

Die Kleine Mexikanische Blütenfledermaus (*Leptonycteris yerbabuena*) macht auch schon mal an Blütenständen der Agaven halt.

Foto Getty

Lieber eine Flugreise statt Winterschlaf

Für ihre Wanderungen in die Winterquartiere benötigen Fledermäuse genügend Proviant. Als Nahrung bevorzugen manche Arten süßen Nektar statt Insekten.

Von Diemut Klärner

Blumen, die sich von Bienen oder Kolibris bestäuben lassen, locken ihre Gäste mit bunten Farben. Blüten, die ihren Nektar für Fledermäuse bereithalten, signalisieren dagegen mit ihrer Form, wo eine süße Mahlzeit winkt. Doch wie setzen Fledermäuse ihre Echoortung ein, um Nektarquellen aufzuspüren? Wissenschaftler um Tania Gonzalez-Terrazas von der Universität Ulm und Hans-Ulrich Schnitzler von der Universität Tübingen haben das kürzlich erstmals beobachten können. Gemeinsam mit Kollegen aus den Vereinigten Staaten, Mexiko und Panama fanden sie heraus, dass Blütenbesucher ihre Nahrungsquelle recht ähnlich orten wie jene Fledermäuse, die Insekten fangen.

Als Forschungsobjekt diente die Kleine Mexikanische Blütenfledermaus (*Leptonycteris yerbabuena*), die gern die Blüten des Säulenkakts *Pachycereus pringlei* besucht. Oft mehr als zehn Meter hoch, prägt dieser Kaktus vielerorts die Landschaft der mexikanischen Sonora-Wüste. Den für wissenschaftliche Zwecke kurzzeitig eingefangenen Fledermäusen wurden freilich nur handliche Zweige der riesigen Kakteen präsentiert. Sie trugen entweder eine geöffnete Blüte oder eine halbkugelige Schale aus Kunststoff. Wie die Forscher in der Online-Zeitschrift „Plos One“ (doi: 10.1371/journal.pone.0163492) berichten, näherten sich die Fledermäuse zunächst auch dieser künstlichen Blume. Doch statt ihre Schnauze in die Kunststoffschale zu stecken und von dem dort bereitgestellten Zuckerwasser zu naschen, drehten sie frühzeitig ab.

Vor der sicher wohlvertrauten Kaktusblüte verharren die Fledermäuse hingegen im Schwirflflug, um sich am Nektar zu laben. Die Annäherung verlief stereotyp: Letztlich wurden die trichterförmigen Blüten stets in etwa demselben Winkel an-

gesteuert, und zwar immer von unten. Vermutlich erzeugten die Fledermäuse dadurch jedes Mal recht ähnliche akustische Bilder und fanden deshalb schnellstmöglich den Zugang zum Nektar. Je näher sie mit ihrer Echoortung ans Ziel herankamen, desto kürzer wurden die Intervalle zwischen ihren Ortungslauten. Die letzten zehn bis zwanzig Ultraschallrufe ertönten in Abständen von nur noch zehn Millisekunden. Bisher waren derart eng getaktete Rufe – oft als „terminal buzz“ bezeichnet – bloß von Fledermäusen bekannt, die fliegende Insekten erbeuten. Schließlich gilt es mobile Beute zeitnah und exakt zu lokalisieren, um erfolgreich zuschnappen zu können. Zielsicher zur Mahlzeit vorzustoßen, empfiehlt sich aber auch bei Kaktusblüten: Wer dort auf Anrieb korrekt einparkt, vermeidet den Kontakt mit gefährlich spitzen Dornen.

Ob sich die Fledermäuse von Blüten weniger wehrhaften Pflanzen ein ebenso detailliertes Bild verschaffen, bleibt eine offene Frage. Als tierische Probanden mochten sie die angebotene Plastikblume nur flüchtig aus der Ferne erkunden. Womöglich vermissten sie die typische, leicht muffige Duftnote, die Fledermausblumen gewöhnlich eigen ist. In freier Natur besucht die Kleine Mexikanische Blütenfledermaus nachweislich nicht nur Kakteen, sondern zum Beispiel auch die Blütenstände von Agaven. Je nach Region und Jahreszeit dürrte sie recht unterschiedliche Nektarquellen vorfinden. Zumal sich diese in Mexiko und Mittelamerika heimische Fledermausart als durchaus mobil erweist. Im Sommer dringt sie bis in Wüstengebiete der Vereinigten Staaten vor, im Herbst zieht sie sich dann wieder nach Süden zurück.

