zu zeigen, was man hat bzw. was man sich leisten kann, dem Adel vorbehalten.

»Konsumtempel«: Sozialer Status und Konsumverhalten gehen in der modernen Gesellschaft oft Hand in Hand. Ladengalerien wie die Frankfurter »My Zeil« tragen dem mit vielfältigen Shopping-Angeboten Rechnung.

Literatur

Baudrillard, Jean:
The consumer society.
Myths and structures,
Sage, London 1998.

Blättel-Mink, Birgit und
Hickler, Thomas: Nachhaltige
Entwicklung in einer
Gesellschaft des Umbruchs.
Zur Einführung, in: Blättel-
Mink, Birgit, Hickler, Thomas,
Küster, Sybille und Becker,
Henrike (Hrsg.): Nachhaltige
Entwicklung in einer
Gesellschaft des Umbruchs.
Zur Einführung, Springer VS,
Wiesbaden 2021 (im Druck).

BMU – Bundesministerium für
Umwelt, Naturschutz und
Nukleare Sicherheit: Umwelt-
bewusstsein in Deutschland
2018. Ergebnisse einer
repräsentativen Bevölkerungsu-
mfrage, BMU, Berlin 2019.

Geiger, Theodor:
Die Klassengesellschaft im
Schmelztiegel, Kiepenheuer,
Köln 1949.

Heiler, Florian, Schmalnauer,
Martina, Schmutz, Petra,
Brunner, Karl-Michael, Stugla,
Alfred et al.: Sustainable
lifestyles: Nachhaltige
Produkte, Dienstleistungen
und Lebensstile hervorbringen:
Analyse von Lebensstiltypologi-
en, Gestaltungsmöglichkeiten
für Unternehmen, Einbindung
von KonsumentInnen und Stake-
holdern, BMVIT, Wien 2008.

Jäger, Sina: Konsum und
Suffizienz. Barrieren
konsequenter Nachhaltigkeit,
Masterarbeit Goethe-Univer-
sität Frankfurt am Main 2019,
unveröffentlichtes Manuskript.

Renn Süd: Der Nachhaltige
Warenkorb, 2020,
[https://www.nachhaltiger-
warenkorb.de/der-nachhaltige-
warenkorb](https://www.nachhaltiger-
warenkorb.de/der-nachhaltige-
warenkorb)
(Zugriff 3.11.2020).

Zurek, Bianka:
Suffizienzbarrieren in der
Mobilität: Die Bedeutung
des Carsharings als Suffizienz-
maßnahme, Bachelorarbeit
Goethe-Universität Frankfurt
am Main 2019, unveröffent-
lichtes Manuskript.

In der bürgerlichen Gesellschaft machten sich die oberen sozialen Schichten solche Mechanismen der Demonstration und auch der Distinktion, also der Abgrenzung von anderen sozialen Schichten oder Klassen durch Konsum, zu eigen. Um allerdings z.B. als Eigentümer eines Unternehmens seinen distinktiven Konsum aufrechterhalten zu können, braucht es Menschen, die das wachsende Angebot der produzierten Güter nachfragen. Damit entwickelte sich der Massenkonsum der Lohnarbeitenden. Die Industriegesellschaft ist auch eine Konsumgesellschaft, und Konsumerismus ist ihr kulturelles Substrat, eine gesellschaftlich normierte Lebenshaltung also, die darauf ausgerichtet ist, das Bedürfnis nach Konsumgütern stets zu befriedigen. Bereits 1949 hat der Soziologe Theodor Geiger festgestellt, dass in einer solchen Gesellschaft nicht mehr die soziale Stellung den »geziemenden Verbrauch« bestimmt, sondern der »erschwingliche Verbrauch« das soziale Ansehen des Einzelnen.

Die Schranken in den Köpfen hinterfragen

Der bis heute konsumintensive westliche Lebensstil hat einen sehr großen Anteil daran, dass die Klimaforschung von einer Erderwärmung um 2,5 bis 5,5 Grad Celsius ausgeht und ein »Weiter so« als fatal betrachtet. In der Einführung zu einem Sammelband, der von Frankfurter Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern herausgegeben wird, heißt es: »Um die für eine Begrenzung des Klimawandels und den Erhalt unserer natürlichen Lebensgrundlagen unabdingbaren gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Transformationen durchzusetzen, müssen wir es wagen, eine andere Welt zu denken und die Schranken in unseren Köpfen hinterfragen.« (Blättel-Mink und Hickler, 2021)

Solch eine andere Welt bzw. eine andere Form des Konsumierens bieten sogenannte Unverpacktläden an, die es ermöglichen, Nahrungsmittel und Güter des täglichen Bedarfs in eigens dafür mitgebrachte Behälter abzufüllen und somit weitgehend auf Umverpackungen von Konsumgütern zu verzichten. Im Rahmen ihrer Masterarbeit an meinem Schwerpunkt hat Sina Jäger Personen befragt, die auf solche Angebote zurückgreifen. Auch wenn die Befragten allesamt sehr motiviert sind, diese Form nachhaltigen bzw. suffizienten Konsums zu realisieren, so belegt die durchgeführte Gruppendiskussion doch, dass es mannigfaltige Barrieren gibt. (Suffizienter Konsum stellt sich dabei als eine Form nachhaltigen Handelns dar, die anders als z.B. die Effizienzorientierung ein »Weiter so« nicht akzeptiert, sondern einen tiefgreifenden Wandel des Konsums (aber auch der Produktion) fordert. »Weniger ist mehr«!)

Folgende Barrieren zeigten sich hinsichtlich der Durchsetzung von Suffizienz: Da ist zunächst die als schwierig wahrgenommene Überwindung eingespielter Routinen: »Und ja und halt schon diese Gewohnheit, dass man eben immer auch dann Tüten und Behältnisse halt dabei hat. Ich hab das immer wieder versucht, mir anzuewöhnen und hab dann Sachen in meinen Rucksack gepackt und dabeigeht und dann war ich einkaufen, dann waren die Tüten voll, dann habe ich die in der Küche hingetan und dann hatte ich wieder keine mehr im Rucksack ... und ja, wo ich halt schon gemerkt hab, man muss es dann viel mehr planen, man muss sich dann weiter im Voraus überlegen, wann gehe ich einkaufen und was kaufe ich dann und was brauche ich dafür und da ist halt irgendwie mehr Denkaufwand nötig.« (Jäger, 2019: 65)

Nachhaltiger Konsum als tägliche Herausforderung

Neben Routinen werden weitere Barrieren suffizienten Konsums identifiziert. Es gibt keine soziale Anerkennung vonseiten der gesellschaftlichen Mehrheit, die auf ihrem »Naturrecht auf



Die Autorin

Birgit Blättel-Mink, 63, ist Professorin für Soziologie mit dem Schwerpunkt Industrie- und Organisationssoziologie. In Lehre und Forschung beschäftigt sie sich mit Fragen nachhaltiger Entwicklung und sozialer Innovationen – v. a. in Bezug auf Ernährung und Mobilität. Zudem beschäftigt sie sich mit Theorie und Praxis Transdisziplinärer Forschung und untersucht Arbeitsbedingungen von Frauen an der Hochschule. Sie ist Mitglied des Koordinierungsgremiums des Netzwerks Verbraucherschutzforschung beim Bundesministerium für Justiz und Verbraucherschutz und Vorsitzende der Deutschen Gesellschaft für Soziologie. Demnächst erscheint der von ihr und weiteren Frankfurter Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern herausgegebene Sammelband zum Thema »Nachhaltige Entwicklung in einer Gesellschaft des Umbruchs« (VS Verlag, Wiesbaden).

b.blaettel-mink@soz.uni-frankfurt.de



Überfluss« (Baudrillard, 1998) besteht und dementsprechend »Mangelkonsum« wenig wertschätzt; deshalb muss man sich für eine solche Form des nachhaltigen Konsumierens gar rechtfertigen – beispielsweise wenn die Einhaltung von Hygienestandards in Unverpacktläden angezweifelt wird. Zudem geben die Befragten an, dass es gar nicht so leicht sei, angesichts des vielfältigen Angebots Verzicht zu leisten, z.B. auf Gemüse aus anderen Ländern zu verzichten, welches in der eigenen Region saisonal bedingt nicht angeboten wird. Deutlich wurde in der Befragung auch, welche alltägliche Herausforderung es mit sich bringt, die eigenen nachhaltigen Vorgaben konsequent umzusetzen. So geben die Befragten an, bereits morgens zu planen, wie der Tag gestaltet wird, was man sich zu essen mitnimmt oder wo man etwas einkaufen kann ohne Plastikverpackung. Die Logistik der Suffizienz gestaltet sich alles andere als einfach.

Dass diese Ergebnisse auch für andere Handlungsfelder gelten, belegt Bianka Zurek (2020) in ihrer Bachelorarbeit für die alltägliche Mobilität. Sie hat, ebenfalls im Rahmen einer Gruppendiskussion, hochmobile Personen zum Thema Carsharing befragt. Ein nur wenig überraschendes Ergebnis ist, dass die Vorstellung, auf den Pkw vor der Haustür zu verzichten, für die Befragten eine große Herausforderung darstellt. Genannt werden vielfältige Gründe, warum man nicht auf Carsharing umsteigen möchte: die Verfügbarkeit, die unzulängliche Wartung, das vermeintlich wenig verantwortliche Handeln der anderen Nutzerinnen und Nutzer oder die vergleichsweise hohen Kosten. Dabei fällt auf, dass die angeführten Barrieren nicht immer den Tatsachen entsprechen. So ist z.B. das Netz von Carsharing-Angeboten, zumindest im städtischen Kontext, heute sehr engmaschig.

Das eigene Auto ist in Deutschland Standard

Motorisierter Individualverkehr spielt in Deutschland immer noch eine sehr große Rolle. So

geben 70 Prozent der Befragten in der Umweltbewusstseinsstudie an, das eigene Auto täglich oder mehrmals die Woche zu nutzen, dagegen nutzen lediglich 22 Prozent täglich oder mehrmals die Woche den öffentlichen Personennahverkehr. Vom Wandel des Verkehrs in Richtung Nachhaltigkeit sind wir also weit entfernt – und das trotz hohen Umweltbewusstseins in der Bevölkerung. Natürlich gibt es Personengruppen, die auf ein eigenes Auto verzichten, aber das sind immer noch Ausnahmen: die ältere Frau auf dem Land, die sich kein eigenes Auto leisten kann, Jugendliche in der Stadt, die aufgrund der zunehmenden Fahrradfreundlichkeit und der attraktiven Nahverkehrsangebote kein Auto benötigen. Aber beide Gruppen haben nicht in erster Linie die Umwelt im Blick, sondern handeln so wegen ihres geringen Einkommens oder – im Fall der Jugendlichen – aufgrund ihrer Mediennutzung, die es ihnen erlaubt, schnell an Informationen zu gelangen.

Insgesamt sind es nicht nur die Konsumentinnen und Konsumenten, die ihr Verhalten ändern müssen; es muss einen gesamtgesellschaftlichen Willen geben, den Klimawandel aufzuhalten. Die Wirtschaft muss mehr klimafreundliche Güter anbieten; konsequent nachhaltiger, ja suffizienter, Konsum muss sozial wertgeschätzt werden, und die Politik sollte sich als verläSSLicher Partner auf diesem Weg zeigen. Momentan wird jedoch gerade Wirtschaft und Politik wenig Vertrauen entgegengebracht, den Herausforderungen des Klimawandels zu begegnen: Dass die Bundesregierung genug oder eher genug für Natur- und Klimaschutz tut, das glaubten 2018 lediglich 14 Prozent der Befragten. Noch einmal niedriger ist der Wert für die Wirtschaft mit 7 Prozent. Es gibt also noch einiges zu tun, und es wird gemeinsame Anstrengungen aller Akteure erfordern, in Post-Corona-Zeiten den unbestreitbar notwendigen Natur- und Klimaschutz gegen das Diktum vom Wirtschaftswachstum durchzusetzen. ●

Kein Abfall durch wiederverwertbare Behältnisse: Frankfurts angeblich erster Unverpacktladen nennt sich »gramm.genau« und ist in Bockenheim zu finden. Er wirbt damit, dass er unverpackt einkaufen so alltagstauglich und entspannt wie möglich gestalten möchte.

Wasser als Waffe

Durch den Klimawandel werden perfide Formen der Machtausübung noch wirksamer und schädlicher

von Christina Kohler



Seit jeher haben Konfliktparteien die Kontrolle über die Wasserversorgung genutzt, um ihre Herrschaft zu stabilisieren, Gegner zu schwächen oder territoriale Gewinne zu erzielen. Durch den globalen Klimawandel und die damit verbundene Wasserknappheit wird diese Praxis noch wirksamer und schädlicher. Um das Bewusstsein für dieses lang vernachlässigte Phänomen zu schärfen und die betroffene Bevölkerung zu unterstützen, ist ein interdisziplinärer Forschungsansatz unabdingbar.

Die Nutzung von Wasser und Wasserinfrastruktur als Waffe ist seit Langem Teil der Kriegsführung: Brunnen, Dämme, Reservoirs, Kläranlagen oder Pipelines werden gezielt angegriffen und zerstört, Trinkwasser wird mit Gift manipuliert. Ziel ist dabei, die eigene Herrschaft zu stabilisieren, die Zivilgesellschaft zu kontrollieren, Gegner zu schwächen oder Territorium hinzuzugewinnen.

Zum Beispiel haben während des Zweiten Weltkriegs in Europa und Asien verschiedene Kriegsparteien wiederholt Staudämme als strategische Bombenziele ins Visier genommen. Insbesondere die Deutschen nutzen diese Taktik vermehrt: Gegnerische Armeen wurden etwa in der Normandie durch die künstliche Überflutung des Flusses Ay bekämpft, besetzte Gebiete wie die Pontinische Ebene in Italien wurden überflutet, um nicht kollaborierende Bewohner zu bestrafen. Dennoch galt die Verwendung von Wasser als Waffe lange Zeit als ein außergewöhnliches und eher sporadisches Ereignis während bewaffneter Konflikte (von Lassow, 2020). Durch den weltweiten Klimawandel und die damit verbundene Wasserknappheit hat sich die strategische Bedeutung von Wasserressourcen und Wassersystemen erhöht, wodurch das Potenzial von Wasser als Waffe gewachsen ist und diese Taktik für Gewaltakteure attraktiver wurde.

Syrien: Regierung schneidet 5,5 Millionen Menschen vom Wasser ab

Seit 2011, als Massenaufstände im Mittleren Osten begannen, wurde aus Gebieten im Irak, in Syrien und im Jemen, die ohnehin von Wasserknappheit geprägt sind, immer häufiger berichtet, dass Wasser und Wasserinfrastruktur als Waffe für Gewalt instrumentalisiert werden. 2017 war den Medien zu entnehmen, dass die syrische Regierung in Damaskus gezielt Wasserressourcen attackiert hat, sodass 5,5 Millionen Menschen von der Versorgung abgeschnitten

wurden. Auch der sogenannte Islamische Staat setzte diese Taktik als integralen Bestandteil seiner Strategie zur Monopolisierung von Macht und zur Errichtung eines Kalifats ein und benutzte im Irak und in Syrien Dämme, Kanäle und Reservoirs, um den Regionen außerhalb ihrer Territorien Wasser und Energie zu entziehen und die Passierwege feindlicher Armeen zu fluten. In Somalia starben 2017 32 Zivilisten, die aus einem vergifteten Brunnen tranken, den Berichten zufolge die Al-Shabab vergiftet hatte, um somalischen Regierungskräften den Zugang zu Wasser zu verwehren. Auch aus der umkämpften Krimregion wurden in jüngster Vergangenheit Fälle der Nutzung von Wasser als Waffe gemeldet.

Eine Vielzahl von Beispielen, die das Pacific Institute gesammelt hat (<https://www.worldwater.org/water-conflict>), zeigt, dass Wasser als Waffe bei verschiedenartigen Konflikten zum Einsatz kommt: bei bewaffneten Konflikten, Bürgerkriegen, bei interkommunaler Gewalt und sozialen Konflikten. Die Gewaltakteure können sowohl staatliche Kräfte sein als auch nichtstaatliche. Erste Forschungsergebnisse zeigen, dass diese Praxis schon jetzt verheerende Auswirkungen auf vulnerable Gesellschaften in von Dürre geplagten Regionen hat (Kohler et al., 2019; Gleick, 2014). In Syrien hat dies dazu geführt, dass die Migrationsströme innerhalb des Landes, aber auch nach Europa wachsen. Trotz der Dringlichkeit des Problems bleiben die Zusammenhänge zwischen Wasserknappheit und der Verwendung von Wasser als Waffe bislang wenig erforscht. So bleibt unklar, welches Ausmaß das Phänomen global hat und wie es sich auf die Sicherheitslage auswirkt.

Die Forschung zu den Zusammenhängen zwischen klimabedingter Wasserknappheit und Konflikt priorisiert bislang die Rolle des Wassers

Dürre und Hungersnot machen das Überleben an vielen Orten auf der Südhalbkugel schwer und die dort lebenden Menschen zusätzlich vulnerabel. Unser Bild zeigt verhungerte Rinder im Masai-Land in Kenia.



Literatur

Benner, Ann-Kathrin/Brzoska, Michael, Kohler, Christina, Kroll, Stefan/Rothe, Delf, Scheffran, Jürgen, Schetter, Conrad, Schröder, Ursula, Wirkus, Lars: Fokus: Friedenspolitik in Zeiten des Klimawandels, 2020, in: Bonn International Center for Conversion (BICC); Leibniz-Institut Hessische Stiftung Friedens- und Konfliktforschung (HSFK); Institut für Friedensforschung und Sicherheitspolitik an der Universität Hamburg (IFSH)/ Institut für Entwicklung und Frieden (INEF) (Hrsg.), Friedensgutachten 2020, Bielefeld: transcript Verlag, 24-43.

Ide, T., Schilling, J., Link, J. S. A., Scheffran, J., Ngaruiya, G., Weinzierl, T.: On exposure, vulnerability and violence: spatial distribution of risk factors for climate change and violent conflict across Kenya and Uganda, *Political Geogr.*, 2014, 43:68-81.

Koubi, V.: Climate Change and Conflict in: *Annual Review Political Science* 22 (1), 2019, S. 343-360.

Kohler, C., Denner dos Santos, C., Bursztyn, M.: Understanding environmental terrorism in times of climate change: Implications for asylum seekers in Germany, in: *Research in Globalization* 1, 2019, 100006.

Von Lassow, Tobias: The Role of Water in the Syrian and Iraqi Civil Wars, *Italian Institute for international Political Studies*, 2020.

Gleick, P. H.: Water, Drought, Climate Change, and Conflict in Syria. *Weather, Climate, and Society*, 6 (3), 2014, 331-40. <https://doi.org/10.1175/WCAS-D-13-00059.1>

als Auslöser von Konflikten – wie beispielsweise im Fall der fortwährenden Streitigkeiten zwischen Äthiopien, Sudan und Ägypten über Infrastrukturprojekte wie Staudämme am Nil – oder Kooperationen. Die hier diskutierte Praxis ist eine andere: Wasser wird als Waffe verwendet und gezielt eingesetzt, um Personen zu schädigen oder der Bevölkerung den Zugang zu dieser natürlichen Ressource zu verwehren. Dies ist per se bedrohlich, da alles menschliche Leben auf Wasserressourcen und damit verbundenen Systemen beruht und deren Verknappung ganze Gesellschaften destabilisieren kann. Die Wechselwirkungen zwischen dem knapper werdenden Gut Wasser und der bewussten Verknappung führen außerdem zu einer neuen und ernst zu nehmenden Dynamik.

Wechselwirkungen zwischen Klimawandel und Konflikt

In vielen Regionen der Welt ist Wasserknappheit ein gravierendes Problem, das die Lebensgrundlage von Millionen Menschen beeinträchtigt und die Bevölkerung anfällig für die Nutzung von Wasser und Wasserinfrastruktur als Waffe macht. Der Weltklimarat IPCC prognostiziert, dass ein weltweiter Temperaturanstieg von 1,5 Grad Celsius bis 2050 dazu führen wird, dass 243,3 Millionen Menschen, d. h. 4 Prozent der Weltbevöl-

kerung, unter einem neuen und verstärkten Wassermangel leiden werden. Neben dem Bevölkerungswachstum, schwachen Institutionen und einer ineffektiven Verwaltung und Verteilung der Wasserressourcen ist der Klimawandel ein wesentlicher Faktor, der zur Wasserknappheit beiträgt. Somit ist anzunehmen, dass die Anzahl der vulnerablen Menschen steigt, die von einem Einsatz von Wasser und Wasserinfrastruktur als Waffe betroffen sein könnten – was diese Strategie für die Gewaltakteure noch attraktiver machen würde.

Während in der Forschung ein breiter Konsens darüber besteht, dass der Klimawandel Auswirkungen auf menschliche Gesellschaften, ihre Sicherheit und ihre Ökosysteme hat, bleibt die Frage umstritten, inwiefern er mit verschiedenen Arten von Konflikten in Verbindung gebracht werden kann (Friedensgutachten, 2020). In der Literatur werden zwei mögliche Zusammenhänge diskutiert: Die Beschleunigung des Klimawandels wirkt sich *direkt* über physiologische und/oder psychologische Faktoren sowie Ressourcenknappheit auf die Wahrscheinlichkeit von Konflikten aus oder aber *indirekt*, weil sie zu einer Verringerung der Wirtschaftsleistung und der agrarwirtschaftlichen Einkommen führt, zu steigenden Nahrungsmittelpreisen und zunehmender Migration (Koubi, 2019). Sowohl die direkte als auch indirekte Wirkung des Klimas auf Konflikte hängt in ihrer Intensität jedoch stets auch von anderen Faktoren ab: von Kontext und Region, Sozioökonomie und politischen Verhältnissen, aber auch von der Vulnerabilität und Resilienz lokaler Systeme.

Die empirische Forschung hat seit Langem gezeigt, dass Veränderungen in der Verfügbarkeit natürlicher Ressourcen von großer Bedeutung sind, da sie Klimawandel mit Konflikten verbindet: Von Armut geprägte Länder, die eine hohe Abhängigkeit von natürlichen Ressourcen haben, wie z.B. der Wasserverfügbarkeit für landwirtschaftliche Aktivitäten, sind *indirekt* sehr anfällig für Klimaereignisse; Konflikte sind dort häufig deutlich wahrscheinlicher (Ide et al., 2014). Klimawandelbedingte Ereignisse wie Stürme, Überschwemmungen und Erdbeben können die Wasserknappheit darüber hinaus *direkt* verursachen oder verstärken. Dies kann wiederum zu Konflikten führen, indem z.B. die öffentliche und private Wasserinfrastruktur beschädigt wird, Ernten zerstört werden oder Vieh getötet wird.

Die Nutzung von Wasser und Wasserinfrastruktur als Waffe könnte auf einen besonderen Mechanismus hinweisen, der Klimawandel und Konflikt miteinander verbindet. Gewaltakteure machen sich die klimabedingte Wasserknappheit zunutze, indem sie die gesteigerte Vulne-

AUF DEN PUNKT GEBRACHT

- Schon immer haben Menschen versucht, über die Manipulation von Wasserressourcen Gewalt über andere auszuüben. Beispiele aus jüngerer Zeit sind in Syrien und Somalia, im Irak und auf der Krim-Halbinsel zu finden.
- In der Wissenschaft galt diese Taktik jedoch bislang eher als Ausnahmererscheinung, die nicht spezifisch beforscht wurde.
- Der Klimawandel verschärft die Problematik für die Betroffenen, die ohnehin unter dem Schwinden der Wasservorräte leiden, und er macht die Taktik für die Gewaltakteure noch attraktiver.
- In Ländern, die sowieso von Ressourcenarmut geprägt sind, steigt mit den wachsenden Folgen des Klimawandels auch die Wahrscheinlichkeit von Konflikten.
- Dem gilt es durch umfangreiche Forschungen, Bewusstseinsbildung und entsprechende politische Maßnahmen vorzubeugen.

rabilität der Bevölkerung in Strategien zur Schädigung oder Kontrolle von Menschen einbeziehen. Infolgedessen beeinflusst das Klima den Konflikt, indem es eine Rolle in den taktischen Überlegungen der Gewaltakteure spielt. Da sich diese Praxis aus der klimawandelbedingten Wasserknappheit ergibt und folglich als wachsendes Risiko betrachtet werden kann, werden empirische Daten zu diesem Mechanismus dringend benötigt.

Ein drängendes Sicherheitsrisiko, das wissenschaftlicher Aufmerksamkeit bedarf

Die Nutzung von Wasser und Wasserinfrastruktur als Waffe hat bereits in zahlreichen Regionen der Erde zu mangelnder Sicherheit und zur Verschlechterung des wirtschaftlichen und sozialen Wohlergehens der Bevölkerung beigetragen. Es ist zu erwarten, dass das Wasser durch den Klimawandel noch knapper wird und dass es in Zukunft immer häufiger als Waffe instrumentalisiert wird – etwa im Mittleren Osten, wo Gewaltakteure sich diese Situation bereits strategisch zunutze machen. Durch den sich beschleunigenden Klimawandel könnte sich dieses Phänomen auf weitere insbesondere von Dürre belastete Regionen ausweiten und zukünftig zu einer mächtigen Waffe in unterschiedlichsten Arten von Konflikten werden.

Deshalb ist es dringend erforderlich, das Bewusstsein zu schärfen, damit der Zusammenhang zwischen Klimawandel und Konflikt und insbesondere der zwischen klimabedingter Wasserknappheit und dem Einsatz von Wasser als Waffe intensiver erforscht werden kann. Um die sicherheitspolitischen Implikationen dieser Strategie und ihre möglichen globalen Folgen zu verstehen, müssen Gewaltakteure und ihre Opfer identifiziert und kartiert werden. Außerdem muss untersucht werden, welche Rolle die klimabedingte Wasserknappheit in den taktischen Überlegungen der Gewaltakteure spielt, um die Mechanismen der Nutzung von Wasser als Waffe besser zu verstehen. Interdisziplinäre Studien sind hierfür von entscheidender Bedeutung. Einerseits müssen Klimaereignisse wie Dürren, die Wasserknappheit (mit-)verursachen, in ihren Erscheinungsformen und ihrer regionalen Ausprägung aus der naturwissenschaftlichen Erdsystemforschung analysiert werden. Andererseits braucht es eine sozialwissenschaftliche, sozioökonomische und politische Analyse des Anthropozäns, die auch die Vulnerabilität und Resilienz lokaler Systeme gegenüber Klimaereignissen betrachtet. Solch ein ganzheitlicher Ansatz, basierend auf einem Strauß von Forschungsmethoden aus unterschiedlichen Disziplinen, könnte das Verständnis für den Zusammenhang von Klima und Konflikt einen großen Schritt voranbringen. ●



Seit Beginn des Krieges im Südemen hat sich die dortige Wasserknappheit weiter verschärft. Hier füllen Kinder in der Stadt Taizz im Sommer 2020 Wasser aus einem Tanklastwagen in Kanister ab.



Die Autorin

Dr. Christina Kohler ist wissenschaftliche Mitarbeiterin am Leibniz-Institut Hessische Stiftung Friedens- und Konfliktforschung (HSFK). Ihr Forschungsschwerpunkt liegt auf den Wechselwirkungen zwischen globalen Umweltveränderungen und Frieden und Konflikt. Sie forscht z. B. dazu, welche Rolle die klimabedingte Knappheit natürlicher Ressourcen bei Gewaltausbrüchen spielt, welchen Einfluss das Vorhandensein grenzüberschreitender Wasserressourcen auf die Zusammenarbeit einerseits und auf Konflikte andererseits hat, aber auch über klimabedingte Migration.

kohler@hsfk.de

»Als sei die Erde ein für allemal Erde«

Wie die deutschsprachige Literatur vom Zeitalter
der Großen Beschleunigung erzählt

von Bernhard Malkmus

Der Klimawandel ist nicht die einzige drängende Zukunftsfrage, der sich die Menschheit stellen muss. Ein genauerer Blick in die Literatur des 20. Jahrhunderts zeigt, dass etliche namhafte Literaten sich in ihren Werken mit der systemischen Transformation ökologischer Systeme durch den Menschen auseinandergesetzt haben.

Quo vadis, Menschheit?
Alfred Döblin nimmt
bereits 1924 in seinem Roman
»Berge Meere und Giganten«
die großen Fragen der
Anthropozän-Debatte vorweg.

Im Sommer 1921 macht der deutsch-jüdische Arzt und Schriftsteller Alfred Döblin an der Ostsee Urlaub. Bei einem Strandspaziergang wird seine Aufmerksamkeit von einigen Kieselsteinen gefesselt. Zwischen Meer und Festland sind sie stets in Bewegung, kündigen von einem Zeithorizont, in den die menschliche Vorstellungskraft nicht eindringen kann. Döblin nimmt einen Kieselstein in die Hand. Die darin waltenden Erdkräfte offenbaren sich ihm in der Schönheit des Steins. »Es bewegte sich etwas in mir, um mich«, schreibt er später über diesen Augenblick (49).

Nach Berlin zurückgekehrt, stürzt sich Döblin in naturkundliche Studien und krepelt das Romanmanuskript, an dem er seit einiger Zeit sitzt, gründlich um. Vom Menschen zu sprechen, wie in der europäischen Romantradition seit Jahrhunderten üblich, ohne das große Ganze der Natur mitzudenken, erscheint ihm nun unzeitgemäß. Fieberhaft schreibt er den Roman

Berge Meere und Giganten um, der dadurch gleichermaßen technokratische Dystopie und naturphilosophische Reflexion wird. Döblin projiziert hier die Materialschlachten des Ersten Weltkriegs auf eine Menschheitsgeschichte, die er bis ins 27. Jahrhundert ausmalt. Das industrielle Töten durch Giftgas, Splittergranaten oder U-Boote, dessen Zeuge er als Lazarettarzt wurde, wächst an zu weltumspannenden Vernichtungskriegen und gipfelt schließlich im Versuch, den Eispanzer Grönlands abzuschmelzen, um neuen Siedlungsraum zu erschließen. Dabei werden urzeitlich wirkende Giganten freigesetzt, hybride Monster aus tierischen, pflanzlichen und mineralischen Bestandteilen. Sie stehen für die entfesselten Naturkräfte, mit denen der Mensch in seiner Zivilisationsgeschichte nie zusammenzuleben gelernt habe.

Vorboten der »Großen Beschleunigung«

Krieg ist hier nicht die »Fortsetzung der Diplomatie mit anderen Mitteln«, sondern ein Geschehen, das v. a. durch die industrielle Produktion angetrieben wird; Krieg geschieht, weil die Mittel dafür vorhanden sind. In der Betonung dieser Eigendynamik nimmt Döblin einen wesentlichen Aspekt dessen vorweg, was Historiker heute als die Große Beschleunigung (*Great Acceleration*) beschreiben. Damit wird die dramatische Explosion von Produktion und Konsum in den Industrieländern nach 1945 umrissen, die in immer neuen Globalisierungsschüben die Erde ökonomisch vernetzt und ökologisch homogenisiert hat. (Eine Folge davon erlebten wir Anfang des Jahres, als binnen weniger Wochen eine Epidemie zu einer Pandemie wurde.)

Die Große Beschleunigung wurde durch die Systemkonkurrenz zwischen Ost und West befeuert und umfasst die Nachkriegszeit bis zur Ölkrise Anfang der 1970er Jahre. Die statisti-





schen Kurven von Produktion und Konsum zeigen eine charakteristische Hockeyschlägerform: Mitte des 20. Jahrhunderts ist eine plötzliche und exponentielle Aufwärtsbewegung zu verzeichnen (Steffen et al.). Dieser Trend setzt sich fort, so dass man mit dem Beginn digitaler Globalisierungsschübe von einer zweiten Großen Beschleunigung seit den 1990er Jahren sprechen kann. Den Erdsystemwissenschaften verdanken wir immer genauere Kenntnisse darüber, in welchem Maße der gesamte Planet durch menschliche Aktivität transformiert wird. Denn nicht nur das Klima und die Atmosphäre werden durch den Menschen verändert, sondern auch andere zentrale Erdsysteme, durch deren Zusammenspiel das Leben auf der Erde ermöglicht und reguliert wird: Biosphäre, Hydrosphäre, Lithosphäre – und die chemischen Makrozyklen Kohlendioxid, Stickstoff, Phosphor:

»Die Wirkung menschlicher Aktivität steht, zusammengenommen, auf der gleichen Stufe mit anderen geologischen Ereignissen von planetarischer Dimension in der Erdgeschichte. [...] Das Anthropozän ist ein Wendepunkt in der Menschheitsgeschichte, in der Geschichte des Lebens und in der Geschichte der Erde.«
(Lewis und Maslin, 5)

Die Diskussion um das Anthropozän zeigt uns, dass die Verengung unserer Zukunftsfragen auf den Klimawandel nicht nur falsch, sondern auch gefährlich ist. Wie das Kaninchen auf die Schlange, so starren wir auf die Erderwärmung und blenden andere ökologische Belastungsgrenzen unseres Heimatplaneten aus, wie z. B. die Integrität biogeochemischer Kreisläufe und des Säurehaushalts in den Meeren oder die Unversehrtheit der Biosphäre und der Süßwasserressourcen. Jonathan Franzen schreibt treffend, »dass die Beschäftigung mit den Katastrophen der Zukunft uns hindert, lösbare Umweltprobleme im Hier und Jetzt anzugehen« (30).

Arbeit als »zweite Natur«

Philosophisch lässt sich die Große Beschleunigung, wie Hannah Arendt 1958 schreibt, als »Rebellion des Menschen gegen sein eigenes Dasein« beschreiben – gegen das, »was ihm bei der Geburt als freie Gabe geschenkt war und was er nun gleichsam umzutauschen wünscht gegen Bedingungen, die er selbst schafft« (10). Die neuzeitliche Tendenz zur »Weltentfremdung« kulminiere einerseits in der »Flucht vor der Erde in das Universum«, andererseits in der »Flucht aus der Welt in das Selbstbewusstsein« (15).

Wo ist hier das »Naturschöne«?
Vor »Teddy« Adorno im Nebel
des Engadins oder hinter ihm im
beigen Anorak?

Arendt sieht primär die Gefahr, dass sich Menschen nur noch durch ihre Arbeit an einer »zweiten Natur« als Menschen empfinden. Dadurch vergäßen sie einerseits die Abhängigkeit menschlichen Lebens vom Stoffwechsel mit der Natur und verlören andererseits die Fähigkeit, sich primär als politisches (und nicht als arbeitendes) Wesen zu begreifen – für Arendt eine Voraussetzung für funktionierende Demokratie.

Auch in der Literatur finden sich schon früh Spuren einer Auseinandersetzung mit diesen einschneidenden Veränderungen. Bereits 1957 hatte Samuel Becketts Einakter *Endspiel* auf vielen europäischen Bühnen die Zuschauer in eine Welt nach der Apokalypse versetzt. In die Erfahrung der extremen materiellen Beschleunigung der 1950er Jahre wirken auch die Erinnerungen an zwei Weltkriege fort: Der Mensch ist tatsächlich fähig, eine Welt der verbrannten Erde – ohne »Wälder«, »Regen« und »Natur«, wie es bei Beckett heißt – zu schaffen. Natürlich steht bei Beckett auch das atomare Wettrüsten im

Wie können wir in einer verletzten Biosphäre leben? Ingeborg Bachmann sucht nach einer lyrischen Antwort.



Raum, das sogenannte »Gleichgewicht des Schreckens«, die Mutually Assured Destruction (MAD). Während der Erhitzung des Kalten Krieges Anfang der 1960er Jahre verfasste Friedrich Dürrenmatt sein Stück *Die Physiker*. Darin wirft er nicht nur die ethische Frage auf, wie die Wissenschaft mit ihren Erkenntnissen umgehen solle (was in der Rezeption vorherrschte); in der Figur der »Irrenärztin« Fräulein Doktor Mathilde von Zahnd spielt Dürrenmatt darauf an, dass die ethische Selbstbefragung der Wissenschaft schon längst überholt sei von

dem, wovon der US-amerikanische Präsident Dwight Eisenhower in seiner Abschiedsrede 1961 gewarnt hatte: dem »militärisch-industriellen Komplex«.

