

Die Zukunft im Riesenreagenzglas

Was passiert, wenn die bereits übersäuerten Ozeane immer mehr Kohlendioxid aufnehmen müssen?
In einem Fjord in Schweden simulieren Forscher den Zustand der Meere im Jahr 2100

VON CHRISTIAN HEINRICH

Sie bieten einen seltsamen Anblick. Wie überdimensionierte Reagenzgläser dümpeln die zehn Forschungsobjekte im Gullmarsfjord in Schweden, 100 Kilometer nördlich von Göteborg. Ihr Inhalt: Der Ozean der Zukunft. Andrea Ludwig vom Geomar Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung in Kiel balanciert auf der Reling des kleinen Motorboots, das an einen der Zylinder angelegt hat, und lässt über eine Rolle einen länglichen Behälter hinab. Mit einem Platschen taucht das Gefäß in den schwimmenden, mit Wasser gefüllten Zylinder, der knapp zwei Meter über die Oberfläche des Fjords hinausragt und 20 Meter in die Tiefe reicht. Mesokosmen nennen die Forscher solche Stücke Meer, die zwar getrennt sind von der Umgebung, aber gleichzeitig ein Stück Ozean abbilden. Zehn dieser mit Riesenreagenzgläsern vergleichbaren Objekte mit einem Durchmesser von jeweils etwa zwei Metern dümpeln seit Ende Januar im Fjord. Anfang Februar haben die Technikerin Ludwig und ihre Kollegen die Plastiksäcke im Meer heruntergelassen, alle Organismen in diesem Abschnitt eingefangen und den Sack anschließend verschlossen. Der Hälfte der Mesokosmen haben die Forscher dann genau so viel Kohlendioxid zugeführt, wie in 90 Jahren in den Meeren zu erwarten ist – und katapultieren so 55 Kubikmeter Ozean ins Jahr 2100.

Schon heute zeigt sich: Der menschengemachte Kohlendioxidanstieg ist nicht nur ein Problem für die Atmosphäre, sondern auch eines für die Meere. Die Ozeane schlucken ein Viertel des Kohlendioxids, das ist das Volumen eines Güterwaggons pro Sekunde – und verlangsamen derart deutlich die Steigerung der Konzentration des Gases in der Luft. Der Effekt auf die Ozeane: Sie drohen zu versauern. Bereits in den vergangenen Jahrzehnten ist der Säuregrad der Meere leicht gestiegen, noch aber scheint das Ökosystem im Gleichgewicht zu sein. In knapp 90 Jahren wird der Kohlendioxidgehalt der Luft noch einmal um mehr als die Hälfte zugenommen haben. Vielleicht können die Meere auch diese erhöhte Kohlendioxidkonzentration abpuffern. Vielleicht versagen aber auch einzelne Regelkreise in dem Biosystem und bringen das sensible Gleichgewicht schließlich zum Umstürzen. Das könnte auch für die Menschen verhängnisvoll sein.

„Es kann gut sein, dass sich das marine Ökosystem nachhaltig verändern wird“, sagt der Geomar-Umfresbiologe und Leibniz-Preisträger Ulf Riebesell, der die Experimente im Gullmarsfjord leitet. Ein mögliches Szenario wäre, dass der Ozean irgendwann nur noch weniger Kohlendioxid aufnehmen kann, sodass sich jede Emissionssteigerung noch deutlicher in der Atmosphäre bemerkbar machen würde. „Noch wissen wir nicht, ob das passiert und wann“, sagt Riebesell.

