

# NOBELPREIS FÜR CHEMIE

---



## BENJAMIN LIST

Linke oder rechte Hand? Das macht auch in der Chemie einen großen Unterschied. Viele Moleküle, vor allem solche, die in biologischen Prozessen mitmischen, existieren in zwei Varianten, deren Bestandteile wie die Finger unserer Hände spiegelbildlich angeordnet sind.

8

Bei chemischen Reaktionen entstehen die beiden Varianten gewöhnlich zu gleichen Anteilen, in der Biologie wirken sie aber meist sehr unterschiedlich. Das spielt nicht zuletzt bei medizinischen Wirkstoffen eine Rolle. Benjamin List, Direktor am Max-Planck-Institut für Kohlenforschung in Mülheim an der Ruhr, und David W. C. MacMillan von der Universität Princeton haben im Jahr 2000 unabhängig voneinander festgestellt, dass auch relativ kleine, oft kostengünstige und ungiftige organische Moleküle eine chemische Reaktion ausschließlich zu einer Variante steuern können. Dafür erhalten sie den Nobelpreis für Chemie 2021. Vor der Entdeckung der beiden Forscher war die selektive Wirkung nur von Enzymen bekannt oder von aufwendig gebauten Katalysatoren, die oft teure oder giftige Metalle enthalten.

Als Benjamin List zum ersten Mal die katalytische Wirkung eines organischen Moleküls, nämlich der Aminosäure Prolin, testete, war er

eher skeptisch: „Ich war total unsicher. Man denkt ja nicht: Ha! Das hab ich designt! Und nun werde ich weltberühmt! Nein, eher: Hmm ... Vielleicht war das eine ganz doofe Idee. Andere haben das sicher schon probiert und wissen auch, warum es nicht klappt ...“ Doch das hatte noch keiner ausprobiert, und es klappte. Heute werden organische Moleküle nicht nur in der Forschung, sondern

auch in der Industrie oft als Katalysatoren eingesetzt.

„Benjamin List hat ein neues Kapitel der Katalyse mit großem Anwendungspotenzial aufgeschlagen“, sagt Max-Planck-Präsident Martin Stratmann. „Es ist ihm erstmalig gelungen, organische Katalysatoren mit hoher Stereoselektivität zu entwickeln – ein Durchbruch, wie man ihn selten erlebt.“



FOTO: FRANK VINKEN

**„Man denkt: Vielleicht war das eine ganz doofe Idee.“**

# NOBELPREIS FÜR PHYSIK

KLAUS  
HASSELMANN



FOTO: PICTURE ALLIANCE / DPA | J.J. GUILLEN

**„Wir warnen seit fast 50 Jahren  
vor dem Klimawandel.“**

Ohne Provokation geht es oft nicht, gerade in der Wissenschaft: Klaus Hasselmann forderte mit seinen Arbeiten die Klimaforschung heraus – und legte so die Grundlage für die Erkenntnis, dass sich die Erderwärmung heute eindeutig auf die Zunahme von CO<sub>2</sub> in der Atmosphäre zurückführen lässt. Dafür erhält der ehemalige Direktor am Max-Planck-Institut für Meteorologie gemeinsam mit Syukuro Manabe aus den USA

und Giorgio Parisi aus Italien den Nobelpreis für Physik 2021.

Klaus Hasselmann verschaffte dem Zufall Eingang in die Klimaforschung. Er betrachtete die langfristigen Entwicklungen des Klimas gewissermaßen als Ergebnis des meteorologischen Rauschens, als das sich die kurzfristigen Wetterschwankungen begreifen lassen. So hatte vor ihm noch niemand auf das Klima geblickt. Zudem entwi-

ckelte er das mathematische Werkzeug, mit dem sich der Fingerabdruck des menschlichen CO<sub>2</sub>-Ausstoßes im Wetterrauschen nachweisen lässt.

„Als Gründungsdirektor unseres Max-Planck-Instituts für Meteorologie hat er mit seinen Kollegen in Hamburg die Erdsystemforschung in Deutschland in den 1970er- und 1980er-Jahren maßgeblich vorangetrieben und international anschlussfähig gemacht“, sagt Max-Planck-Präsident Martin Stratmann.

