



**Klimabaustoff
Pilzfarmen statt
Betonmischer**

Lesen Sie unter anderem:

Wenn der Golfstrom schwächelt + Die Wirkmacht der Klimaklagen
+ Londons gemeinschaftliche Energiegärten + Klima-Riese Pilz +
CO₂-Preis und Klimadividende + Pflanzenkohle als Langzeitspeicher

RUHEZONE AUßERHALB DES DIGITALEN:

DAS ONLINE-MAGAZIN DER EWS AUCH AUF PAPIER!

... UND ZURÜCK INS DIGITALE:

Die Vorteile beider Medien wollen wir bestmöglich nutzen.
Angenehmes Lesen überall! Und mediale Fülle genießen!

Um die Artikel auch online ansehen zu können, haben wir Ihnen zwei Möglichkeiten eingerichtet: den QR-Code, den Sie scannen können und der Sie direkt zum Artikel (oder hier unten zur Startseite des Magazins) leitet. – Oder die Kurz-Webadresse, die Sie direkt in die Adresszeile Ihres Browsers eingeben können.



Das Energiewende-Magazin online:
www.ews-schoenau.de/magazin

EDITORIAL

Liebe Leserin, lieber Leser,

Deutschland hat gewählt – und die neue Regierung muss nun schnell, entschieden und mutig handeln. Denn die Folgen des Klimawandels bedrohen die Lebensgrundlagen nachkommender Generationen – und das nicht etwa erst in ferner Zukunft: Die Jüngeren unter uns könnten die Auswirkungen bereits stark zu spüren bekommen.



In diesem Jahr führten uns Hochwasser, Hitzewellen und Waldbrände erneut klar vor Augen, dass keine Anstrengung zu groß sein darf, um das 1,5-Grad-Ziel noch zu erreichen und bedrohliche Klimaereignisse zu vermeiden. Das thematisiert auch unsere Artikelserie zu drohenden Kippunkten – diesmal zum klimabedingt schwächelnden Golfstrom und den möglichen Folgen.

Dass nun dringend gehandelt werden muss, erkennt auch die Gerichtsbarkeit. So entschied das Bundesverfassungsgericht, dass das bestehende Klimapaket zum Erreichen der Klimaziele bei Weitem nicht genügt. Das ist kein Einzelfall: Weltweit ziehen Menschen immer häufiger vor Gericht – und das ist gut so. Denn Urteile schaffen Tatsachen, die sich von Politik und Unternehmen nicht länger ignorieren lassen, wie es die brasilianische Klimajuristin Joana Setzer in unserem Interview ausführt.

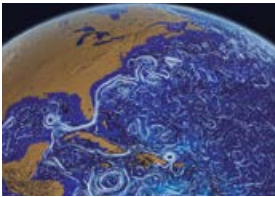
Um unsere Gesellschaft zügig dekarbonisieren zu können, sollten Klimaschutzmaßnahmen auch fair und sozial sein. Welche Rolle dabei ein CO₂-Bepreisungssystem spielen könnte, erkundet Brigitte Knopf in ihrem Gastkommentar. Ein solcher Preis kann nur sektorenübergreifend funktionieren, wobei aus unserer Sicht im Wärmesektor vor allem der Erdgasausstieg zügig anzugehen ist. Wie dieser umsetzbar wäre, zeigt eine von den EWS beauftragte Studie – wie dringend notwendig er ist, unterstreicht Gastautorin Nadine Bethge.

Doch genügt es nicht, CO₂-Emissionen zu vermeiden: Wir müssen auch Lösungen finden, den Kohlenstoff wieder in den Boden zu bringen. Die Produktion und Einbringung von Pflanzkohle ist ein sinnvoller, gleichzeitig für die Landwirtschaft lohnender Weg, wie ein weiterer Beitrag aufzeigt. Und auch die Natur selbst hält für diese Aufgabe echte Spezialisten bereit: die Pilze, deren unsichtbares Wunderreich und Wirken als Alleskönner wir ausführlich beleuchten. Doch nicht nur im Boden, sondern auch als nachwachsender Baustoff eröffnen Pilze spannende Perspektiven – mehr als eine Vision, wie Sie unserem Porträt über den Pilz-Pionier Dirk E. Hebel entnehmen können.

Ich wünsche Ihnen eine angenehme und erkenntnisreiche Lektüre.

Sebastian Sladek
Herausgeber

INHALT



SEITE 6

KIPPPUNKT GOLFSTROM: WAS UNS ERWARTET

Die Wärmepumpe Nordeuropas schwächelt. Geriete sie ins Stocken, stünden uns kühlere Zeiten bevor – doch schon jetzt drohen unmittelbare Gefahren.

Ein Bericht von Benjamin von Brackel

SEITE 14

DIE GUTE KOHLE

Pflanzenkohle könnte langfristig CO₂ im Boden binden – mit positiven Effekten für die Landwirtschaft. Zertifikate sollen für den Durchbruch sorgen.

Ein Bericht von Sebastian Drescher



SEITE 22

DER CO₂-PREIS ALS GERECHTES FUNDAMENT

Die Zeit drängt beim Klimaschutz. Zugleich gilt es, Maßnahmen sozial gerecht zu gestalten. Ein verlässlicher CO₂-Preis ist der Schlüssel dazu.

Ein Gastkommentar von Brigitte Knopf

SEITE 24

KLIMAKLAGEN WELTWEIT BISS VERLEIHEN

Mit einer Datenbank für Klima urteile unterstützt Joana Setzer Menschen, die Klimaklage erheben. Das macht Gerichte mutiger, Konzernchefs nervös.

Die Klimajuristin Joana Setzer im Gespräch mit Christian Mihatsch



SEITE 30

GÄRTEN VOLLER ENERGIE

Eine Genossenschaft will mit gemeinschaftlich genutzten Gärten für mehr Nachhaltigkeit in London sorgen, aber auch zur Diskussion darüber anregen.

Ein Bericht von Peter Stäuber

SEITE 36

DAS WUNDERREICH DER PILZE

Pilze sind wahre Alleskönner – ob als Nährstofflieferanten, Bodenverbesserer oder Schadstoffpuffer. Und auch für das Klima wirken sie im Verborgenen.

Ein Bericht von Rebecca Hahn



SEITE 46

«DIE ZEIT DER PILZE WIRD KOMMEN»

Komplett recycelbar bauen: Für den Architekten Dirk E. Hebel mehr als eine Vision. Die Materialien dafür entwickelt er aus dem Wurzelwerk von Pilzen.

Ein Bericht von Anne Backhaus



SEITE 56

DER ERDGASAUSSSTIEG MUSS KOMMEN!

Entweichendes Methan macht fossile Gase zum Klimarisiko. Höchste Zeit, die Infrastruktur am Klimaschutz auszurichten – und aus Erdgas auszusteigen.

Ein Gastkommentar von Nadine Bethge



SEITE 58

RECYCELN STATT ENTSORGEN

Photovoltaik ist einer der zentralen Leistungsträger für die Energiewende. Doch an der Recyclingfähigkeit von Solarmodulen hapert es noch.

Ein Bericht von Ralf Hutter



SEITE 64

WEINBAU IN ZEITEN DES KLIMAWANDELS

Mit robusteren Sorten und nachhaltigerem Anbau wappnet sich ein Freiburger Winzer gegen die Folgen der globalen Erwärmung und für die Zukunft.

Ein Bericht von Petra Völzing



SEITE 70

IMPRESSUM



ZUR SACHE

KIPPPUNKT GOLFSTROM: WAS UNS ERWARTET

EIN BERICHT VON BENJAMIN VON BRACKEL

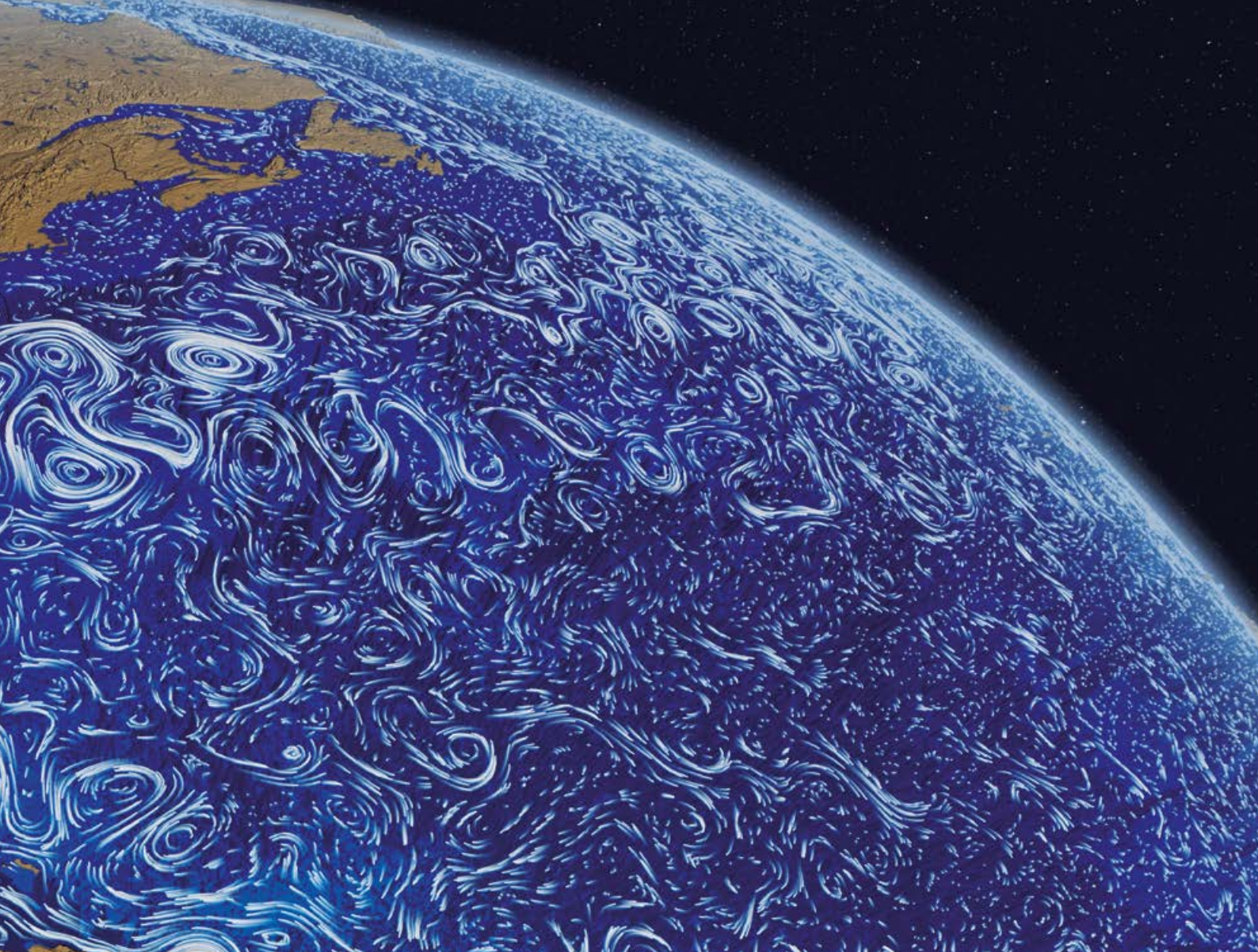
DIE WÄRMEPUMPE NORDEUROPAS SCHWÄCHELT. GERIETE SIE INS STOCKEN, STÜNDE UNS EIN TEMPERATUREINBRUCH BEVOR – DOCH SCHON JETZT DROHEN UNMITTELBARE GEFAHREN.

Wer ein Gefühl dafür bekommen will, was uns der Klimawandel noch an Überraschungen bescheren könnte, sollte sich einmal die Jahre 2009 und 2010 vergegenwärtigen. Damals erlebten einige Teile der Welt höchst merkwürdige Phänomene. In Großbritannien herrschte Anfang 2010 der kälteste Winter seit 1987, die Zeitungen sprachen vom «großen Frost von 2010». Große Teile der Insel erlebten eisige Temperaturen und Schneefall. Asphaltstraßen platzten auf, Wasserleitungen barsten, 22 Menschen erfroren. Zeitweise mussten Flughäfen schließen, und im Tunnel unter dem Ärmelkanal saßen Passagiere stundenlang in einem Zug fest.

Vor New York wiederum stieg der Meeresspiegel innerhalb jener beiden Jahre sprunghaft um 12,8 Zentimeter

an. Dieser Anstieg sei seit Beginn der Messungen beispiellos gewesen, erklärten Wissenschaftler der «University of Arizona» und der «National Oceanic and Atmospheric Administration» (NOAA), nachdem sie die langjährigen Aufzeichnungen der Wasserstände analysiert hatten.

Und weiter im Süden der US-amerikanischen Ostküste bauten sich im Sommer 2010 so viele Hurrikans auf wie nur selten zuvor. Darunter listete das «National Hurricane Center» allein fünf Hurrikans der Kategorie drei oder höher. Niemand wäre damals auf die Idee gekommen, dass diese so weit voneinander entfernten Naturereignisse einen gemeinsamen Ursprung haben. Aber genau so war es. Dieser, so stellte sich heraus, befindet sich im Nordatlantik rund um Island.



Teil eines weltumspannenden Systems

Mitte Juli 2021 segelte dort Arved Fuchs mit dem Expeditionsschiff «Dagmar Aaen». Der deutsche Polarforscher ist dafür bekannt, schwierige Herausforderungen anzunehmen – so hat er als erster Mensch sowohl den Nord- als auch den Südpol zu Fuß erreicht. Nun ist der 68-Jährige mit dem grauen Vollbart in den isländischen Gewässern unterwegs. Er schaut auf den Ozean, der heftig in Wallung ist und das Segelschiff hin und her Schaukelt. Das Entscheidende aber, weiß er, spielt sich unter der Wasseroberfläche ab, im Verborgenen. Hier, weit unter der Dagmar Aaen, verschwindet ein gewaltiges Wärmeförderband in der Tiefe, das mehr als zwanzigmal so viel Wasser transportiert als alle Flüsse auf der Erde

zusammen: die sogenannte «Atlantische Meridionale Umwälzströmung» («Atlantic Meridional Overturning Circulation» – AMOC). Diese wiederum ist nur ein Teil eines noch viel größeren Wasserförderbands, das durch alle großen Ozeane führt und die Wärme auf dem Planeten umverteilt, angetrieben durch Druckunterschiede. Auf einer Karte sieht das aus wie Schleifen, die sich durch den Pazifik, den Indischen Ozean und den Atlantik ziehen. Bis ein Wasserteilchen die gesamte Länge dieses Zirkulationssystems durchwandert hat, kann es eintausend Jahre dauern.

Der Golfstrom ist nur ein kleiner Teil davon: Er beginnt am Zipfel von Florida, lenkt warmes Salzwasser aus dem Golf von Mexiko entlang der US-Ostküste und biegt dann ab in die offene See des Nordatlantiks. Dort wird er durch



Arved Fuchs an Bord
des Expeditionsschiffs
«Dagmar Aaen» beim
Auslaufen im Juni 2021
in Kiel. * Foto: Penofoto/
Alamy Stock

den Nordatlantikstrom verlängert, aus dem in Europa wiederum der Norwegische Strom hervorgeht. Dieser lenkt die warmen Wassermassen bis vor Island, wo sich Arved Fuchs gerade befindet. Hier saugt die kalte Luft die Wärme aus dem Ozean an, wodurch warme Luftmassen nach Westeuropa wandern. Ohne dieses marine Förderband wäre Westeuropa rund vier Grad Celsius kälter.

Die größten Wasserfälle der Erde – unter Wasser

Das aus dem Süden kommende Oberflächenwasser vor Island und Grönland kühlt sich ab, wird schwerer und rauscht mit Urgewalt durch 15 Kilometer breite Säulen in die Tiefe des Ozeans hinab. In 2.000 bis 3.000 Metern unter der Wasseroberfläche fließt nun kaltes und salzarmes Wasser zurück in den Süden.

«Eine Abschwächung der gigantischen Wärmepumpe hätte drastische Auswirkungen.»

Arved Fuchs, Polarforscher

So war es jedenfalls über viele Jahrhunderte hinweg. Der Klimawandel führt nun allerdings dazu, dass die Eismassen Grönlands abschmelzen und es in der Region zu stärkeren Regenfällen kommt. Deshalb dringt nun massenhaft Süßwasser ins System, das leichter ist als Salzwasser und deshalb schlechter herabsinken kann. «Wenn sich die Ozeane erwärmen und das Grönlandeis abschmilzt, verändert sich die Zusammensetzung des Meerwassers», erklärt Fuchs am Telefon, während sein Schiff am 9. Juli im Hafen von Húsavík Station macht.

Damit verlangsamt sich die große Umwälzpumpe. Das hat zur Folge, dass sich der Nordatlantik abkühlt, während sich der Rest der Welt erwärmt. «Eine Abschwächung der gigantischen Wärmepumpe hätte drastische Auswirkungen für die Küstenbewohner West- und Südeuropas», so Fuchs, der mit seinen Messungen für das GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel auch dazu beitragen will, jene Veränderung besser zu verstehen: Von der Oberfläche bis in 500 Metern Tiefe nehmen Messbojen, Sonden und andere Geräte CO₂-Gehalt, Temperatur und Salinität der Meere auf – und zwar in Regionen, die sonst per Schiff nicht leicht zu erreichen und untersuchen sind.

Der Golfstrom verliert schon jetzt an Schwung

2020 haben Wissenschaftler die Geschichte des Golfstroms mithilfe von sogenannten Proxydaten rekonstruiert – das sind Zeugnisse aus der Vergangenheit wie Schiffslogbücher, Eisbohrkerne, Ozeansedimente und Korallen. Das Ergebnis erschien Anfang 2021 im Fachblatt «Nature Geoscience»: Über Jahrhunderte hinweg verhielt sich der Golfstrom ziemlich stabil, bis er sich um 1850 abzuschwächen begann, und zwar besonders stark ab 1960 – um rund 15 Prozent. Sollte die globale Erwärmung nicht begrenzt werden, rechnen Klimaforscher mit einer weiteren Abschwächung des Golfstroms um bis zu 45 Prozent bis zum Ende dieses Jahrhunderts. «Das könnte uns gefährlich nahe an den Kipppunkt bringen, an dem die Strömung labil wird», warnt der Klimaforscher Stefan Rahmstorf vom Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK). So wies Rahmstorfs Kollege Niklas Boers kürzlich nach, dass die Abschwächung des Wärmestroms im Nordatlantik nicht bloß eine normale Schwankung

oder lineare Antwort auf die Erderwärmung sei. Der PIK-Forscher hat den Salzwassergehalt und die Meerestemperatur der vergangenen 150 Jahre ausgewertet und diese Werte mit früheren Perioden der zurückliegenden 100.000 Jahre verglichen, in denen die Umwälzströmung in einen schwachen Zustand übergegangen war. «Die Ergebnisse legen nahe, dass dieser Rückgang mit einem fast vollständigen Stabilitätsverlust der AMOC im Laufe des letzten Jahrhunderts verbunden sein könnte und dass die AMOC möglicherweise kurz vor einem kritischen Übergang in ihren schwachen Zirkulationsmodus steht», schreibt Niklas Boers im Fachmagazin «Nature Climate Change».

«Die bereits jetzt sichtbaren Anzeichen einer Destabilisierung habe ich nicht erwartet und finde sie beängstigend.»

Dr. Niklas Boers, Klimaforscher vom Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK)

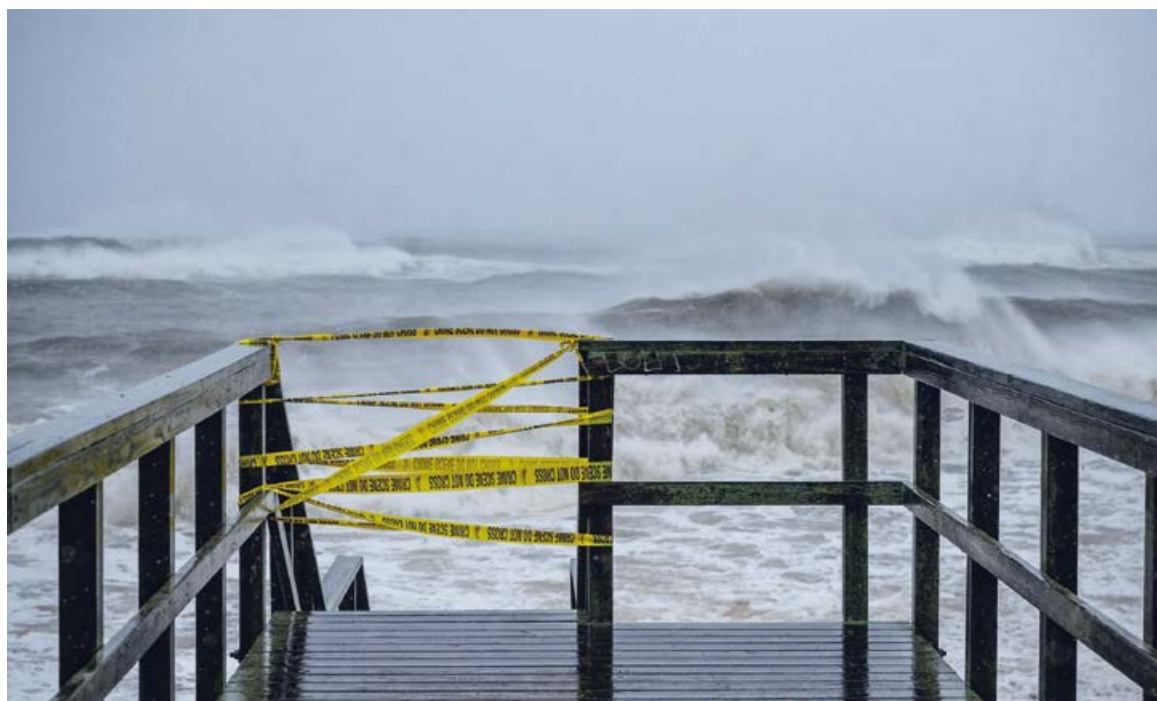
Wann aber die kritische Schwelle genau überschritten wird, ist unklar. «Wir stochern auf ein Biest ein», sagte Alex Hall, Direktor des Zentrums für Klimawissenschaft an der «University of California», gegenüber der New York Times. «Aber wir wissen nicht wirklich, welche Reaktion wir damit auslösen werden.» Würde der Strom

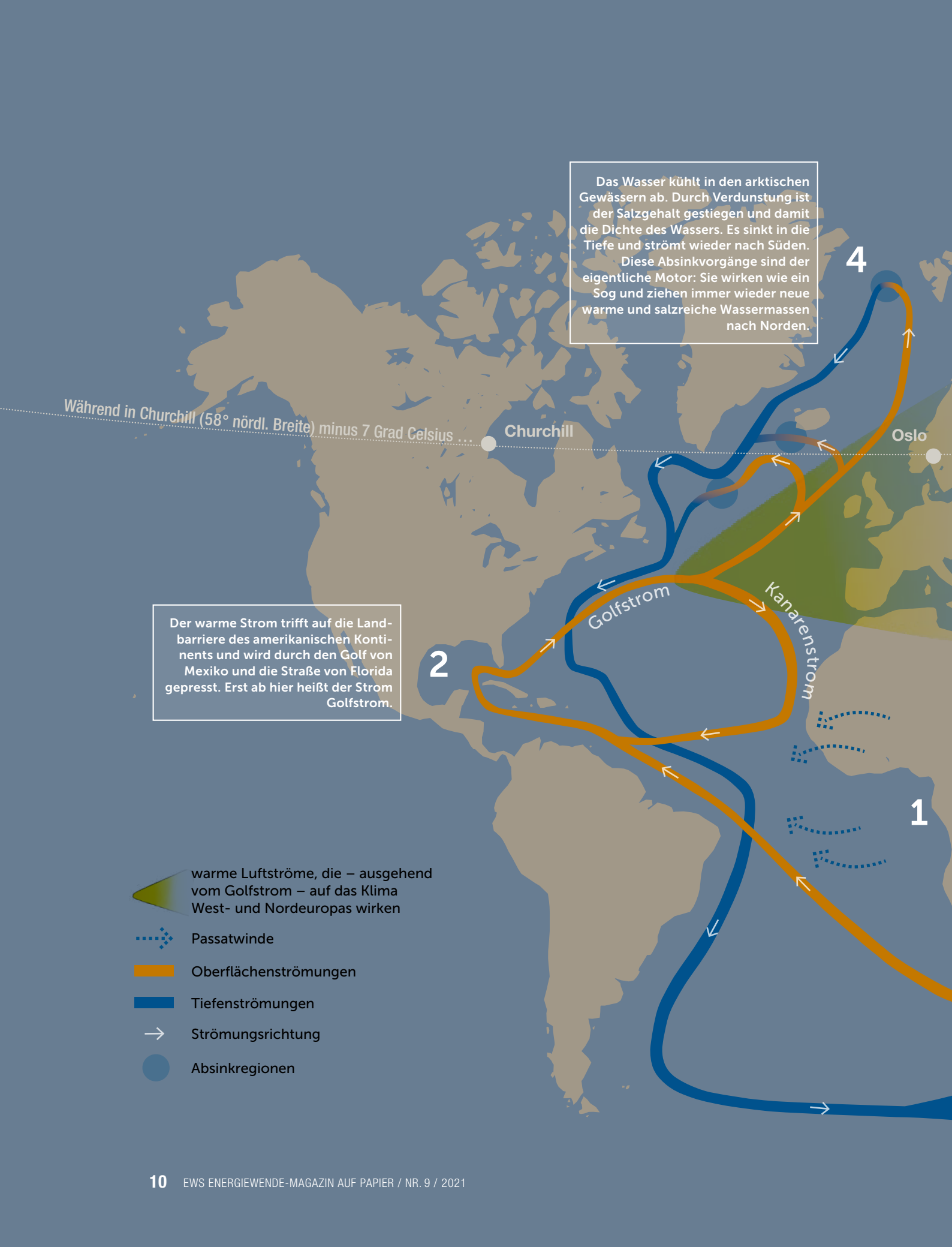
ganz abreißen, droht Europa ein massiver Kälteeinbruch. Doch auch wenn dieses Szenario medial präsent ist (wie in dem Katastrophenfilm «The Day After Tomorrow»), so dürfte das tatsächliche Eintreten eines derartigen Kälteeinbruchs jedoch in weiter Zukunft liegen; er wäre jedenfalls nicht mehr in diesem Jahrhundert zu erwarten. Viel unmittelbarer sind allerdings die Gefahren durch die Abschwächung der Umwälzströmung im Atlantik, die sich heute schon bemerkbar machen – wie 2009 und 2010, als innerhalb eines Jahres die Strömung ein Drittel an Kraft verlor. Das könnte maßgeblich an natürlichen Klimaschwankungen gelegen haben, die sich von Jahr zu Jahr ereignen können. Wenn sich die Strömung aber wie prognostiziert langfristig immer weiter abschwächt, könnten Jahre wie 2009 und 2010 schon bald zur Normalität werden. Sie öffnen quasi ein Fenster in die Zukunft.

