

WASSERKNAPPHEIT

Der große Durst

Indien verbraucht mehr Grundwasser, als neues entsteht

VON TANJA KRÄMER

Der Norden Indiens steht vor einem großen Problem: Weil die Menschen mehr Grundwasser verbrauchen, als auf natürlichem Wege nachsickert, sinken die Grundwasserstände rapide. Hinzu kommt in diesem Jahr ein schwacher Monsun. Experten befürchten, dass eine Krise bevorsteht.

Es regnet in Indien. Vom Süden her zieht der jährliche Monsun nach Norden und bewässert den trockenen Kontinent. Etwa die Hälfte des jährlichen Niederschlags fällt während des Monsuns – in nur 15 Tagen. Bis Ende September gießen die tief hängenden Wolken das Land, versorgen Flüsse und Felder und füllen die Grundwasserreservoirs wieder auf, zumindest ein Stück weit. Das Land hat den Regen bitter nötig; Indien leidet an zunehmender Wasserknappheit.

Bereits in einem Bericht von 2005 prognostizierte John Briscoe, Wasserexperte der Weltbank, dass Indien nicht genügend dieses kostbaren Gutes für seine Bevölkerung haben werde, sollte die Regierung nicht sehr bald massive Änderungen im Wassermanagement beschließen: »Indien blickt einer turbulenten Wasserzukunft entgegen«, schreibt Briscoe [1].

Schwacher Monsun und sinkende Grundwasserpegel

Seine Analyse scheint sich nun zu bestätigen: Der diesjährige Monsun fällt erheblich schwächer aus als erwartet; lokale Politiker fürchten Dürren und Ernteausfälle für

Fortsetzung Seite 4



© turbowerner/fotolia

ENERGIEERZEUGUNG

Wie grün wird Schwarz?

Chancen und Hindernisse der Kohlendioxideinlagerung

VON DANIEL LINGENHÖHL

Erneuern, einsparen, einlagern? Die Weltgemeinschaft tut sich schwer mit dem Klimaschutz. Viele Energieerzeuger wollen das leidige Kohlendioxid schlicht vergraben. Aber funktioniert das?

Jeden 2. oder 3. Tag – so oft ging in den letzten drei Jahren in China ein neues Kohlekraftwerk ans Netz. In Deutschland trägt Braun- und Steinkohle mehr als 40 Prozent zur bundesweiten Stromerzeugung bei – neue Kraftwerke sind geplant. Und in den USA soll sich laut Prognose des Energieministeriums der CO₂-Ausstoß der Stromerzeugung bis 2030 um 40 Prozent auf 3,3 Milliarden Tonnen pro Jahren steigern – ein Großteil davon geht auf das Konto der Kohle, deren Nutzung ausgeweitet werden soll. All dies geht auf Kosten des Klimas, denn bei der Verbrennung

der fossilen Pflanzenreste entsteht so viel Kohlendioxid wie bei keinem anderen fossilen Energieträger: Braun- und Steinkohle verursachen fast die Hälfte der weltweit jährlich von Menschen erzeugten CO₂-Menge. Ungeachtet ihrer sonstigen Differenzen sind sich Forscher, Ökonomen und Politiker einig, dass wir der Erderwärmung nur begegnen können, wenn wir die Emissionen aus der Kohlekraft in den Griff bekommen. Über das Wie streiten sie sich allerdings vehement.

Ganz oben auf der Wunschliste steht die so genannte CO₂-

Fortsetzung Seite 2

Liebe
Leserin,
lieber
Leser,



das war wohl eine der fatalsten Missinterpretationen biblischer Befehle: »Machtet euch die Erde untertan!« (Gen 1,28). So entstand aus Erde 1.0 die Erde 2.0 mit all ihren Problemen.

Und es ist fraglich, ob es dem Menschen mit seinem heutigen Wissen und Willen gelingt, die Version Erde 3.0 so zu gestalten, dass sie lebenswert und lebensfähig bleibt. Vielseitig und groß sind die Herausforderungen, vor denen wir heute stehen. Einige Beispiele finden Sie in dieser Sonderausgabe von spektrumdirekt.

Hoffnungsvoll grüßt
Richard Zinken

IN DIESER AUSGABE:



SEITE 6

VERSCHMUTZUNG
Eine Expedition startet zur größten Abfallhalde des Meeres



SEITE 8

ARTENSCHUTZ
Ultraleichtflugzeuge leiten seltene Zugvögel in den Süden



SEITE 12

WASSER
Dürre, Dämme und Landwirtschaft trocknen Mesopotamien aus

FORTSETZUNG VON SEITE 1

Wie grün wird Schwarz?

Abscheidung und -Speicherung oder CCS (Carbon Dioxide Capture and Storage), die gleich zwei Probleme auf einmal lösen soll: Sie soll das Kohlendioxid aus der Stromproduktion unter die Erde verbannen und so das Klima schonen, dabei aber weiterhin den relativ billigen Rohstoff Kohle nutzbar halten. Dazu wird das bei der Verbrennung anfallende CO₂ aus den Abgasen gefiltert und anschließend in unterirdischen Speichern eingelagert – wenn möglich für die Ewigkeit. Doch kann die CCS wirklich das halten, was es verspricht? Ist sie das Wundermittel gegen Klimawandel, für das sie ihre Befürworter halten? Oder doch eher eine Mogelpackung, wie Umweltschutzorganisationen annehmen? Wichtige Fragen, die der Geowissenschaftler Stuart Haszeldine von der University of Edinburgh in einem Überblick zu beantworten versucht [1].

Greenpeace beispielsweise kritisiert – basierend auf wissenschaftlichen Studien –, dass CCS viel zu spät komme, um überhaupt die schlimmsten Auswirkungen des Klimawandels zu verhindern [2]: Die ersten Anlagen müssten demnach schon ab 2015 arbeiten, bislang sehe es aber eher danach aus, als ob erst 2030 mit ihrem großindustriellen Einsatz gerechnet werden könnte. Ein Argument, dem auch Haszeldine zustimmt – zumal gegenwärtig zwar 36 große Projekte geplant sind, jedoch noch keines über dieses Stadium herausgekommen ist. Sollten sie aber nicht in Kürze starten, dürften sie nicht vor 2014 in Betrieb gehen, was die weitere Entwicklung bis hin zur Marktreife der CCS-Techniken bis nach 2020 hinauszögert: »Der weltweite Aufbau hunderter CCS-Anlagen würde sich dann stark verspäten – bis weit hinter



jenen Zeitpunkt, den wir laut Prognosen nicht überschreiten sollten, um den Klimawandel einigermaßen in Grenzen zu halten«, meint der Forscher.

Hohe Kosten, hoher Verbrauch

Dabei wäre die nötige Technik bereits vorhanden. Sie ist allerdings noch teuer im Einsatz – und verschlingt einen großen Teil der Energie, die kurz zuvor erst durch die Verbrennung der Kohle erzeugt wurde: Bis zu 40 Prozent könnten dadurch gleich wieder vor Ort verloren gehen, was den Nutzungsgrad der Kraftwerke deutlich verschlechtern würde. Während Greenpeace allerdings von Strompreisen ausgeht, die um 20 bis 90 Prozent steigen, kalkuliert Haszeldine, dass ein durchschnittlicher britischer Haushalt pro Jahr nur ein Zehntel mehr für seine Elektrizität ausgeben müsste – allerdings mit stark sinkender Tendenz, sobald CCS effektiver wird.

Schwieriger zu lösen dürfte der Energieknoten sein: CCS macht die Kohle zwar sauberer, frisst Effizienzsteigerungen in der Kraftwerkstechnologien aber weitgehend auf und steigert damit den

Kohlekraftwerk

Zu den größten Kohlendioxidschleudern Europas zählen einige deutsche Kohlekraftwerke. In Zukunft sollen sie saubere Energie erzeugen, indem ihr CO₂ abgeschieden und im Untergrund eingelagert wird.

Ressourcenverbrauch – ein offenkundiges Dilemma: »Die Speicherung von CO₂ packt das Problem nicht bei der Wurzel. Statt weniger Klimagas wird mehr produziert, das dann aufwändig gelagert und langfristig überwacht werden muss«, sagte Gabriela von Goerne, Energie-Expertin von Greenpeace, bei der Vorstellung des Berichts »Falsche Hoffnung CCS«. Energie muss man vor allem aufwenden, um das CO₂ aus den Abgasen abzutrennen: Hier fallen bis zu 70 Prozent der Mehrkosten an, veranschlagt der Edinburgher Geowissenschaftler: »Diese Berechnungen beruhen allerdings auf alten Versuchen. Mit den gegenwärtigen Entwicklungen sollte sich dieser zusätzliche ‚Abschlag‘ auf 10 bis 20 Prozent reduzieren lassen.«

Die momentan gängigen Methoden unterscheiden sich preislich kaum. So lässt sich das entstandene Kohlendioxid nach der Verbrennung des Energieträgers

abfangen, indem man die Abgase durch spezielle Flüssigkeiten – etwa Lösungsmittel auf Aminbasis – leitet und anschließend durch Erhitzen wieder abtrennt. Dieses Verfahren hat sich bei der Rauchgasentschwefelung bereits bewährt und ließe sich auch nachträglich bei Kraftwerken noch installieren. Die Vorrichtungen benötigen aber viel Platz, beim Erhitzen der Lösung können giftige Nebenprodukte entstehen und sie verbrauchen viel Wasser.

In Deutschland läuft gegenwärtig ein Test in einem Kraftwerk beim Ort Schwarze Pumpe, wo Kohle in reinem Sauerstoff verbrannt wird. Um die Verbrennungstemperatur zu regulieren, wird zusätzlich ein Teil der Abgase in die Kammer eingeblasen: eine Methode, bei der sich das Kohlendioxid deutlich leichter separieren lässt als in herkömmlichen Kraftwerken, da weniger Fremdgase wie Stickoxide entstehen. Diese Oxyfuel genannten Verfahren

lassen sich ebenfalls nachträglich installieren, sie benötigen jedoch sehr hitzebeständige Öfen. Sie verteuern entsprechende Projekte ebenso wie die Gewinnung des reinen Sauerstoffs.

