

## Campylobacter ist auf dem Vormarsch

Erreger vom Tier gefährden die Verbraucher in Europa

Drei Krankheiten, die vom Tier auf den Menschen übertragbar sind, haben in den vergangenen Jahren auffällig zugenommen: die Infektion mit dem Bakterium *Campylobacter*, die Ansteckung mit dem Fuchsbandwurm *Echinococcus multilocularis* und die Infektion mit toxischen *Escherichia coli*-Keimen, zu denen auch die *Ehec*-Bakterien gehören. Zu diesem Ergebnis kommt der Zoonose-Bericht der Europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit (Efsa) und des Europäischen Zentrums für die Prävention und die Kontrolle von Krankheiten (ECDC). Mit dem Begriff „Zoonose“ bezeichnet man Krankheiten, die über Lebensmittel oder über direkten Kontakt vom Tier auf den Menschen übertragbar sind. Der aktuelle Bericht berücksichtigt die europäischen Daten bis Ende 2011 und liefert Trends zu insgesamt zehn zoonotischen Erkrankungen, darunter Listeriose, Yersiniose, Brucellose, Trichinellose und Tollwut.

*Campylobacter* ist nach wie vor die häufigste Zoonose beim Menschen, schreiben die Risikoexperten. Im Jahr 2011 wurden 220 000 *Campylobacter*-Fälle beim Menschen gemeldet, was einen Anstieg um 2,2 Prozent gegenüber dem Vorjahr bedeutet. In Lebensmitteln wurde das Bakterium, das Durchfall und Fieber hervorruft, am häufigsten in Geflügelfleisch nachgewiesen. Auch die Zahl der Krankheitsfälle durch toxischbildende *Escherichia coli*-Keime, die mit blutigem Durchfall einhergehen, steigt seit dem Jahr 2008 und wurde verstärkt durch den deutschen Ausbruch im Jahr 2011. Anders als bei diesem Ausbruch, bei dem Sprossen verantwortlich waren, werden die Bakterien ansonsten am häufigsten in Rindfleischzeugnissen und bei Rindern nachgewiesen. Die Zahl der Fälle von *Echinokokkose*, die von dem Fuchs-Parasiten *Echinococcus multilocularis* hervorgerufen wird, hat in den vergangenen fünf Jahren beim Menschen zugenommen. Bei der schweren, auch tödlich verlaufenden Erkrankung befallen Zwischenstadien des Bandwurms die Organe. Nach Bulgarien verzeichnete Deutschland mit 142 Erkrankten 2011 sogar die zweithöchste Fallzahl europaweit. Menschen infizieren sich über Beeren und andere pflanzliche Nahrungsmittel, die mit Eiern aus dem Kot von Füchsen kontaminiert sind.

Insgesamt waren im Jahr 2011 etwa 70 000 Menschen von lebensmittelbedingten Ausbrüchen betroffen. Es kam zu 93 Todesfällen. Eine gute Nachricht vermehren die Behörden aber auch: Die Zahl der *Salmonella*-Infektionen beim Menschen nahm im siebten Jahr in Folge ab. Verantwortlich für diesen Erfolg sind offenbar die *Salmonella*-Bekämpfungsprogramme der EU, die bei Legehennen und Masthähnchen im Stall ansetzen. huch

### ANZEIGE



**Natur und Wissenschaft**  
Das Wissenschaftsarchiv der F.A.Z.  
1993 bis 2011

ISBN: 978-3-89843-219-1, Preis: 34,90 €, Update: 24,90 €

Aktuelle CD-ROM mit 40.000 Wissenschaftsberichten aus F.A.Z. und Sonntagszeitung der Jahre 1993 bis 2011.

Neu: Inklusive Online-Version.  
Registrieren Sie sich für das Wissenschaftsarchiv Online auf [www.faz-wissenschaft.de](http://www.faz-wissenschaft.de).