Weite Wanderungen statt Winterschlaf, das ist auch die Strategie der Eisgrauen Fledermaus (*Lasiurus cinereus*). Wie dieser Vertreter der Glattnasen seinen Körper für Langstreckenflüge umrüstet, haben kanadische Wissenschaftler um Liam McGuire von der University of Western Ontario in London studiert. Statt wie manche Vögel ihr Herz und ihre Flugmuskeln zu vergrößern, bauen die Fledermäuse ihre Lunge aus. Wahrscheinlich, so schreiben die Forscher im „Journal of Experimental Biology“, müssen Vögel auf diese Option verzichten, weil ihre relativ starre Lunge keinen raschen Umbau erlaubt (doi: 10.1242/jeb.072868).

Anders als bei Zugvögeln zeigen sich bei wandernden Fledermäusen auch prägnante Unterschiede zwischen den Ge-

schlechtern: Die Männchen der in Nordamerika weit verbreiteten Eisgrauen Fledermaus verbringen den Sommer meist in den Gebirgen im Westen, während die Weibchen den Osten des Kontinents bevorzugen. Im Herbst, auf dem Weg nach Mexiko oder Südkalifornien, treffen und paaren sie sich. Die Entwicklung des Embryos wird dann so lange hinauszögert, dass die Geburt erst stattfindet, wenn die Fledermausweibchen wieder in ihrem Sommerquartier angekommen sind. Auf der wochenlangen Reise nach Norden, mitunter weit nach Kanada hinein, gilt es Rücksicht zu nehmen auf das heranwachsende Kind im Mutterleib. So erklären die Forscher, dass die trächtigen Weibchen der Eisgrauen Fledermaus mehr Fettreserven mitnehmen als ihre männlichen Artgenossen. Diesen Reiseproviant brauchen sie, um ihre Körpertemperatur zugunsten des Embryos auch tagsüber auf hohem Niveau zu halten. Die Männchen senken ihre Körpertemperatur dagegen zeitweise drastisch. Während sie an einem ruhigen Platz regungslos auf die Abenddämmerung warten, sparen sie auf diese Weise einiges an Stoffwechselenergie.

Obwohl sich die Fledermausweibchen größere Fettpolster zulegen, reduzieren sie ihr Körpergewicht insgesamt ebenso stark wie die Männchen. Schließlich kostet das Fliegen mit weniger Ballast weniger Energie. Vor allem der Darm wird drastisch verkleinert. Dass Verdauungsorgane schrumpfen, lässt sich auch bei Zugvögeln beobachten, die weite Strecken zurücklegen, ohne zwischendurch Nahrung aufzunehmen. Während etwa Gartengräsmücken die Sahara überqueren, greifen sie oft ausschließlich auf die mitgebrachten Vorräte zurück. Eisgraue Fledermäuse hingegen müssen auf ihren Fernreisen nicht fasten. Sie können zwischendurch Jagd auf Insekten machen. Um dann ein paar Happen zu verdauen, genügt ihnen anscheinend ein verkürzter Darm.

Wie wandernde Fledermäuse ihre Vorräte unterwegs immer wieder aufstocken, haben Christian Voigt und Karin Sörgel vom Leibniz-Institut für Zoo- und Wildtierforschung in Berlin bei der Rauhhautfledermaus (*Pipistrellus nathusii*) beobachtet. Diese nahe Verwandte der hierzulande viel häufigeren Zwergfledermaus (*Pipistrellus pipistrellus*) tummelt sich im Sommer vor allem im Nordosten Europas. Im Herbst zieht es sie in wärmere Regionen. Ehe sie sich in eine Baumhöhle oder Mauerspalte verkriecht, um Winterschlaf zu halten, fliegt sie bis zu zweitausend Kilometer weit nach Südwesten.