Als drittes erwägen Ingenieure die Abscheidung des CO₂ vor dem eigentlichen Nutzen des Rohstoffs: Kohle wird dabei zu Gas umgewandelt oder Methan zu Wasserstoff, bevor sie verbrannt werden, das zuvor anfallende Kohlendioxid abgetrennt. Das Verfahren funktioniert auch in größerem Maßstab, wurde bislang aber noch nicht in Kraftwerken getestet; verschiedene Projekte sollen aber in den nächsten Jahren weltweit in Betrieb gehen – darunter eine 250-Megawatt-Anlage in China und eine mit 275 Megawatt in den USA. Sie hätten den zusätzlichen Vorteil, dass sie ohne große technische Änderungen zwischen verschiedenen Energieträgern wechseln könnten, etwa von Kohle zu Erdgas.

Sich selbst im Wege stehen

Der Fortschritt steht sich aber vielleicht selbst im Weg, fürchtet Haszeldine: »Bis 2020 ist es technisch möglich, die Funktionsfähigkeit und Wirtschaftlichkeit der Verfahren zu belegen, aber politisch vielleicht zu optimistisch.« Da drei Technologien miteinander konkurrieren, schreitet ihre Entwicklung langsamer voran, als wenn nur eine davon dominieren würde und sich die Techniker darauf konzentrierten. Zumal sich die Anwender noch mit anderen Schwierigkeiten konfrontiert sehen – geologischen und politischen.

Der Transport zu den CO₂-Lagern ist noch das geringste Problem, schließlich fließen in der Europäischen Union schon jetzt täglich Millionen Kubikmeter Erdgas oder Ethen durch ein weit verzweigtes Pipelinennetz von Produzenten zu Konsumenten. Weitere Trassen etwa zu den Gas- und Erdölfeldern in der Nordsee wä-

ren also ohne Weiteres machbar, sollte sich das Kohlendioxid nicht gleich vor Ort in tiefen Gesteinsschichten einlagern lassen.

Bereits heute pumpen Gas- und Ölproduzenten Kohlendioxid in ihre Förderstätten, um den Druck dort unten zu erhöhen und mehr Rohstoffe aus den Quellen zu pressen. Sind sie dereinst erschöpft, könnten sie weiter mit dem unerwünschten Treibhausgas befüllt werden, bis die ursprünglichen Kapazitäten wieder verfüllt wären. Das CO₂ muss allerdings unter hohem Druck in den Speicher gedrückt werden. Sobald es jedoch die Pipeline verlässt, dehnt es sich aus, kühlt ab und kristallisiert womöglich in hydratisierter Form aus – es besteht die Gefahr, dass damit die Zuleitung blockiert wird. Das Gas müsste also noch zusätzlich erwärmt werden, um es weiträumig im Endlager zu verbreiten. Immerhin scheint sich derart entsorgtes Kohlendioxid gut im Wasser des Speichers zu lösen und Kohlensäure zu bilden, was das Risiko des Ausgasens verringert.

Risiken und Chancen

Daneben ziehen Geologen vor allem Salzstöcke, aber auch Basalt in Betracht. So soll das Kohlendioxid mit Kalzium- und Magnesiumionen des Basalts reagieren und Kreide bilden, die relativ stabil über lange Zeit das Treibhausgas bindet – in Island läuft seit 2008 ein derartiger Versuch. 2007 wiederum startete im brandenburgischen Ketzin ein Testlauf, bei dem industriell erzeugtes CO₂ in einen salzhaltigen Aquifer gepumpt wird, wo es Salzwasser aus den Poren des umgebenden Sandsteins drücken soll.

Erdöl- und Erdgasfelder haben bereits bewiesen, dass sie Gase langfristig halten können. Und auch in Salzstöcken, Basalt oder Sandstein reagiert das Kohlendioxid zu Karbonaten oder anderen Mineralen und wird so gebunden. Doch dieser Prozess dauert,

weshalb die Umgebung und vor allem die Bohrlöcher dauerhaft überwacht werden müssen – ein hohes Risiko, meinen Umweltschützer. Sollte eines Tages tatsächlich CO₂ austreten, gefährdet dies Mensch und Umwelt, fürchtet Greenpeace. Denn Kohlendioxid ist schwerer als Luft, es könnte sich nach einem ungewollten Austritt in Senken sammeln und Menschen und Tiere ersticken. Zudem gelänge das Gas dann dennoch in die Atmosphäre und würde den Treibhauseffekt antreiben.

Auch wenn technische Lösung nie garantiert fehlerfrei und risikolos sein können, so halten Befürworter die Gefahren doch für weitestgehend minimierbar. Größere Schwierigkeiten sehen sie dagegen wie Stuart Haszeldine in der politischen Umsetzung – und im Fehlen eines globalen Marktes für Kohlendioxid, der einen Preis für das Treibhausgas ermittelt und damit CCS tragfähig macht: »Ohne diese finanziellen Anreize wird CCS auf interessante, aber isolierte Demonstrationzwecke beschränkt bleiben«, schätzt der Forscher. Überzeugungsarbeit gelte es auch in der öffentlichen Meinung zu leisten, in der bisweilen Ängste überwiegen und die bereits verschiedener Pilotstudien in Europa verhindert hätte.

Diese finanziellen und psychologischen Widerstände zu überwinden, ist für Haszeldine eine der entscheidenden Aufgaben der Politik: Sollte dies in Europa oder den USA nicht gelingen, scheitert CCS mit Sicherheit ebenso in China oder Indien. Während Greenpeace darin ohnehin nur ein »grünes Deckmäntelchen für den Bau von Kohlekraftwerken« sieht, hegt Haszeldine große Hoffnungen – und mahnt gleichzeitig: »Es ist noch nicht zu spät, die Technik voranzutreiben. Doch die schönen Worte müssen endlich mit Geld und Taten ergänzt werden. Dann wird CCS

DOSSIER Energie



ENERGIE

Der Energiehunger der Menschheit steigt rapide – wie kann er gestillt werden? Fossile Brennstoffe gelten als Klimakiller, Atomkraft genießt einen schlechten Leumund. Doch die alternativen Quellen sprudeln bislang nur spärlich. Viel versprechende Ansätze lassen dennoch hoffen.

spektrumdirekt.de/energie

DOSSIER Klimawandel



KLIMAWANDEL

Kaum jemand zweifelt noch daran, dass der Mensch dem Planeten Erde kräftig einheizt. Welche Folgen davon jetzt schon zu sehen sind und welche Auswirkungen uns noch in der Zukunft erwarten, bietet allerdings noch viel Stoff für Diskussionen.

spektrumdirekt.de/klima

vielleicht zum effektivsten und schnellsten Klimaschutzmittel, das wir haben.« <<

- [1] **Haszeldine, S.:** Carbon Capture and Storage: How Green Can Black Be? In: Science325, S. 1647-1652, 2009.
[2] **Greenpeace (Hrsg.):** Falsche Hoffnung. Warum CO₂-Abscheidung und -Lagerung das Klima nicht retten werden. 2008.

FORTSETZUNG VON SEITE 1

Der große Durst

den Herbst. Gleichzeitig jedoch schwinden auch die Grundwasservorräte. Das zumindest hat eine Forschergruppe um Matthew Rodell vom Goddard Space Flight Center in Maryland ermittelt [2]. In den nordindischen Staaten Rajasthan, Punjab und Haryana, in dem auch Indiens Hauptstadt Neu-Delhi liegt, sank demnach der Grundwasserspiegel seit 2002 jährlich durchschnittlich um 33 Zentimeter. In einzelnen Regionen fiel der Wasserspiegel sogar um zehn Meter.

Die Daten für die Studie lieferte der Doppelsatellit GRACE (*Gravity Recovery and Climate Experiment*). Seine beiden Sonden erfassen Schwankungen im irdischen Schwerefeld und können dadurch auch Wasservorkommen

sichtbar machen, die im Erdreich verborgen liegen. Mit Hilfe von mathematischen Modellen waren Rodell und sein Team dann in der Lage, ein sehr genaues Bild von den Veränderungen des Grundwasserstandes zu zeichnen.

Zwischen 2002 und 2008 verbrauchten die drei Staaten demnach etwa 109 Kubikkilometer Grundwasser, ohne dass dieses wieder nachgesickert wäre. Das ist mehr als das doppelte Volumen des Bodensees. Die Daten sind vor allem darum erschreckend, weil die Regenfälle in den vergangenen Jahren sogar ein wenig über dem Durchschnitt lagen. Der Grund für die rapide sinkenden Grundwasserstände sind also nicht etwa Dürren, sondern allein der Verbrauch durch den Menschen.

Die Ursache des heutigen Mangels sind Millionen von Brunnen, mit denen die Menschen in Indien das Grundwasser anzapfen können. In den vergangenen Jahrzehnten wurden sie auch dank der Arbeit zahlreicher internationaler Hilfsorganisationen gebohrt. So konnte in Zeiten der Trockenheit und in ariden Zonen eine dauerhafte Wasserversorgung sichergestellt werden, ohne dass die Menschen auf die zum Teil stark verunreinigten Flüsse und Seen angewiesen waren.

Salzige Böden durch Grundwasser-Nutzung

Das Grundwasser wurde auch dazu genutzt, bislang karge Areale fruchtbar zu machen. Gerade Rajasthan, Punjab und Haryana profitierten hiervon: Sie gelten heute

als die Kornkammern Indiens. Obwohl die flachen Landschaften nur wenig Oberflächenwasser bereithalten, wird dort Getreide, Reis und Baumwolle angebaut. Gerade Baumwolle braucht sehr viel Wasser. Etwa die Hälfte des Wasserverbrauchs wird in Indien für die Bewässerung von Feldern genutzt. Im gesamten Land hat sich die Fläche der bewässerten Äcker zwischen 1970 und 1999 verdreifacht [2].