Die meisten der Vorhersagen bisher beruhen auf Computersimulationen und Laborexperimenten, in denen nur einzelne Lebewesen den künftigen Belastungen ausgesetzt wurden. Um eine wirklich verlässliche Aussage über die Folgen des erhöhten Kohlendioxidausstoßes zu treffen, fehlten bislang aber Experimente, in denen Forscher ganze Ökosysteme beobachteten. Diese Lücke will Riebesell nun schließen. Im Gullmarsfjord beobachten Forscher aus 15 Unis das Meer erstmals tatsächlich über eine längere Zeit unter authentischen Verhältnissen – unter Kohlendioxidbedingungen, wie sie vermutlich im Jahr 2100 herrschen werden. „Die Mesokosmen dürfen uns den bisher realistischsten Einblick geben in das, was tatsächlich im Meer geschehen wird“, sagt Riebesell.

Der Regen ist stärker geworden, als Andrea Ludwig in ihrem roten, wasserdichten Überlebensanzug den nun mit Wasser aus dem Mesokosmos gefüllten Behälter langsam wieder nach oben zieht. Vorsichtig nimmt die Technikerin das Gefäß mit den



Im schwedischen Gullmarsfjord installieren Meeresbiologen riesige Versuchsbehälter, die 20 Meter in die Tiefe reichen. In diesen sogenannten Mesokosmen schaffen die Forscher auf künstliche Weise Bedingungen, wie sie in einigen Jahrzehnten überall im Meer herrschen könnten.

FOTO: HEINRICH

Proben in den Arm, die Wissenschaftler an Land warten schon ungeduldig auf die Probe. Manche untersuchen das Wachstum einzelner Gruppen von Algen und Plankton, andere analysieren deren Erbinformationen, die Konzentrationen der Nährstoffe, die Überlebensraten.

Es ist ein Projekt, das einen extremen Aufwand erfordert. Weil in Kiel das Wasser zu flach und aufgrund des geringen Salzgehaltes nicht repräsentativ für den offenen Ozean ist, musste sich das Geomar-Team in Richtung Norden orientieren. Mehr als 60 europäische Wissenschaftler leben und forschen daher seit Anfang des Jahres zur Untermiete im Sven-Löfvén-Zentrum für Meereswissenschaften der Universität Göteborg, Dutzende Tonnen Ausrüstung wurden aus Kiel hierher verschifft. Die Forscher haben sich in der Station bei dem kleinen Städtchen Fiskebäckskil eingerichtet, das mit seinen Sommerhäusern in diesen kalten Tagen fast menschenleer ist. Erst im Sommer, nachdem die meisten Organismen in den Mesokosmen mehr als 100 Generationen durchlaufen haben, wird sich zeigen, ob und wie sich diese anpassen.

Der Wandel im Meer könnte zu weniger Wolken führen

Schon viele Experimente haben gezeigt, dass die Meeresorganismen das aufgenommene Kohlendioxid nicht unbegrenzt verkraften. Sogenannte Flügelschnecken, kleinste Meerestiere, die ihre Schale vornehmlich aus Kalk aufbauen, geraten in Bedrängnis: Weil durch die Übersäuerung und deren Abpufferung das für die Kalkbildung wichtige Karbonat abnimmt, werden ihre Schalen löchrig, lösen sich allmählich auf. Einzelne Algenarten wie die Blaualgen wiederum, die mithilfe von Kohlendioxid wachsen, vermehren sich überdurchschnittlich. Das zeigen Beobachtungen an Stellen am Meeresgrund, wo natürliches Kohlendioxid aus dem Boden strömt: Die

Algen wachsen und verdrängen andere Mikroorganismen, kalkbildende Arten wie eben die Flügelschnecke gibt es in unmittelbarer Nachbarschaft kaum.

