

## Wie Sonne und Erde

Neue Exoplaneten in alten Kepler-Daten

Daran, dass fortwährend neue Exoplaneten entdeckt werden, haben wir uns schon fast gewöhnt: Mehr als 4000 sind mittlerweile bestätigt, darunter zahlreiche, bei denen zumindest die Möglichkeit besteht, dass sie lebensfreundliche Bedingungen bieten. Und doch ist es immer wieder faszinierend, wenn die Entdeckung eines neuen Systems bekanntgegeben wird: zum einen, weil dies – insbesondere bei Systemen, die eine gewisse Ähnlichkeit zu unserem Sonnensystem aufweisen – immer wieder zur träumenden Erkundung fremder Welten anregt, zum anderen, weil die Entdeckungsgeschichten selbst oft diffiziler Detektivarbeit ähneln.

Beides trifft in besonderem Maße auch auf einen neuen planetaren Kandidaten zu, der nun von Astronomen um René Heller vom Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung in der Zeitschrift „Astronomy and Astrophysics“ vorgestellt wurde (doi: 10.1051/0004-6361/201936929). Das Besondere an dem Planeten mit

### Neu im Wissen-Podcast

„Wie lebensfreundlich sind fremde Sonnensysteme?“ Über die schwierige Suche nach erdähnlichen Exoplaneten.

www.faz.net/podcasts

knapp doppelter Erdgröße: Nicht nur scheint sein Abstand vom Heimatstern genau in dem Bereich der „habitablen Zone“ zu liegen, der die Existenz flüssigen Wassers erlaubt. Zudem ist sein Heimatstern unserer Sonne sehr ähnlich. Der rund 3140 Lichtjahre entfernte Stern Kepler-160 ist fast genauso groß und an seiner Oberfläche nur rund 300 Grad kälter. Der Fund eines erdähnlichen Planeten, der sich um einen sonnenähnlichen Stern dreht, ist durchaus ungewöhnlich. Die meisten erdähnlichen Planeten in der habitablen Zone, die in den vergangenen Jahren entdeckt wurden, umkreisen rote Zwergsterne.

KOI-456.04, wie der neue Kandidat heißt, war tatsächlich alles andere als leicht zu finden. Wie die Forscher ausführlich in ihrer Studie beschreiben, war dafür eine aufwendige statistische Analyse bereits existierender Daten des Kepler-Weltraumteleskops notwendig. Angewendet wurde dabei die Transitmethode: die Suche nach temporären Verdunkelungen des beobachteten Sternlichts durch den vor dem Stern durchlaufenden Planeten. Für zwei Planeten, die den Stern auf relativ engen Bahnen umkreisen, war diese Methode bereits früher erfolgreich gewesen: Kepler-160 b und c waren 2011 auf diese Weise entdeckt worden. Die erneute statistische Analyse der Daten offenbarte nun drei weitere Transitereignisse mit einer Periode von 378 Tagen. Dass dieses Signal von Hintergrundquellen statt einem Planeten stammt, konnte mit hoher Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden. Allerdings liegt die ermittelte Bahnperiode gefährlich nah an einem Wert, der auf einen künstlichen Ursprung hindeuten würde: Die regelmäßige Bewegung des Weltraumteleskops zur Ausrichtung seiner Sonnenpanels ruft Signale hervor, die fälschlich für Planetentransits gehalten werden können. Die Forscher beziffern die Wahrscheinlichkeit für solch einen Fehler auf 15 Prozent. Dieser Wert ist groß genug, um die Entdeckung nur unter Vorbehalt zu verkünden, zumal die Forscher Unregelmäßigkeiten in der Bahnbewegung des schon bekannten Planeten Kepler-160 c nicht auf den neuen erdähnlichen Planeten zurückführen konnten – sondern dafür einen vierten Exoplaneten, Kepler-160 d, im Inneren des Systems postulierten.