400 Kubikkilometer Wasser, hat die Naturschutzorganisation WWF in einer Studie ermittelt, nutzen indische Bauern für die Bewässerung ihrer Felder. Nur 150 Kubikkilometer davon liefert das Regenwasser, der Rest stammt aus Aquiferen [3]. Das birgt jedoch weitere Risiken: Werden Äcker und Felder mit Grundwasser bewässert, kann dies zu einer schleichenden Versalzung der Äcker führen. Denn Grundwasser enthält mehr Mineralien als Regenwasser. Verdunstet es auf den Feldern, bleiben die Salze zurück. Die Folge: Die Erträge schrumpfen, langfristig wird der Boden unbrauchbar.

Neben den Äckern verspürt auch Indiens Hauptstadt Neu-Delhi mit ihren 16 Millionen Einwohnern einen stetig steigenden Durst. Etwa 3,3 Milliarden Liter Wasser pumpt die lokale Was-

Trockene Landschaft in Nordindien

In den nordindischen Staaten Rajasthan, Punjab und Haryana sank der Grundwasserspiegel seit 2002 jährlich durchschnittlich um 33 Zentimeter.



serversorgung nach Angaben der indischen Industrie- und Handelskammer täglich durch die Rohre der Stadt. Nur etwas mehr als die Hälfte kommt bei den Verbrauchern an – weil die Wasserleitungen marode sind. Erschwerend kommt hinzu, dass illegale Brunnen das Grundwasser abpumpen: Geschätzte 3,5 Millionen gibt es von ihnen im Stadtgebiet.

Der steigende Verbrauch von Grundwasser schafft zunehmend Probleme. Zum einen ist es kaum möglich, die Aquifere so schnell wieder aufzufüllen, wie sie leerpumpt werden. Gerade in ariden Zonen kann es Jahrzehnte dauern, bis absickerndes Oberflächenwasser in die Grundwasserspeicher gelangt. Zum anderen halten sich Aquifere nicht an Landesgrenzen. Der Norden Indiens etwa teilt sich Grundwasserspeicher mit Pakistan. Auch das Nachbarland ist für die Bewässerung seiner Felder auf Brunnen angewiesen. Bei starker Beanspruchung der gemeinsamen Grundwasserspeicher, fürchten Rodell und seine Kollegen, könne es zu einer Konkurrenz kommen, die bestehende politische Spannungen weiter verschärft.

Ein Ausweg ist schwierig

Gleichzeitig ist aber nicht genügend Oberflächenwasser da, um allen Anprüchen zu genügen. So berichtete die indische Tageszeitung »The Hindu« bereits 2005 von einem Streit zwischen der Provinz Haryana und der Hauptstadt Neu-Delhi: Die Stadt, so der Vorwurf, würde zu



©DIETER SCHÜTZ / PIXELIO

viel Wasser aus dem Yamuna, einem Nebenfluss des Ganges, abzweigen. Sie stehle der Landbevölkerung darum Wasser.

Dabei gibt es Möglichkeiten, den Grundwasserverbrauch zu senken: Moderne Bewässerungssysteme, die direkt am Boden verlegt sind und deren Wasser in kleinen Tröpfchen ins Erdreich sickert, reduzieren die Verdunstung und helfen so, Wasser einzusparen. Auch ein besseres Wassermanagement sowie die Reparatur maroder Leitungen und Speicher könnten den derzeitigen Raubbau an den Wasserreserven entschleunigen. Langfristig wird sich aber die Frage stellen, ob Indien nicht möglicherweise radikalere

Maßnahmen braucht – etwa indem die Produktion von wasserintensiven Exportgütern wie Baumwolle verringert wird und man Alternativen sucht, die nachhaltiger sind. Das jedoch dürfte schwierig werden: Etwa 60 Millionen Inder, schätzt das WWF, sind vom Export von Baumwolle abhängig. <<

Indische Dorfszene

Die Ursache des heutigen Mangels sind Millionen von Brunnen, mit denen die Menschen in Indien das Grundwasser anzapfen können – wie in diesem kleinen indischen Dorf.

[1] **Briscoe, J.** : India's Water Economy: Bracing for a Turbulent Future. World Bank Report, 2005.

[2] **Rodell, M. et al.**: Satellite-based estimates of groundwater depletion in India. In: Nature 10.1038/nature08238, 2009.

[3] **WWF**: Der Wasser-Fußabdruck Deutschlands. Woher stammt das Wasser, das in unseren Lebensmitteln steckt? (PDF), 2009.

VERSCHMUTZUNG

Müllstrudel der Menschheit

Eine Expedition startet zur größten Abfallhalde des Meeres

VON DANIEL LINGENHÖHL

Im Nordpazifik treibt ein Müllteppich von der Größe Westeuropas – der sichtbarste Ausdruck eines Problems, das zunehmend die Meere gefährdet. Mit einer Fahrt durch den Müllstrudel wollen Wissenschaftler nach Lösungen für das Umweltproblem suchen.

Fast alles, was der Mensch produziert, endet irgendwann einmal im Meer – auch ungeklärte Abwässer, Schweröl oder Kunstdünger. Doch kaum etwas ist so beständig und verunziert Ozeane und Küsten so lange wie Kunststoff. Plastiktüten, Feuerzeuge, Zahnbürsten, Golfbälle, über Bord gegangene Fischernetze, Flaschen, Bierkästen, Autoreifen, havarierte Yachten – alles, was die Industrie erzeugt, schwappt durch die Weltmeere.

Die Problematik betrifft alle Meeresregionen, sie ist jedoch im Nordpazifik besonders ausgeprägt: Ozeanische Strömungen transportieren jeglichen Abfall, der in Ostasien oder Nordamerika ins Meer gekippt wurde, in kurzer Zeit in eine zentrale Region nördlich der Hawaii-Inseln. Dort wird er dann in einer Art riesigem Strudel gefangen, bis das Material durch Sonne und Salzwasser zersetzt ist: Ein Prozess, der Jahre bis Jahrzehnte benötigen kann. Selbst Produkte aus den 1950er Jahren wurden im Gebiet bereits gefunden.

Eine Gruppe von Meeresforschern und Umweltschützern aus Asien und den USA will sich in den kommenden Monaten mit dem Problem befassen. An Bord eines japanischen Forschungsschiffs werden sie den Müllstrudel gleich zweimal durchqueren und dabei Erkenntnisse darüber sammeln, wie der Plastikmüll geborgen und entsorgt werden kann. Ein Fischtrawler begleitet



die Gruppe. Mit seiner Hilfe sollen unterschiedliche Fangmethoden für das Mülltreibgut getestet werden.

Denn mittlerweile hat der Müllteppich eine Ausdehnung von der Größe Westeuropas erreicht, wiegt geschätzte drei Millionen Tonnen und übertrifft die regionale Menge des Zooplanktons um das Sechsfache: 13 000 Stückchen Plastikmüll finden sich nach

Schmutziger Fang

Mitarbeiter der US-amerikanischen NOAA-Behörde hieven eine Ladung Geisternetze an Bord: Diese Netze gingen einst Fischern über Bord und treiben mitunter jahrelang als tödliche Falle durch die Weltmeere.

Unfreiwilliger Maulkorb

Ein Plastikring hängt um die Schnauze dieses Seelöwens. Und auch wenn es hier so aussieht, als könnte sich das Tier leicht wieder davon befreien: Viele Seevögel, Schildkröten oder Meeressäuger sterben, weil sie sich in Plastikmüll verstricken.



DOSSIER Artenvielfalt



MIGUEL VENCES UND FRANK GLAW

ARTENVIelfALT
UND ARTENSTERBEN

Noch ist die globale Biodiversität nicht in ihrem gesamten Ausmaß bekannt, und doch fegt wohl schon die sechste große Aussterbewelle in der Erdgeschichte durch ihre Reihen. Wodurch sind die Tier- und Pflanzenarten auf unserem Planeten gefährdet, und wie können sie gerettet werden?

spektrumdirekt.de/artenvielfalt

Angaben des Umweltprogramms der Vereinten Nationen inzwischen in jedem Quadratkilometer Meer. Und er gefährdet zunehmend Meerestiere. Wale, Schildkröten, Fische oder Seevögel wechseln den Müll mit Nahrung oder ertrinken in so genannten Geisternetzen, die herrenlos durch den Ozean schwimmen und damit noch lange Zeit tödliche Fallen bleiben. Erst wenn sich so viele Tiere darin verfangen haben, dass die Netze zu schwer werden, sinken sie auf den Mee-



©NOAA

resboden. Über die Nahrungskette gelangen die Giftstoffe des Plastikmülls schließlich auch in den menschlichen Körper.

Welche Gefahr der Plastikmüll für die Tierwelt der Ozeane bedeutet, macht das Beispiel des Eissturmvogels deutlich. Als der niederländische Biologe Jan van Franeker im Rahmen eines EU-Projekts tote Eissturmvögel untersuchte, fand er bei nahezu allen Tieren (98 Prozent) Plastik in den Mägen. Im Schnitt hatten sich mehr als 30 Teile angesammelt; ein verendetes Tier aus Belgien hatte sogar 1603 Kunststoffpartikel in seinem Magen, ein weiteres aus Dänemark 20,6 Gramm Plastik – auf die Größe eines menschlichen Magens umgerechnet, bedeutet dies etwa zwei Kilogramm.

Von der jetzt anstehenden Expedition erhoffen sich Meeresforscher unter anderem exakte Ergebnisse über die Menge an Schadstoffen, die durch Auswaschung aus dem Plastik freigesetzt wird, sowie über Ablagerungen auf dem Meeresboden und mögliche Gefahren für Organismen in größerer Meerestiefe. Unter anderem sollen Fangtechniken für die Plastikpartikel erprobt werden, die die Meereslebewesen schonen. »Es müssen Netze sein, die engmaschig genug sind, um eine Menge Müll herauszufischen, aber großmaschig genug,

Toter Hai

Auch dieser Hai wurde ein Opfer der Geisternetze.



©NOAA

um Plankton durchzulassen«, sagt der Expeditionsleiter Doug Woodring aus Hongkong. Außerdem solle erforscht werden, ob der Plastikmüll recycelt oder als Brennmaterial genutzt werden kann.