Um die Erkenntnisse der Klimaforschung in die Gesellschaft zu tragen und wirkungsvolle, aber auch praktikable Maßnahmen gegen den Klimawandel zu entwickeln, gründete Klaus Hasselmann gemeinsam mit Carlo C. Jaeger vom Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung das heutige Global Climate Forum. „Es gibt viele Dinge, die wir tun können, um den Klimawandel zu bremsen“, sagt Hasselmann, der am ehemaligen Max-Planck-Institut für Strömungsforschung promovierte und ab 1975 das Max-Planck-Institut für Meteorologie mit aufbaute. „Die Frage ist aber, ob Menschen erkennen, dass wir jetzt handeln müssen, um etwas zu stoppen, das in zwanzig oder dreißig Jahren eintreten wird.“

# 60 000

Jahre können Forschende mithilfe der Sedimentbohrkerne aus Eifelmaaren in die Klimaschicht zurückblicken.

## EIFELMAARE SAGEN STARKREGEN VORHER

Zwischen dem vom Hochwasser verwüsteten Kreis Ahrweiler und den Vulkaneen in der Eifel liegen weniger als hundert Kilometer. Genau diese Maare liefern nun einen weiteren Hinweis, dass Wetterextreme wie Starkregen künftig zunehmen könnten. Forschende der Johannes-Gutenberg-Universität Mainz und des Max-Planck-Instituts für Chemie haben an den Schichten von Sedimentbohrkernen aus Maarseen und Trockenmaaren der Vulkaneifel präzise abgelesen, wie sich das Klima in Mitteleuropa während der letzten 60 000

Jahre veränderte: In Kaltzeiten sind die Schichten sehr dünn und kaum sichtbar. In Warmzeiten ist in den Schichten dagegen ähnlich wie bei den Jahresringen eines Baumes der Gang der Jahreszeiten zu erkennen. Zudem bildeten sich in diesen Phasen teilweise besonders dicke Sedimentschichten, die mehrere Millimeter bis wenige Zentimeter umfassen können – das weist auf Hochwasserereignisse hin. Das Klima schwankte in diesen Phasen also offenbar mehr, Wetterextreme waren stärker.

[www.mpg.de/17376189](http://www.mpg.de/17376189)