Sollte sich die Existenz von KOI-456.04 aber bestätigen, dann wäre dieser Exoplanet tatsächlich etwas Besonderes. Die Strahlung, die er empfängt, wäre derjenigen auf der Erde sehr ähnlich. Die Wissenschaftler schätzen, dass er mit einer erdähnlichen Atmosphäre eine durchschnittliche Oberflächentemperatur von fünf Grad besäße. Wie so oft sind nun weitere Beobachtungen gefragt. Liefern könnte diese beispielsweise die Esa-Raumsonde Plato, die 2026 starten soll.

SIBYLLE ANDERL

Man braucht nicht viel Phantasie, um sich vorzustellen, dass es kein schöner Moment ist, wenn man den Boden unter den Füßen verliert. Zugegeben: Die Menschheit wird nicht von heute auf morgen umherschweben, dennoch hat sich seit einigen Jahren die Erkenntnis durchgesetzt, dass der Boden unter uns buchstäblich gefährdet ist. Das könnte die Gesellschaft an einem empfindlichen Punkt treffen. Zusammen mit Wasser und Luft sind die Böden überlebenswichtig: Sie erfüllen nicht nur wichtige Ökosystemdienstleistungen, sondern sind gleichsam die Grundlage für die globale Nahrungsmittelproduktion.

Die im Bundesbodenschutzgesetz vorgeschriebene „Gute fachliche Praxis“ benennt zahlreiche Einzelelemente und Maßnahmen, die den Handlungsrahmen der Landwirte vorgeben. Gleichzeitig gibt es wirtschaftliche Zwänge, denen sie sich nicht entziehen können. Die Fruchtfolge etwa richtet sich mittlerweile vornehmlich danach, wie Weizen, Raps, Rübe, Mais und Kartoffel nachgefragt werden. Einseitige Fruchtfolgen wiederum bergen aber Gefahren wie Schädlingsbefall und Krankheiten. Joachim Brunotte und Marco Lorenz, zwei Wissenschaftler des Thünen-Instituts, haben derweil noch eine weitere Gefahr im Blick: „Damit Landwirte am Markt bestehen können, ist eine bestimmte Betriebsgröße notwendig. Kleinere Höfe haben heute kaum mehr Chancen. Um den Ertrag zu maximieren und gleichzeitig Geld und Ressourcen zu sparen, werden immer größere Maschinen angeschafft, die immer häufiger an die Grenzen einer bodenschonenden Befahrbarkeit stoßen.“ Schadhafte, zum Teil irreversible Bodenverdichtungen können die Folge einer unsachgemäßen Befahrung der Äcker sein. Nicht nur die Ertragsfunktion im Sinne der landwirtschaftlichen Nutzung sondern auch die Lebensraumfunktion für Regenwürmer und andere Kleinstlebewesen sowie die Filter- und Pufferfunktion können dadurch beeinträchtigt werden. Für das menschliche Auge sind diese Veränderungen unsichtbar; Äcker bestehen in der Regel sowohl in der Fläche als auch in der Tiefe aus vielen unterschiedlichen Zonen.

„Wenn sich nach Niederschlägen an einigen Stellen Wasserflächen bilden oder man zu Zeiten der Rapsblüte beobachten kann, dass der Bestand unterschiedlich blüht und unterschiedlich abreift, dann kann man davon ausgehen, dass Bodenverdichtungen vorliegen“, sagt Lorenz. Gerade dort, wo die Maschinen drehen, beispielsweise am Ende eines Ackers oder dort, wo das Erntegut umgeladen wird, lasse sich das häufig beobachten. „Bei einem verdichteten Boden wird das Porensystem stark zusammengepresst. Das hat gleich mehrere negative Folgen: Das Wasser wird nicht mehr aufgenommen, Wurzeln können den Boden nicht mehr durchdringen, die Aktivität der Kleinstlebewesen und damit die Humusbildung ist gemindert, und es droht die Abtragung durch Wind oder Wasser“, sagt Lorenz.

