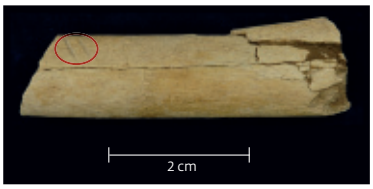
Wann ist der Mensch ein Mensch?

Vorfahren des Menschen verwendeten schon vor 3,4 Millionen Jahren Steinwerkzeuge zur Zerteilung von Fleisch



Essen mit Messer und Gabel ist nicht nur ein Zeichen für gutes Benehmen. Paläoanthropologen sehen in der Herstellung von Werkzeugen, um Fleisch zu zerlegen, ein Kriterium für das Menschsein an sich und schreiben diese Eigenschaften ausschließlich der Gattung *Homo* zu. Offenbar hat aber auch *Australopithecus afarensis*, ein Vorfahr des Menschen, bereits Werkzeuge zum Essen verwendet. Denn Shannon McPherron vom Max-Planck-Institut für evolutionäre Anthropologie in Leipzig hat mit einem internationalen Forscherteam in der Afar-Region in Äthiopien 3,4 Millionen Jahre alte Knochen entdeckt, die eindeutige Schnitt- und Schlagspuren von Steinwerkzeugen tragen. Zu dieser Zeit lebten in der Region ausschließlich Vertreter der Art *Australopithecus afarensis*, zu der auch die berühmte „Lucy" gehört. Die Werkzeuge selbst haben die Forscher allerdings noch nicht gefunden. Deshalb wissen sie auch noch nicht, ob *Australopithecus afarensis* seine Werkzeuge selbst hergestellt oder lediglich scharfkantige Steine gesammelt und benutzt hat. Die bislang ältesten bekannten Steinwerkzeuge sind 2,6 bis 2,5 Millionen Jahre alt und wurden wahrscheinlich von Frühmenschen der Art *Homo habilis* bearbeitet. (Nature, 12. August 2010)

Überreste eines Festessens: Schnitt-, Schab- und Schlagspuren (rote Markierung) auf Bruchstücken vom Oberschenkelknochen, möglicherweise einer Ziege (links), und der Rippe eines Huftiers von der Größe einer Kuh (rechts).

Fotos: Dikika-Forschungsprojekt

Kohlenstoffbilanz in neuer Balance

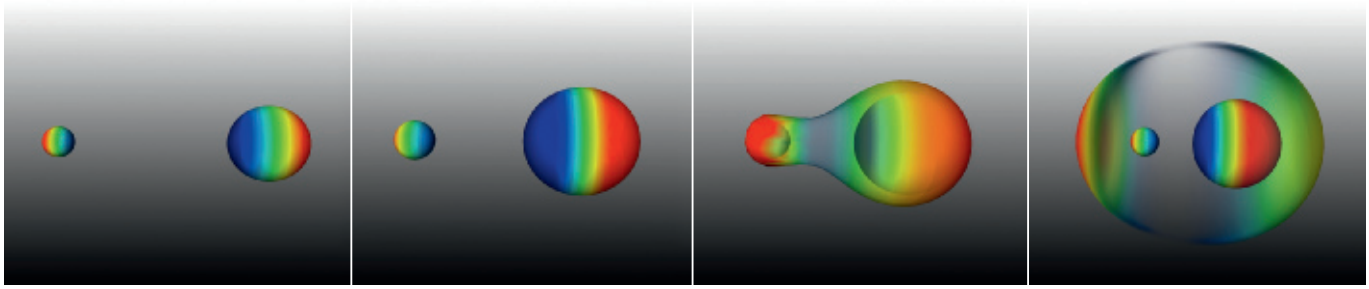
Klimaprognosen könnten in Zukunft genauer und zuverlässiger werden – dank neuer Erkenntnisse über die Rolle terrestrischer Ökosysteme im globalen Kohlenstoffkreislauf. Internationale Forscherteams unter Leitung des Max-Planck-Instituts für Biogeochemie in Jena haben dazu zwei umfassende Analysen präsentiert, die auf Messungen an 60 über die ganze Erde verteilten Stationen beruhen. Daraus ergeben sich auch präzisere Abschätzungen, wie die Ökosysteme auf den Klimawandel reagieren könnten. So ändert sich die Fotosyntheserate, mit der Pflanzen Kohlendioxid aus der Atmosphäre binden, in den meisten Ökosystemen kaum, wenn die Temperatur schwankt. Dagegen reagiert sie auf 40 Prozent der bewachsenen Erdoberfläche sehr empfindlich, wenn mehr oder weniger Niederschlag fällt. Auch die Atmung der Ökosysteme, in der Flora und Fauna wieder Kohlendioxid freisetzen, verstärkt sich in geringerem Maß als zuletzt häufig angenommen, wenn die Temperatur steigt. Zudem hängt sie weltweit in gleicher Weise von der Temperatur ab – selbst in so unterschiedlichen Ökosystemen wie etwa der tropischen Savanne und dem finnischen Nadelwald. (Science Express, 5. Juli 2010)

