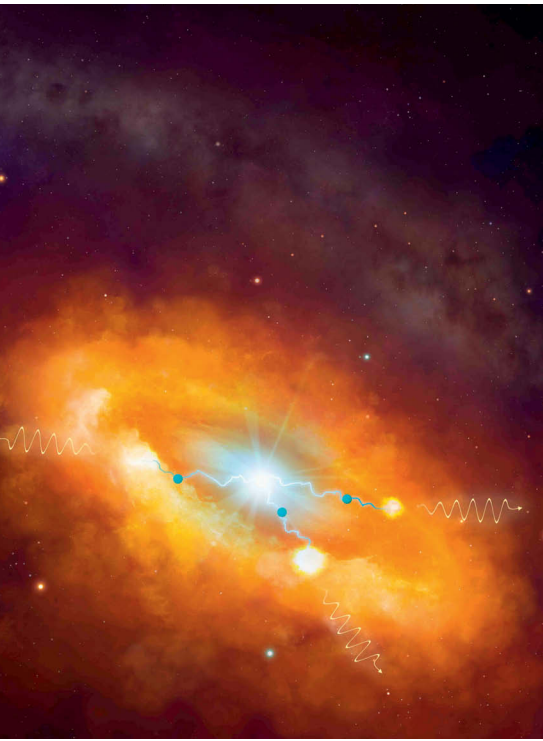


Energieschleuder im Herzen der Milchstraße

H.E.S.S.-Teleskope registrieren kosmische Strahlung, die vom schwarzen Loch beschleunigt wird



Die Erde ist ständig dem Bombardement hochenergetischer Teilchen aus dem All ausgesetzt. Dabei handelt es sich um Protonen, Elektronen und Atomkerne, die man als kosmische Strahlung bezeichnet. Wenn die Teilchen beschleunigt werden, entsteht energiereiches Gammalicht. Dieser Prozess findet auch im Zentralbereich unserer Milchstraße statt. Das dabei ausgesandte Gammalicht beobachten Forscher – unter anderem aus dem Max-Planck-Institut für Kernphysik – seit einem Jahrzehnt mit den H.E.S.S.-Teleskopen in Namibia. So hatten sie bereits vor einigen Jahren eine starke kompakte Quelle sowie ein ausgedehntes Band diffuser Gammastrahlung mit Teraelektronenvolt-Energie ($\text{TeV} = 10^{12} \text{ eV}$) nachgewiesen. Nun

identifizierten die Wissenschaftler jedoch zum ersten Mal eine Strahlungsquelle im Bereich von Petaelektronenvolt-Energie ($\text{PeV} = 10^{15} \text{ eV}$): Dabei handelt es sich vermutlich um das Sagittarius A* genannte supermassive schwarze Loch im Herzen der Galaxis; das Massemonster wäre demnach mit der kompakten Quelle im Teraelektronenvolt-Bereich identisch. Zudem könnte sein Gammalicht mit Molekülwolken in Wechsel treten und so auch das diffuse Gammalicht-Band erzeugen. Andere Objekte wie einen Supernovaüberrest, einen Pulsarwindnebel und einen kompakten Sternhaufen schließen die Astronomen als Energieschleudern bei Petaelektronenvolt aus. (www.mpg.de/10384481)

Außerirdische Teilchenbeschleuniger: Die künstlerische Darstellung zeigt Prozesse, die zur Entstehung der hochenergetischen Gammastrahlung beitragen. Protonen (blaue Kugeln), die vom schwarzen Loch Sagittarius A* (helle Quelle im Zentrum) beschleunigt werden, wechselwirken mit Molekülwolken der Umgebung. Dabei werden unter anderem Pionen erzeugt, die fast sofort zu Gammastrahlungsphotonen zerfallen (gelbe Wellen). Im Hintergrund: Aufnahme der Milchstraße im sichtbaren Licht.