## MILCH ERMÖGLICHTE MIGRATION

10

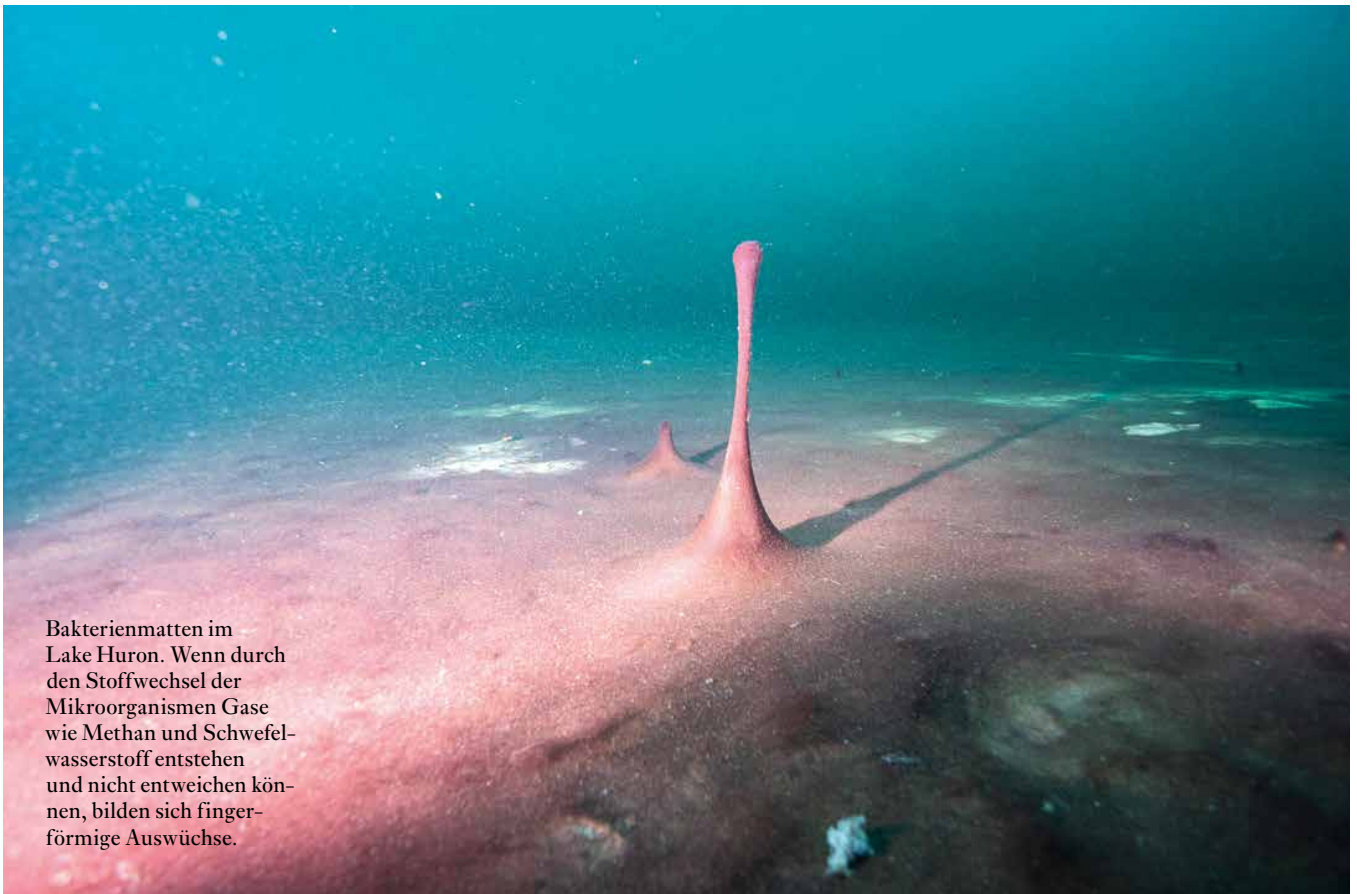
Vor mehr als 5000 Jahren breiteten sich die Jamnaja, ein Hirtenvolk aus der eurasischen Steppe, über weite Gebiete aus. Ihre Gene lassen sich von Skandinavien bis Sibirien nachweisen. Bislang war unklar, wie es den Menschen in der Bronzezeit gelang, solch enorme Distanzen zurückzulegen. Nach einer Studie unter Leitung des Max-Planck-Instituts für Menschheitsgeschichte könnte der beginnende Konsum von Milchprodukten ein bedeutender Faktor bei der Migration gewesen sein. Denn Milch enthält Wasser und wichtige Nährstoffe, die in Steppen anderweitig oft nicht verfügbar sind. Um den Wandel der Ernährung nachzuweisen, nutzten die Forschenden Zahnstein von den Zähnen erhaltener Skelette. Vor der Bronzezeit fanden sich so gut wie keine Anhaltspunkte für Milchkonsum, während in der frühen Bronzezeit nahezu alle Untersuchten Milchtrinker waren. Der Übergang zur Milchwirtschaft fand damit genau zu dem Zeitpunkt statt, als die Hirtenvölker sich nach Osten auszubreiten begannen. Sehr wahrscheinlich spielten dabei auch domestizierte Pferde eine Rolle: Die Hirten aßen das Fleisch, sie tranken die Milch und nutzten die Tiere auch als Transportmittel.

[www.mpg.de/17544602](http://www.mpg.de/17544602)

Pferde in der eurasischen Steppe: Vor 5000 Jahren nutzten Hirten sie als Milchquelle und als Transportmöglichkeit, um in weit entfernte Gebiete zu migrieren.



FOTO: A. SENOKOSOV



Bakterienmatten im Lake Huron. Wenn durch den Stoffwechsel der Mikroorganismen Gase wie Methan und Schwefelwasserstoff entstehen und nicht entweichen können, bilden sich fingerförmige Auswüchse.