Abhängig ist die Verdichtungsempfindlichkeit von Art und Aufbau und auch von der jeweils herrschenden Bodenfeuchte. Der Landwirt muss entscheiden: Zu welchem Zeitpunkt fährt er aufs Feld und mit welcher Belastung? „Wenn die Böden trocken sind, macht eine hohe Belastung weit weniger Schaden, als wenn der Boden sehr feucht ist. Auch der Tongehalt spielt eine Rolle: Je höher er ist, desto verdichtungsempfindlicher ist der Boden im Vergleich zu lehmigen oder sandigen Böden“, sagt Lorenz. In Brandenburg und Mecklenburg-Vorpommern etwa findet man überwiegend sandige Böden mit begrenztem Wasserhaltevermögen; gleichzeitig treten dort die geringsten Niederschläge auf. Dementsprechend ist der Unterboden in diesen Regionen weniger empfindlich beim Befahren mit hohen Lasten. Ganz anders ist es beispielsweise im Kraichgau, wo es sehr tonhaltige Böden und hohe Niederschläge gibt. „In diesen Regionen gibt es je nach Jahreszeit nur sehr kleine Zeitfenster, in denen überhaupt noch bodenschonend gefahren werden kann“, sagt Joachim Brunotte. Durch die Launen des Klimawandels können die Landwirte kaum mehr durchatmen – Hitze und Trockenheit sowie Starkniederschläge machen Ernte und Aussaat zu einem Pokerspiel.

