

QUANTENSPRUNG

Was Enten über Arten wissen sollten

Maultiere gehen bekanntlich aus der „Hochzeit“ von Eseln und Pferden hervor. Doch egal was für gute Eigenschaften ein Maultier auch haben mag, evolutionär gesehen ist es eine Sackgasse, denn Maultiere sind steril. Sie müssen daher in jeder Generation neu „gemacht“ werden und sind, zumindest nach dem biologischen Artenkonzept, keine eigene Art.

Es gibt viele konkurrierende Definitionen, was Arten eigentlich sind. Das biologische Artenkonzept ist das am weitesten akzeptierte. Es besagt, dass Individuen einer Art sich auch nur mit anderen Mitgliedern ihrer Art fortpflanzen und fruchtbare Nachkommen zeugen können.

Das Schöne am biologischen Artenkonzept ist, dass uns die Tiere selber zeigen, dass sie zur gleichen Art gehören, indem sie sich miteinander fortpflanzen und fruchtbare Nachkommen zeugen. Oder eben auch nicht. Es gibt jedoch viele theoretische und auch praktische Probleme mit dieser Idee. Eine davon ist die Hybridisierung.

Von den fast 9 000 bekannten Vogelarten kreuzen sich zum Beispiel ganze 10 bis 15 Prozent miteinander. Enten sind die Schlimmsten: Sie scheinen noch nie etwas vom biologischen Artenkonzept gehört zu haben. So sind etwa 75 Prozent aller britischen Entenar-



AXEL MEYER

Professor für Evolutionsbiologie, Konstanz

ten bekannt dafür, dass sie sich gelegentlich außerhalb ihrer Art fortpflanzen und dabei fruchtbare Nachfahren produzieren. Trotz all meiner Vorurteile gegenüber der Häufigkeit und Verbreitung merkwürdiger Sexualpraktiken bei den Briten – zumindest bei deren Parlamentariern – glaube ich nicht, dass britische Erpel besonders willkürlich in der Partnerwahl sind.

Amerikanische Dunkelenten (*Anas rubripes*) waren einmal die häufigste Entenart im Osten des nordamerikanischen Subkontinents. Aber die von europäischen Siedlern eingeführte Stockente (*Anas platyrhynchos*) hybridisiert häufig mit dem Dunkelente. Beide Arten sind heute mit gängigen genetischen Methoden fast nicht mehr zu unterscheiden.

Es wurde daher spekuliert, dass die Dunkelente nie eine eigene Art gewesen sei, sondern nur eine von vielen Farbvarianten der Stockente. Allerdings konnten neuere DNA-Studien an alten Museumsammlungen das widerlegen. Nach einem Jahrhundert der Hybridisierung zwischen den beiden Entenarten sieht die Zukunft der Dunkelenten jedoch ziemlich düster aus.

