

# Schön traurig

Negative Gefühle genießen – eine neue Studie zeigt, warum uns das in Film und Kunst gelingt

Wir nehmen Kunstwerke, die negative Emotionen hervorrufen, oft als intensiver, interessanter und sogar als schöner wahr als ein reines Bad in positiven Gefühlen. Forscher um Winfried



Selbst gewählter Schmerz: Wer ins Kino geht, will auch negative Gefühle wie Trauer, Angst oder Wut erleben.

Menninghaus, Direktor am Max-Planck-Institut für empirische Ästhetik, haben ein Modell entwickelt, das dieses scheinbare Paradox erklärt. Dazu haben die Wissenschaftler neue Erkenntnisse der Emotionspsychologie mit grundlegenden Prinzipien ästhetischer Wahrnehmung kombiniert. Das Modell enthält zwei Faktoren. Erstens ordnen Menschen die Wahrnehmung von Kunstwerken in eine andere Kategorie von Erlebnissen ein als die der alltäglichen Realität. Diese kognitive Distanzierung schafft eine Art Sicherheitsraum, in dem wir negative Emotionen erleben können. Zweitens wirkt Kunst, die uns in Wechselspielen positiver und negativer Gefühle verwickelt, abwechslungsreicher. Die positiv erlebte narrative Spannung ist nicht ohne Gefühle von Unsicherheit oder Angst um die Protagonisten zu haben. Dazu kommt, dass die ästhetische Kraft der Darstellung (zum Beispiel die Schönheit von Musik, Sprache oder Farben) negative Emotionen sowohl intensiver als auch positiver erlebbar macht. Und schließlich lässt sich bei der Suche nach einer Bedeutung sogar in negativen Gefühlen etwas Positives entdecken. ([www.mpg.de/11810979](http://www.mpg.de/11810979))

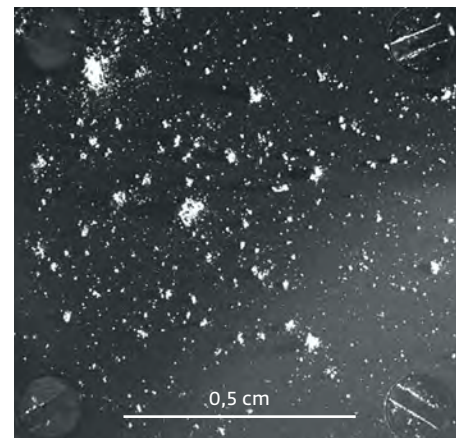
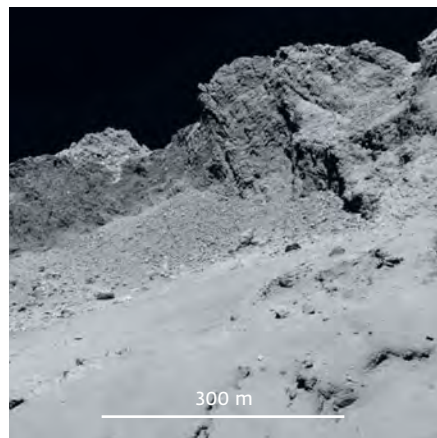
# Das Rezept für einen Kometen

Forscher analysieren, welche chemischen Elemente in 67P/Churyumov-Gerasimenko stecken

Der Staub, den der Komet 67P/Churyumov-Gerasimenko ins All spuckt, besteht etwa zur Hälfte aus organischen Molekülen. Zudem gehört das Material zu den ursprünglichsten und kohlenstoffreichsten Stoffen, die Astronomen im Sonnensystem kennen. Zu diesen Ergebnissen kommt ein Team, das mit einem Instrument der Raumsonde *Rosetta* den Kometen untersucht hat. In ihrer Studie analysieren die Wissenschaftler, unter anderem aus dem Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung, so umfassend wie nie zuvor, aus welchen chemischen Elementen sich Kometenstaub zusammensetzt. Dazu sammelten und analysierten sie über einen Zeitraum von etwa zwei Jahren mehr als 35 000 Staubkörnern unterschiedlicher Größe – von 0,01 bis 1 Millimeter Durchmesser. Die Partikel