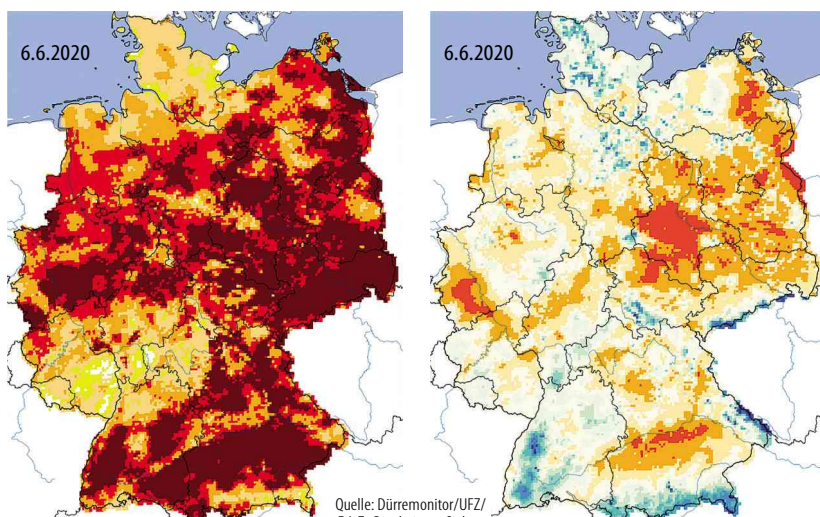
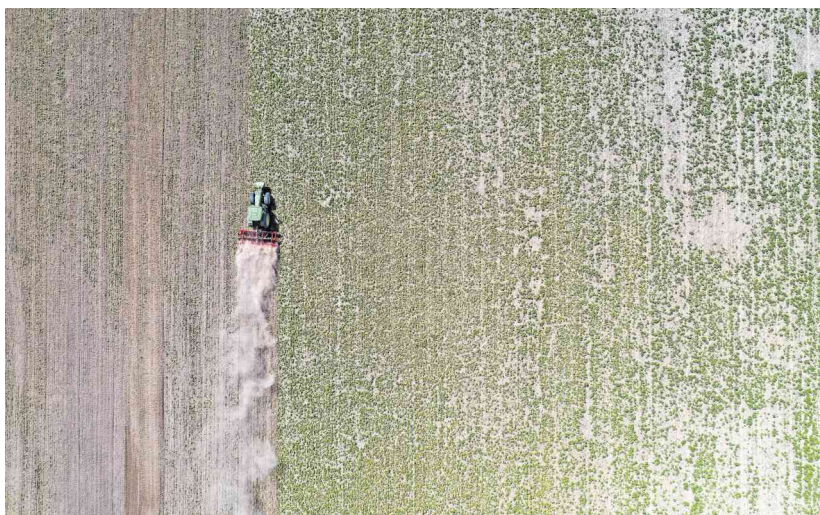
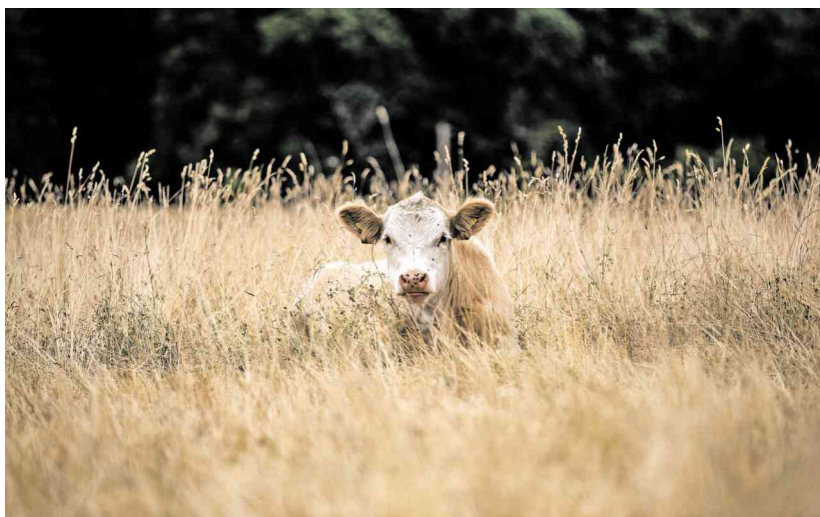
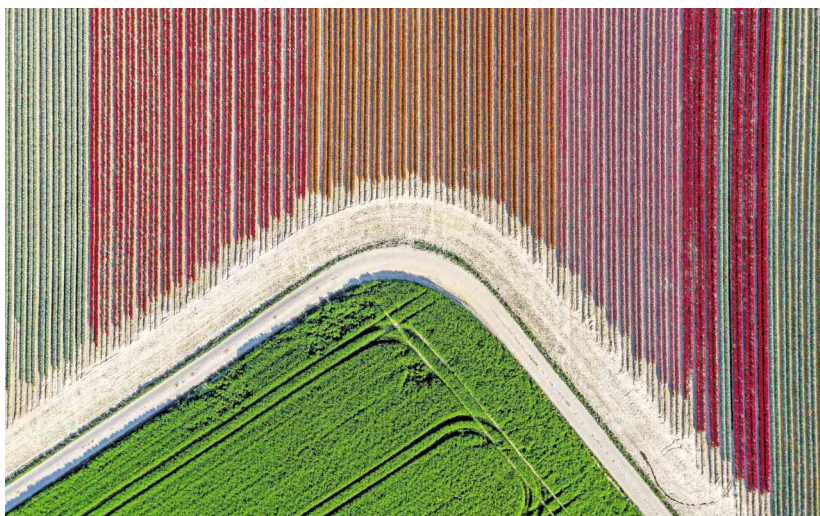
### Mit dem Spaten prüfen, in welchem Zustand der Boden ist