Gemeinsam mit lettischen Kollegen fingen die Berliner Wissenschaftler einige Rauhhautfledermäuse auf der Durchreise. Noch bevor sich im Stoffwechsel bemerkbar machen konnte, dass die Tiere durch den Zugriff in Stress gerieten, wurde ihnen eine Atemprobe entnommen. Die meisten durften schon ein paar Minuten nachdem sie den Forschern ins Netz gegangen waren, ungehindert weiterfliegen. Was ihnen als Treibstoff diente, ließ sich am ausgeatmeten Kohlendioxid ableiten. Denn je nach Energiequelle, so hatten einschlägige Studien bereits ergeben, ist der Anteil des – nicht radioaktiven – Kohlenstoffisotops mit der Massenzahl 13 unterschiedlich hoch. Der Gehalt am Kohlenstoff-13 der analysierten Atemluft zeigte, dass die wandernden Fledermäuse ihren Energiebedarf nur etwa zur Hälfte aus ihren Fettreserven deckten. Der andere Teil stammte aus en passant erbeuteten Insekten („Proceedings of the Royal Society London“, doi: 10.1098/rspb.2012.0902). In der ersten Nachthälfte fiel der Beitrag der Insekten durchschnittlich größer aus als in der zweiten. Kein Wunder, schließlich flattern in lauer Abendluft viel mehr Mücken und Nachtfalter herum als in den kühlen Morgenstunden vor Sonnenaufgang. Wenn der Magen leer bleibt, müssen die Fledermäuse notgedrungen auf ihre Fettpolster zurückgreifen.

Dass sie unterwegs auch neuen Reiseproviant sammeln, belegen Fütterungsversuche mit Rauhhautfledermäusen, die einen Tag lang im Labor einquartiert waren. Wenn die Forscher ihnen dort einen Happen Aminosäuren gaben, fanden sich bald entsprechende Abbauprodukte in der Atemluft. Vom dem Kohlenstoff aus verfrähten Fettsäuren tauchte dagegen kaum etwas in Form von Kohlendioxid auf. Anscheinend wurde solche Kost umgehend als Reserve eingelagert. Auch wenn die Fledermäuse lebende Mehlwürmer verspeisen durften, verfuhr sie mit verschiedenartigen Nährstoffen unterschiedlich: Das verdaute Eiweiß schleusen sie unmittelbar in den Energiestoffwechsel ein. Den Fettanteil der Käferlarven verfrachteten sie zunächst offenbar ins Depot. Für Rauhhautfledermäuse auf dem Weg ins Winterquartier ist es zweifellos ratsam, ihr Fettdepot bei passender Gelegenheit aufzufüllen. Auch lange nach der Ankunft im Winterquartier zehren sie noch davon: Wenn die Fledermäuse wieder aus dem Winterschlaf erwachen, müssen sie fit sein für die Rückreise.

Das Elend der Muscheln

Plastik im Meer: 330 Tierarten schlucken den Müll

Die einen verwechseln es mit Nahrung. Zum Beispiel die im Mittelmeer verbreitete Falsche Karettschildkröte oder der Eissturmvogel in der Nordsee. Andere Organismen nehmen es indirekt auf: Sie fressen Tiere, die selbst voll damit sind. Nach Angaben des Umweltbundesamtes ist die Aufnahme von Plastik für etwa 330 Meerestierarten inzwischen sicher dokumentiert.

Die großen Plastikteile sind vor allem ein physisches Problem. Bei den Schildkröten blockieren sie das Verdauungssystem. Die Tiere verhungern oder verletzen sich und verbluten innerlich. Ähnlich die Eissturmvogel. Ihre Mägen sind irgendwann voll, sie verhungern. Mit den kleinen Partikeln, dem Mikroplastik, sieht es anders aus. Im Idealfall wird es einmal durch den Organismus geschleust und nach einer Zeit wieder ausgeschieden. Doch es kann auch anders kommen. Denn nicht immer halten sich Plastikpartikel an den vorgegebenen Pfad. Sie verlassen den Verdauungstrakt und dringen in das Gewebe der Tiere ein. Lars Gutow und Angela Köhler, beide Wissenschaftler am Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung in Bremerhaven, haben die Anfälligkeit einzelner Tierarten experimentell untersucht.