wissenschaft@handelsblatt.com

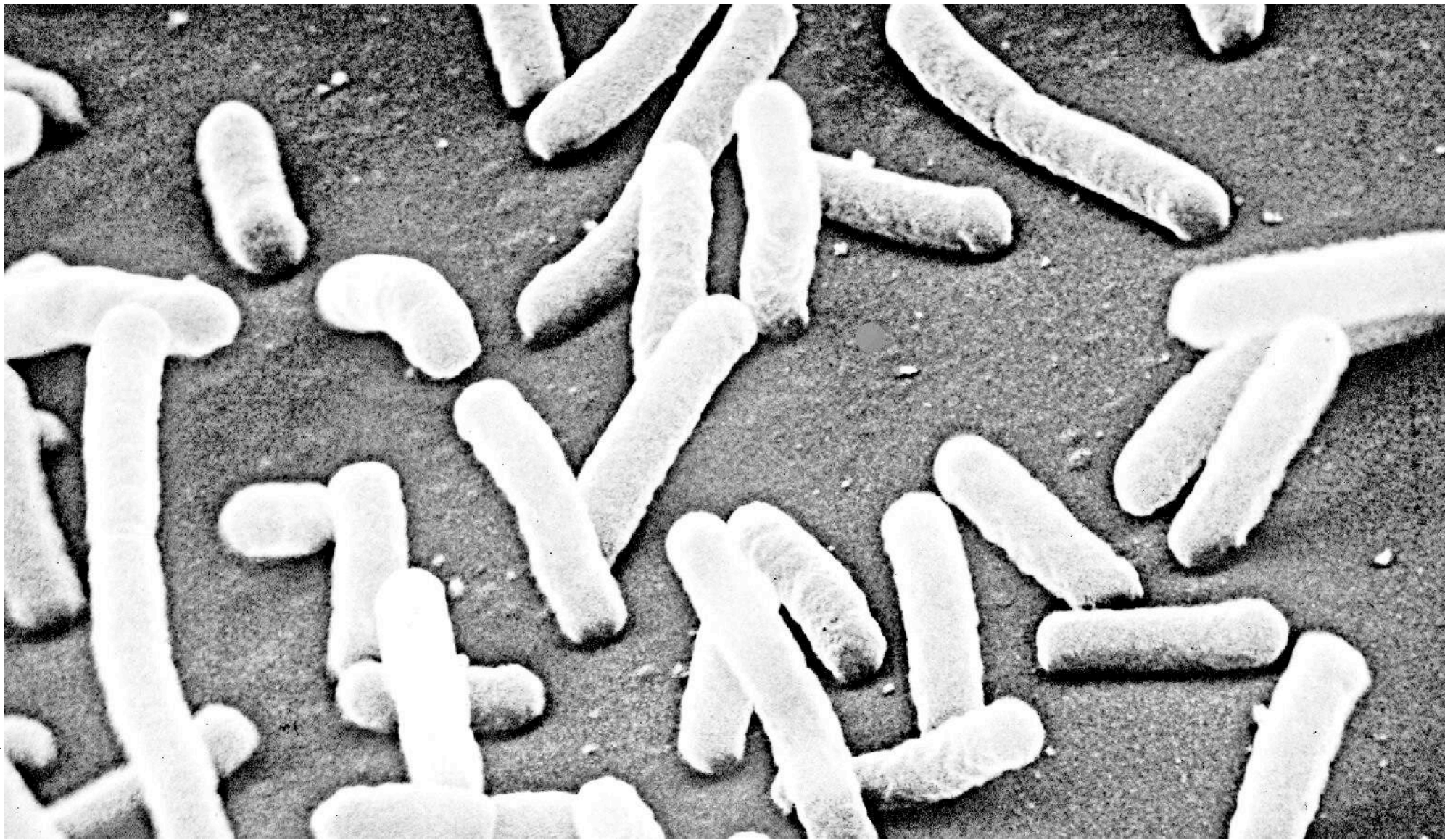


Foto: dpa/stech, dpa

Bakterien der Art *Escherichia coli* gehören zu den „Haustieren“ der Biotechnologen. Sie müssen jedoch in der Regel gentechnisch verändert werden, um die gewünschten Substanzen herzustellen.

Chemikalien aus der Einzeller-WG

Natürliche Bakteriengemische sind die neuen Hoffnungsträger der Biotechnologie

SUSANNE DONNER | DÜSSELDORF

Es ist ein ungleicher Wettstreit: An-Ping Zeng und sein Institut für Bioprocess- und Biosystemtechnik der Technischen Universität Hamburg gegen den amerikanischen Chemie-Riesen Dupont.

Dessen Verfahren zur Herstellung der Massenchemikalie 1,3-Propanediol wird allerorten als Meilenstein der modernen Biotechnologie genannt. Insgesamt 36 Gene eines Kolibakteriums hat Dupont verändert, damit es diesen Stoff liefert. Bis zu 45 000 Kubikmeter der kostbaren Flüssigkeit werden seit 2007 alljährlich aus der Fabrik in Loudon, Tennessee, abtransportiert und später zu Kunststoffen, etwa für Badeanzüge oder Airbag-Abdeckungen, verarbeitet.

Den Wissenschaftler Zeng jedoch schüchtern die Größe seines Kontrahenten nicht ein. Was die US-Kollegen mit ihrem hochgerüsteten Kolibakterium bewerkstelligen, möchte er mit einem natürlichen Bakteriengemisch aus Klärschlamm billiger und besser schaffen. In seinem Labor tropft klares Propanediol aus einer gläsernen Destillationskolonne. In einem wuchtigen Stahlbehälter schwimmt ein Konsortium aus verschiedenen Mikroben.

„Wirklich neu ist, dass wir eine Gemeinschaft von Mikroben einsetzen“, sagt Zeng. Bislang verwenden Biotechnologen fast immer Monokulturen. Beispielsweise produzieren Kolibakterien Enzyme für Waschmittel

oder Zusätze für Tierfutter. Meist scheiden die Mikroben aber auch unerwünschte Nebenprodukte aus. Diese zu vermeiden oder in nützliche Stoffe umzuwandeln ist eine der Aufgaben der Biotechnologie.