Jüngers Drogen als Maschinenmenschen

Mit den erzählerischen Mitteln einer Dystopie hatte sich Ernst Jünger in *Gläserne Bienen* bereits 1957 durch verfestigte militärisch-industrielle Strukturen gearbeitet. Die Handlung spielt zwar in der Zukunft, doch die Hauptfigur, Rittmeister Richard, steht für die von den Materialschlachten des Ersten Weltkriegs zerstörte und in ihrem Glauben an die Verheißungen der Technik enttäuschte Generation. Auf der verzweifelten Suche nach Arbeit wird er beim Konzern Zapparoni vorgestellt, in dem Miniaturmaschinen hergestellt werden, darunter auch die titelgebenden Bienen: Spionageroboter, die Bienen perfekt imitieren und tatsächlich bereits als »Drohnen« bezeichnet werden. Sie laben sich am Nektar der Blüten, tragen aber nicht zur Bestäubung von Pflanzen bei. Damit verkörpern sie die ausbeuterische Haltung der »Maschinenmenschen«, in deren Dienst sie stehen, gegenüber der Natur. Jüngers Zapparoni-Imperium ist eine Allegorie für die Durchdringung weiterer Lebensbereiche durch Technologie – und eine Vorahnung dessen, was wir heute als Überwachungskapitalismus bezeichnen.

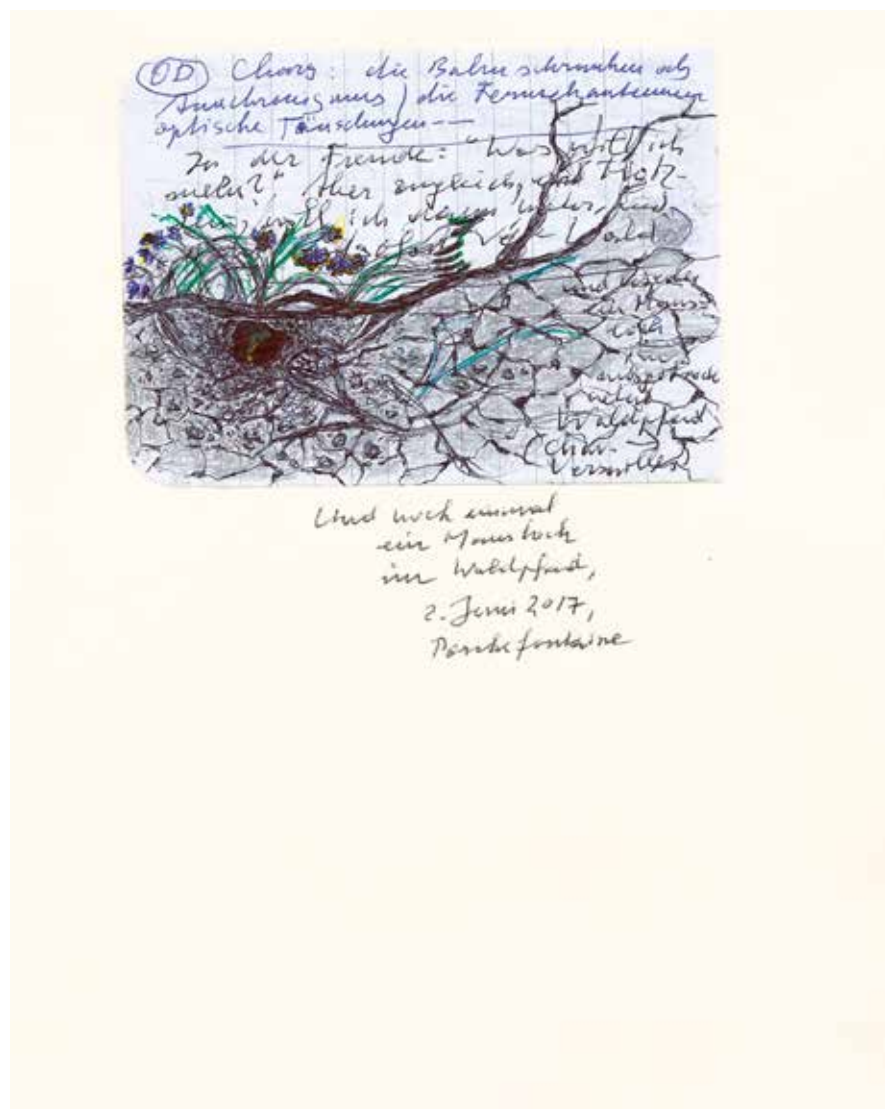
Im gleichen Jahr fasst Ingeborg Bachmann den Verlust der Weltbeziehung im Atomzeitalter und unter den Bedingungen der Großen Beschleunigung in eine absurden Metapher: In ihrem Gedicht »Freies Geleit (Aria II)« bittet die Erde um »freies Geleit ins All«, um jeden Tag dem Weltbaumeister Mensch zu entkommen – und dadurch zu gewährleisten, »daß noch tausend und ein Morgen wird / von der alten Schönheit jungen Gnaden.« Die Biosphäre ist auf einem anthropogen überformten Planeten nicht mehr zu Hause und kann ihre regenerative Kraft nurmehr in Form der Hoffnung auf ein Morgen weitergeben. Die lyrische Stimme schlüpft in die Rolle Scheherazades: Durch das Erzählen und die poetische Beschwörung der Erde, soll – wie in *Tausendundeine Nacht* – das Überleben gesichert werden. Die Erde könne aber auch »das Geschöpf ausspeien«, das ihr den »Rauchpilz« aufgezwungen habe. Dieses Ausgespien-Sein, den totalen Verlust zivilisatorischer Errungenschaften, thematisiert Marlen Haushofer 1963 in ihrem postapokalyptischen Roman *Die Wand*.

Während der 1970er Jahre – als nach der Ölkrise und dem ersten Earth Day das Bewusstsein für die globale ökologische Krise wuchs – finden sich auch in der Literatur Spuren einer rückblickenden Auseinandersetzung mit der Großen Beschleunigung. Peter Roseis *Entwurf für eine Welt ohne Menschen* (1975) gestaltet bei-

spielsweise in der Beschwörung einer idealtypischen Urlandschaft deren unwiederbringlichen Verlust. In Max Frischs experimenteller Novelle *Der Mensch erscheint im Holozän* (1979) wird ein pensionierter Homo faber in einem Alpental im Tessin durch eine Mure von der Außenwelt abgeschnitten. Dadurch wird er nicht nur mit seiner fortschreitenden Demenz konfrontiert, sondern auch mit den erdsystemischen Kräften, die die Geologie der Alpen formen, und mit den Eingriffen des Menschen, deren Folgen im Begriff stehen, selbst geologische Dimensionen anzunehmen: »Wenn das Eis der Arktis schmilzt, so ist New York unter Wasser.« Die Romanform selbst, Inbegriff der bürgerlichen Selbstreflexion, erodiert gleich mit: »Romane eignen sich in diesen Tagen überhaupt nicht, da geht es um Menschen in ihrem Verhältnis zu sich und zu andern, um Väter und Mütter und Töchter beziehungsweise Söhne und Geliebte usw., um Seelen, hauptsächlich unglückliche, und um Gesellschaft usw., als sei das Gelände dafür gesichert, die Erde ein für allemal Erde, die Höhe des Meeresspiegels geregelt ein für allemal.« (16)

Handke auf der Suche nach der Eigenzeit der Erde

Peter Handke schreibt sich zur gleichen Zeit aus einer Schaffenskrise heraus – mit einer Schreibweise, die auf Frischs existenzielle Verunsicherung zu reagieren scheint. In seinen Erzählungen *Langsame Heimkehr* (1979) und *Die Lehre der Sainte-Victoire* (1980) schickt er den Geologen Valentin Sorger von Alaska über Kalifornien, die Ostküste, Südfrankreich nach Salzburg. Diese Reise ist nicht nur Abschied und Ankunft; sie ist auch eine *éducation écologique*, ein langsames Einüben in die Fähigkeit, durch die Schichten der menschlichen Zivilisation hindurch die Eigenzeit der Erde aufzuspüren: »Er hatte die Umwelt in jeder geringsten Form – einer Rille im Stein, einer wechselnden Färbung im Schlamm, dem vor einer Pflanze angewehnten Sand – ernst zu nehmen, wie nur ein Kind

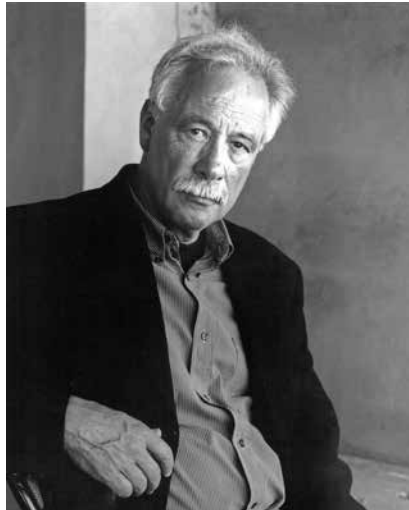


ernstnehmen kann« (15). Diese »Weltvertrauens-Übung« (17) ist aber auch eine Suche nach der Erzählbarkeit der Welt. Aus der Fähigkeit, die Topografie als gewordene Gestalt mit ihrer eigenen Zeitlichkeit wahrzunehmen, erwächst eine neue Erzählkunst, die darum weiß, dass das »Gelände« fürs Erzählen nicht »gesichert« ist, sondern immer wieder aufs Neue gewonnen werden muss.

In den 1980er Jahren dominiert die Auseinandersetzung mit den apokalyptischen Gefahren bestimmter technologischer Entwicklungen, etwa in Günter Grass' *Die Rättin* (1986) und Christa Wolfs *Störfall. Nachrichten eines Tages* (1987). In eindringlichen Texten wie *Alte Abdeckerei* (1991) und *Die Kunde von den Bäumen* (1992) folgt Wolfgang Hilbig Menschen, die auf den Müllkippen und Abraumhalden der ostdeutschen Großen Beschleunigung Zuflucht suchen. W.G. Sebald schildert in *Die Ringe des Saturn* (1995) eine sommerliche Wanderung durch das ostenglische Norfolk, während der sein Erzähler Schicht für Schicht die in unsere

Wo sind wir zu Hause?
Max Frisch bezweifelt, dass unsere Welt erzählt werden kann (links). Peter Handke indes sucht nach neuen Formen der Erzählbarkeit durch eine Ästhetik der Achtsamkeit (oben).

Woher kommen wir?
W.G. Sebald thematisiert
die Vorgeschichte der
Großen Beschleunigung.
Sein Erzähler wandert durch
die Ruinenlandschaft des
britischen Imperialismus.



Literatur

Adorno, Theodor W.:
Ästhetische Theorie,
Frankfurt a. M. 1995.

Arendt, Hannah:
Vita activa oder Vom tätigen
Leben, München 2007.

Döblin, Alfred:
Schriften zu Leben und Werk,
Frankfurt a. M. 2015.

Franzen, Jonathan:
Das Ende vom Ende der Welt.
Essays. Reinbek 2019.

Frisch, Max: Der Mensch
erscheint im Holozän.
Frankfurt a. M. 1979.

Handke, Peter: Langsame
Heimkehr. Frankfurt a. M. 1979.

Lewis, Simon L. and Mark A.
Maslin: The Human Planet.
How We Created the
Anthropocene, London 2018.

McNeill, J.R. und Peter
Engelke: The Great Acceleration.
An Environmental History
of the Anthropocene since
1945, Cambridge/MA 2014.

Sebald, W.G.: Die Ringe des
Saturn. Eine englische
Wallfahrt, Frankfurt a. M. 1997.

Steffen Will et al.:
The Anthropocene: conceptual
and historical perspectives,
in: Philosophical Transactions
of the Royal Society A 369,
2011, S. 842-867.

Kulturlandschaft verbaute Gewaltgeschichte der Moderne aufdeckt. Wie ein Archäologe legt er die Spuren verschiedener Industrialisierungsschübe in diesem abgelegenen Landstrich frei, um den industriellen Niedergang im Nachkriegsengland mit dem Fortschrittsnarrativ der Großen Beschleunigung engzuführen. Die Vorstellung einer schier unerschöpflichen Biosphäre, wie sie etwa im Blutausch des industriellen Heringsfangs zum Ausdruck kam, weicht einem wachsenden Bewusstsein ökosystemischer Grenzen – Grenzen, die der Mensch immer enger um sich selbst zieht:

»Bereits im siebzehnten Jahrhundert gibt es im ganzen Inselreich nur mehr unbedeutende, meist dem Verfall überlassene Restbestände der ehemaligen Wälder. Die großen Feuer werden jetzt auf der anderen Seite des Ozeans entfacht. Nicht umsonst verdankt das kaum zu ermessende Land Brasilien seinen Namen dem französischen Wort für Holzkohle. Die Verkohlung der höheren Pflanzenarten, die unaufhörliche Verbrennung aller brennbaren Substanz ist der Antrieb für unsere Verbreitung über die Erde.« (202)

Sebald dürfte hier zurückgreifen auf ein Konzept, das Theodor W. Adorno in einem philosophischen Austausch bereits 1932 mit Walter Benjamin diskutierte und das in seine *Negative Dialektik* (1966) Eingang fand: »Naturgeschichte«. Damit ist nicht die evolutionäre Dimension der Natur gemeint, sondern vielmehr die menschliche Illusion, die anthropogene »zweite Natur« sei unabhängig von der Geschichte des Lebens. Die Welt der transformierten Materie vermittele dem Menschen den Eindruck, unabhängig von der Natur zu sein und sich seine eigenen Gesetze geben zu können. Sobald wir die Strukturen der »zweiten Natur« nicht mehr durch sinnstiftende Erzählungen zusammenhalten können, fallen sie – so Benjamin und Adorno – zurück in ihre Naturgeschichtlichkeit und werden zu Ruinen

ihrer einstigen Bedeutungen. Sobald spürt eine Ruinenlandschaft des britischen industriellen Imperialismus auf und sensibilisiert uns für die zukünftigen Ruinen, die wir mit unserem Weltbaumeistertum bereits heute anlegen.

Adorno bleibt diesen Gedanken in seiner unvollendeten *Ästhetischen Theorie* weiter auf der Spur: »Keine Sublimierung glückt, die nicht in sich bewahrte, was sie sublimiert.« (145) Während ausgedehnter Sommerurlaube in den Schweizer Bergen entwickelt er eine Theorie des »Naturschönen«, durch das er die von Arendt beschriebene Weltflucht des Menschen überführen möchte in eine Utopie des »Eingedenken[s] der Natur im Subjekt«. (224) Das »Naturschöne« vermittele »nicht die Erfahrung bloßer Natur«, sondern »die von ›Kulturlandschaft‹, Inbegriff gelungener Vermittlung zwischen Menschenwelt und Natur.« (224) Dies setze voraus, dass der Mensch bereit sei zum Staunen angesichts der Natur – wie seinerzeit Döblin am Ostseestrand von der bängigen Frage umgetrieben wurde: »Was wird aus dem Menschen, wenn er so weiterlebt?« ●



Der Autor

Bernhard Malkmus ist Professor für Germanistik an der Newcastle University im Nordosten Englands. Derzeit ist er als Gast von Professor Roland Borgards Humboldt-Stipendiat an der Goethe-Universität. Er versucht, aus wissenschaftsphilosophischer und ästhetischer Perspektive Modernisierungsprozesse zu verstehen. Sein Interesse gilt dabei besonders der Veränderung zentraler Konzepte wie »Leben«, »Umwelt«, »Natur«, »Landschaft«, mit denen Menschen ihr Verhältnis zur sie umgebenden Mitwelt zu fassen suchen, und der epistemologischen und literarischen Reflexion dieser Veränderungen. Malkmus ist Co-Leiter der Anthropocene Research Group an der Newcastle University.

bernhard.malkmus@newcastle.ac.uk



BLICK ZURÜCK AUS DER ZUKUNFT

Stückentwicklung am Schauspiel Frankfurt

Wir schreiben das Jahr 2114. Die junge demokratische Republik Grönland steht vor einer hoffnungsvollen Zukunft. Die Klimakriege sind überwunden, fossile Brennstoffe sind durch alternative Energieträger ersetzt, und die Menschheit hat ethnische und soziale Konflikte beiseitegelegt. Doch dann erreichen die grönländische Gesellschaft schreckliche Nachrichten aus dem alten Machtzentrum Europa, wo das »planetare Bewusstsein«, das ein Leben in Einklang mit Natur und Mitgeschöpfen ermöglicht, offenbar wieder im Begriff ist, vom Individualismus verdrängt zu werden. Ein grönländisches Forscherteam geht diesen anachronistischen Regungen auf den Grund.

In seiner Stückentwicklung »Eternal Peace« am Schauspiel Frankfurt widmet sich Alexander Eisenach dem Thema Klimawandel auf ungewöhnliche Art und Weise. Aus der nicht allzu weit entfernten Zukunft lenkt er den Blick in eine Vergangenheit, die unserer Gegenwart nicht

unähnlich ist und die einen ratlos werden lässt. Spannend an der Produktion ist auch, dass das Stück erst im Verlauf der Proben entsteht. »Mit einem wenige Seiten umfassenden Entwurf kam Alexander Eisenach zur ersten Probe. Daraus hat sich innerhalb der fünf Probenwochen das Stück nach und nach entwickelt – aus der gemeinsamen Arbeit mit den Schauspielerinnen und Schauspielern«, berichtet Dramaturgin Katrin Spira vom Entstehungsprozess. Das Stück, eine Auftragsarbeit für das Schauspiel Frankfurt, spielt mit dem Genre »Science-Fiction« und trägt in sich einen doppelbödigen Humor: Manches, was wir heute für selbstverständlich halten, erscheint aus der Distanz der zukünftigen Welt doch recht bizarr. Begriffe wie Wachstum und Produktivität, die heute so elementar zu sein scheinen für unser Zusammenleben, haben in dieser Welt des ewigen Friedens – vermeintlich – keinen Platz mehr. Doch gleichzeitig stellt sich die Frage, wie sich eine solche Welt durchsetzen konnte. Die Reise in das untergehende

Europa macht auf alle Fälle deutlich, auf welche Krise wir zusteuern, und hält uns Heutigen einen Spiegel vor.

Das Genre Science-Fiction sei besonders geeignet, um den Sprung ins Utopische möglich und konkret zu machen, so Dramaturgin Spira. Durch den hypothetischen Charakter könnten Aspekte, die uns heute unmöglich erscheinen, außer Kraft gesetzt werden, so könne man Dinge auf extreme Weise weiterdenken. Die beteiligten Schauspielerinnen und Schauspieler bringen über den Probenprozess in Gesprächen auch eigene, unterschiedliche Erfahrungen und Sichtweisen ein, die der Autor und Regisseur beim Schreiben und Inszenieren in das zukünftige Setting überführt hat.

Die Aufführungspremiere, die für den 20. November geplant war, musste coronabedingt verschoben werden. Noch ist nicht sicher, wann das Stück zum ersten Mal vor Publikum über die Bühne gehen wird. asa

www.schauspielfrankfurt.de

»Verschwörungstheoretiker haben die besseren Geschichten«

Stephanie Dreyfürst setzt sich mit der Gesellschaft zur wissenschaftlichen Untersuchung von Parawissenschaften e. V. für eine bessere Wissenschaftskommunikation ein.

Wie kann der Mensch schuld sein am Klimawandel, wenn er doch nur für drei Prozent des CO₂-Ausstoßes verantwortlich ist? Können Sie auf Anhieb eine Antwort auf diese Frage aus dem Ärmel schütteln?

Aus dem Ärmel schütteln ist eigentlich selten eine gute Idee. Auch wenn die Schnellebigkeit des Internets und die Real-Time-Geschichten in Social Media offenbar dazu führen, dass aus dem Ärmel geschüttelte Stellungnahmen erwartet werden.

Wie reagieren Sie dann auf eine solche Frage?

Ich versuche, den Druck rauszunehmen, indem ich sage: Lass uns doch erstmal hinsetzen *und* in Ruhe recherchieren, was anerkannte Expertinnen, Experten und Institutionen dazu sagen, die sich wissenschaftlich mit dem Klimawandel auseinandersetzen. Gerade wenn konkrete Zahlen genannt werden, sollte man skeptisch bleiben.

Wer vom menschengemachten Klimawandel überzeugt, aber selbst kein Klimaforscher ist, ist in einer solchen Situation erst mal verunsichert. Wie sollte man sich verhalten?

Wenn es sich um eine Person handelt, mit der man näher bekannt ist oder die einem nicht gleichgültig ist, lohnt es sich zu schauen: Ist die Person bereit, die eigene Haltung kritisch zu prüfen? Mal nachfragen: Was bräuchtest du denn, um deine Meinung zu ändern? Gibt es Quellen oder Positionen, die dich dazu veranlassen könnten? Manche überlegen und sagen dann, hm, ja nee, eigentlich nicht. Dann weiß man, da ist jedes Wort verschwendet. Dann könnte man noch fragen, warum möchtest Du das glauben? Viele kommen dann ins Nachdenken und sagen: Na ja, dann habe ich ein weniger schlechtes Gewissen, weil ich mir gerade einen SUV gekauft habe.



Wenn man glaubt, dass wir Menschen sowieso nicht am Klimawandel schuld sind, entlastet das den Einzelnen ja.

Haben Sie das schon erlebt, dass jemand dann innehält und zugibt, warum er nicht an die Ergebnisse aus der Wissenschaft glauben will?

Ab und zu, ja. Das hat dann oft mit der Haltung und der Art der Ansprache zu tun, wie man auf diese Person zugeht. Niemand wird gerne belehrt, niemand wird gerne angegriffen für seine Überzeugungen. Da regt sich Widerstand, man will ja sein Gesicht wahren. Das heißt, je freundlicher und verständnisvoller man vorgeht, desto höher ist die Wahrscheinlichkeit, dass der andere nicht sofort in die Defensive geht. Das hat viel mit Psychologie zu tun und gar nicht in erster Linie mit Fakten. Aber das ist auch schwierig zu trainieren, dieses Sich-Auseinandersetzen auf der menschlichen Ebene. Ein Tipp ist, authentisch interessiert am Gegenüber zu bleiben, wenn man den Eindruck hat, es macht Sinn. Wenn sich jemand aber komplett immunisiert hat gegen Fakten oder anderslautende Erklärungs-

ansätze, dann ist jedes Wort verschwendet, das strengt einen persönlich dann nur noch an.

Sie sind im Bundesvorstand der Gesellschaft zur wissenschaftlichen Untersuchung von Parawissenschaften e. V. (GWUP). Sie veranstalten jährlich die Skepikon-Konferenz mit einem Schwerpunktthema, stehen aber auch für Anfragen zur Verfügung. Wie häufig sind Anfragen zum Klimawandel?

Die Anfragen laufen in unserer Geschäftsstelle in Roßdorf bei Darmstadt ein, da haben wir unseren einzigen hauptamtlichen Mitarbeiter, Dr. Martin Mahner. Ich schätze alles zum Thema Klimawandel inklusive alternativer Energien und auch der Frage, »gibt es sowas wie ein Perpetuum mobile«, auf vielleicht maximal zehn Prozent.

Das ist beachtlich.

Ja, wobei das nicht im strengen Sinne ein parawissenschaftliches Thema ist, aber doch so wichtig für unsere Zukunft, dass wir es immer wieder bei unserer jährlichen Konferenz auf die Agenda setzen und versuchen, Vortragende zu finden, die über alle möglichen Aspekte im Bereich Klimawandel und Gewinnung von Grüner Energie sprechen können.

Welche Fragen werden konkret gestellt?

Manche zweifeln die Szenarien an, die von der Klimaforschung entworfen werden, zum Beispiel das Ansteigen des Meeresspiegels und das Abschmelzen von Eisflächen und Gletschern. Andere möchten Unterstützung bei der Einordnung von Erkenntnissen und Studien.

Wie kann man Zweiflern am menschengemachten Klimawandel begegnen?

Man kann sagen, selbst wenn der Klimawandel nicht menschengemacht wäre, müssten wir ihn stoppen, denn die Folgen für die Menschheit, für den Planeten, für das Ökosystem sind derart katastrophal, dass es keinen Unterschied macht, wodurch der Klimawandel verursacht ist. Und selbst wenn herauskäme, es gibt gar keinen menschengemachten Klimawandel, würden wir dem Planeten (und uns) zum Beispiel mit dem Umstieg aufs Fahrrad trotzdem

was Gutes tun und hätten es nicht umsonst getan.

Gibt es eine Hitliste der Themen, die in der GWUP eine Rolle spielen?

Zur Zeit geht es oft um Verschwörungstheorien. Das ist durch die Corona-Krise noch einmal extrem gepusht worden. Wir brechen dieses Jahr auch unseren Rekord an Neumitgliedern, weil wir über das Thema Verschwörungstheorien noch bekannter geworden sind. Wir forschen nach, prüfen, ob da etwas dran ist oder nicht. Das reicht von Attila Hildmann über Xavier Naidoo bis zu den Behauptungen der Reichsbürger oder der Corona-Leugner.

Manche von diesen Dingen sind ja so hanebüchen, zum Beispiel dass Kinder entführt werden, um ihr Blut zu trinken. Bekommen Sie solche Fragen auch?

Als Direktorin der Wiesbadener Volkshochschule habe ich im laufenden Herbstsemester einen Semesterschwerpunkt über Fakten, Fake News und Verschwörungsmymen initiiert, da habe ich hochinteressante Erfahrungen auch damit gemacht. Die Veranstaltungsthemen stießen zum Teil auf extremen Widerstand. Da ging es zum Beispiel um angeblich satanistischen Kindesmissbrauch, da hab ich etwa 50 Protest-E-Mails bekommen, aber der Protest war nachweislich organisiert. Die Vorträge haben trotzdem stattgefunden.

Warum ist es für diese Menschen so schwierig, wenn sie mit der Realität konfrontiert werden?

Wenn Menschen fest an etwas glauben, dann wollen sie mit aller Gewalt an diesem Glauben festhalten. Und wenn jemand kommt, der ihnen sagt, dass das alles nicht stimmt, tut das sehr weh. Ich vergleiche das gern mit dem Märchen »Des Kaisers neue Kleider«. Da kommt ein kleines Kind und sagt, der Kaiser hat doch gar nichts an. Das zerstört die Illusion einer großen Menge und die protestiert lautstark. Dieses kleine Kind zu sein, das ist sehr undankbar, da muss man ganz schön was aushalten. Das ist für einzelne Persönlichkeiten auch bei uns nicht ohne, die angefeindet werden oder sogar Vergewaltigungs- oder Morddrohungen bekommen.

Die Veranstaltung stieß aber nicht nur auf Protest?

Nein! Das Interesse war groß, es gab sehr spannende Diskussionen. Viele haben sich ganz praktische Informationen geholt, sie wollten herausfinden, wie man merkt, dass einem jemand Blödsinn erzählt. Oder es ging darum, wie man alleine recherchieren kann, ob Bilder tatsächlich von einem bestimmten Event stammen oder ob sie nicht schon älter sind und aus einem ganz anderen Kontext stammen. Das ist Hilfe zur Selbsthilfe.

Beide Seiten rüsten digital auf.

Bei der GWUP haben wir über die Jahre Tricks und Kniffe gelernt, die wir in Vorträgen oder Artikeln gern weitergeben. Wer die Google-Reverse-Image-Suche oder Mimikama noch nicht kennt, für den öffnet sich da eine ganz neue Welt. Da kann man selber schauen, wo ein Bild oder eine Geschichte schon einmal publiziert wurde.

Hat die Jugendbewegung »Fridays for Future« beim Thema Klimawandel eine Veränderung gebracht?

Das hat zu mehr Interesse geführt, aber auch zu mehr Widerstand. Widerstand, der sich sehr personenbezogen und abwertend gegen Greta Thunberg richtet. Da kann man fragen, wieso glaubst du, ist es okay, eine junge Frau, fast noch ein Kind, so zu behandeln, die doch eigentlich etwas Gutes will? Wir versuchen, das Schwarz-Weiß ein wenig aufzubrechen und zu sagen, die Welt ist nicht leicht zu durchschauen. Das Führerische ist ja, dass Leute herumlaufen, die vermeintlich einfache Lösungen präsentieren. Wenn ich selbst nicht mehr durchblicke, dann ist da einer, der entlastet mich persönlich, der sagt: Nein,

nein, der Klimawandel, der ist nicht von uns gemacht.

Warum ist es so schwierig, wissenschaftliche Erkenntnisse in die Breite zu kommunizieren? Was müsste sich ändern?

Wer Expertise in einem kleinen Bereich erwerben will, muss viel opfern, man muss Jahre verbringen, bis man sich auf ein Level gebracht hat, so dass man sagen kann, ich kenne mich auf dem Gebiet aus. Im deutschen Hochschulsystem fachliche Expertise zu gewinnen und gleichzeitig so etwas wie gut verständliche Texte zu schreiben oder ansprechend in den Medien präsent zu sein, das ist nahezu unmöglich. Natürlich gibt es Ausnahmerecheinungen wie Christian Drosten, der absoluter Experte ist, dabei aber bescheiden bleibt und auch immer wieder die Grenzen des Wissens und seiner Expertise markiert.

Aber nicht jeder ist ein Christian Drosten.

Ja. Deshalb sollte man stärker auch institutionell Stellen schaffen, die für dieses Nach-außen-Kommunizieren gut ausgebildet sind. Wenn die Wissenschaft den Kontakt zur Bevölkerung nicht verlieren will, die ja verstehen soll, was da überhaupt stattfindet, dann sollten wir Geld in die Hand nehmen, der Wissenschaft ein Gesicht geben und versuchen, gute Geschichten zu erzählen. Denn das machen die Verschwörungstheoretiker instinktiv ausgezeichnet, die haben die besseren Geschichten. Die sind spannender erzählt und mit Emotionen gespickt. Wir müssen versuchen, eine Sprache zu finden, die die Wissenschaft nicht kleinredet, die Leute aber auch nicht überfordert und wissenschaftliche Erkenntnisse verstehbar, nahbar und greifbar macht.

Das Interview führte Dr. Anke Sauter.



Zur Person

Stephanie Dreyfürst, 45, promovierte Germanistin, leitete zehn Jahre das Schreibzentrum der Goethe-Universität. Seit Mai 2020 ist sie Direktorin der Volkshochschule Wiesbaden, an der sie im Herbst einen Semesterschwerpunkt zum Thema Verschwörungstheorien und kritisches Denken initiiert hat.

sdreyfuerst@vhs-wiesbaden.de

CLIMATE ACTION

VOM
WISSEN
ZUM
HANDELN



Das lange Ringen

Ein kurzer Abriss des (nicht wirklich erfolgreichen) Zusammenspiels von Forschung und Politik bei der Bekämpfung des Klimawandels

von Birgit Blättel-Mink

Schon früh im 19. Jahrhundert wurde der Treibhauseffekt entdeckt. Doch bis sich die Menschheit ihres Einflusses auf das globale Klima bewusst wurde, hat es noch viele Jahrzehnte gedauert. Ein Rückblick auf das zähe Ringen darum, aus wissenschaftlichen Erkenntnissen die richtigen politischen Schritte abzuleiten.

Der Treibhauseffekt wurde im Jahr 1824 entdeckt. Doch erst gegen Ende der 1950er Jahre konnte aufgrund verbesserter Messmethoden und einer breiteren Datenbasis die klimaerwärmende Wirkung der stetig ansteigenden Konzentration von Kohlenstoffdioxid (CO₂) in der Erdatmosphäre quantifiziert werden. Die Veröffentlichung »Limits of Growth« des Club of Rome sorgte 1972 für globale Aufmerksamkeit. Im Anschluss wuchs der Konsens darüber, dass die zunehmende Konzentration von CO₂ zur Erderwärmung führen wird. »In den 1990er Jahren bildete sich durch weiterentwickelte Computermodelle und ein tieferes Verständnis der Kaltzeiten folgender Konsens heraus: Treibhausgase spielen beim Klimawandel eine große Rolle, und durch den Menschen verursachte Emissionen sind für die laufende *globale Erwärmung* hauptverantwortlich.« (Vgl. https://de.wikipedia.org/wiki/Forschungsgeschichte_des_Klimawandels)

IPCC bündelt weltweite Erkenntnisse

Die Erkenntnis, dass der Klimawandel zur Erderwärmung führt mit fatalen Folgen für das Leben auf der Erde, ist auch der Politik zu verdanken, ist sie doch das Ergebnis der politisch geförderten Klima- und Erdsystemforschung. Die Teilnehmer der ersten Weltklimakonferenz der Vereinten Nationen im Jahr 1979 haben

das Weltklimaforschungsprogramm initiiert. Im Jahre 1988 dann wurde das IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) durch das Umweltprogramm der Vereinten Nationen (UNEP) und der Weltorganisation für Meteorologie (WMO) eingerichtet. Die Hauptaufgaben des IPCC, das selbst keine eigene Forschung betreibt, sondern internationale Forschungsergebnisse auswertet, ist die Bereitstellung von Informationen über den Klimawandel, über dessen Risiken und Folgen sowie über Anpassungsmöglichkeiten und Wege zur Vermeidung gefährlicher Entwicklungen.

1987 wurde nicht nur der sogenannte Brundtland-Bericht veröffentlicht (benannt nach der damaligen Vorsitzenden der World Commission on Environment and Development, Gro Harlem Brundtland, welche den Bericht »Our Common Future« herausgab), in dem ein für viele Jahre gültiges Verständnis nachhaltiger Entwicklung formuliert wurde: »Sustainable development is development that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs« (World Commission on Environment and Development 1987); es wurde auch das »Ein-Grad-Ziel« festgelegt.

Der erste Sachstandsbericht des IPCC, der 1990 veröffentlicht wurde, stellte einen natürlichen Treibhauseffekt fest und konstatierte, dass der

»How dare you!«: Die junge Schwedin Greta Thunberg hielt auf dem Weltklimagipfel 2019 in Madrid eine sehr emotionale Rede. Sie sprach im Namen der jungen Generation, die sich in einer weltweiten Protestbewegung engagiert.

AUF DEN PUNKT GEBRACHT

- In den 1970er Jahren wuchs der Konsens darüber, dass die zunehmende Konzentration von CO₂ zur Erderwärmung führt.
- Aus der ersten Weltklimakonferenz der Vereinten Nationen im Jahr 1979 ging das Weltklimaforschungsprogramm hervor, 1988 wurde das IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) ins Leben gerufen, das Informationen über den Klimawandel bereitstellt und Empfehlungen abgibt.
- Die Konferenz der Vereinten Nationen über Umwelt und Entwicklung 1992 in Rio de Janeiro gilt als Meilenstein, insbesondere wegen der Klimarahmenkonvention, auf die man sich hier einigte.
- Die UN-Klimakonferenz (auch (Welt-) Klimagipfel oder Welt-Klimakonferenz) ist die seit 1995 jährlich stattfindende Vertragsstaatenkonferenz der UN-Klimarahmenkonvention. Hier wurde lange nach einem völkerrechtlich verbindlichen Instrument der Klimaschutzpolitik gesucht, um das Kyoto-Protokoll von 1997 abzulösen. 2015 wurde in Paris beschlossen, dass der Anstieg der globalen Durchschnittstemperatur auf unter 2 Grad Celsius beschränkt wird. Sanktionen sind nicht vorgesehen.
- Die lauteste und bislang deutlichste Kritik kommt seit 2019 von der Jugend der Welt. Die Protestbewegung »Fridays for Future« fordert mit großer Heftigkeit, die Bedrohung endlich ernst zu nehmen und zu handeln.

Mensch die Konzentration einiger Treibhausgase erhöhe, was zu einer globalen Temperaturerhöhung führen werde. Im zweiten Sachstandsbericht (1996) heißt es bereits, dass der Mensch einen »merklichen Einfluss« auf das globale Klima des 20. Jahrhunderts habe. Als international geltende Grenze für einen gerade noch akzeptablen Klimawandel wurde daraufhin das »Zwei-Grad-Ziel« formuliert. Das »Zwei-Grad-Ziel« basiert auf der Annahme, dass bei Überschreiten einer globalen Erwärmung um zwei Grad Kippunkte (*tipping points*) erreicht würden, die unumkehrbare und in ihren Konsequenzen kaum einschätzbare negative Folgen nach sich ziehen würden.