11

## EIN LANGER TAG FÜR MIKROBEN

Fast der gesamte Sauerstoff auf der Erde stammt aus der Fotosynthese – ein biochemischer Prozess, der nur mit Licht abläuft. Als Cyanobakterien die Fotosynthese vor mehr als 2,4 Milliarden Jahren erfunden haben, waren die Tage jedoch um mehrere Stunden kürzer als heute. Erst als sich die Erde aufgrund der Anziehungskraft des damals noch jungen, ihr näher stehenden Mondes und der bremsenden Wirkung der Gezeiten langsamer drehte, wurden die Tage länger. Forschenden des Max-Planck-Instituts für marine Mikrobiologie

zufolge waren die länger werdenden Tage ein Grund, warum der Sauerstoffgehalt der Atmosphäre anstieg. Die Forschenden untersuchten Cyanobakterien im Lake Huron in Michigan, die unter ähnlichen Bedingungen wie auf der frühen Erde leben. Im sauerstoffarmen Wasser des Sees konkurrieren sie mit schwefeloxidierenden Bakterien. Tag für Tag führen die Mikroorganismen einen kleinen Tanz auf: Während nachts die schwefelfressenden Bakterien über den Cyanobakterien liegen, wandern Letztere bei Sonnenaufgang an die

Oberfläche der Matte und produzieren durch die Fotosynthese Sauerstoff. Allerdings dauert es ein paar Stunden, bis sie richtig loslegen. Zudem bildet sich zwischen den Bakterienmatten und der Wasseroberfläche bei kürzeren Tagen ein schwächeres Gefälle der Sauerstoffkonzentration aus; das Gas diffundiert daher langsamer aus dem Wasser. Die länger werdenden Tage in der Erdgeschichte könnten also die heutige Sauerstoffkonzentration und damit das Leben, wie wir es kennen, erst möglich gemacht haben. [www.mpg.de/17312182](http://www.mpg.de/17312182)

## KERNFUSION ERREICHT EIN ZWISCHENZIEL

Mit der Kernfusion könnte sich eine praktisch unerschöpfliche Energiequelle auftun. Um sie anzuzapfen, konkurrieren weltweit verschiedene Ansätze, die jeweils unterschiedliche Vor- und Nachteile aufweisen. Auf einem dieser Wege hat ein Team des Max-Planck-Instituts für Plasmaphysik in Greifswald mit der Fusionsanlage Wendelstein 7-X nun ein Zwischenziel erreicht. In der Anlage vom

Typ Stellarator haben Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler den Magnetkäfig, in dem das Fusionsplasma eingeschlossen werden soll, so optimiert, dass Energieverluste im Vergleich zu früheren Anlagen desselben Typs deutlich minimiert werden. Damit erfüllt dieser Bautyp eine Voraussetzung, um künftig einmal als Kraftwerk realisiert zu werden.

[www.mpg.de/17350399](http://www.mpg.de/17350399)

BILD: MPI FÜR PLASMAPHYSIK

## GEDÄCHTNIS FÜR CORONA

Manche Menschen besitzen Gedächtnis-Immunkzellen, die das neue Coronavirus Sars-CoV-2 erkennen, obwohl sie noch nie mit dem Erreger Kontakt hatten. Diese sogenannten T-Helferzellen mussten sich offenbar in der Vergangenheit mit harmloseren Erkältungsviren auseinandersetzen. Ein Team der Berliner Charité und des Max-Planck-Instituts für molekulare Genetik hat das Immunsystem von fast 800 Menschen analysiert, die zuvor noch nicht mit Sars-CoV-2 in Kontakt gekommen waren. Es zeigte sich, dass der Körper T-Helferzellen, die er gegen Erkältungsviren gebildet hat, auch gegen Sars-CoV-2 mobilisiert und so eine Kreuzimmunität ausbildet. Bei Erkältungen mit harmloseren Coronaviren baut das Immunsystem also eine Art universelles Gedächtnis für Coronaviren auf. Das schützt zwar nicht mit Sicherheit vor Sars-CoV-2, eine frühere Erkältung durch Coronaviren könnte aber den Verlauf der Erkrankung günstig beeinflussen. Zudem kann sie die Wirkung einer Impfung beschleunigen: Während normale T-Helferzellen über einen Zeitraum von zwei Wochen schrittweise aktiviert werden, sprechen die kreuzreagierenden T-Helferzellen schon innerhalb von einer Woche auf die Impfung mit dem Vakzin von Biontech an. Die Forschenden stellten jedoch auch fest, dass die Kreuzimmunität im höheren Lebensalter sinkt.