Bestellen Sie die CD-ROM inkl. 1 Jahr Online-Nutzung telefonisch (069) 75 91-10 10\*, auf [www.faz-archiv.de/nw](http://www.faz-archiv.de/nw) oder im Buchhandel.

**Frankfurter Allgemeine Archiv**

## Schlafen ohne Stress

Fakten zu gestörten Rhythmen

Mit seiner ersten Ausgabe, die Ende 2012 erschien, hatte sich das neue Magazin „Schlaf“ aus dem Schattauer Verlag zu nächst Themen verschrieben, die in besonderer Weise im Trend liegen: Zu Stress und Burn-out gab es einen Pro- und kontra-Bericht, weitere Artikel betrafen Schlafstörungen bei Kindern und das Problem der Schichtarbeit. Mit der zweiten Ausgabe Anfang dieses Jahres nun wendet man sich Themen wie Chronobiologie und Lichttherapie zu, denen innerhalb der Schlafmedizin immer größere Aufmerksamkeit zuteil wird, die aber bisher noch nicht eine allzu große Öffentlichkeit erreicht haben. Die Zeitschrift richtet sich mit einem Nebeneinander aus Fachpublikationen – etwa zum gestörten Schlaf im hohen Lebensalter –, Experteninterviews und praxisnahen Themenübersichten mit Handlungsanweisungen an Ärzte verschiedener Fachgebiete. Daneben werden neue Studien auf dem Gebiet der Somnologie kurz und übersichtlich vorgestellt. huch

„Schlaf. Fakten – Forschung – Therapien“. Herausgeber: Schattauer GmbH, Stuttgart. 2013, 2. Jahrgang. Vier Hefte jährlich. ISSN 2194-7880



Der Hornhecht: Forscher können jetzt erklären, warum seine Gräten sich beim Garen grün verfärben.

Fotos M. Leiser

## Das Grün der Gourmetfische

Der Hornhecht, ein Salzwasserfisch, hat eine bewegte Geschichte hinter sich, die ihm eine Reihe von Spitznamen eingebracht hat. Lange war er als wenig nützlicher Beifang betrachtet und kaum beachtet worden; aus dieser Zeit stammen die Namen „Arbeiteraal“ oder „Marlin des kleinen Mannes“. Erst in den siebziger Jahren erkannte man seinen delikaten Geschmack und holte ihn in die Gourmetküchen. Auf Rügen zählt er zu den regionalen Spezialitäten. Ein dritter bekannter Name ist dort „Grünknochen“, denn die Gräten des Hornhechts schimmern nach dem Garen dunkel grün. Seit den dreißiger Jahren kursieren unterschiedliche Theorien darüber, wie

es zu dieser Färbung kommt. Wissenschaftler um Waldemar Ternes vom Institut für Lebensmitteltoxikologie und Chemische Analytik der Tierärztlichen Hochschule Hannover konnten nun eine These stützen und eine andere entkräften. Das Biliverdin, ein Abbauprodukt des roten Blutfarbstoffs Hämoglobin, hat offenbar die Neigung, sich an das Bindegewebe weiß Kollagen anzulagern, schreiben Ternes und seine Kollegen im Fachmagazin „European Food Research and Technology“ (doi:10.1007/s00217-013-1932-y). Die Forscher extrahierten zunächst das grüne Farbpigment aus Proben von Fischgräten. Danach wiesen sie mit Hilfe spektroskopischer Verfahren Biliver-

din nach, das sich vor allem an die Knochenhaut und die Dornfortsätze der Wirbelsäule gebunden hatte. Verfechter der zweiten Theorie gingen davon aus, dass das Eisenphosphat Vivianit, ein häufig vorkommendes Mineral, verantwortlich sei. Doch die Konzentration an Eisen und Phosphat in den grünen Gräten waren nicht hoch genug, um diesen Verdacht zu untermauern. Eine wichtige Frage ist allerdings noch offen: Warum ausgerechnet die Gräten der Hornhechte, die in Nord-, Ostsee und Mittelmeer leben, und keine Skelette anderer Fischarten nach dem Garen eine solche Grünfärbung zeigen, wissen die Forscher noch nicht. (huch)