Steigender Meeresspiegel, heftigere Wirbelstürme

Eine weitere Folge ist der Meeresspiegelanstieg an der Ostküste der USA. Diesen sagen Studien für den Fall voraus, dass der Golfstrom schwächelt. Dahinter steckt folgender Mechanismus: Normalerweise lenkt die Erdrotation die vom Golfstrom transportierten Wassermassen nach Osten hin ab. Wenn sich aber die Strömung abschwächt, staut sich vor der US-Ostküste das Wasser auf – genau wie es

Schwächt sich der Golfstrom ab, steigt der Meeresspiegel an der US-Ostküste und Hurrikans gelangen leichter an Land – wie am 22. August 2021. Weil Tropensturm «Henri» für schweren Wellengang sorgte, wurde der Strand von Long Island gesperrt. Foto: Ed Jones/Getty Images











Das Wasser kühlt in den arktischen Gewässern ab. Durch Verdunstung ist der Salzgehalt gestiegen und damit die Dichte des Wassers. Es sinkt in die Tiefe und strömt wieder nach Süden. Diese Absinkvorgänge sind der eigentliche Motor: Sie wirken wie ein Sog und ziehen immer wieder neue warme und salzreiche Wassermassen nach Norden.

Während in Churchill (58° nördl. Breite) minus 7 Grad Celsius ...

Der warme Strom trifft auf die Landbarriere des amerikanischen Kontinents und wird durch den Golf von Mexiko und die Straße von Florida gepresst. Erst ab hier heißt der Strom Golfstrom.

-  warme Luftströme, die – ausgehend vom Golfstrom – auf das Klima West- und Nordeuropas wirken
-  Passatwinde
-  Oberflächenströmungen
-  Tiefenströmungen
-  Strömungsrichtung
-  Absinkregionen

Der Golfstrom: Teil eines globalen Förderbands

Der Golfstrom ist eine der schnellsten, mächtigsten und wärmsten Oberflächenströmungen der Meere. Er ist Teil eines globalen maritimen Strömungssystems, der «Atlantischen Meridionalen Umwälzströmung» (AMOC), die auch einfach als globales Förderband bezeichnet wird. Die Illustration veranschaulicht dessen Verlauf und die wesentlichen Mechanismen.

Durch die globale Erwärmung schrumpfen die Eisschilde von Grönland und der Antarktis sowie viele Gletscher auf der Erde. Dies führt zu einer Abnahme des Salzgehalts im Meerwasser und senkt damit dessen Dichte. Ein relativ hoher Salzgehalt im Nordatlantik ist aber Voraussetzung dafür, dass die dortige Tiefenströmung bestehen bleibt, die zum globalen Förderband gehört.

Grafik: Katrin Schoof

... Durchschnittstemperatur herrschen, sind es in Oslo (60° nördl. Breite) plus 6 Grad Celsius.

3

Der Golfstrom sorgt für ein gemäßigtes Klima in Europa.

Die Erdrotation und Passatwinde treiben warmes tropisches Oberflächenwasser nach Norden.

2009 und 2010 vor New York der Fall gewesen war. Damit droht dieser Landesteil häufiger überschwemmt zu werden, und manche Orte könnten früher als bislang gedacht unbewohnbar werden. Je höher der Meeresspiegel steigt, desto besser können außerdem Hurrikans auf Land treffen und verheerenden Schaden anrichten.

Als ob das nicht reichen würde, dürfte ein schwächelnder Golfstrom Hurrikans auch noch vermehrt auftreten lassen: Damit sich die tropischen Wirbelstürme aufbauen können, muss das Wasser an der Meeresoberfläche mindestens 26 Grad warm sein. Erst dann liefert der Ozean genügend Treibstoff in Form von Hitze, den ein Hurrikan braucht, um seine zerstörerische Kraft zu entfalten. Und hier kommt der Golfstrom ins Spiel: Wenn dieser im Winter schwächelt, wird es im Norden zwar kühler als sonst, aber im Süden umso wärmer, denn irgendwo muss die Wärme schließlich hin. Über fünf Monate baut sich die Hitze im Atlantik zwischen dem 10. und 20. Breitengrad auf der Nordhalbkugel auf, also in der Region, wo die Wirbelstürme vorzugsweise auftauchen. «Wir sehen hier eine signifikante Korrelation», sagt die Meeres- und Klimawissenschaftlerin Samantha Hallam von der irischen «Maynooth University», «wenn auch mit einer gewissen Verzögerung.»

Hallam stieß auf diesen Zusammenhang, als sie 2017 ihre Doktorarbeit schrieb. In jenem Jahr hatte es besonders heftige und zerstörerische Hurrikans gegeben – ähnlich wie 2005 und 2010. Die wissenschaftliche

Mitarbeiterin wollte herausfinden, was die genaue Ursache war, also warum es zu so hohen Temperaturen im Ozean kam, die als Ausgangsbedingung für die Stürme gelten. Also überprüfte sie auch, wie schwach die Atlantische Meridionale Umwälzströmung in den jeweiligen Jahren war. Weiter zurück in der Zeit konnte sie nicht gehen, da das sogenannte «RAPID»-Messsystem erst im Jahr 2004 eingerichtet worden war: 226 am Meeresboden befestigte Instrumente messen bei 26,5 Grad nördlicher Breite seither die Strömung. Und diese wird langfristig zwar schwächer, kann allerdings von Jahr zu Jahr auch mal nach oben oder unten ausschlagen. 2005 und 2010 war sie besonders schwach, 2017 aber nicht. Für dieses Jahr machte Hallam auch eher eine Abnahme der Passatwinde aus Afrika als Ursache für die warmen Meerestemperaturen aus. Diese sorgen für trockene Luft und eine Hitzeübertragung in den Ozean.

Wann die Nordatlantikzirkulation das nächste Mal schwächeln und zerstörerische Hurrikans heraufbeschwören wird, ist unklar. «2020 war ganz offensichtlich eine aktive Hurrikansaison, und auch in diesem Jahr sieht wieder alles danach aus», sagt Hallam. «Aber wir haben noch keine Daten, um zu sagen, warum.» Die Datensammlung ist nämlich alles andere als einfach: Die Forscherinnen und Forscher müssen jede der 226 Messbojen im Ozean eigens mit einem Boot ansteuern und alle 18 Monate vor Ort auslesen, da es bislang noch keine



Begegnung mit einem «weißen Riesen» – die erlebt die Crew der «Dagmar Aaen» immer häufiger. Aufgrund des Klimawandels schmelzen Gletscher schneller ab als noch vor wenigen Jahrzehnten. Eisberge entstehen, wenn Gletscher ins Meer fließen, als Eisplatte aufschwimmen und schließlich abbrechen. Foto: Arved Fuchs Expeditionen

Der extreme Wintereinbruch
2009/2010 in Großbritannien –
«The Big Frost» genannt.
Foto: Avpics / Alamy Stock



Satellitenverbindung gibt. Erst in einigen Monaten, so rechnet Hallam, werden alle aktuell gesammelten Daten vorliegen.

Ernährungskrisen drohen

Eine schwächelnde Atlantikzirkulation hat aber noch weitere Folgen. Sie ist wie ein wichtiges Verbindungselement in einer Maschine: Blockiert dieses oder läuft es nicht mehr rund, wirkt sich das aufs ganze System aus. Und dann kann es sogar zu solchen atypischen Wintereinbrüchen wie in den Jahren 2009 und 2010 in Großbritannien kommen, weil der Wärmenachschub aus dem Süden fehlt. Samantha Hallam arbeitete damals am «National Oceanography Centre» in Southampton und kann sich noch gut an die Schneemassen und das Verkehrschaos erinnern. «Wir sind nicht gewohnt, mit Schnee umzugehen», erzählt sie. Aber auch gravierende Hitzewellen und Winterstürme in Europa sowie eine Verschiebung der Regenfälle in den Tropen halten Klimaforscher für möglich.

«Schon eine partielle Schwächung könnte katastrophale Auswirkungen haben.»

Andreas Schmittner, Klimaforscher an der
«Oregon State University», Corvallis

Außerdem können die Meere weniger Kohlendioxid aufnehmen, wenn weniger Oberflächenwasser im Nordatlantik in die Tiefe gesogen wird. Sogar ganze Meeresökosysteme wären von einem Kollaps bedroht: Gerät die

Umwälzpumpe ins Stottern, werden nicht mehr genügend Nährstoffe aus der Tiefe an die Oberfläche gespült. Bereits eine partielle Schwächung ließe möglicherweise die Planktonbestände einbrechen, warnte schon im Jahr 2005 der Klimaforscher Andreas Schmittner von der «Oregon State University» in einer «Nature»-Studie. Das wiederum «könnte katastrophale Auswirkungen auf die Fischerei und die menschliche Nahrungsversorgung in den betroffenen Regionen haben».

An der US-Ostküste steigt der Meeresspiegel, die Hurrikans nehmen zu, das Wetter in Europa wird durcheinandergewirbelt und Fische verhungern im Atlantik: Das sind die Folgen, auf die sich die Weltgemeinschaft einstellen muss. Und nicht auf etwaige Eiszeiten in Europa. Falls der Golfstrom in ferner Zukunft tatsächlich abreißt, dann würde die Abkühlung möglicherweise gerade einmal die Erwärmung durch den Klimawandel ausgleichen. Eventuell hätte das sogar einen positiven Effekt für Europa. Im Gegensatz zu den vielen negativen Begleiterscheinungen – sollte das System der Wärmeversorgung Europas nach und nach erlahmen.

Diese Entwicklungen stimmen auch Arved Fuchs sorgenvoll. «Ich bin seit vier Jahrzehnten in den Polarregionen unterwegs und beobachte die Veränderungen im Eis und Ozean», sagt er. Manchmal erkenne er die Region kaum wieder, dabei haben die Umbrüche dort gerade erst begonnen. «Wir verändern die Funktionsweise des Planeten – und das kann nicht im Interesse der Menschen sein.»



Diesen Artikel mit weiteren Fotos
finden Sie auch online:
www.ews-schoenau.de/magazin/golfstrom



ZUR SACHE

DIE GUTE KOHLE

EIN BERICHT VON SEBASTIAN DRESCHER
FOTOS VON BERT BOSTELMANN

**PFLANZENKOHLE KÖNNTE LANGFRISTIG CO₂ IM BODEN BINDEN –
MIT POSITIVEN EFFEKTEN FÜR DIE LANDWIRTSCHAFT. ZERTIFIKATE SOLLEN
DABEI FÜR DEN DURCHBRUCH SORGEN.**

Neben einem Rebstock kniet Philipp Wedekind und greift beherzt in den weichen Boden. Mit beiden Händen führt er die Erde zur Nase. «Riecht nach Waldboden, angenehm frisch», sagt er zufrieden. Der holzige Geruch stammt von dem Holzhäcksel, den Wedekind als dicke Mulchschicht um die Reben herum aufgetragen hat. Darunter kommt braune Erde zum Vorschein, die von schwarzen Bröckchen durchsetzt ist. Zerdrückt man sie zwischen den Fingern, bleiben kleine Krümel zurück. «Das ist die Kohle, die wir dieses Jahr hier eingebracht haben», sagt Wedekind.

Der 39-Jährige ist Winzer in Nierstein, einer Kleinstadt im Herzen der Weinbauregion Rheinhessen. In den vergangenen 15 Jahren hat er hier praktisch aus dem Nichts ein Weingut aufgebaut. Heute wachsen auf seinen rund zehn Hektar Riesling, Grauburgunder und moderne Rebsorten wie Cabernet Jura oder Cabernet Blanc, die resistent gegen Pilze sind. Wedekind ist es gewohnt, neue Wege zu gehen. Deshalb auch die Sache mit der Kohle.

Genau genommen handelt es sich dabei um Pflanzenkohle, auch Biokohle genannt. Sie wird nach einem uralten Prinzip hergestellt, nach dem Köhler schon vor Jahrhunderten Holz ohne Luftzufuhr unter einer Erdschicht verschwelen ließen. Die Verkohlung unter Sauerstoffabschluss nennt sich Pyrolyse und erfolgt heute in modernen Industrieanlagen, die neben Holzresten auch andere organische Stoffe wie Ernterückstände oder Grünschnitt verarbeiten können.

Die Kohle, die in diesen Anlagen produziert wird, ist anders als die klassische Holzkohle nicht zur Verbrennung gedacht. Manche Landwirte bringen Pflanzenkohle in ihre Felder ein, andere verwenden sie als Futterzusatz für die Milchkühe. Und in Zukunft könnte sie sogar Baustoffen wie Beton beigemischt werden.

Mit Pflanzenkohle langfristig Kohlenstoff binden

Zugleich gilt die Pflanzenkohle als einer der Hoffnungsträger im Kampf gegen den Klimawandel. Sie speichert einen Teil des Kohlenstoffs, den die Pflanzen mithilfe der Photosynthese aus der Luft gesaugt haben – und der im natürlichen Kreislauf wieder freigesetzt wird, wenn tote Biomasse verbrennt oder verrottet. Bringt man die Pflanzenkohle im Boden ein, kann der Kohlenstoff nicht mehr als CO₂ in die Atmosphäre gelangen, sondern hat nun den umgekehrten Weg genommen. So entsteht, was Klimawissenschaftler als negative Emissionen oder als Kohlenstoffsenke bezeichnen.

Das «Mercator Research Institute on Global Commons and Climate Change» (MCC) in Berlin schätzt das Senken-Potenzial durch den Einsatz von Pflanzenkohle für das Jahr 2050 auf eine halbe bis zwei Milliarden Tonnen CO₂ ein – und damit immerhin auf bis zu fünf Prozent der derzeitigen weltweiten Emissionen. Auch der Weltklimarat IPCC erwähnt das Klimaschutzpotenzial der Pflanzenkohle 2019 in seinem Sonderbericht zur Landnutzung und sieht mögliche positive Nebeneffekte für andere Ökosysteme.

Bessere Bodenqualität, weniger Verdunstung

Wie das im Kleinen funktionieren könnte, versucht der Winzer Wedekind auf seinem Weinberg herauszufinden. Er hat mehr als eine Tonne mit Nährstoffen und Mikroorganismen behandelte Pflanzenkohle gekauft und sie in die Erde eingebracht. Die Beigabe, so erhofft er sich, soll die Humusbildung im Boden ankurbeln, damit dieser mehr Wasser aufnehmen und speichern kann. Die Mulchschicht wiederum hat die Aufgabe, vor Verdunstung zu schützen. «Wir haben hier auf dem Weinberg keinen Zugang zum Grundwasser, deshalb sind wir auf Niederschläge angewiesen. Und die fallen immer unregelmäßiger», erklärt er. Die Auswirkungen des Klimawandels bekommen die Winzer in Rheinhessen schon heute zu spüren. Vor allem längere Trockenphasen machen ihnen sehr zu schaffen.

«Ich hätte vor zehn Jahren nicht gedacht, dass sich der Klimawandel so heftig auswirkt.»

Philipp Wedekind, Winzer aus Nierstein am Rhein

Die Idee, verkohlte Biomasse im Boden einzusetzen, ist alles andere als neu. In Lateinamerika ließen indigene Völker in vorkolonialen Zeiten Holzkohle mit organischen Abfällen wie Ernte- und Essensresten und Exkrementen gären und brachten die Mischung dann im Boden ein. So entstand eine nährstoffreiche dunkle Erde, die im 20. Jahrhundert von Forschern wiederentdeckt wurde und als «Terra preta» (portugiesisch für «schwarze Erde») ihren Weg nach Europa fand.

Wissenschaftler wie der Bodenbiogeochemiker Bruno Glaser von der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg haben inzwischen in zahlreichen Untersuchungen gezeigt, welche Rolle die Pflanzenkohle dabei spielt. Sie

alleine habe keinen Mehrwert für den Boden, sondern sei vielmehr ein potentes Trägermaterial für andere Stoffe.

Pflanzenkohle ist voller winziger Poren, ihre Struktur mit der riesigen, verzweigten Oberfläche ähnelt einem Schwamm. Aufgrund dieser Eigenschaften kann die Pflanzenkohle besonders gut Wasser und Nährstoffe aufnehmen, die länger im Boden gespeichert werden. Mikroorganismen siedeln gerne an ihr an und tragen zur Bildung von Humus bei, was wiederum das Pflanzenwachstum fördern kann. Eine Metastudie chinesischer und australischer Wissenschaftler von 2017 belegt zudem, dass mit Pflanzenkohle angereicherte Äcker weniger klimaschädliches Lachgas ausstoßen und bei Überdüngung weniger Nitrat ins Grundwasser ausgewaschen wird.

Wer die Pflanzenkohle in den Boden einbringen will, sollte sie zunächst «aufladen», also etwa mit Biodünger oder Kompost vermischen. Fertige Pflanzenkohle-Substrate gibt es in Baumärkten und im Großhandel zu kaufen. Noch aber sind es Nischenprodukte. Ein Grund dafür ist der hohe Preis: Um einen Hektar Boden mit Pflanzenkohle aufzuwerten, fallen für Landwirte je nach Anwendung mehrere Tausend Euro an.

Erste Feldversuche in der Landwirtschaft

«Wir haben noch keine Blaupause für den wirtschaftlichen Einsatz von Kohle in der deutschen Landwirtschaft», sagt Nikolas Hagemann. Der Geoökologe ist Geschäftsführer und wissenschaftlicher Direktor für die deutsche Niederlassung des «Ithaka Instituts», einem internationalen Netzwerk, das sich der Erforschung der Pflanzenkohle verschrieben hat. Gerade ist Hagemann unterwegs zu einem Feldversuch. «Wir untersuchen, wie sich Pflanzenkohle möglichst effizient und mechanisierbar beim Anbau von Salat einsetzen lässt», erzählt er am Telefon. Ein Verfahren, das Hagemann derzeit erprobt, ist die gezielte Wurzelzonenapplikation. Dabei wird aufgeladene Pflanzenkohle direkt in das Pflanzloch gegeben. Das soll die jungen Salatpflanzen stimulieren, mehr Wurzeln zu bilden, um so längere Trockenphasen zu überstehen.

Anders als etwa in tropischen Regionen sei die Landwirtschaft hierzulande so stark optimiert, dass sich die Erträge kaum steigern ließen, meint Hagemann. Aber die Pflanzenkohle könne dazu beitragen, die Landwirtschaft widerstandsfähiger gegen die Folgen von Trockenheit und Starkregen zu machen. Das passiere bereits bei der Pflege von Stadtbäumen. Stockholm oder Zürich setzten erfolgreich Substrate aus Pflanzenkohle, Kies und Kompost

ein, um die stark verdichteten Böden aufzulockern und den Bäumen mehr Wasser zuzuführen. «Stadtbäume sind teuer in der Pflege, aber die beste Möglichkeit, Städte zu kühlen. Deshalb lohnt sich das in diesem Fall.»

Auch die Anwendung in der Tierfütterung, etwa von Milchkühen, verbreitet sich in der Praxis, meint Hagemann. Die Zugabe von Pflanzenkohle ins Futter stärke das Verdauungssystem und könne Erkrankungen vorbeugen. Der Kohlenstoff gehe dabei nicht verloren, sondern lande beispielsweise über den Mist letztendlich auch im Boden. «Wichtig ist, dass die Pflanzenkohle sauber ist.»

Um das zu gewährleisten, hat das Ithaka Institut Standards für die Produktion und den Handel mit Pflanzenkohle entwickelt, nach dem sich Hersteller zertifizieren lassen können. Im «European Biochar Certificate» (EBC) wird beschrieben, welche Schadstoffgrenzen bei der Produktion von Pflanzenkohle eingehalten werden müssen und welche Ausgangsstoffe infrage kommen. 2020 veröffentlichte das Institut zudem einen Standard, nach dem berechnet werden kann, wie viel Kohlenstoff durch Pflanzenkohle gebunden wird: das sogenannte C-Senken-Potenzial.

«Wir müssen schon heute mit dem Aufbau von Kohlenstoffsinken beginnen.»

Hansjörg Lerchenmüller, Physiker, Berater von «Carbonfuture», Freiburg im Breisgau

Für den Investor und Berater Hansjörg Lerchenmüller aus Freiburg im Breisgau ist dieser Standard ein wichtiges Puzzleteil beim Ausbau der Pflanzenkohle-Industrie. Selbstverständlich gehe es immer darum, die Treibhausgasemissionen radikal zu reduzieren, betont er. Aber auch im Jahr 2050 werde es noch Emissionen geben, etwa aus der Industrie oder der Landwirtschaft. «Deshalb müssen wir schon heute mit dem Aufbau von Kohlenstoffsinken beginnen. Sonst können wir keine Klimaneutralität erreichen.»

Der 54-Jährige hat Erfahrung mit neuen Technologien, die beim Klimaschutz helfen und zugleich wirtschaftlich rentabel sind. Vor einigen Jahren entwickelte er als Geschäftsführer der Freiburger Solarfirma «Concentrix» neuartige Konzentratormodule zur Marktreife. Heute widmet er sich vor allem dem Thema Pflanzenkohle und investiert in Hersteller wie die «Carbuna AG». 2019 war er einer der Mitgründer des Branchenverbands «European



Anlieferung von Grün- und Heckenschnitt im Biomassezentrum der Abfallwirtschaftsgesellschaft des Neckar-Odenwald-Kreises in Buchen. Die Biomasse wird zu Kompost, Nährhumus oder Brennstoff weiterverarbeitet. Rechts: Anlagenmeister Christian Gramlich kümmert sich in Buchen um die Pyrolyse von Biomasse. Dabei wird Kohlenstoff in Pflanzen in stabile Kohlenstoffverbindungen umgewandelt.



Im Reaktor der Anlage verkohlen die Hackschnitzel unter Sauerstoffabschluss. Ab einer Temperatur von 510 Grad Celsius entweichen die Holzgase und werden in der Brennkammer verbrannt.

Das Biomassezentrum produziert rund 200 bis 250 Tonnen Pflanzenkohle pro Jahr – mit einem Kohlenstoffanteil von 90 Prozent.



Hansjörg Lerchenmüller (links), Berater, und Hannes Junginger, Geschäftsführer von «Carbonfuture». * Fotos auf dieser Doppelseite: Bernd Schumacher

Biochar Industry Consortium» (EBI). «Ich habe in den vergangenen Jahren noch keinen Bereich erlebt, der sich technisch so schnell weiterentwickelt», schwärmt er.

Langfristig stabile Kohlenstoffsinken

Lerchenmüller ist überzeugt, dass zu Erreichung ambitionierter Klimaziele kaum ein Weg an der Pflanzenkohle vorbeiführt. Sie sei stabiler als andere Senken – wie die Aufforstung von Wäldern oder der Humusaufbau, der stark von der Bewirtschaftung abhängig sei. So zeigten Untersuchungen, dass sich der Kohlenstoff in der Pflanzenkohle nur sehr langsam abbaut. «Wenn man Biomasse über 450 Grad Celsius pyrolysiert, hat die Kohle eine Halbwertszeit von rund 700 Jahren. Solange sie nicht verbrannt wird, bindet sie Kohlenstoff, egal wo und wie die Pflanzenkohle angewendet wird», sagt Lerchenmüller.

Die Frage, wo genau die Pflanzenkohle schließlich landet, ist allerdings nicht ganz unerheblich. Sie einfach aufzuschütten würde Flächen verbrauchen und wäre wegen der Brandgefahr schlicht zu gefährlich. Die Einlagerung in Bergwerken wird zwar diskutiert, wäre aber teuer und eine Verschwendung der Ressourcen. Im Boden dagegen ist die Pflanzenkohle sicher verstaut – und kann gleichzeitig der Landwirtschaft nutzen. Nur müssen Landwirte dazu bereit sein, sie auch anzuwenden und die Investitionskosten zu tragen.

Zertifikate – und Standards für die Herstellung

Um die Leistung zu vergüten, die Landwirte dabei für den Klimaschutz erbringen, hat Hansjörg Lerchenmüller

im vergangenen Jahr die Gründung von «Carbonfuture» mit angeschoben. Die Plattform ermöglicht den Handel mit Senken-Zertifikaten. Dafür finanziert das Freiburger Unternehmen den Ankauf der Zertifikate für eine bestimmte Menge Pflanzenkohle vor und bietet Privatpersonen sowie Unternehmen die Möglichkeit, ihren CO₂-Ausstoß zu kompensieren. Für einen Betrag von 100 Euro garantiert Carbonfuture, dass eine Tonne Kohlendioxid über mindestens 100 Jahre der Atmosphäre entzogen wird.

Grundlage für das System ist der Senken-Standard des EBC, nach dem die beteiligten Hersteller ihre Pflanzenkohle zertifizieren lassen müssen. Abhängig vom Energieverbrauch der Anlage, den Ausgangsstoffen und dem Kohlenstoffanteil der Pflanzenkohle wird für jede Charge ein bestimmtes Senken-Potenzial berechnet – je nach Anlage rund 2,5 Tonnen CO₂ pro Tonne Pflanzenkohle. Über eine Software dokumentiert Carbonfuture, was mit den Schüttgutbehältern (Bigbags) passiert, in denen die Pflanzenkohle gehandelt wird. An den Bigbags sind Plomben mit QR-Codes angebracht, mithilfe derer Hersteller und Händler den Verkauf beziehungsweise Erhalt der Ware bestätigen. Emissionen, die während des Transports entstehen, werden abgezogen.

Am Schluss der Kette müssen die Endanwender vertraglich zusichern, dass sie die Pflanzenkohle nicht als Brennstoff benutzen. Erst wenn das erfolgt sei, werde das Senken-Zertifikat ausgestellt und das Geld von Carbonfuture an den Nutzer ausgezahlt, erklärt Lerchenmüller. Eine Kontrolle sei bislang nicht notwendig, weil die teure Pflanzenkohle ohnehin gezielt für den Einsatz in der Landwirtschaft gekauft werde.

Nicht viel mehr als eine Anschubfinanzierung

Diese Vergütung soll dafür sorgen, dass Pflanzkohle für die Anwender etwas günstiger wird – und so insgesamt die Nachfrage steigt. Das sei allerdings nicht viel mehr als eine Anschubfinanzierung, meint Ron Richter. Der 36-jährige Niersteiner kennt das System aus der Praxis. Er berät Gemüsebauern und Winzer wie Philipp Wedekind dabei, wie sie Klimaschutz und Bodenverbesserung vereinen können – und verkauft dazu als «Klimafarmer» die passenden Produkte wie Biodünger und Pflanzkohle-Substrate. Von den 100 Euro, die die Kompensation einer Tonne CO₂ bei Carbonfuture kostet, erhalte der Anwender nach Abzug der Gebühren rund 70 Euro angerechnet, schätzt Richter. Auf die Tonne zertifizierter Pflanzkohle umgerechnet mache das höchstens zehn Prozent des Kaufpreises aus. Für Landwirte, die die übrigen Kosten tragen, müsse sich der Einsatz der Kohle deshalb wirtschaftlich lohnen.