Mit der Grundbodenbearbeitung, etwa mit einem Pflug, können Verdichtungen bis zu einer Tiefe von dreißig Zentimetern wieder aufgelockert werden. Die darunterliegenden Schichten hingegen sind nur mit großem mechanischen Aufwand erreichbar. „Der darunter liegende Bereich der Krumbasis ist so etwas wie der tragende Balken im Boden. Der ist zwar ohnehin etwas stärker verdichtet als die oberen Schichten, die routinemäßig gelockert werden, im Grunde aber ist er für Wasser, für Luft und für Regenwürmer durchlässig“, sagt Brunotte. „Wir warnen die Landwirte ausdrücklich davor, diese Zone mit viel Aufwand und Zeit routinemäßig aufzubrechen – wenn dieser Balken kaputtgeht, fällt das Haus

## Unter Druck

Die Böden im Land müssen für die Erzeugung von Nahrung immer mehr leisten. Gleichzeitig aber gelangen sie immer stärker an den Rand der Tragfähigkeit. Kann der digitale Fortschritt die Erträge sichern?

Von Uli Schaper



Trockenheit und Industriegeräte werden für agrarische Böden zur Tortur.

sprichwörtlich zusammen.“ Es sei umso wichtiger, dass der Landwirt mit seinem 250-PS-Schlepper steigt und mit einem Spaten in die Erde sticht, um zu schauen, in welchem Zustand der Boden ist.

„Man darf große Maschinen allerdings nicht nur negativ beurteilen“, räumt Bodenphysiker Lorenz ein. „Sie erhöhen gleichzeitig die Schlagkraft und vermindern die Zahl der Überfahrten auf einem Acker. Außerdem ist es den Landwirten möglich, die knappen Zeitfenster für die Erledigung der Feldarbeiten besser zu nutzen.“ Gemeinsam und in Kooperation mit dem Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft in Darmstadt arbeiten beide an einer Sensorik, die den Landwirten eine wertvolle Entscheidungshilfe sein soll. Im Projekt „SOILAssist“ (Nachhaltige Sicherung und Verbesserung von Bodenfunktionen durch intelligente Landbewirtschaftung) werden Wetter- und Regionaldaten ausgewertet, um die Befahrbarkeitstage für die einzelnen Arbeitsketten zu bestimmen. Landwirte können so Maschineninvestitionen, Einsatzzeiten und Auslastungsgrade besser planen. Die Fahrzeuge selbst werden mit Sensoren ausgestattet, die dem Fahrer in Echtzeit Informationen wie Radlasten und Bodenparameter übermitteln. „Wir wissen, wie viel Druck die Maschine auf die Erde bringt. Wenn das unter den vorherrschenden Bedingungen negative Folgen für die Bodenfunktionen haben könnte, kann der Fahrer die Fahrzeugparameter anpassen“, erklärt Brunotte. Konkret: Beispielsweise lässt sich über Reifendruck-Regelsysteme der Reifeninnendruck derart minimieren, dass die Kontaktfläche des Rades maximiert und damit die Druckverteilung auf den Boden optimiert wird. Zukünftig sollen diese Systeme die Änderungen sogar selbst vornehmen.

### Viele Landwirte ächzen unter den vielen Dürrejahren

Kritische Zeiträume sind in der Regel das Frühjahr und der Herbst. Im Frühjahr, wenn der Boden durch die Winterniederschläge noch durchfeuchtet und daher verdichtungsempfindlich ist, findet die Aussaat für den Sommer statt; wird vorher noch Gülle auf die Felder gefahren, verstärkt das die Problematik weiter. Massenfrüchte wie Kartoffeln, Silomais oder Zuckerrüben werden zwischen September und November geerntet. Teilweise siebzehn Tonnen pro Hektar werden dabei vom Acker gefahren. „Die Silomaisernte kann bei Feuchte eine kritische Arbeitskette werden, da mittlere bis hohe Radlasten mit hohen Überrollhäufigkeiten zusammenreffen“, sagt Brunotte.