Vom »merklichen Einfluss« zum Anthropozän

2001 erschien der dritte Sachstandsbericht des IPCC, der »deutliche Hinweise« fand, dass der Mensch das Klima der Erde verändert. Im Jahr 2008 schließlich rief die Geological Society of London das »Anthropozän« aus, da mittlerweile genügend Argumente dafür vorlagen, dass der Mensch einen neuen stratigrafischen Abschnitt eingeleitet hat. Der Mensch wird nun als der Faktor, der die Erde vorrangig prägt, angesehen. Im vierten Sachstandsbericht des IPCC von 2007 werden als haupt-

sächliche Ursache der Erderwärmung die vom Menschen verursachten Emissionen von Treibhausgasen angegeben – die Wahrscheinlichkeit hierfür wird mit 90 Prozent als »sehr wahrscheinlich« eingeschätzt. Im fünften und bislang letzten Sachstandsbericht des IPCC (2013/2014) wurden die Unsicherheiten in Bezug auf den Einfluss des Menschen auf das Klima noch einmal verringert. So heißt es jetzt darin, dass es »extrem wahrscheinlich« sei, dass der Mensch der Hauptgrund für die beobachtete globale Erwärmung seit 1950 ist.

Die Vereinten Nationen trafen sich u. a. 1992 in Rio de Janeiro. Dort wurde auch die sogenannte Klimarahmenkonvention unterzeichnet. Als Ziel wurde festgelegt: »... die Stabilisierung

der Treibhausgaskonzentrationen in der Atmosphäre auf einem Niveau zu erreichen, auf dem eine gefährliche anthropogene Störung des Klimasystems verhindert wird. Ein solches Niveau sollte innerhalb eines Zeitraums erreicht werden, der ausreicht, damit sich die Ökosysteme auf natürliche Weise den Klimaänderungen anpassen können, die Nahrungsmittelerzeugung nicht bedroht wird und die wirtschaftliche Entwicklung auf nachhaltige Weise fortgeführt werden kann.« (Klimarahmenkonvention, Artikel 2)

Emissionsrechte: Handel statt Reduktion

Auf jährlich stattfindenden UN-Klimakonferenzen sollte der Weg zur Erreichung dieses Ziels festgelegt werden. So wurde 1997 im »Kyoto-Protokoll« das Instrument des Emissionsrecht-handels eingeführt. Dieses marktorientierte Instrument legt für bestimmte Regionen Obergrenzen für bestimmte Emissionen fest und verteilt Umweltzertifikate. Diese Zertifikate können gehandelt werden, und so kam es, dass viele Industrieländer des globalen Nordens Zertifikate von Ländern des globalen Südens erwarben, die aufgrund ihrer wirtschaftlichen Situation weniger Treibhausgase emittierten.

Danach fanden (und finden bis heute) weitere UN-Konferenzen statt, die in der Regel zum Ziel haben, Strategien dafür zu entwickeln, wie mit bislang nicht erreichten globalen Zielen im Umwelt- und Klimaschutz sowie mit neuen globalen Herausforderungen (Ozonloch, rapider Rückgang der Bio-Diversität, Folgen des Klimawandels) umzugehen sei.

Die auf der UN-Konferenz in Rio de Janeiro 2012 getroffenen Vereinbarungen betonen noch einmal den vereinten Kampf gegen die Armut, die Anerkennung und Bestätigung der Rio-Richtlinien und bereits bestehender Umwelt- und Nachhaltigkeitsstrategien sowie die Entwicklung einer Wirtschaft basierend auf nachhaltiger Entwicklung und Armutsbekämpfung (*Green Economy*). Vor allem an der Idee »Grünen Wachstums« gab es immer wieder Kritik, so z. B. durch den Ökonomen Alberto Acosta, der das Modell einer Green Economy als »grüne Fassade« (die grüne Farbe dafür komme von US-Dollar-Scheinen) bezeichnete. Angesichts des ungebremsten Klimawandels und einer Milliarde hungernder Menschen sei ein Paradigmenwechsel dringend notwendig, und den habe Rio keinesfalls eingeleitet. (Vgl. https://www.nachhaltigkeit.info/artikel/weltgipfel_rio_20_rio_de_janeiro_2012_1419.html (Zugriff: 14. Juni 2020))

Auf der UN-Konferenz 2015 in New York wurden die sogenannten *Sustainable Development Goals* (SDGs) der Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung verabschiedet. Sie gelten seither als *die* globalen Ziele, auf die sich die



Seit 1995 findet an jährlich wechselnden Orten die UN-Klimakonferenz statt. Bei der Konferenz in Paris 2015 wurde eine globale Post-Kyoto-Regelung beschlossen, an die viele nach dem Scheitern der Konferenz in Kopenhagen 2009 nicht mehr geglaubt hatten.

Völkergemeinschaft verständigt hat, um den Klimawandel abzuschwächen und Armut und Ungleichheit zu bekämpfen. »While the SDGs are not legally binding, governments are expected to take ownership and establish national frameworks for the achievement of the 17 Goals. Countries have the primary responsibility for follow-up and review of the progress made in implementing the Goals, which will require quality, accessible and timely data collection. Regional follow-up and review will be based on national-level analyses and contribute to follow-up and review at the global level.« (vgl. <http://www.un.org/sustainabledevelopment/development-agenda> (Zugriff: 14. Juni 2020))

Das Ziel Nr. 13 beinhaltet Sofortmaßnahmen, um den Klimawandel und seine Folgen zu bekämpfen.

Klimaziele ohne Sanktionierung

Im selben Jahr fand in Paris die Klimakonferenz der Vereinten Nationen statt. Die 197 teilnehmenden Staaten einigten sich auf ein neues Klimaabkommen, welches 2016 in Kraft trat. Es wurde das Ziel formuliert, den Anstieg der globalen Durchschnittstemperatur (ab Beginn der Industrialisierung) unter 2 Grad Celsius zu hal-



Vehementer Protest kommt seit 2019 von der Jugend der Welt. Die Bewegung »Fridays for Future« fordert die Politik mit viel Nachdruck und Ausdauer dazu auf, die Erkenntnisse der Wissenschaft endlich ernstzunehmen.

Literatur

Hackfort, Sarah. 2014. Für eine Feministische Politische Ökologie des Klimawandels – Überlegungen zu einer erweiterten Analyseperspektive auf Geschlecht und Anpassung. In Prokla, 44/174: 93-109

ten, ja ihn möglichst auf 1,5 Grad Celsius zu begrenzen. Jeder teilnehmende Staat beschloss infolge eigene »intended nationally determined contributions (INDC)«, die festlegten, wie stark die Treibhausgasemissionen bis 2025/2030 reduziert (Industrieländer) bzw. deren Anstieg begrenzt werden sollte (Schwellenländer/globaler Süden). Die Verletzung dieser Ziele v.a. aufgrund unzureichender Investitionen in die Förderung erneuerbarer Energien wird von der Völkergemeinschaft nicht sanktioniert. Die aktuellen Klimasimulationen legen auch für das 21. Jahrhundert einen globalen Temperaturanstieg von zwischen 2,5 bis 5,5 Grad Celsius nahe.

Kritik an der bislang verfehlten Klimapolitik der Vereinten Nationen gibt es von vielen Seiten. So argumentieren Vertreterinnen und Vertreter des Ökofeminismus, dass genderspezifische Folgen des Klimawandels kaum in den Blick genommen würden, und fordern u. a. eine stärkere Partizipation von Frauen an den internationalen Verhandlungen (u. a. Hackfort, 2014). Die lauteste und bislang deutlichste Kritik kommt 2019 von der Jugend der Welt. Die Pro-

testbewegung »Fridays for Future« gründet sich. Konrad Götz vom Institut für sozial-ökologische Forschung (ISOE) in Frankfurt schreibt in einem Beitrag für die taz am 19. Januar 2020: »Der eigentliche Erfolg der Bewegung ist, dass sie einen überraschenden neuen Diskurs über das Thema Klimaschutz in Gang bringt. Es wird neu durchdacht. Das Problem, das seit dem Bericht des Club of Rome 1972, also seit 45 Jahren, bekannt ist, erfährt eine neue, verblüffende Dringlichkeit. Der unmittelbare Bezug auf die Menschheit, auf die junge Generation selbst ist neu. Und das ist die Quelle ihrer Wucht. In der »How dare you«-Rede, »Wie könnt Ihr es wagen«, sagt Greta Thunberg: »Menschen leiden, Menschen sterben, ganze Ökosysteme brechen zusammen, wir stehen am Beginn eines Massensterbens.«« Dabei rekurriert die Bewegung auf die Wissenschaft und fordert, deren Erkenntnisse ernst zu nehmen und konsequent zu handeln. Welche Schlüsse die Politik zieht, die sich – zumindest in Teilen – durchaus beeindruckt zeigt vom Vorgehen der Jugend, muss die Zukunft zeigen. Viel Zeit bleibt ihr nicht. ●



Vor Gericht: DIE DEUTSCHE KLIMAPOLITIK

Was, wenn die Leidtragenden des Klimawandels die Verantwortlichen in der Politik zur Rechenschaft ziehen? Wenn 31 Staaten des globalen Südens die Bundesrepublik Deutschland verklagen? Dieses Szenario, ins Jahr 2034 projiziert, gibt den Rahmen ab für das ARD-Drama »Ökozid«, das während der Themenwoche »Wie leben?« ausgestrahlt wird. Das Gerichts-drama, in das umfangreiche Rechercheergebnisse eingeflossen sind, zeigt das folgenreiche Dilemma, in dem sich die Industrienationen sehen: Politiker, die für ihre Wiederwahl auf eine florierende Wirtschaft angewiesen sind oder zu sein glauben, treffen falsche Entscheidungen oder schieben es immer weiter hinaus, die

richtigen Weichen für die Zukunft zu stellen. Im Jahr 2034, in naher Zukunft also, sind die Folgen dieses Handelns oder Nichthandelns noch greifbarer als heute – vor allem in den ärmeren Ländern der Erde. Gemeinsam wollen diese einen Präzedenzfall schaffen, indem sie die deutsche Politik vor den internationalen Gerichtshof für Menschenrechte stellen. Dort kommen die existenziell Betroffenen ebenso zu Wort wie die verantwortlichen Handlungsträger aus Wirtschaft und Politik, selbst »Altkanzlerin« Angela Merkel, und am Ende muss das Gericht darüber befinden, ob es die Klage zulässt und damit einen Präzedenzfall für eine Flut von Prozessen und Entschädigungsforderungen

schaft. Die TV-Produktion mit namhaften Darstellern wie Edgar Selge als Vorsitzender Richter (linkes Bild, Mitte), Ulrich Tukur als Verteidiger und Nina Kunzendorf (rechtes Bild, im Vordergrund rechts) als Klägeranwältin war ursprünglich als Filmdokumentation geplant, als Rückblick auf die deutsche Klimapolitik der vergangenen Jahrzehnte. Doch dann nahmen die Ereignisse so sehr an Fahrt auf, dass das Projekt mit der Realität nicht mehr Schritt halten konnte – und man sich darauf verlegt hat, die Handlung in die Zukunft zu verlagern und von dort aus Rückschau zu halten auf die heutige Debatte. Eine durchaus gewagte Herangehensweise, aber manchmal sieht man aus der Distanz ja klarer. Anke Sauter



Der ökologische Schweinehund

Warum es so schwierig ist,
sich von alten Gewohnheiten
zu verabschieden

von Jeannette Schmid

Um den Klimawandel zu bekämpfen, müssen Entscheidungen getroffen, Verhaltensweisen geändert werden. Doch das wird nicht leicht werden – und das liegt nicht zuletzt am »ökologischen Schweinehund«.

Den »inneren Schweinehund« haben viele von uns schon kennengelernt, z. B. wenn sie sich zu mehr sportlicher Betätigung aufrufen oder ihre Essgewohnheiten ändern wollen. Dieser Schweinehund macht sich insbesondere dann breit, wenn sinnvolle, aber mit Aufwand verbundene Verhaltensänderungen gefragt sind. In diesem Beitrag, der auf einem Vortrag bei »Students for Future« beruht, sollen einige klassische Theorien der Sozialpsychologie dabei helfen, um dem störrischen Tier auf die Schliche zu kommen: die *Theorie des Geplanten Verhaltens* von Icek Aizen und Martin Fishbein sowie zwei Theorien von Leon Festinger, nämlich die *Theorie der Kognitiven Dissonanz* und die *Theorie des Sozialen Vergleichs*.

Weshalb hat der Schweinehund, nennen wir ihn den »ökologischen«, beim Thema so leichtes Spiel? Weil es aufwendig ist, sich klimafreundlich zu verhalten, denn es erfordert eine ganze Reihe von Verhaltensänderungen. Von der

Mobilität (Verzicht auf Flugreisen, auf dicke Autos) über die Ernährung (Verzicht auf oder zumindest deutliche Reduktion von Fleisch- und Fischkonsum) über Mülltrennung, Umstieg auf Ökostrom und nachhaltig hergestellte Produkte. Um all dies zu ändern, müssen wir unser Leben ändern. Wir tun das, was wir bislang tun, aber nicht ohne Grund. Es ist bequem, finanzierbar, vertraut...

Die *Theorie des Geplanten Verhaltens* beschreibt, wie eine Verhaltensabsicht entsteht, die dann zu einer Verhaltensänderung führen kann. Eine der Voraussetzungen ist die *wahrgenommene Verhaltenskontrolle*: »Kann ich mich überhaupt so verhalten, erlaubt es die Situation?« Vielleicht würde man gerne beim Weg zur Arbeit umweltfreundliche Verkehrsmittel nutzen, aber die öffentlichen Verkehrsmittel sind zu teuer, fahren im falschen Takt, sind unzuverlässig, oder die gewünschte Streckenverbindung besteht erst gar nicht. Die Folge: »Ich würde ja gerne, aber es geht halt nicht.« Der Ausweg besteht in einer Änderung der Situation, die es bislang unmöglich macht, sich umweltgerecht zu verhalten durch a) Recherche – vielleicht hat man bestimmte Möglichkeiten übersehen, b) Aktion – vielleicht kann man dafür sorgen, dass es bessere Verkehrsanbindungen gibt, c) Umdenken – vielleicht kann man hin

Illustrationen: Tobias Borries, Wiesbaden

Literatur

Ajzen, I. & Fishbein, M.:
Understanding attitudes and
predicting social behavior,
Engle-wood-Cliffs, N.J.:
Prentice Hall, 1980.

Festinger, L.:
A theory of cognitive
dissonance, Stanford
University Press, 1957.

Festinger, L.:
A Theory of Social Comparison
Processes, Human Relations,
7(2), 1954, 117-140.

und wieder Homeoffice machen und braucht gar nicht aus dem Haus, oder man könnte das Fahrrad nehmen.

Ein zweiter Faktor bei der Bildung der Verhaltensabsicht ist die *Subjektive Norm*. Was würden die Menschen, die mir wichtig sind, von meiner geplanten Verhaltensänderung halten? Vielleicht möchte ich mich zukünftig fleischlos ernähren, aber der Rest meiner Familie will das nicht? So müssten dann vielleicht öfter zwei Mahlzeiten gekocht werden, und das geht ins Geld. Verärgere ich meine Lieben mit meinen neuen Essgewohnheiten? Alleine dadurch, dass ich mich um umweltgerechte Ernährung bemühe, halte ich anderen einen Spiegel vor, in dem sie sich ungern wiedererkennen. Die Subjektive Norm wird erst dann vom Hindernis zum Beschleuniger, wenn mehr und mehr Personen in meinem Umfeld ihr Verhalten ändern.

Belohnung als Anreiz

Der dritte Faktor ist die *Einstellung zum Verhalten*. Welche Vorteile würde es für mich haben, mein Verhalten zu ändern und welchen Schaden müsste ich erwarten, wenn ich es nicht ändere? Wenn ich Müll vermeide, ist der Müll-eimer leerer. Die Aussicht auf diese »Belohnung« bewegt nicht viel. Und wenn ich es nicht tue, kommt dann morgen der Atlantik zu Besuch und legt seinen Plastikmüll auf meinem Küchenboden ab? Sicher nicht. Um eine positive Einstellung zur umweltschonenden Verhaltensalternative zu erreichen, müssen Belohnungen geschaffen werden: Mülltrennen als Einstieg in kreatives Upcycling oder Reparaturkompetenz, fleischlose Ernährung als Ein-

ladung, raffinierte und doch unkomplizierte Gerichte zu entwickeln.

Zartes Pflänzchen Verhaltensänderung

Als Nächstes wenden wir uns der *Theorie der Kognitiven Dissonanz* zu. Angenommen, wir sind auf dem Weg: Einige Verhaltensweisen sind schon geändert (z.B. Mülltrennung, Ökostrom, Fleischverzicht), aber es sind noch genügend andere übrig, die nicht so recht zum angestrebten Selbstbild eines umweltbewussten Menschen passen wollen. Wenn aber das eigene Verhalten nicht zur Einstellung passt, wenn es da einen Missklang (eine Dissonanz) gibt, so wird dies als unangenehm empfunden. Eine Lösung könnte darin bestehen, auch die verbliebenen Verhaltensweisen nach ökologischen Kriterien umzustellen. Das ist mühsam. Möglich ist auch, bei der Gewichtung der Bedeutung anzusetzen: »Na gut, ich fliege, aber ich zahle dafür eine Ökogeühr, dann ist das nicht so schlimm, und so oft fliege ich eh nicht.« Die für die Klimaziele unerfreulichste Methode der Dissonanzreduktion besteht in einer Änderung der Einstellung: »Ist ja immer noch fraglich, ob das wirklich alles so schlimm kommt mit dem Klimawandel...« Frisch geänderte Verhaltensweisen sind zarte Pflänzchen, jederzeit gefährdet davon, aufgegeben zu werden. Ein »Fehltritt« kann dazu führen, dass man gleich das ganze Ziel aufgibt. Man sollte sich Fehlritte jedoch verzeihen, solange man in der Anstrengung nicht nachlässt.

Es gibt auch einen Aspekt der Kognitiven Dissonanz, der für uns arbeitet. Je länger man eine Verhaltensänderung durchgehalten hat



und je mehr Opfer man dafür gebracht hat, umso schwerer wird es, sie wieder aufzugeben. Investitionen binden.

Wir vergleichen uns gern nach unten

Mit der Theorie der Kognitiven Dissonanz sind wir schon bei der Frage: Was sagt mein Verhalten über mich aus? Wie »gut« bin ich, gemessen an anderen Menschen? An dieser Frage ist zunächst nichts Schlechtes, aber sie hat durchaus eine Kehrseite. Damit der Vergleich für uns positiv ausfällt, suchen wir uns Menschen, die uns ähnlich sind, aber ein wenig schlechter wegkommen. Zur Not sorgen wir dafür, dass sie schlechter dastehen. Das beschreibt die *Theorie des Sozialen Vergleiches*. Es ist ein Vergleich »nach unten«. Und da wir nicht die Einzigen sind, die das so machen, hat das spürbare Konsequenzen.

Auch wenn wir schon manches an unserem klimawirksamen Verhalten geändert haben mögen – »Schwachstellen« bleiben. Hier sind wir verwundbar. Und genau da kommen die anderen anmarschiert und deklarieren moralische Überlegenheit, weil sie eben die Flugreisen, Autos und nichtökologische Produkte im Gegensatz zu uns bereits aufgegeben haben. Dafür essen sie womöglich noch massenhaft Fleisch und Fisch, vermeiden Müll nicht und sparen keine Energie. Erlebte Herabsetzungen und Vorwürfe steigern die Kognitive Dissonanz massiv und erhöhen damit die Gefahr, dass die ersten Ansätze für klimafreundliches Verhalten wieder aufgegeben werden. Auf andere mit Fingern zu zeigen, ist nicht hilfreich – im Gegenteil: Es ist sogar kontraproduktiv.



Abschließend ein Mutmacher: Man hört ja oft, dass der Einzelne nichts tun könne angesichts des Versagens der Staaten usw. Dabei wird jedoch übersehen, wie ungeheuer wirksam das Beispiel von Einzelnen sein kann. Jeder, der erfolgreich etwas ändert, bringt andere auf Ideen, es ihm nachzutun. Das Beispiel des Einzelnen ist mächtig. Und man kann viel für einander tun, sich bestärken, Ideen zur Umsetzung austauschen, politisch aktiv werden. ●



Die Autorin

Dr. Jeannette Schmid, Jahrgang 1958, ist habilitierte Psychologin mit den Forschungsschwerpunkten Sprachpsychologie, Sozialpsychologie und Rechtspsychologie. Sie betreut derzeit an der Goethe-Universität im Hochschulrechenzentrum die Lernplattform OLAT und ist stellvertretende Senatorin. Dieser Beitrag entstand in Anlehnung an einen Vortrag, den Jeannette Schmid auf der Public Climate School (PCS) der Students for Future gehalten hat.

j.schmid@rz.uni-frankfurt.de





(Un)gläubwürdig grün?

Wie Anleger
im boomenden Markt
für Grüne Anleihen
nach Orientierung suchen

von Pia Barth

Der Klimaschutz ist in der Finanzwelt angekommen. Diesen Eindruck erweckt zumindest das wachsende Angebot an »grünen« Anleihen. Diese Wertpapiere beschaffen Kapital für explizit klimafreundliche Industrien und Projekte. Doch können Anleger sicher sein, dass sie ihr Geld in einen klimafreundlichen CO₂-Fußabdruck investieren und nicht doch beim »Greenwashing« eines rasant ressourcenabbauenden Unternehmens Beihilfe leisten? Die Wirtschaftswissenschaftlerin Julia Kapraun hat sich mit der Glaubwürdigkeit Grüner Anleihen befasst.

Vor 54 Jahren beginnt der Wirtschaftswissenschaftler, mehrfache Nobelpreiskandidat, dreiunddreißigfache Ehrendoktor und anerkannte Außenseiter seines Fachs Kenneth Boulding, eine Schrift mit den Worten: »Wir sind derzeit mitten in einem langen Wandlungsprozess, in dem sich die Wahrnehmung der Menschen von sich selbst und ihrer Umgebung ändert.« Der Steinzeitmensch sei davon ausgegangen, er lebe auf einer grenzenlosen Fläche und könne immer woanders hingehen, wenn es schwierig werde. Kaum verschlechterte sich die natürliche Umgebung – schon zog der Mensch, den scheinbar unendlichen Horizont vor Augen, einfach weiter. Inzwischen wüssten wir aber, dass die Erde eine Kugel ist, also ein für uns relativ begrenztes, geschlossenes System. Als Maß unserer Wirtschaftsform gelte aber noch immer mehr Verbrauch, mehr Durchfluss, mehr Ressourcennutzung – statt Form, Ausmaß, Qualität des Verbrauchs sowie der geistige und gesundheitliche Zustand des Menschen. »Besonders Ökonomen«, kommentiert Boulding 1966 lakonisch, »jedenfalls die meisten, haben es nicht geschafft, die grundlegenden Konsequenzen daraus zu ziehen«, dass die Erde eine Kugel sei.

Vom Nischenprodukt zum Green-Bond-Hype

Die ersten Green Bonds, also Grüne Anleihen, werden auf dem Finanzmarkt im Jahr 2006 ausgegeben. Die Europäische Investitionsbank, und kurz danach die Weltbank, bieten sogenannte »Climate Awareness Bonds« an, die zur Finanzierung erneuerbarer Energien und von Projekten zur Steigerung der Energieeffizienz dienen. Anleger haben nun die Möglichkeit, für eine bestimmte Laufzeit und einen festgelegten Zinssatz in Projekte zu

investieren, die bestimmte ethisch-ökologische oder auch soziale Ziele verfolgen oder gar ihr Geld von Projekten in fossiler Industrie abziehen. Zu diesem Zeitpunkt sind Green Bonds ein Nischenprodukt.

Zehn Jahre später bedienen Anleihen im Wert von 81 Milliarden US-Dollar die gestiegene Nachfrage – die UN-Klimakonferenz 2015 in Paris und der wachsende Fokus von internationalen Organisationen und Investoren auf den Klimawandel zeigen Wirkung. Die internationalen Finanzströme sollen umgelenkt werden. Weg von Öl, Gas und Kohle etwa hin zu klimafreundlichen Projekten. Grüne Anleihen gelten als wichtige Katalysatoren, möglicherweise als Dreh- und Angelpunkt bei der Umstellung der Weltwirtschaft hin zu weniger Kohlenstoffverbrauch. Wer nicht ökologisch wird, verliert ökonomisch – dieser Gedanke kommt inzwischen auch Unternehmern, Förderbanken, Geschäftsbanken, Unternehmen oder Staaten in den Kopf, die mit »grün« ansonsten nicht viel im Sinn haben.

Doch wie glaubwürdig sind »Green Bonds«? Können sich Anleger darauf verlassen, dass jeder Bond, der das Label »Grün« trägt, auch klima- und umweltfreundliche Projekte finanziert? Sie könne sich daran erinnern, dass »Mitarbeiter in Unternehmen vor Jahren mitunter kopflos losgerannt seien, um zu sehen, ob Grüne Labels zu einem Produkt passen«, erzählt Julia Kapraun, Autorin der Studie »(In)-Credibly Green: Which Bonds Trade at a Green Bond Premium?«. Wie Anbieter überstürzt nach klimafreundlichen Unternehmen Ausschau halten, so suchen Anleger nach Kriterien für die Glaubwürdigkeit der neuen Anleihen. Den Green-Bonds-Boom begleitende erste wissenschaftliche Studien,

Länder im Vergleich ihrer Umweltfreundlichkeit

Land	Rank	EPI Score
Dänemark	1	82,5
Luxemburg	2	82,3
Schweiz	3	81,5
Vereinigtes Königreich	4	81,3
Frankreich	5	80,0
Österreich	6	79,6
Finnland	7	78,9
Schweden	8	78,7
Norwegen	9	77,7
Deutschland	10	77,2

Welches Land macht die umweltfreundlichste Finanzmarktpolitik? Die Yale-Universität veröffentlicht dazu jährlich ein Ranking von 180 Ländern, das auf einem umfassenden Kriterienkatalog beruht.

Quelle: <https://epi.yale.edu/epi-results/2020/component/epi>, Stand Oktober 2020.

die die Preise und Renditen der Grünen Anleihen mit denjenigen konventioneller Bonds vergleichen, zeichnen ein widersprüchliches Bild. Anleger und Anlegerinnen investierten unabhängig von deren Rentabilität in Green Bonds, resümieren die einen. Andere betonen, dass Grüne Anleihen nur dann punkten, wenn sie beim Erlös mit ihren konventionellen Bond-Partnern gleichauf liegen. Manche Analysen

AUF DEN PUNKT GEBRACHT

- Grüne Anleihen gelten als Dreh- und Angelpunkt bei der Umstellung der Weltwirtschaft hin zu weniger Kohlenstoffverbrauch.
- Was »grün« ist, ist aber nicht verbindlich festgelegt: Jedes Unternehmen, jede Bank, jedes Land kann Kriterien für ausgegebene Green Bonds selbst bestimmen.
- Anleger sind bereit, für Grüne Anleihen einen höheren Preis zu zahlen. Im Wildwuchs der Angebote suchen sie aber nach Kriterien für Glaubwürdigkeit.
- Staatliche Institutionen, Länder und überstaatliche Institutionen genießen als Bond-Ausgeber mehr Glaubwürdigkeit als Unternehmen.
- Grünen Anleihen von Unternehmen vertrauen Anleger v. a. dann, wenn diese zertifiziert, also von Dritten geprüft worden sind.

beziehen sich auf den Primärmarkt, also auf das Aktionsfeld der großen Player, die aufgrund der boomenden Nachfrage die Märkte nach nachhaltigen Anleihen abgrasen. Andere betrachten das Interesse an Green Bonds auf dem Sekundärmarkt, auf dem v. a. auch kleinere Unternehmen und private Investoren unterwegs sind. Um überhaupt zu belastbaren Aussagen zu kommen, seien die untersuchten Anleihe-Samples aber oft zu klein, die Anleihetypen zu heterogen, die angewandten Methoden zu verschieden, sagt Julia Kapraun. Das wollten sie und ihr Co-Autor Christopher Scheins mit ihrer Studie ändern.

Wer legt fest, was »grün« ist?

Jedes Unternehmen, jede Bank, jedes Land kann die Kriterien für seine Green Bonds selbst bestimmen. Dazu kann der Verzicht auf fossile Energieträger ebenso gehören wie die aktive Förderung eines Windanlagenparks und die Entwicklung eines Elektrofahrzeugs oder die Förderung von Photovoltaik. Institutionen wie die International Capital Market Association oder wie zuletzt die Europäische Union versuchen neuerdings, mit einem Standardkatalog die Qualität von Green Bonds zu sichern. Allerdings ist die Anwendung dieser Richtlinien freiwillig. Unter diesen Umständen fällt es schwer, den Verdacht zu zerstreuen, bei Green Bonds handle es sich um Green Marketing oder »Greenwashing«.

Immerhin: Zur Einschätzung der Bonds ausgebenden Länder gebe der Environmental Performance Index (EPI) der Yale University Kaufinteressenten eine Entscheidungshilfe an die Hand, führt Kapraun in ihrer Studie aus. 180 Länder werden auf den Stellenwert von Umweltpolitik und die Umsetzung von Umweltmaßnahmen hin geprüft und bewertet. China etwa rangiert im Länderindex nur auf Platz 120 – gehört aber zu den drei Topanbietern auf dem Green-Bonds-Markt. Mit Dänemark, Luxemburg und der Schweiz an der Spitze werden die europäischen Länder auf den oberen 20 Plätzen positioniert – was aber nicht ausschließt, so Kapraun, dass sie auch zweifelhaftere, also weniger nachhaltige Bonds im Angebot haben können.

Big Player nehmen höhere Preise in Kauf

Die Kriterien für Glaubwürdigkeit sind also vielfältig, die Lage ist unübersichtlich. Bevorzugen Anleger Green Bonds ohne »Wenn und Aber«, d. h., sind sie bereit, eine geringere Rendite als bei konventionellen Bonds in Kauf zu nehmen bzw. eine höhere Prämie zu zahlen? Unterscheidet sich der Primärmarkt der großen Finanzdienstleister, denen das üppige Angebot Grüner Anleihen Reputation verschafft und eine boomende Nachfrage bedient, von dem

Marktführende Unternehmen im Green-Bonds-Markt

(Stand Ende 2018)

Bondausgeber	Vol. in Mrd. USD	Anzahl der Green Bonds	Sektor	ESG-Punktzahl
European Investment Bank	40,19	49	Banking Services	88,09
WindMW GmbH	29,37	80	Electric Utilities & IPPS	nicht verfügbar
Électricité de France S.A.	26,19	18	Multiline Utilities	86,25
IBRD	17,00	158	Banking Services	67,31
Industrial Bank Co Ltd	16,93	7	Banking Services	53,77
KfW	14,74	18	Banking Services	93,26
Mexico City Airport	12,00	8	Collective Investments	nicht verfügbar
International Finance Corp	8,46	77	Investment Banking & Investment Services	78*
NRW Bank	7,86	10	Banking Services	77*
Shanghai Pudong Development Bank Co Ltd	7,59	3	Banking Services	50,66

ESG-Rating: Stand August 2020, Quelle Sustainalytics; *Letzter verfügbarer Wert vom 1. Juli 2019.

Wie nachhaltig Unternehmen wirklich sind: Hilfen bei der Bewertung von Unternehmensanleihen geben Umweltinstitute, Agenturen zu Nachhaltigkeit und Wirtschaftsprüfer durch jährliche Ratings wie das ESG-(Environment, Social, Government)Rating. Anbieter wie Sustainalytics, MSCI oder S&P beurteilen Unternehmen nach Kriterien auf einer ansteigenden Skala zwischen 0 und 100 danach, wie ernst ihre nachhaltigen Absichtserklärungen gemeint sind. Die Liste von 2020 zeigt, dass Unternehmen mit bestem »grünem« Image mit weniger überzeugenden Anbietern auf dem Markt konkurrieren.

Sekundärmarkt, dessen Anleger womöglich nur die Rendite im Sinn haben oder verunsichert vor Green Bonds zurückschrecken? Dies sind Fragen, denen die Wirtschaftswissenschaftlerin Julia Kapraun in ihrer Studie zur Bereitschaft, eine Prämie für Grüne Anleihen zu bezahlen, nachgeht.

Dabei greift sie auf die Gesamtzahl der bis Ende 2018 angebotenen Green Bonds mit verfügbaren Daten zurück. Diese stellt sie dann entsprechenden konventionellen Bonds gegenüber. Im Sekundärmarkt stammen diese zudem von demselben Herausgeber.

Ein Ergebnis der Studie: Vor allem auf dem Primärmarkt sind Anleger sehr wohl bereit, für einen Grünen Bond einen höheren Preis zu zahlen, d. h. bis zu 0,4 Prozent weniger Rendite zu erwirtschaften als für einen vergleichbaren konventionellen Bond. Die Big Player wollen also in jedem Fall ihren Teil zu einem CO₂-ärmeren Fußabdruck beitragen und scheinen sich von einem bunten Strauß Grüner Bonds einen Imagegewinn zu versprechen.

Die Zustimmung zu Grünen Anleihen ist hoch – allerdings unterliegt sie bestimmten Bedingungen. Eines der Kriterien ist die Glaubwürdigkeit des Anbieters: Zwar rangieren auf den vorderen Plätzen der Bond-Anbieter Großbanken, Finanz- und Energieunternehmen sowie staatliche Institutionen. Doch Akteure auf dem Primär- und Sekundärmarkt schenken staatlichen Institutionen, Ländern und überstaatlichen Institutionen weitaus mehr Vertrauen als Konzernen. Dafür sind sie sogar bereit, 0,2 bis 0,4 Prozent mehr für ihre Wertpapiere zu zahlen.

Gepriüfte Anlagen haben mehr Erfolg

Bei Konzernen sind Anleger darüber hinaus nur dann zu einem Renditeverzicht bereit, wenn die Anleihe eine bestimmte Größe überschreitet. Viele wollen »groß« einsteigen. Das heißt: Sie möchten möglichst viel positiven Einfluss auf die Umwelt ausüben. Gekoppelt ist das Vertrauen allerdings an die Bedingung, dass der Unternehmensbond von Dritten, also Wirtschaftsprüfungsgesellschaften, Umweltinstituten oder Nachhaltigkeitsratings-Agenturen (wie Sustainalytics, Cicero, Vigeo Eiris etc.), als »grün« zertifiziert worden ist. Ein Unternehmen, das seine Bonds ohne Prüfung durch Dritte anbietet, hat das Nachsehen: Hier muss die Rendite überdurchschnittlich sein, z. B. zehn Basispunkte

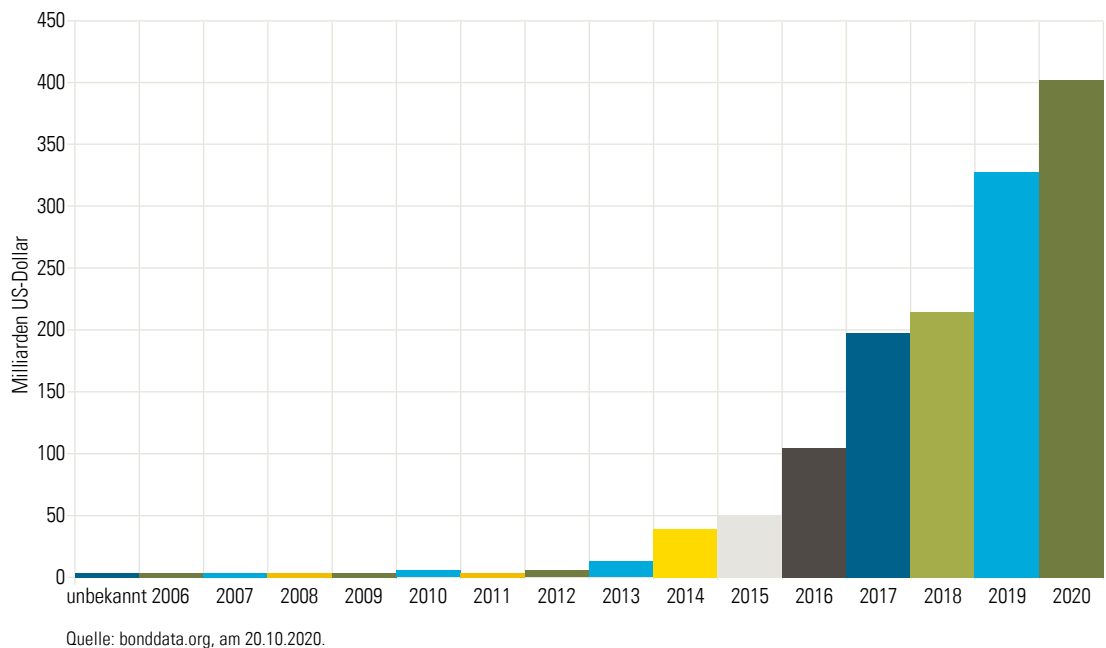


Zur Person

Julia Kapraun, 37, hat in Berlin Mathematik studiert und wurde an der WHU – Otto Beisheim School of Management am Lehrstuhl für Finanzwirtschaft promoviert. 2017 wechselte sie auf eine Stelle als Postdoktorandin in der Abteilung Finanzen am Fachbereich Wirtschaftswissenschaften der Goethe-Universität. Ihre Forschungsschwerpunkte liegen in den Bereichen Sustainable Finance, Behavioral Finance und Portfolio Management. Ihre aktuellen Forschungsprojekte befassen sich mit nachhaltigen Anlageprodukten, deren Bewertung sowie der Wahrnehmung und Akzeptanz von Nachhaltigkeitslabels durch Investoren auf verschiedenen Märkten und Anlageplattformen.