Schnell wachsender Markt für Zertifikate

Richter beobachtet, dass die Nutzung der Pflanzkohle als Senke gut ankommt. «Es gibt immer mehr Hersteller oder größere Anwender, die die Zertifikate nicht handeln wollen, sondern für sich anrechnen lassen, um eigene unvermeidbare Emissionen auszugleichen.» Der Großteil der Pflanzkohle, den er im vergangenen Jahr umgesetzt habe, sei bereits als Senke zertifiziert

worden. Neben Carbonfuture handeln inzwischen auch das Schweizer Unternehmen «First Climate» und der finnische Makler «Puro.earth» mit CO₂-Senken auf Basis von Pflanzkohle. Puro.earth wurde jüngst von der US-amerikanischen Börse Nasdaq aufgekauft und kompensiert für internationale Unternehmen wie Microsoft und den Schweizer Rückversicherer Swiss Re. Der Branchenverband EBI erwartet, dass in Europa bis Ende 2021 rund 40.000 Tonnen Pflanzkohle produziert werden – und damit doppelt so viel wie im Vorjahr.

International ist noch viel zu tun

Aber um wirklich klimarelevant zu werden, muss sich die Branche weiter ausbauen – und das weltweit. In tropischen Regionen wachsen Pflanzen um einiges schneller und produzieren so pro Hektar deutlich mehr Biomasse als in gemäßigten Breitengraden. Erste Projekte gibt es in Ländern wie Ecuador oder Thailand. In Kenia und Nigeria versucht die deutsche Klimaschutzinitiative «Char2Cool», die Verkohlung von Wasserhyazinthen zu fördern, die dort als invasive Art Wasserufer überwuchern. Wie viel CO₂ dabei konkret gebunden wird, ist schwer nachzuvollziehen, auch weil für die Herstellung meist einfache Öfen verwendet werden. Das Ithaka Institut arbeitet bereits an einem vereinfachten Standard, nach dem die Senkenleistung solcher Projekte vergütet werden soll.

Woraus Pflanzkohle besteht – und was erlaubt ist



In Deutschland ist nach Düngemittelrecht nur Biochar aus unbehandeltem Holz mit einem Kohlenstoffgehalt von mindestens 80 Prozent zulässig. In der Praxis nutzen die meisten Hersteller deshalb Hackschnitzel oder Pellets aus der Forstwirtschaft.

Zwar ist auch Holz aus Hecken-, Strauch- und Rebschnitt erlaubt, die Aufarbeitung für die Pyrolyse ist jedoch wesentlich aufwendiger und teurer.

Einige Anlagen können noch weitere Ausgangsstoffe verarbeiten, wenn diese ausreichend getrocknet und zerkleinert sind. Dazu

gehören Ernterückstände wie Stroh, Kraut, Blätter, Spelzen sowie Grünschnitt oder Energiepflanzen wie Mais und Raps. Allerdings lässt sich bei krautiger Biomasse mit geringerem Holzanteil meist nicht der in Deutschland vorgeschriebene Kohlenstoffanteil erreichen.

Branchenvertreter hoffen deshalb auf eine neue Regelung, die Pflanzkohle mit einem geringeren Kohlenstoffanteil zulässt, solange die Grenzwerte für Schadstoffe eingehalten werden. In Österreich ist das auf Basis von Einzelzulassungen bereits möglich. Deutsche Produzenten, die beispielsweise Pressrückstände aus der Kräuterherstellung verkohlen, lassen ihr Produkt deshalb in Österreich zertifizieren. Für eine einheitliche Regelung könnte die neue EU-Düngemittelverordnung sorgen, die erstmals Pflanzkohle als Düngierzusatzstoff erwähnt und die im kommenden Jahr verabschiedet werden soll.



Bei der Pflege von Stadtbäumen – wie hier in Stockholm – werden erfolgreich Substrate aus Pflanzenkohle, Kies und Kompost eingesetzt, um den Bäumen Wasser besser zuzuführen. * Foto: Ithaka Institut
Rechts: Im österreichischen Dornbirn wurde 2020 auf einer Versuchsstrecke Asphalt mit Pflanzenkohle-Beimischung aufgetragen. * Foto: Weissengruber & Partner



Die Pflanzenkohle wird mit Pferdemist und Stroh vermischt und anschließend im Weinberg in den Boden eingebracht.

Winzer Philipp Wedekind ist gespannt, wie sich die Pflanzenkohle auswirken wird.



«Je mehr Geld im Spiel ist, desto größer ist die Gefahr von Missbrauch.»

Andreas Faensen-Thiebes, Biologe und Mitglied
im Bundesvorstand des BUND

Die zunehmende Verbreitung der Pflanzenkohle stößt längst nicht überall auf Begeisterung. So befürchten manche Umweltschützer in Deutschland eine zusätzliche Belastung der ohnehin gestressten Böden. «Wenn die Pyrolyse nicht sauber durchgeführt wird, haben wir die Schadstoffe in der Erde. Je mehr Geld im Spiel ist, desto größer ist die Gefahr von Missbrauch – und auch der Druck aus der Industrie, bestehende Regeln und Grenzwerte aufzuweichen, wird zunehmen», warnt Andreas Faensen-Thiebes, Biologe und Vorstandsmitglied des BUND. «Man kann Regeln festlegen. Aber wir haben in der Vergangenheit immer wieder erlebt, wie diese umgangen werden. Zum Beispiel im Fall der belasteten Abfälle aus der Papierproduktion, die in Süddeutschland als vermeintlicher Dünger auf den Äckern gelandet sind.»

Skeptisch ist Faensen-Thiebes zudem, was den wachsenden Bedarf an Biomasse angeht – und damit die mögliche Konkurrenz zu anderen Nutzungsformen. «Man sieht, welche Probleme es bei der klassischen Holzkohle gibt, für die sogar Urwälder gerodet werden.» Im schlimmsten Fall, glaubt er, könnte die Verkohlung im Namen des Klimaschutzes sogar die Umwelt zerstören. «In den 1980er-Jahren hat man sich darüber gefreut, dass Traktoren mit Rapsöl fahren. Aber heute werden in Indonesien oder Malaysia Wälder abgeholzt, um Palmöl anzubauen, das hier dem Diesel beigemischt wird.

Kein Holz importieren

Nikolas Hagemann vom Ithaka Institut hält solche Befürchtungen für übertrieben. Er verweist auf die Vorgabe des EBC, nach der nur Pflanzenkohle aus nachhaltig angebauten Rohstoffen in der Landwirtschaft eingesetzt werden darf. «Noch ist genug Biomasse vorhanden, die anderswo keine Verwendung findet», sagt er. Trotzdem müsse man sich langfristig Gedanken über eine «Biomasse-Strategie» machen, spätestens dann, wenn die bislang noch sehr teuren Pyrolyseanlagen durch Serienproduktion günstiger werden. «Statt Holz zu importieren, müssen wir neue Quellen vor Ort erschließen», sagt Hagemann. Etwa durch mehr Agroforstwirtschaft oder den Anbau landwirtschaftlicher Zwischenfrüchte wie

Nutzhanf. Auch Reststoffe aus der Lebensmittelindustrie, der kommunale Grünschnitt von Langgras und Laub aus öffentlichen Parks könnte ohne Weiteres pyrolysiert werden.

Alternative Einsatzmöglichkeiten

Selbst Kohle aus belasteten Ausgangsstoffen wie Straßenbegleitgrün, behandeltem Altholz oder Klärschlamm könnte in Zukunft Anwendung finden – allerdings weit abseits der Landwirtschaft. So gibt es in Österreich und Südafrika erste Versuche, Pflanzenkohle in Asphalt beizumischen. Andere Wissenschaftler untersuchen, inwiefern Pflanzenkohle Sand im Beton ersetzen kann. Noch sind all das Experimente – jedoch mit immensem Potenzial, wie Albert Bates und Kathleen Draper in ihrem jüngst auf Deutsch erschienenen Buch «Cool down» vorrechnen. Allein durch die Nutzung von Pflanzenkohle als Betonzusatz könnten jedes Jahr theoretisch 15 Gigatonnen CO₂ gebunden werden. Und auch zur Filtration von verschmutzten Abwässern, als Dämmmaterial zur Kühlung, als Alternative für Katzenstreu oder auch zur Beimischung in Hygieneprodukte ließe sich Pflanzenkohle einsetzen.

Bates, ein Vordenker der Ökodorbewegung, und die Pflanzenkohle-Forscherin Draper plädieren angesichts so vielfältiger Anwendungsmöglichkeiten dafür, eine «Kohlenstoffwende» einzuleiten. Dafür sollten wir ihrer Meinung nach unser Verhältnis zu Kohlenstoff überdenken und begreifen, dass er nicht nur als Treiber der Klimakrise wirkt, sondern – in anderer Form – auch als Verbündeter auf dem Weg zu einer klimafreundlichen Lebensweise dienen kann.

Auf den Weinbergen in Nierstein vollzieht sich diese Wende in winzig kleinen Schritten. Um zu testen, wie sich die Pflanzenkohle auswirkt, hat der Weinbauer Philipp Wedekind das Substrat nur in jeder zweiten Rebenreihe ausgebracht. «Als Praktiker muss ich das Ergebnis sehen», sagt er. Bis er das Resultat kennt, kann es noch einige Jahre dauern. Gut möglich, dass er dann öfter Pflanzenkohle in den Boden einbringt – und sie irgendwann vielleicht sogar selbst herstellt, zum Beispiel aus dem Holz alter Rebstöcke. «So wäre das mit der Pflanzenkohle eine runde Sache», findet er.



Diesen Artikel mit weiteren Fotos
finden Sie auch online:
www.ews-schoenau.de/magazin/pflanzenkohle

DER CO₂-PREIS ALS GERECHTES FUNDAMENT

EIN GASTKOMMENTAR VON BRIGITTE KNOPF

**DIE ZEIT DRÄNGT BEIM KLIMASCHUTZ – ZUGLEICH GILT ES,
DIE KLIMAMAßNAHMEN SOZIAL GERECHT ZU GESTALTEN. EIN VERLÄSSLICHER
CO₂-PREIS IST DER SCHLÜSSEL DAZU.**

Die Europäische Kommission legte im Juli 2021 ein Maßnahmenpaket zur Verwirklichung des «European Green Deal» vor. Um mindestens 55 Prozent – nicht wie bisher um 40 – sollen die Treibhausgasemissionen in der EU bis 2030 gegenüber 1990 sinken. Eine zentrale Rolle in diesem Maßnahmenpaket kommt dem Preis für CO₂-Emissionen zu. Das ist gut so, denn der CO₂-Preis als marktwirtschaftliches Instrument, das Preissignale nutzt, ist der Schlüssel, um Klimaschutz mit sozialem Ausgleich zu verbinden.

Wie der CO₂-Preis funktioniert

Einerseits besteht ein Überangebot an fossilen Energieträgern im Boden, während wir andererseits nur noch ein begrenztes Budget an CO₂ in die Atmosphäre emittieren dürfen, um das Pariser Temperaturziel von 1,5 Grad Erwärmung einzuhalten. Der CO₂-Preis ist ein Indikator für diese Knappheit – er macht fossile Energieträger teurer. Davon profitieren Erneuerbare Energien im Wettbewerb mit der Fossilenergie ebenso wie Innovationen, die beispielsweise die Energieeffizienz steigern, aber noch zu kostenintensiv sind. Kohle, Öl und Gas bleiben im Boden. Das Preissignal ist dabei alles andere als willkürlich: In den Preis für fossile Energien werden schlicht die ökologischen Folgekosten einberechnet.

Der CO₂-Preis kann über eine Steuer eingeführt werden oder über ein Emissionshandelssystem. Eine CO₂-Steuer setzt den Preis für Emissionen politisch fest. Damit der Preis hoch genug ist, um fossile Energieträger zu verdrängen und Innovationen zu befördern, muss dabei immer wieder nachgesteuert werden. Der Emissionshandel legt hingegen eine schrittweise sinkende Obergrenze für Emissionen fest. Der Preis für Emissionen variiert dann in Abhängigkeit von der verfügbaren Menge.

Ein verlässlicher Rahmen ist entscheidend

Zentral ist bei beiden Instrumenten, dass der Preis hoch genug sein muss, um eine Lenkungswirkung weg von den fossilen Energieträgern zu entfalten. Außerdem sollte dieser Rahmen langfristig verlässlich und berechenbar sein. Das ist für Investitionen seitens der Wirtschaft genauso entscheidend wie für uns Bürgerinnen und Bürger. Wichtig ist dabei, wie mit den zusätzlichen Einnahmen des Staates umgegangen wird. Entweder werden dafür andere Steuern gesenkt – wie bei der Steuerreform in Schweden, wo schon 1991 erfolgreich ein CO₂-Preis mit langfristig steigendem Preispfad eingeführt wurde. Oder die Einnahmen aus dem CO₂-Preis werden an die Bürgerinnen und Bürger zurückgegeben, etwa durch eine Reduzierung der Stromkosten oder einfach durch eine direkte Rückzahlung.

Seit 2005 gibt es durch den Europäischen Emissionshandel einen CO₂-Preis für die Energiewirtschaft und große Teile der Industrie. Mit dem deutschen «Klimapaket» wurde zusätzlich ein steigender CO₂-Preis für Emissionen in Wärme und Verkehr eingeführt, der ab 2026 in ein Emissionshandelssystem übergehen soll. Das Problem dabei ist: Dieser Preis ist kurzfristig zu niedrig und nach 2026 ungewiss. Ebenjene Lücke will die Europäische Kommission nun mit der Einführung eines zweiten EU-Emissionshandelssystems für diese Sektoren schließen. Damit erhält das neue deutsche System für CO₂-Preise im Verkehr und in der Wärme die dringend notwendige verbindliche Perspektive auf europäischer Ebene.

Zusätzlich verschärft die EU den bestehenden Emissionshandel in der Energiewirtschaft und der Industrie. Bis 2030 werden 380 Millionen Zertifikate weniger auf dem Markt sein, als bisher geplant – eine Reduktion um 32 Prozent. Der Preis für fossile Energieträger wird dementsprechend in die Höhe gehen.

Wie teuer wird es für mich?

Kritik am CO₂-Preis setzt oft bei den steigenden Lebenshaltungskosten an. Klar ist aber: Am teuersten wird es ohne Klimaschutz, denn die Folgen der Klimakrise werden wir auch wirtschaftlich zu spüren bekommen. Zudem verursachen auch andere Klimaschutzinstrumente Preissteigerungen. Ein Beispiel liefert der Verkehrssektor: Anstelle eines CO₂-Preises könnte man den Verbrauch durch Emissionsstandards regulieren. Der Schadstoffausstoß bei neu zugelassenen Fahrzeugen muss reduziert werden. Dann steigt nicht der Spritpreis, sondern der Preis des Fahrzeugs. Weil Haushalte mit niedrigem Einkommen im Schnitt weniger fahren, würde sie ein solcher Standard überproportional belasten. Denn er erhöht den Preis des Autos – bei Menschen, die nicht so viel fahren, ist das der wichtigste Kostenpunkt. Gleichzeitig profitieren sie von dem Effizienzgewinn durch den Standard kaum, weil sie weniger Kilometer zurücklegen. Mobilitätskosten steigen also bei beiden Maßnahmen – doch treffen die Kosten durch den Emissionsstandard Haushalte mit geringerem Einkommen härter, als es bei einem CO₂-Preis der Fall wäre.

Auf die soziale Balance achten

Ein klarer Vorteil beim CO₂-Preis liegt darin, dass es Einnahmen für einen sozialen Ausgleich gibt. Dieser

Ausgleich ist auch ein wichtiger Punkt im neuen Maßnahmenpaket der Europäischen Kommission. Die Hälfte der Einnahmen aus dem Emissionshandel sollen die Mitgliedsstaaten laut Kommission für einen Sozialfonds aufwenden.

Im Klimapaket von 2019 sind Ausgleichszahlungen angelegt, zum Beispiel über eine Senkung der EEG-Umlage. Allerdings finanzieren die Einnahmen durch das Klimapaket zu 75 Prozent Maßnahmen aus dem Gesamtpaket, wie etwa den Ausbau des öffentlichen Nahverkehrs. Eine direkte Entlastung für Verbraucherinnen und Verbraucher kommt bislang eindeutig zu kurz. Im Vergleich werden zwar Haushalte mit geringerem Einkommen durch die Senkung der EEG-Umlage entlastet, insgesamt wird die Mittelschicht finanziell aber am stärksten belastet. Das bessere Instrument wäre eine direkte Pro-Kopf-Rückverteilung, die sogenannte Klimadividende. Diese wirkt progressiv, das heißt: Besserverdiener tragen auch mehr, während Haushalte mit niedrigem Einkommen am Ende sogar mit einem Plus dastehen – nämlich mit 100 Euro bei einem CO₂-Preis von 50 Euro.

Richtig eingesetzt kann ein gut durchdachter und über lange Zeit verlässlicher CO₂-Preisverlauf also sektorenübergreifend sowohl fossile Energieträger verdrängen als auch Emissionen reduzieren. Außerdem stehen durch ihn zusätzliche Einnahmen zur Verfügung, die es ermöglichen, die finanziellen Lasten gerecht zu verteilen. Die nächste Bundesregierung muss deshalb nicht nur eine leistungsfähige CO₂-Preisarchitektur umsetzen, sondern vor allem auch für einen konsequenten und effektiven sozialen Ausgleich sorgen.



Dr. Brigitte Knopf ist promovierte Physikerin. Seit 2015 ist sie Generalsekretärin des Berliner Klimaforschungsinstituts MCC sowie Leiterin der «Policy Unit», der strategischen Schnittstelle des Instituts zu Politik und Gesellschaft. Ihr Hauptaugenmerk liegt auf der Frage, wie die Energiewende sozial gerecht gestaltet werden kann. Seit September 2020 ist sie zudem Mitglied und stellvertretende Vorsitzende des von der Bundesregierung berufenen Expertenrats für Klimafragen, der von 2021 an jährlich Deutschlands Treibhausgasbilanz prüft.



Diesen und weitere Kommentare aus der Rubrik «ZUGESPITZT» finden Sie online: www.ews-schoenau.de/magazin/zugespitzt



ZUR SACHE

KLIMAKLAGEN WELTWEIT BISS VERLEIHEN

DIE KLIMAJURISTIN JOANA SETZER
IM GESPRÄCH MIT CHRISTIAN MIHATSCH
FOTOS VON JÉRÉMIE SOUTEYRAT

**MIT EINER DATENBANK FÜR KLIMAUURTEILE UNTERSTÜTZT JOANA SETZER
MENSCHEN, DIE KLIMAKLAGE ERHEBEN. DAS MACHT GERICHTE MUTIGER –
UND KONZERNCHEFS NERVÖS.**

Bahnbrechend», «Erdbeben», «wichtigste klimapolitische Entscheidung» – so lautete im Frühjahr 2021 das Presseecho auf ein Urteil des Bundesverfassungsgerichts. In diesem legte es fest, dass das Klimaschutzgesetz teilweise verfassungswidrig sei. Wenige Wochen später schärfte die Bundesregierung das deutsche Klimaziel nach: Statt um 55 Prozent gegenüber 1990 sollen die Emissionen bis 2030 um 65 Prozent sinken. Außerdem will Deutschland schon 2045 und nicht erst 2050 klimaneutral wirtschaften.

Das zeigt, dass Gerichte entscheidende klimapolitische Weichen stellen können. Viele weitere Klimaurteile und -gesetze aus aller Welt sammelt die Juristin Joana Setzer in der hierfür angelegten Datenbank «Climate Change Laws of the World». Ursprünglich als Umweltschützerin in Brasilien tätig, hat sie sich am «Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment» in London auf Klimaprozesse spezialisiert. Die von ihr gesammelten Datensätze dienen dazu, die Rechtslage und die Gerichtspraxis aller Länder online zugänglich zu machen: Richter können sehen, wie ihre Kollegen andernorts urteilen, Kläger, welche Argumentationen Erfolg versprechen – und Unternehmen, welchen juristischen Risiken sie ausgesetzt sind. Im Interview mit dem Energiewende-Magazin klärt Joana Setzer, welche Rolle Klimaklagen insgesamt spielen, was die wichtigsten Urteile sind und ob der Präsident ihres Heimatlands Brasilien des «Ökozids» beschuldigt werden kann.

Frau Setzer, der Kampf gegen die Klimaerwärmung ist Aufgabe der Parlamente und Regierungen. Zuletzt sorgten aber immer wieder Klimaurteile von Gerichten für Aufsehen. Welche Rolle spielt die Judikative in der Klimapolitik mittlerweile?

Wenn von der Politik ungenügende Maßnahmen ergriffen werden, hat das immer häufiger Klimaklagen zur Folge. Sie bilden ein weiteres Instrument neben der Innenpolitik und der sehr langsamen außenpolitischen Entwicklung. Die Klagen sind auch wichtig, um Regierungen dazu zu zwingen, die Klimavereinbarungen von Paris einzuhalten. Das Abkommen selbst verfügt über keinen Mechanismus, der dies ermöglichen würde. Aber nationale Gerichte können ihm Biss verleihen.

Sie sind Co-Autorin des dritten Bands des «Sechsten Sachstandberichts» des Weltklimarats (IPCC), der 2022 erscheint. Was ist Ihr Beitrag zu diesem Bericht?

Ich habe mich über die Einladung sehr gefreut – auch weil der IPCC die Bedeutung von Klimaklagen zur

Durchsetzung einer effektiven Klimapolitik lange nicht erkannte. Das hat sich jetzt geändert. Mittlerweile konnten wir zudem eine ausreichende Zahl an Studien sammeln, sodass Klimaklagen im IPCC-Bericht angemessen berücksichtigt werden können. Ich habe daher die Entwicklung beschrieben und zeige auf, wie Klimaklagen das Verhalten von Regierungen und Firmen beeinflussen.

Auch das von Firmen?

Klagen sind ein Werkzeug, um auf vielen verschiedenen Ebenen voranzukommen. Es gibt Klagen gegen Großunternehmen, Banken und Investoren. Deren Rechtsabteilungen beginnen endlich, nervös zu werden – insbesondere, wenn es um Klagen gegen Direktoren und Aufsichtsräte geht. Keiner von denen will vor Gericht stehen. Das ist das Gute an Klagen: Sie sind so unangenehm, dass niemand sie haben will.

Welche Trends lesen Sie aus Ihrer Datensammlung?

In letzter Zeit sehen wir viele Klagen von Jugendlichen. Diese sind zwar zu jung, um zu wählen oder gewählt zu werden, aber sie wollen, dass etwas passiert. Nun verhilft ihnen der Weg über die Gerichte zu einer Stimme. Ein weiterer Trend besteht in Klagen, die wir als «strategisch» bezeichnen. Bei diesen definiert man ganz gezielt, wer klagt, gegen wen man klagt und wo man klagt. Das Ziel ist, Gerichte dazu zu bringen, Präzedenzfälle zu schaffen, die dann auch in anderen Ländern aufgegriffen werden können. Man fordert so die Rechtsdoktrin heraus und zwingt Richter, außerhalb der herkömmlichen Schemata zu denken.

Was war bislang das wichtigste Urteil?

Als wegweisend gilt das Urteil des Obersten Gerichtshofs der Niederlande nach einer Klage der Umweltstiftung «Urgenda». Zum ersten Mal wurde ein Land per Gericht dazu gezwungen, die Emissionen stärker zu senken als geplant. Der Urgenda-Fall hat einen Trend in Gang gesetzt: nicht nur bei Klagen gegen Regierungen, sondern – auf Basis der Sorgfaltspflicht – auch gegen Unternehmen. Ich glaube nicht, dass die deutsche Klimaklage ohne den Urgenda-Präzedenzfall stattgefunden hätte.

Was hat das Urteil des Bundesverfassungsgerichts hierzulande Neues gebracht?

Zum einen bestätigt es Deutschlands globale Verpflichtungen. Zum anderen, und das ist das Bemerkenswerteste, berücksichtigt die Entscheidung, wie sich die heutigen Handlungen auf die Grundfreiheiten in der Zukunft auswirken, Stichwort «Generationengerechtigkeit». Dabei wurde nicht nur festgestellt, dass künftige Generationen immer extremeren Klimawandelfolgen ausgesetzt sein werden, sondern auch, dass diese nur noch ein sehr

kleines oder gar kein CO₂-Budget mehr hätten, wenn wir heute zu viel davon verbrauchen.

Viele Kläger argumentieren, dass ungenügender Klimaschutz die Menschenrechte verletzt. Stimmt das?

Es lässt sich einfach zeigen, dass klimatische Veränderungen das Leben und die Lebensqualität beeinträchtigen und sogar das Recht auf Leben gefährden. Neu ist, dass auch Gerichte anerkennen: «Der Klimawandel gefährdet die Menschenrechte. Das mag offensichtlich erscheinen, aber solange man kein solches Urteil hat, entspricht es eben nicht der Gesetzeslage. Auch hier ist das Urgenda-Urteil wichtig. Denn da wurde zum ersten Mal von einem obersten Gericht bestätigt: Klimaschutz ist eine Pflicht seitens des Staates, das Recht auf Leben zu schützen.

Das Urgenda-Urteil



Die Niederlande müssen ihre Emissionen bis 2030 um 25 Prozent gegenüber 1990 senken – statt nur um 17 Prozent, wie von der Regierung geplant. Dieses historische Urteil von 2015 wurde 2018 auch in

zweiter und 2019 in letzter Instanz bestätigt. Geklagt hatte die Umweltstiftung «Urgenda» zusammen mit 900 Bürgern gegen den niederländischen Staat. Die Berufungsgerichte gaben zudem Urgenda recht, dass das 17-Prozent-Ziel der niederländischen Regierung auch gegen die Menschenrechte der Kläger verstößt. Das Verfahren war der erste erfolgreiche Versuch von Klimaschützern, gegen einen Staat zu klagen, um die Reduzierung von Treibhausgasen durchzusetzen.

Nun gibt es aber kein Menschenrecht auf eine saubere Umwelt und ein stabiles Klima. Sollte ein solches Menschenrecht geschaffen werden? Welche Folgen hätte das?

Es dauert ein Jahrzehnt, um europäische oder internationale Abkommen so anzupassen, dass ein solches Menschenrecht geschaffen werden kann. Klagen bieten eine Abkürzung, weil Gerichte feststellen können, dass sich das Recht auf ein stabiles Klima aus anderen Menschenrechten ergibt. Die brasilianische Verfassung beispielsweise garantiert das Recht auf eine saubere Umwelt. Das Recht auf ein stabiles Klima ist allerdings sehr viel umfassender. Daher will eine Klage vor dem obersten brasilianischen Gerichtshof erreichen, dass auch das Recht auf ein stabiles Klima anerkannt wird. Gerichte können über die Verfassung hinausgehen. Das tun sie allerdings

nicht immer. In Irland hat ein Gericht geurteilt, dass das irische Klimagesetz zu vage ist, aber auch ausdrücklich festgehalten, dass damit kein Recht auf ein stabiles Klima geschaffen wird. Manchmal sind Gerichte also auch zu zaghaft.

