

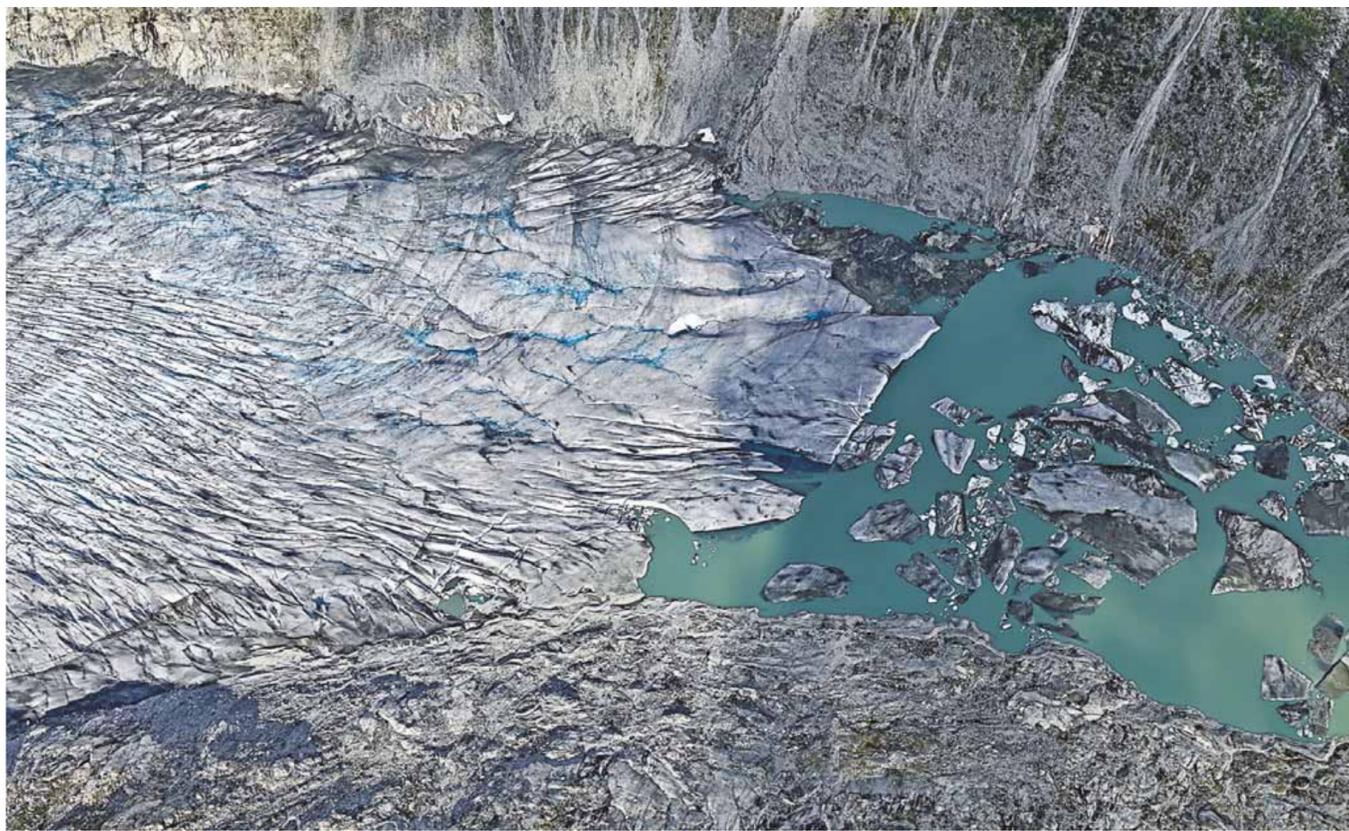
## Ein alter Vegetarier

Paläontologen entdecken neue Saurierart in der Wüste Gobi

Die Tierwelt des Jura-Zeitalters ist offenbar noch längst nicht erschöpfend erforscht. Soeben melden chinesische Wissenschaftler die Entdeckung eines neuen Dinosauriers aus jener Epoche, dem sie den Namen „Hualianceratops wucaiwansensis“ gaben. Die Urzeitechse kam offenbar ohne Hörner und andere Abwehrwaffen aus und hatte einen fein strukturierten sowie nach Vorstellungen der Forscher auch bunten Kopf. Darauf basiert auch die Bezeichnung, die im Chinesischen etwa „verzerrtes Gesicht“ bedeutet.