Auch Inken Kruse befürchtet, dass die Meere nur eine begrenzte Kohlendioxidkonzentration aushalten. Die blonde Biologin steht am Westufer der Kieler Förde und deutet auf einen Steg, der sanft in den Wellen schaukelt. In 14 Tanks sind hier alle Organismen versammelt, die auf dem Grund des Ozeans leben. Miesmuscheln, Seesterne, Schnecken, Schlamm, und in jedem Tank ein Krebs, „wir haben sogar eine Schale aus Sand in jedem Tank, für die richtige Bakterienkonzentration und als Rückzugsort für den Krebs“, sagt Kruse. In einigen Behältern liegt die Temperatur fünf Grad Celsius höher als in der übrigen Förde, auch der Kohlendioxidgehalt ist um mehr als die Hälfte erhöht – so simuliert man Bedingungen, wie sie im Jahr 2100 vorherrschen werden. Ein Jahr lang verfolgen die Forscher nun, was das mit den Lebewesen macht, alle zwei Wochen nehmen sie Proben, alle drei Monate machen sie eine umfangreiche Bestandsaufnahme.

Nur wenige Meter entfernt, in einem stockdunklen Raum, simuliert Kruses Kollege Armin Form die Finsternis des tiefen Ozeans. Er beobachtet – unter verschiedenen Szenarien – die Entwicklung von Kaltwasserkorallen. Mit solchen Simulationen versuchen die Forscher, die Zukunft zumindest ein Stück weit auszuleuchten.

Das Verhalten der Ökosysteme im freien Wasser aber hoffen die Wissenschaftler mithilfe der Mesokosmen in Schweden zu erkennen. Auch hier stimmen erste, kürzere Experimente wenig optimistisch. So zeigte sich, dass bei stärkerer Kohlendioxidzufuhr im Meer bestimmte Stoffe weniger produziert werden, die üblicherweise in die Atmosphäre ausgasen und sich dort an der Wolkenbildung beteiligen. Für die Atmosphäre wäre das dramatisch: Bei geringerer Wolkenbedeckung wird weni-

ger Licht von der Erde weg reflektiert, der Treibhauseffekt verstärkt sich.

Andere Experimente haben gezeigt, dass offenbar besonders die kleinen Planktonarten von dem erhöhten Kohlendioxidanteil profitieren. Sie verdrängen dabei allerdings die größeren Planktonvarianten, die es bei einer saureren Umgebung ohnehin schwer haben, zu wachsen. Nur von größerem Plankton aber können sich viele Krebse und Larven ernähren. Und fehlen diese, würde sich das wiederum bei den Fischen bemerkbar machen.

Und was bedeutet das alles am Ende für uns Menschen?

Eine solch beunruhigende Tendenz ließ sich auch bei dem Experiment im Gullmarsfjord schon nach wenigen Wochen beobachten. Zuständig für die Bestimmung des Planktons ist hier der Meeresbiologe Lennart Bach. Der 29-Jährige beugt sich noch spät am Abend in einem Labor im Sven-Löfvén-Zentrum über die Proben, die seine Kollegin vor wenigen Stunden mitgebracht hat. Vor ihm steht ein unfertig aussehendes Gerät, aus dem noch die Platinen ragen, ein Prototyp einer Firma aus den Niederlanden, speziell für seine Bedürfnisse entwickelt. Es reißt die Zellen in den Proben wie an einer Perlschnur auf und sendet sie durch einen Laser, der Größe, Funktion und Typ analysiert. „Die kleinen Planktonsorten sind wie erwartet überdurchschnittlich gewachsen“, sagt Bach. In den nächsten Wochen wird er sehen, ob das Ökosystem der Mesokosmen damit fertig wird, ob sich etwa größere Planktonarten durchsetzen und die kleineren Varianten wieder zurückdrängen.

Es ist fast Mitternacht, der Gullmarsfjord ist abseits der Lichter der Forschungsstation in der Dunkelheit verschwunden, als Bach alle Proben analysiert hat. Viele seiner Kollegen sind auch eben erst fertig geworden, einige haben sich noch einmal

bei Bier und Wein zusammengesetzt. Aus elf Ländern stammt die Forschungsmannschaft, fast alle schlafen in den kleinen Gästerräumen im Gebäude neben den Laboren. Auch das hier ist ein eigener kleiner Kosmos.