Kommen wir zu den Klagen gegen Großunternehmen: Auch hier stammt das spektakulärste Urteil aus den Niederlanden, wo im Mai ein Gericht in erster Instanz den Öl- und Gaskonzern Shell dazu verurteilte, seine Emissionen bis zum Jahr 2030 um 45 Prozent zu senken – inklusive derjenigen Emissionen, die bei der Verbrennung der Shell-Produkte freigesetzt werden. Wie erklären Sie sich, dass hier einem einzelnen Konzern Beschränkungen auferlegt wurden?

Staaten sind dazu verpflichtet, die Bürger zu schützen. In diesem Fall wurde diese Verantwortung auf Firmen ausgeweitet. Konzerne wie Shell haben zum Zweck, Gewinne für ihre Aktionäre zu machen und Menschen zu beschäftigen. Das Gericht hat nun entschieden, dass sie darüber hinaus eine Sorgfaltspflicht haben und die Rechte niederländischer Bürger nicht gefährden dürfen.

Aber nutzt das nicht einfach der Konkurrenz?

Shell hat im Prozess natürlich vorgebracht, dass es unfair sei, wenn ihnen Beschränkungen auferlegt werden, die für die Konkurrenten nicht gelten. Doch das Gericht ließ das Argument «Wettbewerbsnachteil» nicht gelten – weil bald alle Unternehmen dieselben Beschränkungen haben würden. Die Begründung des Gerichts ist wegweisend, weil angebliche Nachteile das am häufigsten vorgebrachte Argument in solchen Fällen sind. Und jetzt sagt das Gericht: Das ist nicht relevant.

Es gibt auch Schadensersatzklagen gegen Firmen. Welche Rolle spielt hier die sogenannte Attributionsforschung, die mögliche Schäden beziffert und Verursachern zuordnet?

Bei Klagen auf Schadensersatz ist die Attributionsforschung zentral. Fordert man Unternehmen auf, für etwas zu bezahlen, dann muss man zeigen, worauf diese Forderung beruht und warum man einen ganz bestimmten Betrag verlangt. Nehmen wir den Fall des peruanischen Bauern Saúl Luciano Lliuya, der RWE verklagt. Sein Dorf liegt unterhalb eines Gletschers, welcher wegen der Klimaerwärmung schmilzt. So entsteht ein Gletschersee, der das Dorf unter Wassermassen begraben würde, wenn er über das Ufer tritt. Deshalb benötigt das Dorf Schutzdeiche. Lliuya fordert nun, dass sich RWE mit 0,47 Prozent an den Kosten für diese Deiche beteiligt. Das ist gemäß einer Studie des Wissenschaftlers Richard



Heede vom «Climate Accountability Institute» der Anteil von RWE an den globalen Klimagasemissionen seit Beginn der industriellen Revolution. Das Gericht hat nun den Kläger und RWE gebeten, Experten zu benennen, die die Attribution evaluieren. Erkennt hier oder in einem anderen Fall das Gericht die Verbindung zwischen den Emissionen eines Konzerns und einem konkreten Schaden an, würde das weltweit die Schleusentore für eine Flut von Klagen gegen Unternehmen öffnen.

Sind auch Schadensersatzklagen aufgrund von Extremwetterereignissen wie den heftigen Überschwemmungen im Ahrtal denkbar?

Ja, natürlich. Dazu muss man darlegen, dass ohne den Klimawandel derart extreme Regenfälle sehr unwahrscheinlich gewesen wären. Auch das leistet die Attributionforschung. Mit ihr konnte man etwa zeigen, dass die diesjährige Hitzewelle im Nordwesten der USA ohne den Klimawandel «nahezu unmöglich» gewesen wäre. Bei den Überschwemmungen in Deutschland und Belgien ist der Zusammenhang aber nicht so zwingend, wie eine aktuelle Kurzstudie der Wissenschaftler von «World Weather Attribution» zeigt.

Attributionsforschung

Ist das noch Wetter oder ist das schon Klima? Diese Frage lässt sich bei Extremwetterereignissen wie Hitze- und Kälte- wellen oder Starkregen immer konkreter beantworten. Zu verdanken ist das einem Teilgebiet der Klimawissenschaften, der Attributions- oder Zuordnungsforschung. Dabei werden die Daten zu einem bestimmten Wetterereignis in zwei Computermodelle des Klimas eingespeist: Das eine Modell rechnet mit der CO₂-Konzentration in der Atmosphäre, wie sie vor der industriellen Revolution herrschte, das andere mit der aktuellen CO₂-Konzentration. So lässt sich vergleichen, wie oft ein solches Ereignis früher zu erwarten war und heute zu erwarten ist. Damit kann man aufzeigen, welchen Einfluss die menschengemachten Emissionen auf ein einzelnes Ereignis haben.

Derzeit werden zwei neuartige rechtliche Ansätze zum Schutz der Umwelt diskutiert. Der erste besteht darin, schwere Schädigungen der Umwelt zu einer Straftat zu machen, den «Ökozid» also zu einem Verbrechen gegen die Menschlichkeit zu erklären. Wäre das sinnvoll?

Die kurze Antwort ist: Wir haben für all das keine Zeit! Diese Debatte ist sehr alt. Seit 30 Jahren reden wir darüber – und immer noch diskutieren wir, wie eine Formulie-

rung für das Verbrechen des Ökozids genau aussehen soll. Würde die Schädigung der Umwelt allerdings als Verbrechen anerkannt, sendet das natürlich ein starkes Signal an diejenigen, die solche Verbrechen begehen.

Zum Beispiel an Jair Bolsonaro, den Präsidenten Ihres Heimatlands Brasilien?

Bolsonaros Rolle in der Krise im Amazonas zeigt, warum wir strafrechtliche Verantwortlichkeit brauchen. Er ist das beste Beispiel, warum Ökozid ein Verbrechen sein sollte. Bolsonaro macht sich außerdem auch des Genozids schuldig – denn er beschneidet die Landrechte der Indigenen. Es gibt dazu bereits einen Fall vor dem Internationalen Strafgerichtshof in Den Haag. Ich glaube aber nicht, dass das Bolsonaro den Schlaf rauben würde. Vielleicht gefiele es ihm sogar. Viele seiner Unterstützer mögen es, wenn er sagt, die indigene Bevölkerung sei faul und trüge nichts zur Wirtschaft bei – und der Wald würde besser abgeholzt als stehen gelassen. Er wurde auch genau deshalb gewählt, weil er solche Sachen sagt.

Der zweite neue Ansatz besteht darin, die Natur als Rechtsperson anzuerkennen. Dann könnte das Klima selbst gegen die Destabilisierung durch den Menschen klagen. Wäre das sinnvoll?

Ich sehe diese Option ähnlich wie die Diskussion um den Ökozid. Das ist eine spannende Frage für Akademiker, sie wird aber keinen wesentlichen Unterschied machen. Wir retten den Planeten nicht dadurch, dass Berge und Flüsse Rechte bekommen. Neuseeland verlieh ihnen zwar bereits Rechte, wie auch Kolumbien, Ecuador und Bolivien – aber hat die Entwaldung in diesen Ländern deshalb ein Ende gefunden? Nein! Rechte für die Natur stellen eher einen neuen Denkansatz dar: Nicht nur wir Menschen, sondern auch Tiere und Pflanzen besäßen dann per se ein einklagbares Recht auf Existenz. Praktisch zieht das aber hochkomplexe Fragestellungen nach sich. Wer repräsentiert diese Wesen beispielsweise vor Gericht? Spätestens dann geht es wieder nur um uns Menschen.

In Neuseeland wird der «Whanganui River» von einem Rat vertreten, dem das Volk der Maori, der lokale Fremdenverkehrsverein, Umweltorganisationen und ein Energiekonzern, der an dem Fluss ein Wasserkraftwerk betreibt, angehören. Das scheint mir eine sinnvolle Lösung zu sein.

Es ist von Vorteil, wenn man solche Institutionen schafft, denn sie ermöglichen, Menschen in demokratische Prozesse einzubinden. In Brasilien haben zum Beispiel die Einzugsgebiete von Flüssen ihre eigenen

«Unternehmen haben eine Sorgfaltspflicht.»
Joana Setzer im Interview



Regulierungsbehörden. Das ist sinnvoll, weil man nicht zwischen einzelnen Distrikten unterscheiden kann, die längs eines Flusses liegen. Dafür muss man aber keine Rechtspersonen schaffen.

Gibt es in den bestehenden Regeln zum Schutz der Umwelt und des Klimas noch Lücken?

In den letzten Jahren sind viele neue Akteure zur Klimabewegung gestoßen. Nun wollen auch Konzerne, Banken und Investoren zum Klimaschutz beitragen, die vor zehn Jahren noch äußerst wenig getan haben. Die wollen jetzt «Paris-konform» sein und versprechen, bis zu einem bestimmten Jahr klimaneutral zu werden. Was jetzt allerdings noch fehlt, ist die Möglichkeit, diese Akteure zur Rechenschaft zu ziehen. Das bedeutet: Man darf die Akteure nicht nur daran messen, was sie versprechen, sondern muss auch genau schauen, was von ihnen tatsächlich in die Tat umgesetzt wird.

Aber diese Versprechen sind doch freiwillig?

Das stimmt, bis vor Kurzem war dies «soft law», also nichts Zwingendes. Aber jetzt haben wir die UN-Prinzipien für Menschenrechte, die sich an Unternehmen richten. Außerdem wurden die OECD-Richtlinien für multinationale Konzerne entwickelt. Und es gibt erste Urteile wie beim Shell-Fall, die zeigen: Der Schutz von Klima und Umwelt ist zwingend nötig. Unternehmen haben eine Sorgfaltspflicht. Es ist nicht mehr so «soft».

Wie werden sich Klimaklagen in Zukunft entwickeln? Werden wir mehr davon erleben?

Ja. Ich bin sicher, dass die Zahl der Klimaprozesse weiter zunehmen wird. Denn einerseits versteht die Gesellschaft die Risiken und Auswirkungen des Klimawandels immer besser. Und andererseits sind Gerichte immer genauer über Klimawandelfolgen informiert, erkennen die Dringlichkeit zu handeln und sind deshalb bereit, bei ihren Entscheidungen neue, mutigere Wege zu gehen.

Joana Setzer, 1979 in Brasilien geboren, studierte Rechts- und Umweltwissenschaften in São Paulo und London mit Promotion an der «London School of Economics» (LSE). Sie arbeitete als Umweltschlichterin in Brasilien und ist jetzt Assistenzprofessorin am «Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment» an der LSE. Dort ist sie für das Projekt «Climate Change Laws of the World» verantwortlich – einer Datenbank, die Klimaklagen weltweit sammelt und zur Verfügung stellt. Setzer ist derzeit Co-Autorin des dritten Bands des «Sechsten IPCC-Sachstandsberichts», der im März 2022 veröffentlicht werden soll.



Diesen Artikel mit weiteren Fotos
finden Sie auch online:
www.ews-schoenau.de/magazin/setzer



ZUM GLÜCK

GÄRTEN VOLLER ENERGIE

EIN BERICHT VON PETER STÄUBER
FOTOS VON KRISTIAN BUUS

**EINE GENOSSENSCHAFT WILL MIT GEMEINSCHAFTLICH GENUTZTEN
GÄRTEN FÜR MEHR NACHHALTIGKEIT IN LONDON SORGEN –
UND ZUR DISKUSSION DARÜBER ANREGEN.**

Auf den ersten Blick sieht die «Brondesbury Park Rail Station» aus wie eine ganz normale S-Bahn-Haltestelle. Sie liegt im Nordwesten von London und ist im Abendverkehr mäßig belebt – im Zehnminutentakt sammeln hier die Züge der Overground-Linie die Pendler ein. Viele der Wartenden scrollen auf ihren Handys herum oder blättern im «Evening Standard», der Londoner Abendzeitung. Andere aber schauen sich neugierig um. Hinter der kleinen Mauer, auf die sich manche müde Passagiere gesetzt haben, erblicken sie am Rand des Bahnsteigs Salatbeete und kleine Feigenbäume, dahinter klettert Hopfen an einer Holzwand hinauf. Wenn man ein paar Schritte auf das Mäuerchen zugeht, hört man plötzlich Bienen summen. Dann sieht man auch die großen, mit Regenwasser gefüllten Zuber, über denen Photovoltaikmodule installiert sind. Die Brondesbury Park Station ist eben nicht nur eine Haltestelle, sondern auch ein «Energy Garden» – ein kleines Biotop mitten in der Metropole.

Der Hauptteil des Gartens liegt hinter dem gegenüberliegenden Bahnsteig, ein kleines Tor in einem niedrigen Holzzaun bietet jederzeit Zutritt für alle. Dahinter schlängelt sich ein schmaler Pfad durchs Gras, rechts davon steht ein Stuhl und ein Tisch, zusammengeschnitten aus Paletten, darauf eine Hacke, eine Spatengabel, eine Astschere. Ein paar Schritte weiter, im hüfthohen Gras, steht Agamemnon Otero, gekleidet in ein langärmeliges T-Shirt und eine orangefarbene Warnweste, und schneidet Brombeerbüsche.

Eine Debatte über Nachhaltigkeit anstoßen

Otero ist ein 44-jähriger Mann voller Energie, der stets ein Lächeln auf dem Gesicht trägt. Praktisch ohne Unterbrechung redet er: über den gesundheitlichen Nutzen bestimmter Pflanzen, die hier wachsen, über die Quartierbewohner, die im Garten mithelfen und Gemüse anbauen, über das hektische Leben der Arbeiterbienen – und darüber, wie es dazu kam, dass er «Energy Garden» gründete. «Es ging im Kern um den Wunsch, innerhalb der Zivilgesellschaft eine Debatte über Nachhaltigkeit anzustoßen», sagt Otero.

Eine Metropole wie London, mit ihren über neun Millionen Einwohnerinnen und Einwohnern, sei der perfekte Ort dafür: «Jährlich werden hier im öffentlichen Verkehr mehr als zwei Milliarden Fahrten zurückgelegt. In jeder Overground-Station steigen täglich rund 6.000 Menschen ein, aus und um. Sie warten im Schnitt rund vierzehn Minuten auf den Zug», erklärt Otero. Wie der

Name verrät, verläuft die Overground-Bahn ausschließlich oberirdisch. «Die meiste Zeit schauen die wartenden Passagiere auf ihre Handys», fügt er hinzu. Der Garten auf dem Bahnsteig soll ihre Aufmerksamkeit stattdessen auf ihre Umwelt lenken: So kommen die Londoner in direkten Kontakt mit der Natur und haben eine Viertelstunde Zeit, die Gedanken schweifen zu lassen, um über Nachhaltigkeit und den Klimawandel zu sinnieren – sowie darüber, woher unser Essen kommt. «Wir haben Solarzellen auf dem Bahnsteig, Systeme zum Auffangen des Regenwassers und Grünflächen», sagt Otero. «All das regt zum Nachdenken, zur Debatte an.» Mehr noch: Die Passagiere werden eingeladen, zu den Gartenhandschuhen zu greifen und selbst aktiv zu werden.

Von der Brache zum Ort der Vielfalt

Beim Bahnhof Brondesbury Park sind an diesem Abend etwa ein Dutzend Besucher vorbeigekommen, um bei der Gartenarbeit mitzuhelfen. Es ist die «London Climate Action Week», und das Team von Energy Garden führt die Lokalanwohner in ihr Projekt ein. «Vor zehn Jahren war diese gesamte Fläche mit schwarzen Plastikplanen abgedeckt», berichtet die 31-jährige Botanikerin Naomi Paine während ihrer Einführung. «Der erste Schritt bestand darin, die Planen zu entfernen und die Pflanzen erst einmal wachsen zu lassen.» Heute sind weite Teile der ehemaligen Brache von hohem Gras und Büschen bedeckt, ein wildes Stück Natur. An einem Ende steht jetzt ein Bienenstock, und in den Bäumen schlafen tagsüber Fledermäuse. Auch das Igel-Haus wird hin und wieder bewohnt. Jetzt gehe es daran, die Biodiversität durch das Pflanzen neuer Arten zu fördern, um mehr Lebewesen anzulocken, erklärt sie. «Denn je mehr einheimische Pflanzenarten hier wachsen, desto mehr Bestäuber können im Garten leben und die Artenvielfalt voranbringen.»

Die Pendler und Anwohner für den Garten zu interessieren und sie in die anfallende Arbeit einzubeziehen, sei ein zentraler Zweck von Energy Garden, erläutert Paine. Genau das war es auch, was sie selbst für das Projekt begeisterte: «Ich wollte für eine Organisation arbeiten, die auf die Leute zugeht und sie einbindet – Leute, die sich sonst kaum in Gärten betätigen und mit Themen wie Biodiversität wenig vertraut sind. Es ist wichtig, dass sich möglichst viele Menschen mit der Natur auseinandersetzen und mehr über ihre Umwelt lernen.» Wer Gemüse einfach im Supermarkt einkauft, sei abgekoppelt von der Herkunft seines Essens, fügt ihr Kollege Agamemnon



Gemeinsinn trifft Natur:
Um die Gärten kümmern sich
regelmäßig Freiwillige und
Genossenschaftsmitglieder.

Otero hinzu. «Aber wenn ich mit eigener Hand den Samen setze, wenn ich die Tomate selbst züchte und anschließend pflücke, dann habe ich eine sehr enge Beziehung zu dem, was ich esse.»

«Es ist eine Kooperation unter den Menschen, eine Auseinandersetzung mit der Stadt.»

Agamemnon Otero, Gründer von
«Energy Garden», London

Allen steht es frei, was genau sie im Garten tun möchten. Man kann pflanzen, was man will, solange man sich mit den anderen koordiniert. «Alles ist frei zugänglich – die Pflanzen, die Ernte, das Wasser. Es ist eine Kooperation unter den Menschen, eine Konversation mit der Stadt», sagt Otero. Brondesbury Park ist einer der größten Energy Gardens, in ganz London gibt es mittlerweile fast drei Dutzend solcher Oasen.

Über 300 Anwohner engagieren sich regelmäßig in den Gärten. «Energy Garden unterstützt sie zunächst bei der Planung sowie beim Aufbau der Grünflächen und der PV-Anlagen», sagt Kyle Baldock, ein groß gewachsener 29-Jähriger, der beim Projekt für den Kontakt und Austausch mit den lokalen Gruppen zuständig ist. 2018 begann er als freiwilliger Mitarbeiter, heute ist er «Community Engagement Officer» bei Energy Garden. «Für uns ist es wichtig, dass wir mit den lokalen Communitys langfristige Beziehungen eingehen, damit sie weiter wachsen können», erzählt Baldock. Um dieses Miteinander zu fördern, legt Energy Garden auch so großen Wert darauf, das Projekt als Genossenschaft aufzubauen.

Gemeinsam etwas schaffen – und bewahren

Genossenschaft setzt auf Gemeinschaftlichkeit. «Es ist das Gegenteil von Philanthropie, wo ein reicher Mensch sagt: Ihr seid arm, ich gebe euch etwas. Stattdessen ist es eine Kollaboration», erläutert Agamemnon Otero. Energy Garden formierte sich 2016 zu einer sogenannten «Community Benefit Society», einer Art von Kooperative, bei der Interessierte sich direkt an einem lokalen Projekt beteiligen können. 2018 wurden die ersten Anleihen ausgegeben. «In jenem Jahr traten 200 Leute der Genossenschaft bei, und wir brachten auf diese Weise 600.000 Pfund zusammen», berichtet Baldock stolz. Zudem wird Energy Garden durch Spenden von Lokalbehörden, Unternehmen und Universitäten unterstützt.

Otero verweist auf die zahlreichen Studien, die zeigen, worin der Nutzen von gemeinsam verwalteten «Allmenden» besteht – also von Grünflächen, die im Gemeinbesitz sind und nicht einer Privatperson oder Organisation gehören; er spricht insbesondere von der Arbeit der Wirtschaftsnobelpreisträgerin Elinor Ostrom: «Sie hat gezeigt, dass Ökosysteme, die im Kollektiv verwaltet werden – seien es Wälder oder Fischereigründe – am besten gepflegt sind.» Wenn hingegen außenstehende Akteure die Flächen nicht als Allmenden zum Nutzen aller sähen, sondern einzig als Profitquelle, würden sie negative Feedbacks schaffen, das System ausbeuten – und es am Ende zerstören.

Aufgewachsen in der Kommune

Mit dem Leben auf Allmenden hat Agamemnon Otero schon früh Erfahrung gemacht. Geboren als Sohn eines Uruguayers und einer russischstämmigen Amerikanerin, wuchs er in New York auf. Seine Jugendzeit verbrachte er

in Nachhaltigkeitskommunen im Hinterland der Metropole. «Wir hatten unsere eigenen Druckereien, unsere Genossenschaften, unsere Bäckereien – ich bin also mit diesem Ethos aufgewachsen», erzählt er. «Aber ich war immer der Meinung, dass wir nicht aufs Land fliehen müssen, um solche Systeme aufzubauen. Wir sollten sie auch im städtischen Raum haben.»

Nach seinem Studium der Architektur mit Schwerpunkt Nachhaltigkeit und Energie in London, wo er sich vor zwanzig Jahren niederließ, machte er sich daran, seine Ziele umzusetzen. Er entwarf zunächst Energie- und Abfallsysteme für ein Krankenhaus im Süden der Stadt und installierte eine Photovoltaikanlage auf dessen Dach. Danach bat ihn die Lokalbehörde von Lambeth, einem Londoner Gemeindebezirk, dasselbe für die nahe gelegene Sozialbausiedlung «Loughborough Estate» in Brixton zu tun: In enger Kooperation mit den dortigen Bewohnern entwarf Otero als Projektleiter eine Photovoltaikanlage auf den Dächern der Gebäude und gründete die Energiegenossenschaft «Repowering». Etwa zur gleichen Zeit, als die Genossenschaftsmitglieder die ersten PV-Anlagen aufbauten, machte sich Otero darüber Gedanken, wie er in der Metropole das kollektive Bewusstsein für Nachhaltigkeit und Biodiversität schärfen und das soziale Miteinander fördern könnte. So entstand die Idee, brachliegende Gelände entlang von Overground-Stationen in gemeinsam verwaltete Gärten zu verwandeln.

Gut fürs Miteinander, gut für die Umwelt

Seit der Gründung von Energy Garden vor zehn Jahren ist das Projekt enorm gewachsen – mehrere Tausend Quadratmeter Boden sind in Grünflächen verwandelt worden. Über vierzehn Stadtbezirke unterstützen das Projekt finanziell, eine Million Menschen haben die Gärten besucht, viele von ihnen sind zum Mitmachen animiert worden und haben sich der Genossenschaft angeschlossen.

Jeder Garten soll einen kleinen Teil dazu beitragen, die Klima- und Umweltkrise zu bekämpfen. Wie in Brondesbury Park sind viele Gärten mit Solaranlagen ausgestattet: Sie stellen den Strom für den lokalen Gebrauch zur Verfügung – etwa zum Antreiben der Wasserpumpe. Der Rest wird an Energieunternehmen verkauft. Diese Infrastruktur soll beständig erweitert werden, Park für Park.

Im September 2020 lancierte die Kooperative ein neues, groß angelegtes Anleiheangebot: Ziel ist es, Millionen von Pfund zu sammeln, um Dächer von Transportdepots mit PV-Modulen zu bestücken. In einer ersten Phase möchte man eine Höchstleistung von 400 Kilowatt-Peak erzielen, die der Genossenschaft genügend Einnahmen bringen soll, um finanziell auf eigenen Füßen zu stehen: So will man unter anderem voll bezahlte Stellen für die freiwilligen Mitarbeiter schaffen, die sich um die Gärten kümmern. Und man möchte mit den Einnahmen auch

Sattes Grün in der Stadt:
Die Londonerin Ode ist zum ersten Mal in einem «Energy Garden». Dem Engagement der vielen Freiwilligen ist es zu verdanken, dass Stationen wie «Brondesbury Park» die besten Bewertungen bei den Bahnfahrern erhalten.



Individuen, Communitys und Unternehmen zusammenbringen und dafür sorgen, dass das gewonnene Know-how an die nächste Generation weitergegeben wird.

Training für eine nachhaltige Energiezukunft

Es ist ein regnerischer Samstag in Brixton, einem Londoner Stadtteil südlich der Themse, zwei Tage nach unserem Besuch in Brondesbury Park. In einem Künstleratelier, das sich im backsteinernen Bogen eines Bahnviadukts befindet, stehen zehn junge Menschen um einen Holztisch, in der Hand hält jeder einen Lötkolben. Konzentration ist gefragt – denn die Aufgabe besteht darin, zwei Solarzellen zu kontaktieren, damit der Strom durchfließen kann. Ein dünner Aluminiumstreifen muss an beiden Platten angelötet werden – eine Arbeit, die viel Fingerspitzengefühl erfordert. Es ist das erste Mal, dass die jungen Leute Solarzellen in der Hand halten und damit arbeiten, und es bereitet ihnen einen Riesenspaß.

«Wir statten junge Menschen mit den Fertigkeiten aus, die sie für ihr Vorankommen benötigen.»

Sian Palmer, Koordinatorin des Trainingsprogramms von «Energy Garden»

Der Workshop ist Teil eines Trainingsprogramms für junge Londoner zwischen 18 und 24 Jahren, das Energy Garden anbietet, erklärt Sian Palmer, dessen Koordinatorin. In einem mehrmonatigen Kurs werden die Teilnehmerinnen und Teilnehmer in die Welt der Energiekooperativen und grünen Wirtschaft eingeführt. Sie lernen etwa, wie der globale Strommarkt funktioniert, warum die herkömmliche Energieerzeugung die Luft verschmutzt, wie die Umweltgesetzgebung aussieht oder welche genossenschaftlichen Finanzierungsmodelle es gibt. Zudem finden Lehrgänge über Biodiversität und Gartenarbeit statt – es ist eine Art Crashkurs in Nachhaltigkeit, der die Jugendlichen inspirieren soll, selbst in diesem Sektor tätig zu werden.

Heute zeigt ihnen das Team von Energy Garden, wie Solarzellen Strom erzeugen und wie man selbst eine baut. Neben Sian Palmer und Agamemnon Otero ist auch Ben Phillips, der technische Berater, da. Er wird nach der Mittagspause demonstrieren, wie man die Solarzellen an eine Wasserpumpe anschließt. «Das Ausbildungsprogramm stattet junge Menschen mit Fertigkeiten aus, die ihnen im Job, Studium oder in eigenen Projekten, die sie aufbauen wollen, helfen können.», sagt Palmer. Gesponsert wird der Kurs von einer Investmentfirma, die nachhaltige Unternehmen unterstützt. Die Jugendlichen werden im Anschluss die Möglichkeit erhalten, mehrmonatige Berufserfahrung in Wind-, Solar-, Biogas- oder Cleantech-Firmen zu sammeln.



Kunterbunte Truppe: Die Jugendlichen in Agamemnon Oteros Solarzellen-Workshop in Brixton gehören ethnischen Minderheiten an und sind besonders von sozialer Benachteiligung betroffen.