Die gefundenen Schädelfragmente und Skelettteile sind rund 160 Millionen Jahre alt und zählen damit zu den ältesten Funden dieser Dinosauriergruppe. Entdeckt wurden die Überreste des frühen Sauriers in der Wüste Gobi, in der Westchinesischen Provinz Xinjiang. Die Region ist bekannt für ihren Reichtum an Fossilien. Anders als die bekannten, furchterregenden Fleischfresser wie Tyrannosaurus rex ernährte sich Hualianceratops mit seinem Charakterkopf und dem auffallenden Schnabel von Pflanzen. Das Tier bevölkerte das einstige Asien vor rund 160 Millionen Jahren. Aus den Abmessungen eines Beinknochens leiten die Paläontologen ab, dass es wesentlich kleiner war als die viel später aufkommenden Riesenechsen wie der zehn Meter lange T. rex oder auch der noch imposantere, vegetarisch lebende Brontosaurus.

Hualianceratops war gerade mal einen Meter lang, hatte also etwa die Ausmaße eines großen Hundes. Doch lief das Tier wohl anders als später lebende, pflanzenfressende Saurier auf seinen beiden Hinterbeinen. Der dreieckig geformte Kopf war in Relation zum übrigen Körper wohl auffallend groß. „Es muss sehr seltsam ausgesehen haben, wie er mit dem vergleichsweise großen Kopf auf den Hinterbeinen herumrannte“, meint Catherine Forster, eine Paläontologin der amerikanischen George Washington University. Im Grunde bewegen sich heute vor allem die Menschen so, im Tierreich gebe es diese Kombination kaum mehr. Es wird angenommen, das Hualianceratops ein Vorfahr der sogenannten Ceratopsia war, die erst zig Millionen Jahre später lebten, sich auf vier Beinen fortbewegten und auffallende Hörner trugen. Zu deren bekanntesten Vertretern zählt der auch aus Filmen wie *Jurassic Park* bekannte Triceratops, der ein kräftiges Nackenschild und zwei Hörner auf dem Kopf trug.



## Es taut in Norwegen

An der Eisfront vieler Gletscher, die sich aufgrund des Klimawandels zurückziehen, sammelt sich Schmelzwasser und bildet einen See wie hier am Ende des Tunsbergdalsbreen in Norwegen. Er gehört zu den insgesamt 28 Gletscherzungen, die sich vom Jostedalbreen herunterziehen, dem größten Gletscher auf europäischem Festland. Bis zum Jahr 2100 wird diese riesige Eismasse aufgrund der Erderwärmung 38 Prozent ihres Volumens verlieren, heißt es beim Norwegischen Wasserressourcen- und Energie-Direktorat (NVE) in Oslo. Norwegen erzeugt nahezu seinen gesamten Strombedarf aus Wasserkraftwerken. Diese werden auch von Gletscherwasser gespeist. Das Land gehört zu den Industriestaaten, die auf der Klimakonferenz in Paris finanzielle Hilfen für die ärmere, vom Klimawandel betroffenen Staaten zugesagt haben. FOTO: BERNHARD EDMAIER, AUS DEM BILDBAND „WASSER“, ERSCHEINEN BEIM PRESTELVERLAG. MEHR BILDER: WWW.SZ.DE/WASSER. SZ

## Ab nach unten

Je länger die Weltgemeinschaft mit CO<sub>2</sub>-Einsparungen wartet, desto mehr werden riskante Technologien wie das Verpressen des Gases im Erdboden notwendig. In Kanada wird das sogenannte CCS bereits seit einem Jahr praktiziert

VON BENJAMIN VON BRACKEL

Die Weltklimakonferenz in Paris hatte gerade erst begonnen, als Mike Marsh in einem vollbesetzten Raum ans Rednerpult trat und eine verwegene Botschaft verkündete: Wir können das Klima schützen und trotzdem weiterhin billige Kohle verfeuern. Der Mann mit Kastenbrille und Bürstenhaarschnitt will das beweisen haben. Und zwar mit einer „Schlüsseltechnologie für eine nachhalti-

ge Zukunft“, wie sie Marsh, Präsident des kanadischen Energieunternehmens Saskatchewan, es nennt.