Morgen wird Lennart Bach wieder am Mikroskop sitzen und Proben untersuchen. Alle zwei Tage fahren Bach und seine Kollegen im Wechsel in Gruppen hinaus zu den Mesokosmen und nehmen Dutzende Wasserproben. Sie bringen sie zur Station, und das Analysieren geht von vorne los. Wissenschaft, das hat Lennart Bach hier schnell gelernt, ist erst einmal Wiederholung und Geduld. Natürlich würde er manchmal gerne die Zeit einfach anschieben, damit sie etwas schneller vergeht und mehr Ergebnisse liefert, aber das geht nicht. Er hat gelernt, den Fortschritt zu sehen: „Die Grafiken, die ich am Computer zeichne, werden jeden zweiten Tag wieder ein Stück länger“, sagt Bach.

Und die Probleme vom Anfang sind weit weg: Als im Winter eine zentimeterdicke Eisschicht drohte, die Mesokosmen zu zerstören, und sie verzweifelt mit dem Boot im Zickzack herumfuhr, um das Eis fernzuhalten. Als die riesigen Zylinder begannen abzusinken und sie diese nur mithilfe von Bojen oben hielten. Und als sie schließlich wegen unterschätzter Druckverhältnisse den ersten Anlauf abbrechen mussten und die Arbeit von zwei Wochen plötzlich wertlos war.

Inzwischen ist das Wetter milder geworden, der zweite Anlauf läuft erfolgreicher, Routine hat sich eingestellt. Mit jedem Tag kommen die Forscher den Antworten auf ihre Fragen ein Stück näher: Wie werden Kleinstlebewesen, wie Bakterien und Mikroalgen auf die Umweltveränderungen reagieren? Und welche Folgen hat das für die übergeordneten Lebewesen in der Nahrungskette? Wird das empfindliche Gleichgewicht erhalten bleiben? Und was bedeutet das am Ende für uns Menschen?

Einfallstore

Die Wege der Bioinvasoren

Viel befahrene Häfen und Schifffahrtsrouten sind die wichtigsten Einfallstore für fremde Tier- und Pflanzenarten aus dem Meer. Zu diesem Schluss kommt eine Studie von Forschern um Hanno Seebens von der Universität Oldenburg, bei der fast drei Millionen Schiffsbewegungen aus den Jahren 2007 und 2008 analysiert wurden (*Ecology Letters*, online). Die Modellrechnungen zeigten „alle die gleichen Hotspots und Hochrisikorouten für Bioinvasion an“, sagt Koautor Michael Gastner von der Universität Bristol. Wahre „Ballungszentren der Bioinvasion“ seien Riesenhäfen wie Hongkong und Singapur. Aber es ist nicht allein die Zahl der Schiffsbewegungen, die das Risiko des Einschleppens von Tieren und Pflanzen in Ballastwassertanks oder am Rumpf erhöht. Wichtige Faktoren seien auch der Schiffstyp sowie die Gegebenheiten am Start- und Zielpunkt. Containerschiffe etwa fahren schneller als Öltanker und könnten deshalb die Invasion fremder Arten beschleunigen. Wichtig seien darüber hinaus auch die Wassertemperaturen und die gesamte Bio-Geografie. So sei das Risiko des Einschleppens fremder Arten in der ebenfalls stark befahrenen, aber kühlen Nordsee relativ gering. SZ