Workshop-Teilnehmerin Marnie zeigt stolz die Solarzellen, die sie im Workshop erfolgreich zusammengelötet hat.



Jalil, ein charismatischer 22-Jähriger mit Cornrow-Zöpfen, dem gerade eine Solarzelle zerbrochen ist, arbeitet sonst als Musiker im Osten von London. Er wuchs in der Sozialsiedlung «Banister House» im Stadtbezirk Hackney auf, wo er noch heute wohnt. Als Oteros Repowering-Projekt sich vor rund fünf Jahren daran machte, Solarzellen auf den Dächern seines Blocks zu installieren, war Jalil einer derjenigen Bewohner, die beim Aufbau mit halfen und Mitglied der Energie-Kooperative wurden. Vor einigen Wochen erzählte ihm Otero von diesem Kurs – und Jalil war Feuer und Flamme. «Erneuerbare Energien sind die Zukunftsbranche», sagt er, und er möchte darin tätig werden – als zweites Standbein neben seiner Musikkarriere. «Ich will alles lernen über neue Arten der Energiegewinnung, mich interessiert vor allem die finanzielle Seite. Mein Ziel ist es, die Wirtschaft nachhaltiger zu machen und deren Profite in sinnvolle Projekte zu stecken.»

Faire Chancen – gerade für Benachteiligte

Der Kurs dauert insgesamt 40 Stunden, verteilt über drei Monate. Das Programm steht jungen Londonern aus ethnischen Minderheiten offen – einer Gruppe, die in der multikulturellen Metropole einen Großteil der Bevölkerung ausmacht, die aber noch immer stark benachteiligt ist: Die Leute sind im Durchschnitt ärmer und weniger gut ausgebildet, außerdem leben sie in schlechteren Wohnverhältnissen. In dem Kurs lernen die Jugendlichen auch, sich auf den Arbeitsmarkt vorzubereiten – etwa wie man einen Lebenslauf verfasst oder was man in einem Jobinterview zu beachten hat. «Besonders wichtig ist uns», so Sian Palmer, «dass die Teilnehmer für die Zeit, die sie investieren, bezahlt werden. Und zwar nicht nur den

Mindestlohn, sondern den «London Living Wage».» Dieser beträgt 10,85 Pfund pro Stunde (rund 12,60 Euro) und soll jedem in der teuren Stadt ein angemessenes Einkommen garantieren.

Auch im Ausbildungsprogramm setzt Energy Garden auf die Eigeninitiative der Teilnehmer: «Wir sagen ihnen nicht, was richtig oder falsch ist», erklärt Otero. «Stattdessen zeigen wir ihnen, was passiert – zum Beispiel wie die Stromerzeugung in unserer Gesellschaft funktioniert. Oder warum die Leute so viel für ihre Stromrechnung bezahlen. Dann können sie ihre eigenen Schlüsse daraus ziehen.» So schaffe man den gesellschaftlichen Wandel: «Indem man den Leuten die Werkzeuge in die Hand gibt, um die richtigen Fragen zu stellen. Und am Ende jedes Kurses sagen sie mir: «Wieso lernen wir das nicht in der Schule?»»

Im Energy Garden am Bahnhof Brondesbury Park sind die Gärtner noch immer eifrig beschäftigt: Die einen wässern die Fliederbüsche, andere pflanzen Wildblumen. «Wir setzen gerade Klappertopf, denn der schwächt die Wurzeln der Gräser und gibt den Blumen dadurch mehr Raum, um zu wachsen», erklärt Naomi Paine. «So sorgen wir für mehr Vielfalt.» Die Atmosphäre ist entspannt, auch beim Löcherbuddeln wird geplaudert und gelacht. Derweil ist Agamemnon Otero schon wieder dabei, neue Kontakte zu knüpfen. Ein Gemeinderat ist zu Besuch und will die Genossenschaft dazu bringen, eine ungenutzte Fläche neben den Bahngleisen in der Nachbarschaft Kensal Rise zu einem Energy Garden umzugestalten. «Klar, das übernehmen wir gerne», sagt Otero mit seinem breiten Lächeln. «Das wird Spaß machen!»



Diesen Artikel mit weiteren Fotos finden Sie auch online:

www.ews-schoenau.de/magazin/energy-garden





ZUR SACHE

DAS WUNDERREICH DER PILZE

EIN BERICHT VON REBECCA HAHN

OB ALS NÄHRSTOFFLIEFERANTEN, BODENVERBESSERER ODER GAR
ALS SCHADSTOFFPUFFER: PILZE SIND WAHRE ALLESKÖNNER. UND AUCH FÜR
DAS KLIMA WIRKEN SIE IM VERBORGENEN.

Mitte der 1980er-Jahre sah François Buscot die geheime Welt der Pilze erstmals mit eigenen Augen: Für seine Promotion forschte der Bodenbiologe zu Speisemorcheln, als er eines Tages einfach anfang, vorsichtig unter den Pilzen zu buddeln. Dort stieß er auf das Myzel, ein wurzelartiges Geflecht aus Zellfäden. Buscot grub weiter und verfolgte, wie sich die Stränge durch den Boden wanden – direkt bis zu den Wurzeln der umliegenden Bäume. «Da habe ich angefangen, mich für die Wechselwirkungen zwischen Pilzen und Pflanzen zu interessieren», erzählt der Ökologe, der heute das Department Bodenökologie am Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ) in Halle an der Saale leitet.

Das unterirdische Netzwerk der Pilze liegt normalerweise im Verborgenen. Sichtbar sind lediglich ihre Fruchtkörper, die bei günstiger Witterung aus dem Boden schießen. Fliegenpilze, Champignons und Pfifferlinge bilden jedoch nur die Spitze des Eisbergs: In Wirklichkeit durchziehen Pilze mit ihren Zellfäden, den sogenannten Hyphen, jeden Winkel des Erdreichs.

Was Buscot an jenem Tag freilegte, war eine sogenannte Mykorrhiza – eine symbiotische Verbindung aus Pflanzenwurzeln und Hyphen, die für den Nährstoffaustausch von Pflanzen und Pilzen sorgt. Auch darüber hinaus spielen Pilze eine tragende Rolle im Ökosystem: Als «Müllabfuhr des Waldes» sorgen sie dafür, dass abgestorbene Pflanzenreste abgebaut werden können. Außerdem helfen sie dabei, mehr Kohlenstoff im Boden einzulagern und Pflanzen bei Dürre und anderen Extrembedingungen widerstandsfähiger zu machen. Nicht zuletzt im Kampf gegen den Klimawandel und seine Folgen könnte Pilzen deshalb noch eine Schlüsselrolle zukommen.



Der Ökologe
François Buscot
Foto: Sebastian
Wiedling / UFZ

Pflanzen und Pilze – eine uralte Partnerschaft

Schon vor über vierhundert Millionen Jahren halfen Pilze den ersten Landpflanzen dabei, die Kontinente zu besiedeln. Im Ozean hatten die Pflanzen zuvor in einer Nährlösung gebadet, aus der sie mühelos Nährstoffe aufnehmen konnten. An Land waren die nötigen Mineralien für die Pflanzen allerdings kaum zu erreichen, steckten sie doch im Gestein fest. Pilze kamen hier als hilfreiche Partner ins Spiel: Denn nur sie können mit ihren hauchfeinen Zellfäden auch in winzigste Gesteinsporen vordringen und die Nährstoffe darin aufnehmen. Über die Mykorrhiza gaben die Pilze schließlich die Mineralien an die Pflanzen ab. Die wiederum versorgten die Pilze im Gegenzug mit Zucker, den diese nicht selbst herstellen können – weil Pilze, anders als Pflanzen, keine Photosynthese betreiben.

Pilznetzwerke – Nahrungslieferanten und Beschützer

Bis heute ist es bei dieser Arbeitsteilung geblieben: Schätzungsweise 80 bis 90 Prozent aller bekannten Pflanzenarten sind nach wie vor auf die Zusammenarbeit mit Pilzen angewiesen, weil sie selbst nicht dazu imstande sind, mit ihren Wurzeln in die feinen Bodenporen vorzudringen. Stattdessen verbinden sie sich mit den Pilzhypen, wodurch sie indirekt die Oberfläche ihrer Wurzeln vergrößern und so mehr Wasser und Nährstoffe – insbesondere Phosphat und Stickstoff – aufnehmen können. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass die Pflanzen durch die Mykorrhiza vor Schadstoffen geschützt werden. Die Pilze nehmen zum Beispiel Schwermetalle auf, die ansonsten die Pflanzen schädigen würden. Auch gegen Krankheitserreger und Frost sind Pflanzen dank der Symbiose mit den Pilzen besser gewappnet.

Das schützende Netzwerk aus Pilzfäden ist dicht gespannt: Insgesamt ziehen sich unter einem Quadratmeter Boden mehrere Tausend Kilometer Hyphen entlang. Besonders reich an Pilzen ist der Waldboden, was sich auch positiv auf das Wachstum der Bäume auszuwirken scheint: Wie ein Team deutscher und kanadischer Biologen zeigte, tragen Mykorrhiza-Pilze dazu bei, dass Bäume zügiger Biomasse aufbauen können. Je dichter das Pilzgeflecht an ihren Wurzeln ist, umso schneller wachsen die Bäume und umso widerstandsfähiger sind sie zum Beispiel gegen Trockenheit. Das Mykorrhiza-Netzwerk unter Wäldern könnte auf diese Weise die Auswirkungen des Klimawandels abfedern, vermuten die Forscher.

Vorherige Doppelseite:

Eine «Krause Glucke» in einem hessischen Wald • Foto: Meike Piepenbring

Der Pilz – weder Tier noch Pflanze

Pilze sind neben Pflanzen und Tieren die dritte tragende Säule jedes Ökosystems. Lange wurden sie zu den Pflanzen gezählt, dabei bilden sie in der Systematik der Lebewesen eine eigene Gruppe. Anders als Pflanzen können Pilze keine Photosynthese betreiben und müssen deshalb – wie Tiere – organische Nährstoffe aufnehmen. Von Tieren unterscheiden sich Pilze wiederum dadurch, dass sie kein Zellgewebe, sondern ein Geflecht aus dünnen Zellfäden ausbilden.

Foto: Endrik Baublies / Alamy Stock



Pilze bringen den Kohlenstoff in den Boden

Sicher ist, dass Pilze dabei helfen, mehr Kohlenstoff im Boden zu speichern. «Sowohl Bakterien als auch Pilze sind für die Humusbildung wichtig, aber den Pilzen kommt dabei eine Schlüsselrolle zu», sagt François Buscot. Versuche würden zeigen, wie Pilze Kohlenstoff in ihre Biomasse einbauen und dabei in tiefere Bodenschichten einlagern. Vor allem in Wäldern, wo das Bodenleben von Pilzen dominiert werde, würde das Erdreich viel mehr Kohlenstoff speichern als in anderen Ökosystemen, so Buscot. «Deshalb sind Waldböden auch immer wieder ein Thema, wenn es darum geht, wie dem Klimawandel entgegengewirkt und langfristig Kohlenstoff gespeichert werden kann.» Eine Studie in Schweden ergab, dass fünfzig bis siebzig Prozent des im Boden gespeicherten Kohlenstoffs nicht durch herabfallendes Laub und andere tote Pflanzenreste, sondern direkt über die Wurzeln und die damit verbundenen Mykorrhiza-Pilze in das Erdreich gelangen.

Das Pilzgeflecht im Waldboden ist auch deshalb von Bedeutung, weil der Wald sonst früher oder später an sich selbst ersticken würde. Denn nicht alle Pilze leben in Symbiose mit den Bäumen. Manche machen sich stattdessen über das abgestorbene Holz her. Ohne diese sogenannten Saprobionten würden tote Bäume einfach liegen bleiben, ohne sich zu zersetzen. «Pilze sind eigentlich die einzigen Organismen, die Holz effizient abbauen können», sagt Marco Thines, Präsident der «Deutschen

Gesellschaft für Mykologie». Nur mit einem Cocktail verschiedener Enzyme gelingt es Pilzen, das Lignin – also den Stoff, der Holz seine Festigkeit verleiht – zu zersetzen. Damit würden sie auch Lebensräume für viele Tierarten wie Juchtenkäfer, Hirschkäfer oder Fledermäuse schaffen, so Thines.

«Pilze können Baumarten erkennen und auswählen.»

Prof. François Buscot, Ökologe am Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung in Halle an der Saale

Die verschiedenen Pilzarten, die Totholz zersetzen, scheinen offenbar zu wissen, ob sie es mit einer abgestorbenen Buche, Kiefer oder Eiche zu tun haben. «Vor Kurzem haben wir herausgefunden, dass diese Pilze eine sehr hohe Artspezifität haben», erzählt François Buscot. «Sie sind also in der Lage, die jeweilige Baumart zu erkennen und spezifisch auszuwählen.»

Parasitäre Pilze sorgen für Artenvielfalt

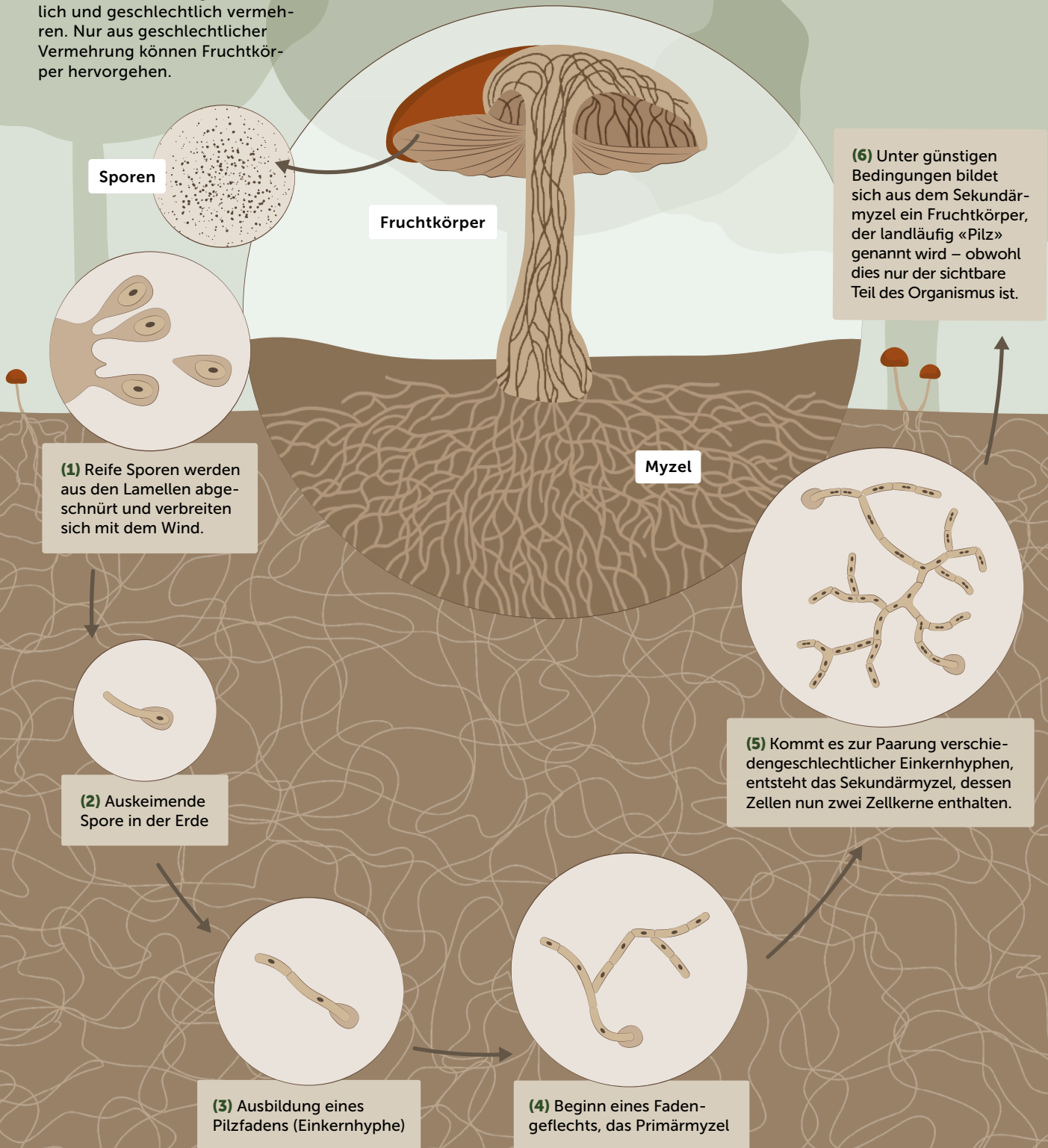
Neben den Pilzarten, die mit Pflanzen in Symbiose leben, und jenen Arten, die sich von abgestorbenen Pflanzenresten ernähren, gibt es noch eine dritte Gruppe: die Pflanzenparasiten. «Parasitäre Pilze greifen vor allem Pflanzen an, die zu dominant werden», erklärt Buscot. Das liegt daran, dass die Pilze sich leichter verbreiten können,

Waldbodenunterwelten

Illustration: Jana Evers

Vermehrung der Pilze

Pilze können sich ungeschlechtlich und geschlechtlich vermehren. Nur aus geschlechtlicher Vermehrung können Fruchtkörper hervorgehen.



Mykorrhiza-Pilze

Der Begriff Mykorrhiza setzt sich aus den beiden griechischen Wörtern für Pilz (mykes) und Wurzel (rhiza) zusammen.

Nicht alle Mykorrhiza-Pilze bilden auch Fruchtkörper aus.

Wurzelsymbiose

Die in mitteleuropäischen Wäldern am häufigsten vorkommenden Mykorrhiza-Pilze legen sich wie ein Mantel um die Feinwurzeln von Bäumen. Da sie tief in den Boden reichen, können sie deren Wurzelwerk deutlich vergrößern. Zudem schützen sie ihren Wirt vor Schadstoffen und Infektionen.

Speicherung von Kohlenstoff

Mykorrhiza-Pilze stellen einen wichtigen Kohlenstoffspeicher dar, da sie 25 bis 50 Prozent der von den Bäumen erzeugten Zuckermoleküle und den darin enthaltenen Kohlenstoff aufnehmen und äußerst langlebig sind. Wissenschaftler der Universität Leiden schätzen, dass mit dieser Pflanzen-Pilz-Symbiose weltweit 350 Gigatonnen Kohlenstoff im Boden gespeichert sind.



MINERALIEN

H₂O

GLUKOSE

C

C

C

Austausch von Nährstoffen

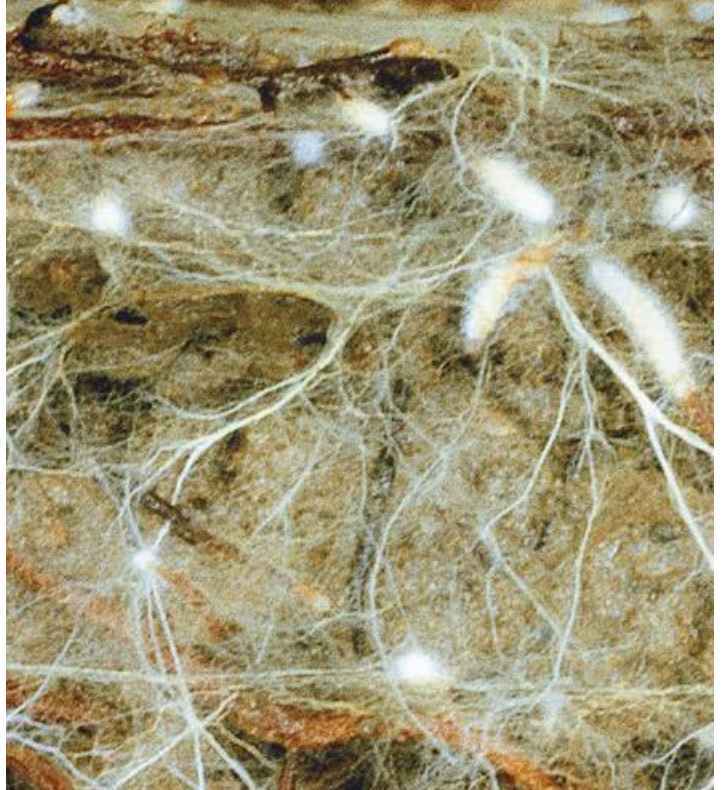
Mit ihrer extrem feinen Struktur und ihrer großen Reichweite können Mykorrhiza-Pilze für den Baum deutlich mehr Mineralstoffe und Wasser aus dem Boden lösen. Im Gegenzug werden sie vom Baum mit Kohlenhydraten versorgt.



Links oben: Der «Dunkelscheibige Fäbbling» kommt vor allem in Nadelwäldern vor.



Links unten: Unter dem Mikroskop wird sein dichtes Netz von Mykorrhiza-Fäden sichtbar, das sich um die äußersten Feinwurzeln des Baumes legt.



Die Hyphen eines Mykorrhiza-Pilzes können – anders als Baumwurzeln – selbst noch in feinsten Bodenporen vordringen. Der Pilz vergrößert dadurch indirekt das Wurzelnetzwerk, sodass mehr Wasser und Nährstoffe aufgenommen werden können.

Alle Fotos auf dieser Seite: Simon Egli und Ivano Brunner / wsl.ch

wenn viele Pflanzen derselben Art auf engem Raum vorkommen. Auf diese Weise sorgen die Pilze dafür, dass in naturnahen Ökosystemen eine höhere Pflanzenvielfalt erhalten bleibt. Auf Äckern und Feldern jedoch sind parasitäre Pilze dazu in der Lage, große Schäden anzurichten, weshalb häufig Pestizide gegen sie eingesetzt werden. Im Gegensatz zu Insektiziden gebe es bei diesen Mitteln allerdings keinerlei Verträglichkeitsprüfungen, sagt Marco Thines. Stattdessen würden meistens Breitbandfungizide verwendet, die fast alle Pilzarten, darunter auch die unschädlichen, vernichten. Und auch zu hohe Düngereinträge können empfindlichen Pilzarten schaden: In Studien wurde nachgewiesen, dass eine zu starke Düngung mit Stickstoff die Menge der Mykorrhiza-Pilze deutlich zurückgehen lässt.

Doch auch die Pilze des Waldes sind durch die starke forstliche Bewirtschaftung gefährdet. «Wenn alles Totholz aus den Wäldern entfernt wird, kann das den Pilzgemeinschaften gefährlich werden», warnt Thines. Denn dadurch fehle vielen Pilzen die Lebensgrundlage.

Nicht einmal fünf Prozent der Pilzarten sind beschrieben

Welche Folgen die intensive und hauptsächlich auf Monokulturen setzende Land- und Forstwirtschaft auf die dort verbreiteten Pilze hat, lässt sich kaum abschätzen – auch deshalb, weil die allermeisten Pilzarten noch gar nicht bekannt und beschrieben sind. «Wenn ich zwei Löffel Matsch aus dem Straßengraben nehme und untersuche, finde ich mit Sicherheit zwei neue Pilzarten darin», sagt Marco Thines.

«Tatsächlich ist die Pilzforschung zum großen Teil noch Grundlagenforschung.»

Prof. Marco Thines, Mykologe an der Goethe-Universität Frankfurt am Main

Bekannt sind heute etwa 140.000 Pilzarten – und damit nur ein Bruchteil aller Arten: Weltweit existieren schätzungsweise 3,2 Millionen verschiedene Pilze, vermuten Forscher aufgrund von Boden- und Wasserproben, in denen mithilfe von DNA-Analysen alle darin vorhandenen Organismen erfasst werden können. Auch zeigen Studien, bei denen alle Pflanzen und Pilze in bestimmten Gebieten systematisch erfasst wurden, dass die Zahl der Pilze die der Pflanzen um das Neun- bis Zehnfache übersteigt.

Selbst in den abgelegensten Regionen der Erde kommen Pilze vor: In den Alpen fanden Forscher in Höhenlagen von bis zu 3.000 Metern noch Mykorrhiza-Pilze im Boden, auch unter arktischen Gletschern wurden schon winzige Pilze entdeckt, sogar im Meer und im Grundwasser existieren sie.

Die enorme Vielzahl der noch unbeschriebenen Pilze stellt Mykologen vor eine Herausforderung. «Tatsächlich ist die Pilzforschung zum großen Teil noch Grundlagenforschung», erzählt Thines. «Wir können noch gar keine Forschungsfragen entwickeln, weil unbekannt ist, was es an Pilzen überhaupt gibt.» Konservativen Schätzungen zufolge haben Pilzforscher noch mindestens 200 Jahre damit zu tun, die Artenvielfalt der Pilze überhaupt zu beschreiben.

Pilzforschung – ein langwieriges Unterfangen

Eine Forscherin, die dazu beiträgt, ist Meike Piepenbring. Die Biologin arbeitet an der Goethe-Universität Frankfurt am Main und forscht seit ihrer Promotionszeit vor knapp dreißig Jahren zu Pilzen. «Damals war ich das erste Mal in den Tropen», erzählt Piepenbring. In Panama und Ecuador, ebenso wie vor ihrer Haustür in Hessen, erforscht sie seither die Vielfalt der Pilze.

Das ist häufig eine mühevoll Aufgabe: «Wenn wir einen neuen Pilz entdecken, müssen wir zuerst herausfinden, zu welcher Gruppe er gehört», sagt sie. Dazu ist es erforderlich, die Pilze im frischen Zustand zu beschreiben, zu fotografieren und zu analysieren. Anschließend würden die Pilze getrocknet und aufbewahrt, damit sie bei Bedarf auch später noch mit anderen Funden verglichen werden können. «Wir untersuchen die Pilze mit dem Lichtmikroskop», erzählt Piepenbring. «Dabei vermessen wir zum Beispiel die Sporen und andere mikroskopische Merkmale.»

Ebenfalls wichtig sei es, die Pilze auch zu zeichnen. Die Fotoqualität habe sich zwar verbessert, aber das wissenschaftliche Zeichnen sei gerade in Bezug auf die zellulären Strukturen von Pilzen unverzichtbar. «Zu den strukturellen Merkmalen des Pilzes kommen die molekularen Sequenzdaten», erklärt die Mykologin. «Wir sequenzieren ausgewählte Regionen des Genoms, die mit Vergleichsdaten aus der entsprechenden Pilzgruppe abgeglichen werden.» Erst wenn weder in der Literatur noch bei den in Herbarien aufbewahrten Pilzbelegen dieselbe Art auftaucht, können Piepenbring und ihr Team den Fund als neue Art beschreiben.

So viele unerforschte Pilzarten es noch zu entdecken gilt, so viele Möglichkeiten gibt es auch für deren Anwendung, vermuten Pilzforscher. «Pilze sind biotechnologische Toporganismen», schwärmt Marco Thines. Allein mit Hefepilzen – winzig kleine Pilze, die nur aus einer einzelnen Zelle bestehen – würden in Deutschland jedes Jahr Hunderte von Millionen Euro erwirtschaftet, etwa in Form von Brot oder Alkohol.

«Pilze sind die allerbesten Chemiker der Natur.»