Zumindest lassen sich schon jetzt die Ursachen des Problems benennen – und mögliche Lösungsstrategien aufzeigen. So stammt rund ein Fünftel des Drecks von Schiffen, die ihn auf offener See über Bord werfen. Das soll nun unter Strafe gestellt werden, doch für sinnvoller halten Forscher und Umweltschützer einen anderen Weg. Bislang kostet die Entsorgung im Hafen Geld, was sich Kapitäne und Reeder oft sparen wollen. Als Anreiz soll diese Gebühr entfallen – gegen Nachweis, dass die Abfälle tatsächlich wieder an Land mitgebracht wurden.

Dort entsteht ohnehin der große Rest, und er ist deutlich schwieriger in den Griff zu bekommen. Kalifornien immerhin setzt be-

Tote Schildkröte

Bedrohte Arten verenden ebenfalls immer wieder in den Netzen wie diese Schildkröte. Schwieriger zu erkennen sind dagegen die Folgen des Plastikmülls: Sie vergiften das Meer schlechend.

reits auf freiwillige Vereinbarungen mit der Industrie und den Städten, um den Plastikmüll in deren Einflussbereich zu verringern. Ohne Mithilfe der Bürger wird sich das Problem jedoch nicht lösen lassen. Der alte Ökospruch »Jute statt Plastik« ist daher so zeitgemäß wie nie zuvor.

<<

DOSSIER Meere



MEERE

Aus dem Meer kommt alles Leben – und noch heute sind die Ozeane von übergeordneter Wichtigkeit für uns Menschen. Sie liefern Nahrung, speichern Kohlendioxid und sind gewichtiger Teil des globalen Wasserkreislaufs. Dennoch wissen wir immer noch wenig über sie.

spektrumdirekt.de/meer

ARTENSCHUTZ

Johannes und die Waldrappe

Ultraleichtflugzeuge leiten seltene Zugvögel in den Süden

VON DANIEL LINGENHÖHL

Eine ungewöhnliche Prozession von Mensch und Tier brach Mitte August in Altötting auf. Das Ziel: Italien – und die Wiederansiedelung eines ausgerotteten Vogels.

Sein Schicksal war seine Schmachhaftigkeit – obwohl der Vogel auf den ersten Blick nicht unbedingt essbar aussieht. Denn der glatzköpfige Waldrapp (*Geronticus eremita*) mit dem schwarzen Federkleid und dem lang gebogenen, roten Schnabel zählt wohl eher zu den Tieren, die man erst später ins Herz schließt. Wegen seines düsteren Äußeren vermutet man in ihm das Vorbild des so genannten Nachtkrapps, der als Kinderschreckfigur im süddeutschen Raum und in Österreich sein Unwesen trieb und jene Knaben und Mädchen mit sich forttrug, die nach Beginn der Nacht noch draußen unterwegs waren.

Dieses Märchen wurde dem Waldrapp aber nicht zum Verhängnis, vielmehr schätzten ihn Mönche – und vielleicht auch das Volk – als Fastenspeise, wie ein altes Fresko aus dem ehemaligen Kloster Murrhardt andeutet. Einst weit von Nordafrika über den mitteleuropäischen Alpenraum, das Mittelmeergebiet und den Balkan bis hinein in den Nahen Osten verbreitet, wurde der Waldrapp bis Mitte des 17. Jahrhunderts europaweit schlicht aufgegessen, weil er die Nähe des Menschen und dessen Weiden und Felder suchte. Vielfach brütete der zu den Ibissen zählende Vogel sogar in Kolonien auf den Mauern und Ruinen von Burgen und Klöstern; heute existieren dagegen nur noch Tiere im Zoo und winzige, freilebende Bestände in Marokko und Syrien.

Die damals verhängnisvolle Vertrautheit möchte der Österreicher Johannes Fritz mit seinem Team nun zum Vorteil des Vogels nutzen – und ihn nach über 350 Jahren wieder im Alpenvorland ansiedeln. Sein Ziel: in einem momentan europaweit einzigartigen Projekt die Tiere mit technischer Hilfe nach Italien zum Überwintern zu leiten und damit eine alte Zugroute wiederzubeleben. Als Leiter des Projekts »Waldrapp« und Pilot schwingt sich der Biologe deshalb regelmäßig mit einem Ultraleichtflugzeug in die Lüfte, um den schwarzen Ibis von Österreich und Bayern an die Küste der Toskana zu bringen: »Seit 2004 geleiten wir Tiere systematisch mit Fluggeräten in den Süden.« Auch jetzt sind er und seine Kollegen wieder mit elf Waldrappen unterwegs – in der Luft unterstützt vom frischgebackenen Paragleiter-Weltmeister Walter Holz Müller.

Amy und die Wildgänse als Vorbild

Fritz, Holz Müller und Co können sich bei ihrem Vorhaben auf einen erfolgreichen Kinofilm als Vorbild berufen: In »Amy und die Wildgänse« aus dem Jahr 1995 brütet die Hauptdarstellerin ein verwaistes Gänsegelege aus und weist den Jungen später selbst den Weg ins Winterquartier. Dieser Film beruht wiederum auf einem erfüllten Kinderwunsch des kanadischen Künstlers und Erfinders Bill Lishman, der nichts mehr wollte, als sich mit Vögeln in die Lüfte zu schwingen. Wegen einer



©JOHANNES FRITZWALDRAPPTTEAM

Waldrappe im Formationsflug

Mit Hilfe der Technik sollen Waldrappe ihre alten Zugrouten wieder erlernen und die ausgerottete Art damit im Alpenvorland neu angesiedelt werden.



©JOHANNES FRITZWALDRAPPTTEAM

Mensch als Leittier

Mit Ultraleichtflugzeugen, so genannten Paraplanes, führen die Piloten ihre Schützlinge in den Süden.

There's never been
a better time to change.
To find new ways to connect.
New ways to collaborate.
New ways to share
human knowledge,
to work together,
solve problems together,
and bring the world a little closer.
Together.

that's the
human network
effect



welcome to
the human network.





©JOHANNES FRITZ/WALDRAPPTeam

Waldrapp

Mönche schätzten ihn im Mittelalter als Fastenspeise. Heute überleben wilde Waldraupe bislang nur in winzig kleinen Brutkolonien in Syrien und Marokko. Umso wichtiger erscheint es, den Vogel auch in Mitteleuropa wieder anzusiedeln und ihn an seinen natürlichen Zuginstinkt zu erinnern.

Sehnschwäche durfte er allerdings nicht Pilot werden, sein Traum vom Abheben mit den Vögeln starb jedoch nie – und erfüllte sich endlich im Oktober 1993: Als »Vater der Gänse« hob er nach langen Tüfteleien mit einem Ultraleichtflugzeug ab, eine Gruppe Kanadagänse im Gefolge. Über tausende Kilometer leitete er den Trupp sicher von Kanada nach Süden.

Ein Erfolg, der ihm einigen Ruhm bescherte. »Bill war ein Pionier. Er war der Erste, der Vögel großzog und als Ziehvater mit Hilfe der Technik in der Luft anführte«, lobt der Ornithologe Gavin Shire vom Vogelschutzver-

band American Bird Conservancy. Endlich konnte gefährdeten Zugvögeln geholfen werden: »Man kann gezüchtete Ibis, Gänse oder Kraniche nicht einfach dort aussetzen, wo sie einst ausgerottet wurden. Sie würden nicht ziehen, denn dieses Verhalten ist nicht angeboren. Sie müssen es erwerben«, so der Biologe.

Auch einige Europäer wie Christian Moullec ließen sich von diesem Durchbruch inspirieren. Der französische Tierschützer will die vom Aussterben bedrohte Zwerggans (*Anser erythropus*) retten, indem er einige Tiere mit einem Ultraleichtflugzeug von Finnland nach Mitteleuropa lenkt, wo sie

im Gegensatz zu ihrem traditionellen südeuropäischen Überwinterungsgebiet nicht gejagt werden. Sein Projekt hängt jedoch seit Jahren in der Schwebe.

Ab in den Süden

Johannes Fritz ist dagegen umso erfolgreicher. Seit 2004 leitet er mit seinem Team nun schon erfolgreich Waldraupe von Oberösterreich über die Alpen an die Küste der Toskana, und ab 2007 begann er das Gleiche mit im Zoo nachgezüchteten Ibis von Burghausen aus. Seit Mitte August befinden sie sich auf dem Weg und haben nun Venedig erreicht: »Mit unseren elf Vögeln haben wir nun gut die Hälfte der

Flugstrecke hinter uns«, freut sich der Projektleiter über die Fortschritte. Denn ganz problemlos startete die Unternehmung dieses Jahr nicht. »Mehr als einen Monat lang wurden wir dieses Jahr am Training gehindert, als die Vögel flügge geworden sind, weil das Wetter so schlecht war. Mit Beginn der Migration waren wir uns überhaupt nicht sicher, ob die Tiere den Fluggeräten folgen oder nicht. Aber mittlerweile läuft es recht gut.«

Bis Ende September sollen die Waldraupe in der Toskana ihre Artgenossen aus früheren Flügen treffen, wenn das Wetter und die Technik mitspielen. Wie die amerikanischen Kollegen profitieren die Biologen von der im Lauf der Jahre stetig verbesserten Technik und Forschung an den Zöglingen. Lishman etwa hatte gezeigt, dass ihm seine Tiere überall hin folgen, wenn man sie nur früh genug an die seltsamen, lärmenden Geräte gewöhnt, auf denen er ihnen vorausfliegt. »Wichtig ist, dass die Vögel die Flugzeuge als



©WALDRAPPTeam

Waldrappe über dem Flugschirm

Der Pilot muss sehr langsam fliegen, damit ihm die Vögel folgen können – eine Herausforderung an Mensch und Technik.

DOSSIER Vogelzug



VOGELZUG

Amsel, Drossel, Fink und Star – alle Jahre wieder reisen Millionen Zugvögel in die Tropen und kehren im Frühling nach Hause zurück. Wie finden sie ihren Weg? und welche Gefahren drohen ihnen unterwegs?

spektrumdirekt.de/vogelzug



©WALDRAPPTTEAM

ihresgleichen betrachten: Wir spielen ihnen schon im Ei Motorengeräusche vor und präsentieren den Flieger wenige Tage nach dem Schlüpfen«, erklärt Shire. »Nacheinander konnten wir mit dieser Technik erfolgreich Trompeterschwäne, Kanada- und Schreikraniche nach Süden führen«, sagt Liz Condie von der Organisation Operation Migration, die Lishman 1993 gegründet hat.