Bluttest für Tuberkulose

Biomarker sollen in Zukunft das Ausbruchsrisiko einer Tuberkulose voraussagen. Zwischen 1,5 und zwei Millionen Menschen sterben jedes Jahr an Tuberkulose. Die Erkrankung gehört damit zu den Infektionskrankheiten mit der weltweit höchsten Sterberate. Doch nicht jeder, der mit dem Erreger infiziert ist, erkrankt: Bei weniger als zehn Prozent der Infizierten bricht die Krankheit tatsächlich aus – bei wem, ließ sich aber bislang nicht vorhersagen. Ein internationales Wissenschaftlerteam, an dem auch Forscher des Max-Planck-Instituts für Infektionsbiologie in Berlin beteiligt waren, hat nun einen Tuberkulosestest entwickelt, der einen Ausbruch der Krankheit bei Infizierten mit etwa 75-prozentiger Wahrscheinlichkeit prognostizieren kann. Die Ergebnisse zeigen, dass in Immunzellen des Bluts von Tuberkulose-infizierten Menschen, die später an Tuberkulose erkranken, bestimmte Gene aktiv sind. Dieses typische Aktivitätsmuster potenzieller Tuberkulosepatienten soll der Bluttest künftig entdecken. Er könnte dann das Auftreten der Krankheit schon über ein Jahr vor dem Ausbruch vorhersagen. Jetzt soll in klinischen Studien getestet werden, ob der Ausbruch der vorhergesagten Krankheit mit einer gezielten Therapie verhindert werden kann. (www.mpg.de/10376990)



Frühzeitige Prognose: Moleküle im Blut sollen Ärzten künftig verraten, ob ein Mensch an Tuberkulose erkranken wird.

Kompass im Auge

Einige Säugetiere können sich möglicherweise ähnlich wie Vögel am Erdmagnetfeld orientieren

Füchse fangen Mäuse erfolgreicher, wenn sie ihre Beute in Nordost-Richtung anspringen. Für diese erstaunliche Beobachtung haben Forscher des Max-Planck-Instituts für Hirnforschung möglicherweise eine Erklärung gefunden. Sie haben in der Netzhaut mehrerer Säugetierarten lichtempfind-

liche Moleküle gefunden, die auch Änderungen des Erdmagnetfelds registrieren können. Demnach besitzen Hund, Wolf, Bär, Fuchs und Dachs das sogenannte Cryptochrom 1, katzenartige Raubtiere wie Katzen, Löwen und Tiger dagegen nicht. Bei Affen kommt das Molekül zum Beispiel im Auge von Orang-Utans und manchen Makaken vor. Die Forscher vermuten, dass die Tiere das Cryptochrom 1 ähnlich wie manche Vögel zur Wahrnehmung des Erdmagnetfeldes benutzen. Auch Zugvögel besitzen Cryptochrom-Moleküle im Auge, mit denen sie die Neigung der Magnetfeldlinien zur Erdoberfläche wahrnehmen können. Die Moleküle reagieren jedoch nur dann auf das Magnetfeld, wenn sie gleichzeitig durch Licht angeregt werden. Zusätzlich besitzen Vögel auch noch mikroskopisch kleine eisenhaltige Magnetpartikel in Zellen zur Orientierung am Magnetfeld. Ein solcher Magnetit-basierter Magnetsinn kommt auch bei manchen Säugetieren wie den Graumullen vor. (www.mpg.de/10319313)



Verräterisches Magnetfeld: Füchse können ihre Beute möglicherweise anhand winziger Veränderungen im Erdmagnetfeld orten.

Erpresser am Verhandlungstisch

Teilnehmer großer politischer Konferenzen können ein Lied davon singen: Immer wieder scheitern Verhandlungen an unkooperativem, egoistischem Verhalten einzelner Unterhändler. An den jahrelangen, oft ergebnislosen Verhandlungen über ein Klimaabkommen lässt sich dies genauso studieren wie an den aktuellen Schwierigkeiten, die EU-Länder auf gemeinsame Quoten bei der Flüchtlingsaufnahme festzulegen. Wissenschaftlern der Max-Planck-Institute für Meteorologie in Hamburg und für Evolutionsbiologie in Plön zufolge liegt dies daran, dass sich Menschen bevorzugt von Repräsentanten vertreten lassen, die eine erpresserische Verhandlungsstrategie verfolgen: den eigenen Anteil an einer Gemeinschaftsaufgabe mög-