Unzählige Messstationen (rot) rund um den Globus zeichnen den Austausch von Kohlendioxid und Wasser in verschiedenen Ökosystemen auf.

Grafik: Ulrich Weber – Max-Planck-Institut für Biogeochemie

Kicks für Schwarze Löcher

Mit einem einfachen physikalischen Modell erklären Forscher, weshalb sich die Geschwindigkeit nach der Kollision solcher exotischen Objekte plötzlich verringert

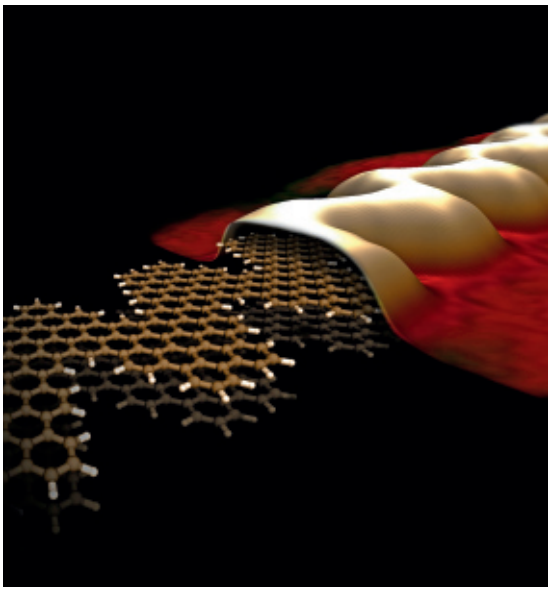


Gekicke im Weltraum: Forscher haben am Computer die Kollision von Schwarzen Löchern nachgestellt. Dabei zeigte sich, dass das neu entstandene Schwarze Loch zunächst deformiert ist. Um diese Asymmetrie auszugleichen und die energetisch günstigere Kugelform zu erreichen, wird mehr Impuls abgegeben: Dieser „Anti-Kick" bremst das Schwarze Loch etwas ab – es bewegt sich jetzt mit verringerter Geschwindigkeit weiter.

Gekickt wird nicht nur im Fußball: Wenn etwa Schwarze Löcher zusammenstoßen und verschmelzen, schießt das resultierende Schwarze Loch mit einer Geschwindigkeit von bis zu einigen tausend Kilometern pro Sekunde weiter durchs All. Manchmal aber verringert sich das Tempo. Dieses Bremsverhalten erklären Forscher um Luciano Rezzolla vom Max-Planck-Institut für Gravitationsphysik nun mit Gravitationswellen, die beim Verschmelzen abgestrahlt werden. Sie simulierten, wie ein schnelles kleines und ein langsames großes Schwarzes Loch frontal zusammenstoßen. Beide strahlen jeweils in ihre Bewegungsrichtung Gravitationswellen ab. Da das größere den stärkeren Impuls mitbringt, fliegt das vereinigte Schwarze Loch nach dem Zusammenstoß in seine Richtung – das ist der „Kick". Doch das entstehende Schwarze Loch ist zunächst nicht vollkommen rund, sondern hat eine Art Beule, wo das kleine in das große Schwarze Loch eingetaucht ist. Eine pulsierende Bewegung gleicht diese Asymmetrie aus. Dabei werden in Richtung der Beule mehr Gravitationswellen abgestrahlt als in die entgegengesetzte. Die Gravitationswellen üben einen zusätzlichen Impuls aus, der wiederum einen Rückstoß erzeugt. Dieser „Anti-Kick" bremst das resultierende Schwarze Loch etwas ab. (Physical Review Letters, 3. Juni 2010)