Marktvolumen Grüner Anleihen pro Jahr

Das Angebot an umweltfreundlichen Investitionsmöglichkeiten auf dem weltweiten Finanzmarkt ist seit den Anfängen im Jahr 2006 enorm in die Höhe geschneit. Die Grafik zeigt das Volumen Grüner Anleihen in Milliarden Dollar für das jeweilige Kalenderjahr.



(0,1 Prozent) über vergleichbaren Anlageformen liegen. »Die Anleger und Anlegerinnen sind keineswegs so blauäugig, vorbehaltlos auf ein Grünes Label zu vertrauen«, schließt Julia Kapraun.

Einen spürbaren Vertrauensvorsprung genießen allerdings Grüne Anleihen, die auf sogenannten Grünen Börsen gehandelt werden. Das sind Börsen, die ein Segment für nachhaltige Investmentprodukte im Angebot haben. Sie tragen zur Transparenz und Liquidität des Grünen Anleihe-Marktes bei, indem dort eingetragene Bonds zuverlässig, d.h. kontrolliert sind. Viele Grüne Börsen wandeln Empfehlungen in Verpflichtung um.

Ein Plus an Vertrauen, hat Finanzexpertin Kapraun herausgefunden, stiftet auch die Währung, in der die Grüne Anleihe angeboten wird. US-Dollar und Euro liegen in der Gunst der Investoren quasi gleichauf, wobei in EU-Bonds doppelt so viel investiert wird wie in US-Dollar, Tendenz steigend. Auf Platz drei mischt aber auch der chinesische Yen als Key Player im Green-Bond-Markt mit, obwohl die Ansprüche an chinesische Anleihen weitaus magerer ausfallen als europäische Standardempfehlungen: Nur die Hälfte des Green-Bond-Volumens, schreiben chinesische Standardempfehlungen vor, muß in nachhaltige Projekte fließen; bei europäischen Bond-Standards sind es 95 Prozent. Allerdings würden in China, erklärt Julia Kapraun, die empfohlenen 50 Prozent auch tatsächlich in Grüne Investitionen umgesetzt. Wie

viel von den anspruchsvolleren Empfehlungen für europäische Bonds tatsächlich in klimafreundliche Wirklichkeit umgesetzt werde, bleibe dagegen offen.

Umdenken wird belohnt

Haben Anleger gute Erfahrungen mit einem ersten Bond gemacht, hat das keinen Einfluss auf die Akzeptanz von Folgeprodukten: Der erste Grüne Bond eines Unternehmens, das bislang nicht durch Umweltbewusstsein auf sich aufmerksam gemacht hatte, wird von den Anlegern besonders prämiert. Bis zu 0,18 Prozent weniger Ertrag werden dafür in Kauf genommen. Im Vertrauen auf den Gesinnungswandel eines Unternehmens wollen Anleger offenkundig Akzente setzen.

Überraschend unterscheiden sich Primär- und Sekundärmarkt allerdings in einem: Investoren, die sich privat an der Börse orientieren, greifen bei Grünen Anleihen eher zu, wenn diese preisgünstiger oder zum gleichen Preis wie konventionelle Bonds zu haben sind. Für sie gilt offenbar: Erst die Rendite, dann die Umwelt. Über die Gründe können Wirtschaftswissenschaftler nur spekulieren: Haben kleinere Anleger tatsächlich ein weniger ausgeprägtes Umweltbewusstsein? Oder sind sie angesichts der Gemengelage von Empfehlungen, Standards und Ratings verunsichert?

In einer noch laufenden Studie mit der Universität Zürich hat Julia Kapraun erste Einblicke in das Anlageverhalten von Privatpersonen gesucht. Auch nachdem diese umfassend über

Literatur

Kapraun, Julia, Scheins, Christopher: (In-)Credibly Green: Which Bonds Trade at a Green Bond Premium?, April 2020.

Die Ökonomik des zukünftigen Raumschiffs Erde, 1966 (The Economics of the Coming Spaceship Earth; übersetzt v. Lexi von Hoffmann), in: Höhler, Sabine, Luks, Fred (Hrsg.): Beam us up, Boulding! 40 Jahre Raumschiff Erde, Vereinigung für Ökologische Ökonomie, Heft 7, Zitat S. 9, 2006.

Nachhaltigkeitsratings von Firmen informiert wurden, ihnen gar »Guidelines« an die Hand gegeben worden waren, haben sich ihre Entscheidungen für oder gegen ein Unternehmen kaum verändert. »Das Ergebnis war kaum nachhaltig. Die Schere zwischen Denken und Tun geht noch weit auseinander«, so Kapraun. Vieles spreche dafür, dass Anleger und Anlegerinnen die nachhaltigen Finanzprodukte, deren Labels und Ratings nicht ausreichend verstehen. Warum das so ist und was helfen könnte, dies zu ändern, will Julia Kapraun in Zukunft untersuchen.

Experten schätzen, dass derzeit erst etwa 2 Prozent aller weltweiten Anleihen ökologischen und sozialen Zwecken dienen. Ihr Gesamtvolumen beläuft sich auf 1 137,35 Milliarden US-Dollar.

Die Europäische Union arbeitet derzeit an einem verbindlichen Label für »grüne« Geldanlagen.

Auch im Jahr 2020 sind Anlageobjekte, die eine sichere Rendite bieten und die Welt grüner und gerechter machen, noch immer rar. Je mehr Geld in ein »grünes Projekt« fließen soll, desto schwieriger wird es: Noch immer fehlt es an Unternehmen, die »Form, Ausmaß und Qualität« ihres bisherigen Verbrauchs infrage stellen und nach neuen, umweltschonenden Wegen suchen.

Das Motto des Wissenschaftsjahres 2020, das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung ausgerufen wird, ist die Bioökonomie – also die Umwandlung einer Wirtschaft, die auf fossilen Ressourcen basiert, hin zu einer nachhaltigen, biobasierten Wirtschaftsweise. Das Motto wurde kürzlich um ein Jahr verlängert. Vielleicht wandert die Zuständigkeit für Grüne Anleihen also bald doch von der Marketingabteilung ins Headoffice der Unternehmen. ●



Die Autorin

Pia Barth arbeitet als Referentin für Öffentlichkeitsarbeit an der Goethe-Universität. Geprägt durch ein Studium der Philosophie und Literaturwissenschaft, ist ihr Interesse an Wirtschaft erst allmählich erwacht – vor allem seit ihr bewusst geworden ist, dass sich am Umgang des Menschen mit der Erdkugel ohne Impulse aus der Finanzwirtschaft nichts ändern wird. Ohne eine veränderte Finanzwirtschaft allerdings auch nicht.

p.barth@em.uni-frankfurt.de



PLASTIK IM HAUSHALT



Flasche
(durch Glas
ersetzbar)



Lineal (durch
Holz ersetzbar)



Lang-Figur



Tüte (durch Papier
ersetzbar)



Armband
(durch Glasperlen
ersetzbar)

Kann Pädagogik Waldbrände verhindern?

Zwischen Zurichtung und Mündigkeit: wie Bildung im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung aussehen könnte

von Helge Kminek

Welchen Beitrag können Erziehung und Bildung zur Transformation in eine nachhaltige Gesellschaft leisten? Sollen Kinder und Jugendliche subkutan zum klimafreundlichen Handeln erzogen werden? Oder sollten Erziehung und Bildung autonome Individuen anvisieren?

Während ich diesen Beitrag verfasste, brennen die Wälder in Kalifornien. In dieser Jahreszeit sind Waldbrände im Westen der USA nicht ungewöhnlich – neu sind jedoch Ausbreitung und Intensität. Vielfach ist zu lesen, dass dies bereits eine Folge des vom Menschen verursachten Klimawandels ist.

Der Klimawandel ist sicherlich das drängendste Problem der Menschheit. Doch daneben gibt es weitere Phänomene, die das Verhältnis des Menschen zu seinen natürlichen Lebensgrundlagen betreffen, wie der Verlust von Biodiversität. Zur Problemlösung dieser wie weiterer Probleme beizutragen, beanspruchen vielfältige pädagogische Konzepte, die sich als »Bildung für eine nachhaltige Entwicklung« verstehen. Doch wie kann Bildung zu einer nachhaltiger lebenden Menschheit beitragen? Wie soll sie vorgehen, um junge Menschen auf eine gute Zukunft vorzubereiten? Das ist durchaus umstritten. Im Folgenden sollen Konzepte skizziert und diskutiert werden, die sich selbst als sinnvolle Ausgestaltungen einer Bildung für eine nachhaltige Entwicklung verstehen. Sie zielen darauf ab, Antworten zu geben auf die Frage: Wie kann Pädagogik zur Lösung der vom Menschen selbst verursachten Probleme beitragen?

Die Gefühle der Jugendlichen als Hebel für Veränderungen?

Aus der Perspektive der Pädagogischen Psychologie fragten Kollegen aus Australien und Neuseeland jüngst nach effizienten Wegen, gewünschte Ziele zu erreichen. Gemäß ihrer zentralen Forschungsergebnisse engagieren sich Menschen signifikant weniger für die Umwelt, wenn sie sich den Klimawandel und dessen Folgen nicht vorstellen und auch emotional auf die imaginierten Folgen reagieren können (vgl. Stanley et al., 2018). Es erscheint folgerichtig,

dass die Autoren vor dem Hintergrund dieses Ergebnisses die Forderung aufstellen, dass die zukünftigen Auswirkungen des vom Menschen verursachten Klimawandels von Schülern stärker gefühlt werden sollten. Entsprechend wären pädagogische Interventionen zu entwickeln, umzusetzen und gegebenenfalls unterstützt durch weitere Forschungen zu verbessern, die diese Gefühle bei den Schülern erfolgreich erzeugen. Konkret könnte dies eine Unterrichtseinheit sein, in der die Schüler eine Vorstellung vom Brand des indonesischen Regenwaldes entwickeln, die als so real empfunden wird, dass sie auf diese Vorstellung emotional reagieren. Wenn die Schüler zusätzlich die Ursache des Brandes in ihrem Konsum von Fertigprodukten sähen – der indonesische Regenwald wird für Palmölplantagen gerodet, weil Palmöl beispielsweise für Fertigprodukte benötigt wird (vgl. Hartmann, 2015) –, dann wäre dies eine hinreichend gute Bedingung für eine Verhaltensänderung.

Schüler zu Autoren ihres Lebens erziehen

Der Münchner Philosoph Julian Nida-Rümelin spricht sich eindeutig gegen derartige Positionen aus. Er weist darauf hin, dass die Vorstellung von Mündigkeit für unsere politische Ordnung grundlegend sei. Pädagogische Konzepte, die die Zielvorstellung von Mündigkeit negieren, weil sie beispielsweise die Gefühle von Schülern subtil ansteuern und zu verändern versuchen, untergraben diese Ordnung und stellen damit implizit unsere Vorstellungen und unsere Praxis von Demokratie und Rechtsstaatlichkeit infrage – und damit die Basis unseres gesellschaftlichen Zusammenlebens. Nida-Rümelin lehnt Positionen wie die oben skizzierte deshalb ab. Er plädiert demgegenüber für eine Bildung zur Autorschaft, die die einzelnen Schüler so fördert, dass sie Autoren ihres eigenen Lebens sein können.

Umweltlernen mit Schere und Klebstoff: Schon in der Grundschule lernen Kinder, wie man sich umweltschonend verhält, indem man zum Beispiel Müll richtig trennt.

Literatur

- Entzian, Annett: Denn sie tun nicht, was sie wissen. Eine Studie zu ökologischem Bewusstsein und Handeln, Oekom, München 2015.
- Hartmann, Kathrin: Aus kontrolliertem Raubbau: wie Politik und Wirtschaft das Klima anheizen, Natur vernichten und Armut produzieren, Blessing, München 2015.
- Kminek, Helge: Concept of Education in Education for Sustainable Development – the Necessity of Exposing the Uncertainty, 2020a, in: Kminek, Helge; Bank, Franziska & Leon Fuchs (Hrsg.): Kontroverses Miteinander. Interdisziplinäre und kontroverse Positionen zur Bildung für eine nachhaltige Entwicklung, Norderstedt: Goethe-Universität, FB04 – Dekanat, 2020, S. 153-168.
- Kminek, Helge (2020b): About Education in Times of Populism and the Environmental Crisis and the Possibility of a Critical Education, 2020, in: *Perspectiva*, <https://periodicos.ufsc.br/index.php/perspectiva> (angenommen, im Erscheinen).
- Kminek, Helge/Wallmeier, Philip: Nicht abschließbare Problemorientierung als Leitprinzip – Zur Bildung für die sozial-ökologische Transformation in polarisierten Zeiten, 2020, in: J. Eicker et al. (Hrsg.): *Bildung Macht Zukunft. Lernen für die sozial-ökologische Transformation?*
- Menthe, Jürgen: Verklärte Aufklärung: Der Subjektbegriff im Konzept der Bildung für nachhaltige Entwicklung, 2017, in: S. A. Greco & D. Lange (Hrsg.): *Emanzipation. Zum Konzept der Mündigkeit in der politischen Bildung.* Schwalbach/Ts.: Wochenschau-Verlag, S. 129-138.
- Nida-Rümelin, Julian: *Philosophie einer humanen Bildung*, 2016, https://www.unesco.de/sites/default/files/2018-05/NidaRuemelin_Philosophie_einer_humanen_Bildung.pdf [letzte Recherche: 24.09.2020].

Eine Bildung zur Autorschaft soll konkret die Reflexionsfähigkeit fördern und setzt auf die Auseinandersetzung mit rationalen Gründen. So sei der Einzelne frei in seiner Entscheidung, aber auch in der Lage, Verantwortung zu übernehmen. Das wäre beispielsweise in folgendem Szenario der Fall: Im Unterricht sollen Schülerinnen und Schüler gemeinsam mit ihrer Lehrkraft überlegen, ob nachkommende Generationen über einen intakten Regenwald verfügen können sollten. Wird diese Frage bejaht, geht es weiter darum, ob etwas getan oder unterlassen werden sollte, damit begründet in Aussicht gestellt ist, dass die nachkommenden Generationen über einen intakten Regenwald verfügen – und wenn ja, was dies sein könnte.

Verhaltensänderungen einüben

Der Hildesheimer Chemie-Didaktiker Jürgen Menthe wiederum geht davon aus, dass eine Erziehung oder Bildung zur Autorschaft oder Mündigkeit heute nicht mehr anvisiert werden

kann, weil dieser Vorstellung die Annahme eines starken und autonomen Subjekts zugrunde liegt. Diese Vorstellung lasse sich heute nicht mehr aufrechterhalten. Vielfältige Studien hätten längst überzeugend dargelegt, dass wir nicht nur nicht »Herr im eigenen Haus« sind, sondern auch, dass wir Menschen nicht das tun, von dem wir wissen, dass wir es tun sollten (vgl. Entzian, 2015). Deshalb plädiert er für die praktische Einübung von alternativen Verhaltensweisen, beispielsweise in Form von Kochkursen für eine fleischlose Ernährung. So könnten seiner Auffassung nach Schule und Unterricht zur Verhaltensänderung von Schülern beitragen und damit einen Beitrag zum Klimaschutz leisten. Dieses pädagogische Programm ist ähnlich wie bei der von Stanley et al. vorgeschlagenen Ansteuerung der Gefühle so angelegt, dass sich die zugrunde liegende Absicht den Schülern nicht explizit vermittelt. So stehen sich grob zwei Positionen gegenüber: Die eine betont die Bedeutung von Reflexion und Argumentation (Nida-Rümelin), die andere die erwartbaren Wirkungen der pädagogischen Handlungen (Menthe, Stanley et al.).

AUF DEN PUNKT GEBRACHT

- Wie kann Pädagogik zur Lösung der vom Menschen selbst verursachten Probleme beitragen? Dazu gibt es aus der Forschung einander zum Teil diametral widersprechende Konzepte.
- Da sich Menschen weniger für die Umwelt engagieren, wenn sie sich den Klimawandel nicht vorstellen und entsprechend nicht emotional auf die imaginierten Folgen reagieren können, fordern Wissenschaftler aus Australien und Neuseeland von der Pädagogik, dass sie bei den Schülern Gefühle hervorrufen soll.
- Der Philosoph Julian Nida-Rümelin spricht sich hingegen dafür aus, dass pädagogische Konzepte die Autonomie der Schüler befördern sollen – und begründet dies mit den Grundprinzipien der Demokratie.
- Das UNESCO-Konzeptpapier »Education for Sustainable Development Goals: Learning Objectives« versucht die Kontroverse aufzulösen, wirft aber neue Fragen auf. Kinder und Jugendliche sollen soweit gebildet werden, dass sie sich frei entscheiden können und doch die notwendigen Kompetenzen für eine nachhaltige Entwicklung ausbilden. Doch bleibt unklar, ob die Kompetenzen genutzt werden, um diesen Beitrag zu leisten.

Kompetenzen ausbilden

Das Konzeptpapier der UNESCO »Education for Sustainable Development Goals: Learning Objectives« (UNESCO, 2017) kann als Versuch verstanden werden, die Kontroverse zwischen den bisher diskutierten Positionen aufzulösen. Die Autoren schlagen vor, Kompetenzen bei Schülern zu fördern, die diese befähigen, zukünftig zur Problemlösung beizutragen, ohne die Jugendlichen durch Erziehung und Bildung auf bestimmte Verhaltensweisen »auszurichten«. Das heißt, ob die Schüler beispielsweise ihre Ernährungsgewohnheiten (zukünftig) verändern und wenn ja, auf welche Weise sie das tun, bleibt ihrer eigenen Entscheidung überlassen.

Doch ist auch dieses Konzept nicht unumstritten (vgl. z. B. Kminek, 2020a, 2020b). Probleme ergeben sich beispielsweise daraus, dass die Kompetenzen ohne inhaltliche und ethische Bezüge definiert werden.

Beispielsweise wird die Kompetenz zum kritischen Denken definiert als »die Fähigkeit, Normen, Praktiken und Meinungen infrage zu stellen, die eigenen Werte, Wahrnehmungen und Handlungen zu reflektieren und im Nachhaltigkeitsdiskurs Stellung zu beziehen« (UNESCO, 2017, Seite 10 – Übers. H. K.). Durch die inhaltlich-ethische Beliebigkeit verfügt sowohl eine Person über die angestrebte Kompetenz, die argumentiert, dass der Konsum von Fertigprodukten im Interesse des Klimaschutzes zu reduzieren sei, als auch eine Person, die argumentiert, dass der Konsum Arbeitsplätze sichere. Die von der UNESCO geforderten Kom-



Praktische Einübung von alternativen Verhaltensweisen: Hier lernen Kinder, wie man auch ohne Fleisch etwas Leckereres kochen kann.

Stanley, Samantha/Millin, Paul/Mickleston, Kate/Milfont, Taciano L.: Not here, not to us, maybe not at all: The psychological distance of climate change in relation to environmental engagement, 2018, DOI: 10.17605/OSF.IO/YWQ89 [letzte Recherche: 24.09.2020].

UNESCO: Education for Sustainable Development Goals: Learning Objectives, UNESCO, Paris 2017, <http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002474/247444e.pdf> [letzte Recherche: 24.09.2020].

petenzen führen also nicht notwendigerweise zu Verhaltensänderungen im Sinne des Klimaschutzes, die doch aber gerade nötig wären angesichts der akuten Bedrohungen. Das Beispiel kritisiert konkret, was auch systematisch kritisiert wird. Aus dem Kompetenzmodell der UNESCO selbst geht argumentativ nicht hervor, ob die Kompetenzen genutzt werden sollen, um einen Beitrag zur Lösung des Problems zu leisten. Es fehlt ein Schritt in der Argumentation. In der mittelalterlichen Universität wäre gerufen worden: non sequitur (es folgt nicht).

Die Probleme fokussieren

Dass im Konzeptpapier der UNESCO nicht klar benannt wird, was eine zielführende Problemlösung, das heißt, was eine nachhaltige Entwicklung wäre, ist jedoch nicht verwunderlich. Denn niemand kann genau sagen, was eine nachhal-

tige Entwicklung eigentlich wäre. Gewiss gibt es Maßnahmen wie die deutliche Reduzierung des Fleischkonsums, die von vielen Akteuren als wichtiger Baustein einer nachhaltigen Entwicklung angesehen werden. Aber vieles ist auch noch offen und muss erst ergründet werden. Wie könnte man mit der Not, nicht zu wissen, was eine nachhaltige Entwicklung exakt auszeichnet, umgehen?

Aus dieser Not eine Tugend zu machen und in Bildungsveranstaltungen die vielfältigen Probleme ins Bewusstsein zu heben – so lautet der Vorschlag von Philip Wallmeier und des Verfassers (2020). Das hieße beispielsweise beim Thema Ernährung, die genannten spannungsreichen Aspekte des Fleischkonsums zu thematisieren, um die Problematik in allen ihren unterschiedlichen Aspekten ins Bewusstsein zu heben. ●



Der Autor

Dr. Helge Kminek, 40, hat an der Goethe-Universität Diplompädagogik studiert und das Staatsexamen für das Lehramt an Gymnasien mit den Fächern Philosophie, Ethik und Politik/Wirtschaft abgelegt. 2017 wurde er mit einer Arbeit mit dem Titel »Philosophie und Philosophieren im Unterricht. Empirische Erschließung einer widersprüchlichen Praxis« promoviert. Gegenwärtig vertritt er die Professur für Sozialpädagogik und Familienbildung am Fachbereich Erziehungswissenschaften.

kminek@em.uni-frankfurt.de

HANDELN
FÜRS
KLIMA



Mailändische Verhältnisse

Wie sich der Klimawandel in Frankfurt am Main bemerkbar macht und was die Stadt dagegen tun kann

von Stephan M. Hübner

2019 hat Frankfurt einen Rekord geknackt: Am 25. Juli wurde im Stadtteil Westend die Tageshöchsttemperatur von 40,2 Grad Celsius erreicht. Damit war Frankfurt der heißeste Ort Hessens seit Beginn der Wetteraufzeichnungen im Jahr 1881. Ein Superlativ, der zeigt: Der Klimawandel stellt auch die Städte vor große Herausforderungen. Gesucht werden Wege, um mit seinen Folgen zurechtzukommen.

In der Frankfurter Innenstadt steht Rosemarie Heilig auf dem Goetheplatz. Eine stark befahrene Straße, ringsum Häuserzeilen, einzige Farbtupfer: Japanische Schnurbäume. Nach Osten geht es auf die Einkaufsstraße Zeil, nach Westen auf die Konsumiermeile Freßgass. Für Heilig, die Biologin und Frankfurter Dezernentin für Umwelt und Frauen (Bündnis 90/Die Grünen), steht fest: »Für die Herausforderungen des Klimawandels wurde der Platz völlig falsch gebaut.« Unter anderem liege das an der Tiefgarage darunter, »sie verhindert das Pflanzen wirklich großkroniger Bäume, unter denen man sich in den Schatten setzen kann«. Heilig sieht hierin einen Grund dafür, warum die Attraktivität des Platzes spätestens ab einer Temperatur von 30 Grad Celsius extrem sinkt. »Wir müssen uns darauf einstellen, dass wir in Frankfurt mailändische Verhältnisse bekommen«, sagt sie, »und dadurch wird eine andere Art von Freiflächen attraktiv als bisher.«

Die Dezernentin zeigt auf den Boden. Der sei bisher zu dunkel gewesen, habe sich deshalb zu sehr aufgeheizt. Daher seien auf dem Platz Musterflächen mit unterschiedlichen helleren Bodengründen angelegt worden, die weniger Wärme speichern. »Das haben wir dem Ortsbeirat und der Bevölkerung vorgestellt, denn wir wollen hier ein Material haben, das viele gut finden.« Damit am Ende möglichst alle an

einem Strang ziehen, sei Partizipation beim Thema Klimaschutz und -anpassung besonders wichtig – wobei Klimaschutz den Schutz des globalen Klimas meint, Klimaanpassung hingegen eine eher regionale oder lokale Herausforderung ist. Für Heilig wird der Goetheplatz so zu einer Art Freilabor, in dem sich ausprobieren lässt, wie bestehende städtische Strukturen an die neuen Herausforderungen anzupassen wären.

Die »Grünen Zimmer«, Bänke mit bepflanzttem Dach und bepflanztten Seitenwänden, sollen vermitteln, wie wohltuend Grün in der Stadt sein kann. (Bild linke Seite)



»Für die Herausforderungen des Klimawandels wurde der Platz völlig falsch gebaut«: Rosemarie Heilig, Umweltdezernentin in Frankfurt, will die Überhitzung der Innenstadt mit mehr Grün bekämpfen.



Dachbegrünung kann dazu beitragen, dass die Stadt im Sommer nicht überhitzt.

Auch eine Frage der Lage

Dass Frankfurt besonders vom Klimawandel betroffen ist, hängt mit der Lage der Stadt am Nordende der Oberrheinischen Tiefebene zusammen. Das Klima ist hier von Natur aus mild, der Jahresniederschlag eher gering. Ausgeprägt sind hochsommerliche Wetterlagen mit hohen Mittel- und Extremtemperaturen und wenig natürlichem Luftaustausch. Dazu nun noch der Klimawandel. 2018 waren in Frankfurt 108 Sommertage (über 25 Grad Celsius) und 43 heiße Tage (über 30 Grad Celsius) zu verzeichnen – 2011 waren für das Jahr 2050 noch 75 Sommer- und 25 Heiße Tage prognostiziert worden. Mittlerweile fallen nur noch gut zwei Drittel des bislang üblichen Jahresniederschlags, zugleich steigt der Luftdruck, was u. a. zu geringerer Wolkenbildung führt [1]. Als Resultat gibt es immer mehr Unwetter mit Sturm, Starkregen und Spontanüberflutung. Überwärmung bereitet v. a. Kleinkindern und Senioren Gesundheitsprobleme, stellt die Standorte und die Ausstattung von Krankenhäusern, Seniorenheimen und Kindergärten infrage. Nicht zuletzt sind mittlerweile mehr als 95 Prozent der Frankfurter Bäume wärme- und trockenheitsgeschädigt (vergleiche dazu den Beitrag von Jan Schwenkenbecher, Seite 24).

Vom Grün her denken

Die Pflanzen sind es, die Rosemarie Heilig besonders am Herzen liegen. Sie setzt sich dafür ein, dass in Frankfurt künftig mehr »vom Grün her« geplant wird. Denn Pflanzen spenden Schatten und binden das klimarelevante Gas Kohlendioxid (CO₂). Und sie verdunsten über ihre Blätter Wasser, wodurch die Luft abkühlt, Hitzespitzen abgefedert werden und sich das Mikroklima verbessert. All das trage dazu bei, dass die Stadt trotz Klimawandels lebenswert bleibe. »Die Bevölkerung muss sich das bewusst

machen«, ist sie überzeugt. Deshalb habe man auf dem Goetheplatz die »Grünen Zimmer« aufgestellt, Bänke mit bepflanztem Dach und bepflanzten Seitenwänden mit integrierter Selbstbewässerung auf Photovoltaikbasis. »Die Bevölkerung kann hier am eigenen Körper spüren, wie erfrischend sich Pflanzen auf das Klima und die Aufenthaltsqualität auswirken«, erklärt Heilig. Vor allem Kräuter, Gräser und Stauden schmücken die »Zimmer« – Anregungen für das, was man selbst auf dem Balkon oder im Vorgarten anpflanzen kann und zugleich Werbeträger für das städtische Programm »Frankfurt frischt auf«. »Es soll in Frankfurt mehr Gründächer, Fassaden- und Hinterhofbegrünung ermöglichen«, sagt Rosemarie Heilig. Jede Liegenschaft könne sich im Rahmen des Programms um bis zu 50 000 Euro Fördermittel bewerben, außerdem werden Klima- und Pflanzberatungen angeboten. Bislang wurden mehr als 100 Förderanträge gestellt und gut 40 bereits umgesetzt.

»Frankfurt frischt auf« und die »Grünen Zimmer« sind nur zwei Beispiele dafür, wie die Stadt auch ihre Bürgerinnen und Bürger an ein klimaverträglicheres Leben heranführen will. Das gesamte Maßnahmenpaket umfasst dabei freilich noch mehr. Etwa das Anpflanzen zusätzlicher Straßenbäume, das Umwandeln von versiegelten Flächen hin zu Grünland, aber auch den Erhalt und die Erweiterung der Parkanlagen – etwa durch den Zugewinn privater Flächen oder das Aufbrechen von Versiegelungen. Deshalb ist Rosemarie Heilig auch dagegen, dass die neue U-Bahn-Anbindung des Campus Westend unter Grüneburgpark und Palmengarten hindurch verlaufen soll – in Zeiten des Klimawandels könne man nicht eine der größten Parkanlagen Frankfurts gefährden, indem man eine U-Bahn unter ihr hindurchtreibt, sagt sie. Heilig spricht sich für eine ökologischere Variante aus, auch wenn diese mehr Geld koste – denn »Klimaschutz gibt es nicht zum Nulltarif«.

Hitzeliebende Arten haben es leichter

Wenn es um mehr Grün für Frankfurt geht, taucht ein Aspekt immer wieder auf: nämlich dass es Pflanzen aus wärmeren und trockeneren Regionen in Frankfurt künftig leichter haben dürften als die hessische Originalvegetation. »Das sehen wir auch bei den Pflanzen, die auf natürliche Weise nach Frankfurt einwandern«, sagt der Botaniker Prof. Dr. Georg Zizka vom Universitätsinstitut für Ökologie, Evolution und Diversität. Zizka, der zugleich Vizedirektor des Frankfurter Forschungsinstituts und Naturmuseums Senckenberg ist, kann die Entwicklung der Frankfurter Vegetation über Jahrzehnte zurückverfolgen. »Im Klimamosaik der Stadt werden es die Pflanzen zunehmend leichter

haben, die an Trockenheit und Hitze besser angepasst sind.« Sind sie das nicht, steigt für sie der Stress, sie werden anfälliger für Krankheiten und tragen dazu bei, dass das städtische Ökosystem brüchig wird – mit schwer abschätzbaren Folgen für die Menschen und alle anderen Lebewesen der Stadt. Um jedoch beurteilen zu können, ob speziell durch den Klimawandel schon bestimmte wärmeliebende Wildpflanzen von sich aus nach Frankfurt gekommen sind, »dafür gibt es momentan noch zu wenige Daten«, sagt Zizka. Eindeutig sei jedoch zu belegen, dass seit dem Jahr 1800 mehr als 400 Pflanzenarten aus Frankfurt verschwunden sind, etwa weil sich die Landnutzung verändert hat oder weil Grünflächen vernichtet wurden, die jetzt aus Klimaschutzgründen wieder entstehen sollen.

Alternativen zum Auto kennenlernen

Natürlich gelingen Klimaschutz und -anpassung in einer Stadt wie Frankfurt nicht nur über den Umgang mit Grünflächen. Es gibt weitere Schlüsselfaktoren: Stadtplanung, Bauen, Wasser, Gesundheit sowie Mobilität und Verkehr. Letzteres Thema beschäftigt Dr. Jutta Deffner vom Frankfurter ISOE – Institut für sozial-ökologische Forschung. Die Einrichtung wurde 1989 als interdisziplinäre, unabhängige Forschungseinrichtung gegründet, u. a. von Prof. Egon Becker, der an der Goethe-Universität Wissenschafts- und Hochschulforschung betrieb.

Für Jutta Deffner nimmt das Thema Mobilität und Verkehr eine besondere Rolle in der Auseinandersetzung mit dem Klima ein, stehen Autoabgase doch häufig exemplarisch für die Menge der klimawirksamen Treibhausgasemis-

sionen, die es zu reduzieren gilt. Die Mobilitäts- und Stadtforscherin sucht deshalb nach praxistauglichen Alternativen zu aktuellen Mobilitätsformen und Verkehrsinfrastrukturen. »Dabei hilft ein Blick auf den sogenannten Modal Split, das ist ein Kennwert, der zeigt, zu welchen Anteilen die einzelnen Verkehrsmittel genutzt werden. Und da sieht man, dass der Binnenverkehr der Frankfurterinnen und Frankfurter durchaus schon klimafreundlich ist. Es wird viel zu Fuß gegangen, Rad gefahren und der öffentliche Personennahverkehr, der ÖPNV, genutzt.« Probleme bereite eher der Pendlerverkehr. Hier eine unter Klimagesichtspunkten tragbare Lösung zu finden, sei eine Aufgabe, die nur die Region als ganze bewältigen könne. »Dazu sind schon viele Projekte in Planung, wie die nordmainische S-Bahn von Frankfurt nach Hanau oder die Regionaltangente West. Aber die Prozesse dauern so lange, dass viele denken, da passiere nichts.«

Freilich, sagt Deffner, gebe es auch innerhalb Frankfurts noch genügend Luft nach oben, hin zu einer klimafreundlicheren Mobilitäts- und Verkehrsplanung. Das Radwegenetz etwa sei noch nicht optimal, verlange nach weiterem Ausbau und müsse einheitlicher, übersichtlicher und dadurch sicherer gestaltet werden. Auch Fußgänger hätten es an zu vielen Stellen in der Stadt noch schwer. Gehwege und Anlagen etwa lüden nicht immer dazu ein, sie zu nutzen, sie seien dafür zu unattraktiv oder zu unübersichtlich. Als Alternative zum eigenen Auto weist Jutta Deffner außerdem auf den Ansatz »Mobility as a Service« (MaaS) hin. Der Begriff wurde v. a. von Sonja Heikkilä und Sampo Hietanen aus Finnland geprägt; die finnische Hauptstadt Hel-

Literatur

Die Datenbasis dazu stammt aus den Frankfurter Klimaplanatlanten der Jahre 1994, 2008 und 2016, aus fortlaufenden klimatischen Untersuchungen seit den 1970er Jahren sowie aus einer mikroklimatischen Simulation und einer lokalen Klimaprojektion aus dem Jahr 2011, zusammengestellt von Hans-Georg Dannert vom Frankfurter Umweltamt.

www.nordmainische-s-bahn.de
www.rtw-hessen.de



Problem Pendlerverkehr: Wer in Frankfurt wohnt, ist weniger mit dem Auto unterwegs als per Fahrrad oder ÖPNV. Der Berufsverkehr, der von außerhalb tagtäglich in die Stadt fließt, ist jedoch nach wie vor beachtlich.

sinki ist einer der Orte, an denen das Konzept schon erfolgreich praktiziert wird: »Bei MaaS stellt man sich sein individuelles Mobilitätsbudget zusammen, etwa aus ÖPNV-Flatrate, Lastrad-Sharing- oder E-Tretroller-Minuten. Bei uns könnte dafür der Rhein-Main-Verkehrsverbund die Plattform bieten. Interessant ist auch ein Beispiel aus Wien: Dort gibt es ein 365-Euro-Bürgerticket des ÖPNV, zugleich müssen jetzt in den Quartieren ausnahmslos alle Autonutzer für Parkplätze bezahlen. So wird man gewissermaßen sanft dazu gedrängt, weniger Auto zu fahren.«

Der Traum von der Bauausstellung

Summa summarum gibt es für die Stadt Frankfurt zwei Wege, um mit dem Klimawandel klarzukommen und lebenswert zu bleiben: den vorhandenen städtischen Raum klimafreundlich umzubauen und den Weiterbau der Stadt unter Aspekten der Klimaanpassung zu betreiben. Die Bevölkerung zu Eigenengagement zu motivieren, ist dabei die eine Seite der Medaille.