wurden mit einem hochenergetischen Strahl aus Indiumionen beschossen und die auf diese Weise ausgelösten Sekundärteilchen im Massenspektrometer gewogen und untersucht. Das Er-

gebnis: Organische Moleküle machen ungefähr 45 Prozent des Gewichts des festen Materials aus; den anderen Teil liefern mineralische Stoffe, hauptsächlich Silikate. ([www.mpg.de/11810337](http://www.mpg.de/11810337))



Blick auf eine fremde Welt: Wenn der Komet 67P/Churyumov-Gerasimenko sich der Sonne nähert, verdampfen gefrorene Gase unterhalb der Oberfläche und reißen winzige Staubpartikel mit sich (links). Diese können mithilfe des COSIMA-Instruments an Bord der Raumsonde *Rosetta* eingefangen und untersucht werden. Als Staubsammler dienen solche wenige Zentimeter großen Plättchen. An ihnen bleiben Teilchen mit einer Größe von bis zu 100 Mikrometern haften (rechts).

# Bakterien statt Labortiere

Eine neue Methode könnte den Bedarf an Versuchstieren zur Herstellung von Antikörpern verringern

Die Antikörper des Immunsystems schützen uns Menschen und andere Wirbeltiere normalerweise vor Krankheitserregern. Sie sind aber auch unverzichtbare Werkzeuge für die Forschung, zum Beispiel für die Mikroskopie. Gewonnen werden sie aus dem Blut von Eseln, Ziegen oder Kaninchen. Den Tieren wird dabei eine winzige Menge einer Substanz injiziert, die Forscher untersuchen wollen. Die Tiere bilden gegen den Stoff dann Antikörper. Weltweit nutzen Tausende Forschungslabors diese Abwehrstoffe, entsprechend hoch ist der Bedarf an Tieren. Forscher am Max-Planck-Institut für biophysikalische Chemie in Göttingen haben jetzt eine Alternative entwickelt, mit der sich die Zahl benötigter Tiere für die Antikörperherstellung künftig drastisch reduzieren lässt: sogenannte Nanobodies. Dies sind Fragmente besonders einfach aufgebauter Mini-Antikörper aus dem Blut von Kamelen und ihren Verwandten, den Alpakas. Die Göttinger Wissenschaftler können diese Nanobodies mithilfe von Bakterien in beliebiger Menge herstellen. Mit herkömmlichen Antikörpern ist dies wegen deren komplexer Struktur nicht möglich. (www.mpg.de/11867753)



Die aus den Anden stammenden Alpakas haben besondere Abwehrstoffe im Blut: Ihre Antikörper sind viel kleiner und einfacher aufgebaut als die der meisten anderen Säugetiere. Sie können deshalb mithilfe von Bakterien in großer Menge produziert werden.

## Rache ist süß

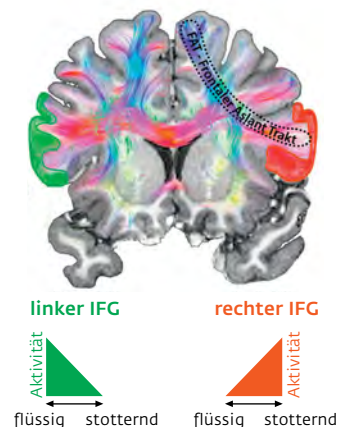
Für das Zusammenleben in einer Gemeinschaft ist es unerlässlich, dass die Mitglieder miteinander kooperieren. Um die Gruppe zusammenzuhalten, wird unkooperatives Verhalten oft bestraft. Wissenschaftler der Max-Planck-Institute für evolutionäre Anthropologie und für Kognitions- und Neurowissenschaften in Leipzig haben nun herausgefunden, dass bereits sechsjährige Kinder unsoziales Handeln rügen. Um das Verhalten der Kinder zu untersuchen, veranstalteten die Forscher ein Puppentheater: Eine freundliche Puppe gab den Kindern ihr Lieblingsspielzeug, eine böartige behielt es dagegen für sich, eine weitere übernahm die strafende Rolle. Im Falle der gutgesinnten Figuren wollten die Kinder in der Regel nicht dabei zusehen, wie diese leidet. Wurde dagegen der Bösewicht bestraft, gaben viele Sechsjährige sogar Geld dafür aus, seine Bestrafung miterleben – nicht jedoch die vier- und fünfjährigen Zuschauer. Ein ähnliches Verhalten beobachteten die Wissenschaftler auch bei Schimpansen im Zoo. Ob die Kinder oder die Schimpansen beim Betrachten der Bestrafung so etwas wie Schadenfreude empfinden, wissen die Forscher allerdings noch nicht. (www.mpg.de/11864829)