In Zengs Bakterienbrühe schwimmen unter anderem Clostridien, die auf natürliche Weise Propanediol bilden. Sie produzieren aber auch giftige Säuren als Stoffwechselnebenprodukte, die auf Dauer das Wachstum der Mikroben stoppen würden. Während die Dupont-Forscher solche unerwünschten Stoffwechselwege gentechnisch blockierten, lässt Zeng die Säuren einfach von methanbildenden Bakterien vertilgen. Sie verwandeln die Gifte in Biogas, das aus dem Stahlbehälter aufsteigt und zur Energiegewinnung verwendet werden kann.

„Wenn die Amerikaner etwas machen, tun sie es mit viel Aufwand und unglaublich viel Geld“, meint Zeng. „Unser Verfahren wird billiger sein. Die Investitionen für die Pilotanlage sind geringer. Wir müssen nicht steril arbeiten, da wir keine Reinkultur verwenden. Die Sicherheitsmaßnahmen sind geringer, weil wir mit natürlichen Mikroorganismen, nicht mit gentechnisch veränderten arbeiten.“

Der Chemieingenieur Arnold Frances vom California Institute of Technology in Pasadena bezeichnet die mikrobiellen Konsortien in der Zeitschrift „Trends in Biotechnology“ daher als „wichtiges neues Gebiet“. Mikrobiengemische könnten mehrstufige Aufbau- oder Abbauvor-

gänge übernehmen, die für Monokulturen zu schwierig wären. Mikrobielle Konsortien seien zugleich äußerst robust, so Frances.

In der Natur treten Mikroben fast immer gemeinsam auf. Verschiedene Milchsäurebakterien zum Beispiel machen aus Milch Joghurt. Diverse Hefen verdauen Traubensaft zu Wein. Selbst chemisch verseuchte Gewässer können natürliche Bakterien-Konsortien bearbeiten.

„Wirklich neu ist, dass wir eine Gemeinschaft von Mikroben einsetzen.“

An-Pin Zeng, TU Hamburg

Am Leipziger Helmholtzzentrum für Umweltforschung (UFZ) wurde ein solcher Vorgang untersucht: In einem noch aus DDR-Zeiten mit Benzol verseuchten Grundwasserleiter nahe der Zeit in Sachsen-Anhalt entdeckte der Mikrobiologe Carsten Vogt Bakterien, die den Schadstoff ohne Sauerstoff abbauen. „Es gibt nur wenige Kulturen, die ohne Sauerstoff dazu in der Lage sind. Wir haben das Glück, eine zu besitzen“, sagt er.

Ein spezielles Bakterium gibt hier den Startschuss für den Benzolabbau, indem es die ringförmige Verbindung angreift. Vergärende Bakterien zerlegen die Chemikalie dann weiter. Sie erzeugen dabei Wasserstoff, den wieder andere Mikroben verstoffwech-

seln: Sie atmen den Wasserstoff und natürliches Sulfat aus dem Wasser und wandeln es in Schwefelwasserstoff um, dem ein durchdringender Geruch nach faulen Eiern anhaftet.

In Zeit konnte die Bakteriengemeinschaft nachweislich die Giftfrucht im Grundwasser senken. Die Benzolvernichter könnten daher auch andersorts Wasser reinigen, glaubt Vogt, der dafür langfristig eine Sanierungsstrategie entwickeln möchte. „Eine Belastung mit Benzol ist keine Seltenheit“, sagt er. Da die Chemikalie dem Benzin beigemischt wird, könnte beispielsweise der Untergrund von Tankstellen erhöhte Werte aufweisen.

Es wäre verlockend einfach, das verseuchte Grundwasser mit dem Konsortium aus Vogts Labor zu impfen und sich selbst zu überlassen. Zu einfach, um ohne Nachteil zu funktionieren, wie der Mikrobiologe klar macht: „Die Bakterien wachsen sehr, sehr langsam. Es würde viele Jahre dauern, bis das Benzol zurückgegangen wäre.“ Ihm geht es deshalb vorerst darum, die Teamarbeit der Benzolvernichter besser zu verstehen.