Im Jahr 2011 habe die Firma vor der Entscheidung gestanden, ob sie ihre drei Kohlekraftwerke schließen sollte, nachdem der Bundesstaat Saskatchewan den CO<sub>2</sub>-Ausstoß für Kohlekraftwerke begrenzt hatte. Doch stattdessen baute das Unternehmen neben das Kraftwerk eine turmförmige Anlage, die Kohlendioxid auffängt und in natürliche Hohlräume im Erdboden

presst. „Wir entschieden uns, sauber zu werden“, fasst Marsh den Schritt seiner Firma zusammen.

Die Technologie trägt den Namen „Carbon Capture and Storage“, kurz CCS. In Deutschland ist sie umstritten. Befragungen des Forschungszentrums Jülich, des Fraunhofer Instituts für Solare Energiesysteme ISE und des Wuppertal Instituts im Jahr 2014 haben gezeigt: Die Wahrnehmung von CCS als Risikotechnologie hat sich verfestigt. Darauf hat die Politik reagiert, inzwischen gibt es bundesweit kaum noch Versuchsprojekte. Ein Gesetz aus dem Jahr 2012 erlaubt den Bundesländern zwar den Test von CCS-Anlagen, begrenzt aber die zu speichernde Kohlendioxidmenge auf 1,3 Millionen Tonnen pro Jahr und Speicher – was effektiv nur den Betrieb von etwa zwei bis drei kleinen bis mittelgroßen Versuchsanlagen erlaubt. Bundesländer dürfen die Technologie auch verbieten – wozu sich Schleswig-Holstein im vergangenen Jahr entschied.

Andere Länder setzen große Hoffnungen auf CCS, wie man auf der Klimakonferenz in Paris merken konnte. Ohne die Technologie, so die Argumentation, werde es schwer, die Erderwärmung auf zwei Grad zu begrenzen. Und erst Recht auf 1,5 Grad – ein Ziel, das sich in den Klimaverhandlungen mehr und mehr durchsetzt. Dabei halten Experten es für fraglich, ob sich CCS je wirtschaftlich und im großen Stil einsetzen lassen wird.

### Stickstoffverbindungen saugen das Kohlendioxid im „Waschturm“ auf

Das Kraftwerk von Mike Marsh gilt weltweit als Pilotprojekt, das diese Frage beantworten soll. Im Herbst 2014 ging die CCS-Anlage von Saskatchewan in kommerziellen Betrieb. Sie steht nahe der Stadt Estevan an der Grenze zu den USA. Früher qualmten die Abgase mit dem Kohlendioxid einfach aus den vier rot-weißen Schloten des Kohlekraftwerks Boundary Dam. Heute werden sie in einen sogenannten Waschturm umgeleitet. Dort trifft das Kohlendioxid auf Tröpfchen organischer Stickstoffverbindungen – sogenannte Amine. Sie saugen das Kohlendioxid auf.

In einem weiteren Turm, dem „Abscheideturm“, wird die Aminlösung erhitzt und das konzentrierte Kohlendioxid wieder gelöst. Auf diese Weise hoffen die Ingenieure, CO<sub>2</sub> in annähernd reiner Form zu gewinnen. Beim Verbrennen von Kohle entstehen auch andere Gase, zum Beispiel Schwefel, Stickstoff und Argon. Je mehr dieser Stoffe im Abgasgemisch enthalten sind, desto mehr Raum ist zur Speicherung nötig. „Wir erreichen mit 99,997 Prozent eine sehr reine Qualität an CO<sub>2</sub>“, sagt Marsh.

Die Filterung des CO<sub>2</sub> kostet allerdings Energie – mindestens ein Zehntel der Kraftwerksleistung wird dafür benötigt. Mit Kompressoren wird das Treibhausgas in eine Pipeline gepumpt, verdichtet, verflüssigt und kilometerweit bis zur Lagerstätte transportiert – in ein altes Ölfeld. Ein kleinerer Teil des Kohlendioxids wird in eine zweite Pipeline gepumpt und in 3,4 Kilometer Tiefe in porösen Stein gepresst, einem sogenannten salinen Aquifer. In dieser Tiefe beginnt sich das Gas zu verflüssigen. Pro Jahr wolle seine Firma eine Million Tonnen in den Boden pressen, sagt Marsh. „Das ist, als würden wir 250 000 Autos von den Straßen nehmen.“