## Stoppsignale im Gehirn

Ein überaktives Netzwerk im rechten Stirnhirn hemmt flüssiges Sprechen

Etwa jeder hundertste Erwachsene in Deutschland stottert. Aus älteren Studien weiß man, dass ein Ungleichgewicht zwischen den Aktivitäten von linker und rechter Hirnhälfte den Sprachfluss hemmt: Eine Region im linken Stirnhirn ist zu schwach aktiviert, die entsprechende Region in der rechten Hirnhälfte dagegen zu stark. Wissenschaftler des Max-Planck-Instituts für Kognitions- und Neurowissenschaften in Leipzig haben nun mittels Magnetresonanztomografie (MRT) herausgefunden, dass eine Überaktivität der rechten unteren Windung des Stirnhirns der eigentliche Grund für das Stottern ist. Bei Menschen mit Sprechproblemen ist diese Region über eine ungewöhnlich stark ausgebildete Faserverbindung mit anderen Hirngebieten verknüpft. Dieser Teil des Stirnhirns

ist bei allen Menschen immer dann besonders aktiv, wenn Sprechbewegungen gestoppt werden. Eine übermäßige Hemmung der für das Sprechen erforderlichen Motorik könnte also die eigentliche Ursache des Stotterns sein. (www.mpg.de/11854025)

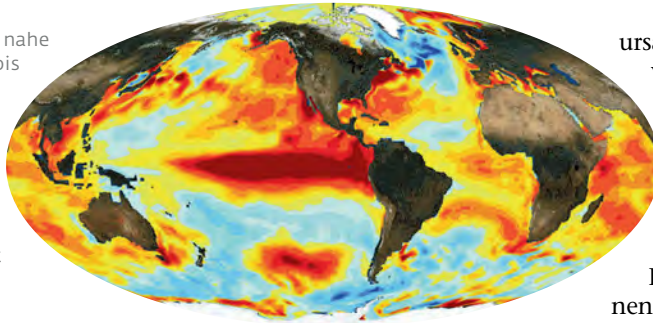


Normalerweise stoppt der rechte Gyrus frontalis inferior (IFG) im Stirnhirn den Redefluss, der linke unterstützt ihn. Beim Stottern sind beide Areale aus dem Gleichgewicht geraten: Der rechte IFG ist überaktiv, weil Faserverbindungen wie der Frontale Aslant-Trakt stärker ausgebildet sind. Das hemmt den linken IFG und damit das flüssige Sprechen.

# El Niño verstärkt den Treibhauseffekt

Durch das Klimaphänomen erhöht sich der Kohlendioxidgehalt der Atmosphäre

El Niño bringt im Pazifik nahe dem Äquator alle zwei bis sieben Jahre Wassertemperaturen und Meeresströmungen durcheinander. Zuletzt hat das Klimaphänomen im Dezember 2015 die Wassertemperaturen im östlichen und zentralen Pazifik deutlich erhöht (rot).