Auch Zengs Team ringt noch darum, das Treiben der Mikroben im Stahlbehälter zu begreifen. Zugleich schmiedet man jedoch mit dem Biogashersteller Agrafarm Technologies im EU-Projekt „Propanergy“ schon Pläne für den Bau einer mobilen Propanediolfabrik. Bis 2010 soll sie fertig sein. Die Europäische Kommission stattete das Vorhaben mit 1,82 Millio-

nen Euro aus. Agrafarm hofft auf ein lukratives Geschäft, weil die mobile Fabrik mit Glycerin gespeist werden soll: „Das ist ein lästiger Abfall aus der Biodieselerzeugung. Zeitweilig bekamen wir sogar Geld dafür, wenn wir Glycerin angenommen haben“, berichtet Jürgen Kube, Leiter der Abteilung Forschung und Entwicklung bei Agrafarm.

Propanediol dagegen bringt 2 000 Euro je Tonne ein. Kube sieht sich deshalb mit der Rohstoffwahl klar im Vorteil gegenüber Dupont: Das amerikanische Unternehmen benötigt Maisstärke und hängt damit vom Nahrungsmittelmarkt und seinen Preisschwankungen ab.

Die mobile Fabrik soll zu Biodieselherstellern fahren und deren Glycerin in Propanediol und Biogas umwandeln. Das Biogas ließe sich, so Zengs Vision, in einem benachbarten Blockheizkraftwerk verfeuern. Dadurch könnte ein Drittel der erforderlichen Energie für die rollende Fabrik gedeckt werden. Die Bakterien würden lediglich zu Beginn einmal mit einer Ladung Klärschlamm zugefügt.

Schon heute erhalten die Wissenschaftler jede Woche Anfragen aus Südamerika, Malaysia und Indonesien, wann ihre Pilotanlage endlich in Betrieb geht. In den Schwellenländern boomt die Palmölverarbeitung zu Biodiesel. Doch das unnütze Glycerin blockiert die Produktionsstätten. Eine sinnvolle Verwendung für den Abfall käme den Spiritproduzenten gerade recht.

Eine Mücke bedroht die Tierwelt auf Galapagos

Forscher fürchten die Übertragung von Krankheiten

TINKA WOLF | DÜSSELDORF

Eine Mücke, die regelmäßig von Touristen auf die Galapagos-Inseln verschleppt wird, könnte die Tierwelt des Archipels bedrohen. Diese Befürchtung äußert ein britisch-ecuadorianisches Forscherteam im Fachmagazin „Proceedings of the Royal Society B“.

Die südliche Hausmücke (*Culex quinquefasciatus*) lebt in tropischen und subtropischen Regionen der Erde und gilt als Überträger von Krankheiten wie West-Nil-Fieber, Vogelmalaria oder Geflügelpocken. Im 19. Jahrhundert trug die Mücke einige dieser Krankheiten nach Hawaii, wo daraufhin zahlreiche einheimische Vogelarten ausstarben.

Auf Galapagos tauchte die Mücke Mitte der achtziger Jahre zum ersten Mal auf. Doch ihre Reise auf die Inselgruppe sollte kein einmaliger Vorgang bleiben: Wie die Wissenschaftler am Arnaud Bataille von der Universität von Leeds berichten, werden bis heute regelmäßig neue Exemplare der Mücke dorthin verschleppt. Sie reisen als blinde Passagiere an Bord von Flugzeugen und Schiffen. Durch die Touristenboote

werden sie außerdem zwischen den Inseln hin- und hertransportiert.

Die Wissenschaftler suchten in den Frachträumen von Flugzeugen nach den Mücken und verglichen außerdem die Gene verschiedener Mückenpopulationen. So konnten sie feststellen, wie viele Mücken die Inseln erreichen und ob sie sich mit den dort lebenden Exemplaren vermehren. „Im Durchschnitt ist die Zahl der Mücken pro Flugzeug klein“, so Bataille. „Doch es landen jeden Tag viele Flugzeuge auf den Inseln, und die Mücken scheinen diese Flüge zu überleben und in der Lage zu sein, sich fortzupflanzen, sobald sie das Flugzeug verlassen haben.“

Je mehr Mücken jedoch die Inseln erreichen, desto höher ist auch das Risiko, dass eine von ihnen einen tödlichen Erreger einschleppt, gegen den die einheimischen Tierarten nicht gewappnet sind. Die Forscher weisen darauf hin, dass Wildtiere auf isolierten Inseln besonders anfällig für solche Vorgänge seien. „Die Einführung neuer Erreger und ihrer Überträger könnte verheerende Folgen für die Artenvielfalt auf den Galapagos-Inseln haben“, schreiben sie in ihrer Studie.