Die Stadt Frankfurt sei durchaus bereit, eine Vorreiterrolle zu übernehmen, so Umweltdezernentin Heilig. Hinter den Kulissen des Römer Rathauses werde genau daran gearbeitet: 2019 etwa sagte der Magistrat »Ja« zur »Frankfurter Klimaallianz« – einem Maßnahmenkatalog mit vielen Punkten, die dabei helfen sollen, die Folgen der Klimakrise für Frankfurt zu begrenzen. Dazu zählen etwa die verstärkte Förderung von Photovoltaik-Anlagen, der Ausbau der Brauchwassernutzung oder die Verpflichtung zu sparsamem Flächenverbrauch angesichts fortschreitender Verdichtung.

Die anhaltende Attraktivität der Stadt als Wohnort macht die Suche nach neuen Wegen noch dringlicher. Aktuell ziehen mehr als 60 000 Menschen pro Jahr neu nach Frankfurt, was klimabewusstes Planen und Bauen unabdingbar macht. Viele Fragen tauchen dabei auf: Wo gibt es Kaltluftschneisen? Wie können sie erhalten und optimiert werden? Wie lassen sich Sturm- und Überflutungsschutz verbessern? Planenden und Bauenden gibt der städtische »Ratgeber Klimawandel und Umweltschutz beim Planen und Bauen« Tipps, wie klimafreundlich renoviert, um- und neu gebaut werden kann. Ganz generell tut eine höhere Gewichtung von Klimaschutzkriterien in Bauwettbewerben not.

Bei Neubauten ist Rosemarie Heilig v. a. das Umsetzen von Passivhausstandards wichtig, wodurch bis zu 75 Prozent Heizenergie eingespart werden könnten. »Die Häuser in Passivbauweise sind unser Vorzeigeprojekt in Frankfurt«, sagt sie und betont: »Auch die neue Altstadt ist in Passivhausbauweise gebaut.« Trotzdem gebe es gerade im Bereich Bau und Planung noch viel Nachholbedarf. »Wir müssen

AUF DEN PUNKT GEBRACHT

- Der Klimawandel verändert die Lebensbedingungen in Städten wie Frankfurt am Main.
- Es kommt nun darauf an, Klimaanpassung und Klimaschutz gemeinsam zu denken, also den vorhandenen städtischen Raum klimafreundlich umzubauen und den Weiterbau der Stadt unter Aspekten der Klimaanpassung zu betreiben.
- Wichtige Aspekte der klimagerechten Entwicklung Frankfurts sind insbesondere das städtische Grün und der Verkehr.



Der Autor

Stephan M. Hübner, geboren 1974, hat an der Goethe-Universität Biologie studiert und arbeitet v. a. als Redakteur für Bildung und Wissenschaft beim Radiosender hr-iNFO. Vorherige Stationen seines Berufslebens waren die Abteilung PR & Kommunikation der Goethe-Universität sowie die Frankfurter Stiftung Polytechnische Gesellschaft. Zu seinen Schwerpunktthemen zählen Biodiversität, Tiergartenbiologie und Wissenschaftskommunikation.

smhuebner@gmx.de

hin zu einer durchgrünten Stadt mit autofreier Innenstadt, die sich nicht mehr so stark aufheizt. Das ist die Herausforderung für alle Dezernate. Wirtschaft, Umwelt, Planung: Alle müssen an einem Strang ziehen«, appelliert die Dezernentin an ihr Kollegium. Ihr Wunsch: »Eine internationale Bauausstellung, die genau dieses Motto hat: Wie wollen wir nicht nur Frankfurt, sondern das ganze Rhein-Main-Gebiet künftig gestalten? Wie sollen die neuen Quartiere aussehen, wo man auch in 30 Jahren noch gut leben kann und nicht unter dem Klimawandel ächzt und die gesundheitlichen Folgen tragen muss?« Der Termin? Am liebsten schon 2021. Wenn es um den Schutz des Klimas geht, ist jede Minute kostbar. ●



BEWEGgründe

Mobilität klimafreundlich verändern ohne Verzicht

von Anja Störko

Eine lebenswerte, schöne Stadt mit viel Grün und kurzen Wegen – das wünschen sich eigentlich alle. Wie wir dorthin kommen können, daran forscht die Arbeitsgruppe des Mobilitätsforschers Martin Lanzendorf. Im Fokus steht dabei der Mensch: Wie verhält er sich im öffentlichen Raum, was sind seine Beweggründe, Ziele und Wünsche – und wie ließe sich sein Verhalten beeinflussen?

Unser Ziel ist es, die ressourcenfressende Mobilität in unseren Metropolen zu reduzieren – ohne viel Verzicht, eher mit einem Gewinn für die dort lebenden Menschen«, erklärt Prof. Martin Lanzendorf, Mobilitätsforscher am Institut für Humangeographie am Fachbereich Geowissenschaften/Geographie. Bei jeder Forderung nach weniger Automobilität gebe es zunächst einen Aufschrei und vielfältige Widerstände, doch die würden häufig schnell verschwinden – sobald klar wird, dass die Veränderungen mit einer verbesserten Lebensqualität einhergehen.

Ein Beispiel ist das Projekt »QuartierMobil« in Bornheim, an dem Lanzendorfs Arbeitsgruppe beteiligt ist: Der Ortsbeirat hatte das Projekt ins Leben gerufen mit dem Ziel, die Konflikte um den Verkehrsraum und das Parken zu verringern. Mithilfe eines Fragebogens ermittelten die Mitglieder der Arbeitsgruppe die Gewohnheiten und Wünsche der Quartiersbewohnenden zu ihrer Alltagsmobilität, Verkehrsmittelnutzung und zu Konfliktsituationen. Das Ergebnis diente als Grundlage dafür, dass die Stadt Frankfurt zusammen mit Planungsbüros Vorschläge zur Umgestaltung der Freiligrathstraße in Bornheim mit mehr Grün und veränderter Parksituation entwickelte. »Wichtig ist es, ins Gespräch zu kommen«, betont Lanzendorf den Stellenwert der Befragung, bei der z. B. herauskam, dass einige Anwohner sich Bäume entlang der Straße wünschten, andere sich daraufhin jedoch um den Lichteinfall in ihre Wohnungen sorgten. Als Kompromiss könnte es nun Büsche geben, eine an sich naheliegende Lösung. Interessant sei, dass Neuregelungen eher akzeptiert würden, wenn sie alle betreffen, beispielsweise generell ausgelagerte Parkplätze oder Quartiersgaragen. »Prinzipiell ist die Bereitschaft erstaunlich hoch, beispiels-

Wer mit dem Rad fährt, tut nicht nur etwas für die Umwelt. Die Zahl der Radfahrer wächst, und die Städte sind gut beraten, mit einer besseren Infrastruktur und mehr Sicherheit auf Radwegen darauf zu reagieren.

5-mal

so viel Gewinn erwirtschaften
Fahrradstellplätze im Vergleich
zu Autostellplätzen der gleichen
Fläche.

**23 von 24
Stunden**

parkt ein privates Kfz.



3-mal

so viele Bekanntschaften in der näheren Umgebung haben Anwohner von verkehrsberuhigten Straßen im Vergleich zu Menschen, die an Straßen mit einem hohen Autoverkehrsaufkommen leben.

81 %

der Wegelängen in Frankfurt und Offenbach sind unter 10 km lang.

weise Parkplätze in Fahrradflächen umzuwandeln, selbst unter Autobesitzern«, ergaben die Studien.

»Viele, viele Kleinigkeiten erschweren den Weg zu solchen Kompromissen allzu oft: Dinge wie Bordsteinabsenkung, schmalere Straßen, Straßengrün, Markierungen müssen genau geplant werden – und daran sind viele Ämter beteiligt«, sagt der Mobilitätsforscher. Entscheidend in diesem Prozess erscheine ihm, dass Stadt- und Verkehrsplanung enger zusammenarbeiten und nicht aneinander vorbeiplanten. Die Entwicklung der Diskussion um den Mainkai in Frankfurt sei dafür beispielhaft: Die Mehrheit wolle eine Verkehrsberuhigung, aber es fehlte während der einjährigen Sperrung ein überzeugendes Konzept, wie der gewonnene Straßenraum ideal zu nutzen sei. »Oft wird vergessen, die Vorteile zu erklären – dabei ist Kommunikation in der Verkehrsplanung so wichtig«, meint Lanzendorf.

Welches ist die optimale Farbe?

In Offenbach begleitet die Arbeitsgruppe im Rahmen des LOEWE-Schwerpunkts »Infrastruktur – Design – Gesellschaft« die Entwicklung von sechs Fahrradstraßen. Die Stadt möchte mit Unterstützung des Bundesumweltministeriums ein ganzes Netz von Straßen umwidmen, auf denen Räder Vorrang haben und Autos nicht oder nur nachrangig und mit niedriger Geschwindigkeit fahren dürfen. Die Befragung der Anwohner der ersten dieser Projektstraßen ergab eine erstaunlich positive Einstellung zum Radfahren – viel positiver als in einem anderen Wohngebiet in Offenbach mit ansonsten ähnlichen Eigenschaften. Zusammen mit der Offenbacher Hochschule für Gestaltung erfragte die Arbeitsgruppe die Meinung der Offenbacher: Welches ist die optimale Belagfarbe? Wie soll die Straße verlaufen? Welchen Bewuchs wünschen sich die Anwohner? Und wie sollen Kreuzungen gestaltet werden? So werden Schraffierungen getestet, die entlang parkender Autos den Raum sichtbar machen sollen, in dem mit einer sich öffnenden Autotür zu rechnen ist. Das vom hessischen Landesprogramm LOEWE geförderte Projekt zum Mobilitätsdesign soll klären, ob und wie Fahrradstraßen tatsächlich zu einem Wandel des Mobilitätsverhaltens beitragen und wie sie wahrgenommen und bewertet werden.

Bürgerinitiativen in vielen Städten drängen seit 2016 auf eine Verkehrswende, meist auf der Basis von Volksentscheiden. Diese »Radentscheide« hätten Bewegung in die Verkehrsdiskussion gebracht, die vorher nicht denkbar war, so Lanzendorf. »Die Menschen wollen in den Innenstädten anders leben, anderes erleben – das Auto als Statussymbol verliert an Bedeu-



Kreuzungsgestaltung sowie Markierungen entlang der parkenden Autos in der Fahrradstraße Taunusstraße in Offenbach. Nach einem Test mit Kreidemarkierungen wurden diese Gestaltungsansätze dauerhaft umgesetzt.



Zur Person

Prof. Dr. Martin Lanzendorf (54) hat die Professur für Mobilitätsforschung am Fachbereich Geowissenschaften/Geographie inne. Diese Professur wurde 2008 als Stiftung des Rhein-Main-Verkehrsverbundes (RMV) und der ivm GmbH (Integriertes Verkehrs- und Mobilitätsmanagement Region Frankfurt RheinMain) gegründet. Nach dem Studium von Mathematik (Diplom) und Lehramt für Geographie/Mathematik in Bonn wollte Lanzendorf etwas »in der richtigen Welt tun«, etwas bewegen, und wechselte für die Promotion ans Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie. Über berufliche Stationen in Utrecht, München und Leipzig kam er nach Frankfurt. Am Institut für Humangeographie bietet sein Lehrbereich den Master »Geographien der Globalisierung« mit dem Nebenfach »Mobilitätsforschung« an.

lanzendorf@geo.uni-frankfurt.de

»Es ändert sich spürbar etwas«, fasst Lanzendorf die Entwicklung des letzten Jahrzehnts zusammen. Viele Menschen hätten erkannt, dass Autos in den Städten viel Platz verbrauchen, der anders und besser genutzt werden könnte.

ÖPNV und Fahrrad zusammen denken

Im Rahmen des Nationalen Radverkehrsplans beteiligte sich die Arbeitsgruppe daher an einem weiteren Projekt. Es zielt darauf ab, Fahrradnutzung und öffentlichen Verkehr stärker zu vernetzen. Die im Rhein-Main-Verkehrsverbund selbstverständliche kostenlose Fahrrad-Mitnahme ist keinesfalls überall üblich. »Häufig sieht der ÖPNV immer noch das Rad als Konkurrenten«, sagt Lanzendorf. Diese Wahrnehmung gelte es zu ändern. Lanzendorf plädiert dafür, Ausschreibungen von ÖPNV-Aufträgen künftig auch mit Konzepten zur Vernetzung mit dem Radverkehr zu versehen. Als Beispiele für ein solches erfolgreiches Konzept nennt er das Mainzer Leihfahrrad-Konzept oder die sehr sicheren und praktischen Radabstellanlagen an niederländischen Bahnhöfen. Der öffentliche Verkehr müsse zudem »kleiner, flexibler und digitaler« werden. Berlin experimentiere beispielsweise derzeit mit dem »BerlKönig«, einem Kleinbus-Rufsystem per App, der Kleinbus fährt rund um die Uhr von Haustür zu Haustür. »Wir lamentieren einerseits, dass E-Roller im Weg rumstehen, sehen aber nicht die dicken Autos, die vorm Bäcker parken«, sagt Lanzendorf und regt einen Wechsel des Blickwinkels an. »Der Kampf um die knappe Fläche in den Städten tobt. Und einerseits ist es attraktiv, wenn viel los ist, andererseits will jeder für sich persönlich Ruhe«, so Lanzendorf. Es sei die Aufgabe von Politik und Gesellschaft, diese Diskussion zu führen und die Menschen auf dem Weg in die klimafreundlichere Mobilität »mitzunehmen«. Lanzendorf plädiert dafür, die Automobilität geplant einzuschränken, dabei aber Anreize zu schaffen, die die Akzeptanz für diesen Weg erhöhen.

Wichtig sei dabei auch, alle sozialen Schichten einzubinden. »Von Armut betroffene und bedrohte Menschen sind seltener und anders mobil als der Durchschnitt der Bevölkerung«, sagt Stefanie Schwerdtfeger, Mitarbeiterin der Arbeitsgruppe. Im Projekt »Social2Mobility« in Hannover wollen die Forscherinnen und Forscher die soziale Teilhabe von Menschen, die von finanzieller Armut betroffen oder bedroht sind, durch Mobilitätsangebote steigern. »Mit dem Hartz-IV-Satz von 36 Euro für Mobilität kommt man beispielsweise in Frankfurt nicht weit«, erläutert Lanzendorf den Zusammenhang zwischen niedrigem Einkommen und mangelnder Mobilität. In einer früheren Studie hatte seine Arbeitsgruppe diese Tatsache bereits

als einen wichtigen Grund für das Fahren ohne Fahrschein ausgemacht. »Zahlreiche Menschen sind ohne Ticket unterwegs, weil sie es schlichtweg nicht finanzieren können«, erläutert Schwertfeger ein Ergebnis eines Kooperationsprojekts mit dem Rhein-Main-Verkehrsverbund. Dass es in Hessen preisgünstige bzw. kostenlose Schüler-, Studierenden-, Senioren-, Job- und Landesangestellten-Tickets gibt, sei sehr lobenswert. Nun fehle aber noch ein Sozialticket. »Selbst der soziale Frankfurt-Pass vergünstigt die Fahrkarten nicht ausreichend. So werden Menschen mit geringen finanziellen Ressourcen von öffentlicher Mobilität ausgeschlossen – oder wählen alternativ dazu illegale Strategien der Mobilität«, sagt sie.

Vorbild Lincoln-Siedlung

Zudem muss nach Ansicht des Forschungsteams die künftige Siedlungsplanung stärker die Lebensqualität berücksichtigen. Ein spannendes Beispiel sei die Lincoln-Siedlung in Darmstadt, die nur noch 0,5 Parkplätze pro Wohnung vorsehe und damit die Möglichkeiten zu Kauf oder Anmietung von Tiefgaragenplätzen einschränke. Stattdessen werden Lastenräder, Fahrrad- und E-Car-Sharing sowie ein attraktiver Straßenbahnanschluss angeboten. In einem aktuellen Projekt im Rahmen von QuartierMobil beobachtet die Arbeitsgruppe gespannt, wie das Konzept angenommen wird, was geändert und angepasst werden muss.

Lanzendorf befasst sich v. a. mit dem urbanen Raum, denn: »Die Verkehrswende muss von den Städten ausgehen.« Dort müsse es gelingen, die Menschen mit ihren vielfältigen Bedürfnissen zufriedenzustellen. Die Verflechtung mit dem Land sei ein weiterer großer Schritt. Im Raum Frankfurt war ein erstes Projekt die Einführung von Schnellbuslinien; ein nächster Schritt ist der Ausbau des S-Bahn-Rings. Aber auch Gruppen wie Pendlern und Handwerkern



müssten passende und flexible Angebote gemacht werden.

Im Ausland könne man sich Anregungen holen. Lanzendorf nennt Beispiele: Die Citymatt in Stockholm etwa, die über Kameras abgerechnet wird und deren Einnahmen in die Verbesserung des öffentlichen Verkehrs fließen. Barcelona wiederum bilde aus Häuserzeilen »Superblocks«, in denen Radfahrer und Fußgänger Vorrang haben; auf den bepflanzten Straßen sei nur noch Schrittgeschwindigkeit erlaubt – sie wandelten sich zu »grünen Wohnzimmern«.

Das kommt Lanzendorfs Vorstellungen für die nächsten Jahrzehnte nahe: »Halb so viel Autoverkehr in den Städten, doppelt so viel Grün für Ruhe und Aufenthaltsflächen.« In Frankfurt liege jede zweite Fahrtstrecke mit dem Pkw unter fünf Kilometern, ist also mit dem Rad, zu Fuß oder per ÖPNV problemlos zurückzulegen. »Eine schöne Stadt zum Rumlaufen, Einkaufen, mit attraktiven Straßen, viel Fuß- und Radverkehr – das ist lebenswert«, sagt er. Entscheidend sei die »human scale«, frei übersetzt das »menschliche Maß«. Diesen Begriff hatte der dänische Stadtplaner Jan Gehl geprägt, auf dessen Anregung hin Kopenhagen zu einer der lebenswertesten Städte der Welt wurde, mit beispielhaft viel Fuß- und Radverkehr. Eine »Metropole für die Menschen«, wie auch Lanzendorf und seine Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter sie anstreben. ●

Zukunftsweisend? In Offenbach werden im Rahmen eines vom Bund geförderten Projekts Fahrradstraßen eingerichtet. Das Team um Martin Lanzendorf hat die Umgestaltung, hier die Senefelderstraße, im Rahmen des LOEWE-Projekts wissenschaftlich begleitet.



Die Autorin

Dr. Anja Störko, 55, ist promovierte Mikrobiologin. Sie arbeitet als freie Journalistin für Publikumszeitschriften, ist Redakteurin der Fachzeitschrift »BIOspektrum« und hat Bücher zu Gesundheitsthemen verfasst. Als passionierte Alltagsradlerin freut sie sich über Forschungsprojekte, die Mobilität umweltfreundlicher machen.

anja@stoeriko.de

www.stoeriko.de

AUF DEN PUNKT GEBRACHT

- Mobilitätsforschung, wie sie an der Goethe-Universität betrieben wird, findet mitten in der Gesellschaft und mit den betroffenen Menschen statt.
- Jeder Stadtbewohner steckt im Zwiespalt zwischen eigener Bequemlichkeit und dem Wunsch nach ruhigen, aber gleichzeitig belebten Vierteln.
- Die Mobilitätsforschung sucht neue Wege für lebenswerte Städte mit flexibler Beweglichkeit für alle.



Unterwasser-Batterie im Tagebausee

Innovativer Zwischenspeicher für Sonnen- und Windstrom

von Anne Hardy

Ohne Kurzzeitspeicher für erneuerbare Energien kann die Energiewende nicht funktionieren. Davon ist der Physiker Horst Schmidt-Böcking überzeugt. Seine Idee, für Ökostrom Unterwasser-Pumpspeicherkraftwerke zu bauen, möchte er im Braunkohletagebau Hambacher Loch realisieren.

Horst Schmidt-Böcking deutet auf eine Grafik, die zeigt, wie viele Stromspitzen aus der Solar- und Windenergie wir nicht nutzen können: »Im Jahr 2018 mussten wir in Deutschland 50 Milliarden Kilowattstunden überschüssigen Ökostrom kostenlos an das Ausland abgegeben oder wegwerfen und außerdem noch Windräder abschalten«, bedauert er. Das ist weit mehr Energie, als die Kraftwerke im Rheinischen Braunkohlerevier in einem Jahr produzieren, nämlich 31 Milliarden Kilowattstunden (kWh). Diese nicht genutzte Energie fehlt wiederum an den Tagen, die windstill oder bewölkt sind. Das macht den Strom teuer und erhöht den CO₂-Ausstoß.

Der pensionierte Physikprofessor schätzt, dass wir für Kurzzeitspeicher zehnmal so viel Speicherkapazität für erneuerbare Energien benötigen, wie aktuell in Deutschland durch Wasserpumpspeicherwerke vorhanden ist. »Ein Lichtblick für die Speicherung sind die riesigen Fortschritte bei den Lithium-Ionen-Batterien, die in letzter Zeit gemacht wurden«, erklärt er. Allerdings sei u. a. durch die verwendeten Chemikalien die Batterieherstellung nicht umweltfreundlich. Zusätzlich ist die Lebensdauer auf etwa 3000 Ladezyklen begrenzt. »Kurz- und mittelfristig wird man mit solchen Batterien nicht den Bedarf an Kurzzeitspeichern decken können«, schätzt Schmidt-Böcking.

Pumpspeicherkraftwerke als Vorbild

Bereits seit 2009 denkt der Frankfurter Atomphysiker mit seinem pensionierten Kollegen

Gerhard Luther von der Universität Saarbrücken über eine umweltfreundliche Alternative zur Batterie nach. Dabei orientierten sie sich am Prinzip des Pumpspeicherkraftwerks. Herkömmlicherweise staut man dafür einen See oder einen Fluss und verbindet ihn mit einem tiefer oder höher liegenden Reservoir. Um Strom zu erzeugen, lässt man das Wasser aus dem oberen Reservoir über ein Gefälle Turbinen antreiben. Umgekehrt kann man überschüssige Energie speichern, indem man das Wasser gegen die Schwerkraft wieder nach oben pumpt.

Leider sind die geografischen Bedingungen für diese Art von Pumpspeicherkraftwerken in Deutschland nicht günstig. Das zuletzt realisierte Goldisthal-Kraftwerk in Thüringen wurde von Umweltschützern wegen der starken Eingriffe in die Landschaft und Ökosysteme heftig kritisiert und zeitweise durch eine Klage des BUND Thüringen gestoppt. Für den Stausee musste die Kuppe des Großen Farmdenkopfs abgetragen werden. Das 2003 in Betrieb genommene Kraftwerk ist mit seiner Speicherkapazität von 8,5 Gigawattstunden eines der größten in Europa. Das ist rund ein Drittel weniger, als die Stadt Frankfurt pro Tag an Strom verbraucht. Entsprechend beträgt der geschätzte Kurzzeitspeicher-

Im November 2016 wurde der Prototyp der »Unterwasser-Batterie« im Bodensee versenkt und vier Wochen lang getestet. Die Hohlkugel kann auf dem Grund von Gewässern Strom zwischenspeichern.

AUF DEN PUNKT GEBRACHT

- Das »Meer-Ei« zur Speicherung von überschüssigem Ökostrom basiert auf dem Prinzip des Pumpspeicherkraftwerks.
- Eine Machbarkeitsstudie im Bodensee zeigte: 90 Prozent des gespeicherten Stroms können zurückgewonnen werden.
- Eine gigantische »Wasserbatterie« im Hambacher Loch könnte eine Schlüsselrolle bei der Energiewende spielen und die Zukunft des Rheinischen Reviers als Energieregion sichern.

bedarf mit 400 Gigawattstunden ein Vielfaches. Weitere Pumpspeicherkraftwerke müssten gebaut werden. Aber das ist unrealistisch, wie das zuletzt in Atdorf im Schwarzwald geplante Projekt gezeigt hat. Der Energieversorger gab das Projekt 2017 endgültig auf, weil die gesetzlich geforderten Überprüfungen der ökologischen Kartierungen und des Flächenausgleichskonzepts zu zeit- und kostenintensiv erschienen.

Das Meer-Ei im Bodensee

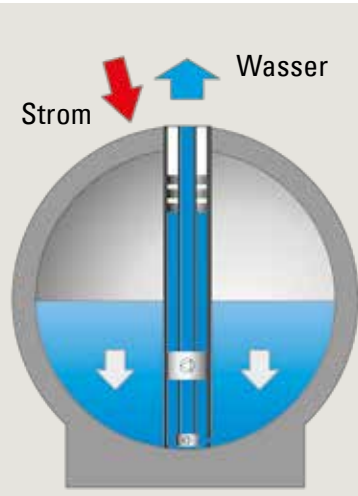
Schmidt-Böcking und Luther überlegten deshalb, unterirdische Pumpspeicherkraftwerke anzulegen. Zuerst wollten sie leere Salzkavernen mit einem oberirdischen Reservoir verbinden. Aber das Anlegen eines großen Sees an der Oberfläche wäre mit Eingriffen in die Landschaft verbunden gewesen. Schließlich hatten sie die Idee, einen Hohlraum – im einfachsten Fall eine Kugel – auf den Grund eines Sees zu versenken. An der tiefsten Stelle der Kugel sollte eine Turbine Strom erzeugen, wenn Wasser in die Kugel einströmt. Je tiefer die Kugel im See liegt, desto stärker ist der Druck auf die Turbinen. Um Energie zu speichern, pumpt man das Wasser gegen den Druck der Wassersäule wieder heraus. Diese Idee ließen sich die beiden Physiker 2011 patentieren.

Das »Meer-Ei« wurde im November 2016 in den Bodensee auf 100 Meter Tiefe abgesenkt.

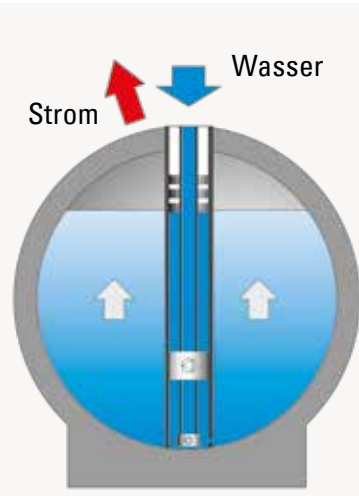
Die Ergebnisse des Stensea-Projekts (Storage of Energy in Sea) entsprachen ganz den Erwartungen. Der zum Leerpumpen der Kugel aufgewendete Strom ließ sich zu 90 Prozent wiedergewinnen. Das ist deutlich besser als bei der ebenfalls in Entwicklung befindlichen »Power-to-Gas«-Technik. Dabei nutzt man überschüssigen Strom, um Wasser in seine Bestandteile Sauerstoff und Wasserstoff zu zerlegen (Elektrolyse). Der Wasserstoff kann anschließend noch in Methan umgewandelt werden, das als Erdgas direkt ins Netz eingespeist oder in Erdkavernen gespeichert werden soll. Bei diesem Verfahren gehen allerdings 70 Prozent der eingesetzten Energie in Form von Wärme verloren. 2017 wurde das Stensea-Projekt mit dem »German Renewables Award« ausgezeichnet, der jährlich vom Cluster Erneuerbare Energien Hamburg vergeben wird.

»Wasserbatterie« im Hambacher Loch

Schmidt-Böcking und Luther haben nach der gelungenen Machbarkeitsstudie ihre Idee im größeren Maßstab weiterentwickelt: »Wir schlagen eine riesige Wasserbatterie im bisherigen Braunkohletagebau Hambacher Loch vor«,



Energie speichern



Strom erzeugen

Auf dem Grund des Sees pumpt eine elektrische Pumpturbine die Kugel gegen den hohen Außendruck des Wassers leer. So wird Energie gespeichert. Lässt man Wasser einströmen, erzeugt die Pumpturbine wieder Strom. (Grafik rechts). Ganze Reihen solcher Kugeln könnten so große Mengen an Solar- oder Windstrom zwischenspeichern. (Grafik links)

Kurz nachdem im selben Jahr die Frankfurter Allgemeine Zeitung darüber berichtet hatte, erinnert sich Schmidt-Böcking, erkannte die Firma Hochtief das Potenzial dieser Idee für die Energiespeicherung. Sie gewann das Fraunhofer Institut für Windenergie und Windsystemtechnik (IWES) in Kassel für ein gemeinsames Forschungsprojekt. Dank der Förderung durch das Bundeswirtschaftsministerium konnte eine Betonkugel von drei Metern Durchmesser mit einer eingebauten Turbine fertiggestellt werden.

erklärt der Physiker. Wenn hier 2038 keine Braunkohle mehr gefördert wird, gibt es Pläne, das Areal zu fluten. Zurzeit wird der Grundwasserspiegel so stark gesenkt, dass die Trockenheit der oberen Bodenschichten sich bis ins 100 Kilometer entfernte Luxemburg bemerkbar macht. Große Mengen Grundwasser werden in die nahe liegende Erft abgepumpt. Auch das ist ökologisch nicht ideal, da die chemische Zusammensetzung des Wassers anders ist als im Fluss.



Nach dem Ende des Tagebaus wird sich das »Hambacher Loch« mit Grundwasser füllen. Vorher, so die Idee, könnte an der tiefsten Stelle ein Unterwasser-Pumpspeicherkraftwerk installiert werden.

Wenn das Hambacher Loch geflutet wird, könnte in Nordrhein-Westfalen Deutschlands zweitgrößte Seenlandschaft nach dem Bodensee entstehen. Das würde nicht nur den Freizeitwert des ehemaligen rheinischen Reviers erhöhen. »Man könnte an der tiefsten Stelle der Grube auch ein Pumpspeicherkraftwerk errichten, das mehr elektrischen Strom speichert, als die Braunkohlekraftwerke dort bisher produzieren«, sagt Schmidt-Böcking. Das hat er Anfang des Jahres auch bei der Tagung des Handelsblattes in Berlin vorgerechnet, bei der es um die technische Realisierung der Energiewende ging. In der Sohle des durchschnittlich ca. 450 Meter tiefen Lochs könnte man aus Beton auf einer Fläche von vier Quadratkilometern einen etwa 100 Meter hohen Hohlraum errichten. Damit dieser stabil und preiswert ist, würde der Innenraum in viele Segmente unterteilt. Diese hätten ein weitaus größeres Volumen als das »Meer-Ei« und könnten mit handelsüblichen Turbinen ausgerüstet werden.

Ein solches unsichtbares Unterwasser-Pumpspeicherkraftwerk könnte in einem Zyklus mehr als 300 Gigawattstunden (GWh) speichern. Zum Vergleich: Das ist mehr als sieben Mal so viel, wie alle vorhandenen Wasserpumpspeicherkraftwerke in Deutschland zusammen speichern können. Bei 100 Füllzyklen pro Jahr würde die Anlage etwa 30 Milliarden Kilowattstunden (30 Terawattstunden, TWh) speichern, was der Energiemenge entspricht, die zurzeit im Rheinischen Braun-

kohlerevier erzeugt wird. Denkt man in noch größeren Dimensionen und verdoppelt die Höhe des Hohlraums auf 200 Meter, erhöht sich die Speicherkapazität der »Wasserbatterie« auf ca. 400 GWh. Bei 200 Zyklen pro Jahr könnte sie Deutschlands gesamten Kurzzeitspeicherbedarf für erneuerbare Energien decken.

Würde die gesamte überschüssige Wind- und Solarenergie Deutschlands im Hambacher Pumpwasserkraftwerk gespeichert, ließe sich der Kohlendioxid-Ausstoß um mehr als 30 bis 50 Millionen Tonnen reduzieren. Das entspricht etwa fünf Prozent der gesamten CO₂-Emissionen in Deutschland. Davon müsste man den CO₂-Abdruck der Betonkonstruktion abziehen. »Man könnte außerdem Beton einsparen, wenn man den Hohlraum gegen den Auftrieb mit Abraum beschwert, der ohnehin



Zur Person

Prof. Dr. Horst Schmidt-Böcking, Jahrgang 1939, war von 1982 bis 2004 Professor am Institut für Kernphysik der Goethe-Universität. Mit seiner Arbeitsgruppe entwickelte er das COLTRIMS-Reaktionsmikroskop, das mittlerweile von Laboren weltweit genutzt wird, um Reaktionen in Atom- und Molekülstrahlen mit höchster zeitlicher Auflösung zu messen. Für seine Arbeit erhielt er zahlreiche Auszeichnungen, u. a. die angesehene Stern-Gerlach-Medaille der Deutschen Physikalischen Gesellschaft und als erster Deutscher den Davisson-Germer-Preis der American Physical Society. Seit seiner Pensionierung setzt er sich dafür ein, die historischen Leistungen Frankfurter Physiker einer breiten Öffentlichkeit bekannt zu machen. Gemeinsam mit Karin Reich verfasste er eine Biografie des Nobelpreisträgers Otto Stern.

Der künftige See im Hambacher Loch hätte bei einem großen Unterwasser-Pumpspeicherkraftwerk Ebbe und Flut wie die Nordsee. Ein Damm (schwarze Linie) mit Schleusen (rot) könnte die »Gezeiten« in der Uferzone begrenzen, um sie für Freizeitaktivitäten nutzbar zu machen.



bei den Erdarbeiten anfällt«, meint Schmidt-Böcking. Er schätzt, dass die Kohlendioxid-Bilanz dann nach etwa zwei Jahren ausgeglichen wäre.

Energiewende im Rheinischen Revier

Schmidt-Böcking hat für die Realisierung des Projekts das Gespräch mit Politikern gesucht. Der Zeitpunkt ist günstig, denn für den Strukturwandel des Rheinischen Reviers nach dem Ausstieg aus der Braunkohle sollen bis 2038 insgesamt 14,8 Milliarden Euro fließen. Mit Unterstützung des Landes hat die Region bereits 100 Projekte ausgewählt, mit denen sie zum Vorreiter der Energiewende werden möchte.

Im Frühjahr 2020 hat die Stadt Kerpen, in deren Zuständigkeit der angrenzende Tagebau Hambach fällt, mit Partnern aus Wirtschaft und Wissenschaft einen Förderantrag zur »Speicher Stadt Kerpen« beim Land Nordrhein-Westfalen eingereicht. Unter den 83 Zukunftsprojekten ist auch eine »Energie-Arena« aus Windkraftträdern und Photovoltaik-Anlagen am Hambacher Loch vorgesehen. Es würde sich anbieten, diese mit einer Wasserbatterie zu verbinden. Schmidt-Böcking hat den technischen Beigeordneten der Stadt Kerpen von der Idee begeistern können.

Der Physiker schlägt vor, mit dem Aufbau erster Segmente des Pumpwasserkraftwerks parallel zum auslaufenden Braunkohleabbau zu beginnen. So könnte es einen kontinuierlichen Übergang von fossiler zu erneuerbarer Energie geben. Zusätzlich blieben viele vorhandene Arbeitsplätze erhalten, denn Erdbauarbeiten wären weiterhin notwendig. Im seichten Bereich des Hambacher Loches könnte zunächst ein kleiner Hilfs-See angelegt werden, der über ein Rohrsystem mit den ersten Hohlkörpersegmenten verbunden ist. Wenn 2038 der Braunkohleabbau beendet ist und alle Hohlkörpersegmente fertiggestellt sind, würden die Rohrverbindungen zum Hilfs-See entfernt und

das gesamte Hambacher Loch geflutet. Dieser Vorschlag ist in den Ende 2019 erschienenen »Endbericht zur energetischen Nachnutzung von Tagebaurestlöchern in Nordrhein-Westfalen« eingegangen, der im Auftrag des nordrhein-westfälischen Wirtschaftsministeriums entstanden ist.