[www.mpg.de/17406765](http://www.mpg.de/17406765)



FOTO: PICTURE ALLIANCE / GES / HELGE PRANG

Historischer Treffer: Im Viertelfinale der EM 2016 erzielte Jonas Hector beim Elfmeterschießen das entscheidende Tor gegen Italien. Zuvor war der Münzwurf zugunsten der deutschen Mannschaft ausgefallen.

## MÜNZE BEEINFLUSST ELFMETERSCHIESSEN

Das Viertelfinale der Fußball-Europameisterschaft 2016 wird manchen Fans noch in Erinnerung sein. Nach der Verlängerung musste die deutsche Mannschaft ins Elfmeterschießen gegen Italien. Wie üblich wurde per Münzwurf ausgelost, welcher Kapitän über den ersten Schuss entscheiden darf. Bastian Schweinsteiger gewann die Auslosung für das deutsche Team und entschied, der italienischen Mannschaft den Vortritt zu lassen – zum Unverständnis vieler Kommentatoren. Nicht nur bei ihnen hält sich hartnäckig die These, dass die Möglichkeit, als Erster zu schießen, einen Vorteil bringt. Wissenschaftlich ist diese Annahme nicht haltbar. Untersuchungen haben ge-

zeigt, dass die Gewinnhäufigkeit der zuerst schießenden Mannschaften nur bei etwa 51 Prozent liegt. Einen Unterschied macht hingegen das Ergebnis des Münzwurfs vor dem Elfmeterschießen, wie eine Studie von Matthias Sutter, Direktor am Max-Planck-Institut zur Erforschung von Gemeinschaftsgütern in Bonn, und drei Düsseldorfer Kollegen ergab: Etwa 60 Prozent der Mannschaften, deren Kapitäne die Auslosung gewinnen, können das nachfolgende Elfmeterschießen für sich entscheiden. So war es auch im EM-Viertelfinale 2016, in dem die deutsche Mannschaft letztlich mit sechs zu fünf siegte.

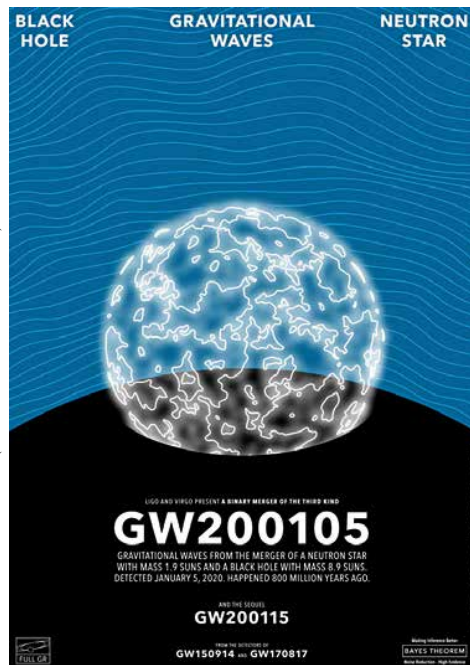
[www.mpg.de/17101258](http://www.mpg.de/17101258)

## PAUSEN NICHT VERGESSEN

Schnell Gelerntes ist oft auch wieder schnell vergessen. Dies gilt auch für Mäuse: In einem Experiment am Max-Planck-Institut für Neurobiologie sollten sich die Nager die Position eines in einem Labyrinth versteckten Stücks Schokolade merken. Zwischen den Lernphasen im Labyrinth mussten die Mäuse unterschiedlich lange Pausen einlegen. Mit längeren Unterbrechungen prägten sich die Tiere die Position der Schokolade zwar nicht so schnell ein, dafür aber dauerhafter. Während des Tests maßen die Forschenden die Nervenzellaktivität im präfrontalen Kortex – einer Gehirnregion, die an komplexen Denkaufgaben beteiligt ist. Bei kurzen Pausen schwankte das Aktivierungsmuster in diesem Bereich des Gehirns stärker als bei langen Pausen. Offenbar werden dann unterschiedliche Nervenzellen für die Aufgabe aktiviert. Nach längeren Unterbrechungen nutzten die Tiere dagegen dieselben Nervenzellen wie in der ersten Lernphase. Das Erinnerungsvermögen profitiert also möglicherweise davon, dass einmal gebildete Verknüpfungen zwischen den Zellen bei langen Pausen gestärkt werden