Fehlentwicklungen sind nicht zu erwarten, entwarnt Fritz: »Wir ziehen die jungen Waldraupe per Hand auf, damit sie die Piloten als Ersatzeltern annehmen. Sie werden sozial geprägt und folgen ihren Ziehvätern überall hin. Später paaren sie sich aber problemlos mit Artgenossen und gehen nicht fremd.« Probleme machte eher die Technik: »Wir müssen sehr langsam fliegen, damit uns die Vögel folgen können. Unsere alten Fluggeräte mit starren Tragflächen hatten deshalb immer wieder Motoraussetzer.«

Neue, flexiblere Schirme halten das »Leittier« jetzt aber zuverlässig und stabil in der Luft – die Ibisse binden es sogar immer wieder in ihre Formation ein. Was früher nicht ganz ungefährlich war: »Letztes Jahr haben wir zwei Vögel verloren, die mit dem Propeller kollidierten. Deshalb haben wir ihn dieses Mal mit einem Vollschutz umhüllt. Ausfälle hatten wir daher bislang zum Glück noch nicht.«

Zurück geht es allein

Den Weg nach Hause finden die Vögel dann nach dem Winter allein. Bis es allerdings so weit ist, dauert es noch ein paar Jahre: »Momentan haben sich schon 30 Waldraupe in der Laguna de Orbitello in der Toskana eingefunden – alles Jungvögel, die wir in den letzten Jahren dorthin geleitet haben. Bis sie volljährig sind, bleiben sie dort und streifen nur umher. Erst wenn sie geschlechtsreif sind, geht es zurück«, so Fritz.

Eine Gruppe von sechs erwachsenen Tieren wird sich mit seinem Nachwuchs ebenfalls bald hinzugesellen. Sie ziehen bereits allein, nachdem sie von den Forschern vor fünf Jahren angelernt worden waren: »Damals wollten wir die Vögel direkt über die Alpen leiten, was scheiterte. Wir haben sie dann mit dem Auto über das Gebirge gebracht und sind mit ihnen erst von Norditalien weitergeflogen«, erklärt Fritz. Deshalb wandern sie auch »nur« zwischen der Toskana und Norditalien, sie geben dieses Wissen aber an ihren Nachwuchs weiter. Ein ermutigendes Zeichen, freut sich der Biologe: »Wir haben gezeigt, dass wir ein natürliches Zugverhalten wiederherstellen können.« 2011, wenn die ersten Burghausener erwachsen sind, wird sich zeigen, ob die Waldraupe nach Jahrhunderten auch wieder nach Deutschland heimkehren möchten – so, wie sie auf mittelalterlichen Bildern zu sehen sind. <<

Waldraupe auf dem Ultraleichtflugzeug

Nachdem zwei Vögel mit dem Propeller kollidierten, wurde dieser mit einem Vollschutz umhüllt.

WASSER

Wie gewonnen, so zerronnen

Dürre, Dämme und Landwirtschaft trocknen Mesopotamien aus

VON DANIEL LINGENHÖHL

Der »Garten Eden« droht zu sterben: Klimawandel, Dürre und Staudämme lassen Euphrat und Tigris zu Rinnsalen schrumpfen. Doch die Menschen geben nicht auf.

»E in Strom kommt aus Eden, den Garten zu bewässern...«, so steht es in der Bibel geschrieben, im 1. Buch Mose, das von der Erschaffung der Welt und dem Paradies handelt. Dieser sagenumwobene Garten lag womöglich nahe der irakischen Hafenstadt Basra am Zusammenfluss der beiden Flüsse Euphrat und Tigris: Das Zweistromland – auch Mesopotamien genannt – gehört zum fruchtbaren Halbmond Vorderasiens, wo vor Tausenden von Jahren der Ackerbau entstand. Und bis vor wenigen Jahrzehnten erstreckte sich hier eines der größten und produktivsten Feuchtgebiete der Erde. Genug Gründe für Bibelforscher, an diesem Ort den Ursprung von Eden zu vermuten.

Doch der »Strom« droht zu versiegen – wieder einmal: »Seit knapp zwei Jahren herrscht eine schlimme Dürre«, sagt der Wasserexperte Hassan Partow vom Umweltprogramm der Vereinten Nationen (UNEP) in Genf. Überall im Irak gingen die Ernteerträge zurück, besonders hart traf es den ohnehin trockenen Süden: Er lebt vor allem von Euphrat und Tigris. »Jeden Frühling schwemmt das Schmelzwasser aus den Bergen Kurdistans das salzige Wasser des letzten Sommers aus den Sümpfen und belebt sie: ohne die Fluten kein Sumpf«, beschreibt Azzam Alwash, der Direktor der Organisation Nature Iraq, den natürlichen Zyklus.

Die Anrainer am Oberlauf der beiden Flüsse wollen jedoch immer mehr des kostbaren Nass für



©NATURE IRAQ/BIRDLIFE INTERNATIONAL

sich selbst abzweigen: »Syrien, Iran, die Türkei und der Irak selbst haben sehr ambitionierte Pläne. Sie reden aber nicht miteinander und ignorieren grundlegende Regeln der Wasserwirtschaft. Ihre gesamten Ansprüche sind größer als die jährlich verfügbare Menge. Für die Marschen könnte das den Todesstoß bedeuten«, fürchtet Partow. Wegen der ausbleibenden Regenfälle und der zahlreichen Dämme am Oberlauf in Syrien und der Türkei erreichen den Irak im Euphrat nur noch 250 Kubikmeter pro Sekunde – nur noch ein Viertel der Menge, die das Land benötigt, um seine Landwirtschaft zu erhalten.

Ein Ma'dan treibt sein Boot an

Eine menschengemachte Wüste erholt sich wieder: Saddam Hussein vernichtete die fruchtbaren Marschen zwischen Euphrat und Tigris, doch die Natur kam mit dem Wasser zurück. Und auch einige Ma'dan genannte Marscharaber leben wieder in den Sümpfen wie ihre Vorfahren über tausende Jahre hinweg.

Krieg gegen Mensch und Natur

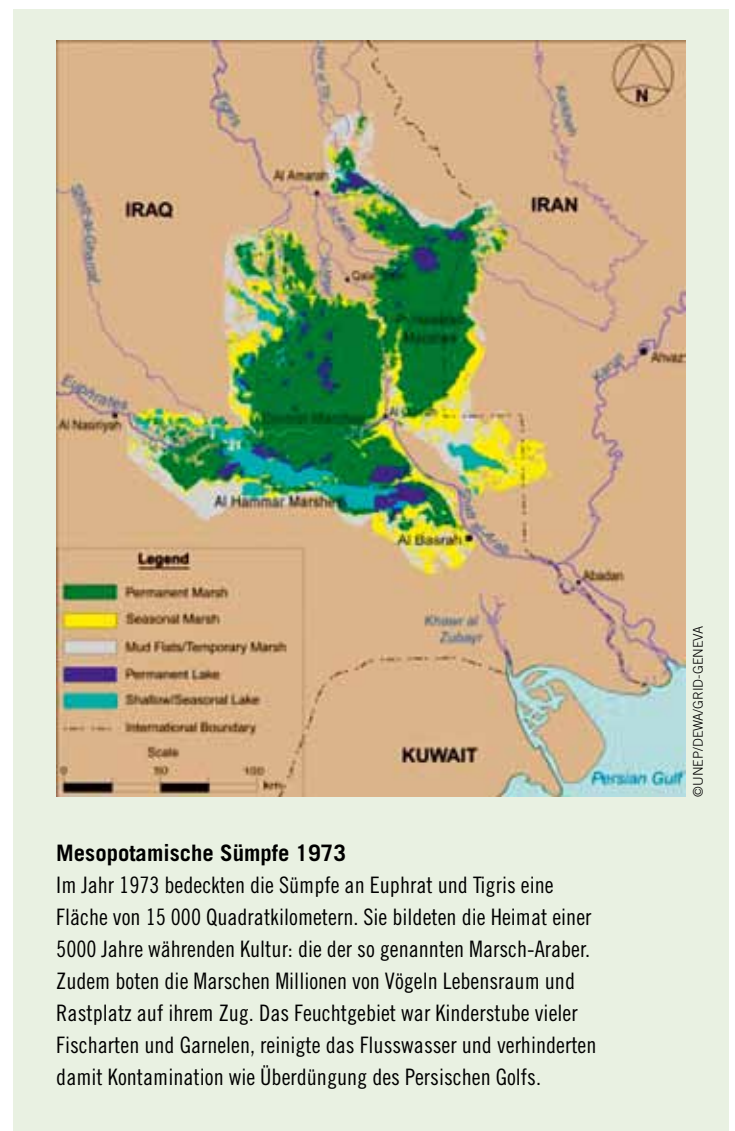
Damit droht dem Garten Eden zum zweiten Mal innerhalb kurzer Zeit das Ende – nachdem er sich gerade erst von Saddam Husseins Schreckensherrschaft erholt hatte: Dem irakischen Diktator waren die Sümpfe ein Dorn im Auge, denn sie bildeten Heimat und Zuflucht der Ma'dan – schiitische Araber, deren Vorfahren schon vor 5000 Jahren in und von den Marschen lebten. Von der sunnitischen Zentralmacht hielt dieses Volk wenig. Saddam Hussein begann deshalb ab 1985 – und vor allem nach dem Ende des zweiten Golfkriegs 1991 – einen Vernichtungskrieg: »Das Militär überfiel die Dörfer und brannte sie nieder, Soldaten töteten Zehntausende und vertrieben die restlichen Ma'dan in den Iran und an den Rand der Marschen«, beschreibt der Ökologe Curtis Richardson von der Duke University die Schreckensherrschaft und das Ende einer jahrtausendealten Kultur.