## Im Griff des Weißen Zwerges

Ein Doppelsternsystem zeigt einen ungewöhnlichen relativistischen Effekt

Seit Astronomen im Jahr 1995 einen Planeten entdeckt haben, der einen sonnenähnlichen Stern umkreist, sind ungefähr 900 Exoplaneten aufgespürt worden. Knapp dreihundert davon gehen auf das Konto des Weltraumteleskops Kepler, das mehr als 150 000 Sterne nach fremden Welten absucht. Hierfür nutzt die Sonde der amerikanischen Weltraumbehörde Nasa das sogenannte Transitverfahren. Kepler registriert den Helligkeitsabfall, der entsteht, wenn ein Planet vor seinem Zentralstern vorbeizieht und dabei einen geringen Teil des Sternlichtes abdeckt. Beim Sichten der öffentlich zugänglichen Kepler-Daten hat jetzt eine internationale Forschergruppe ein ungewöhnliches Sternpaar aufgespürt, bei dem die Helligkeitsschwankungen von einem relativistischen Effekt begleitet werden.

Das „Kepler Object of Interest Number 256 (KOI-256)“, so die Bezeichnung des Duos, erschien den Wissenschaftlern um Phil Muirhead vom California Institute of Technology (Caltech) in Pasadena zunächst als ein gewöhnliches Stern-Planeten-Paar, bei dem ein vergleichsweise großer Planet alle 1,38 Tage um einen kühlen, roten Zwergstern kreist. Die gemessene Helligkeitsabnahme (rund 2,5 Prozent) ließ auf einen Planetendurchmesser schließen, der etwa einem Sechstel des Sterndurchmessers – und damit etwa der Größe des Planeten Saturn – zu entsprechen schien. Allerdings war die Form der gemessenen Lichtkurve nicht so, wie man sie beim Durchgang eines derart großen Planeten vor seinem Zentralstern erwartet hätte. Bis ein etwa saturngroßer Planet am Anfang und am Ende des Transits den Rand des Sterns vollständig passiert hat, sollten bei der gemessenen Umlaufzeit und der daraus abgeleiteten Bahngeschwindigkeit mehr als zwölf Minuten vergehen; entsprechend langsam sollte die Helligkeit des Zentralsterns abnehmen beziehungsweise wieder zunehmen. Stattdessen dauerten Abfall und Wiederanstieg nur jeweils etwa 1,5 Minuten. Das sprach für einen deutlich kleineren Begleiter von etwa anderthalbfachem Erddurchmesser.

Eine „Kontrollmessung“ mit dem hochauflösenden Echelle-Spektrometer am Palomar Observatory des Caltech untermauerte den Befund. Denn würde tatsächlich ein saturnähnlicher Planet den roten Zwergstern umrunden, so könnte er mit seiner geringen Masse den Zentralstern lediglich zu einer kleinen Ausgleichsbewegung mit einer Geschwindigkeit von rund 80 Metern pro Sekunde zwingen. Die spektroskopischen Daten zeigten dagegen, dass der rote Zwergstern viel stärker reagiert und mit einer Geschwindigkeit von 106 Kilometer pro Sekunde um den gemeinsamen Schwerpunkt rast. Offenbar musste der Partner des roten Zwergsterns trotz seiner geringen Ausmaße eine deutlich größere Masse besitzen.