Das Klimaphänomen El Niño heizt den Treibhauseffekt stärker an als bislang angenommen. Wie ein internationales Team, an dem auch Forscher der Max-Planck-Institute für Chemie in Mainz und für Biogeochemie in Jena beteiligt waren, herausgefunden hat, stieg der Gehalt an Kohlendioxid in der Atmosphäre durch El Niño 2015/16 um 8,8 Milliarden Tonnen. Das entspricht etwa einem Viertel der weltweiten Kohlendioxidemissionen, die jährlich durch menschliche Aktivitäten ver-

ursacht werden. Bislang gingen Geoforscher davon aus, dass das Klimaereignis 1,2 Milliarden Tonnen Kohlendioxid freisetzt, weil es in diesen Jahren dürrebedingt zu mehr Torf-, Busch- und Waldbränden kommt. Die deutlich größere Menge, die nun aus Satellitendaten ermittelt wurde, ist offenbar vor allem darauf zurückzuführen, dass Pflanzen in von El Niño beeinflussten Regionen deutlich weniger Kohlendioxid aufnehmen. Allerdings gehen die Forscher davon aus, dass dieser Zuwachs an Treibhausgasen durch eine verringerte Biomasseproduktion – anders als die menschengemachten Emissionen und die Kohlendioxid-Zunahme durch Feuer – nach El-Niño-Jahren rückgängig gemacht wird, weil Pflanzen verstärkt Kohlendioxid aufnehmen. Menschliche Aktivitäten dürften das Problem jedoch verschärfen. So geraten vor allem Torffeuer, die absichtlich gelegt werden, in durch El Niño ausgetrockneten Regionen leichter außer Kontrolle.

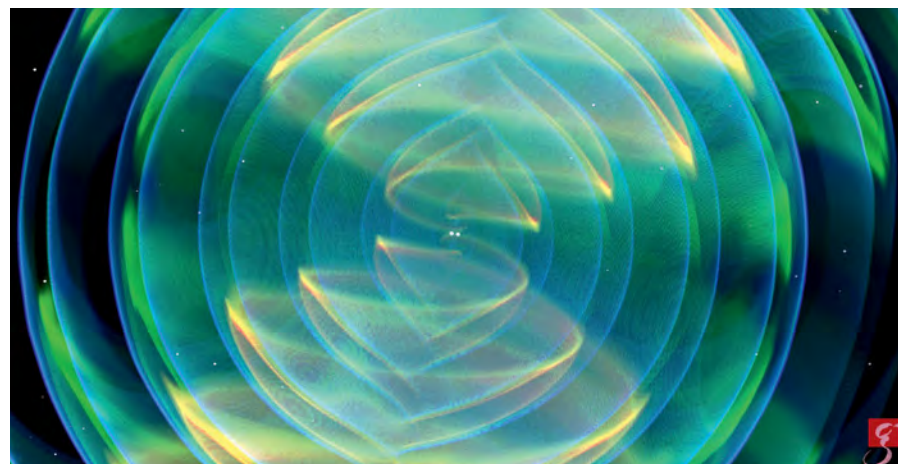
## Gravitationswellen von Neutronensternen

Das kosmische Ereignis wurde außerdem im sichtbaren Licht beobachtet und liefert eine Erklärung für die Gammablitz

Zum ersten Mal haben Forscher die Gravitationswellen von zwei verschmelzenden Neutronensternen gemessen und gleichzeitig das Licht in mehreren Bereichen des elektromagnetischen Spektrums registriert. Diese Entdeckung am

17. August 2017 bestätigt, dass die Kollision von Neutronensternen zu einem kurzen Gammastrahlenausbruch führt – was Theoretiker schon lange vermutet hatten. Zudem ist die folgende Explosion, eine sogenannte Kilonova, der Ur-