Meerestiere gibt es nur auf den Galapagos-Inseln. Eingeschleppte Krankheiten vom Festland könnten ihnen und anderen seltenen Arten gefährlich werden.

Die Galapagos-Inseln liegen etwa 1000 Kilometer westlich von Ecuador im Pazifischen Ozean. Die Inseln sind berühmt für ihre Artenvielfalt; einige Tierarten leben nirgendwo sonst auf der Welt, etwa die Galapagos-Riesenschildkröte oder der Galapagos-Pinguin.

Etwa 90 Prozent der Inselfläche wurden zum Nationalpark erklärt, und die Inseln ziehen inzwischen jährlich 160 000 Reisende an. Doch die Nachteile durch eingeschleppte

Arten könnten die Vorteile der boomenden Tourismusindustrie überwiegen, fürchten die Forscher. „Dass wir bisher noch keine Auswirkungen beobachten konnten, ist möglicherweise einfach Glück“, so Batailles Kollege Simon Goodman. „Mit einer so rasant wachsenden Tourismusindustrie hängt die Zukunft von Galapagos von der Fähigkeit der ecuadorianischen Regierung ab, einen strikten Schutz der Inselwelt aufrechtzuerhalten.“

Stürmische Zeiten im Mittelalter

Vor 1000 Jahren gab es besonders viele Hurrikane

TINKA WOLF | DÜSSELDORF

Im Mittelalter gab es über dem Atlantik womöglich noch mehr Hurrikane als in den vergangenen Jahren. Das berichtet ein amerikanisches Forscherteam in der aktuellen Ausgabe von „Nature“.

„Die Hurrikan-Aktivität seit Mitte der neunziger Jahre ist die höchste seit Beginn der Wetteraufzeichnungen“, sagt der Klimaforscher Michael Mann von der Pennsylvania State University. „Aber die Aufzeichnungen reichen nur wenig mehr als ein Jahrhundert zurück. Deshalb ist es schwierig festzustellen, ob diese Zunahme der Hurrikan-Aktivität wirklich ungewöhnlich ist.“

Aus diesem Grund wagten Mann und seine Kollegen einen tieferen Blick in die Vergangenheit. Dabei fanden sie heraus, dass es vor gut 1000 Jahren schon einmal besonders stürmisch über dem Atlantik war. Sie glauben, dass die damalige Sturmkraft die der vergangenen Jahre sogar noch übertroffen haben könnte.

Die Wissenschaftler untersuchten die Hurrikane der Vergangenheit gleich mit zwei Methoden. Zum einen forschten sie in den Sedimenten

in amerikanischen Küstengebieten nach Spuren von Meerwasser, das durch die Stürme ins Landesinnere transportiert wurde. Zum anderen nutzten sie ein Computermodell, das sie mit Klimadaten aus der Vergangenheit fütterten, um die einstigen Wetterbedingungen über dem Atlantik zu simulieren.

Mit beiden Methoden fanden die Wissenschaftler eine besonders starke Sturmkraft vor etwa 1000 Jahren. Damals herrschte die sogenannte „mittelalterliche Klimaanomalie“. In Europa war es vom 9. bis zum 14. Jahrhundert ungewöhnlich warm. Offenbar war zu dieser Zeit auch der Atlantische Ozean wärmer als üblich. So ergaben sich ideale Hurrikan-Bedingungen. Nach dieser besonders stürmischen Phase beruhigte sich das mittelalterliche Atlantikwetter jedoch wieder.

Auch in der Gegenwart scheint derzeit die Ruhe nach dem Sturm zu herrschen: Die diesjährige Hurrikan-Saison ist bisher glimpflich verlaufen. Eines ist jedoch klar: Die Hurrikan-Aktivität der letzten Jahre war tatsächlich ungewöhnlich stark. „Wir sind“, erklärt Mann, „heute auf einem Level wie seit 1000 Jahren nicht mehr.“

In Indien schwindet das Grundwasser

DÜSSELDORF. Indien droht eine schwere Dürre: Die Regenzeit hat bisher deutlich weniger Niederschläge gebracht als im langjährigen Mittel.