Kohlenstoff vom Band

Kohlenstoff könnte das Silicium von morgen sein. Aus ihm ließen sich nämlich besonders kleine und leistungsfähige Mikrochips produzieren – wenn er die Eigenschaften eines Halbleiters annähme. Das hat ein Team um Wissenschaftler des Max-Planck-Instituts für Polymerforschung und der Eidgenössischen Materialprüfungs- und Forschungsanstalt Empa nun bewirkt. Die Forscher stellen auf einer metallischen Unterlage mit einer einfachen chemischen Methode schmale Bänder aus Graphen, einzelnen Lagen von Kohlenstoffatomen, her. Zu diesem Zweck haben sie Moleküle hergestellt, aus denen sie die Graphenbänder gezielt zusammensetzen. Da die Bänder nicht mehr als wenige Nanometer breit sind, nehmen sie Halbleitereigenschaften an. Sie werden damit zu vielversprechenden Kandidaten für künftige Anwendungen in der Elektronik, zumal sich ihre Eigenschaften – je nach Breite und Randform – gezielt einstellen lassen. (Nature, 22. Juli 2010)



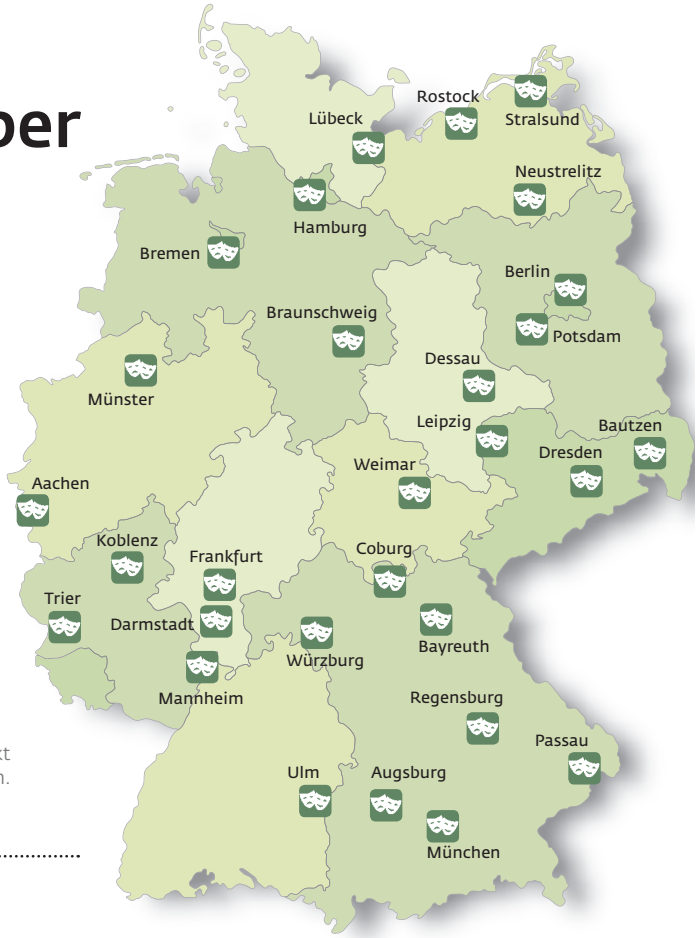
Ein Werkstoff für die Nanoelektronik: Mit einer einfachen Methode lassen sich Graphenbänder auf Metalloberflächen herstellen. Dank deren Halbleitereigenschaften könnten sich daraus Nanotransistoren für die Elektronik der Zukunft konstruieren lassen.

Grafiken: MPI für Gravitationsphysik (oben), Empa (unten)

Das Phänomen der Oper

Kulturelle Angebote steigern das Wirtschaftswachstum

Knappe Haushaltskassen verleiten die Verantwortlichen schnell dazu, am Kulturetat zu sparen. Das könnte sich als kontraproduktiv erweisen. Wie eine Forschergruppe des Jenaer Max-Planck-Instituts für Ökonomik herausgefunden hat, machen kulturelle Angebote Städte und Regionen interessanter für hochqualifizierte Arbeitskräfte – und fördern damit auch das Wirtschaftswachstum in der Region. Die Forscher werteten Regionaldaten aus Deutschland aus und stellten fest, dass die Zahl hochqualifizierter Beschäftigter, also solcher mit Universitätsabschluss, anstieg, je näher die jeweilige Region an einem barocken Opernhaus lag. Diese Hochqualifizierten wiederum haben einen starken Anteil daran, dass diese Regionen auch ein stärkeres Wirtschaftswachstum erfahren.