lichst niedrig halten, durch standhaftes „Mauern“ andere zwingen, das Defizit auszugleichen, und am Ende vom Erreichen des gemeinsamen Ziels am meisten profitieren. Die Forscher haben dies mithilfe eines Klimaspiels und eines spieltheoretischen Modells herausgefunden. 40 Prozent der Teilnehmer agierten demzufolge erpresserisch. Die Ergebnisse geben Anlass zu gedämpftem Optimismus: Erpressung führt schlussendlich zum Verhandlungserfolg. Alle profitieren davon, wenn das Verhandlungsziel erreicht wird: die Erpresser sehr viel, die Erpressten nur wenig – aber immerhin etwas. Trotz dieser machiavellistischen Strategie könnte der Klimawandel auf diese Weise abgewendet werden. (www.mpg.de/10347494)



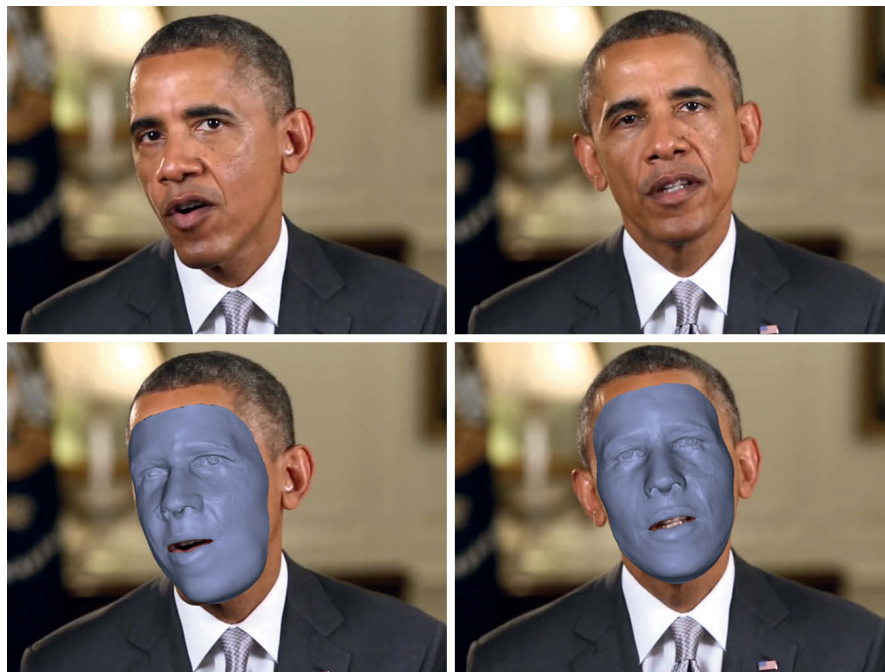
Politische Konferenzen sind immer wieder Schauplätze erbittert geführter Verhandlungen, bei denen oft erst in letzter Minute eine Einigung erreicht wird.

Animieren leicht gemacht

Saarbrücker Informatiker erstellen anhand von Videos realistische Gesichtsmodelle für Filme

Die Filmindustrie baut heute nicht mehr allein auf die Kunst der Schauspieler – nach dem Dreh werden deren Gesichter oft noch am Rechner bearbeitet. Für solche Computeranimationen benötigt man dreidimensionale Gesichtsmodelle, so-

genannte *face rigs*, die bislang über aufwendige Messverfahren erstellt und von Hand in die Filmszenen eingebaut werden. Christian Theobalt, Leiter der Gruppe „Graphics, Vision and Video“ am Saarbrücker Max-Planck-Institut, hat gemeinsam mit seinem Team eine neue Methode entwickelt, die diesen Vorgang wesentlich beschleunigt. Dabei reichen dem Team Aufnahmen einer Standard-Videokamera. Mit mathematischen Methoden schätzen die Forscher die nötigen Parameter wie Gesichtsgeometrie, Reflexionseigenschaften und Szenenbeleuchtung ab. Auf dieser Basis können sie ein individuelles Gesicht am Rechner so realitätsgetreu rekonstruieren, dass es wie ein vollständiges *face rig* funktioniert. Allein über mathematische Verfahren verpassen die Informatiker den Protagonisten dann unterschiedliche Gesichtsausdrücke. (www.mpg.de/10360478)



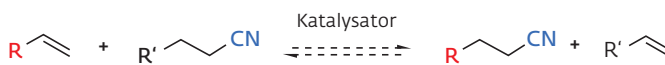
Passende Mienen: Anhand gewöhnlicher Videoaufnahmen wie hier von US-Präsident Barack Obama erstellen Forscher des Max-Planck-Instituts für Informatik realistische Gesichtsmodelle für Computeranimationen und Avatare. Mithilfe der Modelle können sie die Gesichter der Personen auch andere Emotionen ausdrücken lassen, als im Ausgangsvideo zu sehen waren.