Toxische Last

Viele Opfer bei Giftmülldeponien

Der Giftmüll in Entwicklungsländern verursacht gesundheitliche Belastungen, die bislang wahrscheinlich drastisch unterschätzt wurden. Das folgern Forscher um Kevin Chatham-Stephens von der Mount Sinai School of Medicine aus toxischen Analysen von Proben aus 373 Orten in Indien, den Philippinen und Indonesien, die in der Nachbarschaft von einschlägigen Deponien liegen (*Environmental Health Perspectives*, online). Die Wissenschaftler maßen die jeweilige Belastung mit Giftstoffen wie Blei oder Chrom. Dann kalkulierten sie anhand bekannter medizinischer Zusammenhänge die vermutlichen Gesundheitsfolgen für die Anwohner der Deponien. Diesen Berechnungen zufolge verursachen die Giftmülldeponien jährlich insgesamt knapp 830 000 sogenannter DALYS. Dieses bei der WHO gebräuchliche Kürzel steht für die durch Krankheit, Behinderung oder verfrühten Tod verlorenen Lebensjahre (disability-adjusted life years) und soll ein Vergleichsmaß für gesundheitliche Belastungen schaffen. Bekannte Gefahren wie die Malaria verursachten 2008 in den gleichen drei Ländern 725 000 DALYS, die Luftverschmutzung führte zu 1,4 Millionen DALYS. CWB

Risikozonen

Stadtplanung gegen Übergewicht

Kinder, die in einer Wohngegend mit viel Raum für Bewegung aufwachsen, haben weniger Übergewicht. Dies gilt bereits für die Jüngsten, haben jetzt kanadische Forscher nachgewiesen: Vorschulkinder, die in einer sicheren Gegend leben und zu Fuß in nahe gelegene Parks gehen können, sind durchschnittlich schlanker. Deshalb kann das Risiko für Übergewicht durch eine sinnvolle Stadtplanung gemindert werden, berichteten die Wissenschaftler auf dem Jahrestreffen der „Pediatric Academic Societies“ (PAS) in Washington. „Die Wohngegend eines Kindes ist ein potenziell veränderbarer Risikofaktor für Übergewicht“, sagt Julia Morinis, Kinderärztin am Hospital for Sick Children im kanadischen Toronto. Hinzu kämen die üblichen Einflussgrößen wie sozioökonomischer Status, Volkzugehörigkeit, Körpermaße (BMI) der Eltern oder Geburtsgewicht. Die Forscher hatten fast 4000 Kinder aus Toronto im Alter bis zu fünf Jahren in ihre Analyse einbezogen. Die Umgebung der Knirpse wurde anhand von Einwohner- und Kriminalitätsstatistiken sowie Entfernungen zu Geschäften und Parks beurteilt. WSA

@ Look4Links

Anzeigenannahme
Telefon 08 00-5 66 54 54 · Telefax 08 00-5 66 54 55
www.sz.de/anzeigen

- APPARTEMENTS - USEDOM**
www.villa-ostried.de
- Ausschreibungen**
www.staatsanzeiger-eservices.de
- Büroeinrichtung**
www.wipperbueroesign.de
- Business-Coaching**
Coaching für Führungskräfte:
www.hjk-coach.de
- Damit Ihre Homepage lebt.**
www.der-contentmanager.de
- Golf**
Golfclub-Mitgliedschaften
www.golftour.de
- Handelsvertretung für Polen**
www.polkontakt.de
- Immobilien**
Kaufen oder Mieten?
www.sueddeutsche.de/immomarkt
- KFZ**
Neues Auto gefällig?
www.sueddeutsche.de/motormarkt
- Lesezirkel**
Zeitschriften mieten - auch privat
www.lesezirkel.de
- Personalberatung**
Ihr Personalberater www.cantor.de
- Pünktlichkeiten**
www.puenktlichkeiten.de
- Scheidung**
Humane Scheidung www.vhts-muenchen.de
- Schmuck**
www.schmuck-boerse.com
- Sichtschutz - Hecken XL**
www.Paschke-Garten.de
- Spirituosen**
2500 Spirituosen ab Jahrgang 1802
bis 25.000,- € www.worldwidespirits.de
- Stellenangebote**
Ihr Typ ist gefragt!
www.sueddeutsche.de/stellenmarkt
- Tanzen / Tanzkurse**
Tanzschule Armin Siebenhüner
www.tanzen-in-muenchen.de