Weltweit erproben Ingenieure derzeit in 15 CCS-Projekten die Technologie, weitere sieben sind im Bau. Manche Projekte konzentrieren sich auf die Abscheidung, andere auf die Pipelines oder die Speicherung unter der Erde. Die meisten finden sich in

Nordamerika. Keines aber deckte zugleich alle Teile ab und speicherte Kohlendioxid aus einem Kohlekraftwerk im industriellen Maßstab. Bisher ist das schlicht zu teuer: Um CCS in ihren Kraftwerken zu integrieren, müssten die Betreiber den Strom um etwa ein Drittel verteuern.

Das kanadische Pilotprojekt Boundary Dam probt nun erstmals den kommerziellen Einsatz. „Das ist das erste integrierte Projekt, das die gesamte Prozesskette schließt“, sagt der Geologe Axel Liebscher vom Geoforschungszentrum Potsdam (GFZ). Der Weg dorthin war nicht einfach, räumt Marsh ein. Hunderte Komponenten mussten ausgetauscht und die eine Milliarde Dollar teure Anlage oft über Wochen angehalten werden. Das Ziel, 90 Prozent des Kohlendioxids aus dem Kraftwerk abzuscheiden, wurde deshalb bisher nicht einmal zur Hälfte erfüllt. „Wir haben noch Arbeit zu erledigen“, bekennt Marsh.

Umweltschützer und Forscher fürchten hingegen, dass sich die Probleme der CCS-Technik nicht mit Feinjustierung beheben lassen. Sie bezweifeln, dass das Kohlendioxid nach der Verpressung im Boden bleibt. Es könnte zu Erdbeben kommen und das Gas durch feine Risse wieder an die Erdoberfläche gelangen. Forscher der kalifornischen Stanford University zeigten das im Jahr 2012 anhand von verunreinigtem Wasser, das nach Gasbohrungen in den Boden gepresst worden war, und Erdbeben ausgelöst hatte (PNAS).

Wissenschaftler vom Massachusetts Institute of Technology bei Boston wiesen zudem Anfang des Jahres in einer Computersimulation nach, dass sich nur ein kleiner Teil des Klimagases unterirdisch in Salzwasser auflöst oder in Mineralien umwandelt, während der Großteil beweglich bleibt. Je nach Speichergestein könnte das CO<sub>2</sub> also wieder an die Oberfläche dringen. Um dem Druck der verpressten Gase über Jahrtausende standzuhalten, müssen die Speicher von einem Hunderte Meter dicken Gebirge etwa aus Ton oder Lehm überlagert sein. Wenn eine große Gasblase schlagartig austritt, verpufft nicht nur die Klimaschutzwirkung. Wenn sie lokal die Atemluft verdrängt, droht Lebewesen der Erstickungstod.

GFZ-Geologe Axel Liebscher ist deswegen der Frage nachgegangen, was mit dem Kohlendioxid unter der Erde passiert. Auf den Wiesen des Havellandes nahe der Stadt Ketzin, 40 Kilometer westlich von Berlin, führen fünf Bohrlöcher in die Tiefe – bis zu 650 Meter. Eines, um das Kohlendioxid in den porösen Sandstein zu drücken. Insgesamt 67 000 Tonnen des Klimagases lagern nun in Salzwasser-Adern. Wie ein Schwamm nehmen die Poren im Gestein das Kohlendioxid auf, und das Salzwasser weicht in andere Schichten aus.



Im deutschen Spremberg wurde die CCS-Technologie bis 2014 erprobt. FOTO: DPA

Umweltschützer fürchten, Salzwasser und Kohlendioxid könnten dadurch in höhere Gesteinsschichten aufsteigen und das Grundwasser versalzen und verunreinigen. Liebscher, der das Projekt leitet, sieht keine Gefahr – zumindest nicht was die vergleichsweise geringen Mengen Kohlendioxid in Ketzin betrifft. Regelmäßig werde kontrolliert, wie sich das CO<sub>2</sub> im Untergrund ausbreitet. Und zwar mit geophysikalischen Methoden: Vibratoren senden Schallwellen in den Untergrund, wo die Schwingungen vom Gesteinsgrenzen zurück an die Erdoberfläche reflektiert werden. So lässt sich ein Bild des Untergrunds rekonstruieren. „Damit können wir räumlich kartieren, wo im Speichergestein das CO<sub>2</sub> ist und wo nicht“, sagt Liebscher.