Eine Hammer-Tauschaktion

Mit einer sicheren Variante der Hydrocyanierung entwickeln Chemiker ein vielseitiges Werkzeug

Chemie ist wie ein Werkzeugkasten. Um medizinische Wirkstoffe, Kunststoffe oder Farben herzustellen, greifen Chemiker zu Reagenzien wie Handwerker zu ihren Arbeitsgeräten. Wissenschaftler des Max-Planck-Instituts für Kohlenforschung präsentieren nun ein neues chemisches Werkzeug, das einen wichtigen Syntheseschritt, die Hydrocyanierung, ermöglicht und ungefährlicher ist als die gängige Methode. Das ist in etwa so, als würde ein Hammer erfunden, mit dem man sich nicht auf die Finger klopfen kann. Mithilfe eines geeigneten Katalysators ist es den Forschern gelungen, eine Cyanidgruppe – eine funktionelle Gruppe, die viele Möglichkeiten für die Weiterverarbeitung einer Substanz schafft – von einem Molekül auf ein anderes zu übertragen. Dabei übernimmt das Spendermolekül eine Doppelbindung seines Reaktionspartners. Für diesen Syntheseschritt, der unter anderem bei

der Nylonherstellung gebraucht wird, benötigt man bislang giftige Blausäure (Cyanwasserstoff). Die neue Reaktion lässt sich zudem noch sehr leicht umkehren. Der neue Hammer im chemischen Werkzeugkasten verursacht also nicht nur keine blauen Daumen mehr, er taugt zugleich auch als Zange. (www.mpg.de/10309105)

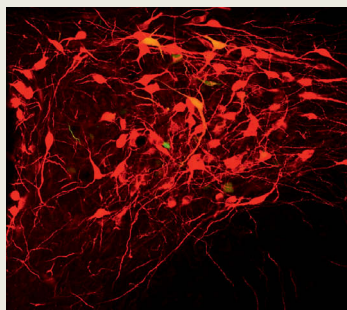


Molekularer Tausch: Chemiker des Max-Planck-Instituts für Kohlenforschung haben einen sicheren Weg gefunden, die Cyanidgruppe (CN) von einem Molekül (R') auf ein anderes (R) zu übertragen. Dabei übernimmt das Spendermolekül eine Doppelbindung(=) seines Reaktionspartners.

Kuscheln gegen den Schmerz

Schnelle Geburt – die aus dem Griechischen stammende Bezeichnung für Oxytocin weist bereits auf eine wichtige Aufgabe des Hormons hin: Bei der Geburt löst es eine Kontraktion der Gebärmuttermuskulatur aus und leitet die Wehen ein. Da Oxytocin auch sonst soziale Bindungen reguliert, wird es gemeinhin als Kuschelhormon bezeichnet. Das Hormon wird ausschließlich im Hypothalamus des Gehirns gebildet und unter anderem über die Hirnanhangsdrüse ins Blut abgegeben. Forscher des Max-Planck-Instituts für medizinische Forschung in Heidelberg haben nun im Hypothalamus von Ratten eine kleine Gruppe von etwa 30 Nervenzellen entdeckt, die die Ausschüttung von Oxytocin ins Blut koordiniert und auch Zellen im Rückenmark anregt. Die Nervenenden der Zellen reichen bis ins Rückenmark, wo sie Oxytocin als Neurotransmitter ausschütten. Wie die Wissenschaftler nun festgestellt haben, verringert das Hormon auf diese Weise das Schmerzempfinden. Die Forscher gehen davon aus, dass es diese Zellen auch im menschlichen Gehirn gibt. Vermutlich besteht das menschliche Oxytocin-System jedoch aus mehr Zellen. (www.mpg.de/10329354)

Gezielte Hormongabe: Eine kleine Gruppe Oxytocin-produzierender Nervenzellen (rot) koordiniert die Ausschüttung von Oxytocin in Blut und Rückenmark.