Ein See mit Gezeiten

Für die Nutzung der Seenlandschaft als Naherholungsgebiet wäre noch zu bedenken, dass es am See Gezeiten geben wird. Dabei hängt der Tidenhub vom Volumen der Wasserbatterie ab. »Will man den Tidenhub auf maximal ein Meter begrenzen, dann wäre die maximale Speicherkapazität auf 40 Gigawattstunden pro Zyklus begrenzt«, rechnet Schmidt-Böcking vor. Will man dagegen die »große Lösung« mit einer Speicherkapazität von 250 Gigawattstunden realisieren, würde der Tidenhub etwa sieben Meter betragen. Da der später geflutete See eine Wasserfläche von etwa 42 Quadratkilometern haben wird, schlägt Schmidt-Böcking vor, die Uferzone durch einen ringförmigen Damm abzuteilen, in dem die Ebbe-Flut-Bewegung auf weniger als ein Meter begrenzt ist. Das stabilisiert die Lebensbedingungen für die Tier- und Pflanzenwelt.

Inzwischen haben Schmidt-Böcking und Luther mit dem Ingenieurbüro schlaich bergemann und partner Kontakt aufgenommen. Das Stuttgarter Unternehmen hat sich auf die Planung und Konstruktion visionärer Anlagen im Bereich regenerativer Energie spezialisiert. Es soll die Machbarkeit analysieren und belastbare Kalkulationen anstellen, die als Basis für politische Entscheidungen dienen können. Die beiden Physiker hoffen, dass die Politik dann den nötigen Pioniergeist beweisen wird. Denn auch darauf wird es ankommen, wenn die Energiewende gelingen soll. »Ich bin jetzt 81«, sagt Schmidt-Böcking, »und ich würde das gern noch erleben.« ●



Die Autorin

Dr. Anne Hardy, Jahrgang 1965, studierte Physik und promovierte in Wissenschaftsgeschichte. Sie ist als freie Wissenschaftsjournalistin auf Themen der Naturwissenschaft und Medizin spezialisiert.
anne.hardy@t-online.de

Foto: Philipp Trocha Photography

CAMPUS SHOP
online

Wir freuen uns Sie bald wieder persönlich begrüßen zu dürfen. So lange erreichen Sie uns Online auf www.goethe-campusshop.de

DEINE UNI FÜR ZUHAUSE: www.goethe-campusshop.de

BBBank gewinnt den großen Bankentest von „Euro am Sonntag“



Vermögensaufbau trotz Nullzins

Seit Jahren kennen die Zinsen nur eine Richtung: nach unten. Eine Zinswende ist nicht in Sicht. Umso mehr kommt es auf die richtigen Lösungen für attraktive Geldanlagen und eine passgenaue Altersvorsorge an. In einem großen Vergleichstest der Fachzeitschrift „Euro am Sonntag“ zur Beratungsqualität von Banken beim Vermögensaufbau erreichte die BBBank jüngst den ersten Platz.

Die gute Nachricht: Trotz Nullzinsen lohnt es auch heute noch zu sparen. Das sollte allerdings in anderen Bahnen als früher erfolgen. Die BBBank bietet eine ganzheitliche und nachhaltige Anlage- und Vorsorgeberatung auf höchstem Niveau.

Das unterstreichen auch externe Experten immer wieder. Jüngstes Beispiel: Die Finanzzeitschrift „Euro am Sonntag“ hat in einer großen Vergleichsstudie zum Vermögensaufbau (Ausgabe 37/2020) die hervorragende Arbeit der BBBank bestätigt. In der Gesamtbewertung erreichte die BBBank den ersten Platz und die Note „sehr gut“.

„Euro am Sonntag“ urteilte: „In allen Gesprächen wurden die Risikobereitschaft der Testkunden, ihre Erfahrungen mit Vermögensanlagen, ihre bevorzugten Produkte zum Vermögensaufbau und ihre persönlichen Ziele besprochen. Die Berater machten sich ein umfassendes Bild von den konkreten Lebensumständen der Kunden und fielen damit auf, dass sie allesamt eine konkrete Produktempfehlung aussprachen. Das ist deswegen eine Erwähnung wert, weil das im Test nicht immer der Fall war. Die Erläuterungen zu den empfohlenen Produkten, darunter auch Mischfonds, die nicht komplett in Aktien anlegen, und eine fondsbasierte Rentenversicherung, empfanden die Tester als ausführlich und sehr verständlich.“

Lassen Sie sich persönlich beraten. Unsere Beraterinnen und Berater freuen sich auf Ihren Besuch. In allen BBBank-Filialen oder per Video und Tel. unter www.bbbank.de/termin.

Wichtig zu wissen: Auch mit kleinen monatlichen Sparraten kann man mit den Jahren ein Anlage- und Vorsorgepolster bilden. Daher sollte man so früh wie möglich damit beginnen. Schon mit Beträgen ab 25 Euro kann man beispielsweise einen Fondssparplan abschließen.



Institut	Gesamt	Note
BBBank	85,9	sehr gut
Ostsächs. Spark. Dresden	83,7	sehr gut
Berliner Volksbank	81,6	sehr gut
Hypo Vereinsbank	80,6	sehr gut
Deutsche Bank	74,9	gut
Targobank	74,2	gut
Commerzbank	68,3	gut
Santander	67,0	gut
Volksbank Ulm-Biberach	67,0	gut
GLS Bank	66,8	gut
Kreissparkasse Köln	64,3	gut
Sparda-Bank Südwest eG	63,8	befriedigend
Postbank	52,6	befriedigend
Sparda-Bank Baden-Württ.	46,8	ausreichend

Ab 80 Punkte: sehr gut; ab 64 Punkte: gut; ab 51,2 Punkte: befriedigend; ab 41 Punkte: ausreichend; ab 32,8 Punkte: mangelhaft; unter 32,8 Punkte: ungenügend
Quelle: DKI

BBBank – eine Universalbank

Die BBBank ist eine moderne Privatkundenbank. Sie gehört mit rund 500.000 Mitgliedern zu den größten Genossenschaftsbanken in Deutschland. Unter dem Motto „Better Banking“ stellt die BBBank ihre Kunden in den Mittelpunkt ihres Handelns. Ihre mobilen Banking-Angebote, „BBDirekt“ und das bundesweite Filialnetz verbinden Digitalisierung mit persönlicher Kundennähe. Als fortschrittliche Universalbank bietet die BBBank ein umfassendes Allfinanzangebot mit einer ganzheitlichen und auf Nachhaltigkeit ausgerichteten Finanzbetreuung. Dazu zählen neben dem Zahlungsverkehr mit preiswertem Girokonto und Karten zinsgünstige Kredite (Dispo, Konsumdarlehen und Baufinanzierungen), attraktive Anlage- und Vorsorgeleistungen, Vermögensberatung und Private Banking sowie die persönliche und familiäre Risikoabsicherung.

Die neue nachhaltige BBBank Vermögensverwaltung

Seit 1. Oktober 2020 bietet die BBBank ihren Kunden in der „BBBank Vermögensverwaltung“ zusammen mit ihrem Premiumpartner Union Investment neben den modernen, transparenten und bewährten Anlagekonzepten auch speziell auf Nachhaltigkeit ausgerichtete Lösungen an. Weitere Informationen finden Sie unter www.bbbank.de/vermoegensverwaltung

Ökologische, ethische und soziale Aspekte sind Ihnen wichtig?

Die nachhaltige Fondsvermögensverwaltung Ihrer BBBank

Jetzt informieren
in Ihrer Filiale vor Ort,
per Telefon 0721 141-0,
E-Mail info@bbbank.de
oder auf www.bbbank.de



An aerial photograph of a large-scale construction site, likely a fusion reactor, captured during a dramatic sunrise. The sky is filled with soft, orange and pink light, which filters through a thick layer of mist or fog that blankets the surrounding hills and valleys. In the foreground and middle ground, several tall tower cranes with long horizontal jibs are visible, their silhouettes partially obscured by the haze. The ground is a complex of concrete foundations, steel structures, and various pieces of construction equipment. The overall atmosphere is one of quiet industry and hope for a clean energy future.

Fusionsenergie: Sonnenfeuer auf der Erde

Die Vision vom sauberen, unerschöpflichen Strom

von Dirk Eidemüller

Der Experimental-Fusionsreaktor ITER nähert sich der Betriebsphase – auch aus Frankfurt kommen wichtige Beiträge. Obwohl die neue Technologie nicht zur kurzfristigen Verringerung der Treibhausgase beitragen wird, könnte sie einen wichtigen Pfeiler der künftigen Stromversorgung bilden.

Es ist ein alter Traum der Kernphysik: durch das Verschmelzen leichter Wasserstoff-Atomkerne genau die Energiequelle anzuzapfen, die Sterne wie unsere Sonne Jahrtausende leuchten lässt. Mit einer stabil ablaufenden Kernfusion wären Kraftwerke denkbar, die quasi unerschöpfliche Energie liefern: Aus 30 Kilogramm Wasserstoff könnte so viel Energie gewonnen werden wie aus einem Supertanker mit 260 000 Tonnen Öl. Zugleich gäbe es deutlich weniger Probleme mit strahlendem Atom-Abfall als bei Kernkraftwerken. Zwar entstehen auch in Fusionskraftwerken radioaktive Materialien, allerdings sind es deutlich weniger und sie sind auch nicht so langlebig – was das eigentliche Problem beim hoch radioaktiven Abfall aus Kraftwerken darstellt.

Nun wurde die Fusionskraft schon in den 1950er Jahren als Heilsbringer für die Zeit nach der Kernenergie ausgerufen. Damals hieß es, in spätestens 50 Jahren werde die Fusionskraft einsatzbereit sein. An dieser Vorhersage hat sich in den letzten 70 Jahren allerdings wenig geändert, denn immer noch wird es auch in optimistischen Schätzungen mehrere Jahrzehnte dauern, bis die ersten Fusionskraftwerke in Betrieb gehen. Einige Spötter der Fusionskraft haben sie deshalb mit einem gewissen Berliner Flughafen verglichen, dessen Eröffnung ebenfalls regelmäßig verschoben wurde, wobei der Bau eines Flughafens im Vergleich zu einem Fusionskraftwerk allerdings ungleich weniger komplex ist.

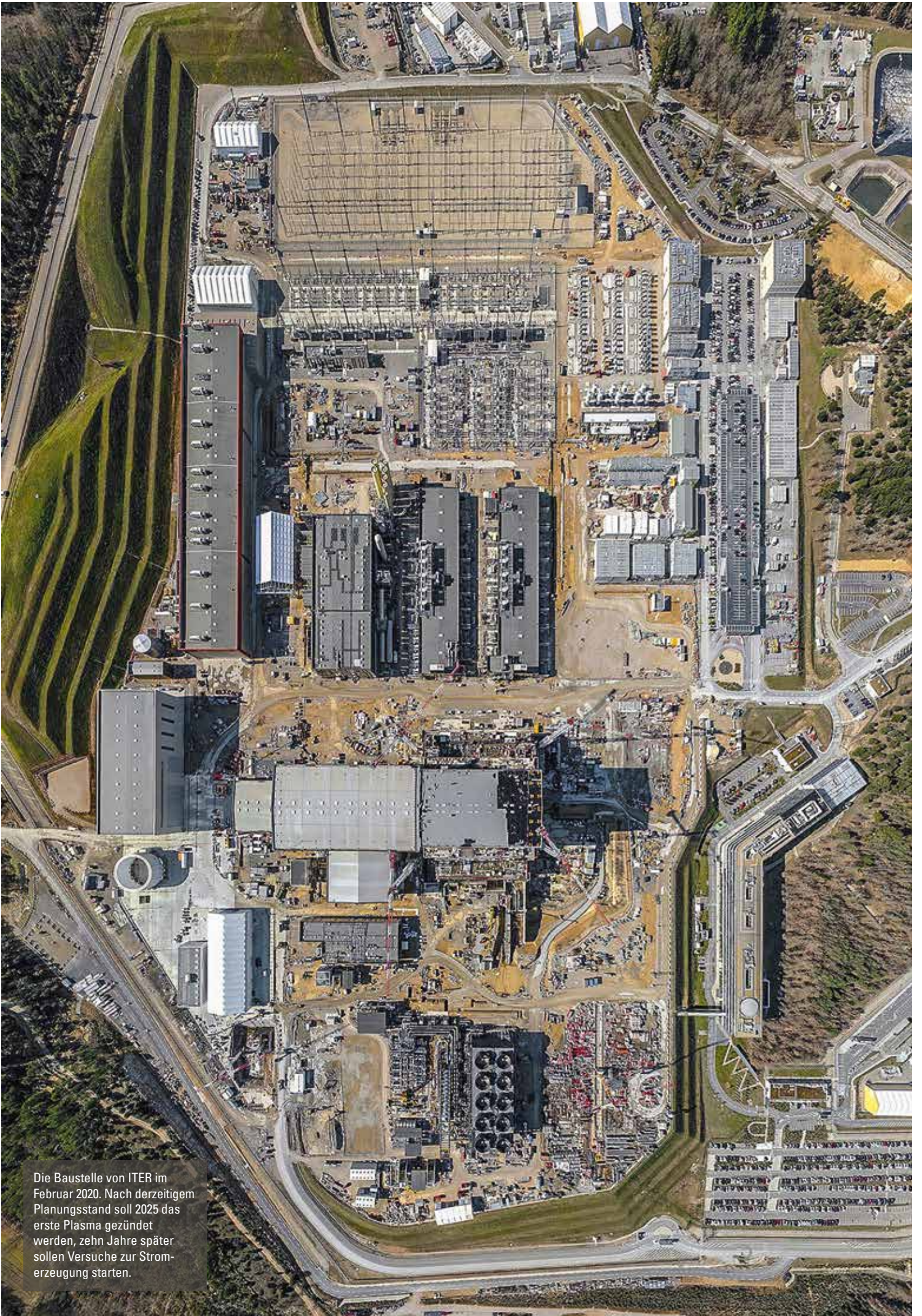
ITER ist groß genug fürs Sonnenfeuer

»Nach einigen anfänglichen Schwierigkeiten kommen die Arbeiten am weltgrößten Fusionsreaktor ITER mittlerweile gut voran«, sagt Holger Podlech, Professor für Beschleunigerphysik an der Goethe-Universität. In Fusionsreaktoren ist ein extrem heißes und sehr dünnes Plasma mithilfe spezieller Magnetfelder in einem donutförmigen Ring eingeschlossen. Es darf die Wand nicht berühren, da es sich sonst sofort abkühlen würde. Das würde jegliche Fusion unmöglich machen. Mit Mikrowellen wird das Plasma stark aufgeheizt – auf etliche Millionen Grad –, bis schließlich die Atomkerne ihre gegenseitige elektrische Abstoßung überwinden können und die Fusionsreaktion startet. Diese setzt dann riesige Energiemengen frei.

»Man muss also erst einiges an Energie in das Plasma hineinstecken, bevor es selbst Energie produziert«, erklärt Podlech. Um insgesamt einen positiven Energiesaldo zu erhalten, müssen Fusionskraftwerke relativ groß gebaut werden. Bei kleineren Anlagen sind die Verluste im Plasma zu stark; deshalb wären sie nicht wirtschaftlich. ITER selbst ist groß genug, um die Zündung des Sonnenfeuers zu ermöglichen. Es ist aber nicht als wirtschaftlich arbeitendes Kraftwerk geeignet. Es soll als Experimental-Fusionsreaktor dienen, mit dem die Forscher in den kommenden Jahren das Verhalten des heißen Plasmas unter die Lupe nehmen wollen. Um die Mitte dieses Jahrzehnts soll ITER in Betrieb gehen, anfangs aber noch, ohne das Plasma richtig zu zünden.

Nach ungefähr zehn Jahren mit umfangreichen Materialtests und Experimenten mit dem Plasma soll um das Jahr 2035 dann erstmals das »Sonnenfeuer« in der Plasmakammer leuchten – also eine stabile Fusionsreaktion gezündet werden. Genau das hatten sich frühere Experimente auch versprochen, sind aber immer wieder an unvorhergesehenen Schwierigkeiten gescheitert – etwa an eigenartigen Turbulenzen im hei-

In Frankreich wird seit 2007 der Versuchsreaktor ITER gebaut. Mit ihm soll getestet werden, ob sich Energie aus Kernfusionen zur Stromerzeugung nutzen lässt.



Die Baustelle von ITER im Februar 2020. Nach derzeitigem Planungsstand soll 2025 das erste Plasma gezündet werden, zehn Jahre später sollen Versuche zur Stromerzeugung starten.

AUF DEN PUNKT GEBRACHT

- Fusionsenergie, die bei der Verschmelzung von Wasserstoff-Atomkernen entsteht, könnte eine schier unerschöpfliche Energiequelle sein.
- Bessere Simulationen des »Sonnenfeuers« im Fusionsreaktor und die Entwicklung neuer Materialien helfen bei der Lösung der wissenschaftlichen und technischen Probleme.
- Fusionskraftwerke werden zu spät in Betrieb gehen, um beim Erreichen des 1,5-Grad-Klimaziels zu helfen. Sie könnten aber die Grundlast in Ballungsgebieten abdecken.

ßen Plasma. Mit aufwendigen Computersimulationen und dank der größeren Anlage bei ITER sollten diese Probleme aber in den Griff zu bekommen sein. »Ich bin mir sehr sicher, das ITER ein Erfolg wird«, sagt Podlech. Dafür seien die Grundlagen mittlerweile gut genug verstanden und die Probleme der Vorgänger eingehend analysiert worden. Früher sei man etwas sehr optimistisch an die Fusionsforschung herangegangen. Inzwischen lassen sich viele Eigenschaften von Fusionsplasmen, die man damals nur abschätzen konnte – und eben zu positiv einschätzte –, im Detail simulieren.

Nur wenig heißes, gefährliches Material

Eine besonders wichtige Rolle beim Betrieb künftiger Fusionskraftwerke spielen die Materialeigenschaften der Kammer, die das Sonnenfeuer umschließt – sie muss einiges aushalten. Zwar ist das heiße Plasma sehr dünn: Nur wenige Gramm Brennstoff befinden sich in der Kammer. Das bringt einen großen Sicherheitsvorteil im Vergleich zu Kernkraftwerken mit sich, in denen sich viele Tonnen an Uran und Spaltprodukten befinden. Wenn in einem Fusionskraftwerk etwas schiefeht, kann nicht viel passieren. Die Menge an heißem, gefährlichem Material ist einfach zu gering. Doch ein gezündetes Plasma erzeugt eine immense Hitze, und dazu kommt noch eine starke Neutronenstrahlung. Diese dringt tief in die Wandstrukturen ein, knallt auf die Atomkerne dieser Materialien und rüttelt kräftig an der inneren Struktur dieser Festkörper. Außerdem lässt sie Gase entstehen, die ebenfalls die Wandstrukturen von innen beschädigen können.

»In der Tat ist die Belastung der Materialien im Torus enorm und eine der größten ingenieurtechnischen Herausforderungen beim Bau von Fusionskraftwerken«, erklärt Podlech. Derzeit

arbeiten Forscher an speziellen Verbundmaterialien aus hochfesten Spezialstählen, die eine gewisse Langlebigkeit garantieren sollen. Müsste man die teuren Strukturen zu oft austauschen, würde dies den Betrieb eines Fusionskraftwerks unrentabel werden lassen.

Gegenwärtig gibt es jedoch noch keine Möglichkeit, solche Materialien auf einem Prüfstand unter so harten Bedingungen zu testen, wie sie das Sonnenfeuer in der Plasmakammer erzeugen wird – nicht einmal in den stärksten Forschungsreaktoren. Auch Simulationen eignen sich nicht, weil sie nie alle Aspekte einer so starken Belastung nachvollziehen können. Die Arbeitsgruppe des Beschleunigerexperten Podlech war deshalb mitbeteiligt bei der Entwicklung der sogenannten International Fusion Materials Irradiation Facility (IFMIF). Bei dieser großen Anlage sollen leistungsstarke Teilchenbeschleuniger einen hochenergetischen Neutronenstrahl erzeugen, der ähnliche Eigenschaften wie das gezündete Plasma in einem Fusionskraftwerk aufweist. Damit lassen sich Materialien testen, die bei ITER um das Jahr 2035 zum Einsatz kommen sollen, wenn es dann hoffentlich heißt: Das Sonnenfeuer brennt stabil.

Kein Heilsbringer gegen den Klimawandel

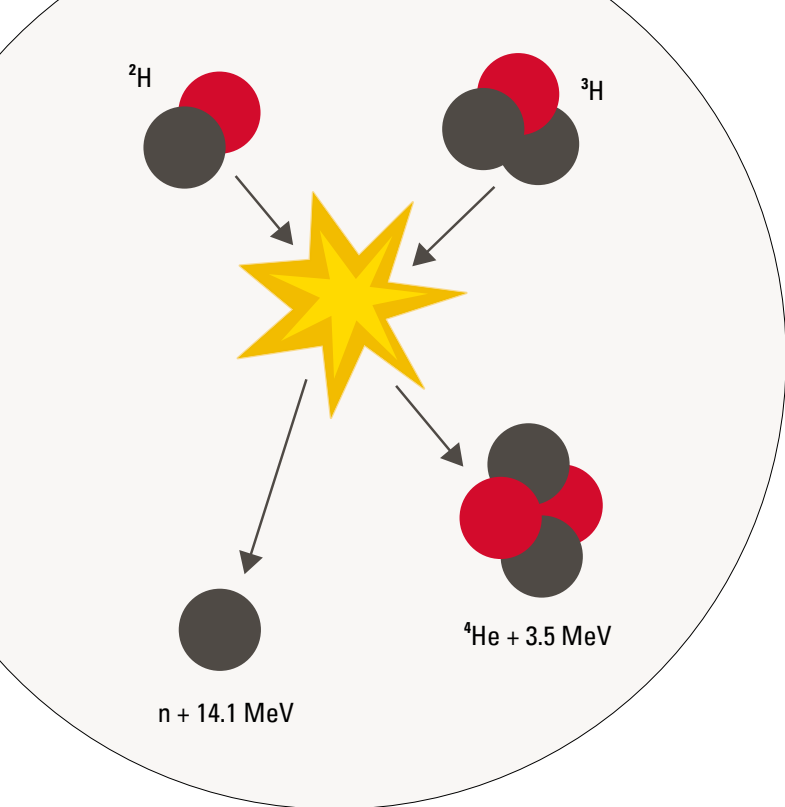
Aber wie schaut der weitere Weg der Fusionskraft aus? In den letzten Jahren ist angesichts



Zur Person

Prof. Dr. Holger Podlech, Jahrgang 1968, leitet die LINAC-AG am Institut für Angewandte Physik, die sich mit der Entwicklung von Teilchenbeschleunigern und deren Teilkomponenten beschäftigt. Eines seiner Projekte befasst sich mit der Transmutation, mit deren Hilfe die Halbwertszeiten radioaktiver Kernkraftwerksabfälle verkürzt werden sollen. Seit 2012 ist der Physiker Professor an der Goethe-Universität, zuvor war er als Privatdozent und Wissenschaftler an der Goethe-Universität, der Michigan State University und dem Max-Planck-Institut für Kernphysik in Heidelberg tätig.

h.podlech@iap.uni-frankfurt.de



Wenn die Atomkerne der beiden schweren Wasserstoff-Isotope Deuterium (^2H) und Tritium (^3H) verschmelzen, entstehen Helium (^4He) und ein Neutron (n). Ob die bei der Reaktion freiwerdende Energie zur Stromerzeugung genutzt werden kann, wird erforscht.

des Klimawandels weltweit zwar eine starke Entwicklung bei den erneuerbaren Energien zu sehen – leider mit vielen Jahren Verspätung, aber letztlich kommen sie doch. Aber erneuerbare Energien eignen sich zumindest bislang kaum als Grundlast, die Stromnetze sind unzureichend verknüpft, die Speichermöglichkeiten bislang viel zu gering (siehe jedoch den Beitrag »Stromspeicher«, Seite 89). Einige Länder setzen auf die Kernenergie, zumindest als Brückentechnologie, andere Länder wie Deutschland schwerpunktmäßig auf die besonders klimaschädliche Kohle. Nach den Berechnungen der Klimaforscher muss die Menschheit schon bis zur Mitte dieses Jahrhunderts die globalen Treibhausgas-Emissionen stetig auf Null herunterfahren, um eine gefährliche Erwärmung mit stark negativen Konsequenzen zu vermeiden.

»Fusionskraft wird kein Heilsbringer für die 2050er Jahre sein, das lässt sich jetzt schon absehen«, sagt Podlech. Selbst wenn bei ITER alles wie erhofft abläuft und die Experimente bis etwa zum Jahr 2040 alle gewünschten Ergebnisse bringen, wäre nicht sofort danach mit dem Bau zahlreicher großer Fusionskraftwerke zu rechnen. »Nach einem Experimentalreaktor wie ITER würde man zunächst ein größeres Prototypen-Kraftwerk errichten, das zwar schon für die Stromproduktion geeignet ist, aber auch dazu dient, Betriebserfahrungen zu sammeln«, so Podlech.

Künftiger Stromlieferant für Ballungsgebiete

Planung und Bau eines solchen Prototypen-Fusionskraftwerks würden sicher deutlich mehr als ein Jahrzehnt benötigen. Wenn es einige Jahre wie gewünscht Energie geliefert hat, ließe sich anhand dieser Erfahrungen dann eine stärker standardisierte Baulinie kommerzieller Fusionskraftwerke entwickeln. Auch bei diesen

Großprojekten wäre mit einer Bauzeit von 10 bis 20 Jahren zu rechnen. Zur Lösung der Klimaprobleme bis zum Jahr 2050 könnte die Fusionskraft also selbst dann, wenn alles wie am Schnürchen lief, nichts beitragen. Als interessante Energiequelle später in diesem Jahrhundert könnte sie aber dennoch dienen. Gegenüber erneuerbaren Energien besitzt sie den Vorzug, enorm viel Energie auf kleiner Fläche erzeugen zu können. Ein Fusionskraftwerk könnte gut doppelt so viel Strom liefern wie ein großes Kernkraftwerk. Das macht die Technologie für Ballungsregionen interessant sowie für Gegenden, in denen weder mit Solarstrom noch mit Windkraft ausreichend Energie für die Bevölkerung und Industrie gewonnen werden kann.

Natürlich lässt sich schwer vorhersehen, wie die Preisentwicklung auf dem Energiemarkt bis zur zweiten Hälfte dieses Jahrhunderts aussehen wird. Es könnte sein, dass die Fusionskraft bis dahin wirtschaftlich hoffnungslos abgehängt sein wird und regenerativ gewonnene Energieträger wie Wasserstoff oder Biokraftstoffe oder neuartige Speichertechnologien den gesamten Energiebedarf zu konkurrenzlos günstigen Preisen decken können – vielleicht aber auch nicht. »Ich denke, dass wir die Fusionsenergie eingehend erforschen sollten«, sagt Podlech. »Es ist immer gut, notfalls noch ein Ass im Ärmel zu haben, falls wir mit anderen Energieformen Schwierigkeiten bekommen.« Das könnte auch in Form von Konflikten bei der Landnutzung oder von Eingriffen in die Landschaft der Fall sein. Auch wenn die Fusionsforschung einige Milliarden kostet: Im Vergleich zu den internationalen Aufwendungen für die Energieversorgung sind das beinahe verschwindende Beträge. ●



Der Autor

Dirk Eidemüller, Jahrgang 1975, studierte Physik und als Nebenfach Philosophie in Darmstadt, Heidelberg, Rom und Berlin, schloss mit einem Diplom in Astroteilchenphysik ab und promovierte in Wissenschaftsphilosophie. Er wohnt in Berlin und arbeitet als freier Autor und Wissenschaftspublizist.

dirk.eidemueller@gmx.de



Wie die EU-Agrarpolitik zum Klimaschutz beitragen könnte

von Heike Nitsch
und Jörg Schramek

Mehr als 7 Prozent der Treibhausgase, die in Deutschland freigesetzt werden, stammen aus der Landwirtschaft: Von wiederkäuenden Rindern etwa, aus stickstoffhaltigen Düngemitteln. Hinzu kommen Emissionen aus trockengelegten Mooren oder aus verrottendem Humus umgepflügter Wiesen. Rund 58 Milliarden Euro fließen jährlich vom EU-Budget in die europäische Landwirtschaft. Dies gibt Bund und Ländern viele Möglichkeiten, etwas für den Klimaschutz zu tun.

Die Gefahren des Klimawandels sind bekannt, Klimaschutzziele sind verabschiedet. Wir wissen, woher Treibhausgase stammen und wie sie sich entwickeln. Seit Langem wird wissenschaftlich untersucht, wo angesetzt werden kann, um Emissionen zu verringern. Die Umsetzung der Ziele muss jedoch über konkrete Instrumente und Maßnahmen geschehen.

Zum Erreichen der Klimaschutzziele, zu denen Deutschland sich verpflichtet hat, muss auch die Landwirtschaft beitragen. Die Gemeinsame Agrarpolitik der EU (GAP) ist aufgrund

ihres hohen Budgets und der großen Fläche, die sie erreicht, von großer Bedeutung für die Ausgestaltung der Landwirtschaft in der EU und somit auch für den Klimaschutz in Verbindung mit diesem Sektor.

Ein Arbeitsschwerpunkt des Instituts für Ländliche Strukturforschung an der Goethe-Universität (IfLS) ist die Analyse des Einflusses der Landwirtschaft auf die Umwelt. Das IfLS nutzt dabei naturwissenschaftliche Erkenntnisse für die Bewertung und Weiterentwicklung von politischen Steuerungsinstrumenten. Die anstehende Reform der Gemeinsamen Agrarpolitik war für das IfLS daher Anlass für eine Studie, die von der Landwirtschaftlichen Rentenbank finanziell unterstützt wurde (Nitsch & Schramek, 2020). Untersucht wurde, welche Optionen für Klimaschutz die Fördermaßnahmen der Gemeinsamen Agrarpolitik ermöglichen, und inwieweit die Bundesländer sie nutzen.

Treibhausgasemissionen aus der Landwirtschaft

Auf den Sektor Landwirtschaft entfielen im Jahr 2017 7,3 Prozent der insgesamt für Deutschland berichteten Treibhausgas-Emissionen (UBA, 2019). Sie haben sich in den letzten Jahren nicht nennenswert verringert (siehe Abb. Seite 102). Die Entstehung der Emissionen aus der Landwirt-

Bäume auf Feldern und Weiden: Agroforstsysteme erhöhen den Humusgehalt der Ackerflächen und binden so CO₂. Außerdem verbessern sie unter anderem die Grundwasserneubildung, schaffen in trockenen Sommern ein feuchtes Mikroklima und schützen vor Sonne und Wind.
www.agroforst-info.de

27 Millionen Schweine und 12 Millionen Rinder in Deutschland produzieren große Mengen an Gülle, die als Wirtschaftsdünger auf Feldern ausgebracht wird. Schon im Stall entweicht aus der Gülle das Treibhausgas Lachgas (N_2O).



schaft ist zum einen auf die Haltung von Wiederkäuern – Rindern, Schafen und Ziegen – zurückzuführen, die durch natürliche Mikroorganismenaktivität in ihren Pansen das Treibhausgas Methan produzieren. Außerdem entweichen bei der Lagerung von Wirtschaftsdüngern wie Gülle sowie aufgrund der Stickstoffdüngung Stickoxide (N_2O) in die Atmosphäre. Zu diesen 7,3 Prozent hinzu kommen Emissionen von Kohlendioxid (CO_2) aus Böden durch den Abbau von organischer Substanz, insbesondere aufgrund der Bewirtschaftung von Moorböden oder durch den Umbruch von Grünland. Bei den berichteten Treibhausgas-Emissionen ist zu berücksichtigen, dass Energieeinsatz in der Landwirtschaft sowie Energieaufwand bei der Produktion von Düngemitteln und damit verbundene Emissionen nicht direkt dem Sektor Landwirtschaft zugeordnet werden. Emissionen in anderen Staaten aufgrund des Imports von Futtermitteln werden außerdem nicht berichtet.

Bezüglich der Emissionen aus der Viehhaltung wäre der wirkungsvollste Ansatzpunkt zum Klimaschutz eine Reduzierung der Tierzahlen. Bei unverändertem Konsum tierischer Lebensmittel wird dieses Problem jedoch lediglich in andere Regionen der Welt verlagert. Nachfrage nach Produkten und Ernährung werden allerdings durch die Gemeinsame Agrarpolitik der EU nicht direkt beeinflusst. Der vorliegende Artikel legt den Schwerpunkt auf Klimaschutzmaßnahmen auf landwirtschaftlich genutzten Flächen. Diese stehen insbesondere in Verbindung mit dem Einsatz stickstoffhaltiger Düngemittel und der Speicherung von organischem Kohlenstoff im Boden.

Maßnahmen in der Gemeinsamen Agrarpolitik

In der Gemeinsamen Agrarpolitik wurde in den letzten Jahrzehnten der Fokus verändert. Während sie über viele Jahrzehnte hinweg der Markt- und Preispolitik diente, nehmen inzwischen die sogenannten Direktzahlungen den größten Anteil ein, die landwirtschaftlichen Betrieben pro Hektar gewährt werden. Seit dem Jahr 2005 wurden diese Zahlungen an die Einhaltung von Standards in den Bereichen Lebensmittelsicherheit, Pflanzen- und Tiergesundheit, Umwelt- und Tierschutz geknüpft (Cross compliance). Im Jahr 2015 wurde zudem eine Ökologisierungskomponente (Greening) eingeführt, die u. a. den Grünlandumbruch einschränkt. Landwirtschaftliche Unternehmen, die Direktzahlungen erhalten, müssen diese Mindeststandards einhalten.

Darüber hinaus werden im Rahmen der Gemeinsamen Agrarpolitik landwirtschaftlichen Betrieben und anderen Zielgruppen Fördermaßnahmen zur freiwilligen Teilnahme angeboten. Die Förderung wird von der EU kofinanziert und die Mitgliedstaaten, bzw. in Deutschland

Bund und Länder, tragen den anderen Teil der Finanzierung mit öffentlichen Mitteln. Die Bundesländer stellen diese Fördermaßnahmen in ihren Programmen zur Entwicklung des ländlichen Raums (EPLR) dar.

Eines der erklärten Ziele der Gemeinsamen Agrarpolitik der EU (GAP) in der laufenden Förderperiode (2014–2020) sowie der Gemeinsamen Agrarpolitik nach 2020 ist es, einen Beitrag zum Klimaschutz zu leisten. Und im Klimaschutzprogramm 2030 (BMU, 2016) für Deutschland wird betont, dass »...die nationale Ausgestaltung der GAP (Gemeinsame Agrarpolitik der EU) den Mitgliedstaaten umfassende Möglichkeiten zur Erhöhung des Umwelt- und Klimaschutzniveaus bietet«.

Klimarelevante Maßnahmen der Bundesländer

Agrarumwelt- und Klimamaßnahmen (AUKM) der Gemeinsamen Agrarpolitik, die bestimmte Bewirtschaftungsauflagen vergüten, und die Förderung des Ökolandbaus sind in der aktuellen Förderperiode zentrale Maßnahmen, mit denen ein Beitrag zur Verringerung von Treibhausgas-Emissionen aus der landwirtschaftlichen Flächennutzung geleistet werden soll. Deutschlandweit werden allerdings nur einzelne Agrarumwelt- und Klimamaßnahmen primär dem Klimaschutz zugeordnet. Dies betrifft v. a. die emissionsarme Ausbringung von Wirtschaftsdünger und die Umwandlung von Acker- in Grünland. Es gibt in einigen Ländern weitere Agrarumwelt- und Klimamaßnahmen für Grünlandflächen, die auf Moorböden und damit oft primär auf den Erhalt von Bodenkohlenstoff abzielen. Meist handelt es sich um Maßnahmen,



Foto: Löwenzahn/pixelio

die ein angepasstes Management auch bei erhöhtem Wasserstand unterstützen und damit eine Wiedervernässung begleiten oder einer möglichen Intensivierung oder Entwässerung entgegenwirken können. Ansonsten ist der Klimaschutz ein Nebeneffekt von Aktivitäten, die in erster Linie anderen Zielen dienen. Das betrifft beispielsweise den Ökolandbau, die Förderung vielfältiger Kulturen im Ackerbau mit einem Mindestanteil an stickstoffbindenden Leguminosen wie z. B. Bohnen, Klee oder Luzerne, den Anbau von Zwischenfrüchten und Untersaaten sowie verschiedene Maßnahmen zur Extensivierung von Grünland. Einzelne Bundesländer fördern Techniken des gezielten und noch mehr am Bedarf orientierten Stickstoffeinsatzes, um Verluste bei der Düngung zu verringern.