### Nur wenige Länder setzen beim Klimaschutz auf CCS – auch die Deutschen sind skeptisch

Doch so wie Deutschland setzen nur wenige Industrieländer in ihren Plänen für den Klimaschutz auf die CCS-Technologie, um ihre Treibhausgase zu reduzieren. Unter den positiv gestimmten sind Kanada und Norwegen. Selbst die britische Regierung – eigentlich ein CCS-Befürworter – beschloss im November, einen CCS-Wettbewerb mit einer Förderhöhe von 1,5 Millionen Euro zu streichen. CCS-Befürworter richten ihren Blick deshalb verstärkt auf Schwellenländer mit einem hohen Kohleverbrauch wie China oder Indien.

Der jüngste Weltklimabericht geht in den meisten seiner Szenarien davon aus, dass sich ohne sogenannte negative Emissionen, also die aktive Entsorgung von CO<sub>2</sub>, die Erderwärmung kaum noch auf zwei Grad begrenzen lässt. Hunderte Gigatonnen Kohlendioxid müssten in diesem Jahrhundert der Atmosphäre entzogen werden – und zwar mit einer Kombination aus CCS und dem Anbau von Biomasse. Letztere bindet Kohlendioxid, das sich nach der Verbrennung im Boden speichern ließe – eine effektive Einsparung. „Noch haben wir eine Wahl“, sagt Hermann Held, Professor für nachhaltige Entwicklung an der Universität Hamburg und Leitautor für den Weltklima-Bericht. „Wenn die Welt allerdings eine Umsetzung des Zwei-Grad-Ziels um weitere 20 Jahre verzögert und dennoch an dem Ziel festhalten will, dann führt kein Weg an CCS mehr vorbei.“

Eine Studie, die Anfang Dezember im Fachmagazin *Nature Climate Change* veröffentlicht wurde, zeigt allerdings Grenzen auf: Die Kombination von Biomasse und CCS berge „erhebliche Konflikte“ in der Landnutzung, im Wasserverbrauch und Energiebedarf, schreiben die 40 Forscher aus aller Welt. „Die Verhandler bei der UN-Klimakonferenz in Paris sollten sich klar machen, dass das Wetten auf negative Emissionen uns nicht davon entbindet, jetzt schon CO<sub>2</sub> zu reduzieren“, sagt Sabine Fuss vom Mercator Research Institute on Global Commons and Climate Change, die an der Studie mitgeschrieben hat.

Mike Marsh, der kanadische Unternehmer, will in Zukunft trotzdem Kohlendioxid im Boden speichern, das aus der Verbrennung von Holzschnitzeln kommt. „Das ist in Entwicklung“, sagte er in Paris. Derzeit klappt die Vereinbarung von Kohle und Klima allerdings noch nicht so ganz: Das Kohlendioxid aus dem Kohlekraftwerk Boundary Dam wird in ein beinahe leeres Ölfeld nahe der Stadt Weyburn gepumpt. Hier liegt der Grund, warum sich Marsh die teure Technik überhaupt leisten kann: Er verkauft das CO<sub>2</sub> an eine Ölfirma – damit die mit Hilfe des Kohlendioxids noch das letzte Öl aus dem Untergrund pressen kann.

PLAN W

Süddeutsche Zeitung

Ausgabe 03 2015

# PLAN W

Frauen verändern Wirtschaft

**SUPER JOB!**  
Arbeiten, ohne wahnsinnig zu werden

**Morgen in Ihrer Süddeutschen Zeitung.**

Mehr Mitbestimmung PLAN W stellt innovative Firmen vor, in denen die Bedürfnisse der Angestellten die Unternehmenskultur prägen. Vier Erfolgsgeschichten.

Perspektive wechseln Unsere Kolumnistin Evelyn Roll wagt den Blick nach vorn zurück – um bessere Entscheidungen zu treffen. Eine Empfehlung.

Selber machen In Japan gründen Frauen ihre eigenen Unternehmen, um Karriere und Familie vereinbaren zu können. Eine Reportage.

Seien Sie anspruchsvoll.

Süddeutsche Zeitung

Digitale Ausgabe unter [sz.de/plan-w](http://sz.de/plan-w)