Sah es bis vor wenigen Wochen noch nach einer passablen Erntesituation aus, ächzen viele Landwirte mittlerweile aufgrund der sich immer stärker ausbreitenden Dürresituation auf den Äckern. „Für die Landwirtschaft sah es nach den Wintermonaten eigentlich gut aus. Dadurch, dass es wenig Frost gab, konnten die Niederschläge im Boden versickern. Dann folgte sogar noch ein sehr niederschlagsreicher Februar“, sagt Andreas Marx, der beim Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung in Leipzig mit einigen Kollegen den „Dürremonitor“ betreut, welcher kontinuierlich Daten zur Bodenfeuchte in Deutschland auswertet. „Mit Ausnahme vom Osten hatte sich die Lage in weiten Teilen Deutschlands entspannt. Zumindest im Oberboden (bis 25 Zentimeter Tiefe; Anm. d. Red) sah es zeitweise ganz gut aus. Die Füllstände der Talsperren in Nordrhein-Westfalen etwa hatten sich bis zu 90 Prozent wieder gefüllt.“ Mittlerweile ist der Großteil des Wassers auf den Feldern jedoch wieder aufgebraucht oder schlicht verdunstet. Blickt man etwas tiefer ins Erdreich, bis circa 1,80 Meter Tiefe, sieht die Lage noch dramatischer aus. „Da hat es seit einigen Jahren keine richtige Erholung gegeben. Viele sprechen immer von den Hitzesommern 2018 und 2019 – im Grunde haben wir aber schon eine seit 2015 anhaltende Trockenphase in Deutschland“, sagt Marx. Damit sich der Gesamtboden erholen kann, bräuchte es über einen längeren Zeitraum hinweg kontinuierliche Niederschläge.

In 2018 gab es praktisch keine Erntezeit, die nicht von der Dürre betroffen war. „Die Landwirte haben die Verluste praktisch in der Kultur, in der Folgekultur und in der Folge-Folge-Kultur gehabt. Die Trockenheit hatte über die ganze Vegetationsperiode hinweg Bestand“, sagt Marx. So ein Trockenjahr wie 2018 habe Deutschland seit mindestens dem Zweiten Weltkrieg nicht mehr erlebt.

Auch für 2020 sind Ernteverluste bei den Winterkulturen bereits absehbar, für die Sommergerunde indes besteht noch Hoffnung – vorausgesetzt, die Böden können sich in den kommenden Wochen erholen. Während die derzeitige Trockenheit für das Pflanzenwachstum und die Ertragsrate hinderlich ist, macht sie den Boden für eine Befahrung unempfindlicher. Joachim Brunotte gibt zu bedenken: „Bei trockenen Böden ist die Wasserschonung im Oberboden ebenso wichtig wie bei feuchten Böden die Schonung der Bodenstruktur im Unterboden. Je tiefer man arbeitet, desto mehr Wasser bringt man zur Oberfläche und damit zur Verdunstung, und umso größer wird der Trockenstress für die Pflanzen.“