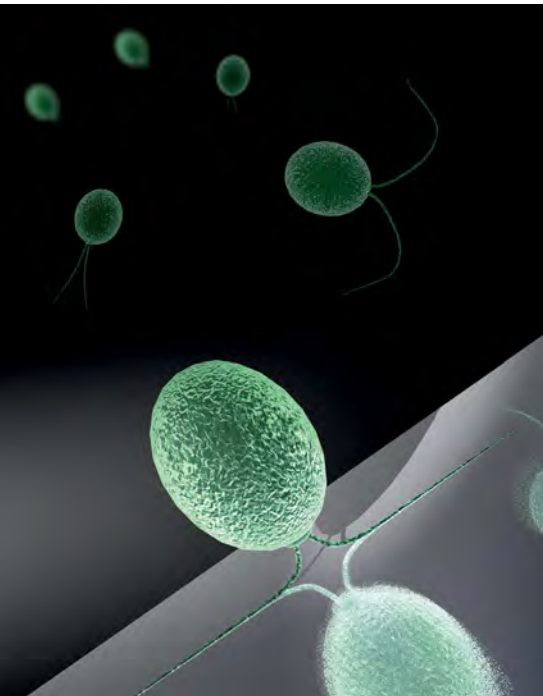
sprung schwerer Elemente wie Gold, Platin oder Blei. Die beiden LIGO-Detektoren in Hanford (US-Bundesstaat Washington) und Livingston (Louisiana) beobachteten das GW170817 genannte Signal für rund 100 Sekunden, die gleichzeitigen Messungen des Virgo-Detektors in der Toskana verbesserten die Lokalisierung am Firmament erheblich. Die Satelliten *Fermi* und *Integral* meldeten unterdessen einen Gammastrahlenblitz aus ungefähr derselben Richtung, aus der das Gravitationswellensignal kam. Optische Teleskope schließlich entdeckten einen Lichtpunkt, der sich in der rund 130 Millionen Lichtjahre entfernten, linsenförmigen Galaxie NGC 4993 befindet – offenbar der Ursprungsort der kosmischen Kollision. ([www.mpg.de/11555828](http://www.mpg.de/11555828))



Tanz der Schwergewichte: Zwei Neutronensterne umkreisen einander auf immer engeren Bahnen. Dabei werden Gravitationswellen ausgesendet.

# Licht macht Algen klebrig

Die Härchen von Chlamydomonas-Einzellern haften nur im Hellen



Das Licht der Sonne ermöglicht Grünalgen mehr als nur die Photosynthese, mit der sie Zucker aufbauen. Wie Physiker am Göttinger Max-Planck-Institut für Dynamik und Selbstorganisation jetzt erstmals beobachtet haben, macht blaues Licht auch die Flagellen der Einzeller klebrig. Mit diesen feinen Härchen schwimmen die Mikroorganismen im Dunkeln durch ihren wässrigen Lebensraum. Die lichtgesteuerte Haftung ermöglicht es ihnen aber, sich an Oberflächen festzuhalten, an denen sich die Lichtverhältnisse für ihre Nährstoffproduktion eignen. Die Erkenntnisse könnten helfen, den Lichtschalter in Algen für die Produktion von Biokraftstoffen gentechnisch lahmzulegen. So ließe sich verhindern, dass sich die Mikroorganismen am Glas entsprechender Reaktoren absetzen und deren Produktivität senken. ([www.mpg.de/11489005](http://www.mpg.de/11489005))

In blauem Licht ordnen sich die Proteine in den Flagellen von Grünalgen um, sodass klebrige Eiweißmoleküle nach außen gelangen und die Härchen an Oberflächen haften.