Prof. Marco Thines, Mykologe an der Goethe-Universität Frankfurt am Main

Außerdem gingen laut Thines gut 30 Prozent der bisher entwickelten Antibiotika auf die Stoffwechselprodukte von Pilzen zurück. «Es ist unglaublich, was für komplexe Naturstoffe sie herstellen können und wie wenige davon bisher genutzt werden. Wir schöpfen im Moment nicht mal ein Promille der Möglichkeiten aus.» In Zukunft könnten zum Beispiel auch sogenannte endophytische Pilze noch stärker in den Fokus geraten. Sie finden sich – ähnlich wie parasitäre Pilze – in lebenden Pflanzen, allerdings ohne diese zu schädigen. «Endophytische Pilze kommen in den Blättern, den Wurzeln und im Holz von Pflanzen vor», erzählt François Buscot. «Sie bilden im Grunde eine mikrobielle Gemeinschaft – ähnlich, wie wir es vom Mikrobiom in unserem Darmtrakt kennen.»

Eine innere Apotheke für Pflanzen

Faszinierend sei, dass sich die Pilze in den unterschiedlichen Teilen der Pflanzen sehr spezifisch ausbilden: «In der Wurzel eines Baums finden wir eine andere Pilzgemeinschaft als in seinen Blättern», erklärt Buscot. Noch ist nicht klar, wie die endophytischen Pilze überhaupt in das Pflanzengewebe gelangen. Studien zeigen aber, dass sie Stoffe produzieren, um die Pflanzen gegen Fressfeinde, Bakterien und parasitäre Pilze zu schützen. Auch helfen die Pilze ihren Wirten dabei, sich an extreme Habitate anzupassen. Zukünftig könnten diese Wechselbeziehungen dazu genutzt werden, um Pflanzen zu züchten, die zum Beispiel besser gegen Trockenheit und hohe Salzgehalte im Boden gewappnet sind.

Es wäre nur eine von vielen Nutzungsmöglichkeiten für den Menschen: In der Vergangenheit wurden etwa Zunderschwämme verwendet, um Glut zu entfachen und zu halten. In Zukunft ließen sich ganze Häuser aus

Pilzmaterial bauen. Und auch in der menschlichen Ernährung könnten Pilze generell eine noch größere Rolle spielen als bislang, meint Meike Piepenbring – gerade im Hinblick auf den Ressourcenverbrauch und die Klimaemissionen durch die Viehwirtschaft. «Speisepilze bilden eine spannende Alternative zu Fleisch: Sie sind eiweißreich und enthalten viele gesunde Vitamine und Mineralien. Gleichzeitig können sie umweltschonend gezüchtet werden, weil sie totes organisches Material für ihre Entwicklung nutzen.» Man könne Pilze zum Beispiel mit Resten aus der Landwirtschaft füttern.

Ein weltweites Frühwarnsystem für Biodiversität

Auch abseits gezielter Pilzzuchten gilt es, Pilze zu hegen und zu schützen. «Wenn die Bodenorganismen verschwinden, werden die Ökosysteme schon bald an Leistung einbüßen», warnen nämlich Buscot und seine Kollegen in der Fachzeitschrift «Science». Gemeinsam mit einer internationalen Forschergemeinschaft möchte der Ökologe dazu beitragen, das zu verhindern – und zwar mithilfe von «Soil BON», einem 2021 ins Leben gerufenen Monitoring- und Indikatorensystem, das durch einheitliche globale Standards die systematische Beobachtung der Artenvielfalt ermöglichen soll. «Wir wollen die Biodiversität in Böden in den Fokus der Schutzbemühungen rücken. Dazu müssen wir den politischen Entscheidungsträgern die notwendigen Informationen zur Verfügung stellen», so Nico Eisenhauer, Forschungsgruppenleiter am Deutschen Zentrum für integrative Biodiversitätsforschung Halle-Jena-Leipzig.

Es ist zu hoffen, dass diese Bemühungen Früchte tragen. Denn schließlich helfen Pilze nicht nur dabei, Pflanzen zu ernähren und zu schützen, Kohlenstoff in Böden zu speichern, die Artenvielfalt zu erhalten und die Naturkreisläufe zu stabilisieren: Sie sind auch von unermesslichem Nutzen für unsere Ernährung und die Medizin. In den knapp 40 Jahren, seit François Buscot im Zuge seiner Promotion erstmals die Funktionsweise des Myzels zu erkunden begann, ist das Wissen um die Vielfalt und die zahlreichen Wechselwirkungen des Pilzreichs mit anderen Organismen zwar rapide gewachsen – doch unser Kenntnisstand darüber, wie dieses Reich zu schützen und zu erhalten sei, ist noch ganz am Anfang.



Diesen Artikel mit weiteren Fotos finden Sie auch online: www.ews-schoenau.de/magazin/pilze



Der größte Organismus der Welt:
Kanadische Biologen konnten die Ausdehnung
einer einzelnen Hallimasch-Kolonie in Michigan /
USA auf 37 Hektar bestimmen. Sie schätzen
das Gewicht des Pilzmyzels auf 1.000 Tonnen,
das Alter auf 2.500 Jahre. Hier abgebildet ist
eine Kolonie aus derselben Gattung, die auch
Honigpilze genannt werden. * Foto: Panther
Media GmbH / Alamy Stock

ZUM GLÜCK

«DIE ZEIT DER PILZE WIRD KOMMEN»

EIN BERICHT VON ANNE BACKHAUS
FOTOS VON NORA KLEIN

KOMPLETT RECYCELBARE BAUSTOFFE SIND FÜR DEN ARCHITEKTEN
DIRK E. HEBEL MEHR ALS EINE VISION. ER ENTWICKELT SOLCHE MATERIALIEN –
AUS DEM WURZELWERK VON PILZEN.



Dirk Hebel hat einen Traum: irgendwann durch einen beliebigen Baumarkt in Deutschland zu laufen und dort den Früchten seiner Arbeit zu begegnen. «Ich möchte gerne noch erleben, dass es bestimmte Materialien und ein bestimmtes Denken in die Mitte der Gesellschaft geschafft haben», sagt er. Der Baumarkt ist für den 50-Jährigen ein guter Gradmesser für ebendiese Mitte. Das, was im Baumarkt angeboten wird, ist von den meisten Menschen akzeptiert. Das, was Hebel erforscht, noch nicht.

Der Professor für Nachhaltiges Bauen am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) arbeitet an der Stadt der Zukunft. Seine Vision ist ein Paradigmenwechsel im Gebäudebau: Wohnungen, Mehrfamilienhäuser und Bürogebäude, die so konstruiert sind, dass sie ohne Weiteres wieder auseinandergenommen und ihr Baumaterial für neue Projekte verwertet werden kann. Oder einfach kompostiert. Kurz: die Baubranche als Kreislaufwirtschaft.

Bei dieser Zukunftsvision spielen Pilze eine besondere Rolle. Genauer ihr Wurzelwerk, das sogenannte Myzel. Dirk Hebel produziert daraus unter anderem biologisch abbaubare Dämmungen, Spanplatten und Bausteine. Einige dieser Steine liegen auf dem großen, weißen Besprechungstisch in seinem lichtdurchfluteten Büro am KIT. Es ist früh am Morgen. Hebel hat gerade noch mit einem Studenten einen Bauentwurf besprochen, auf versteckte Kosten hingewiesen, Tipps gegeben. Später muss er zu einigen Sitzungen. Am Abend wird er als Dekan der Fakultät für Architektur an der Verabschiedung eines Kollegen teilnehmen. Ihm ist anzumerken, dass die Zeit knapp ist. Als er sich zu den Pilzblöcken setzt, ist er jedoch ganz bei der Sache. Hält die Mustersteine hoch, erklärt ruhig die Unterschiede, spricht begeistert von ihrer Beschaffenheit und den ganz besonderen Eigenschaften.

Nur auf den ersten Blick befremdlich

Die meisten der Blöcke haben die Abmessungen eines typischen Ziegelsteins. Das hat einen einfachen Grund: Einen Ziegelstein haben viele Menschen schon gesehen oder in den Händen gehalten. So lässt sich der «Pilz-Stein» gut vergleichen. «Diese hier sind völlig unbehandelt, damit man den Pilz sieht», sagt Hebel. «Wenn wir ein Haus daraus bauen, ist das Material natürlich nicht zu sehen. Man hat ja auch selten unverputzte Betonsteine als Wohnzimmerwand.» Außerdem muss die Oberfläche versiegelt werden, damit das organische Material, ähnlich wie

Holz, vor Nässe geschützt ist. Hebel sagt das aber auch, weil die Pilz-Steine auf den ersten Blick etwas befremdlich wirken können: wegen ihrer Farbe – sie sind weiß-gelb und werden aufgrund ihrer fluffigen Oberfläche gerne mit Camembert verglichen – und wegen ihres leicht muffigen Geruchs. Obwohl unbehandeltes Holz auch nicht unbedingt immer angenehm duftet, ist die Skepsis bei Pilzen gemeinhin größer. Kein Wunder, denn für Bauherren ist «Pilz» zunächst ein Reizwort, zudem ekeln sich manche Menschen vor Pilzen. Doch Hebel kann da beruhigen: Das Material in den Bausteinen ist tot, kann nicht weiterwachsen und somit natürlich auch keinen Schaden anrichten.

Ein Baustoff, so leicht wie Reiswaffeln

Gleich darauf fällt ihr Gewicht auf. Die Pilz-Ziegel lassen sich leicht anheben. Manche erinnern an eine Reiswaffel, andere wiegen mehr, sind etwas kompakter. Das hängt davon ab, um welches Grundmaterial sich die Pilzwurzeln entwickelt haben. Denn nur rund ein Zehntel der Steine besteht aus Pilz, der Rest ist organisches Material. Die Herstellung ist letztlich einfach: Im Labor füllen Dirk Hebel und sein Team Holzspäne, Hanf, Reishülsen, Bambus oder einen anderen pflanzlichen Grundstoff zusammen mit einem Zuschlagstoff wie Kleie in handliche Plastiktüten. Dazu kommt dann ein sogenannter weiß verfaulender Pilz. Wie der Reishi, auch Glänzender Lackporling (*Ganoderma lucidum*) genannt, oder die Schmetterlings-Tramete (*Trametes versicolor*), die in der Natur beispielsweise an abgestorbenen Baumstümpfen zu finden sind. Sie lassen sich aber auch im Labor gut züchten. Dort wachsen sie in einer Petrischale heran, werden dann in kleine Stücke geschnitten und unter die leicht angefeuchtete Grundmischung gehoben. Die durchsichtigen Tüten verschließt man schließlich, bis auf eine schmale, mit Watte geschützte Luftzufuhr. In wenigen Tagen ist von außen bereits erkennbar, wie sich das Myzel in weißen Fäden ausbreitet.

Das Myzel als biologischer Kleber

«Der Pilz fängt schnell an, sich da durchzuwurschteln. Er ernährt sich von den Zuckerstoffen in dem organischen Grundmaterial», sagt Dirk Hebel. «Das Tolle an Pilzen ist: Sobald sich ihre Hyphen treffen, das sind die fadenförmigen Wurzeln des Myzels, weichen sie sich nicht aus. Sie wachsen durcheinander durch – als ob man beim Weben eines Teppichs an jeder Fadenkreuzung zusätzlich einen

festen Knoten macht.» Hebel verschränkt die Finger seiner beiden Hände miteinander, als wären sie verwachsen. Diese Eigenschaft der Pilze ist ein wichtiger Bestandteil seiner Forschung. «Ich verstehe den Pilz als biologischen Kleber», erklärt Hebel. «Er verbindet andere organische Materialien miteinander. Und zwar so stark, dass am Ende eine feste Platte oder auch ein extrem belastbarer Stein entsteht.»

Einer der Bausteine auf dem Tisch vor Dirk Hebel hat eine leichte, kaum sichtbare Delle in der Oberfläche. Vor Kurzem hat ein Fernsehreporter von einer Leiter aus eine Bowlingkugel darauf geworfen. Das war ein Belastungstest. Ein Ziegel- und ein Betonstein sind dabei nahezu vollständig zu Bruch gegangen. Dem Pilz-Block hat die Kugel wenig ausgemacht. Dirk Hebel steht in dem TV-Beitrag strahlend daneben. Es ist ein Beweis dafür, wie zukunftsträchtig sein noch so junger Baustoff ist.

Im Jahr 2014 hat Hebel erste Versuche mit Pilzen gemacht, unter anderem inspiriert von dem US-amerikanischen Künstler Philip Ross, der aus Myzel Stühle und Tische baute und ihm Tipps für den Fabrikationsprozess gab. Ross gründete einige Jahre später seine Firma «Mycoworks», die heute zum Beispiel veganes Pilz-Leder für hochwertige Luxushandtaschen produziert. Hebel, ganz Professor, hatte hingegen nie Interesse daran, mit dem Baustoff Pilz das große Geld zu machen. Für ihn ist die Erforschung des Myzels von entscheidendem Wert – und so etablierte er 2017 sein Labor in Karlsruhe. «Der Startpunkt von all dem war aber Äthiopien», sagt er. In der Hauptstadt Addis Abeba wirkte Dirk Hebel ab 2009 als wissenschaftlicher Gründungsdirektor des «Ethiopian Institute of Architecture, Building Construction and City Development». «Dort in Ostafrika habe ich gelernt: Es gibt keinen Abfall», sagt er. «Das Wieder- und Weiterverwerten von Materialien ist in Äthiopien gesellschaftlich komplett etabliert. Da klingelten oft auch Menschen bei uns und fragten, ob ich etwas aus Metall oder aus Plastik habe, das sie verwenden könnten.»

Baumaterialien – in die Zukunft gedacht

Eines seiner Aufgabenfelder war es, neue Gebäude für die «Addis Ababa University» zu errichten. «Das hat mich auf den Boden der Tatsachen gebracht», sagt Hebel. «Die meisten Vorhaben sind daran gescheitert, dass wir kein Material bekommen haben. Die nächste Zementlieferung? In einem halben Jahr. Meine ganze Ausbildung, alles, was ich bislang gelernt hatte, konnte ich da vergessen.»

Also hat er sich nach lokalen Materialien umgesehen. Und gefragt: Wie bauen die Menschen hier? Er begann, gemeinsam mit Studierenden zweigeschossige Häuser aus Lehm, Strohplatten oder Eukalyptusholz zu konstruieren. Und er begriff, dass traditionelle Baumaterialien, kombiniert mit neuem Wissen und digitalen Techniken, eine große Chance bedeuten.

Als Hebel im Jahr 2012 als Juniorprofessor an die Eidgenössische Technische Hochschule Zürich berufen wurde, förderte ihn der dortige Uni-Präsident genau mit dieser Aufgabe: alternative Baumaterialien zu erforschen, für die Stadt der Zukunft. Er bot Dirk Hebel an, nach Singapur ans «Future Cities Laboratory» zu gehen – ein zum damaligen Zeitpunkt neues Zentrum der internationalen Kooperation, initiiert von der ETH Zürich, an dem Forschende aus Zürich und Singapur gemeinsam an der «nachhaltigen Gestaltung großer urbaner Systeme» arbeiten.

«Wir sollten den Begriff des Modernen nicht am Material, sondern am Umgang damit festmachen.»

Dirk E. Hebel, Professor für Nachhaltiges Bauen
am Karlsruher Institut für Technologie

Hebel zog mit seiner Familie nach Asien um, noch heute ist er dort als leitender Wissenschaftler eingebunden. Damals wurde er jedoch zuerst belächelt. «Die sind fast vom Stuhl gefallen, als ich gesagt habe, ich möchte an Bambus forschen», sagt Hebel und lacht. «Bambus galt damals als ein Rückschritt, eben weil es ein traditionelles Baumaterial ist. Die mit der modernen Architektur verbundenen Materialien Stahl und Glas werden nicht nur in Singapur eingesetzt, um einen ungebrochenen Fortschrittsglauben zu zelebrieren.» Es hat einige Jahre gedauert, bis Hebel zeigen konnte, dass Bambus auch ein modernes Baumaterial sein kann. Sein Ziel lautet seitdem: «Wir sollten den Begriff des Modernen nicht am Material, sondern am Umgang damit festmachen.»

Dirk Hebel ist mit seiner Forschung so weit gekommen, dass er in Deutschland zum führenden Experten für das Bauen mit Pilzen avancierte. Myzel ist kein traditioneller Baustoff, aber der Architekt kombiniert ihn zum Beispiel mit Bambus. Am eindrucksvollsten ist das am «Mycotree» zu sehen – Resultat einer Zusammenarbeit des KIT, der ETH Zürich und der auf Myzel-Materialien spezialisierten Firma «Mycotech» –, der 2017 auf der «Seoul Biennale of





Baustoffherstellung aus Pilzmyzel (im Uhrzeigersinn): 1. Der Rohstoff Hanf wird mit Weizenkleie, Wasser und einem Pilz aus der Petrischale vermengt. 2. Abgefüllt in einem Beutel mit geschützter Luftzufuhr, lagert das Gemisch in einem «Growth Room». 3. Der Pilz gedeiht in dem Rohstoff, sein weißes Wurzelwerk ist von außen bald gut zu sehen. 4. Umgefüllt in eine Plexiglasform mit Luftlöchern, wächst das Myzel schließlich zur Ziegelsteinform heran.

Architecture and Urbanism» ausgestellt wurde und dort für großes Aufsehen gesorgt hat. Die Wissenschaftler haben eine tragende Konstruktion für Dächer aus Pilz-Bausteinen und Bambus konstruiert, die veranschaulicht, dass auch ohne Verbundstoffe wie Beton effektiv und sicher gebaut werden kann.

Hebel wird nicht müde, immer wieder zu erklären, warum die Menschheit solch eine nachhaltige Form des Bauens dringend nötig hat. Dazu arbeitet er mit anderen Wissenschaftlern zusammen, hält Vorlesungen, schreibt Bücher und gibt Interviews. «Die Zementindustrie ist global gesehen einer der größten CO₂-Emittenten, das wird leider oft übersehen», sagt Hebel. «Es werden sehr viele fossile Energieträger verbrannt, wie Kohle, Öl und Gas, um aus Kalkstein Zement herzustellen. Kohlendioxid entsteht aber nicht nur dort, sondern auch durch den chemischen Umwandlungsprozess von Calciumcarbonat zu Calciumoxid, dem Hauptbestandteil des Zements.»

Gleichzeitig werden die Hauptzuschlagsstoffe Sand und Kies, die für die Betonproduktion benötigt werden, knapp. Dirk Hebel nennt das die Ressourcenlücke. «Vor fünf Jahren habe ich in meinen Vorlesungen den Sandmangel noch an Beispielen aus Marokko oder Indonesien nahegebracht», sagt Hebel. «Das muss ich heute gar nicht mehr, nun erleben wir ihn hautnah, bei uns in Deutschland.»

Ein Weg, Ressourcenlücken zu schließen

Doch nicht nur der Bau, sondern ebenso der Abriss von Gebäuden ist inzwischen problematisch. Laut Umweltbundesamt bildeten bereits im Jahr 2018 die mineralischen Bauabfälle einschließlich des Bodenaushubs, also Böden und Steine, mit 228,1 Millionen Tonnen die größte Abfallgruppe in Deutschland, Tendenz steigend. Hebel will den nicht verwertbaren Bauschutt vermeiden. Und er will dafür sorgen, dass nachwachsende Rohstoffe



Pilz-Steine als Baumaterial: Der «Mycotree» von Dirk Hebel und seinem Team wurde 2017 auf der «Seoul Biennale of Architecture and Urbanism» ausgestellt. Die tragende Konstruktion aus unter anderem Pilz und Bambus veranschaulicht, dass auch ohne Verbundstoffe wie Beton effektiv und sicher gebaut werden kann. • Foto: ETH Zürich / Silk and Salt Images

Standard werden – also irgendwann in den Baumarktregalen stehen. «Denn selbst wenn es gelingen würde, alles Material von abgerissenen Gebäuden wiederzuverwenden oder zu verwerten, würde das unseren Bedarf nicht decken», sagt er. «Diese Ressourcenlücke muss geschlossen werden – mit organischen Baustoffen, die wir mithilfe natürlicher Prozesse und Sonnenlicht kultivieren und für uns nutzen können.»

«Wir können sie einfach wieder in den biologischen Kreislauf einspeisen.»

Dirk E. Hebel, Professor für Nachhaltiges Bauen
am Karlsruher Institut für Technologie

Pilze bilden somit eine Ressource, denn sie lassen sich einfach züchten und benötigen nicht einmal eine große landwirtschaftliche Nutzfläche. In Hebels Labor stapeln

sich die Plastiktüten, in denen die Pilze durch das Grundmaterial wachsen, in einem einfachen Regal. Für eine Großproduktion würde anstatt mehrerer Hektar Land somit eine Lager- und Produktionshalle reichen. Außerdem erzeugen Bausteine und Plattenwerkstoffe auf Pilzbasis keinen Müll. «Wir können sie einfach wieder in den biologischen Kreislauf einspeisen», sagt Hebel. Also quasi auf den Kompost werfen.

Alleskönner Pilz?

Wissenschaftler der NASA, der US-Bundesbehörde für Raumfahrt und Flugwissenschaft, erforschen derzeit, ob das Bauen mit Myzel eine Option für die Besiedelung anderer Planeten sein könnte. Auch erste Unternehmen ganz abseits der Bauindustrie nutzen bereits die Vorteile des Pilz-Materials. Es lässt sich schließlich in jede erdenkliche Form bringen. Flexibilität und Festigkeit

Bereits aus Pilz gemacht

Eine kleine Auswahl an Produkten aus Myzel

- 1 «Grow-it-yourself»-Material – Set zum Selbstzüchten von Myzel * Foto: grow.bio
- 2 Myzel-Werkstoff ist stoßfest und hat einen guten Dämmwert, ist somit für die Herstellung dämmender Verpackungen bestens geeignet – hier eine Kühlbox. Foto: grown.bio
- 3 Das Unternehmen «Ecovative Design» ist Vorreiter in der Herstellung von Myzel-Materialien. Das von den New Yorkern entwickelte Leder kann bereits in industriellem Maßstab hergestellt werden. * Foto: ecovatedesign.com
- 4 Die Lampe aus der Serie «Grown», entworfen von der Designerin Danielle Trofe in Zusammenarbeit mit «Ecovative Design», kann man selbst «züchten» oder schon fertig gewachsen kaufen. * Foto: danielletrofe.com
- 5 Myzel-Leder kann wie tierisches Leder gegerbt und verarbeitet werden: Die Handtasche einer Luxusmarke besteht zu großen Teilen aus der veganen Leder-Alternative. * Foto: Coppi Barbieri / mycoworks.com
- 6 Auch für die Raumakustik ist das Pilzmaterial durch seine schallabsorbierenden Eigenschaften hervorragend geeignet. Die italienische Firma «Mogu» hat für diesen Zweck eine umfangreiche Kollektion entwickelt. * Foto: @Mogu srl. / mogu.bio



1

2



3





4



5



6



können durch Faktoren wie Lichteinfall, Nährstoffzufuhr, Temperatur und Feuchtigkeit so verändert werden, dass das Ergebnis dick und hart wie die Bausteine oder auch dünn und weich wie Leder wird. Das italienische Unternehmen «Mogu» vertreibt Wandpaneele und Bodenbeläge aus Myzelien. Bei «Ecovative Design», einem New Yorker Start-up, kann man Lampenschirme, Tische oder Stühle aus Pilzen online bestellen. Die niederländische Firma «Grown» verkauft kompostierbares Verpackungsmaterial und sogar «Grow it yourself»-Pilz-Anbau-Kits, mit denen man sich selbst einen Blumentopf wachsen lassen kann.

Myzel-Materialien auf dem Prüfstand

In dem gut vier Kilometer von Hebels Büro entfernten Labor, einem zur Hälfte unterirdischen Gebäude mit engen, dunklen Gängen und einigen weiten Räumen, machen Hebel und sein Team aus mehreren internationalen Wissenschaftlern Experimente, um die Beschaffenheit des Baumaterials weiter zu optimieren. Nachdem es in die gewünschte Form gebracht ist – bei den Ziegeln passiert das zum Beispiel in einer Plexiglasform mit Luftlöchern an der Seite, in dem das Myzel bis zur Steinform wächst –, erhitzen sie es bei bis zu 160 Grad Celsius in einem Ofen. Der Pilz stirbt ab. Was bleibt, ist seine Struktur, vergleichbar mit der Knochenmasse. Danach geht es an die Weiterverarbeitung. So werden die gebackenen Pilz-Platten beispielsweise in einer großen Presse starkem Druck ausgesetzt, danach gesägt und auf ihre Festigkeit hin untersucht.

Doch nicht nur als Ziegelstein-Ersatz könnte das neue Baumaterial dienen. Das Team arbeitet zudem an vollständig recycelbaren Platten für den Baubereich. Dafür forscht die Gruppe an einer Art flüssigem Klebstoff aus Myzel, um damit Holzwerkstoffe umweltfreundlich zu verbinden – auch das könnte Teile der Baubranche revolutionieren. Schließlich ist eine heute gängige Holzwerkstoffplatte – wie die im Baumarkt käuflichen sowie bei großen Möbelhäusern verbauten MDF- oder Spanplatten – mit synthetischen Kunstharzen verklebt, die es unmöglich machen, diese Platte später einmal zu kompostieren oder schadstofffrei zu verbrennen.

«Das ist doch verrückt», sagt Hebel. «Wir nehmen einen fantastischen Grundstoff wie Holz und machen ihn in unseren Produktionsprozessen zu Sondermüll.» Seine Wunschvorstellung: In den Fabriken wird irgendwann einfach die Kunstharz-Pumpe mit einer

Myzel-Kleber-Pumpe ausgetauscht – und schon ist die abbaubare Holzwerkstoffplatte Standard.

Ein Wettlauf mit der Zeit

Hebel weiß, dass es auch noch andere organische Stoffe gibt, die als biologische Kleber dienen könnten. «Pilze sind bestimmt nicht der einzige Weg. Die Natur hat da mehr in petto», sagt er. «Das haben wir nur noch nicht zur Marktreife gebracht.» Einen Tag pro Woche hält er sich immer für die Forschung frei, lieber wäre ihm mehr Zeit. Er hegt die Hoffnung, das Forschungslabor in den kommenden Jahren an den Campus Süd des KIT zu verlegen. Nahe seinem Büro, das er sich mit seinen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern teilt und welches – ähnlich dem Myzel – für Vernetzung steht. Denn Hebel schätzt es, sich mit anderen auszutauschen, gemeinsam Ideen zu durchdenken, mit vielen Wissenschaftlern zusammenzuarbeiten. «Nur so kommen wir voran», sagt er. «Ich möchte gar nicht alleine derjenige sein, der für das Bauen mit Pilzen steht.» Was er stattdessen möchte: «Dass wir als Gesellschaft umdenken und aufhören, ausgerechnet auf die Art und Weise des Bauens zu vertrauen, die uns erst in diese Misere gebracht hat, um einen Weg aus ihr herauszufinden. Das ist mein Antrieb, meine Motivation.»