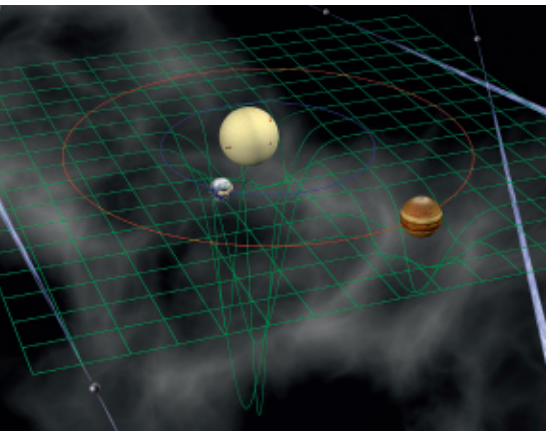


Die Standorte der 29 barocken Opernhäuser, die Ausgangspunkt für die Studie des Max-Planck-Instituts für Ökonomik waren.

Karte: Heblich et al. (oben), Grafik: David Champion

Pulsare als Planetenwaagen

Wie man Planeten wiegt, das lernen schon Gymnasiasten. Sie wenden dazu die Newton'sche Mechanik an und bestimmen die Massen aus den Umlaufbahnen der Planetenmonde. Jetzt hat ein internationales Team unter Leitung von David Champion vom Max-Planck-Institut für Radioastronomie dazu eine völlig andere Methode benutzt, die nicht nur auf 0,003 Prozent der Erdmasse genau ist, sondern mit der sich die Planeten inklusive ihrer Ringe und Monde wiegen lassen. Das Erstaunliche: Die Technik funktioniert mithilfe von Pulsaren – jenen Sternleichen, die rasend schnell um ihre Achsen rotieren und dabei extrem regelmäßige Radiopulse aussenden. Da sich die Erde um die Sonne dreht, wird dieser Takt der Radiosignale auf der Erde verzerrt. Daher berechnen die Forscher, wann die Signale im Rotationszentrum des Sonnensystems eintreffen. Dabei ergibt sich eine völlig gleichmäßige Signalfolge nur, wenn die Forscher die Lage des Rotationszentrums genau kennen. Diese wiederum ist unter anderem von den Massen der Planeten abhängig. In einem iterativen Verfahren passen die Forscher die Planetenmassen so lange an, bis ihre Rechnungen einen gleichmäßigen Takt am Rotationszentrum liefern. Das Verfahren könnte Daten liefern, die für künftige Raumfahrtmissionen von Bedeutung sind. (Astrophysical Journal, 23. August 2010)



In einem Gitternetz der Raumzeit eingebettet sind Sonne und Planeten. Deren Masse können Forscher jetzt mithilfe von Pulsarsignalen (blaue Strahlen) bestimmen.