## Flug in den Süden lohnt sich

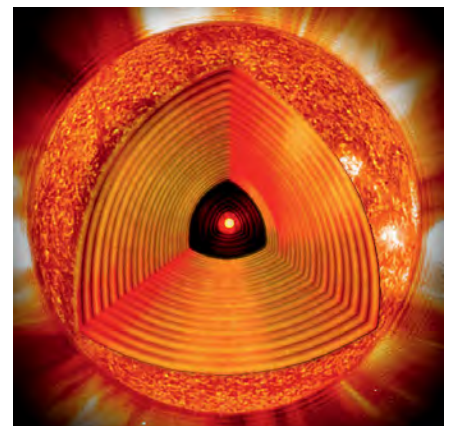
Etwa die Hälfte der bei uns lebenden Singvögel bricht im Herbst in Richtung Süden auf – dort ist es wärmer, und es gibt ausreichend Nahrung. Der Flug ist jedoch entbehrungsreich und gefährlich. Lohnt sich der Aufwand für Zugvögel also überhaupt? An Amseln lässt sich diese Frage gut studieren, denn nur ein Teil der Vögel in Mitteleuropa fliegt im Herbst in den Süden, die übrigen trotz der Kälte vor Ort. Forscher des Max-Planck-Instituts für Ornithologie in Radolfzell haben deshalb mehrere Jahre lang fast 500 Amseln am Bodensee beringt oder mit kleinen Peilsendern ausgestattet und im Frühling nach beringten Rückkehrern aus dem Süden gesucht. Automatische Registrierungsanlagen im Untersuchungsgebiet zeigten an, ob ein Vogel mit Peilsender noch am Leben war. Resultat: Der Winter ist die kritischste Phase im Leben einer Amsel. In dieser Zeit sterben die meisten von ihnen – ob sie in den Süden ziehen oder hierbleiben. Die Zugvögel überleben die kalte Jahreszeit aber deutlich häufiger als die Tiere, die in Mitteleuropa bleiben. ([www.mpg.de/11776729](http://www.mpg.de/11776729))

## Tiefer Blick ins Innere der Sonnen

Forscher ermitteln aus den Schwingungen ferner Sterne deren Struktur

Eigentlich scheint es unmöglich, in einen Stern hineinzuschauen. Dem Team von Earl Bellinger und Saskia Hekker vom Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung ist dies jetzt erstmals gelungen. Dazu nutzten die Forscher die Methode der Asteroseismologie, das heißt, sie beobachteten anhand von Helligkeitsschwankungen die Schwingungen der Sterne, die sich wie Schallwellen in deren Innern ausbreiten. Indem sie die Schwingungsfrequenzen analysierten, bestimmten die Wissenschaftler die Struktur der 70 Lichtjahre von der Erde entfernten Doppelsterne 16 Cygni A und B. Bellinger und Hekker passten verschiedene Sternentwick-

lungsmodelle so lange an, bis eines am besten dem gemessenen Frequenzspektrum entsprach. Schließlich zeigte das sogenannte inverse Verfahren, dass die Schallgeschwindigkeit in den Zentralbereichen der beiden Sterne größer ist, als von den Modellen vorhergesagt. Bei 16 Cygni B lassen sich die Unterschiede durch eine Korrektur der Masse und Größe des Sterns ausgleichen. Für 16 Cygni A war es allerdings nicht möglich, ein Modell zu finden, welches die Beobachtungen erklärt: In den derzeitigen Theorien zur Sternentwicklung scheinen manche physikalischen Phänomene noch nicht berücksichtigt zu sein. ([www.mpg.de/11869082](http://www.mpg.de/11869082))



Bis zum Kern: Künstlerische Darstellung des Sterninnern, das sich durch Oszillationen an der Oberfläche erforschen lässt.

# An die Leine!

Max-Planck-Forscher entdecken die bisher ältesten Abbildungen angeleinter Hunde

Der Hund gilt als der älteste Begleiter des Menschen. Welche Rolle die Tiere in der Frühzeit der Menschheit spielten, liegt jedoch völlig im Dunklen. Bei Forschungsarbeiten in Saudi-Arabien sind Wissenschaftler von den Max-Planck-Instituten für Menschheitsgeschichte und für evolutionäre Anthropologie auf Abbildungen gestoßen, die erstmals einen Einblick in das Leben mit Hunden zur damaligen Zeit geben. Die Felsgravuren sind schätzungsweise 8000 bis 9000 Jahre alt. Zu sehen sind Jagdszenen: Männer, die mit Pfeil und Bogen auf Gazellen und Antilopen schießen, Löwen und Leoparden, die von Hunden in Schach gehalten werden, und Hunde, die kleineres Wild mit Bissen erlegen. Auffällig ist, dass einzelne Hunde angeleint sind. Darstellungen von Leinen kannte man bisher erst aus altägyptischen Bildern, die deutlich jünger sind. Möglicherweise wollten die Menschen sicherstellen, dass wertvolle Hunde, die besonders gut Witterung aufnehmen konnten, nicht verletzt werden. Oder sie wollten Hunde in ihrer Nähe behalten, um sich selbst zu schützen. Vielleicht nahmen sie auch junge Hunde an die Leine, die sie erst abrichten wollten. ([www.mpg.de/11797828](http://www.mpg.de/11797828))