[www.mpg.de/1729970](http://www.mpg.de/1729970)

BILD: A. S. CARVALHO, BUONANNO, D. MIHAYLOV, J. STEINHOFF (MPI FÜR GRAVITATIONSPHYSIK)



Kollisionen im All: Im Stil eines Filmplakats hat ein Künstler dargestellt, wie ein schwarzes Loch einen Neutronenstern verschluckt. Das Bild zeigt die Gravitationswellen-Ereignisse GW200105 und GW200115 – die ersten sicheren Nachweise von Verschmelzungen schwarzer Löcher mit Neutronensternen.

## KOSMISCHES FESTMAHL

In einer Entfernung von mehr als 900 Millionen Lichtjahren haben sich kurz hintereinander zwei kosmische Katastrophen ereignet: Zwei schwarze Löcher verschlangen – unabhängig voneinander – innerhalb von zehn Tagen jeweils einen Neutronenstern. Die dabei ausgesandten Gravitationswellen gingen den beiden Detektoranlagen LIGO und Virgo ins Netz. Die Signale gelten als erster sicherer Nachweis der Verschmelzung eines schwarzen Lochs mit einem Neutronenstern. Dabei verschluckten die schwarzen Löcher ihre Nahrung am Stück. Die Ereignisse erlauben erste Rückschlüsse auf die Entstehung dieser seltenen Doppelsysteme und darauf, wie oft sie fusionieren. „Die Gravitationswellen stammen von schwarzen Löchern mit neun und sechs Sonnenmassen, die mit zwei leichteren Objekten von 1,9 und 1,5 Sonnenmassen verschmolzen“, sagt Alessandra Buonanno, Direktorin am Max-Planck-Institut für Gravitationsphysik. Ihr Institut war an Entdeckung und Analyse beteiligt. Die beiden Signale tragen die Bezeichnungen GW200105 und GW200115 und wurden am 5. und am 15. Januar 2020 beobachtet. [www.mpg.de/16793202](http://www.mpg.de/16793202)

13

## GEGEN DEN KLIMAEFFEKT VON KONDENSSTREIFEN

Durch Kondensstreifen trägt die Luftfahrt mehr zur Erderwärmung bei als durch ihren CO<sub>2</sub>-Ausstoß. Denn die darin entstehenden Eiskristalle können in Höhen von etwa acht bis zwölf Kilometern Zirruswolken bilden, die wie CO<sub>2</sub> einen Treibhauseffekt bewirken. Dieser Klimaeffekt lässt sich durch nachhaltige Kraftstoffe reduzieren. Diese werden entweder aus Pflanzen oder aus CO<sub>2</sub> und Wasserstoff gewonnen und weisen nicht nur eine deutlich bessere

CO<sub>2</sub>-Bilanz auf, sondern verursachen auch weniger Rußpartikel, an denen Eis kristallisiert. Bei einem Flugzeug, das mit einer Eins-zu-eins-Mischung aus herkömmlichem Kerosin und nachhaltigem Kraftstoff unterwegs ist, bilden sich deshalb in den Kondensstreifen nur halb so viele Eiskristalle wie bei einem mit rein fossilem Kerosin betriebenen Flieger. Das hat ein internationales Team herausgefunden, an dem neben dem Deutschen Zentrum für Luft- und

Raumfahrt und der Nasa auch Forschende des Max-Planck-Instituts für Chemie in Mainz beteiligt waren. Infolge der kleineren Zahl an Eiskristallen, die dafür etwas größer sind, reduziert sich der wärmende Effekt von Kondensstreifen um 20 bis 30 Prozent. Die Ergebnisse belegen, dass nachhaltige Kraftstoffe den Beitrag des Luftverkehrs zum Klimawandel kurzfristig spürbar verringern können. [www.mpg.de/17075626](http://www.mpg.de/17075626)