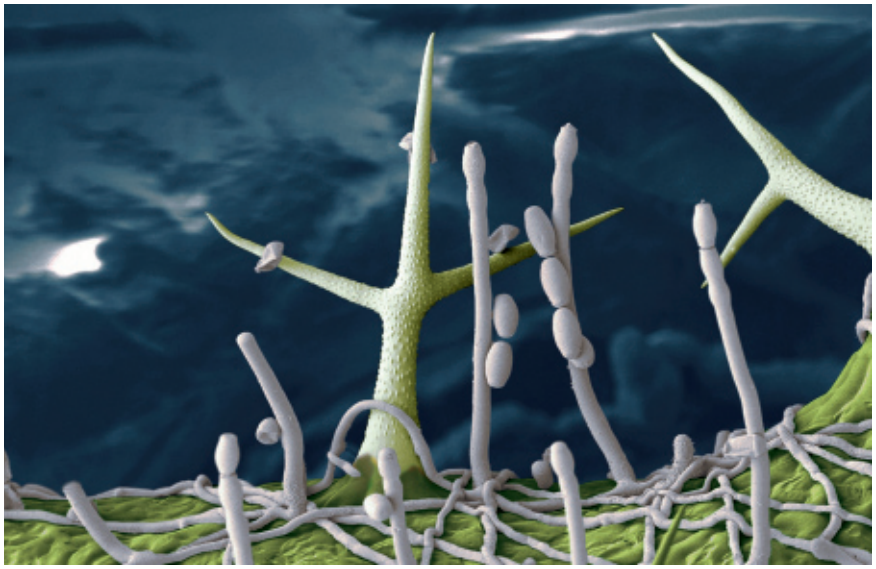
Heute Paris, morgen Tokio

Vielflieger können ein Lied davon singen: Wenn die innere Uhr aus dem Takt gerät, ist der ganze Organismus betroffen. Wir haben nämlich nicht nur eine innere Uhr, sondern ein ganzes Netz aus Uhren in unseren Organen, das die physiologischen Vorgänge des Körpers wie Herzschlag, Temperatur, Schlafbedürfnis oder Hormonhaushalt koordiniert. Bei Jetlag gerät das gesamte Räderwerk aus dem Rhythmus. Die inneren Uhren der Organe passen sich unterschiedlich schnell an die veränderten äußeren Einflüsse an. Wissenschaftlern vom Max-Planck-Institut für biophysikalische Chemie in Göttingen zufolge spielt die innere Uhr der Nebenniere bei der Anpassung an

Teure Verteidigung

Für Krankheitsresistenz müssen Pflanzen stets einen hohen Preis zahlen

Jeder Hobbygärtner kennt das Dilemma: Die größten und schönsten Rosen sind am empfindlichsten. Die kleinen und unscheinbaren sind dagegen meist widerstandsfähiger gegen Schädlinge. Der Grund: Die Kosten für die Selbstverteidigung sind hoch. Wissenschaftler um Detlef Weigel am Max-Planck-Institut für Entwicklungsbiologie in Tübingen haben eine Variante des ACD6-Gens entdeckt, mit der die Ackerschmalwand *Arabidopsis thaliana* Bakterien, Pilze und Insekten abwehrt. Das Gen macht die Pflanzen zwar resistent gegen verschiedene Schädlinge, beeinträchtigt aber gleichzeitig das Wachstum von Blättern und Samen. In der Natur tragen nur rund 20 Prozent der *Arabidopsis*-Pflanzen die Genvariante, die gegen Schädlinge wappnet. In Jahren oder Lebensräumen mit vielen Feinden sind diese Pflanzen ihren Artgenossen gegenüber im Vorteil, bei wenigen Schädlingen dagegen wächst die Mehrheit der übrigen Individuen schneller und vermehrt sich stärker. (Nature, 3. Juni 2010)



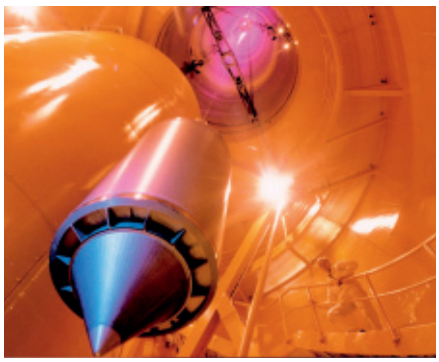
Ackerschmalwand mit Mehltau. Das Gespinst aus Pilzhyphen bildet stabförmige Reproduktionsorgane mit Sporen, die mit dem Wind verbreitet werden. Gegen den Mehltau setzt sich die Pflanze mit ihrem Immunsystem zur Wehr, die Stacheln auf der Blattoberfläche sollen dagegen vor Insekten schützen.

einen neuen Tag-Nacht-Rhythmus eine Schlüsselrolle. Die Nebenniere schüttet tageszeitabhängig das Hormon aus Kortikosteron (beim Menschen: Kortisol) aus, das für eine schnellere Anpassung bei Jetlag sorgt. Erhielten etwa Mäuse zum richtigen Zeitpunkt vor dem Jetlag den Wirkstoff Metyrapon, verschob sich die Ausschüttung von Kortikosteron, und die Nager passten sich schneller an einen verschobenen Tag-Nacht-Rhythmus an. Ob eine Einnahme von Metyrapon tatsächlich gegen den Jetlag hilft und frei von Nebenwirkungen ist, müssen „Feldversuche" und Tests im Schlaflabor aber erst zeigen. (Journal of Clinical Investigation, 23. Juni 2010)