Doch die Wasserkrise ist wohl nicht allein auf das Wetter zurückzuführen: Im Nordwesten Indiens haben Wissenschaftler einen starken Schwund von Grundwasser über mehrere Jahre hinweg nachgewiesen, der mit natürlichen Witterschwankungen nicht erklärt werden kann. Davon berichten sie in der Online-Ausgabe des Magazins „Nature“.

Der Wasserverlust sei vermutlich menschengemacht, glauben die Forscher von der Universität von Kalifornien in Irvine und vom Nasa Goddard Space Flight Center in Greenbelt. Die Schuld an dem Rückgang sehen sie im exzessiven Wasserverbrauch in der Region, etwa zur Bewässerung der Felder.

Sie berichten von einem Rückgang des Grundwasserspiegels in den Bundesstaaten Rajasthan, Punjab und Haryana um jährlich vier Zentimeter. Demnach gingen in der Region im Untersuchungszeitraum von sechs Jahren insgesamt 109 Kubikkilometer Wasser verloren – also 109 Billionen Liter.

Ihre Untersuchung stützen die Wissenschaftler auf Satellitendaten aus den Jahren 2002 bis 2008. Die Daten stammen von dem Doppelsatelliten „Grace“, der Unterschiede in der Erdanziehungskraft misst. Über- und unterirdische Wasservorkommen können diese Anziehungskraft beeinflussen. „Mit Grace“ können wir Veränderungen in Wasserdrops auf der ganzen Welt vom Schreibtisch aus verfolgen“, erklärt Isabella Velicogna, Mitautorin der Studie. „Mit den Satelliten können wir beobachten, wie Wasservorräte in trockenen Regionen der Erde sich von Monat zu Monat entwickeln.“

Grundwasser bildet sich, wenn Regenwasser oder Wasser aus Flüssen und Seen in der Erde versickert. Es sammelt sich in unterirdischen Hohlräumen und porösen Gesteinsschichten. Im Vergleich zu überirdischen Gewässern reagiert der Grundwasserspiegel nur sehr langsam auf Wetteränderungen wie zum Beispiel schwere Regenfälle. Wird das Grundwasser aus den unterirdischen Reservoiren entnommen, kann es Monate oder Jahre dauern, bis sie wieder aufgefüllt sind.

Doch in vielen Teilen der Welt ist Grundwasser eine unentbehrliche Wasserquelle. In Indien stammen bis zu 80 Prozent des Wassers, das in Haushalten verbraucht wird, aus Grundwasserreserven, außerdem bis zu 50 Prozent des Wassers, das zur Bewässerung von Feldern eingesetzt wird. Damit übersteigt der Verbrauch offenbar die Rate, mit der sich neues Grundwasser bildet. Dass die indische Bevölkerung und die Wirtschaft stetig wachsen, verstärkt das Problem.

„Wenn nicht bald Maßnahmen ergriffen werden, um eine nachhaltige Grundwassernutzung zu gewährleisten, dann könnte das für die 114 Millionen Menschen in der Region zu einem Kollaps der Ernten, zu schwerem Trinkwassermangel und zu Konflikten führen“, warnen die Autoren der Studie.

Um herauszufinden, ob der Rückgang des Grundwassers eine natürliche Ursache haben könnte, verglichen die Forscher die Daten zum Grundwasser mit den Wasserspiegeln von Seen, der Bodenfeuchtigkeit und den durchschnittlichen Regenfällen im Untersuchungszeitraum. Sie stellten fest, dass es in den fraglichen sechs Jahren sogar etwas mehr geregnet hatte als üblich.

Das indische Ministerium für Wasserressourcen hatte bereits vermutet, dass im ganzen Land mehr Grundwasser verbraucht wird, als neu entstehen kann. Genau bemessen wurde der Verlust von Grundwasser jedoch bisher nicht.

Umso stolzer sind die Forscher um Rodell auf ihre satellitengestützte Messmethode. „Zum ersten Mal können wir die Wassernutzung an Land ohne bodengestützte Instrumente untersuchen“, sagt James Famiglietti, der ebenfalls an der Studie beteiligt war. Das sei entscheidend, weil in vielen Entwicklungsländern hydrologische Daten dünn gesät und schwer zu bekommen seien. *tiw*

UNSERE THEMEN

MO ÖKONOMIE: VWL

DI ESSAY

MI ÖKONOMIE: BWL & FINANCE

DO NATUR UND GEIST

FR LITERATUR