Die Forscher um Muirhead schlossen

daraus, dass der rote Zwergstern mit einem Weißen Zwerg verbandelt ist. So bezeichnen die Astronomen das Endstadium eines ursprünglich sonnenähnlichen Sterns, der seine äußere Hülle abgeben hat und als nackter Sternkern ohne weitere Energieproduktion langsam auskühlt. Weiße Zwerge haben typischerweise Durchmesser von einigen zehntausend Kilometern und eine Masse, die zwischen einer halben und knapp eineinhalb Sonnenmassen liegt. Das aber bedeutet, dass bei dem System KOI-256 der regelmäßige, kräftige Helligkeitsabfall nicht durch den Vorübergang eines dunklen Planeten vor dem roten Zwergstern ausgelöst wird, sondern durch das ebenso regelmäßige Verschwinden des Weißen Zwerges hinter seinem roten Partnerstern. Dabei wird dessen Anteil an der – normalerweise gemeinsam auf der Erde ankommenden – Strahlung periodisch ausgeblendet.

Doch damit nicht genug. Als Muirhead und seine Kollegen die Lichtkurve von KOI-256 abermals unter die Lupe nahmen, fanden sie zwischen den auffälligen, bedeckungsbedingten Helligkeitseinbrüchen jeweils noch eine deutlich



Der massive Weiße Zwerg „verbiegt“ das Licht seines Partnersterns. Illustration Nasa

geringere Helligkeitsabnahme, die durch den Transit des Weißen Zwerges vor dem roten Zwergstern ausgelöst wurde. Aber auch dieser Teil der Lichtkurve wollte nicht wirklich zu den Erwartungen passen, die sich aus den aus anderen Beobachtungen abgeleiteten Größen des Gesamtsystems ergaben: Die Helligkeitseinbuße war geringfügig, aber messbar kleiner als bei einer rein geometrischen Abdeckung eines Teils des roten Zwergsterns durch den vorbeiziehenden Weißen Zwerg.

Die Astronomengruppe fand auch für diesen Befund eine schlüssige Erklärung. Wie sie in einer der kommenden Ausgaben des „Astrophysical Journal“ berichten, liegt ein Effekt der Allgemeinen Relativitätstheorie vor, der auf der Ablenkung eines Lichtstrahls in einem starken Gravitationsfeld etwa eines massiven Sterns oder einer Galaxie beruht.

Immer wenn der Weiße Zwerg vor dem roten Zwergstern herzieht, wirkt seine kompakte Masse wie eine Gravitationslinse. Diese lenkt einen Teil des Lichtes aus dem eigentlich bedeckten Bereich des roten Zwergsterns so, dass es trotzdem in Richtung Erde gelenkt wird. Somit sieht man auch einen Teil der verdeckten Oberfläche des roten Sterns, und man gewinnt den Eindruck, als wäre der Weiße Zwerg etwas kleiner, als es tatsächlich der Fall ist. Dieser relativistische Effekt ist zuvor noch bei keinem anderen Sternpaar mit einem Weißen Zwerg so klar beobachtet worden. Die Forscher nutzten ihn, um die Masse des Weißen Zwergs zu bestimmen. Durch die Kombination von allen bekannten Daten über KOI-256 haben Muirhead und seine Kollegen auch die Masse des roten Zwergsterns und die Größen beider Partner ermittelt. Danach besteht das ungleiche Sternpaar aus einem roten Zwergstern mit 0,5 Sonnenmassen und 750 000 Kilometer Durchmesser und einem Weißen Zwerg mit 0,6 Sonnenmassen und 18 720 Kilometer Durchmesser, das sich in einem gegenseitigen Abstand von 3,75 Millionen Kilometer umrundet.

Für die Astronomen ist KOI-256 aber nicht nur wegen dieser Effekte von Interesse. Das System hat bereits eine lange, bewegte Geschichte hinter sich. Vor mehr als zwei Milliarden Jahren, als der heutige Weiße Zwerg noch ein intakter Stern mit mehr als 1,5 Sonnenmassen war, hatte er sich in der Endphase seiner Entwicklung so weit aufgebläht, dass sein roter Sternpartner durch die äußeren Schichten der – damals gemeinsamen – Hülle trieb und dabei langsam abgestreift wurde.