In regelmäßigen Abständen wurden Miesmuscheln und Meerasseln mit Plastikpartikeln gefüttert. Die physiologischen Reaktionen der Tiere hätten unterschiedlicher nicht sein können. Während die Miesmuschel mit heftigen Entzündungen reagierte, reagierten die Asseln überhaupt nicht. Miesmuscheln verfü-

gen über keinerlei Filter, Partikel davon abzuhalten, in den Körper einzudringen. Die Meerasseln hingegen haben offenbar ein ausgeklügeltes engmaschiges Filtersystem, das alles, was nicht Nahrung ist, vor der Verdauung abschöpft und nach draußen befördert. Der Grund liegt in der Art, sich zu ernähren. Meerasseln schaufeln alles in sich hinein, dessen sie habhaft werden können. Die Sortierung findet erst im Körper statt. Die Miesmuschel dagegen ist ein Filtrierer, sie zieht ihre Nährstoffe direkt aus dem Wasser. Evolutionsbiologisch war die Miesmuschel die längste Zeit nicht darauf angewiesen, Schadstoffe wie Plastik aus dem Wasser zu filtern.

Die Filteranlage der Meerassel ist aber nur scheinbar ein evolutionärer Glücksfall. Denn auch wenn mit einem Mikrometer die Maschen so gut wie alles aufhalten, was ihr schaden könnte, gegen den Zerfall von Plastik sind auch sie machtlos. Denn sobald Plastik die Winzigkeit von Nanoteilchen erreicht hat, also in Millionstel Millimeter gemessen wird, kann sie nichts mehr aufhalten. „Partikel in dieser Größenordnung können sogar die Zellmembran passieren und in die Zellen eindringen. „Was sie dort anstellen, ist noch überhaupt nicht erforscht“, sagt Gutow. Es ist die große Zukunftsfrage der Plastikforschung: Was passiert, wenn die Millionen Tonnen Plastik zu unsichtbaren Nanoteilchen zerfallen sind?

MAX MÖNCH
Mehr über die Recherche-Ergebnisse zur Plastikverschmutzung der Meere finden Sie in unserem Internet-Fokus: „Meere & Ozeane“ unter www.faz.net/wissen, der in Kooperation mit Arte/ZDF entwickelt wurde.

Diones verborgener Ozean

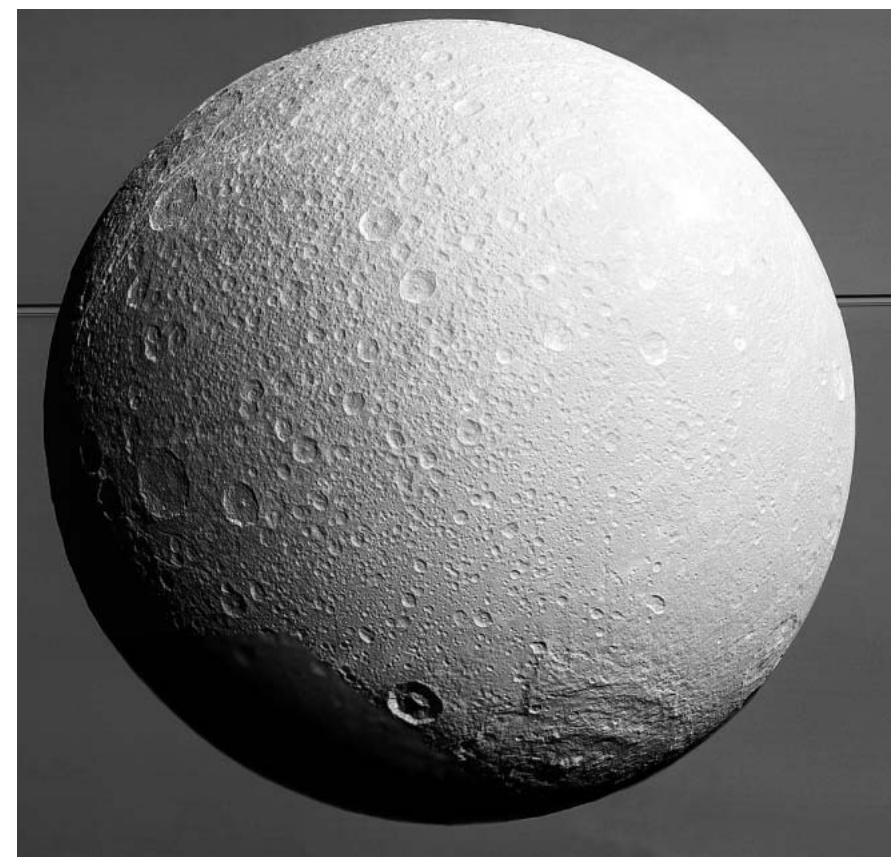
Existiert ein Wasserreservoir auf dem Saturnmond?