## LEBEN AUF DER VENUS? KEINE SPUR!

Die Venus ist kein angenehmer Ort zum Leben: Auf der Oberfläche herrschen hoher Druck und Temperaturen um die 460 Grad Celsius; in der dichten Wolkendecke toben heftige Stürme und schweben große Mengen ätzender Schwefelsäure. Könnten sich dennoch Bakterien diesen extremen Bedingungen angepasst und dort überdauert haben? Das behaupten Forschende der Cardiff University in Wales. In Daten, die sie vor einem Jahr mit irdischen Teleskopen von der Venushülle empfangen, wollen sie winzige Mengen des Spurengases Phosphin entdeckt haben. Seitdem diskutieren die Fachleute über den Fund, denn die britische Gruppe hält Bakterien als Phos-

phin-Quelle für wahrscheinlich. Nun hat ein internationales Team, zu dem auch Paul Hartogh vom Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung zählt, die Originaldaten noch einmal geprüft – und keinerlei Hinweise auf Phosphin gefunden. Vielmehr ergab die Analyse, dass das seltene Gas mit Schwefeldioxid verwechselt worden sein könnte, welches in der Venusatmosphäre reichlich vorkommt. Denn unter den dortigen Bedingungen liegen die Wellenlängen mancher Molekülsorten sehr eng beieinander, was die Identifizierung ihrer Fingerabdrücke im Spektrum massiv erschwert.

[www.mpg.de/17208522](http://www.mpg.de/17208522)



FOTO: NASA/JPL-CALTECH

Kein Hort des Lebens: Eine dichte Wolkendecke umhüllt die Venus in einer Höhe von etwa 50 bis 70 Kilometern. Phosphin gibt es in der Atmosphäre wohl nicht.

14



FOTO: XBlickwinkel/AGAMI/R.MARTIN

Schopfwespenbussarde fliegen während des Herbstzuges über 700 Kilometer von Japan nach Südostasien. Diesen rund 18 Stunden dauernden Flug über das Ostchinesische Meer unternehmen die Vögel nur bei optimalen Wind- und Wetterbedingungen. Sie nutzen Aufwinde über dem Meer und können so bis zu tausend Meter über der Meeresoberfläche segeln.

## WIND VON ACHTERN

Der Flug über offenes Meer kann für Landvögel gefährlich sein, denn anders als etwa Möwen oder Albatrosse, die an ein Leben im Ozean angepasst sind, können sie nicht auf dem Wasser landen. Sie müssen Meere deshalb ohne Zwischenlandungen überfliegen. Nur mithilfe von Muskelkraft sind lange Strecken jedoch ohne Erholungspausen besonders für große Arten nicht zu bewältigen. Forschende des Max-Planck-Instituts für Verhaltensbiologie haben nun verschiedene Bussard-, Falken- und Adlerarten auf mehr als hundert Langstreckenflügen über dem offenen Meer mit GPS-Technik verfolgt und die Flug-

routen mit globalen Atmosphären- daten verknüpft. Die Ergebnisse zeigen, dass die Greifvögel über dem Wasser aufsteigende Luftmassen nutzen. Mithilfe der Thermik sparen sie Energie und können so lange Strecken nonstop zurücklegen. Zuvor hatten Forschende schon herausgefunden, dass Vögel auf ihrem Zug die Windrichtung berücksichtigen und sich von Rückenwind über Meere tragen lassen. Zugvögel überfliegen größere Meeresgebiete also nur bei geeigneten Rücken- und Aufwindbedingungen. Auf diese Weise können sie Hunderte Kilometer über offener See zurücklegen.

[www.mpg.de/17439730](http://www.mpg.de/17439730)

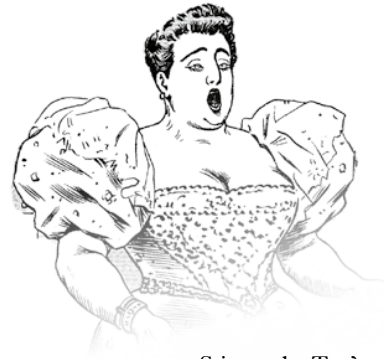
## IM TON VERSCHÄTZT

Wie gut treffen professionelle Sängerinnen den richtigen Ton? Und wie beurteilen sie ihre Leistungen? Diesen Fragen ist ein Forschungsteam des Frankfurter Max-Planck-Instituts für empirische Ästhetik, der New York University und der Universität Hamburg nachgegangen. Professionelle Sopranistinnen sangen einzeln im Studio *Happy Birthday* ein. Anschließend bewerteten sie die Aufnahmen ihrer eigenen Gesangsdarbietungen sowie die ihrer Kolleginnen. Als objektives Maß für musikalische Qualität diente die