Seitdem die gemeinsame Hülle abgestoßen ist und der Weiße Zwerg zurückblieb, schrumpft der Abstand der beiden Sterne als Folge einer Gezeitenreibung langsam weiter: Aufgrund der geringen Entfernung ist die Gezeitenkraft des Weißen Zwerges auf den roten Zwergstern stark genug, um diesen zu einer gebundenen Rotation zu zwingen, bei der der rote Zwergstern seinem kleineren Partner stets die gleiche Seite zuwendet. Weil er zugleich Materie (und damit Drehimpuls) in Form eines leichten Sternwinds verliert, müsste er sich eigentlich zunehmend langsamer drehen. Er wird aber durch die Gezeitenkräfte des Weißen Zwerges in eine konstante Rotation gezwungen. Entsprechend muss der Energieverlust durch eine Verengung des gegenseitigen Abstandes ausgeglichen werden.

In weiteren 3,3 Milliarden Jahren dürfte der Abstand so weit geschrumpft sein, dass der Weiße Zwerg Materie von dem dann deutlich näher gerückten roten Zwergstern „absaugen“ kann und das System zu einem kataklysmischen Veränderlichen wird. Solche engen Doppelsterne mit einem Weißen Zwerg als Partner sind Kandidaten für Nova-Ereignisse und andere eruptive Prozesse, die mit der Spätphase von Doppelsternen einhergehen. HERMANN-MICHAEL HAHN

## Gute Daten, schlechte Daten

Forschung produziert Daten, aber sind Daten auch Fakten? Welche Rolle spielen sie in den Wissenschaften, und was können wir aus ihnen lernen?

Man kann es nicht oft genug feststellen: Wir leben im Datenzeitalter. Überall und ständig werden Daten erzeugt, gespeichert und ausgewertet. Gleichzeitig sind Daten mehr und mehr zu einem öffentlichen Gut geworden. WikiLeaks macht sich die Veröffentlichung geheimer Daten zum Auftrag, Journalisten durchforsten öffentliche Datenbanken, um Daten kritisch zu prüfen und für ein großes Publikum darzustellen.

Die Wissenschaft ist entsprechend nur eine Unternehmung unter vielen, die mit Daten arbeitet und sich auf Daten gründet. Der Teilchenbeschleuniger LHC des europäischen Forschungszentrums Cern bei Genf etwa erzeugt im Betrieb pro Jahr 15 Millionen Gigabytes, das in der Planungsphase befindliche radioastronomische Observatorium „Square Kilometre Array“ wird pro Jahr sogar 350 Milliarden Gigabytes an Rohdaten erzeugen und damit alles in den Schatten stellen, was die Menschheit bisher an Datenerzeugung erlebt hat. Durch die Datenbrille gesehen, scheint Wissenschaft damit die Unternehmung systematischer, objektiver Datenerzeugung und -interpretation zu sein. Immer stärker wird damit Wissenschaft zur „E-Science“: Daten werden archiviert und öffentlich verfügbar gemacht, um eine Weiterverwertung von Daten zu ermöglichen. Dahinter steht neben der Notwendigkeit, der überwältigenden Menge erzeugter Daten Herr zu werden, der Wunsch einer optimalen Nutzung öffentlich finanzierter Daten und die Hoffnung, dass auf der Grundlage projektübergreifender Datenbanken völlig neue wissenschaftliche Fragen gestellt werden können.

Vor diesem Hintergrund der Omnipräsenz von Daten ist es erstaunlich, wie wenig die Frage gestellt wird, was Daten, insbesondere wissenschaftliche Daten, eigentlich sind. Die Philosophen James Bogen und James Woodward führten 1988 zu diesem Zweck die Unterscheidung zwischen Daten und Phänomenen ein. Ihre Beobachtung ist, dass wissenschaftliche Theorien keine Aussagen über Daten machen und demgemäß auch nicht mit Daten verglichen werden können. Der Grund dafür ist, dass Daten in ihrer Entstehung immer einer großen Anzahl von Störfaktoren ausgesetzt sind, die mit dem von der Theorie vorhergesagten Phänomen nichts zu tun haben. Beispielsweise wird man bei einer Bestimmung des Schmelzpunktes von Blei nach der Durchführung des Experiments eine Datenmenge verschiedener Temperaturablesungen erlangt haben, von denen vermutlich keine dem tatsächlichen Schmelzpunkt genau entspricht. Stattdessen beobachtet man eine statistische Streuung einzelner Datenpunkte.