## Kontaktpflege

Von Sibylle Anderl

Sieien wir ehrlich: Auch wenn wir uns nach wie vor gern über die uns auferlegten Beschränkungen zur Eingrenzung der Covid-19-Ausbreitung aufregen, so richtig wirksam sind sie im Alltag schon seit einiger Zeit nicht mehr. Die Parks sind voll, Menschenmengen kommen zu Großdemos zusammen, man trifft sich wieder in Cafés und Restaurants. Die lange befürchtete „zweite Welle“ ist bislang, Gott sei Dank und maßvoll unter dem Einfluss von Gesichtsmasken und Draußenaktivitäten, trotzdem ausgeblieben. Hoffen wir, dass das so bleiben wird. Falls nicht, haben netzwerktheoretisch interessierte Soziologen aber bereits eine Alternativstrategie vorbereitet, damit wir der nächsten Runde der Radikalvermeidung physischer Kontakte entgehen können. Allein notwendig dafür ist, so schreiben sie aktuell in „Nature Human Behaviour“, sich die Vernetzung der eigenen Sozialkontakte vor Augen zu führen und sich entsprechend zu verhalten. Konkret schlagen sie drei verschiedene Strategien vor: Erstens könne man soziale Aktivitäten auf die geographisch nahen Kontakte beschränken. Zweitens sei darauf zu achten, dass das Kontaktnetzwerk möglichst dicht ist – dass man also nur diejenigen trifft, mit denen man gemeinsame weitere Kontakte hat. Und drittens könne man einfach eine Auswahl von Menschen treffen, denen man sowieso am liebsten oder am häufigsten begegnet, und dann auch dabei bleiben. Diese Strategien, separat oder auch kombiniert, können laut Modellrechnungen der Ausbreitung der Pandemie effektiv entgegenwirken. Die Übertragbarkeit der Theorie in die Praxis bleibt in unserem komplex vernetzten Alltag zwar fraglich. Wer aber schon lange nach einem Argument gesucht hat, sich auch privat einmal mit Arbeitskollegen oder den nächsten Nachbarn zu treffen – oder auch Pflichttreffen mit flüchtigen Bekannten außerhalb des engsten Freundeskreises abzusagen –, dem bietet sich jetzt eine günstige Gelegenheit.

## Wohin mit den Treibhausgasen?

Damit die Europäische Union ihr Klimaziel erreichen kann, bis Mitte des Jahrhunderts klimaneutral zu werden und damit ein Erreichen des globalen 1,5 Grad-Ziels im Pariser Klimaabkommen überhaupt möglich zu machen, sollten umgehend staatenübergreifende Verhandlungen über sogenannte negative Emissionen beginnen. Das fordern Forscher des Imperial College London sowie der Universitäten in Girona und Cambridge sowie der ETH Zürich in „Nature Climate Change“ berichtet. Dabei geht es darum, Kohlendioxid künftig aktiv aus der Atmosphäre zu entfernen. Im Mittelpunkt stehen die vier Methoden Aufforstung, direkte Abscheidung aus der Luft (DACCS), Abscheidung bei der Gewinnung von Bioenergie (BECCS) und finale Lagerung des Kohlendioxids in geologischen Formationen. Nur ganz wenige Länder in Europa haben aber die Möglichkeiten dazu. Zudem gibt es bisher nur kleine Demonstrationsanlagen. Die Autoren dringen deshalb darauf, jetzt mit multilateralen Verhandlungen über eine Verteilungsschlüssel zu verhandeln. Andreas Oschlies vom Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Geomar in Kiel: „Wenn man die notwendige globale Kohlendioxid-Entnahme gleichmäßig auf die Weltbevölkerung herunterbricht und sowohl historische Schuld als auch wirtschaftliche Potenz außer Acht lässt, bedeutet das für Deutschland zusätzlich zu massiver Emissionsreduktion eine notwendige Entnahme und sichere Speicherung von mindestens fünf Milliarden Tonnen Kohlendioxid bis zum Ende des Jahrhunderts – mehr als die sechsfache Menge, die Deutschland 2019 emittiert hat.“ Würde historische Emissionsverantwortung berücksichtigt, würde sich die notwendige Entnahme und Speicherung vervielfachen. jom

### DIE WÄCHTER DER KOLOSSE

Das Nashorn weiß sich vor dem Menschen zu schützen – so gut es eben geht: Dafür hat sich das Tier vor vielen Generationen mit blutrünstigen Vögeln eingelassen.

Seite N2

### DIE BIBLIOMANIE DER OSMANEN

Wunderlichstes Buch der Bücher ist vielleicht doch der Katalog der Büchersammlung der Sultane, der in der ungarischen Nationalbibliothek verwahrt wird.

Seite N3

### MIT VOLLEM DENK- UND KÖRPEREINSATZ

Akademiker präsentieren sich zunehmend als Kreativ- und Energiebündel vor anregender Naturkulisse. Das Denken soll sich durch den Körper zeigen.

Seite N4