Saturns Mond Dione enthält womöglich noch heute unter seiner Eiskruste einen globalen Ozean aus flüssigem Wasser. Zu diesem Schluss sind Forscher um Mikael Beuthe von der Königlichen Sternwarte von Belgien gekommen. Sie untersuchten die von der amerikanischen Raumsonde Cassini bei mehreren Vorbeifügen zur Erde gefunkten Messungen des Gravitationsfeldes des Trabanten. Diese ließen sich am besten erklären, wenn man von einem mehrere zehn Kilometer tiefen Ozean tief unter der Oberfläche des etwa 1100 Kilometer großen Himmelskörpers ausgeht, erklären Beuthe und seine Kollegen in den „Geophysical Research Letters“ (doi: 10.1002/2016GL070650).

Die Raumsonde Cassini, die seit Juli 2004 im Saturnsystem kreist, hat Dione zwischen den Jahren 2005 und 2015 insgesamt viermal passiert. Schon früher entdeckten Forscher in den gesammelten Beobachtungsdaten Anzeichen für einen verborgenen Ozean. Im Jahr 2013 etwa fand man, dass eine 800 Kilometer lange Bergkette namens Janiculum Dorsa die Kruste des Mondes um bis zu einem halben Kilometer gesenkt hat. Die hauptsächlich aus Wassereis bestehende Kruste müsste bei der Entstehung des

Gebirges also warm gewesen sein, so die Schlussfolgerung damals. Als Wärmequelle kam ein Ozean im Untergrund in Frage.

Die jüngsten Ergebnisse von Beuthe und seinen Kollegen zeigen nun, dass dieses verborgene Meer offenbar bis heute vorhanden ist. Damit bietet es ein potentes Habitat für mikrobielles Leben. Auch auf anderen Monden des Saturns, einigen Jupitermonden und dem Zwergplaneten Pluto vermutet man unter ihren Oberflächen verborgene Wasserreservoirs. Ob es dort wirklich Leben gibt, können wohl erst zukünftige Raumsonden zeigen, die in der Lage sind, auf den betreffenden Himmelskörpern zu landen und durch Bohrungen zu dem flüssigen Wasser vorzudringen. Solche Missionen werden derzeit aber nicht ernsthaft geplant. Gerade bei Dione würde ein solches Unterfangen schwierig werden, denn die Kruste des Mondes ist besonders dick. Auf der rund minus 190 Grad kalten Oberfläche selbst kann Wasser in flüssiger Form nicht existieren. Bessere Chancen bietet der Nachbarmond Enceladus: Dessen Eiskruste ist so dünn, dass an seinem Südpol Wasser aus mehreren Geysiren ins Weltall schießt. JAN HATTENBACH



Im Hintergrund von Dione ist ein Ring des Saturn zu erkennen.

Foto Nasa, JPL-Caltech

Grönlands Eispanzer auf dem Rückzug

Warme Meeresströmungen im Westen der Insel fördern die große Sommerschmelze

Fotos aus den polaren Gebieten der Erde sind oft irreführend. Meist zeigen sie herrlichen Sonnenschein und einen klaren, tiefblauen Himmel, der sich wunderbar vom glitzernden polaren Eis abhebt. Gemeint ist hier nicht, dass solche Bilder nachträglich mit einer Software geschönt worden wären. Vielmehr sind in den hohen geographischen Breiten solche sonnigen Tage ohne Bewölkung äußerst selten. Stattdessen ist das polare Wetter während des größten Teils des Jahres meist miserabel mit tiefhängenden Wolken, Niederschlag und peifendem Wind oder dichtem Nebel. An solchen Tagen – und das sind die meisten – bleiben die Fotoapparate meist wohlverpackt im Rucksack verstaubt.

Deshalb ist das hier gezeigte Satellitenbild von Grönland etwas ganz Besonderes. Abgesehen von ihrem äußersten Nordwesten (oben links am Bildrand), ist die mit mehr als 2,1 Millionen Quadratkilometern größte Insel der Erde vollkommen wolkenfrei. Das Bild wurde bereits am 26. Juli dieses Jahres aufgenommen, als der amerikanische Forschungssatellit



Ein wolkenloser Himmel gibt den Blick frei auf die größte Insel der Erde. Foto Nasa

„Aqua“ die Insel überflog. Es ist aber erst jetzt von der amerikanischen Raumfahrtbehörde Nasa veröffentlicht worden.