Um aus den Messdaten einen Wert für den Schmelzpunkt abzuleiten, ist man daher darauf angewiesen, Annahmen über die statistische Natur der Streuung zu machen, beispielsweise dass die Daten einer Normalverteilung folgen und man sinnvoll ihren Mittelwert als Abschätzung für den tatsächlichen Schmelzpunkt nehmen kann. Außerdem ist es notwendig, mögliche systematische Fehler zu quantifizieren. Während der Rahmen der Datenanalyse in diesem Beispiel noch vergleichsweise einfach wirkt, kann in heute betriebenen, wissenschaftlichen Großprojekten

der Weg von den Rohdaten zu interpretationsfähigen Daten fast beliebig komplex werden. Störeinflüsse und Hintergründe werden korrigiert, schlechte oder uninteressante Daten werden entfernt, Daten kalibriert und transformiert. All dies setzt ein detailliertes Wissen in Bezug auf das experimentelle Setup, die genutzten Methoden und Instrumente voraus.

Diese Tatsache führt auf den von Bogen und Woodward identifizierten zentralen Unterschied zwischen Daten und Phänomenen: Daten haben nur in Zusammenhang mit ihrem experimentellen Kontext Sinn. Phänomene dagegen sind das, was sich in verschiedenen Experimenten zeigt, was stabil und reproduzierbar ist. Je näher man sich als Wissenschaftler an den ursprünglichen Rohdaten bewegt, desto mehr Wissen über deren Entstehung ist notwendig, um verlässliche, „gute“ Wissenschaft zu betreiben und zu extrahieren, was an stabilen Aussagen über Phänomene in der Welt wirklich in den Daten steckt.

Daten sind also nicht einfach „das Gegebene“, sondern benötigen immer einen Entstehungskontext, um verstanden und beurteilt zu werden. Sofern dieser Kontext in den Daten korrigiert und damit relativiert wird, erlangen die Daten eine Geschichte der Datenselektion und -analyse: Was waren die Kriterien dafür, bestimmte Daten auszuwählen? Welche Annahmen über Störeinflüsse sind in die Datenanalyse eingegangen? Welche Kalibrierung wurde gewählt? Zur Archivierung von Daten ist man daher auf eine möglichst gute und vollständige Dokumentation angewiesen.

Dieses Problem trat auch bei einer soziologischen Studie zur Etablierung von „E-Science“ zutage, die 2007 von Samuelle Carlson und Ben Anderson von der Universität Essex veröffentlicht wurde. Ihr Ergebnis innerhalb verschiedener Datenbankprojekte war fachübergreifend, dass es nicht möglich ist, Wissen unkompliziert aus seinem Produktionskontext zu extrahieren. Überall stellte sich das Problem der Dokumentation, des Kontexts und der Herkunft der Daten, um eine sinnvolle Weiterverwertung der Daten gewährleisten zu können: „Daten waren keine autarken Einheiten, die einfach herumerreichbar werden konnten, sondern benötigten immer zusätzliche, externe Information um verstanden und als zuverlässig eingeschätzt werden zu können.“ Er schwert wird die Weitergabe demnach insbesondere, wenn die Datennutzer auf implizitem, nicht dokumentierbarem Wissen beruht, wie es in wissenschaftlicher Praxis erworben wird. Das bedeutet nicht, dass eine Archivierung und Veröffentlichung von Daten unmöglich ist, es zeigt aber, dass das naive Bild der selbständigen Daten, die zum sofortigen, unkomplizierten Gebrauch im Internet verfügbar sind, irreführend ist und gefährlich werden kann, sofern das Fehlen von Kontextwissen auf Seiten des Nutzers zu Fehlinterpretationen führt.