Finanzkommunikation

Bekanntmachung
gemäß § 9 Abs. 2 Nummer 2 Vermögensanlagengesetz
Die Real I.S. AG Gesellschaft für Immobilien Assetmanagement beabsichtigt, von der Bayernfonds Immobilienverwaltung GmbH & Co. Hamburg Stein-damm KG begebene Kommanditbeteiligungen öffentlich anzubieten. Ein vollständiger Verkaufsprospekt wird bei der Real I.S. AG Gesellschaft für Immobilien Assetmanagement, Innere Wiener Straße 17 in 81667 München zur kostenlosen Ausgabe bereitgehalten.
München, 06. 05. 2013
Real I.S. AG Gesellschaft für Immobilien Assetmanagement

Wohnungswohng.
Eigentumswohnungen
in München • Dresden
Leipzig • Berlin
www.baubau.de

Wein
www.badischerwein-online.de

Werbemittel
www.WERBEARTIKEL-DISCOUNT.com

Werbung
Einmalig. Europaweit. Werben.
http://www.onemillioncar.com

Wintergärten
www.baumann-wintergarten.de

Wohlfühlen
...in weicher Unterwäsche
riesige Auswahl ab Fabrik
HERMKO - www.hermko.de

www.Parkett-Stelz.de
Meisterbetrieb seit 1931

Zigarren / Zigaretten
www.tabakanbau.de

ZIGARREN
Habanos Specialist - Großes Lager kubanischer Zigarren, Raritäten & exklusive Accessoires von S.T. Dupont, adonini, etc. mit Tiefstpreisgarantie & Versandkostenfrei
www.ZigarrenWelt.de

Spezial: Kaffee und mehr

Themen
Schwarz, stark und aromatisch – nur eine von vielen Arten, wie man Kaffee genießen kann. Bereits im 17. Jahrhundert läuteten Venedig, Wien und Bremen den Beginn einer Kaffee-kultur ein. Heute ist die braune Bohne und alles, was sich aus ihr machen lässt, weltweit ein beliebtes Genussmittel.

Termine
Erscheinungstermin:
31. Mai 2013
Anzeigenschluss:
24. Mai 2013
(Änderungen vorbehalten)

Schwarze Leidenschaft: Traditionellen, italienischen „Caffè“ gibt es nicht nur in der Espresso-Bar um die Ecke, mit dem richtigen Equipment lässt er sich auch zu Hause brühen. Passionierte Kaffeetrinker haben die Qual der Wahl zwischen vollautomatischen Espresso-maschinen, Soft-Pad-Maschinen oder klassischen Siebträgermaschinen.

Koffeinhaltige Kunst: Espresso mit samtbrauner Crema, dreischichtiger Latte Macchiato oder Cappuccino mit filigranem Muster im Milchschaum – der Barista beherrscht die professionelle Kunst der Zubereitung von Kaffee und weiß so manches über die braune Bohne. Besuch eines Seminars für Kaffee-Experten.

Nächste Hilfe: Bahnmissionsmission.
Bitte unterstützen Sie uns mit Ihrer Mitarbeit – und Ihrer Spende.
Arbeitsgemeinschaft der bayerischen Bahnmissionsmissionen (IN VIA LV Bayern und Diakonisches Werk Bayern)
c/o IN VIA LV Bayern e.V. · Konto 2144123
BLZ 750 903 00 · LIGA Bank München
Kennwort: Bahnmissionsmission (bitte angeben)
bayern@ und www.: bahnmissionsmission.de

terre des hommes

Kontakt
Süddeutsche Zeitung
Anzeigenverkauf Sonderthemen
Telefon (089) 21 83-5 83
Telefax (089) 21 83-82 16
sonderthemen@sueddeutsche.de
www.sz-sonderthemen.de

Seien Sie anspruchsvoll.

Süddeutsche Zeitung