Fotos: MPI für Entwicklungsbiologie – Jürgen Berger (oben); ZARM – Universität Bremen (unten)

Quantengas im freien Fall

Ein empfindliches Messgerät darf man nicht fallen lassen – dann ist es mit der Präzision gewöhnlich vorbei. Doch genau das hat ein Forscherteam getan, an dem auch Wissenschaftler des Max-Planck-Instituts für Quantenoptik beteiligt waren. Und die Wissenschaftler wollen das Messinstrument auf diese Weise sogar noch sensibler machen. Das Team um Physiker der Universität Hannover hat in einem Fallturm an der Universität Bremen eine Apparatur zu Boden sausen lassen, in der sie ein schwereloses Bose-Einstein-Kondensat (BEC) erzeugten. Die Teilchen in einem BEC verlieren ihre Individualität und lassen sich als ein „Super-Teilchen" betrachten. Mit einem solchen ultrakalten Quantengas in der Schwerelosigkeit wollen die Forscher ein sehr empfindliches Messgerät für das Schwerefeld der Erde konstruieren – etwa um Lagerstätten von Rohstoffen aufzuspüren. Damit könnten sie aber auch das Äquivalenzprinzip überprüfen, das jeder Schüler als unumstößlich kennenlernt, das aber noch nicht bewiesen ist. Demnach entsprechen sich die schwere und die träge Masse, sodass alle Körper im Vakuum mit derselben Geschwindigkeit fallen. (Science, 18. Juni 2010)

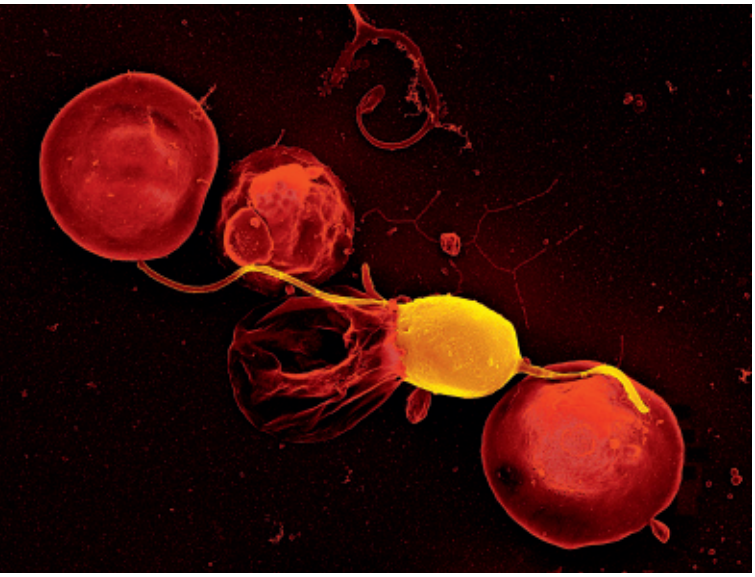


Experiment mit Fallhöhe: die Kapsel für das Bose-Einstein-Kondensat.

Immun gegen Malaria

Antibiotika schützen Mäuse vor Malaria-Infektion

Mit einem Antibiotikum gegen einen nichtbakteriellen Krankheitserreger – was auf den ersten Blick verblüfft, funktioniert tatsächlich. Forschern des Max-Planck-Instituts für Infektionsbiologie in Berlin und des Universitätsklinikums Heidelberg zufolge könnten Antibiotika in Tablettenform eines Tages als Impfung gegen Malaria dienen. Sie haben entdeckt, dass im Blut von Mäusen keine krankmachenden Malaria-Erreger auftreten, wenn die Tiere drei Tage lang die Antibiotika Clindamycin oder Azithromycin erhielten. Aber nicht nur das: Sie entwickeln zusätzlich eine anhaltende Immunität gegen nachfolgende Infektionen. Die Wissenschaftler vermuten, dass die Wirkstoffe beim Menschen ähnlich wirken könnten. Die Antibiotika blockieren ein Organell der Parasiten, den Apicoplast, das ursprünglich von Bakterien stammt und mit dessen Hilfe die Erreger in Zellen eindringen. Trotz der Blockade des Apicoplasts vermehrt sich das infektiöse Stadium der Malaria-Erreger zunächst in der Leber. So wird das Immunsystem in der Leber mit allen Erkennungsmerkmalen der Erreger konfrontiert und baut eine Immunität auf. Das krankmachende Erregerstadium kann aber anschließend nicht in die Blutzellen eindringen und die typischen Krankheitssymptome auslösen. (Science Translational Medicine, 14. Juli 2010)