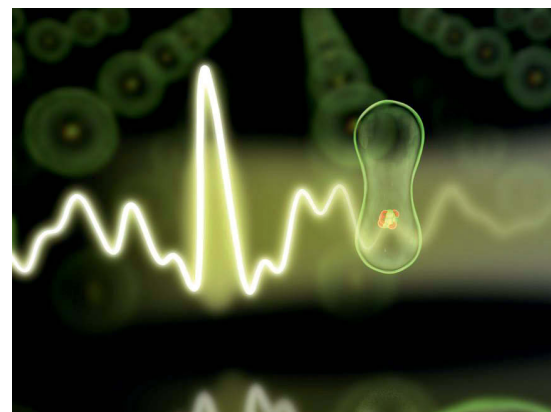


Fotos: Christian Hackenberger (oben), Eliava et al., 2016 (unten)

Elektronen im Reaktionstest

Sichtbare Attosekundenblitze messen die verzögerte Reaktion von Elektronen auf Licht

Licht könnte der Motor sein, der Elektronik künftig noch schneller macht. So verfolgen Physiker das Ziel, mit Lichtpulsen elektrische Ströme in Schaltkreisen zu steuern, und zwar im Takt der Lichtfrequenz. Erkenntnisse von Eleftherios Goulielmakis und seinem Team am Max-Planck-Institut für Quantenoptik dürften es ermöglichen, Elektronen mit Licht künftig genauer zu kontrollieren. Wie die Wissenschaftler herausfanden, folgen Elektronen den elektromagnetischen Kräften des Lichts nicht unmittelbar, sondern mit einer Verzögerung von 100 Attosekunden. Die Reaktionszeit bestimmten die Forscher, indem sie Elektronen in Kryptonatomen mit Attosekundenpulsen sichtbaren Lichts anregten. Wenn man diese Verzögerung berücksichtigt, lassen sich möglicherweise noch präzisere optoelektronische Bauelemente entwickeln. (www.mpg.de/9961189)



Elektronische Reaktionszeit: Attosekundenblitze sichtbaren Lichts ermöglichen es, die Verzögerung zu messen, mit der Elektronen wegen ihrer Trägheit auf das anregende Licht reagieren. Die eigentümliche Form der Lichtwelle ergibt sich, weil der Attosekundenpuls aus Licht unterschiedlicher Wellenlänge geformt wird.

Immungene vom Neandertaler

Frühmenschen stärkten die Abwehrkräfte von *Homo sapiens*

Wer in fremden Ländern unterwegs ist, hat oft mit Infektionen zu kämpfen. Der Grund: Das Immunsystem trifft dort auf ihm unbekannte Krankheitserreger. Genauso ging es dem modernen Menschen, als er vor rund 50 000 Jahren aus Afrika nach Europa einwanderte. Offenbar profitierten die Migranten damals von Bewohnern, die schon lange vor ihnen dort lebten: Sie vermischten sich mit den schon seit 200 000 Jahren in Europa lebenden Neandertalern und übernahmen Genvarianten, die sie widerstandsfähiger gegen die örtlichen Krankheitserreger machten. Genanalysen von Forschern des Max-Planck-Instituts für evolutionäre Anthropologie in Leipzig haben ergeben, dass heute le-

bende Menschen außerhalb Afrikas drei Immunproteine von anderen Frühmenschen geerbt haben: zwei von Neandertalern, eines von Denisova-Menschen – einer weiteren Frühmenschenform. Bei den Immunproteinen handelt es sich um sogenannte Tolllike-Rezeptoren, die auf der Oberfläche von Immunzellen sitzen und Bestandteile von Bakterien, Pilzen und Parasiten aufspüren. Die Genvarianten der Frühmenschen reagieren bei Kontakt mit Krankheitserregern besonders empfindlich. Die Nachkommen der Einwanderer waren dadurch vor Infektionen besser geschützt. Allerdings macht uns das Erbgut der Frühmenschen heute anfälliger für Allergien. (www.mpg.de/9819624)