Diese Gefahr besteht insbesondere bei der Verwendung wissenschaftlicher Daten außerhalb von Wissenschaft. Beispielsweise werden zunehmend öffentlich verfügbare Daten von Wissenschaftsjournalisten gesichtet, selektiert und visualisiert, um dann mit ihnen eine Geschichte zu erzählen. Auch hier ist es zentral, dass wichtige Kontextinformationen den Lesern nicht vorenthalten werden. Ein journalistischer Rahmen erfordert genauso, dass ausreichend dokumentiert wird, welche Fragestellungen zur Aufnahme der Daten geführt haben, welche Annahmen und wie viel Datenbearbeitung in die dargestellten Daten bereits eingegangen sind. Sobald dies nicht passiert und der Mythos verbreitet wird, die nackten Rohdaten seien das, was wahr und heilig ist, verkehrt sich der erkenntnistheoretische Wert wissenschaftlicher Daten in sein Gegenteil, egal wie hübsch visuell sie präsentiert sein mögen. SIBYLLE ANDERL

## Flugzeug überträgt Quantenschlüssel

Einen neuen Rekord bei der Übertragung eines quantenmechanisch verschlüsselten Codes haben Forscher der Ludwig-Maximilians-Universität München und des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt aufgestellt. Ihnen ist es gelungen, einen geheimen Schlüssel mit Laserlicht abhörsicher von einem Flugzeug aus zu einer zwanzig Kilometer weit entfernten Bodenstation zu übertragen. Das ist das erste Mal, dass man Quanteninformationen erfolgreich zwischen bewegten Objekten ausgetauscht hat („Nature Photonics“, doi: 10.1038/nphoton.2013.46). Bislang ist das Verfahren nur am Boden über weite Distanzen erprobt worden. Bei dem Experiment, das nach Sonnenuntergang ausgeführt wurde, konnten die Forscher um Harald Weinfurter in den zehn Minuten, in denen Sichtkontakt zwischen Flugzeug und Bodenstation bestand, einen Quantenschlüssel aus 80 000 Bits übertragen. Das Experiment, für das es umfangreicher Modifikationen an dem bestehenden System zur Laserkommunikation bedurfte, ist ein wichtiger Schritt hin zu einem globalen, auf Satelliten basierten Kommunikationsnetz, durch das fragile Quantenbotschaften möglichst sicher übertragen werden sollen. F.A.Z.

## Töne im Tiefschlaf festigen das Gedächtnis

Indem man bestimmte rhythmische Töne einspielt, die mit den Gehirnwellen während des Tiefschlafes synchron schwingen, lässt sich offenbar eine Festigung der Gedächtnisinhalte im Schlaf erzielen. Das hat die Gruppe um Matthias Mölle und Jan Born von der Universität Tübingen an elf Versuchsteilnehmern ermittelt. Schon früher war bekannt, dass durch gezielte magnetische Stimulation oder mit Hilfe von Gleichstromkappen am Schädel die Merkfähigkeit von Probanden erhöht werden kann. Ähnliche Versuche mit akustischen Reizen am Ohr von Schlafenden waren fehlgeschlagen. Jetzt ist offenbar der entscheidende Kniff gefunden: Werden die akustischen Reize zeitlich so gesetzt, dass sie exakt parallel zu den Hirnwellen unter einem Hertz im Deltaschlaf verlaufen, erhöht sich sowohl die Dauer wie die Amplitude der im EEG ermittelten Hirnstromwellen, die das Großhirn und darunterliegende Bereiche betreffen („Neuron“, doi: 10.1016/j.neuron.2013.03.006). Im Vergleich zur Kontrollgruppe erinnerten sich die dreieinhalb Stunden lang stimulierten Probanden nach dem siebenstündigen Schlaf an durchschnittlich 22 von 120 und damit fast an doppelt so viele einstudierte Begriffspaare. F.A.Z.