Die finanzielle Unterstützung von Investitionen, beispielsweise in Geräte für eine emissionsarme Ausbringung von Gülle oder in gasdichte Abdeckungen von Güllelagern, leistet ebenfalls einen Beitrag zur Verringerung der Treibhausgas-Emissionen und wird verbreitet angeboten. Investitionen für den Moorschutz können ebenfalls Teil der Förderung sein.

Über die landwirtschaftliche Flächennutzung hinaus gehen forstliche Fördermaßnahmen, von denen insbesondere ein Beitrag zur Kohlenstoffspeicherung und zur Bereitstellung erneuerbarer Energien erwartet wird. Sie spielen jedoch im Vergleich zu Maßnahmen auf landwirtschaftlich genutzten Flächen im Budget der Entwicklungsprogramme für den ländlichen Raum eine geringe Rolle. Eine erhöhte Energieeffizienz, die in dieser Studie ebenfalls nicht im Vordergrund stand, kann Teil einer Förderung von Investitionen in landwirtschaftliche Betriebe beispielsweise im Zusammenhang mit Stallumbauten, Gewächshäusern oder im Rahmen der Verarbeitung und Vermarktung sein.

Als flankierende, vorbereitende oder indirekt wirkende Maßnahmen werden Wissenstransfer und Beratung sowie Studien oder Planungen

Rund 80 Prozent der Moorböden in Deutschland werden land- und forstwirtschaftlich genutzt, wie zum Beispiel diese Wiese beim Verdener Moor in Niedersachsen. Dazu werden Moorflächen entwässert, wodurch der sich zersetzende Torf große Mengen an CO₂ freisetzt.

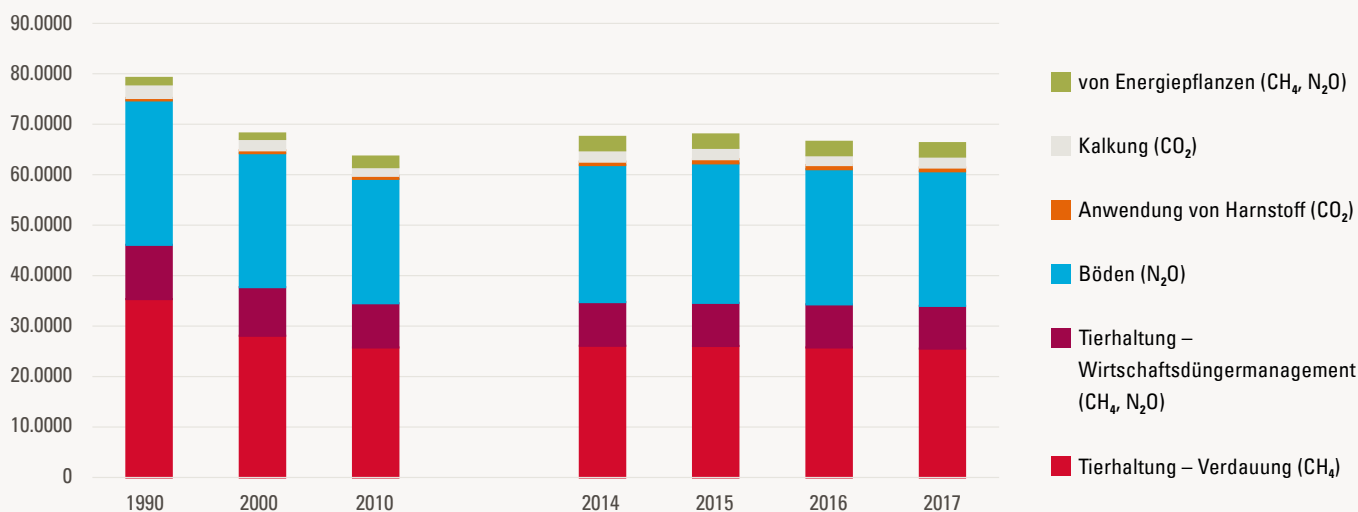
Literatur

- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) (Hrsg.): Klimaschutzplan 2050 – Klimaschutzpolitische Grundsätze und Ziele der Bundesregierung, Berlin 2016
- Isermeyer F., Heidecke C., Osterburg B.: Einbeziehung des Agrarsektors in die CO₂-Bepreisung, Thünen Working Paper 136, 2019, Johann Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig
- Nitsch, H., Schramek, J.: Strategien und Maßnahmen für den Klimaschutz bei der landwirtschaftlichen Flächennutzung im Rahmen der GAP, IfLS (Hrsg.), Frankfurt am Main 2020
- Umweltbundesamt – UBA (Hrsg.): Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen und dem Kyoto-Protokoll 2019. Nationaler Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990–2017, Climate Change, 23/2019, Dessau-Roßlau

AUF DEN PUNKT GEBRACHT

- Die Gemeinsame Agrarpolitik der EU (GAP) muss einen Beitrag zum Klimaschutz leisten. Hierzu gibt es mehrere Ansatzpunkte.
- Bei den bisher angebotenen freiwilligen Fördermaßnahmen, wie den Agrarumwelt- und Klimamaßnahmen, ist Klimaschutz meist eher ein Nebeneffekt.
- Künftig sollten die Bedingungen für den Erhalt von Fördergeldern Klimaschutzwirkungen stärker berücksichtigen.
- Die Bundesländer sollten, basierend auf einem Erfahrungsaustausch, die freiwilligen Klimaschutzmaßnahmen optimieren und verbreitet anbieten und dabei auch neuere Ansätze berücksichtigen, beispielweise die angepasste Nutzung nasser Moorböden.

Treibhausgas-Emissionen aus der deutschen Landwirtschaft und Änderungen in Bezug auf 1990 in Prozent



Ansatzpunkte für Klimaschutzmaßnahmen bei der landwirtschaftlichen Flächennutzung

(für eine ausführlichere Darstellung und Literaturquellen siehe Nitsch & Schramek, 2020)

- **Erhöhung der Effizienz der Stickstoffdüngung:**

Eine verbesserte Stickstoffausnutzung durch bessere Nährstoffbilanzierung und Düngplanung und der Einsatz geeigneter Fruchtfolgen und emissionsmindernder Techniken bei Lagerung, Behandlung und Ausbringung von Düngemitteln kann Stickstoffverluste und damit N₂O-Emissionen verringern.

- **Schutz landwirtschaftlich genutzter Moore:**

Schlüsselmaßnahme für den Klimaschutz ist die Anhebung des Wasserstands auf entwässerten Standorten. Wiedervernässte Flächen werden aus der Produktion genommen, können als Nasswiesen beweidet oder gepflegt werden oder zukünftig auch mithilfe von nassliebenden Pflanzen wie Rohrkolben, Schilf oder Erlen als »Paludikulturen« weiterhin für eine Produktion von Futtermitteln oder Substraten für eine stoffliche oder energetische Nutzung genutzt werden.

- **Schutz von Dauergrünland:**

Ein Verzicht auf den Umbruch von Dauergrünland verhindert Treibhausgas-Emissionen aufgrund des resultierenden Humusabbaus. Vordringlich ist dies auf humusreichen Böden (v. a. Moore).

- **Umwandlung von Ackerflächen in Dauergrünland:**

Sofern das entstehende Grünland langfristig erhalten bleibt, ergibt sich eine Anreicherung von organischem Kohlenstoff im Boden. Die Zunahme geht jedoch sehr viel langsamer vor sich als der Verlust bei Grünlandumbruch.

- **Erhalt und Förderung des Humusgehalts in Ackerböden:**

Organische Düngung, die Einarbeitung von Ernteresten und der verstärkte Anbau von Kulturen mit intensiver Durchwurzelung oder von Holziger Biomasse können den Humusgehalt erhöhen und damit zur CO₂-Speicherung beitragen. Der Beitrag zum Klimaschutz über diese Maßnahmen ist allerdings mit großen Unsicherheiten behaftet, zeitlich begrenzt und die Dauerhaftigkeit nicht gesichert. Beim Einsatz pyrolysiertes Pflanzenkohle kann man hingegen von einer langfristigen Festlegung von Kohlenstoff ausgehen; zu weiteren Wirkungen besteht aber noch Forschungsbedarf.

- **Ökologischer Landbau:**

Auf die Fläche bezogen resultieren aus dem ökologischen Landbau geringere Treibhausgas-Emissionen aufgrund höherer Vorräte an organischer Bodensubstanz und geringerer Stickstoffüberschüsse. Dieser Vorteil relativiert sich allerdings, wenn er auf den Ertrag bezogen wird.

Bei vielen dieser Maßnahmen ergeben sich Synergien mit anderen Umweltzielen wie dem Schutz von Wasser und der Biodiversität, mit der Bodenfruchtbarkeit und mit der Anpassung an den Klimawandel.

unterstützt. Pilotprojekte können die Entwicklung innovativer, ressourcen- und umweltschonender Produkte und Verfahrensabläufe auch im Bereich Klimaschutz vorantreiben. Zudem kann die Förderung gemeinsamer Konzepte oder Kooperationen relevant sein und wird in einzelnen Bundesländern dementsprechend genutzt, u. a. um die notwendige regionale Zusammenarbeit bei der Wiedervernässung von Mooren zu unterstützen.

Berücksichtigt werden muss allerdings, dass die Entwicklungsprogramme für den ländlichen Raum nur einen Ausschnitt der in Deutschland angebotenen Fördermaßnahmen abbilden. Weitere Maßnahmen werden außerhalb dieser Programme mit reinen Landesmitteln oder aus anderen Fonds gefördert. Dies betrifft z. B. zum Teil den Moorschutz. Hinzu kommen verstärkt überwiegend privatwirtschaftliche Initiativen, die eine Kohlenstoffanreicherung auf vertraglich gebundenen Flächen honorieren, dies über den Verkauf von Zertifikaten zur freiwilligen Treibhausgas-Kompensation finanzieren und darüber die Wiedervernässung von Mooren oder eine Humusanreicherung auf Ackerflächen voranbringen möchten. Die Förderung erneuerbarer Energien geschieht überwiegend mit Instrumenten der Energiepolitik.

Freiwillige Fördermaßnahmen können zudem andere Instrumente im Klimaschutz nur ergänzen. So begrenzen beispielsweise ordnungsrechtliche Vorgaben aus dem Düngerecht den Einsatz von Düngemitteln. Verpflichtend vorgeschriebene Auflagen können nicht mehr im Rahmen des Förderrechts unterstützt werden. Ein weiteres Instrument und ein konsequenter Schritt wäre, aus Aktivitäten entstehende externe Kosten einzupreisen. Dies könnte mit Bezug zu Klimaschutz z. B. über eine Stickstoffabgabe geschehen oder über eine Bepreisung von Treibhausgas-Emissionen (vergleiche Isermeyer et al., 2019).

Ausblick für Klimaschutz in der Gemeinsamen Agrarpolitik nach 2020

Die EU-Kommission hat für die Gemeinsame Agrarpolitik nach 2020 Vorschläge unterbreitet, die derzeit mit dem EU-Parlament und den Mitgliedstaaten diskutiert und anschließend gemeinsam beschlossen werden müssen. Sie bieten ausreichend Interventionsmöglichkeiten und Freiräume, diese zugunsten des Klimaschutzes zu nutzen.

Dies beginnt mit Regelungen, unter welchen Bedingungen Flächen Direktzahlungen erhalten. Um die Bereitschaft von Landwirten zur Beteiligung zu erhöhen, sollten beispielsweise die Direktzahlungen auf wiedervernässten Moorböden, auch wenn sie nicht mehr landwirtschaftlich genutzt werden, beibehalten werden. Das gilt auch für Flächen, auf denen eine landwirtschaftliche Nutzung unter Photovoltaikanlagen weitergeführt wird. Die Mindeststandards für den Erhalt der Zahlungen sollten beispielsweise eine vertiefte Entwässerung von Moorböden ausschließen.

Die Bundesländer sollten durch einen Erfahrungsaustausch für den Klimaschutz besonders effektive bereits bestehende Maßnahmen und Umsetzungsmöglichkeiten für die freiwilligen Fördermaßnahmen identifizieren und diese Maßnahmen optimieren und verbreitet anbieten. Dazu sollten auch neuere Ansätze für eine mögliche Förderung berücksichtigt werden. Ein Beispiel wäre die Förderung von Agroforstsystemen. Dies sind Landnutzungssysteme, bei denen eine landwirtschaftliche Flächennutzung mit dem Pflanzen von Bäumen oder Hecken kombiniert wird. Weiterhin könnten Paludikulturen gefördert werden, also der Landbau auf wiedervernässten Moorböden, sowie innovative Techniken im Bereich der Düngung wie z. B. die Ansäuerung von Gülle, durch die die Ammoniakemissionen bereits vor der Ausbringung verringert werden können. Im Hinblick auf die verstärkt diskutierte Speicherung von Kohlenstoff in Ackerböden kann zukünftig der Einsatz von Pflanzenkohle zur langfristigen Bindung von Kohlenstoff relevant werden.

Für eine klimaschonende Landwirtschaft ist ein breiter Mix an Instrumenten und Maßnahmen notwendig. Die Gemeinsame Agrarpolitik nach 2020 muss dazu beitragen. ●

Die Autoren



Heike Nitsch, Jahrgang 1968, studierte Geoökologie an der Universität Bayreuth und schloss mit einer Diplomarbeit zum Thema der Nährstoffwirkung von Bioabfallkompost ab. Sie war neun Jahre lang wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Ländliche Räume des Thünen-Instituts sowie eineinhalb Jahre am Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ) in Leipzig tätig. Seit 2013 arbeitet sie am Institut für Ländliche Strukturforchung (IfLS) als wissenschaftliche Mitarbeiterin mit den Schwerpunkten Analyse und Bewertung von Maßnahmen zur Steuerung der Landnutzung und nachhaltige Landnutzung zum Schutz abiotischer und biotischer Ressourcen mit dem aktuellen Schwerpunkt Klimaschutz.

nitsch@ifls.de



Jörg Schramek, Jahrgang 1966, studierte Landwirtschaft an der TU München und schloss mit einer Diplomarbeit zum Thema Auswirkungen von Regen auf die Oberflächenstruktur (»Rauhigkeit«) von Ackerböden in Abhängigkeit der Bodenart ab. Seit 1994 arbeitet er am IfLS, zunächst als wissenschaftlicher Mitarbeiter und dann als Bereichsleiter des Fachgebiets Ländliche Entwicklung, Landwirtschaft und Umwelt. 2008 übernahm er zusätzlich die IfLS-Geschäftsführung. Seine Arbeitsschwerpunkte sind die Evaluation ländlicher Entwicklungsprogramme, Politikfolgenabschätzung, die Beratung zur Weiterentwicklung von agrarpolitischen Instrumenten, die Sozioökonomie naturschutzorientierter Regionalentwicklung, Ökologischer Landbau und Landwirtschaft im Ballungsraum.

schramek@ifls.de

»Unser Hebel ist die Forschung«

Universitätspräsidentin Prof. Dr. Birgitta Wolff über die wachsende Bedeutung von Nachhaltigkeitsforschung während ihrer Amtszeit

Anke Sauter: Frau Wolff, es gibt Hochschulen, die angeblich bereits seit Jahren klimaneutral sind. Wie klimafreundlich ist die Goethe-Universität?

Birgitta Wolff: Man muss unterscheiden: Wie verhalten wir uns als Organisation, und was können wir der Gesellschaft als Forschungs- und Bildungseinrichtung bieten? Als Organisation ist es gerade angesichts unserer Größe natürlich wichtig, dass wir unser Handeln möglichst umweltfreundlich gestalten. Aber als Universität mit ausgezeichneten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern haben wir so viel mehr zu bieten: Wir liefern fundierte Forschungsergebnisse, die die Menschheit insgesamt weiterbringen können.

Wenn Sie auf Ihre sechsjährige Amtszeit zurückblicken: Was hat sich in diesem Forschungsbereich verändert?

Wir haben in meiner Amtszeit einen die gesamte Goethe-Uni umfassenden Profilbildungsprozess angestoßen, an dem viele Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler beteiligt waren. Das Ergebnis dieses mehrstufigen Verfahrens ist ein Profil, das die Dynamik der Forschungslandschaft abbilden soll. Der Themenkreis »Klima, Erde, Umwelt« ist ein eigener von sechs Profildbereichen. Wir haben die Nachhaltigkeitsforschung also neu positioniert. Nachhaltigkeit ist jetzt bei uns auf der »obersten« Ebene der Forschungsziele angesiedelt und soll künftig wesentlich zum Profil der Goethe-Uni beitragen. Im früheren Forschungsprofil mit den »Kacheln« kam dieses Thema nicht vor.

Vermutlich deshalb, weil es hier bislang keinen Sonderforschungsbereich gegeben hat?

Vielleicht. In der Tat gibt es auch jetzt noch keinen Sonderforschungsbereich, aber dafür andere Formate. Und wir haben gute Voraussetzungen geschaffen, diesen Profildbereich weiterzuentwickeln. Aber natürlich wird hier auch für meinen Nachfolger Enrico Schleiff noch viel zu tun sein.

Welche Konsequenzen hat es für die Nachhaltigkeitsforschung, dass sie jetzt einen eigenen Profildbereich hat?

Das Forschungsprofil ermöglicht, den Bereich besser sichtbar zu machen und gezielter zu unterstützen. Insgesamt ist es schon jetzt ein sehr lebendiger Bereich, da gibt es nicht nur Projekte mit der DFG, sondern mit und für das Land Hessen, aber auch mit der Stadt Frankfurt. Das ist ja das Schöne an diesem sehr breiten Arbeitsfeld, dass es sehr viele Facetten aufweist. Man kann sehr abstrakte Themen der ökologischen, ökonomischen und sozialen Nachhaltigkeit erforschen, aber auch ganz konkrete Veränderungen anstoßen. Georg Zizka zum Beispiel hat ein Projekt, bei dem er eine Biotopkartierung der Stadt Frankfurt erstellt, Wolfgang Brüggemann betreibt mit dem Land Hessen ein Projekt über den Wald der Zukunft. Die im Bereich Klima, Erde, Umwelt engagierten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler fühlen sich verantwortlich für aktuelle Problemlagen. Das ergibt sich beim Thema Umwelt fast von selbst.

Die naturwissenschaftlichen Erkenntnisse sind ja das eine, aber es geht ja vor allem auch darum, das bereits vorhandene Wissen auch an die Menschen zu bringen.

Da hat der Profilbildungsprozess auch viel Neues angestoßen und verschiedene Forschungsdisziplinen zusammenge-

bracht. Frau Böhning-Gaese und die Senckenberger zum Beispiel wollen das Format »Planetary Thinking« nochmal größer aufziehen, das Forschungskolleg Humanwissenschaften in Bad Homburg ist als Plattform involviert. Es gibt schöne, disziplinübergreifende Initiativen; man muss sehen, in welche Richtung sie sich entwickeln und wie man Rückenwind geben kann.

Ein zentrales Thema ist ja auch die Wissenschaftskommunikation: Wie können die naturwissenschaftlichen Ergebnisse verständlicher an die Leute gebracht werden?

Ich glaube, dass bei Nachhaltigkeitsthemen weniger ein grundsätzliches Erkenntnis- oder Informationsdefizit besteht. Die Schwierigkeit liegt eher darin, Erkenntnisse umzusetzen. Dieses Phänomen nehmen wir auch im Change Management bei Organisationen wahr; damit habe ich mich vor vielen Jahren in meiner Habilitation befasst. Das Wissen darum, was zu tun ist, ist nicht alles. Es ist eine Kunst, Menschen dazu zu bringen, diese Erkenntnisse auch umzusetzen. Aber ich bin optimistisch, dass das irgendwann funktionieren wird. Bei der Digitalisierung haben wir ja gesehen, dass es geht: Wenn wir vor einem Jahr herumgefragt hätten, wer benutzt Videokonferenzen oder – an der Uni – wer arbeitet gern mit der Lernplattform OLAT, da hätten wir ganz andere Antworten bekommen als jetzt. Wichtig ist natürlich auch die Art und Weise, wie man fachliche Inhalte kommuniziert: Man muss die Dringlichkeit glaubwürdig vermitteln, Verhaltensänderungen attraktiv machen und nicht mit einem Drohszenario über zukünftige Apokalypsen die Leute verängstigen. Und man muss Leitplanken für sinnvolles Verhalten schaffen.

Im Fokus steht auch die Wirtschaft als großer Energieverbraucher, die Autoindustrie, die sich so schwerfällig nur umstellt. Wie stark sehen Sie den Fachbereich 2 hier in der Pflicht?

Auch im Fachbereich Wirtschaftswissenschaften arbeiten Fachleute am Thema, am neuen Leibniz-Institut SAFE gibt es den Arbeitsbereich Green Finance. Im Fachbereich denken sowohl Umweltökonominnen als auch Betriebswirte darü-

ber nach; unter Kostenaspekten und Reputationserwägungen sind wirtschaftliche Entscheidungen neu zu denken und Unternehmen anders zu steuern. In allen gesellschaftswissenschaftlichen Feldern gibt es dazu noch viel zu forschen, mehr als in den Naturwissenschaften. Wir müssen auch begreifen, wie unterschiedliche Modi der Bepreisung von Umwelt funktionieren. Setzen wir auf den Handel von Klimazertifikaten oder auf ganz andere Mechanismen? Es ist oft sehr schwierig abzuwägen, was funktionieren kann und was nicht, und die Debatte darüber geht oft im Rauschen der politischen Kontroversen unter. Wir als Universität können diesen Diskurs stärker unterstützen.

Wie sehen Sie als Ökonomin die Rolle der Wirtschaft im Transformationsprozess?

Als Ökonomin denke ich, dass man da als Gesellschaft Umweltbelastungen reduzieren sollte, wo es gesamtgesellschaftlich am leichtesten geht, am einfachsten ist und am wenigsten Kosten verursacht. Wie man diese Kosten dann in der Gesellschaft trägt und nicht dem einzelnen Unternehmen zumutet, das im unmittelbaren Sinne als Verursacher dasteht, darüber müssen wir diskutieren. Die Lieschen-Müller-Lösung, einfach mal die Umweltstandards für deutsche Unternehmen zu erhöhen, bietet ja keine gute Lösung, das wissen alle. Denn so lange Umweltstandards nur in Deutschland gelten, verbessert man global noch gar nichts, sondern verlagert die schmutzigen Industrien dahin, wo die Regulierung weniger gründlich ist.

Können wir doch nochmal über die Goethe-Universität als Organisation sprechen? Wenn sie sich umweltfreundlich verhalten will, ist sie ja auf jeden Einzelnen angewiesen.

Ja. Das Land Hessen kompensiert beispielweise Dienstreisen. Das ist natürlich ein ganz anderer Ansatz, als wenn man Dienstreisen gleich vermeiden würde. Ich glaube, hier können wir einen Beitrag leisten. Wie überflüssig viele Dienstreisen sind, merken wir ja gerade in der Coronazeit. Andererseits lernen wir auch, wie umweltbelastend exzessive Rechner- und Videokonferenznutzung ist. Und schon sind wir wieder bei unserem Markenkern, der Forschung: Schauen

Sie auf das Thema Hochleistungsrechnen, das Volker Lindenstruth sehr erfolgreich voranbringt. Seine Forschungsergebnisse sind nicht nur für die Wissenschaft spannend, sondern auch für uns als Organisation. Wir nutzen seine Technologie und haben dadurch einen geringeren Energieverbrauch beim Hochleistungsrechnen, als wenn wir herkömmliche Rechner nutzen würden. Gleichzeitig kann man die Erkenntnisse auch anderen anbieten und dabei helfen, hohe Rechnerleistungen umweltverträglicher zu generieren.

Die Fridays-for-Future-Bewegung hat ja nochmal einen starken Schub bei Umweltthemen gebracht. Hat sich das auch auf der Verwaltungsebene ausgewirkt?

Wir haben im Präsidium schon vor mehreren Monaten beschlossen, eine Nachhaltigkeitsstelle einzurichten. Mein Nachfolger Enrico Schleiff steht zu diesem Beschluss. Das werden wir jetzt auch organisatorisch und personell angehen.

Wir gehören ja zum Netzwerk CO₂-neutrales Hessen und kooperieren mit der Landesregierung. Bei den klimapolitischen Zielen liegen wir mit dem Land auf einer Linie. Ich glaube aber, dass wir als Goethe-Universität letztlich durch umweltbezogene Forschung und auch durch Umweltbildung einen viel, viel größeren Beitrag leisten können. Die umweltbezogene Forschung würde ich da immer als unseren größeren Beitrag sehen als die eigene Vermeidung.

Auf Initiative der Studierenden und anderer Statusgruppen hat sich das Goethe Green Office gegründet. Wie weit ist die Realisierung?

Der Beschluss ist gefasst, das wird kommen. Auch hier müssen wir wissenschaftlich fundiert vorgehen. Viele von den Green Office-Leuten haben sich schon gründlich in die Themen eingearbeitet und bringen eine Reihe von Ideen ein. Man muss sehen, auch mit den Experten aus unserem Energie-



Man muss jemanden finden, der dieses vernetzte systemische Denken beherrscht. Wir können nicht einfach einen Hebel umlenken und alles läuft, da müssen viele Leute gleichzeitig mitdenken. Es hat sich ja auch schon viel verändert: Als ich kam, gab es auf keinem der Gebäude mit den aus Laiensicht sich anbietenden Flachdächern Solarpanels, und mir wurde erklärt, warum das alles nicht ging. Jetzt haben wir ein Projekt, um das endlich nachzuholen.

Wie ist die Goethe-Universität im hessenweiten Zusammenhang eingebettet?

management, ob jede gute Idee auch umsetzbar ist. Manche Ideen scheinen auch nicht eins zu eins umsetzbar zu sein, Beispiel Leasingfahrrad: Die schöne Vorstellung, dass wir als Arbeitgeberin Subventionen für die Fahrradnutzung bereitstellen, ist insofern schwierig, als wir eine Landeshaushaltsordnung haben und unsere Mittel dezidiert für Forschung und Lehre bekommen. Ich denke, in einem künftigen Green Office wird dann auch eine Menge fachliche Arbeit geleistet werden müssen.

Vielen Dank für das Gespräch.

Schaffen wir es, den Klimawandel aufzuhalten und die Erwärmung bei 1,5 Grad Celsius zu stoppen?

Wir schaffen es nicht mehr, zumindest nicht innerhalb der Zielsetzungen des Pariser Abkommens – denn hier muss man differenzieren: Ohne Zweifel werden wir es schaffen, den Klimawandel aufzuhalten, aber eben erst oberhalb der erstrebten 2 Grad Celsius. Und genau aus diesem Grund sollten wir einerseits alles tun, um die globalen anthropogenen Emissionen von Treibhausgasen so rasch als möglich zu reduzieren (Mitigation), aber wir sollten uns andererseits ebenso intensiv mit Anpassungsmaßnahmen (Adaptation) befassen.

Ich will beispielhaft nur vier Problemfelder nennen:

1. Das Trendproblem: Seit 1960 steigt die atmosphärische CO₂-Konzentration kontinuierlich an, wir liegen heute je nach Saison zwischen 410 und 420 ppm (normal wären etwa 280 ppm), und man erkennt keinerlei Trendwechsel als Folge etwa der IPCC-Reports oder der internationalen Klimakonferenzen in

Kopenhagen oder Paris. Es spricht nichts dafür, dass sich das in den nächsten 40 Jahren signifikant ändern wird.

2. Das Trittbrettfahrerproblem: Es ist ein zutiefst menschliches Phänomen: Wenn ein Gut (wie etwa die Atmosphäre) frei verfügbar ist, warum sollte gerade ich als Person oder Staat mich in dessen Nutzung einschränken, wo doch andere – entweder die größeren Verschmutzer der Atmosphäre oder aber die am stärksten vom Klimawandel Betroffenen – zunächst einmal mit gutem Beispiel vorangehen sollten? Auch hier gibt es keinerlei Hinweise, dass sich dieses Trittbrettfahrer-Problem in der Staatengemeinschaft in näherer Zukunft auflösen wird.

3. Das Komplexitätsproblem: Das Klimaproblem ist sehr eng mit weiteren Nachhaltigkeitsproblemen verknüpft: Wir reden daher von einem Erdsystem, in dem die grundlegenden Komponenten Atmosphäre, Hydrosphäre, Biosphäre, Geosphäre eng miteinander verbunden sind. So stammt ein wesentlicher

Teil der anthropogenen CO₂-Emissionen aus der Verbrennung von Biomasse, also von Wäldern; als Folge des atmosphärischen CO₂-Anstiegs kommt es zur Versauerung des Ozeans und zum Korallensterben. In diesem komplexen Wechselwirkungsnetz gibt es unendlich viele Zielkonflikte, die nur schwer zu lösen sind: Biodiesel ist gut für den Klimaschutz, aber schädlich für die Biodiversität, ein Climate Engineering (etwa die Einbringung großer Mengen an Schwefeldioxid in die Stratosphäre, um die solare Einstrahlung auf die Erde zu reduzieren) wie auch eine unterirdische »Endlagerung« von CO₂ (»Carbon Capture and Storage«) wird aus Sicherheitsgründen von der (deutschen) Bevölkerung abgelehnt, eine klimatisch und ökologisch besser austarierte Landwirtschaft ist politisch nicht durchsetzbar. Diese Situation wird ebenfalls bleiben.

4. Das Verteilungsproblem: Im globalen Mittel beträgt der CO₂-Ausstoß pro Kopf und Jahr derzeit rund 4,5 Tonnen. Dabei liegen etwa 3 Milliarden Menschen z.T. deutlich darüber (USA: ca. 15 Tonnen CO₂/Kopf/Jahr, Deutschland: ca. 8 Tonnen CO₂/Kopf/Jahr). 4 Milliarden Menschen stoßen derzeit weniger als 2 Tonnen CO₂/Kopf/Jahr aus (IEA-Daten von 2020; sie beziehen sich nur auf energiebezogene CO₂-Emissionen). Dass sich bei dieser ungleichen Verteilung des CO₂-Ausstoßes pro Kopf und Jahr und den oben geschilderten Problemen 1–3 das vom IPCC angestrebte Ziel von rund 2 Tonnen CO₂ pro Jahr und Erdenbürger rechtzeitig erreichen lässt, ist doch sehr unwahrscheinlich.

Was in theoretischen Überlegungen und Modellen möglich ist, ist eben in der Praxis unendlich viel schwieriger. Dennoch ist es keine Frage: Es besteht größter Handlungsbedarf! Immerhin schätzen neueste Modellierungen, dass wir aufgrund des klimawandelbedingten Meeresspiegelanstiegs bis Ende dieses Jahrhunderts zwischen 150 und 630 Millionen Menschen umsiedeln müssen, je nach CO₂-Entwicklung. Wir sollten also intensiv nicht nur an der Mitigation, sondern auch an der Adaptation arbeiten.



Der Autor

Volker Mosbrugger, Jahrgang 1953, studierte Biologie, Meeresbiologie und Chemie an der Universität Freiburg i. Br. und im französischen Montpellier und wurde 1983 in Freiburg mit einem paläontologischen Thema promoviert. 1989 habilitierte er sich an der Universität Bonn, war von 1990 bis 2005 Professor am Institut für Geowissenschaften der Universität Tübingen und

wurde dann Generaldirektor der Senckenberg Gesellschaft für Naturforschung und Professor am Institut für Geowissenschaften der Goethe-Universität. Seine Hauptforschungsinteressen sind die Evolution und Konstruktionsmorphologie von Landpflanzen, die Evolution terrestrischer Ökosysteme und die terrestrische Paläoklimatologie. Dabei sind die Erforschung der Auswirkungen des Klimawandels und der damit verbundene Verlust an Biodiversität auf den Menschen sowie auf das System Erde sein größtes Anliegen. Prof. Mosbrugger hat zahlreiche Auszeichnungen erhalten, darunter den Gottfried Wilhelm Leibniz-Preis der Deutschen Forschungsgemeinschaft und die Ehrendoktorwürde der Universität Lyon.

vmosbrugger@senckenberg.de

PACKEN WIR'S ODER NICHT?

Ich bin Klima-Optimist. Der Klimawandel stellt uns vor eine gewaltige Herausforderung, eine echte Menschheitsaufgabe – und es braucht mehr als **einen** Herkules oder **eine** Greta Thunberg, um eine katastrophale Entwicklung zu verhindern, es braucht uns alle. Werden wir gemeinsam, wird unsere globale Gesellschaft diese Aufgabe meistern können?

Ich plädiere für einen realistischen Optimismus in dieser Frage. Nur mit Optimismus werden wir alle die Tatkraft und den inneren Antrieb aufbringen, allen Barrieren, Sachzwängen, Gewohnheiten, Bequemlichkeiten und inneren Schweinehunden zum Trotz, schnell genug umzusteuern. Und ich bin fest überzeugt: Wir können es schaffen!

Klimaschutz ist zur zentralen Aufgabe geworden: Was stimmt mich optimistisch? Ein paar Fakten: Großbritannien hat es geschafft, in nur zehn Jahren seine Treibhausgas-Emissionen zwischen 2010 und 2019 um 29 Prozent zu senken. China hat im Sommer 2020 erstmalig erklärt, das Land werde bis 2060 klimaneutral sein. Solarstrom ist inzwischen an vielen Standorten ohne jede Subvention günstiger als fossil hergestellter Strom. Auch in den Chefetagen der Wirtschaft wird Nachhaltigkeit inzwischen nicht mehr als lästige Nebensache angesehen, sondern als zentrale Aufgabe, die auch riesige Chancen für die Unternehmen mitbringt. Wer als Erster umweltgerechte, nachhaltige und klimaneutrale Konzepte, Technologien und Geschäftsideen bereitstellt, der wird belohnt – wer hingegen bei fossiler Technologie verharrt, wird die kommenden 20 Jahre nicht überstehen.

Enormer Anstieg des Wissens: Derzeit beruhen 80 Prozent der globalen Energieerzeugung auf fossilen Energieträgern und die globalen CO₂-Emissionen sind in den letzten 30 Jahren um 63 Prozent angestiegen. Dies sind zwei Fakten, die mich pessimistisch stimmen. Aber in diesen 30 Jahren hat sich unser Wissen zum Klimawandel und den notwendigen Schutzmaßnahmen vervielfacht.

Das Thema wird nun in allen Schichten der Gesellschaft ernst genommen, nicht nur unter Experten und Umweltaktivisten. Dank Pariser Abkommen ist mit dem 1,5-Grad-Celsius-Ziel ein vernünftiges Limit gesetzt, das von Fridays for Future überall mit Nachdruck eingefordert wird.

Wir spüren bereits die Folgen: Die schon lange vorhergesagten Folgen des Klimawandels treten immer häufiger und mit immer gravierenderen Schäden tatsächlich ein. Und dies nicht nur in weit entfernten Ländern, sondern wir beobachten horrende Waldschäden vor der Haustür und erleben Hitzewellen am eigenen Leib. Es ist uns klar, dass Waldbrände, wie sie dieses Jahr in Australien, Sibirien und Kalifornien wüteten, mit jedem weiteren Zehntelgrad an Erwärmung noch schlimmer zuschlagen werden. Unter diesem Eindruck wird es uns gelingen, das Wissen in Handeln umzusetzen.