Wenn Dirk Hebel heute durch einen beliebigen Baumarkt in Deutschland läuft, hat er eigentlich nur eine Befürchtung: «Dass wir nicht schnell genug sind. Uns läuft die Zeit davon.» Klimawandel und Ressourcenknappheit zum Trotz hat es Hebels Forschungsgegenstand noch nicht in die Mitte der Gesellschaft geschafft. Will die EU ihren Treibhausgasausstoß bis zum Jahr 2030 tatsächlich um 55 Prozent gegenüber 1990 senken und bis 2050 komplett klimaneutral sein, so kommt sie um ein grundlegendes Umdenken in der Baubranche schlichtweg nicht herum.

Dirk Hebels Ideen zu unseren Städten der Zukunft könnten die Baubranche umkremeln und dazu beitragen, dass die Klimaziele noch erreicht werden. Das wird sicher nicht von heute auf morgen geschehen – doch von einer Sache ist der Architekt überzeugt: «Die Zeit der Pilze wird kommen.» Spätestens, wenn wir in allen Baumärkten wie selbstverständlich eine ganz und gar umweltfreundliche Spanplatte kaufen können.



Diesen Artikel mit weiteren Fotos
finden Sie auch online:
www.ews-schoenau.de/magazin/pilzbaustoffe



Kay Sanvito, einer der wissenschaftlichen Mitarbeiter von Dirk Hebel, im «Growth Room» des Labors. Die Beutel und Formen mit dem Pilz-Rohstoff-Gemisch lagern hier für den Wachstumsprozess im Regal und werden täglich überprüft.

DER ERDGASAUSSTIEG MUSS KOMMEN!

EIN GASTKOMMENTAR VON NADINE BETHGE

ENTWEICHENDES METHAN MACHT FOSSILE GASE ZUM KLIMARISIKO. HÖCHSTE ZEIT, DIE INFRASTRUKTUR AM KLIMASCHUTZ AUSZURICHTEN – UND AUS ERDGAS AUSZUSTEIGEN.

Erdgas ist so dreckig wie Kohle. Nur sieht man es nicht: Weder erzeugt es Rauch, noch rieselt Ruß auf Landschaft und Häuser. Viele halten Erdgas deshalb für eine saubere Energiequelle – da kann man schnell vergessen, dass auch Erdgas klimaschädliche Emissionen verursacht. Vor allem das in die Atmosphäre gelangende Methan, das bei Gewinnung, Förderung und Transport des Erdgases entweicht, wird zu wenig in die Rechnung einbezogen. Dabei wirkt Methan kurzfristig stark klimaschädigend und trägt dazu bei, dass wir schneller als erwartet auf gefährliche klimatische Kippunkte zusteuern. Betrachtet man die CO₂-Emissionen durch Erdgasverbrennung gemeinsam mit dem längs der Lieferkette emittierenden Methan, dann ist der angebliche Klimavorteil gegenüber der Kohle schnell dahin. Und dennoch werden fleißig neue Gasleitungen gebaut, Gasheizungen installiert und Gaskraftwerke errichtet. Während bei Kohle- und Atomenergie der Ausstieg endlich beschlossene Sache ist, wollen die Verfechter fossiler Energien bei Erdgas noch einmal voll aufdrehen. Dessen ungeachtet müssen wir einen Ausstieg sofort in Angriff nehmen, um die Klimakrise abmildern zu können.

Die Lobby spielt auf Zeit

Unser Energiesystem muss umgehend fossilfrei werden. Das zeigt auch der aktuelle Bericht des Weltklimarats

IPCC in aller Klarheit und Dringlichkeit: Die Klimakrise kommt wohl noch schneller und heftiger als bislang prognostiziert. Unser Restbudget an Treibhausgasemissionen, um das in Paris verabschiedete 1,5-Grad-Ziel einzuhalten, ist so gut wie aufgebraucht.

Das sieht auch das Bundesverfassungsgericht so: Im März 2021 hat es verkündet, dass das deutsche Klimaschutzgesetz zu Teilen verfassungswidrig ist. Schon heute müsse daher mehr für das Klima getan werden, um die Lasten nicht allein auf Jüngere und kommende Generationen zu verschieben und sie damit ihrer Zukunftschancen zu berauben. Das heißt, dass all unser Handeln ab jetzt mit dem 1,5-Grad-Ziel vereinbar sein muss. Und daran muss sich auch die Energieinfrastruktur messen lassen. Daher sollte nur noch eine Infrastruktur errichtet werden, mit der sich die notwendige Reduktion der Emissionen auch tatsächlich erreichen lässt.

Doch die Realität sieht anders aus: Gezielt versucht die Erdgaslobby, sich ein grünes Image zu verpassen, indem sie suggeriert, Erdgas könne uns den Weg in eine grüne Energiezukunft bereiten. Nicht ohne Erfolg, denn die Klimabilanz von Erdgas ist für Laien schwer einzuschätzen, gerade weil Informationen zu den Methanleckagen fehlen (und auch zurückgehalten werden). Derweil baut die Fossilbranche weiter fleißig ihre Infrastruktur aus – ohne Rücksicht auf die gesetzten Klimaziele. Dies gilt insbesondere für Erdgasleitungen und

Flüssigerdgas-Terminals. Möglich machen dies Regelungslücken im Energiewirtschaftsgesetz, dem rechtlichen Rückgrat des deutschen Energiesystems. So werden in den Jahren 2020 bis 2030 rund 8,5 Milliarden Euro in neue Gasleitungen investiert, obwohl sie den Klimazielen zuwiderlaufen. Bei 60 Jahren Lebensdauer ist diese Infrastruktur auch 2080 noch vorhanden – zu einem Zeitpunkt, an dem wir längst bei Netto-Null-Emissionen angekommen sein müssen. So kann es nicht weitergehen: Wir müssen dem Erdgas die Leitung kappen und die Finanzmittel stattdessen in den Ausbau der Erneuerbaren stecken!

Klimaschutz im Gesetz verankern

Der entscheidende Hebel dafür ist das Energiewirtschaftsgesetz (EnWG). Es regelt unter anderem den Aus- und Umbau von Strom- und Gasnetzen sowie die dazugehörigen Genehmigungsverfahren. Hier muss der Klimaschutz als übergreifender Zweck des Gesetzes festgelegt werden – als Leitmotiv jeglicher Energieinfrastrukturmaßnahmen. Auch an weiteren Stellen im Energiewirtschaftsgesetz ist die Einhaltung von Klimazielen explizit einzufordern. Bei der Planung von Gasleitungen fallen bisher nur die Schlagworte «bedarfsgerechter Ausbau» und «Versorgungssicherheit» – zum Thema Klimaschutz findet man kein Wort. Also kann dem Bau von Erdgasleitungen bisher kein gesetzlicher Riegel vorgeschoben werden. Das muss sich ändern!

Zudem benötigen wir ein verlässliches Planungsziel, das eine Gasversorgung ohne fossiles Gas bis allerspätestens 2040 festschreibt. Zudem sollte Erdgas – in großem Maßstab – durch grünen Wasserstoff ersetzt werden, der auf Basis von Erneuerbaren Energien hergestellt wird.

Grüner Wasserstoff ist allerdings ein teurer und knapper Energieträger, dessen Erzeugung mit hohen Umwandlungsverlusten einhergeht. Bei der Förderung von Wasserstoffanwendungen müssen deshalb klare Kriterien gesetzt werden: Das Prinzip «Efficiency First» ist bei der gesamten Herstellungskette zu beachten. Zudem sollte man jetzt die politischen Weichen stellen, um zu garantieren, dass grüner Wasserstoff künftig im Sinne der Klimaziele gefördert und zielgerichtet eingesetzt wird.

Grünen Wasserstoff werden wir auch importieren müssen. Deshalb sind Energiepartnerschaften mit Ländern, für die ein Wasserstoffexport nach Europa infrage kommt, zu entwickeln. Dabei kommt klar formulierten

Nachhaltigkeitskriterien eine besonders wichtige Rolle zu. Essenziell ist an dieser Stelle auch die Forderung nach Methanmessungen entlang der gesamten Lieferkette, die die bisher gängigen Schätzungen zur Höhe der Emissionen ersetzen – denn nur so erhalten wir eine ehrliche Erdgasbilanz. Effektive Maßnahmen zur Prüfung, Überwachung und Berichterstattung von Emissionen sind gefragt – als wichtige Voraussetzung für einen fairen Dialog um den Ausstieg.

Ein Ausstiegsdatum für Erdgas

Die rechtlichen Vorgaben für die Planung unserer Energieinfrastruktur bedürfen also dringend der Anpassung – eine Aufgabe für die ersten 100 Tage der neuen Bundesregierung. Denn mit Klimaschutz als Leitmotiv des EnWG wird sich schnell ganz automatisch klären, welche Pipeline noch gebaut oder weiterbetrieben werden darf – und wie hoch der Anteil an nichtfossilem Gas zum jeweiligen Zeitpunkt sein muss.

Angesichts des knappen Budgets an Treibhausgasemissionen, das uns von einer Erhitzung über 1,5 Grad trennt, kann es darüber hinaus nur einen Weg geben: Der Ausbau und der Umbau unserer gesamten Energieinfrastruktur muss ab sofort direkt an verbindliche Klimaziele gekoppelt werden. Fossile Infrastrukturen dürfen schlicht nicht mehr geplant und gebaut werden. Und: Erdgas ist nicht besser als Kohle – auch ein Ausstiegsdatum für diesen fossilen Energieträger ist daher dringend geboten.



Nadine Bethge, 1977 in der Altmark im Norden von Sachsen-Anhalt geboren, studierte Landschaftsplanung an der Technischen Universität Berlin und arbeitete von 2007 bis 2012 in Kommunikationsabteilungen verschiedener Solarunternehmen. Seit

2013 ist sie bei der Deutschen Umwelthilfe (DUH). Sie begleitete und moderierte die Bürgerdialoge zum Stromnetzausbau in Niedersachsen, Baden-Württemberg und Schleswig-Holstein. Ihr Arbeitsschwerpunkt liegt in der Planung von Energieinfrastrukturen – mit allen damit verbundenen Prozessen. Seit 2019 ist sie bei der DUH stellvertretende Bereichsleiterin für «Energie und Klimaschutz».



Diesen und weitere Kommentare aus der Rubrik «ZUGESPITZT» finden Sie online: www.ews-schoenau.de/magazin/zugespitzt



ZUR SACHE

RECYCELN STATT ENTSORGEN

EIN BERICHT VON RALF HUTTER

**PHOTOVOLTAIK IST EINER DER ZENTRALEN LEISTUNGSTRÄGER
FÜR DIE ENERGIEWENDE. DOCH AN DER RECYCLINGFÄHIGKEIT VON
SOLARMODULEN HAPERT ES NOCH – IN VIELERLEI HINSICHT.**

Peter Staudt-Fischbach kann im Detail erklären, wie selbst Laien mit ein wenig elektrotechnischer Anleitung und ohne großen finanziellen Aufwand ausgediente Photovoltaik-Module aufarbeiten und anschließend wiederverwenden können. Er selbst hingegen zerstört die Dinger im großen Stil.

Staudt-Fischbach leitet bei der Firma «First Solar» in Frankfurt an der Oder die laut seiner Aussage größte Anlage Europas für das Recycling von PV-Modulen. 10.000 Tonnen an Modulen können hier pro Jahr zu kleinen Teilen zerstoßen werden, um im Anschluss die darin verbauten Materialien zu trennen. Wer sich mit dem studierten Festkörperelektroniker über die Wiederverwertung ausrangierter Module unterhält, bekommt aber zu hören, dass vieles, was realisierbar und ökologisch wäre, unrentabel ist. Wie steht es also um die Chancen für eine Kreislaufwirtschaft bei der Photovoltaik? «Ich halte sie durchaus für möglich», sagt Staudt-Fischbach.

«Recycling» versus «Downcycling»

Kreislaufwirtschaft bedeutet, dass sich alle Stoffe wiederverwenden lassen, wenn die Produkte, in denen sie verbaut sind, weggeworfen werden. Seit Langem bekannt ist der englische Begriff «Recycling», der mit «cycle» also ebenfalls den Kreislauf enthält. Allerdings ist das, was viele Menschen unter Recycling verstehen, in Wirklichkeit oft nur «Downcycling». Die Ausgangsstoffe verwendet man dann nämlich in einer minderwertigen Form wieder, nicht auf dieselbe Weise wie beim Ursprungsprodukt. Sie werden etwa zerstoßen und als Schüttgut im Straßenbau eingesetzt. So ist kein Kreislauf möglich.

Damit in großem Umfang ein Wertstoffkreislauf für PV-Module entstehen kann, müssen sowohl Bund, Länder und Kommunen noch einige Hausaufgaben erledigen, denn es handelt sich eher um ein regulatorisches als um ein technisches Problem. Zu diesem Schluss kam jedenfalls der Verein Deutsche Umwelthilfe (DUH) bei einem kleinen Forschungsprojekt. Er hatte bei Akteuren aus verschiedenen Bereichen Interviews und Umfragen durchgeführt. Die Ergebnisse liegen seit März in einem «Weißbuch zur Stärkung der Wiederverwendung und des Recyclings von Photovoltaik-Modulen» vor.

Viel zu tun – für Politik, Industrie, Kommunen

Die DUH befasst sich in ihrem Weißbuch mit allen Aspekten einer PV-Modul-Kreislaufwirtschaft und benennt großen Handlungsbedarf. Schon beim Verkauf neuer Module

sei mehr Überwachung nötig. Ein Teil von ihnen werde ohne die eigentlich verpflichtende Anmeldung bei der «Stiftung Elektro-Altgeräte Register» in Verkehr gebracht. Das erschwert es auch, den Nachweis einer ordnungsgemäßen Entsorgung zu verlangen, wenn die Stilllegung der Anlage angemeldet wird. «Ordnungsgemäß» bedeutet: Die Module werden nicht trotz Defekt als funktionierend deklariert (was behördlicherseits kaum zu überprüfen ist) und ins Ausland verkauft, wo ein Recycling oder eine ökologische Entsorgung unwahrscheinlich oder gar unüberprüfbar ist, und sie werden auch nicht einfach dauerhaft irgendwo gelagert.

Eine Solaranlage muss durch ein dafür zertifiziertes Unternehmen entsorgt werden, das mit den Bestandteilen nach den gesetzlichen Vorgaben verfährt. Solche Unternehmen arbeiten aber nicht gratis. Problematisch sind deshalb laut DUH vor allem große, kommerziell betriebene Solaranlagen, die vor dem 24. Oktober 2015 verkauft wurden. Erst seit jenem Zeitpunkt müssen die Herstellerfirmen die Entsorgung gewährleisten. Für ältere Anlagen haben die Betreiber selbst die Entsorgungskosten zu tragen. Lösungen müssen bald gefunden werden, denn das deutsche Erneuerbare-Energien-Gesetz mit seinen für jeweils 20 Jahre staatlich festgelegten Abnahmepreisen für Solarstrom trat 2000 in Kraft. Erste Anlagen sind bereits aus der Förderung gefallen – und jedes Jahr kommen neue dazu.

«Die Uneinheitlichkeit bei den Annahmestellen ist ein grundsätzliches Problem.»

Laura Geßner, Projektmanagerin Kreislaufwirtschaft bei der Deutschen Umwelthilfe e. V.

Das kostenlose staatliche Entsorgungssystem steht nur für haushaltsübliche Modulmengen bereit. Die Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) hatte den Entsorgungsbetrieben 2017 empfohlen, 20 bis 50 Module als haushaltsübliche Menge anzusehen. Bei der Organisation dieser Infrastruktur bleibt aber anscheinend noch viel zu tun.

«Ein grundsätzliches Problem bei den Annahmestellen ist die Uneinheitlichkeit», sagt Laura Geßner von der DUH, die das Weißbuch mitverfasst hat. Die Kreislaufwirtschaftsexpertin sieht den Verband kommunaler Unternehmen (VKU) und das Bundesumweltministerium «nicht ausreichend sensibilisiert für die Größe der



Vorherige Seite:
In einer PV-Forschungsanlage
in Rheinland-Pfalz wurden
verschiedene Solarmodule über
20 Jahre unter anderem auf
ihre Haltbarkeit hin getestet.
Foto: Paul Langrock

Zerbrochene Dünnschicht-
solarmodule: Fast vollständi-
g kann das Glas und das
schwermetallhaltige Halbleiter-
material verwertet werden.
Foto: Silke Reents

Aufgabe, die auf uns zukommt.» Der VKU entgegnet auf die Kritik, dass es bisher doch kaum etwas zu tun gebe: «Von unseren Mitgliedern hören wir, dass bisher vor allem einzelne Photovoltaik-Module aus dem privaten Gebrauch, etwa von Segelbooten oder Campingbussen, zurückkommen. Nur vereinzelt werden bislang auch PV-Module von Hausdächern geliefert, da die meisten schlicht noch nicht das Ende ihrer Lebenszeit erreicht haben.» Und anders als von der LAGA-Empfehlung nahegelegt, dürfen Privathaushalte laut VKU sogar mehr als 50 Module kostenlos abgeben.

Gute Recyclingbilanz für Dünnschichtmodule

Was geschieht mit den Modulen, die ordnungsgemäß entsorgt werden? In der Recyclinganlage von First Solar in Frankfurt an der Oder wird ihnen «brachiale Gewalt» angetan, erzählt Chef Staudt-Fischbach, als er durch seinen Betrieb führt. Der Prozess der Materialtrennung beginnt in einem fußballfeldgroßen Lager. Es kann 5.000 Tonnen Solarmodule aufnehmen, denn hier werden immer wieder ganze Solarparks auf einmal angeliefert.

Zuerst wird von jedem Modul händisch die Anschlussdose mit den Kabeln entfernt. Dann wird jeweils eine halbe Tonne davon mit einem Gabelstapler in eine kleine Halle nebenan gefahren und auf eine Hebebühne gestellt, die sie in einen großen Schredder kippt. Aus dem

Schredder kommen handtellergroße Stücke heraus, die ein Förderband in eine Nachbarhalle transportiert.

Dort zerstößt eine Hammermühle die Modulstücke in vier bis fünf Millimeter große Bröckchen. Die kommen dann zusammen mit Chemikalien und Wasser in eine riesige Waschtrommel. «Da werden sie vier Stunden lang gedreht, und dann fällt das Ganze auseinander», erklärt Staudt-Fischbach. Aus dem Brei werden die Kunststoffe und das giftige Cadmiumtellurid gefiltert, sodass die Glasbrösel einigermaßen sauber herauskommen. Eine andere Firma bereitet das Cadmiumtellurid auf, um es wieder für die Modulproduktion verwenden zu können. Allerdings werden in Frankfurt derzeit nur Dünnschichtmodule bearbeitet: Das US-amerikanische Unternehmen hat schon immer auf diese Art von Solarmodulen gesetzt und besetzt damit eine Nische im weltweiten Photovoltaikmarkt.

Bei Dünnschichtmodulen wird der Strom durch das schwarze Halbleitermaterial Cadmiumtellurid erzeugt, welches drei Mikrometer dick zwischen zwei Glasscheiben klebt. Über eine stromleitfähige Folie gelangt der Strom an die kurzen Seiten des Moduls, wo er über Drähte abgenommen wird. Die in einem solchen Modul verwendeten Stoffe sind also Cadmiumtellurid, Glas, Kupferdraht sowie verschiedene Kunststoffe: die Folie, der Kleber zur Verbindung der Scheiben sowie Polyurethan zur Abdichtung der Glasränder.

Der größte Überrest eines Solarmoduls sind die Glassplitter. In dieser Maschine werden sie sehr fein geschreddert.
Foto: Silke Reents



Viel Luft nach oben bei Siliziummodulen

Ein Großteil der derzeit produzierten und verbauten PV-Module arbeitet allerdings mit Siliziumzellen. Diese werden von einem Kunststoff umhüllt, und die Modulrückseite besteht meist nicht aus Glas, sondern aus einer weiteren Folie. Eingefasst wird das Ganze von einem Aluminiumrahmen, zudem sind einige Dioden verbaut. «Die Entsorger von Siliziummodulen machen momentan hauptsächlich nur die Aluminiumrahmen ab, hauen den Rest klein und verkaufen ihn als Bauzuschlagstoff an Straßenbauunternehmen», merkt Peter Staudt-Fischbach an, während wir seine Anlage und die ihr entstammenden Reststoffe in Augenschein nehmen. In großen Behältern ist das zerstoßene Glas zu sehen. «Das verkaufen wir an die Hersteller von Dämmmaterialien, also von Glaswolle», erklärt der Werksleiter. Das bedeutet doch dann, dass nicht nur bei den Siliziummodulen im Wesentlichen ein Downcycling stattfindet, sondern auch hier, oder? Staudt-Fischbach verzieht das Gesicht und muss die Frage bejahen.

Damit sind wir bei den ökonomischen Hürden für echtes Recycling angelangt: An den Glassplittern klebt noch das schwarze Polyurethan – so kann daraus kein neues Glas hergestellt werden. Die Splitter weiter zu reinigen oder gar die Scheiben ganz zu lassen und elektrochemisch zu säubern, wäre unwirtschaftlich, lässt uns Staudt-Fischbach wissen. Ähnliches gelte auch für die Siliziummodule.

«Es muss nichts mehr erfunden werden. Wir können sofort loslegen.»

Peter Staudt-Fischbach, Standortleiter von «First Solar» in Frankfurt an der Oder

Der Halbleiterexperte, der früher unter anderem am Fraunhofer-Institut für Siliziumtechnologie «ISIT» in Itzehoe forschte, spricht engagiert über die angesichts des Klimawandels nötige CO₂-Bepreisung: «Das Umweltbundesamt hat 180 Euro pro Tonne Kohlendioxid ausgerechnet. Das hätte einen Wahnsinns-Einfluss. Dann würde besser recycelt.» Mit einem hohen CO₂-Preis werde die Glasproduktion teurer, was er für unabdingbar hält: «Die Hochöfen der Glasindustrie laufen mehrere Jahre am Stück durch und werden hauptsächlich mit Gas beheizt. Man könnte eine Menge Energie sparen, wenn man aus unserem Abfall Flachglas für neue Solarmodule machen würde.»

Auch das Kupfer der Drähte werde nicht wiedergewonnen, weil es sich nicht lohne, ebenso wenig das Silber von den Siliziumscheiben. «Da gehen eine Menge Rohstoffe flöten», fasst Staudt-Fischbach zusammen. Mit verlässlichen politischen Vorgaben sei diesem ganzen Problem aber beizukommen: «Es muss nichts mehr erfunden werden. Wir können sofort loslegen.»

Reparieren und wiederverwenden statt verschrotten

Bei First Solar in Frankfurt wird auch ein weiteres strukturelles, aber politisch lösbares Problem sichtbar. In der Lagerhalle liegen in einer großen Wanne ausgediente Solarmodule – völlig demoliert und deformiert. «Wenn die zum Recyclen kommen, sind sie kaputt, zumindest ist ein Sprung drin», erklärt Staudt-Fischbach. «Im aktuellen wirtschaftlichen Umfeld rechnet sich nichts anderes. Da werden die Module von billigen Leiharbeitern aus dem Gestell gehauen. Niemand schraubt hier Schraubchen für Schraubchen auf.»

Zu berücksichtigen ist dabei, dass sich First Solar frühzeitig auf die Belieferung von Solarparks ausgerichtet hat, infolgedessen kommen also jeweils riesige Mengen an Modulen zurück. Allerdings mahnt auch die Deutsche Umwelthilfe in ihrem Weißbuch an, dass mehr Module wiederverwendet werden sollten. Sie werden ja oft nicht ausgesondert, weil sie nicht mehr funktionieren, sondern weil man sie durch eine neue Generation ersetzen will.

Ein zweites Leben für Siliziumzellen-Module

Diesem zwar vorhandenen, aber vielfach von Hammermühlen zerbröselten Potenzial widmet sich die Hambur-

ger Müllentsorgung Rohstoffverwertungsgesellschaft (HME). Mit ihrer Marke «2ndlifesolar» bietet sie bundesweit eine kostenpflichtige Entsorgung von Solarmodulen an. «Photovoltaik ist ein wachsendes Geschäftsfeld», berichtet Jan Krause von der HME. Deren Partnerfirmen würden tatsächlich Solaranlagen jeglicher Größe und deutschlandweit händisch abbauen, bekräftigt er. Die größte Modulmenge, die dabei zu bewältigen war, seien 3.000 Stück gewesen, was ungefähr einem Gewicht von 30 Tonnen entspricht. Allerdings lägen bereits Anfragen zu weitaus größeren Solarparks vor, sagt Krause.

Sind die Module erst einmal abgebaut und nach Hamburg transportiert, werden sie dort von einem Zweier-Team durchgeschaut, erklärt Krause, der bei der HME für «E-Schrott» zuständig ist. Die nicht offensichtlich kaputten Geräte durchlaufen dann ein paar Funktionsprüfungen. Wenn ein Modul weder sicherheitsrelevante Mängel noch einen großen Leistungsverlust aufweist, erhält es einen Aufkleber, welcher die anhand der Tests festgestellte konkrete Leistungsfähigkeit bescheinigt. «Repariert wird bei der HME kaum etwas», sagt Jan Krause, «höchstens wird ein Kabel oder die Anschlussdose ausgetauscht.» Auch in diesem Bereich geht derzeit noch viel verloren, denn bei vielen Siliziummodulen wäre eigentlich nur der Austausch einiger kaputter Zellen nötig. Dennoch kann «2ndlifesolar» bereits größere Mengen



In diesem Bereich der Anlage werden die in einem Solarmodul verbauten Stoffe voneinander getrennt. Das Förderband links transportiert die zerstoßenen Module zur Waschtrommel. Am anderen Ende der Anlage wird das Halbleitermaterial wiedergewonnen. * Foto: Silke Reents

Peter Staudt-Fischbach
verarbeitet in der Frankfurter
Recyclinganlage derzeit nur
Dünnschichtmodule.
Foto: Silke Reents



gebrauchter Solarmodule anbieten. Über den Daumen gepeilt seien sie pro Watt um die Hälfte billiger als neue Module, sagt Krause.

Ökologischere Lösungen sind auf dem Weg

Doch insgesamt sieht es beim Photovoltaik-Recycling nicht allzu gut aus. Da ist es im Sinne einer Kreislaufwirtschaft auch angebracht, bereits beim grundsätzlichen technischen Design anzusetzen. Stefan Wendlandt beschäftigt sich beim PI Photovoltaik-Institut Berlin, einem weltweit tätigen Beratungs- und Qualitätssicherungsunternehmen, mit neuer Modultechnik und kann deshalb einen Einblick in aktuelle Innovationen geben.

Als Erstes fällt Wendlandt ein, dass die Dicke der sogenannten Wafer, also der kleinen Siliziumplättchen, weiter reduziert werden könne. Außerdem ließen sich bleihaltige Lötverbindungen immer mehr durch Klebstoffe ersetzen. Bei der Verkapselung eines Siliziummoduls würden bisher Folien verwendet, die eher schwierig zu recyceln seien, da stelle aber mittlerweile das Material Thermoplast eine Alternative dar.