Auffällig ist unter anderem die unterschiedliche Verteilung des Eises an den beiden Küsten Grönlands. Während das Eis auf der gesamten Ostseite der Insel bis fast an das Nordpolarmeer reicht, hat es sich im Westen der Insel erheblich weiter von der Küste zurückgezogen. Der Eisrand befindet sich an vielen Stellen mehr als hundert Kilometer von der Küste entfernt. Die Ursache dieser Asymmetrie liegt hauptsächlich in den großräumigen Meeresströmungen. Auf der Ostseite beherrscht der Ostgrönlandstrom das Wettergeschehen. Von Norden kommend, bringt er eiskaltes Wasser vom Arktischen Ozean in den nördlichen Nordatlantik.

Der westliche Küstenbereich Grönlands wird dagegen vom Westgrönlandstrom beeinflusst, der von Süden aus der Labrador-See kommend, durch die Davisstraße bis in die Baffin Bay fließt. Auf unserem Bild ist die Davisstraße, die Grönland vom kanadischen Festland trennt, mit einem Wolkenband verhangen. Der

Westgrönlandstrom ist deutlich wärmer als sein östliches Gegenstück, weil er unter anderem wärmeres, aus den nordamerikanischen Küstengewässern stammendes Wasser mit sich führt. Wegen dieses wärmeren Stromes sind die Lufttemperaturen auf der Westseite Grönlands deutlich höher als im Osten. Als Folge kann im Sommer im Westen mehr Eis als im Osten schmelzen.

Wer genau hinschaut, wird auf dem Satellitenbild auch etwas Grün entdecken. Es befindet sich allerdings nicht auf der nach dieser Farbe benannten Insel selbst, sondern vielmehr in den Küstengewässern wie in der Labrador-See im Südwesten sowie unmittelbar vor der südlichen Ostküste. Dabei handelt es sich um die sogenannte „Blüte“ des Phytoplanktons. Mit dem Schmelzwasser aus den riesigen Gletschern Grönlands gelangen nämlich viele Nährstoffe in das Meerwasser. Sie werden dort vom Phytoplankton aufgenommen, das sich dabei rasch vermehrt. Da diese mikroskopischen Algen, Flagellaten und Cyanobakterien Chlorophyll enthalten, erscheint das Meerwasser grün. HORST RADEMACHER

Der Durst vor dem Schlafengehen

Unsere biologische Uhr gibt nicht nur den Takt des Wach-Schlaf-Rhythmus an. Sie stimuliert offenbar auch das Durstgefühl in der Zeit vor dem Zubettgehen. Davon sind Forscher von der McGill University in Montreal überzeugt. Den Wissenschaftlern war aufgefallen, dass Mäuse kurz vor dem Schlafen viel Wasser tranken, obwohl für das Verhalten kein physiologischer Grund wie eine Dehydratation vorlag. Eine mögliche Ursache sei, so die Forscher, dass der Körper der Mäuse automatisch dafür sorgt, dass vor langen Schlafphasen genug Wasser aufgenommen wird. Was aber löst das zeitgesteuerte Durstgefühl aus? Hirnforscher sind davon überzeugt, dass das Hirn ei-

nen Hydratationssensor mit Durstneuronen beherbergt. Die Wissenschaftler um Claire Gizowski glauben nun, dass der sogenannte suprachiasmatische Kern (SCN) – ein erbsengroßes Gebilde im Hirn, das die biologische Uhr regelt – mit den Durstneuronen kommuniziert. Und zwar über Vasopressin, ein vom SCN produziertes Peptidhormon. In ihren Versuchen haben die Forscher, genetisch veränderte Mäuse untersucht, die Vasopressin mit einem lichtaktiven Molekül erzeugen. Durch optische Anregung haben sie zeigen können, dass die Peptidhormone tatsächlich Durstneuronen stimulieren und somit ein Durstgefühl auslösten („Nature“, doi: 10.1038/nature 19756). Die Forscher glauben, dass dieser Mechanismus auch bei Menschen eine Rolle spielt, wenn sie vor dem Schlafengehen nochmals einen großen Schluck trinken. mica