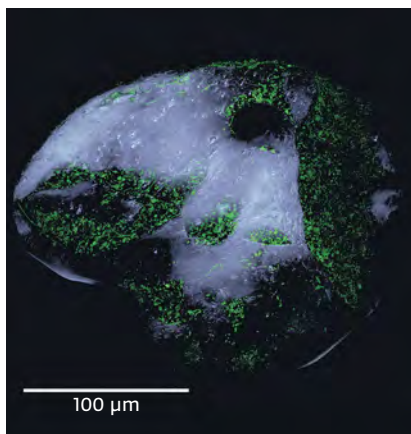
Große Jagdszene: Deutlich sind die Leinen zu erkennen, die zwei der Hunde mit dem Jäger auf der rechten Seite verbinden. Um die Bilder deutlicher zu machen, wurden die gravierten Stellen weiß hervorgehoben.

## Sand ist ein Paradies für Bakterien

Auf einem einzigen Körnchen leben bis zu 100 000 Mikroorganismen

Wer am Strand eine Sandburg errichtet, der verbaut auch Milliarden von Bakterien: Laut einer Untersuchung von Forschern des Bremer Max-Planck-Instituts für marine

Mikrobiologie leben auf jedem einzelnen Körnchen zwischen 10 000 und 100 000 Mikroorganismen. Sie tummeln sich fast ausschließlich in geschützten Rissen und Kuhlen der Körner und meiden exponierte Flächen. Mit mehreren Tausend Arten ist auch die Vielfalt der Bakterien beeindruckend. Zusammen wirken der Sand und seine Bewohner wie ein reinigender Filter, der im Meerwasser gelöste Substanzen abbaut. Wichtig für diese Filterfunktion ist die Verteilung der Bakterienarten: Mehr als die Hälfte kommt auf allen Körnern vor. Jedes Korn hat folglich die gleiche Stammbesetzung. Dank der Artenvielfalt reinigt Sand das Meerwasser selbst unter unterschiedlichen Umweltbedingungen. ([www.mpg.de/11827652](http://www.mpg.de/11827652))



Ein Sandkorn unter dem Fluoreszenzmikroskop: Die grünen Pünktchen sind gefärbte Bakterien, die sich vor allem in Vertiefungen auf der Oberfläche angesiedelt haben.

## Weniger Dünger reduziert den Feinstaub

Für Feinstaub gibt es viele Quellen – nicht nur den Verkehr, der dafür immer wieder ganz besonders viel Aufmerksamkeit erfährt. Die Menge an gesundheitsschädlichem Feinstaub könnte auch erheblich sinken, wenn durch reduzierte Düngung und Viehzucht weniger Ammoniak freigesetzt würde. Das zeigen Berechnungen von Forschern des Max-Planck-Instituts für Chemie in Mainz. So nähme die Belastung mit besonders gesundheitsschädlichen Partikeln unter 2,5 Mikrometern Durchmesser in Europa um 11 Prozent, in den USA um 19 Prozent und in China sogar um 34 Prozent ab, wenn der Ammoniakausstoß weltweit um 50 Prozent reduziert würde. Da sich Ammoniak und der daraus entstehende Feinstaub großräumig ausbreiten, würde sich das auch in besonders belasteten Städten auswirken – mit großem Effekt für die Gesundheit: Den Rechnungen der Mainzer Forscher zufolge ließe sich durch eine 50-prozentige Verringerung der landwirtschaftlichen Ammoniakemissionen pro Jahr weltweit 250 000 – das entspricht 8 Prozent – der Todesfälle vermeiden, die auf Luftverschmutzung zurückzuführen sind. ([www.mpg.de/11663357](http://www.mpg.de/11663357))