Und was bedeuten die Neuentwicklungen für die Reparierbarkeit? Da wird Wendlandt deutlich skeptischer: «Ein Photovoltaikmodul ist ein komplexes System. In Sachen Reparierbarkeit ist da nicht viel zu machen.» Neuerungen führten eher zu Verbesserungen der Lebensdauer eines Moduls. Er hält es für realistisch, dass Produzenten bald eine Leistungsgarantie für die Dauer von 35 Jahren geben.

Solarwende selbstgemacht

Peter Staudt-Fischbach von First Solar kann aber auch etwas zur Reparierbarkeit von Solarmodulen erzählen. Er habe in China gesehen, wie bei Siliziummodulen einzelne kaputte Zellen herausgelöst und durch neue ersetzt wurden. Das sei dort möglich, weil die Arbeitskräfte nicht

viel kosteten – in Deutschland lohne sich das wirtschaftlich nicht. Und wenn dies nicht im gewerblichen Rahmen, sondern als Freizeitaktivität gemacht werden würde? Staudt-Fischbach überlegt nicht lange: «In China waren das auch nur angelernte Arbeiter.» Ja, auch Laien wären dazu in der Lage, wobei aber schon jemand mit elektrotechnischem Sachverstand dabei sein sollte, damit nicht ein unsachgemäß repariertes Modul im Betrieb in Brand gerät. Bei alten Modulen mit ihren noch recht dicken Wafern sei es gut zu bewerkstelligen, einzelne Zellen herauszulösen. Neue Siliziumzellen könnten gekauft und ins Modul eingebaut werden. Zur Abdichtung müsse die «geflickte» Zelle laminiert werden, aber das gehe beispielsweise mit einer Heizplatte. Und wie erkenne ich, welche Zelle genau in einem Modul kaputt ist? Mit Elektrolumineszenz, lässt uns Peter Staudt-Fischbach wissen: «Man schließt das Modul an Strom an und dann leuchtet es, allerdings nur im infraroten Bereich. Also brauche ich eine Infrarotkamera, und zwar im nahen Infrarot. Ich kann hierfür jede normale Spiegelreflexkamera nehmen und den Infrarotfilter ausbauen. Es gibt dazu Anleitungen im Internet.»

Zumindest bei alten Solarmodulen wäre es also möglich, sich mit nur wenig zeitlichem, finanziellem und materiellem Aufwand in der Freizeit eine kleine Anlage zusammenzuschustern – oder auch nur ein einzelnes Modul für den Balkon oder Schrebergarten. Die Zahl der aussortierten Solarmodule wird stark steigen. Und Repair-Cafés gibt es auch bereits an vielen Orten. Echtes Modul-Recycling ist im kleinen Format also schnell möglich – doch bis die Kreislaufwirtschaft für PV-Technik auch im industriellen Maßstab funktioniert, gibt es für Politik, Wirtschaft und Kommunen noch einiges zu tun.



Diesen Artikel mit weiteren Fotos
finden Sie auch online:
www.ews-schoenau.de/magazin/pv-recycling



ZUM GLÜCK

WEINBAU IN ZEITEN DES KLIMAWANDELS

EIN BERICHT VON PETRA VÖLZING
FOTOS VON BERND SCHUMACHER

**DIE FOLGEN DER GLOBALEN ERWÄRMUNG SPÜRT AUCH DER WEINBAU.
MIT NEUEN, ROBUSTEN SORTEN UND NACHHALTIGEREM ANBAU WAPPNET SICH
EIN FREIBURGER WINZER FÜR DIE ZUKUNFT.**

Ökowinzer Andreas Dilger steht in einem seiner Weinberge am Schönberg, Freiburgs südlichem Hausberg, und lässt seinen Blick über die nahe Stadt und den bereits herbstlich gefärbten Schwarzwald schweifen. Es ist September. Zum ersten Mal seit Langem strahlt die Sonne vom Himmel. Frühjahr und Sommer stellten in dieser Saison eine Herausforderung für den Weinbau dar: zu kalt, zu nass, mit viel Starkregen; zudem gab es im April einen späten Frosteinbruch. Dilger prognostiziert, dass die Lese in diesem Jahr dennoch schon Mitte September beginnen könnte. Im Vorjahr seien die Reben sogar bereits Ende August erntereif gewesen – 2020 hatten sie in Südbaden, wie inzwischen fast schon üblich, eine sehr heiße und trockene Saison. Noch vor 20 Jahren war der Oktober der Haupterntemonat. Im Durchschnitt gesehen beginnt die Vegetationsperiode mittlerweile viel früher: Der Klimawandel wird im Weinbau deutlich spürbar.

Sorgfältig begutachtet Dilger den Zustand seiner Reben: «Wir haben in diesem Jahr über alle Sorten und Lagen betrachtet um rund ein Drittel weniger Ertrag als im Vorjahr», sagt er. Ein guter Teil sei dem Frost zum Opfer gefallen. «Das Problem ist, dass die Reben heute durch den Klimawandel deutlich früher austreiben als noch vor zwanzig Jahren», erklärt er. Dadurch könnten die späten Frosteinbrüche sehr großen Schaden anrichten. Zudem begünstigten die Nässe und die Kälte in diesem Jahr den Pilzbefall.

Neue Herausforderungen, neue Weinsorten

Andreas Dilger ist kein Traditionswinzer. Sein Weingut hat er 2001 gegründet – und sich dabei von Anfang an dem ökologischen Weinbau gewidmet. Nach und nach hat er am Schönberg frei werdende Flächen übernommen und gemäß der Richtlinien von «Ecovin», dem Bundesverband Ökologischer Weinbau, umgestellt. In den letzten zwanzig Jahren hat Andreas Dilger zudem zwölf neue Sorten etabliert, zehn davon sind Züchtungen des Staatlichen Weinbauinstituts Freiburg (WBI). Bei der Umstellung auf neue Sorten ist Geduld gefragt: Zunächst müssen die alten Weinstöcke gerodet werden. Danach liegt der Boden ein Jahr lang brach, bevor neue Weinstöcke gepflanzt werden können. Und bis die neuen Reben die ersten Erträge abwerfen, dauert es weitere zwei Jahre. Die Sorten tragen poetisch zarte Namen wie Solaris, Helios oder Muscaris – was kaum auf ihre herausragende Eigenschaft schließen lässt. Sie sind nämlich äußerst robust: Schädliche Pilze

können ihnen deutlich weniger anhaben als den konventionellen Sorten. Deshalb werden sie im Fachjargon «pilzwiderstandsfähige Sorten», kurz PIWIs, genannt.

Raus aus dem Teufelskreis der Monokultur

Als Andreas Dilger vor zwei Jahrzehnten begann, Weinbau im Sinne von Nachhaltigkeit und Umweltschutz zu betreiben, war das eine große Herausforderung. «Alle Ökowinzer standen damals vor dem Problem, dass der konventionelle Weinbau eine extreme Monokultur ist, in der mit hochgezüchteten Sorten gearbeitet wird», erzählt er. Die Folge: Die Böden leiden – und die Reben sind extrem anfällig für Pilz- und Schädlingsbefall, der mit giftigen Chemikalien bekämpft werden muss. Aus diesem Teufelskreis wollten Dilger und gleichgesinnte Winzereibetriebe aussteigen, den intensiven Einsatz von Giften zurückfahren. Den Klimawandel und seine fatalen Folgen hatten sie damals noch nicht im Fokus.

«Für uns Ökowinzer gibt es nur wenige Möglichkeiten zum Pflanzenschutz.»

Andreas Dilger, Ökowinzer aus Freiburg im Breisgau

Beim ökologischen Weinbau dürfen von jeher keine chemischen Pflanzenschutzmittel verwendet werden. Erste Konzepte für diese Art von Weinbau kamen in den 1960er-Jahren auf, EU-weite einheitliche Vorschriften für Biowein gibt es seit 1991. Deswegen geraten Ökowinzer bis heute in ein Dilemma: «Für uns gibt es nur in sehr eingeschränktem Rahmen zugelassene Möglichkeiten für den Pflanzenschutz», erläutert Dilger. So sei der Einsatz von geringen Mengen Kupfer erlaubt. Er ist hochwirksam gegen Falschen Mehltau – ein Pilz, der den Winzern schwer zu schaffen macht. Doch viel wichtiger als das Kupfer ist für den ökologischen Weinbau die natürliche Widerstandsfähigkeit der Reben gegen Pilze. Robuste Neuzüchtungen schaffen dafür eine wichtige Grundlage.

Besonders robust: der Sauvignier Gris

Eine dieser pilzresistenten Sorten, auf die Andreas Dilger setzt, ist der Sauvignier Gris. Auch sie wurde – bereits 1983 – am Staatlichen Weinbauinstitut Freiburg gezüchtet. Muttersorte ist der Cabernet Sauvignon – eine Rebe, die ursprünglich in Südfrankreich beheimatet ist. Im Rahmen eines Projekts mit dem WBI ließ Dilger einen Teil



Andreas Dilger zeigt Fehlstellen am Weinstock: Der Frost im April ließ viele neue Triebe absterben (links). Durch die Nässe in diesem Sommer hat zudem Pilzbefall die Ernte reduziert (Mitte).

seiner Sauvignier-Gris-Reben gänzlich unbehandelt – dennoch hängen die Trauben üppig und gesund am Rebstock. «Das ist für dieses Jahr ein sensationelles Ergebnis», sagt Dilger und ergänzt, dass man das aber nicht verallgemeinern dürfe. Denn ob eine Rebe dem Pilzbefall standhalte, hänge von vielen Faktoren ab – beispielsweise von der Lage. Auf einem anderen Rebstück von Andreas Dilger wächst die PIWI-Sorte Johanniter. Dort ist der Schaden durch den Pilzbefall deutlich sichtbar. Dennoch ist der Winzer nicht unzufrieden: «Ich habe in diesem nassen Jahr pro Hektar ein Kilo reines Kupfer verwendet, um die Reben zu schützen. Nach den Öko-Richtlinien wären bis zu drei Kilo erlaubt gewesen.» In sonnigeren Jahren liegt der Verbrauch bei 600 Gramm.

«Wir müssen den Weinbau an die Klimawandelfolgen anpassen – und gleichzeitig Emissionen reduzieren.»

Andreas Dilger, Ökowinzer aus Freiburg im Breisgau

Angesichts der Auswirkungen des Klimawandels spannt Andreas Dilger einen weiten Bogen: «Wir brauchen im Weinbau zwei Herangehensweisen: die Anpassung des Weinbaus an die Klimawandelfolgen – und gleichzeitig die Reduzierung der Emissionen in unseren Arbeitsprozessen.» Der Ökowinzer spart zum Beispiel eine Menge Diesel, weil er so gut wie gar nicht durch die Reben fahren muss, um Pflanzenschutz und Dünger auszubringen. Zudem konzentriert er sich auf die regionale Vermarktung

seiner Produkte und fährt den Wein, wo möglich, mit seinem Lastenfahrzeug aus. Im Weinberg ist er mit einem robusten Elektro-Mountainbike unterwegs – aber einen Traktor für seine Arbeiten an den Weinstöcken und für die Lese benötigt er natürlich immer noch.

Lebendige Böden

Nicht nur durch neue, robustere Sorten können sich Winzer gegen die Folgen des Klimawandels wappnen. Auch die Beschaffenheit des Bodens hat großen Einfluss auf die Widerstandsfähigkeit der Reben. «Es gibt viele Möglichkeiten, den Boden mit natürlichen Mitteln positiv zu beeinflussen», sagt Dilger – und das sieht man auch: Unter und zwischen seinen Rebstöcken blüht es bunt. Hier sät er gezielt eine spezielle Saatmischung. Verschiedene Blumen und Kräuter, zum Beispiel Malven, Ringelblumen und unterschiedliche Kleesorten, liefern wertvollen Stickstoff als Dünger und lockern den Boden mit ihren Wurzeln.

Unter diesen Pflanzen gibt es sowohl Tiefwurzler als auch Flachwurzler, was mit Blick auf den Klimawandel große Vorteile mit sich bringt: «Dadurch lockern die Wurzeln den Boden in allen Schichten, sodass er das Wasser bei Starkregen schneller und besser aufnehmen kann. In Trockenzeiten hingegen speichert die Erde das Wasser.» Ein weiterer Vorteil der Bepflanzung: Die Blumen haben verschiedene Blühzeiten und ihre Farben locken über den ganzen Frühling und Sommer bis zur Ernte nützliche Insekten an, die zum Beispiel Schädlinge vertilgen. «Auf diese Weise leisten wir auch einen Beitrag



Im vergangenen Jahr konnte die Mannschaft von Andreas Dilger deutlich mehr und auch deutlich gesündere Trauben ernten.

zu Biodiversität und Artenschutz», freut sich Dilger. Die Bodenqualität in seinen Weinbergen sei exzellent, stellte die Albert-Ludwigs-Universität Freiburg in einer Studie fest. So fühlen sich die Regenwürmer in den Böden seiner Rebhänge besonders wohl: Es gibt sie dort siebenmal häufiger als im Durchschnitt.

Zunehmend schwer: der Anbau leichter Weine

Dieses Jahr war außergewöhnlich kalt – aber auf lange Sicht müssen die Winzer in Deutschland wohl eher mit Hitze und Trockenheit umgehen lernen. Das hat auch Auswirkungen auf die Weinqualität. So steigt wegen der Klimaerwärmung der durchschnittliche Alkoholgehalt der deutschen Weine, sie werden insgesamt «schwerer», was eigentlich als Qualitätsmerkmal gilt. Dilger sieht darin Vor- und Nachteile. Auch «leichte» Weine mit feiner Säure sind gefragt, gelten sie doch im internationalen Weinmarkt als Alleinstellungsmerkmal der deutschen Weinkultur. Allerdings wird es unter den heutigen Klimabedingungen zunehmend schwierig, leichte Weine zu erzeugen. Eine Möglichkeit, diese Nachfrage weiterhin zu bedienen, wären nördlicher gelegene Anbaugelände. Beispiele in Deutschland sind die Uckermark, hundert Kilometer nördlich von Berlin, oder die Nordseeinsel Föhr. Andreas Dilger gelingt es aber auch in Südbaden, unter wärmeren Bedingungen leichte Weine auszubauen – mit neuen Sorten. Doch damit füllt er bislang nur eine kleine Nische. In den großen Anbaugeländen setzen die Winzer weiter auf die altbekannten und beliebten Sorten.

Das Staatliche Weinbauinstitut Freiburg, die Geburtsstätte vieler PIWIs, ist eine landeseigene Versuchs- und Forschungsanstalt, die unter anderem am Freiburger Lorettoberg und am Kaiserstuhl einige Versuchsweinberge betreibt. Auch Labore und große Gewächshäuser gehören dazu. Zweck des WBI ist es, nachhaltigen, zukunftsfähigen Weinbau voranzutreiben und auf diese Weise die Wettbewerbsfähigkeit der baden-württembergischen Weinlagen zu sichern. Zentrale Forschungsfelder sind der Pflanzenschutz, die Önologie, der Weinbau – und eben die Züchtung von neuen, pilzwiderstandsfähigen Rebsorten. Seit 70 Jahren arbeitet das WBI daran, in der Züchtung die Resistenzen mit den besonderen Qualitäten der badischen Weinsorten zu kombinieren.

Ernst Weinmann leitet hier seit einigen Jahren das Referat für weinbauliches Versuchswesen und kommissarisch auch das für Resistenz- und Klonenzüchtung. «Zentral für neue Rebsorten sind bis heute Resistenzen gegen Schaderreger wie Echten und Falschen Mehltau oder Schwarzfäule», sagt er.

«Für die Neuzüchtung einer Rebe muss man mit 25 bis 30 Jahren rechnen.»

Ernst Weinmann, Leiter des Referats Weinbau und Versuchswesen am Staatl. Weinbauinstitut Freiburg

Für die Neuzüchtung bis zur Markteinführung braucht es Geduld: «Von der ersten Kreuzung bis zur Eintragung einer neuen Sorte muss man mit 25 bis 30 Jahren



Ernst Weinmann wacht am Staatlichen Weinbauinstitut Freiburg über die Rebenzüchtung (links). Auch der Weinbau wird vom Klimawandel nicht verschont. Die Wetterstation liefert wichtige Daten (Mitte).

rechnen», so Weinmann. Denn Züchtung bedeutet bis heute sehr viel sorgfältige Handarbeit. Damit sich die zwittrigen Reben nicht selbst bestäuben, werden die Blüten sorgfältig von Hand kastriert und mit den Pollen der gewünschten Vaterrebe bestäubt. Danach kommt ein Papierbeutel um die Blüte, um die eindeutige Vaterschaft abzusichern. Aus den Kernen der späteren Trauben werden dann Reben gezogen, die zum Beispiel mit Falschem Mehltau infiziert und somit auf ihre Resistenz geprüft werden. Am Ende bleiben etwa drei Prozent der Pflanzen übrig, die tatsächlich Resistenzen aufweisen. Diese werden dann weiter vermehrt und wieder gekreuzt, um zusätzliche gewünschte Qualitätsmerkmale zu erhalten oder den Winzern als neue Sorten zur Verfügung zu stehen. Und weil nur einmal im Jahr geerntet werden kann, gehen da schon einige Jahre ins Land.

Auch der Klimawandel spielt inzwischen bei den Züchtungen eine Rolle. «Grundsätzlich haben wir Glück, dass wir wegen des Biotrends schon früh angefangen haben, die Widerstandsfähigkeit der Reben gegen Schädlingsbefall züchterisch zu verbessern, um weitgehend auf Pflanzenschutzmittel verzichten zu können», sagt Weinmann. Neben der Widerstandsfähigkeit gegen Pilze sucht das WBI auch nach Lösungen, um klimatische Veränderungen, die mittlerweile zu einer erheblich früheren Traubenreife und dadurch zu höheren Alkoholgehalten der Weine sowie geringeren Säuregehalten der Moste und Weine führt, zu beeinflussen. Das Ziel ist, Rebsorten zu züchten, deren Entwicklungsstadien später ablaufen.

Gentechnik – im Weinbau kein Thema

Erste gentechnische Versuche in der Rebenzüchtung, die vor zwanzig Jahren begannen, wurden wieder eingestellt. Mit Blick auf den fortschreitenden Klimawandel liegt der Gedanke nahe, mit der «Genschere» schneller zu Rebsorten zu kommen, die den Herausforderungen der Erderwärmung gewachsen sind. Doch Reinhard Töpfer, Leiter des Instituts für Rebenzüchtung in Siebeldingen in Rheinland-Pfalz, winkt ab: «Auch wenn Gene verändert würden, bliebe es bei den gleichen Vermehrungszyklen, man kann so keine Zeit einsparen», sagt er.

Die genetische Grundlagenforschung ist neben der klassischen Rebenzüchtung ebenfalls ein Arbeitsschwerpunkt, allerdings nicht im Sinne von Gentechnik: «Wir untersuchen die Pflanzen auf genetischer Ebene zu gewünschten Merkmalen, vergleichbar mit einem genetischen Fingerabdruck», erklärt Töpfer. Dabei würden die Gene aber nicht verändert, betont der Forscher. Auf diese Weise lassen sich im Genmaterial von Reben inzwischen mehr als fünf Resistenzmerkmale bestimmen. «Mit diesen sogenannten «genetischen Markern» könnte die Züchtung effizienter vorangetrieben werden, weil man die Pflanzen in einem frühen Stadium auf die gewünschten Resistenzen untersuchen und entsprechend auswählen kann», so Töpfer.

Dass sich die Weinbauggebiete im Zuge der Klimaerwärmung nach Norden verschieben werden, glaubt Reinhard Töpfer im Übrigen nicht. «Die Winzer in den traditionellen europäischen Weinbaugebieten werden um den Erhalt ihrer Reblandschaften kämpfen und notwendige



Die Versuchsweinberge und Gewächshäuser für die Arbeit an den Neuzüchtungen liegen idyllisch am Lorettoberg, einem Höhenrücken in Freiburg im Breisgau.

Veränderungen vornehmen», sagt er. «Es wird ein Sortenwandel kommen, aber langsam: nicht als Revolution, sondern als Evolution.» Neue Weinanbaugebiete in Norwegen oder Sibirien würden es aufgrund der eher traditionell eingestellten Weintrinker hingegen schwer haben.

Die meisten Winzer bleiben beim Bewährten

So sieht es auch Henning Johanßen, Sprecher des Badischen Winzerkellers in Breisach am Rhein. Die Dachgenossenschaft vereint regionale Winzergenossenschaften mit 4.000 Winzern von Tauberfranken bis zum Bodensee und Kaiserstuhl. Sie unterstützt ihre Mitglieder auch in Fragen der Umsetzung eines nachhaltigen, umweltschonenden Weinanbaus. «Wetter und Klima sind für die Arbeit unserer Winzer zentrale Aspekte, deshalb beobachten wir die Entwicklungen im Grunde schon immer», sagt Johanßen.

«Unsere Winzer setzen auf den Erhalt der alten Rebsorten.»

Henning Johanßen, Sprecher des Badischen Winzerkellers in Breisach am Rhein

Hinsichtlich der Auswirkungen des Klimawandels verfolgt der Badische Winzerkeller allerdings eine andere Strategie als Andreas Dilger. «Unsere Winzer setzen auf den Erhalt der alten Rebsorten», so Johanßen. Erreichen wollen sie dies mit der Anpassung ihrer Anbaumethoden. Auch ihnen hilft das WBI. Hier werden die alten

Sorten weiterentwickelt. «Ein Aspekt ist die Blattstruktur und wie sie sich auf die Traubenentwicklung auswirken kann», erklärt Johanßen. Aber auch bei der Bewässerung, der Bodenbearbeitung und nicht zuletzt bei den Ausbaumöglichkeiten im Weinkeller gibt es für Winzer und Kellermeister einige Stellschrauben: «Wir setzen auf den typischen Sortenmix unserer badischen Region und auf die vom Verbraucher besonders gut nachgefragten Burgundersorten – immer mit dem Ziel, den natürlichen Charakter der Sorten zu erhalten und im Profil weiterzuentwickeln.»

Es zeigt sich: Winzer, Verbände und Forschung haben den Ernst der Lage erkannt und arbeiten gemeinsam an zukunftsfähigen Lösungen. Allerdings werden Wetter und Klima, die beiden entscheidenden Faktoren für die Weinqualität, immer unberechenbarer, die Ausprägungen immer extremer. Das macht Planungen und die Festlegung langfristiger Strategien im Weinbau sehr schwierig. Ob die Weiterentwicklung von Anbaumethoden und Sorten oder die Neuzüchtungen auf Dauer genügen, um die Qualität und den Charakter der südbadischen Weine zu erhalten, kann niemand mit Sicherheit sagen. Doch die Energie und Unverdrossenheit, mit der sich engagierte ökologische Winzerbetriebe wie der von Andreas Dilger – unterstützt von der Forschung – für die Zukunft rüsten, stimmt zuversichtlich.



Diesen Artikel mit weiteren Fotos finden Sie auch online:
www.ews-schoenau.de/magazin/weinbau

IMPRESSUM

EWS ENERGIEWENDE-MAGAZIN

HERAUSGEBER

Sebastian Sladek (V.i.S.d.P.)
EWS Elektrizitätswerke Schönau eG
Friedrichstraße 53/55
79677 Schönau
www.ews-schoenau.de

REDAKTION

Frank Dietsche, Werner Kiefer

PRINT

ABONNEMENT

Die Printausgabe des Energiewende-Magazins kann kostenlos ganz einfach über das Bestellformular auf unserer Website abonniert werden: www.ews-schoenau.de/abo-printmagazin

TEXTE

Anne Backhaus, Nadine Bethge, Benjamin von Brackel, Sebastian Drescher, Rebecca Hahn, Ralf Hutter, Brigitte Knopf, Christian Mihatsch, Peter Stäuber, Petra Völzing

FOTOS

Bert Bostelmann, Kristian Buus, Nora Klein, Silke Reents, Bernd Schumacher, Jérémie Souteyrat

GESTALTUNG, LAYOUT, SATZ

Katrin Schoof

ILLUSTRATIONEN, GRAFIKEN

Jana Evers, Katrin Schoof

LEKTORAT UND KORREKTORAT

Georg Dietsche, Tina Wessel

FOTONACHWEISE

Cover und Umschlag-Rückseite: Nora Klein, S. 3: Bernd Schumacher, S. 23: Matti Hillig, S. 26: Chantal Beckker / GraphicAlert, S. 57: heidischerm.de, S. 71: penofoto.de / Adobe Stock

BILDBEARBEITUNG

hausstætter, Berlin

ABONNENTENVERWALTUNG

Luisa Rauschenbach, Evin Regber

DRUCK

Karl Elser Druck GmbH, Mühlacker

REDAKTIONSANSCHRIFT

EWS Elektrizitätswerke Schönau eG
Büro Berlin / Redaktion Energiewende-Magazin
Lehrter Straße 57, Haus 1
10557 Berlin
redaktion@energiewende-magazin.de

ONLINE

WEBSITE

www.ews-schoenau.de/energiewende-magazin
www.energiewende-magazin.de

NEWSLETTER

www.ews-schoenau.de/newsletter

KONZEPTION UND GESTALTUNG

mediaworx berlin: Georg Dietsche (Konzept), Torsten Stendel (Gestaltung), Claudia Bastert und Kai Widmann (Programmierung)

ONLINE-REDAKTION

Frank Dietsche, Georg Dietsche, Jari Gärtner, Werner Kiefer, Katrin Schoof

BILDRECHERCHE

Silke Reents, Katrin Schoof

LEKTORAT UND KORREKTORAT

Georg Dietsche, Tina Wessel



Erschienen im September 2021

Alle Rechte vorbehalten. Nachdruck, Aufnahme in Online-Dienste sowie die Vervielfältigung auf Datenträgern nur nach Genehmigung des Herausgebers. Namentlich gekennzeichnete Beiträge geben nicht unbedingt die Meinung der Redaktion wieder. Wir übernehmen keine Gewähr für Links, die zu fremden Websites führen. Für unverlangt eingesandte Manuskripte und Fotos wird ebenfalls keine Gewähr übernommen.



JETZT BLOß NICHT VERSTRICKEN!

**DIREKT ZU UNSEREM
100 % ÖKOSTROM
MIT KLIMASCHUTZEFFEKT
WECHSELN!**



www.ews-schoenau.de/oekostrom

atomstromlos. klimafreundlich. bürgereigen.

**VIEL MEHR
ZU DEN THEMEN
ENERGIEWENDE,
KLIMAKRISE,
ANTI-ATOM,
GRÜNE TECHNOLOGIEN,
ÖKONOMIE;
MIT INTERNATIONALEM
UND REGIONALEM FOKUS,
IN AKTUELLEN
UND NACHHALTIGEN
REPORTAGEN,
INTERVIEWS,
FOTOS UND
BERICHTEN
FINDEN SIE ONLINE:**

www.ews-schoenau.de/magazin