Euphrat und Tigris wurden eingedeicht, und Kanäle mit grotesken Namen wie »Mutter-aller-Schlachten-«, »Wohlstands-« oder »Saddamfluss« leiteten das Wasser direkt in den Persischen Golf. »Nur zehn Prozent der ursprünglichen Marschen überdauerten bis 2003 als funktionsfähiges Ökosystem«, so Richardson. Eine Katastrophe nicht nur für die Menschen: »Die Sümpfe waren berühmt für ihre Artenvielfalt. Garnelen und Fische haben dort ihre Kinderstube und bildeten die Basis einer einträglichen Fischerei. Das Schilf filterte Schadstoffe

aus den Flüssen, die nach der Zerstörung ungehindert den Golf verschmutzten.«

Stattdessen dehnten sich nun unfruchtbare Salzwüsten bis zum Horizont aus, giftige Schwefel- und Eisenverbindungen verseuchten den Boden. Wohl nicht nur für Hassan Partow war das Paradies für immer untergegangen: »Dieser Verlust wird neben der Austrocknung des Aralsees und der Abholzung Amazoniens in die Geschichte eingehen – als eine der großen und gedankenlosen Umweltkatastrophen der Menschheit«, schrieb der UNEP-Fachmann 2001.

Niemand hatte damals mit der Zähigkeit der Marschen gerechnet – und der Initiative der verbliebenen Ma'dan nachdem Saddam Hussein 2003 gestürzt worden war: »Die Bewohner rissen Dämme ein und zerstörten Sperrwerke, welche die Sümpfe vom Wasser abschnitten. Nach einem Jahrzehnt der Zerstörungen drehte sich die Situation völlig«, berichtet Partow. Die Natur erholte sich zügig: »Die Wurzeln der Schilfgräser können lange Jahre im Boden überdauern, auch wenn oberirdisch alles abgestorben ist. Kommt das Wasser, treiben sie schnell wieder aus – eine spektakuläre Wiederbelebung.« Innerhalb von nur drei Jahren bedeckten die Sümpfe wieder knapp zwei Drittel ihrer früheren Fläche. Mit ihnen kamen die ursprünglichen Bewohner zurück: »Heute leben hier 160 Vogelarten – darunter zahlreiche gefährdete. Uns hat es besonders ermutigt,





© C. RICHARDSON

Trockengelegter Sumpf

Die Austrocknung der Sümpfe hatte oft versalzte Böden, hohe Selen-Konzentrationen und erosionsanfällige Sandpfannen zur Folge.



© UNEP/DEWA/GRID-GENEVA

Mesopotamische Sümpfe 2000

Durch Drainage und Eindeichung verloren die mesopotamischen Sümpfe mittlerweile 90 Prozent ihrer ursprünglichen Fläche. Mit diesen Maßnahmen zerstörte der ehemalige irakische Diktator Saddam Hussein die Kultur der Marsch-Araber und beeinträchtigte massiv die Funktionalität des ehemals riesigen Feuchtgebiets. Zahlreiche, teils endemische Tierarten sind dadurch stark gefährdet.

dass trotz der Entwässerung keine einzige endgültig verschwunden ist«, freut sich der britische Ornithologe Richard Porter von Birdlife International. Insekten, Fische, Schnecken und Pflanzen stellten sich ein. Und auch die Ma'dan nahmen ihr Land wieder in Besitz: »Etwa 80 000 kehrten in ihre alten Dörfer zurück«, schätzt Hassan Partow.

Zähe Sümpfe – und Menschen

Ihre Situation verbesserte sich dadurch aber nur unwesentlich: »Der offiziellen Politik zum Trotz, die regionale Entwicklung bevorzugt zu fördern, mangelt es den Ma'dan immer noch an sauberem Wasser, Schulen, Strom und ärztlicher Versorgung«, so Partow. Und nun kommen neue Wasserkonflikte hinzu: »Die Ma'dan führen traditionell ein halbnomadisches Leben, das an die wechselhaften Bedingungen in den Sümpfen angepasst ist. Dennoch dürfte die jüngste Dürre ihr Leben schwer beeinträchtigen«, vermutet der italienische Wasserbauingenieur Andrea Cattarossi aus Padua, der an der Entwicklung eines lokalen Infrastrukturplans beteiligt ist.

Denn der Druck auf die Ressourcen steigt: »Die Türkei wird mit dem verbleibenden Schmelzwasser aus den Bergen ihre neu gebauten Speicher füllen wollen. Und der Irak selbst stellt auch die Stromgewinnung aus Stauwerken über alles andere«, sagt Alwash. Alle Länder wollen außerdem ihre Landwirtschaft ausbauen, die viel Wasser benötigt: »Bewässerter Ackerbau im Irak ist notorisch verschwenderisch. Hier müssen die Methoden dringend effizienter werden«, mahnt Partow.

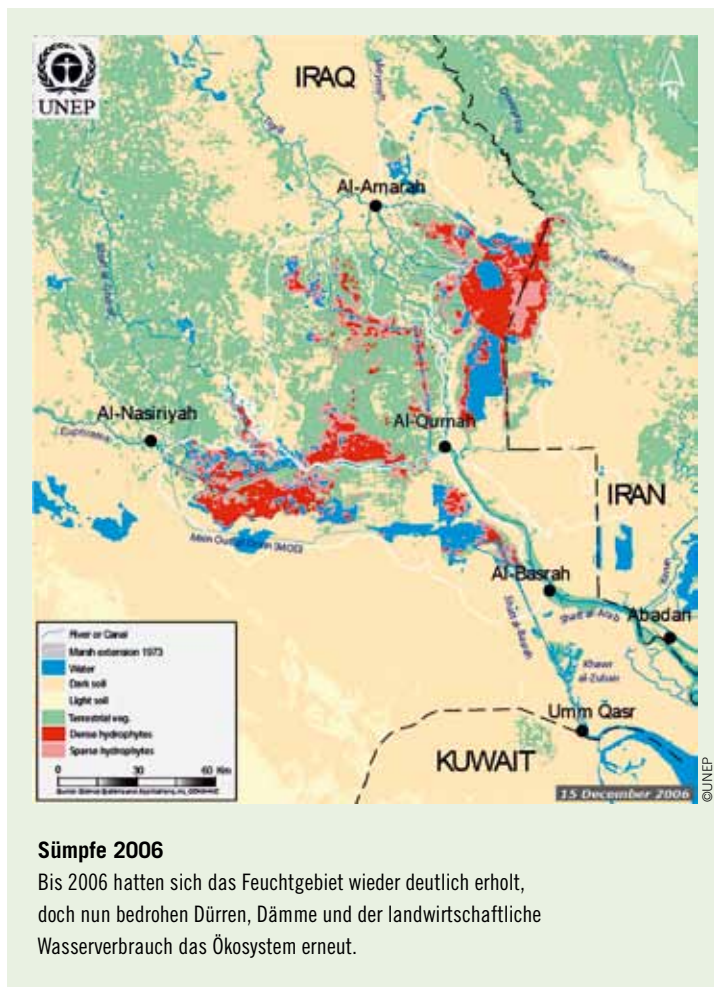
Nachdem der Euphrat für diese Zwecke bereits in ein enges Korsett gezwängt wurde, wenden sich die Ingenieure dem noch weit ge-

hend unerschlossenen Tigris zu. »Der Iran plant am Tigris und seinen Nebenflüssen zahlreiche Dämme. Dazu kommen Projekte in der Türkei und in Kurdistan mit riesigen Kapazitäten. Das alles wird den Unterlauf des Flusses schwer beeinträchtigen«, erläutert der UNEP-Mitarbeiter. Obwohl die Regierungen Deutschlands, Österreichs und der Schweiz keine Sicherheiten mehr für den Bau des umstrittenen Ilisu-Damms am Tigris mehr gewähren wollen, verfolgt die Türkei weiterhin diesen Plan – trotz der befürchteten schweren kulturellen, sozialen und ökologischen Schäden. Auch dieses Stauwerk kappt die Wassermengen für den Unterlauf.

Der Iran habe sogar mitten durch einen bislang ununterbrochen intakten Sumpf einen Wall errichtet, der den natürlichen Wasserfluss unterbricht. Einen knappen Meter ist der Wasserspiegel dieses Jahr schon gesunken: »Ein schwerer Schlag für das Ökosystem«, meint Alwash. Einige Tigriszuflüsse wurden von iranischen Staudämmen völlig trockengelegt. Und auch der Irak errichtet eines der größten Sperrwerke der Welt in der Bekhme-Schlucht in Kurdistan im Einzugsgebiet des Tigris.

Die gegenwärtige Dürrekrise könnte zudem zukünftig zum Dauerzustand werden. Denn Klimamodelle prognostizieren für die Region einen Rückgang der Niederschläge um mehr als 70 Prozent. Sollte dies tatsächlich eintreten, könnte der Garten Eden bis Ende des Jahrhunderts endgültig verwüsten, meint der japanische Meteorologe Akio Kitoh vom Meteorologischen Forschungsinstitut in Tsukuba: Der Prozess habe bereits begonnen.

Azzam Alwash sieht für die Zukunft nicht so schwarz. So habe das irakische Ministerium für



Wasserwirtschaft einen Plan akzeptiert, der die Einrichtung von Speichern nur für die Sümpfe vorsieht. Sie halten überschüssiges Wasser im Winter zurück und sollen im Frühling künstliche Fluten auslösen. Selbst die gigantischen Bewässerungsprojekte schrecken ihn nicht: »Das Wasser, das aus Syrien und der Türkei kommt, ist zunehmend salzig. Unsere Landwirte müssen umdenken und auf sparsame neue Bewässerungstechniken setzen, sonst gehen sie unter, da ihre Felder versalzen.« Den Sümpfen macht das Brackwasser dagegen wenig aus, so lange es nass bleibt. Nur die Arten verändern sich. Alwash ist daher sicher: »Zweifellos werden die Marschen Mesopotamiens überleben.« <<

ATMOSPHERE

Ozonschwund verringert sich

Der UV-Schutzschild der Erde scheint sich zu erholen: In den letzten Jahren nahm der Ozongehalt in der Stratosphäre wieder leicht zu, nachdem er in den zwei Jahrzehnten zuvor stark ausgedünnt worden war.