Tonhöhengenaugigkeit – also die Fähigkeit, die Töne richtig zu treffen. Die meisten Teilnehmerinnen lagen in ihrer Selbsteinschätzung erstaunlich falsch und bewerteten die eigenen Leistungen zu hoch. Auffälligerweise schätzten allerdings gerade die besonders guten Sängerinnen ihren eigenen Gesang realistisch ein. Das deutet darauf hin, dass die Fähigkeit zur Selbsteinschätzung eine Voraussetzung ist, um herausragende musikalische Fähigkeiten zu entwickeln.

[www.mpg.de/17073065](http://www.mpg.de/17073065)

ILLUSTRATION: ISTOCKPHOTO/DUNCAN 1890



Stimmt der Ton? Eine Studie ergab, dass mittelmäßige Profisängerinnen ihre eigenen Leistungen oftmals überschätzen.

## SPAZIERGANG FÜRS GEHIRN

Erwachsene verbringen durchschnittlich 80 bis 90 Prozent des Tages in geschlossenen Räumen – eine recht junge Entwicklung in der menschlichen Evolution. Besonders gesund ist dieses Verhalten vermutlich nicht. Zeit im Freien zu verbringen, wirkt sich nachweislich positiv auf die Gesundheit aus. Und auch unsere Gehirnstruktur profitiert von Aufenthalt draußen, wie eine Untersuchung des Max-Planck-Instituts für Bildungsforschung und des Universitätsklinikums Hamburg-Eppendorf nun ergab. Das gilt auch bereits bei recht kurzen Phasen im Freien – und unabhängig davon, ob wir in der Stadt oder im Grünen sind. Die Ergebnisse zeigen, dass die Zeit, die die Teilnehmenden im Freien verbrachten, in einem positiven Zusammenhang mit der grauen Substanz in einem bestimmten Teil der Großhirnrinde steht. Dieser Teil des Kortex ist an der Planung und Regulation von Handlungen und an der Steuerung des Verhaltens beteiligt. Zudem ist bekannt, dass viele psychiatrische Störungen mit einer Reduktion der grauen Substanz in diesem Bereich des Gehirns einhergehen.

[www.mpg.de/17194664](http://www.mpg.de/17194664)

## VORSORGE GEHT VOR

Bäume haushalten mit ihren Reserven anders als bislang angenommen. Sie bilden nämlich auch in Hungerphasen, also etwa während langer Trockenperioden, energiereiche Kohlenstoffverbindungen, die ihnen für noch schlechtere Zeiten als Vorräte dienen. Dafür verzichten sie darauf weiterzuwachsen und verdauen im Extremfall sogar eigene energiereiche Bestandteile. Auf diese Weise verhindern Bäume, dass sie ihre Reserven aufbrauchen und ihnen schlimmstensfalls der Tod durch

Verhungern droht oder sie die Energie für die Abwehr von Schädlingen nicht mehr aufbringen können. Bislang ging die biologische Forschung davon aus, dass Pflanzen nur Reserven bilden, wenn genügend Fotosyntheseprodukte vorhanden sind und auch der Bedarf für ihr Wachstum gedeckt ist. Anhand der neuen Erkenntnisse lassen sich Modelle verbessern, die vorhersagen, wie sich Wälder mit dem fortschreitenden Klimawandel entwickeln werden.

[www.mpg.de/17341650](http://www.mpg.de/17341650)

FOTO: MARTIN SIEPMANN/IMAGEBROKER/FOTOFINDER.COM



Mit Durst droht der Hungertod: In Trockenzeiten können Bäume wie diese Fichten in Oberbayern nicht genügend Kohlehydrate bilden. Dann müssen sie auf Reserven zurückgreifen, die sie vorher angelegt haben.