# Mehr soziale Kompetenz, weniger Stress

Auch Erwachsene können Fähigkeiten wie Empathie trainieren – und selbst davon profitieren

Das menschliche Gehirn kann sich ein Leben lang verändern und an Neues anpassen. Bisher war unklar, inwieweit das auch für Gehirnnareale gilt, die unser Sozialverhalten steuern. Um dieser Frage nachzugehen, entwickelte ein Forscherteam um Tania Singer, Direktorin am Max-Planck-Institut für Kognitions- und Neurowissenschaften, spezielle Meditationstechniken, die soziale Fähigkeiten trainieren. Eine Methode stellte sozio-affektive Fähigkeiten wie Mitgefühl, Dankbarkeit und den Umgang mit schwierigen Gefühlen in den Mittelpunkt. Dabei übten jeweils zwei Personen aus einer größeren Gruppe, sich über Gefühle auszutauschen. Eine zweite Technik zielte durch Partnerübungen und klassische Meditation auf den sozio-kognitiven Bereich, insbesondere die Fähigkeit, die Perspektive anderer zu übernehmen. Zum Vergleich gab es ein drittes Modul mit konventionellem Achtsamkeitstraining. Tatsächlich stellten die Wissenschaftler bei allen Versuchspersonen fest, dass die jeweils trainierten Hirnregionen größer werden und sich die spezifischen sozialen Fähig-

keiten oder die Aufmerksamkeit verbessern. Darüber hinaus stärkten die beiden sozial ausgerichteten Methoden messbar die Stressresistenz der Teilneh-

mer. Das Achtsamkeitstraining, das bei Burn-out-Patienten häufig zum Einsatz kommt, verfehlte dagegen diese Wirkung. ([www.mpg.de/11496811](http://www.mpg.de/11496811))



Stressfrei: Ein Ziel von Meditation ist, die Widrigkeiten des Lebens zu vergessen. Sozialer Stress lässt sich am besten mithilfe spezieller Meditationsübungen zu zweit abbauen.

## Fasern, aus Schleim gesponnen

Nanopartikel aus dem Sekret von Stummelfüßern bilden unter der Wirkung von Scherkräften steife Polymerfäden, die in Wasser recycelt werden können



Die Natur ist für Materialwissenschaftler immer wieder ein guter Lehrmeister. So könnten Chemiker nach dem Vorbild von Stummelfüßern wiederverwertbare Polymere entwickeln. Die wurmartigen Kleintiere schießen mit einem klebrigen Sekret auf Beutetiere und Fressfeinde. Sobald sich das Opfer bewegt und zu entkommen versucht, versteift sich das Sekret zu festen Fäden. Wie Wissenschaftler unter anderem des

Raffinierte Jagdwaffe: Stummelfüßer, die wie Würmer mit kurzen Beinchen aussehen, fangen ihre Beute mit einem Sekret. Dieses bildet Polymerfasern, sobald sich das Opfer bewegt.

Max-Planck-Instituts für Kolloid- und Grenzflächenforschung nun festgestellt haben, enthält der Schleim Kügelchen von jeweils 75 Nanometer Durchmesser aus zusammengeknüllten Proteinfäden und Fettmolekülen. Unter Krafterwirkung entwirren sich die Proteine und bilden lang gezogene Fasern, um die sich die Fettmoleküle legen. Diese Form behalten die Biomoleküle, wenn sie trocknen. Im Wasser lösen sich die Fasern aber wieder auf und formen die gleichen Nanopartikel, welche im ursprünglichen Sekret enthalten sind. ([www.mpg.de/11644911](http://www.mpg.de/11644911))