Zwar schwinde immer noch alljährlich im Winter das O_3 über dem Nord- beziehungsweise Südpol, doch hätten sich die Verluste seit 1997 durchschnittlich etwas verringert, schreiben Joachim Urban von der Chalmers-Universität in Göteborg. Sie hatten Satellitendaten verschiedener Missionen seit 1979 ausgewertet. Während zwischen 1979 und 1997 mehr als ein Zehntel der weltweit vorhandenen Ozonmenge durch Chemikalien wie die FCKW zerstört worden war, nahm der globale Gehalt seitdem wieder um rund ein Prozent zu. Ausgeprägt bleibt der Schwund jedoch über den Polen, wo die günstigsten Bedingungen für den Abbau herrschen: Über der Antarktis entsteht weiterhin das so genannte Ozonloch.

Die Atmosphärenforscher bezeichnen diesen Trend zwar noch nicht als statistisch gesichert, doch hoffen sie, dass weitere Daten bald ein besseres Bild der Situation zeichnen. Zugleich stellten sie erstmals per Satellit fest, dass die Konzentration an Brommonoxid in der Stratosphäre seit 2002 rückläufig ist – die Verbindung ist ein sehr wirksamer Katalysator und unterstützt die Zerstörung von Ozon. (dl) <<

KLIMASCHUTZ

Wind könnte Chinas zukünftigen Strombedarf decken

Das Potenzial für Windkraft ist in China so groß, dass der gesamte Elektrizitätsbedarf des Landes bis 2030 durch diese Quelle gedeckt werden könnte. Gegenwärtig trägt die Winde-

nergie nur 0,4 Prozent zur Gesamtversorgung der Nation mit Strom bei, dagegen dominiert die Energieproduktion aus Kohle, die China unter anderem zum mittlerweile weltweit größten Emittenten von Kohlendioxid gemacht hat.

Wie die Ingenieurwissenschaftler um Michael McElroy von der Harvard University und seine Kollegen aber vermerken, stellt China mittlerweile auch einen der am stärksten wachsenden Märkte für Windenergie-technologie dar. Und das Land selbst steht hinter den USA, Deutschland und Spanien an vierter Stelle hinsichtlich der installierten Kapazitäten – dank eines Gesetzes, das seit 2005 alternative Energieerzeugung fördert.

Nun haben die Forscher mit Hilfe meteorologischer Daten eine Karte entwickelt, welche die Qualität einzelner Standorte für die Errichtung von Turbinen aufzeigen soll und sie in Bezug setzt zu den jeweiligen Kosten und Erträgen, die pro Ort durch Bau

und Betrieb der Anlagen entstehen. Besonders günstige Voraussetzungen herrschen demnach auf dem tibetischen Hochplateau sowie im Nordosten des Landes, weniger gute dagegen im wirtschaftsstarke Südosten – der Strom müsste also über Fernleitungen von den Produktionszentren zu den Verbrauchern transportiert werden. Würden nur 20 Prozent der maximal möglichen Windenergiekapazitäten genutzt, so ließen sich jährlich 24,7 Petawattstunden Elektrizität produzieren – mehr als sieben Mal so viel, wie China heute verbraucht.

Die nötigen Investitionen rechnet sich dabei schon ab einem garantierten Preis von 7,6 US-Cent pro Kilowattstunde über zehn Jahre hinweg, was gegenwärtig etwa 0,5 Renminbi oder 5 Euro-Cent entspräche, rechnen die Forscher vor. Allein damit ließe sich der für 2030 prognostizierte Strombedarf decken – er soll doppelt so hoch liegen wie heute. Selbst bei einem niedrigeren Strompreis von 0,4 Renminbi könnte ein knappes Viertel

der Stromerzeugung aus Kohle durch Wind ersetzt werden. Als Flächenbedarf für die Windparks veranschlagen McElroy und Co für alle Windkraftanlagen zusammen etwa 500 000 Quadratkilometer, also knapp fünf Prozent des Staatsterritoriums – der tatsächliche Bedeckungsgrad wäre allerdings geringer, da zwischen den einzelnen Masten genügend Freiräume für beispielsweise die Landwirtschaft bliebe.

Müsste das Reich der Mitte dagegen seinen Energiebedarf mit zusätzlichen Kohlekraftwerken decken, müsste es in den nächsten 20 Jahren neue Anlagen mit einer Leistung von 800 Gigawatt bauen. Dadurch würden schätzungsweise weitere 3,5 Gigatonnen Kohlendioxid zusätzlich in die Atmosphäre ausgestoßen und das Klima belastet – das entspräche dem Vierfachen des momentanen jährlichen Gesamtausstoßes der Bundesrepublik. (dl) <<

McElroy, M. et al.: Potential for Wind-Generated Electricity in China. In: Science 325, S. 1378-1380, 2009.

DOSSIER Energie



ENERGIE

Der Energiehunger der Menschheit steigt rapide - wie kann er gestillt werden? Fossile Brennstoffe gelten als Klimakiller, Atomkraft genießt einen schlechten Leumund. Doch die alternativen Quellen sprudeln bislang nur spärlich. Viel versprechende Ansätze lassen dennoch hoffen.

spektrumdirekt.de/energie

BIONIK

Kunstschleim-Haut soll Schiffe schützen

Die Haut des Grindwals hat Materialwissenschaftler auf die Idee eines Schleimüberzugs für Schiffsrümpfe gebracht. Mit der sich selbst erneuernden Schutzschicht hoffen die Forscher um Rahul Ganguli, Bakterien- und Algenbewuchs zu verhindern, der bislang durch aufwändige Wartungsarbeiten entfernt werden muss. Reibungsverluste ließen sich so minimieren und dadurch Energiekosten einsparen.

Das Konzept des Teams von der Technologiefirma Teledyne Scientific im kalifornischen Thousand Oaks sieht einen zweischichtigen Aufbau vor: ein Röhrensystem, das die Rumpfoberfläche überzieht, und ein darübergelegtes engmaschiges Stützgitter aus Metall. Die eigentliche Schleimschicht bildet ein Gel, das über die Röhren in die Zwischenräume der Metallkonstruktion läuft und bei Kontakt mit Meer-

wasser zähflüssig wird. Die etwas weniger als einen Millimeter dicke Schicht löst sich mit der Zeit auf und wird schrittweise durch nachlaufendes Gel ersetzt. Anhaftende Mikroorganismen und organische Moleküle werden so immer wieder fortgeschwemmt.

In der jetzt veröffentlichten Studie bedeckten die Wissenschaftler ein knapp 40 Quadratmeter großes Metallstück mit Gel und

Drahtgitter und siedelten darauf Bakterien der Art *Pseudoalteromonas carrageenovora* an. Der Einzeller gehört zu denjenigen Mikroorganismen, die den Unterwasserteil von Schiffsrümpfen mit einem Biofilm überziehen und damit die Voraussetzung für eine spätere Besiedlung mit Algen, Muscheln und Seepocken schaffen. Verglichen mit einer unbehandelten Metallplatte zeigte sich nach 26 Tagen in

künstlichem Seewasser ein mehr als hundertmal geringerer Befall durch *P. carrageenovora*.

Auf die Idee einer verschleißbaren Kunsthaut kamen die Forscher durch Untersuchungen am Grindwal (*Globicephala melas*). Auf der Haut des zu den Delfinen zählenden Tiers sitzen nanometergroße Zacken und Rillen, die ein Gel festhalten. Darin angereicherte Enzyme können Algen und Bakterien abwehren. Daneben bietet aber wohl auch die Struktur der Haut selbst einen wirksamen

Schutz: In den winzigen Unebenheiten können sich keine Mikroorganismen einnisten. Auch dieses Prinzip einer Nanostruktur, welche die Biofilmbildung rein mechanisch verhindert, erproben Forscherteams als Schutzschicht für Rümpfe. Darüber hinaus gibt es Überzüge auf Silikonbasis, die Vorläufer des Anwuchses abstreifen können. Sie würden allerdings nur funktionieren, so Gangu-li, wenn die damit bestrichenen Schiffe zügig Fahrt machen. Andernfalls reichen die an der Grenze zum Wasser auftretenden

Kräfte nicht aus. Der Kampf gegen die auch »Fouling« genannte Besiedlung des Rumpfes führt zu hohen Kosten in der Schifffahrt. Wird der Belag nicht regelmäßig im Trockendock entfernt, macht er das Schiff schwerer und erhöht den Strömungswiderstand. Das einzige probate Gegenmittel – als Anstrich großflächig eingesetztes Tributylzinnhydrid (TBT) – wurde im Jahr 2003 verboten, als offenbar wurde, dass sich das Gift schädlich auf das marine Ökosystem auswirkt. Seitdem suchen Entwickler verstärkt nach Alternativen.

Bei den Experimenten mit der Kunstschleim-Schicht erwies sich unter anderem eine kommerzielle Substanz als brauchbar, die für die Erdölförderung entwickelt wurde. Dort soll sie etwa in Bohrlöchern die Viskosität des Wassers erhöhen. Nach Aussage von Gangu-li stellt sie keine Gefahr für das Ökosystem dar. (jd) <<

Gangu-li, R. et al.: Bioinspired living skins for fouling mitigation. In: Smart Materials 18, S. 104027 (8pp), 2009.

ERNÄHRUNG

Aquafarmen decken Hälfte des Fischkonsums

Meeresfrüchte kommen mittlerweile zu 50 Prozent aus Zuchtanlagen auf den Tisch – eine Steigerung um das Dreifache seit 1995. Dies bedeutet aber nicht gleich eine Entlastung der frei lebenden Fisch-, Krustentier- oder Muschelbestände, merken Rosamond Naylor von der Stanford University und ihre Kollegen an: Um die gehaltenen Lachse oder Garnelen zu ernähren, verfüttern die Aquafarmer vielfach Fischfänge aus dem Ozean.

Mittlerweile verbrauchen Aquafarmen 68 Prozent des weltweit produzierten Fischmehls und 88 Prozent des Fischöls, die vor allem aus Sardellen und Sardinen erzeugt werden. Damit hat sich der Anteil der Fischzüchter am Verbrauch innerhalb von zehn Jahren verdoppelt. Um die mehr als 50 Millionen Tonnen Zucht-

fisch zu erzeugen, verfütterten die Produzenten rund 20 Millionen Tonnen Wildfang – je nach gehaltenen Arten allerdings in unterschiedlich großen Mengen: Um ein Pfund Zuchtlachs heranzuziehen, benötigen die Halter fünf Pfund Fisch aus dem offenen Meer: Sie tragen also weiterhin zur Überfischung bei. Der Gesamtdurchschnitt lag dagegen bei 0,63 Pfund pro Pfund Zuchtfisch.