Bei einem Stich durch eine infizierte Mücke werden infektiöse Stadien des Malaria-Erregers übertragen. Die wurmförmigen Sporozoiten befallen Leberzellen.

An ihren Gesten sollt ihr sie erkennen

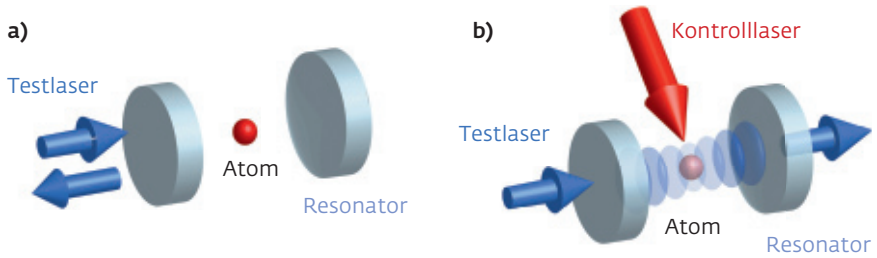
Die Medienauftritte von Politikern sind heutzutage minutiös geplant. Politikberater empfehlen ihren Schützlingen sogar, vor allem die rechte Hand für ihre Gestik zu benutzen, denn in vielen Kulturen sind „Gut“ und „Böse“ jeweils mit „rechts“ und „links“ assoziiert. Eine Untersuchung des Max-Planck-Instituts für Psycholinguistik in Nijmegen, Niederlande, zeigt jedoch, dass Menschen positive Botschaften nicht mit einer bestimmten Körperseite verbinden, sondern mit der Seite, die bei ihnen persönlich dominiert. Rechtshänder assoziieren also beispielsweise Ehrlichkeit oder Intelligenz mit ihrer rechten, Linkshänder mit ihrer linken Seite. Wissenschaftler des Instituts haben die spontane Gestik der amerikanischen Präsidentschaftskandidaten 2004 und 2008 in Reden mit positivem und negativem Inhalt analysiert. Demnach unterstützten die rechtshändigen Kandidaten George W. Bush und John Kerry positive Aussagen bevorzugt mit der rechten Hand, negative Aussagen begleiteten sie dagegen vor allem mit der linken Hand. Bei den Linkshändern Barack Obama und John McCain geschah dies genau umgekehrt. John McCain unterstrich beispielsweise negative Inhalte zwölfmal häufiger mit der rechten Hand. (PLoS ONE, 28. Juli 2010)

Zeige mir deine Gestik, und ich sage dir, ob du lügst: Der Rechtshänder George W. Bush verknüpft positive Botschaften häufiger mit Gesten seiner rechten, negative Botschaften dagegen mit der linken Hand. Der Linkshänder Barack Obama setzt seine Hände in umgekehrtem Muster ein.

Fotos: SPL – Agentur Focus (oben), dpa – picture alliance (2. unten)

Quantentransistor für Photonen

Licht könnte künftig den Job machen, den heute Elektronen erledigen. Schnell und zuverlässig soll es in Computern Unmengen an Daten verarbeiten. Nun haben Physiker des Max-Planck-Instituts für Quantenoptik einen optischen Transistor konstruiert, nach dessen Prinzip auch die kleinsten Schaltelemente in einem Rechner der Zukunft arbeiten könnten. Mit einem Kontrolllaser steuern die Forscher, ob ein einzelnes Atom zwischen zwei Spiegeln einen Testlaser passieren lässt – so wie eine Kontrollspannung den Stromfluss durch einen Transistor reguliert. Sie nutzen dabei einen quantenmechanischen Interferenzeffekt namens elektromagnetisch induzierte Transparenz, kurz EIT. Solange der Kontrolllaser ausgeschaltet bleibt, wechselwirkt das Atom in dem Hohlraum zwischen den Spiegeln mit dem Testlaser. Dann kann dieser das System nicht ungehindert durchdringen. Der Kontrolllaser manipuliert das System aus Atom und Spiegeln nun so, dass es nicht länger mit dem Testlaser interagiert – es wird für den Testlaser unsichtbar und gibt den Weg für den Testlaser wieder frei. Bislang ließ sich dieser Effekt nur mit sehr vielen Atomen demonstrieren. (Nature 465, 755-758 (2010) doi:10.1038/nature09093)