Es gibt Instrumente: Die notwendigen Instrumente wurden in den vergangenen Jahren

entwickelt: CO₂-Preissysteme und ein Zertifikatehandel, der nun endlich funktioniert und Wirkung zeigt. Technische Lösungen, um Verbrennungsmotor, Kohlekraftwerk, Öl- und Gasheizung zu ersetzen, Nachhaltigkeitskonzepte für Verkehr und Landwirtschaft und v. a. die Bereitschaft in einer breiten Mehrheit der Bevölkerung, das Problem entschlossen anzugehen und sich gemeinsam die notwendigen Regeln aufzuerlegen, um die Emissionen zu senken. Es liegt immer noch ein weiter Weg vor uns und riesige Anstrengungen sind notwendig, aber ich bin überzeugt, dass in 20 bis 30 Jahren die Nutzung von fossiler Energie global ähnlich geächtet sein wird wie heute die Herstellung von FCKW.

Wer Kinder hat, der begreift die eigene Verantwortung. Wir müssen dafür sorgen, dass ihre Zukunft nicht durch unsere Übernutzung der Atmosphäre und der Biosphäre massiv beschränkt wird. Wir begreifen auch, dass sich die Zukunftsaussichten nicht auf den materiellen Wohlstand beschränken, sondern dass wir viel mehr tun müssen, um Artenvielfalt, Klima und Umwelt zu schützen.

Der Autor

Joachim Curtius, Jahrgang 1969, studierte Physik an der Universität Heidelberg und fertigte seine Doktorarbeit am Max-Planck-Institut für Kernphysik in Heidelberg an, wo er über Schwefelsäure in der Atmosphäre und im Nachlauf von Düsenflugzeugen forschte. Nach einer Zeit als Postdoc in Heidelberg und am Aeronomy Laboratory der National Oceanic and Atmospheric Administration NOAA in Boulder (Colorado, USA) arbeitete er am Institut für Physik der Atmosphäre der Universität Mainz. 2007 wurde er als Professor für Experimentelle Atmosphärenforschung an das Institut für Atmosphäre und Umwelt der Goethe-Universität berufen. Seine Forschungsschwerpunkte liegen in der Erforschung von Aerosolen, Ionen, Eiskeimen und Spurengasen in der Atmosphäre, der Aerosol-Wolken-Wechselwirkungen, Flugzeugemissionen und Einflüssen von Aerosolpartikeln auf das Klima. Joachim Curtius ist Träger der Otto-Hahn-Medaille der Max-Planck-Gesellschaft und engagiert sich u. a. bei Scientists for Future.

curtius@iau.uni-frankfurt.de





AKTUELLES

aus der Wissenschaft

Faltung von SARS-CoV-2-Genom zeigt Angriffspunkte für Medikamente – auch Vorbereitung auf »SARS-CoV-3«

Ein internationaler Forschungsverbund hat erstmals RNA-Faltungsstrukturen des SARS-CoV-2-Genoms beobachtet, mit denen das Virus den Infektionsverlauf steuert. Da diese Strukturen bei verschiedenen Beta-Coronaviren sehr ähnlich sind, legen die Wissenschaftler damit nicht nur die Grundlagen für die gezielte Entwicklung neuartiger Medikamente zur COVID-19-Behandlung, sondern auch für künftige Infektionsgeschehen mit neuen Coronaviren, die sich in der Zukunft entwickeln könnten.

Genau 29903 Buchstaben lang ist der genetische Code des SARS-CoV-2-Virus, aufgereiht in einem langen RNA-Molekül. Er beinhaltet die Information zur Herstellung von 27 Proteinen. Dies ist zwar sehr wenig im Vergleich zu den vielleicht 40000 Proteinsorten, die eine menschliche Zelle herstellen kann. Doch Viren nutzen bekanntermaßen ja den Stoffwechsel ihrer Wirtszellen, um sich selbst zu vermehren. Entscheidend ist für diese Strategie, dass Viren die Bildung der eigenen Proteine präzise steuern können.

SARS-CoV-2 nutzt als Steuerelemente für die Proteinherstellung räumliche Faltungen seines RNA-Erbmoleküls: Überwiegend in Bereichen, die nicht für die Viren-Proteine codieren, werden aus dem RNA-Einzelstrang Strukturen mit RNA-Doppelstrang-Abschnitten und -schleifen. Bisher gab es allerdings nur Modelle dieser Faltungen, die sich auf Computeranalysen oder indirekte experimentelle Nachweise stützten.

Nun konnte ein internationales Team von Wissenschaftlern unter Leitung von Chemikern und Biochemikern der Goethe-Universität und der TU Darmstadt die Modelle erst-

mals experimentell überprüfen. Beteiligt waren außerdem Forscher des israelischen Weizmann Institute of Science, des schwedischen Karolinska-Instituts und der Katholischen Universität Valencia.

Die Forscher konnten die Struktur von insgesamt 15 solcher regulatorischen Elemente bestimmen. Dazu nutzten sie die Kernresonanz- oder NMR-Spektroskopie, bei der die Atome der RNA einem starken Magnetfeld ausgesetzt werden und so etwas über ihre räumliche Anordnung verraten. Die Ergebnisse dieser Methode glichen sie mit denen aus einem chemischen Verfahren ab (Dimethylsulfat-Footprint), mit dessen Hilfe zwischen RNA-Einzelstrang- und Doppelstrangbereichen unterschieden werden kann.

Der Koordinator des Konsortiums, Prof. Harald Schwalbe vom Zentrum für Biomolekulare Magnetische Resonanz der Goethe-Universität Frankfurt, erläutert: »Mit unseren Ergebnissen haben wir eine breite Basis gelegt, um künftig genau zu verstehen, wie SARS-CoV-2 das Infektionsgeschehen steuert. Wissenschaftlich war das ein gewaltiger, sehr arbeitsintensiver Kraftakt, den wir nur durch den außergewöhnlichen Einsatz der

Teams hier in Frankfurt und Darmstadt gemeinsam mit unseren Partnern im COVID-19-NMR-Konsortium stemmen konnten. Doch es geht direkt weiter: Derzeit untersuchen wir zusammen mit unseren Kooperationspartnern, welche viralen Proteine und welche Proteine der menschlichen Wirtszellen mit den gefalteten regulatorischen Regionen der RNA interagieren und ob sich daraus Ansatzpunkte für Therapien ergeben können.«

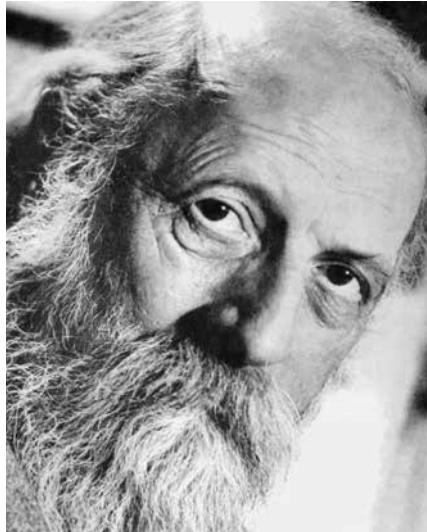
Weltweit forschen über 40 Arbeitsgruppen mit 200 Wissenschaftlern im COVID-19-NMR-Konsortium, in Frankfurt arbeiteten seit Ende März 2020 45 Doktoranden und Postdocs in zwei Schichten pro Tag an sieben Tagen die Woche mit.

Das Potenzial der Entdeckungen geht über neue Behandlungsoptionen für Infektionen mit SARS-CoV-2 hinaus, davon ist Schwalbe überzeugt: »Die Steuerungsregionen der viralen RNA, deren Struktur wir untersucht haben, sind zum Beispiel bei SARS-CoV fast identisch und auch bei anderen Beta-Coronaviren sehr ähnlich. Daher hoffen wir, dass wir einen Beitrag dazu leisten konnten, auf künftige »SARS-CoV-3-Viren« besser vorbereitet zu sein.« <https://tinygu.de/GenomFaltung>

Förderung für 24 Jahre Buber-Forschung

Rund 40000 Briefe sind aus der Korrespondenz von Martin Buber mit seinen Zeitgenossen erhalten, doch bislang sind sie kaum zugänglich. Eine Förderzusage von Bund und Ländern soll dies nun ändern: Mit fast 400000 Euro jährlich wird ein Akademieprojekt zur Digitalisierung und Kommentierung des wertvollen Nachlasses finanziert. Das Projekt von Prof. Dr. Christian Wiese, Judaist und Inhaber der Martin-Buber-Proessur an der Goethe-Universität, und seinen Kooperationspartnern Prof. Dr. Martin Leiner (Friedrich-Schiller-Universität Jena), Prof. Abigail Gilman (Boston University) und der National Library of Israel ist auf 24 Jahre ausgelegt. In mehrjährigen thematischen Einheiten sollen die Briefe, die sich vor allem in Europa, Israel und in den USA befinden, gebündelt erfasst und in enger Zusammenarbeit mit der Akademie der Wissenschaften und der Literatur in Mainz digital zugänglich gemacht werden. Je nach Inhalt werden Transkripte und – wo notwendig – Übersetzungen aus dem Hebräischen sowie Kommentare hinzugefügt.

Martin Buber (1878–1965) war von 1924 bis 1933 – zunächst als Lehrbeauftragter,



Denker der deutsch-jüdischen Geisteswelt:
Martin Buber

später als Honorarprofessor für jüdische Religionslehre und Ethik – an der Universität Frankfurt am Main tätig. Er legte die Professur 1933 nach der Machtübernahme Hitlers nieder, um einer Aberkennung zuvorzukommen. Danach wirkte er am Aufbau der Mittelstelle für jüdische Erwachsenenbildung bei

der Reichsvertretung der Deutschen Juden mit, bis diese ihre Arbeit einstellen musste. Noch vor dem Novemberpogrom 1938 emigrierte Buber nach Israel. Zeitlebens stand Martin Buber in Kontakt mit Persönlichkeiten aus allen Bereichen des geistigen Lebens, darunter auch zahlreichen Literatinnen und Literaten wie Margarete Susman, Hermann Hesse, Arnold Zweig, Thomas Mann oder Franz Kafka. Dabei scheute er auch vor kontroversen Auseinandersetzungen nicht zurück.

<https://tinygu.de/Buber>

Bioplastik ist nicht unbedenklich

»Bioplastik« gilt als umweltfreundliche Alternative zu konventionellen, erdölbasierten Kunststoffen. Es kann aus nachwachsenden Rohstoffen gewonnen werden oder kompostierbar sein oder sogar beides. Eine Untersuchung von Alltagsprodukten aus unterschiedlichen Materialien hat jedoch gezeigt: Der Anteil an Produkten aus Biomaterialien, der schädliche Chemikalien enthält, ist genauso hoch wie bei Produkten aus erdölbasiertem Plastik. Es ist die bisher umfassendste Studie, in der Biokunststoffe und pflanzenbasierte Materialien auf ihre chemische Zusammensetzung und Toxizität hin untersucht und mit herkömmlichen Kunststoffen verglichen wurden. Sie wurde durchgeführt von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern der Goethe-Universität unter der Leitung des ISOE in Kooperation mit der Technisch-Naturwissenschaftlichen Universität Norwegen.

<https://tinygu.de/bioplastik>

Öffentliche Meinung nach Berliner Terroranschlag

Der Anschlag 2018 auf den Weihnachtsmarkt an der Gedächtniskirche hat die Akzeptanz von Geflüchteten innerhalb der deutschen Bevölkerung tatsächlich verringert. Darauf deuten die Ergebnisse einer Studie der Soziologen Prof. Dr. Alexander Schmidt-Catran und Dr. Christian Czymara von der Goethe-Universität hin. Die Veränderung der Akzeptanz fand allerdings nicht unmittelbar statt, sondern entfaltete sich graduell über mehrere Wochen. Durch die mediale Berichterstattung im Nachgang des Anschlags ließ sich der Trend nicht erklären. Im Vergleich zu den sich über Wochen ändernden Einstellungen der Öffentlichkeit reagierten die analysierten Onlinemedien sehr schnell auf den Anschlag; die Prominenz des Themas in diesen Medien ebte aber auch schnell wieder ab. Die Einstellungen gegenüber Einwanderung generell blieben nach dem Anschlag unverändert.

<https://tinygu.de/Terror>

Weltrekord in Kurzzeit-Messung

Im weltweiten Wettlauf um die Messung der kürzesten Zeitspanne liegen jetzt Physikerinnen und Physiker der Goethe-Universität Frankfurt vorn. Zusammen mit Kollegen des Beschleunigerzentrums DESY in Hamburg und des Fritz-Haber-Instituts in Berlin haben sie erstmals einen Vorgang vermessen, der im Bereich von Zeptosekunden liegt. Eine Zeptosekunde ist ein Billionstel einer Milliardstel Sekunde (10^{21} Sekunden).

Die Atomphysiker um Prof. Reinhard Dörner (Goethe-Universität) haben bestimmt, wie lange es dauert, bis ein Lichtteilchen (Photon) ein Wasserstoffmolekül durchquert hat, nämlich etwa 247 Zeptosekunden bei der durchschnittlichen Bindungslänge des Moleküls. Die Elektronenhülle in einem Molekül reagiert nicht überall gleichzeitig auf Licht. Die Zeitverzögerung kommt dadurch zustande, dass sich die Information im Molekül nur mit Lichtgeschwindigkeit ausbreitet.

<https://tinygu.de/Zeitmessung>

Neues Zentrum deutscher Afrikaforschung

Ein neuer Knotenpunkt der deutschen geistes- und sozialwissenschaftlichen Forschung in Afrika entsteht derzeit an der University of Ghana: das Maria Sibylla Merian Institute for Advanced Studies in Africa (MIASA). Das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)



Die University of Ghana.

hat nun die Mittel für die Hauptphase bewilligt. Das Zentrum für interdisziplinäre Afrikaforschung (ZIAF) an der Goethe-Universität und das Forschungsinstitut Point Sud in Bamako, Mali, wirken mit einem wichtigen Teilprojekt mit, für das weitere 1,8 Millionen Euro zugesagt wurden.

Zu den Aufgaben von MIASA gehört es, ein intellektuelles Programm und eine Forschungsagenda zu entwickeln, die afrikanische Perspektiven in Wissenschaft und Politik stärken und damit zum Abbau globaler Wissensasymmetrien beitragen sollen. Ein thematischer Fokus liegt dabei auf nachhaltiger Regierungsführung. Aktuelle Themen wie Migration, Demokratisierung und ökologischer Umbau sollen interdisziplinär bearbeitet werden. Im Jahr 2018 ging das Projekt an den Start, nun wurden für die Hauptphase 11 Millionen Euro vom BMBF bewilligt.

Wie kosmische Diamanten entstehen

Geowissenschaftler der Goethe-Universität um Prof. Frank Brenker haben in Meteoriten die größten extraterrestrischen Diamanten gefunden, die je entdeckt wurden. Zusammen mit einem internationalen Forscher-Team konnten sie nachweisen, dass diese Diamanten in der Frühzeit unseres Sonnensystems während der Kollision von Kleinplaneten miteinander oder mit großen Asteroiden entstanden sind.

Meteoriten stammen aus dem Asteroidengürtel, der um die Sonne kreist. Eine besondere Art von Meteoriten sind die Ureilite. Sie sind Fragmente eines größeren Himmelskörpers –, wahrscheinlich eines Kleinplaneten –, der durch gewaltige Kollisionen mit anderen Kleinplaneten oder großen Asteroiden vollständig zertrümmert wurde. Ureilite enthalten häufig größere Mengen an Kohlenstoff, unter anderem in Form von Graphit oder Nano-Diamanten. Die nun entdeckten Diamanten mit Größen von über 0,1 und mehr Millimetern können nicht beim Aufprall auf die Erde entstehen, denn bei Impakt-Ereignissen mit solch großen Ener-



Bei Kollisionen von Kleinplaneten entstanden einst Diamanten.

gien würden die Himmelskörper vollständig verdampfen. Daher ging man bisher davon aus, dass diese größeren Diamanten – ähnlich wie im Erdinneren – durch lange andauernden Druck im Inneren von Mars- oder Merkur-großen Planetenvorläufern entstanden sein mussten.

<https://tinygu.de/Diamanten>

Künstliche Zell-Organellen für die Biotechnologie

Zellen höherer Organismen nutzen Zell-Organellen, um Stoffwechselreaktionen voneinander zu trennen. Ein Beispiel sind die Mitochondrien, in denen die Zellatmung stattfindet. Organellen sind eine Art abgeschlossener Laborräume in der großen Fabrik Zelle. Einem Forscherteam der Goethe-Universität um Dr. Joanna Tripp vom Institut für Molekulare Biowissenschaften ist es nun gelungen, in Hefezellen künstliche Zell-Organellen herzustellen und diese für selbst erdachte biochemische Reaktionen zu nutzen.

Aus biotechnologischer Sicht ist das ein Meilenstein. Denn genetisch veränderte Hefezellen produzieren bereits jetzt industriell interessante Moleküle wie Biokraftstoffe oder Anti-Malaria-Mittel. Doch neben den gewünschten Produkten entstehen oft auch unerwünschte Nebenprodukte oder giftige Zwischenprodukte. Hier können die synthetischen Zell-Organellen Abhilfe schaffen.

<https://tinygu.de/Organellen>

Leppin Vorsitzender am Historischen Kolleg

Prof. Dr. Hartmut Leppin, Althistoriker an der Goethe-Universität, ist vom Kuratorium des Historischen Kollegs zum neuen Vorsitzenden gewählt worden. Die Amtszeit beträgt zwei Jahre. Leppin folgt in diesem Amt auf Prof. Dr. Martin Schulze Wessel, der satzungsgemäß nach zehn Jahren aus dem Gremium ausgeschieden ist.

Das Historische Kolleg wurde 1980 vom Stiftungsfonds der Deutschen Bank und vom Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft gegründet. Träger ist die Stiftung zur Förderung der Historischen Kommission bei der Bayerischen Akademie der Wissenschaften und des Historischen Kollegs. Die Fellowships des Historischen Kollegs erlauben es Forscherinnen und Forschern, ungestört an großen Buchprojekten zu arbeiten. Das Historische Kolleg verleiht an herausragende Historikerinnen und Historiker den Preis des Historischen Kollegs.

<https://tinygu.de/Leppin>

Wie sich direkte Demokratie auf Gleichheit auswirkt

Direktdemokratische (Gesetzes-)Vorlagen zur sozialen, politischen oder rechtlichen Gleichheit zielen in der Mehrheit darauf ab, Ungleichheit in der Gesellschaft zu beseitigen und Gleichheit auszubauen. Studien zur Schweiz und den USA hatten zuletzt zu widersprüchlichen Ergebnissen geführt und Gefahren der Direktdemokratie für Gleichheit in den Mittelpunkt gestellt.

Die aktuelle Studie von Politikwissenschaftlerinnen und -wissenschaftlern der Goethe-Universität zum Thema Ungleichheit und Direkte Demokratie kann diese skeptische Sicht nicht bestätigen. Allerdings ist nicht jede direktdemokratische Vorlage gleich erfolgreich: Direktdemokratische Vorlagen haben dann die beste Chance auf Zustimmung, wenn sie sich auf die Verbesserung der sozialen und ökonomischen Situation von Bevölkerungsgruppen konzentrieren. Bei Vorlagen, die auf rechtliche und politische Gleichheit abzielen, scheint es eine zentrale Rolle zu spielen, ob die jeweils »ungleichen« Gruppen als dazugehörig gelten oder nicht. In

manchen Gesellschaften ist beispielsweise die Gleichstellung Homosexueller eine Selbstverständlichkeit – direktdemokratische Abstimmungen ermöglichen die gleichgeschlechtliche Ehe. In anderen Gesellschaften wird ihnen diese Gleichstellung verwehrt.

Unterschiede zeigen sich auch zwischen Verfahren, die von Bürgerinitiativen per Unterschriftenaktionen an die Parlamente



Direkte Demokratie soll unter anderem Gleichheit fördern.

herangetragen werden (bottom-up) oder von Parlamenten zur Volksabstimmung gegeben werden (top-down). Bottom-up-Verfahren sind wesentlich erfolgreicher, wenn sie soziale und ökonomische Gleichheit in der Gesellschaft anstreben. Besonders durchsetzungsstark sind die Anträge dann, wenn sich zivilgesellschaftliche Gruppen mit Parteien oder anderen Gruppen zusammenschließen. Wenig einflussreiche Minderheiten können durch Koalitionen an Stärke gewinnen, so die Studie.

<https://tinygu.de/Demokratie>

Tsetse-Fliegenfalle mit Biotechnologie

Weil die Tsetse-Fliege die Schlafkrankheit übertragen kann, wird sie in Afrika mit Insektiziden bekämpft oder in Fallen gefangen. Biowissenschaftler um Julia Hitschler vom Institut für Molekulare Biowissenschaften der Goethe-Universität haben jetzt ein Verfahren entwickelt, mit dem der Lockstoff für die Fallen in einem biotechnologischen Verfahren in Hefen hergestellt werden kann.



Eine Tsetse-Fliegenfalle in Afrika.

Künftig, so hoffen die Forscher, könnten die Lockstoffe kostengünstig vor Ort in ländlichen Gebieten Afrikas produziert werden. Dazu könnten die Hefen annähernd kostenfrei in Nährlösungen auf der Basis von pflanzlichen Abfallstoffen, Nahrungsmittel- oder Futterresten wachsen.

Südlich der Sahara kommt die Tsetse-Fliege in weiten Teilen Afrikas vor. Sie ernährt sich von menschlichem und tierischem Blut. Dabei kann sie Trypanosomen übertragen, die bei Mensch und Tier eine gefährliche Entzündung des Lymph- und Nervensystems auslösen. Gegen diese Schlafkrankheit gibt es keine Impfung, unbehandelt führt sie meist zum Tode. In der Landwirtschaft, insbesondere der Rinderzucht, führt die Schlafkrankheit – hier Trypanosomiasis genannt – zu großen Schäden durch krankes und verendendes Vieh.

<https://tinygu.de/Tsetse>

Gerichtliche Deals im Praxistest

Um rasch ein Geständnis zu erreichen und damit das Verfahren zu verkürzen, stellt der Richter Straferleichterung in Aussicht. Für diese Art von Absprache gibt es seit 2009 einen gesetzlichen Rahmen: Absprachen müssen transparent sein, also dokumentiert werden. Geständnisse sind »zwingend« zu überprüfen. Und die Zusage einer konkreten Straferleichterung ist nicht zulässig, lediglich die Angabe eines »Korridors«, in dem die Strafe liegen wird.

In einem Gutachten für das Bundesjustizministerium zeigen die Rechtswissenschaftler Prof. Matthias Jahn (Goethe-Universität), Prof. Jörg Kinzig (Universität Tübingen) und Prof. Karsten Altenhain (Universität Düsseldorf), dass an den Gerichten gegen sämtliche bestehenden Regelungen verstoßen wird: Die Absprache findet inoffiziell statt, es werden punktgenaue Angaben zur erwartenden Strafe gemacht, Geständnisse werden nicht überprüft.

<https://tinygu.de/Deals>

IMPRESSUM

FORSCHUNG FRANKFURT
Das Wissenschaftsmagazin der Goethe-Universität



IMPRESSUM

Herausgeber Die Präsidentin der Goethe-Universität Frankfurt am Main
Vi.S.d.P. Dr. Olaf Kaltenborn, Leiter der Abteilung PR und Kommunikation
Theodor-W.-Adorno-Platz 1, Campus Westend, PA-Gebäude, 60323 Frankfurt

Redaktion Dr. Anke Sauter (asa), Referentin für Wissenschaftskommunikation
(Geistes- und Sozialwissenschaften), Telefon (069)798-13066, E-Mail: sauter@pww.uni-frankfurt.de
Dr. Markus Bernards (mbe), Referent für Wissenschaftskommunikation
(Naturwissenschaften und Medizin), Telefon (069)798-12498, E-Mail: bernards@em.uni-frankfurt.de

Grafisches Konzept und Layout Nina Ludwig, M.A., Visuelle Kommunikation,
Telefon (069)798-13819, E-Mail: ludwig@pww.uni-frankfurt.de

Satz Nina Ludwig, Goethe-Universität Frankfurt und Dagmar Jung-Zulauf Medienwerkstatt, Niddatal

Litho Peter Kiefer Mediendesign, Frankfurt

Bildrecherche Natalia Zajic, Goethe-Universität Frankfurt

Lektorat Astrid Hainich, Bonn, und Ariane Stech, Meckenheim

Vertrieb Helga Ott, Theodor-W.-Adorno-Platz 1, Campus Westend, PA-Gebäude,
Raum 4P.36A, 60323 Frankfurt, Telefon (069)798-12472, Telefax (069) 798-763-12531,
E-Mail: ott@pww.uni-frankfurt.de

Forschung Frankfurt im Internet www.forschung-frankfurt.de

Druck Societätsdruck, Westdeutsche Verlags- und Druckerei GmbH,
Kurfürstenstraße 4-6, 64546 Mörfelden-Walldorf

Bezugsbedingungen »Forschung Frankfurt« kann gegen eine jährliche Gebühr von 12 Euro
(Schüler und Studierende 8 Euro) abonniert werden. Das Einzelheft kostet 6 Euro (4 Euro ermäßigt).
Abonnement und Einzelverkauf siehe Vertrieb.

Für Mitglieder der Vereinigung von Freunden und Förderern der Johann Wolfgang Goethe-Universität
Frankfurt am Main e. V. sind die Abonnementgebühren für »Forschung Frankfurt« im Mitgliedsbeitrag
enthalten.

Hinweis für Bezieher von »Forschung Frankfurt« (gem. Hess. Datenschutzgesetz): Für Vertrieb und
Abonnementverwaltung von »Forschung Frankfurt« werden die erforderlichen Daten der Bezieher in
einer automatisierten Datei gespeichert, die folgende Angaben enthält: Name, Vorname, Anschrift
und Bezugszeitraum. Die Daten werden nach Beendigung des Bezugs gelöscht.

Die Beiträge geben die Meinung der Autoren wieder. Der Nachdruck von Beiträgen ist nach
Absprache möglich.

ABBILDUNGSNACHWEIS

Titel Toa55/shutterstock

Aus der Redaktion Seite 1: Illustration, Tobias Borries

Was die Atmosphäre beeinflusst Seite 4: NASA Earth Observatory; **Erderwärmung: Erst Verheißung, dann Bedrohung** Seite 6: NASA, a postcard by an unknown photographer, courtesy of Kenai Fjords National Park; Seite 7: NASA, USGS photograph by Bruce F. Molina; Seite 8: CDIAC; NOAA-ESRL; Houghton and Nassikas 2017; Hansis et al 2015; Joos et al 2013; Khatiwala et al. 2013; DeVries 2014; Friedlingstein et al 2019; Global Carbon Budget 2019., IEA 2019; Peters et al 2019; Global Carbon Budget 2019; Seite 9: Thomas Oswald/shutterstock, Autorenfoto Andreas Heddergott; **Als die Arktis tropisch war** Seite 10 bis 11: Ira Block Photography; Seite 12: Plate 1: Giusberti et al, 2016, Variability in climate and productivity during the Paleocene-Eocene Thermal Maximum in the western Tethys; Seite 13: Sven Tränker/Senckenberg; Seite 14: Prof. James Zachos, University of California, Santa Cruz, Autorenfoto: Markus Vennen; **Tot geglaubte Treibhausgase** Seite 15 bis 17: Uwe Dettmar; Seite 18: Umweltbundesamt/NOAA Earth System Research Laboratory, The NOAA annual greenhouse gas index (AGGI), Autorenfoto Luise Aedtner; Seite 19: Dettmar.

Leben im Klimawandel Seite 20: Matthias Schleuning (Tukan), Andreas Haselböck, www.naturspaziergang.de (Biene); **Anpassen oder Aussterben: Artenvielfalt im Klimawandel** Seite 22 und 23: Monika Huaycochea Cuba; **Der Wald der Zukunft...** Seite 24 bis 27: Benjamin André; Seite 28: Autorenfoto Aedtner; **Tropenkrankheiten: Invasion der Parasiten** Seite 29: Centers for Disease Control and

Prevention's Public Health Image Library/Wikimedia Commons; Seite 30: Dominik Adler; **Interview mit dem Parasitologen und Infektionsbiologen Sven Klimpel** Seite 31: David Havel/shutterstock; Seite 32: Koch, Dörge, Klimpel: Vektorassoziierte Infektionskrankheiten, Pharmakon3/2020; Seite 33: Dorian Dörge, Goethe-Universität; **Quell des Lebens** Seite 34: Henk Vrieselaar/shutterstock; Seite 35: Riccardo Mayer/shutterstock; Seite 36: Jürgen Lecher; Seite 37: Reinecke/Döll 2020.

Menschen und Klimakrise Seite 38: Sk Hasan Ali/shutterstock; **Das Ende eines einmalig schönen, ruhigen Frühlingstages** Seite 41: SanderMeertinsPhotography/shutterstock; Seite 42: Ellen Niess; **Mit spitzer Feder** Karikaturen: Freimut Wössner; **Ich konsumiere, also bin ich** Seite 44: travelview/shutterstock; Seite 46: Autorenfoto Merielli Mafra; Seite 47: Kathi Krechting k.fotografie&artdesign; **Wasser als Waffe** Seite 48: hikrcn/shutterstock, BoxerX/shutterstock; Seite 49: Geertes/shutterstock; Seite 51: akra-malrasny/shutterstock; Autorenfoto privat; **Alles sei die Erde ein für allemal Erde** Seite 52: Alfred Döblin: Berge, Meere und Giganten, Deutscher Taschenbuchverlag, München mit freundlicher Bereitstellung des Antiquariat Lenzen GbR; Seite 53: Adk Archiv, Lotte Tobisch, 1965; Seite 54: IMAGNO/Süddeutsche Zeitung Photo; Seite 55: Max Frisch: Der Mensch erscheint im Holozän, Suhrkamp Verlag AG, Peter Handke: Zeichnungen, Peter Handke, Schirmer/Mosel Verlag; Seite 56: Horst Tappe/Süddeutsche Zeitung Photo, Autorenfoto privat; Seite 57: Jessica Schäfer; **Blick zurück aus der Zukunft** Seite 57: Schauspiel Frankfurt; **»Verschwörungstheoretiker haben die besseren Geschichten«** Seite 56: M-SUR/shutterstock; Seite 59: privat.

Vom Wissen zum Handeln Seite 60: Jose Giribas/Süddeutsche Zeitung Photo; **Das lange Ringen** Seite 63: United Nations Framework Convention on Climate Change, Paapaya/shutterstock; **Vor Gericht: Die deutsche Klimapolitik** Seite 64: rbb/zero one film/Julia Terjung; **Der ökologische Schweinehund** Seite 65 bis 67: Illustration: Tobias Borries; Seite 67: Autorenfoto Jeannette Schmid; **(Un)gläubwürdig Grün?** Seite 68 bis 69: retrorocket/shutterstock; Seite 71: PicturePeople Fotostudio Frankfurt; Seite 72: bonddata.org, am 20.10.2020; Seite 73: Autorenfoto Dettmar, retrorocket/shutterstock; **Kann Pädagogik Waldbrände verhindern?** Seite 74: Sebastian Gabriel/Süddeutsche Zeitung Photo; Seite 77: Arina P Habich/shutterstock, Autorenfoto Tatjana Dietz.

Handeln fürs Klima Seite 78: Eckhard Krump Holz, Umweltamt Frankfurt am Main; **Mailändische Verhältnisse** Seite 79: Lecher; Seite 80: Krump Holz, Umweltamt Frankfurt am Main; Seite 81: geogif/shutterstock; Seite 82: Ben Knabe; **BEWEGgründe** Seite 83: Vitalii Vitaleo/shutterstock; Seite 84: HfG Offenbach/Julian Schwarze; Seite 86: HfG Offenbach/Kai Vöckler (oben), Dettmar; Seite 87: Bike Offenbach/Alex Habermehl, Autorenfoto Anja Störko; **Unterwasser-Batterie im Tagebau-See** Seite 88 bis 90: Fraunhofer IEE; Seite 91: Bobbyjoe/shutterstock; Lecher; **Fusionsenergie: Sonnenfeuer auf der Erde** Seite 94 bis 95: ITER Organization/EJF Riche; Seite 96: ITER Organization/EJF Riche FEBRUARY 2020; Seite 97: Dettmar; Seite 98: Autorenfoto privat; **Wie die EU-Agrarpolitik zum Klimaschutz beitragen könnte** Seite 99: Christian Dupraz; Seite 100: Uschi Dreiuicker/PIXELIO; Seite 101: Löwenzahn/PIXELIO; Seite 103: Autorenfotos Fotofirle, Frankfurt; Seite 105: Dettmar.

Standpunkt: Packen wir's oder nicht? Seite 106: Dettmar; Seite 107: Dettmar.

Aktuelle Forschungsnachrichten Seite 108: I'm Friday/shutterstock, NASA/SOFIA/Lynette Cook; Seite 109: dpa/Süddeutsche Zeitung Photo; Seite 110: Rjruizii, Wikimedia Commons, NASA/SOFIA/Lynette Cook; Seite 111: I'm Friday/shutterstock, Fabian Plock/shutterstock;

Vorschau Nina Ludwig

Wir haben uns bemüht, die Urheber- und Nutzungsrechte für die Abbildungen zu ermitteln und deren Veröffentlichungsgenehmigung einzuholen. Falls dies in einzelnen Fällen nicht gelungen sein sollte, bitten wir die Inhaber der Rechte, sich an die Goethe-Universität, Abteilung PR und Kommunikation, zu wenden. Berechtigte Ansprüche werden selbstverständlich abgegolten.



DAS NÄCHSTE MAL

Tragepflicht!



Mund-Nasenbedeckung

Postbank

Wir sind nicht unhöflich,
wir sind umsichtig.

Ihre und unsere Gesundheit
sind uns wichtig.
Wir bitten Sie deshalb,
den empfohlenen Mindestabstand
von zwei Metern einzuhalten



Postbank

Für Ihre und unsere
Sicherheit

Aufgrund behördlicher
Anordnung dürfen sich
maximal 5 Kunden
gleichzeitig in der Filiale
aufhalten.

Bitte treten Sie einzeln ein und
halten Sie den Mindestabstand
von 2 Metern ein!

Wir danken für Ihr Verständnis.

Postbank

Wichtige Information

Um die Ausbreitung des Corona-Virus zu verhindern,
sind erhöhte Schutzmaßnahmen nötig.

- 1. Tragen Sie eine Mund-Nasenbedeckung (Mundschutz oder Mund-Nasen-Maske).
- 2. Waschen Sie Ihre Hände mit Wasser und Seife für mindestens 20 Sekunden.
- 3. Halten Sie einen Mindestabstand von 2 Metern ein.
- 4. Vermeiden Sie Berührung mit anderen Personen.

Postbank

wichtiger
Hinweis

Corona COVID-19

Verehrte Kunden,
per Anordnung darf nur noch eine

**begrenzte Anzahl von
5 Kunden**

die Filiale betreten.

Bitte achten Sie darauf, bei Wartezeiten
2m Abstand zu halten.

Postbank

Mindestabstand
einhalten

Bitte beachten Sie den vom
Gesundheitsministerium
empfohlenen Mindestabstand
von 2 Metern!



Postbank

Der Corona-Wandel

Auch wenn das »Corona-Jahr« 2020 nun zu Ende geht – SARS-CoV-2 wird uns auch in Zukunft begleiten. Gewiss hoffen wir alle, dass Medikamente und Impfstoffe die Gefahr bald beherrschbarer machen. Doch wie hat die Pandemie sich schon jetzt auf unsere Gesellschaft ausgewirkt? Wird sich unser Verhalten dauerhaft ändern? Werden wir anders kommunizieren, arbeiten, reisen als vor Corona? Mit welchen langfristigen Folgen müssen Coronapatienten nach ihrer Genesung leben? Und wie bereiten wir uns auf SARS-CoV-3 vor? In zahlreichen Forschungsprojekten suchen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der Goethe-Universität nach Antworten und Zukunftsszenarien.

Erscheinungstermin: Mitte Juni 2021



As builders of the future, we work all day to make your daily life better. **By thinking beyond chemistry.**

Whether it's biotechnology, physics or materials science – we connect disciplines, areas of expertise and perspectives to create sustainable solutions that add value in partnership with our customers. That means we play a leading role in our markets as well as in driving our industry's development. We are passionate about giving our customers' products outstanding properties. And that answers the question of why we exist: to make people's lives better day in, day out. **Leading beyond chemistry to improve life, today and tomorrow.**

.....
www.evonik.com

 **EVONIK**
Leading Beyond Chemistry