Seit einigen Jahren werden diese tierischen Proteine und Fette auch bei vegetarischen Fischen wie Karpfen oder Buntbarschen zugefüttert, um bessere Wachstumsraten zu erreichen. Da diese Arten insgesamt häufiger gehalten werden als Raubfische wie Tun oder Lachs, verbrauchen die Halter dieser Fische allerdings insgesamt sogar mehr als die Hälfte des umgesetzten Fischmehls und -öls

und setzen damit ebenso die natürlichen Bestände unter Druck.

Dabei ließen sich Fischfarmen deutlich ressourcensparender betreiben, meinen die Forscher: Reduzierte man in der Lachszucht die Menge des verfütterten Fischöls um nur vier Prozent, so bräuhete man nur noch 3,9 Pfund an Wildfang, um ein Pfund Lachs zu erzeugen. Bei Karpfen, Pangasius oder Buntbarsch könnte auf die Zufütterung zudem gänzlich verzichtet und beispielsweise durch Ölsaaten oder Getreide ersetzt werden. Allerdings sorgten unverdauliche Pflanzenfasern dann für vermehrten Exkrementeeintrag in die Zuchtteiche und verstärkten dadurch die Wasserverschmutzung. (dl) <<

Naylor, R. et al. Feeding aquaculture in an era of finite resources. In: Proceedings of the National Academy of Sciences 106, S. 15103-15110, 2009.

DOSSIER Meere



MEERE

Aus dem Meer kommt alles Leben – und noch heute sind die Ozeane von übergeordneter Wichtigkeit für uns Menschen. Sie liefern Nahrung, speichern Kohlendioxid und sind gewichtiger Teil des globalen Wasserkreislaufs. Dennoch wissen wir immer noch wenig über sie.

spektrumdirekt.de/meer

ARTENVIELFALT

Stars als Spinnen



©SENCKENBERG-FORSCHUNGSINSTITUT FRANKFURT

David-Bowie-Spinne

Sie sieht aus wie ein Rockstar – und ist auch nach einem benannt: *Heteropoda davidbowie* soll auf die Bedrohung der asiatischen Regenwälder und ihrer Bewohner aufmerksam machen.

Udo Lindenberg hat die Ehre, Dieter Hildebrandt, Nina Hagen – und David Bowie auch: Sie alle stehen Pate für eine Reihe neuer Spinnenarten aus Südosta-

sien. »Getauft« hat die Achtbeiner der Frankfurter Arachnologe Peter Jäger vom Senckenberg-Forschungsinstitut in Frankfurt. Mit den Berühmtheiten will er auf die Gefährdung der Artenvielfalt hinweisen.

Einen Arachniden von Ambon, der Hauptinsel der Molukken, widmete der Forscher beispielsweise Dieter Hildebrandt: *Heteropoda hildebrandti* soll den Kabarettisten als das »moralische Gewissen« der Nation ehren. *Heteropoda richlingi* wiederum verdankt ihren Namen der Sprachakrobatik, mit welcher Hildebrandts Kollege Mathias Richling seine Bestandsaufnahmen der Gegenwart spickt und Zeitgenossen ebenso scharf wie sinnig parodiert. *Heteropoda udolindenberg*, eine rötlich-braune Spinne aus Bukittinggi auf Sumatra, ist nach dem engagierten Umweltaktivisten, Idealisten und erfolgreichen Sänger Udo Lindenberg benannt. Kontrastreich wie ihr Namenspate David Bowie wirkt die Riesenkrabbspinne

Heteropoda davidbowie, deren besondere Gesichtszeichnung sich markant von der leuchtend gelben Grundfärbung der in Malaysia lebenden Spinne abhebt. Und von dort stammt auch *Heteropoda ninahagen*, über die sich vielleicht die Punk-Sängerin Nina Hagen freut.

Nicht alle der 17 neu beschriebenen Spezies haben allerdings einen derart fröhlichen Hintergrund: *Heteropoda homstu* beispielsweise beinhaltet den lateinischen Begriff »homo stultus«, was soviel wie »dummer Mensch« bedeutet – Ausdruck von Jägers Frust, der auf seinen Expeditionen beobachten muss, wie rasch die Ökosysteme in Laos, Indonesien oder Malaysia vernichtet werden: »Es ist ein Arbeiten gegen die Zeit. Mit diesen Arten verlieren wir momentan in kürzester Zeit auch genetische Ressourcen, die sich in mehr als 300 Millionen Jahren entwickelt haben.«

Einige Arten bekamen daher auch Namen von Zeitgenossen

verliehen, die sich dem Natur- und Umweltschutz verschrieben haben oder zu einer Umkehr unseres momentan wenig nachhaltigen Wirtschaftsmodells mahnen: Auch Ernst Ulrich von Weizsäcker hat daher nun einen »Partner« im Spinnenreich – weil er sich stets für ökologisch ausgerichtetes Handeln engagiert. (dl)

<<

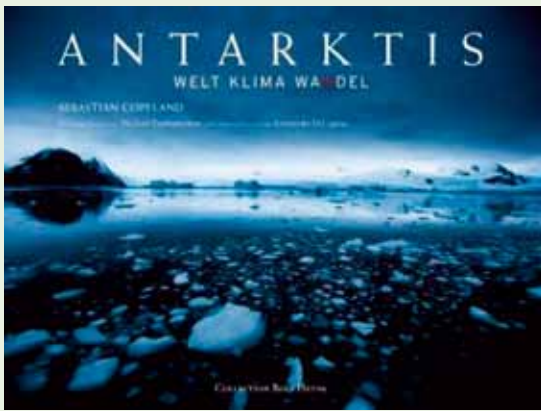
Jäger, P.: Revision of the huntsman spider genus *Heteropoda* Latreille 1804: species with exceptional male palpal conformations from Southeast Asia and Australia. In: Senckenbergiana biologica, 2008.

DOSSIER Artenvielfalt

**ARTENVIELFALT UND ARTENSTERBEN**

Noch ist die globale Biodiversität nicht in ihrem gesamten Ausmaß bekannt, und doch fegt wohl schon die sechste große Aussterbewelle in der Erdgeschichte durch ihre Reihen. Wodurch sind die Tier- und Pflanzenarten auf unserem Planeten gefährdet, und wie können sie gerettet werden?

spektrumdirekt.de/artenvielfalt



Sebastian Copeland
Antarktis

COLLECTION ROLF HEYNE

ISBN: 3899103874

Dieses Buch können Sie im Science-Shop für **49,90 €** (D), 51,30 € (A) kaufen.

science-shop.de/artikel/996033

REZENSION

Im Bann des schmelzenden Eises

Vor tief schwarzem Himmel erheben sich mächtige Berge aus Schnee und Eis. Die letzten schwachen Sonnenstrahlen des Tages treffen die obersten Bergspitzen und tauchen sie in ein geheimnisvolles Licht. Am Fuß des Gebirges treiben Eisberge im dunklen Wasser. Der amerikanische Fotograf und Autor Sebastian Copeland hat diese beeindruckende Szene in der Antarktis eingefangen. Dargestellt hat er sie auf einer langgezogenen Doppelseite in seinem Bildband »Antarktis« – einem Buch, das im Auftrag der Umweltschutzorganisationen »Global Green USA« und »Green Cross International« in den Jahren 2006 und 2007 entstand. Dazu war der Fotograf Gast auf dem Eisbrecher »Ice Lady Patagonia«.

Copelands Buch ist eine herausragende Zusammenstellung feiner Naturfotografien, die meist unter widrigsten Umständen entstanden sind. Die monochromen Farben dominieren und lassen den Betrachter nicht selten melancholisch werden. Man sieht tiefblaue Eisgiganten im Meer treiben, theatralische Lichtstimmungen über engen Buchten, aber auch schmusende Robben und tapsige Pinguine.

Copelands Bestandsaufnahme der Antarktis ist in erster Linie ein exklusiver Bildband. Der aktive Umweltschützer macht

aber auch auf die Fragilität des Ökosystems und die Bedrohung durch den Menschen aufmerksam. Hierzu läst Copeland einige Gastautoren wie etwa Michail Gorbatschow oder den amerikanischen Biowissenschaftler Stephen Schneider in kurzen Aufsätzen zu Wort kommen. Die Beiträge enthüllen nicht unbedingt neue Fakten. Als informierter Leser hat man sie schon irgendwo einmal gelesen, und es gibt sicherlich ausführlichere Quellen, bei denen man sich über die Antarktis schlau machen kann. Trotzdem ergänzen die Aufsätze den Bildband stimmig. Sie erklären im begrenzten Maße ökologische Zusammenhänge und klimapolitische Bemühungen zum Erhalt des Kontinents.

»Antarktis« ist somit vor allem für Liebhaber hochwertiger Naturfotografien ein Augenschmaus. Insbesondere die Panoramabilder zeigen das Können des Mannes hinter der Kamera. Auch das in kühlen Blautönen gehaltene Layout des gewichtigen Buches ist feinfühlig abgestimmt auf den Inhalt. Es lässt es damit noch etwas mehr zu einem bemerkenswerten Druckwerk werden. <<

Thorsten Naeser

Der Rezensent ist Diplomgeograf und arbeitet am Max-Planck-Institut für Quantenoptik in München.

5 x 5-Bewertung	
Inhalt	■ ■ ■ ■ □
Vermittlung	■ ■ ■ □ □
Verständlichkeit	■ ■ ■ ■ ■
Lesespaß	■ ■ ■ □ □
Preis-Leistung	■ ■ ■ ■ □
Expertenwertung	19

There's never been
a better time to change.
To find new ways to connect.
New ways to collaborate.
New ways to share
human knowledge,
to work together,
solve problems together,
and bring the world a little closer.
Together.

that's the
human network
effect



welcome to
the human network.