Licht schaltet Licht: Die Garchinger Physiker können das System aus Resonator und Atom so einstellen, dass es den Testlaser nicht passieren lässt (a). Mit dem Kontrolllaser schalten sie es dann transparent (b).

Das Proton – kleiner als gedacht

Manchmal sind große Probleme ganz klein. Das Problem, mit dem sich Physiker nun beschäftigen müssen, misst gerade einmal 0,0350 Millionstel eines millionstel Millimeters. Um genau so viel ist ein Proton, der Kern eines Wasserstoffatoms, kleiner als bislang angenommen. Statt 0,8768 Femtometer misst es nämlich nur 0,8418 Femtometer. Das hat ein internationales Forscherteam um Physiker des Max-Planck-Instituts für Quantenoptik nun in Experimenten am Schweizer Paul-Scherrer-Institut gemessen, die zehnmal genauer sind als alle vorherigen. Die Forscher haben winzige Feinheiten im atomaren Aufbau von myonischem Wasserstoff untersucht. In diesem saust nicht ein Elektron, sondern ein deutlich schwereres Myon um den Kern. Praktisch nur mit dem gewichtigeren Myon macht sich bemerkbar, dass das Atom Zustände annehmen kann, in denen sich das Elektron respektive Myon manchmal im Atomkern aufhält, während es in andern Zuständen den Kern meidet. Das führt zu einem winzigen Energieunterschied zwischen den Zuständen, die von der Größe des Kerns oder Protons abhängen. Die Energiedifferenz haben die Physiker mit einem Laser von extrem genau definierter Wellenlänge gemessen und daraus die Protongröße berechnet. Sie bescheren der Physik damit einige knackige Probleme: Mindestens eine Naturkonstante ändert sich nun. Aber auch die Rechnungen der Quantenelektrodynamik müssen überprüft werden. Diese Theorie gilt als sehr gut belegt, ihre Vorhersagen stimmen aber nicht mit den aktuellen Messungen überein. (Nature, 8. Juli 2008)

War Ziel einer kosmischen Kollision: Vor rund 200 Jahren stürzte ein Komet in den Gasriesen Neptun.

Vom Kometen getroffen

Die großen Planeten im Sonnensystem sind immer wieder Zielscheiben für kosmische Bomben – Kometen und Planetoiden. Legendär ist das Geschoss, das vor 65 Millionen Jahren auf der Erde wohl zum Aussterben der Dinosaurier beitrug. Und 1994 schlugen Bruchstücke des Kometen Shoemaker-Levy 9 in die Atmosphäre des Jupiter ein. Vor etwa 230 Jahren traf es den Saturn, wie Wissenschaftler des Max-Planck-Instituts für Sonnensystemforschung kürzlich entdeckten. Jetzt wurde die Gruppe gemeinsam mit Max-Planck-Kollegen aus der extraterrestrischen Physik und dem französischen Observatorium Lesia erneut fündig. Danach hat es vor 200 Jahren auch Neptun erwischt. In den Daten des Weltraumobservatoriums *Herschel* stießen sie auf eine charakteristische Verteilung von Kohlenmonoxid innerhalb der Atmosphäre des Gasriesen: Kohlenmonoxid war in der Stratosphäre höher konzentriert als in der darunter gelegenen Troposphäre. Eine solche Anreicherung lässt sich nur durch eine externe Quelle erklären – wie einen Kometeneinschlag. Dabei bricht der staubige Schneeball auseinander und das im Kometeneis gebundene Kohlenmonoxid verteilt sich im Laufe der Jahre von der Unglücksstelle über die gesamte Stratosphäre. (Astronomy & Astrophysics, online, 16. Juli 2010)

Foto: NASA (oben), Grafik: MPI für Quantenoptik