Die dunkle Taiga lichtet sich

Forscher prognostizieren als Folge der Erderwärmung mehr Laubbäume in borealen Wäldern

Ein internationales Team um Susanne Tautenhahn vom Max-Planck-Institut für Biogeochemie hat untersucht, wie sich boreale Wälder durch die Erderwärmung verändern. „Infolge

des Klimawandels werden Brände etwa durch Blitzeinschläge häufiger und intensiver, und die natürlichen Regenerationsprozesse geraten aus dem Gleichgewicht“, erläutert Tautenhahn, die inzwischen an der Universität Jena arbeitet. Dadurch wird eine Kette von Ereignissen in Gang gesetzt: Nach einem Brand können sich Nadelbäume schwer wiederansiedeln, weil sich deren relativ große Samen nur begrenzt ausbreiten. Laubbäume haben dagegen kleine Samen, die mit dem Wind weit verbreitet werden. So erobern sie sich nach großflächigen Bränden die Flächen deutlich schneller zurück und setzen sich auch langfristig durch. Mit dem Zurückdrängen der typischen Nadelbäume, die viel Feuchtigkeit in Bodennähe speichern, erhöht sich wiederum die Waldbrandgefahr – ein sich selbst verstärkender Prozess, der das Ökosystem nachhaltig verändert. (www.mpg.de/10305999)



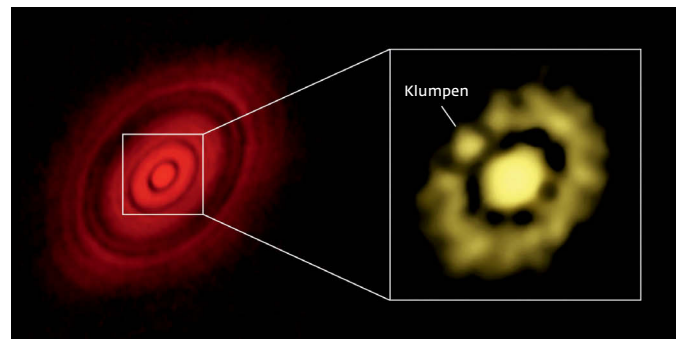
Taiga im Wandel: Durch die Erderwärmung werden Waldbrände in borealen Nadelwäldern zunehmen. Laubbäume, die dort heute nur als Pionierpflanzen vorkommen, könnten sich langfristig durchsetzen.

Planetengeburt im Eiltempo

Astronomen beobachten in der Scheibe um den Stern HL Tauri einen Staubklumpen

Planeten entstehen in Scheiben aus Gas und Staub. Das Radioteleskop VLA in New Mexico hat die inneren Partien einer solchen kosmischen Geburtsstätte rund um den jungen Stern HL Tauri so detailreich wie nie zuvor beobachtet. Deutlich sichtbar ist dabei ein riesiger Staubklumpen mit der drei- bis achtfachen Sonnenmasse. Nach Meinung von Forschern des Max-Planck-Instituts für Astronomie bedeutet die Existenz des Klumpens eine Lösung für ein grundlegendes Problem: Wie können Planeten innerhalb der relativ kurzen Zeit entstehen, die sie für ihr Wachstum zur Verfügung haben? Tatsächlich lassen die neuen Bilder einen deutlich schnelleren Geburtsprozess vermuten, denn aus bestimmten Strömungsmustern des Scheibengases resultieren Regionen mit besonders hoher Staubdichte. Und darin kann die Planetenentstehung sehr viel rascher ablaufen als in einer homogenen Scheibe. Äußere Zeichen dafür sind die gefundenen dichten Staubringe, in denen sich Fragmente wie der erwähnte Klumpen bilden können. (www.mpg.de/10394125)

Kosmischer Kreißaal: Die protoplanetare Staubscheibe um den jungen Stern HL Tauri. Links frühere Beobachtungen mit dem ALMA-Observatorium, die durch Lücken getrennte helle Bereiche zeigten; rechts die neuen Beobachtungen mit dem VLA, die zusätzliche Strukturen der inneren Ringe sichtbar machen. Bei dem als Klumpen gekennzeichneten Objekt dürfte es sich um eine Region handeln, in der gerade ein Planet entsteht.

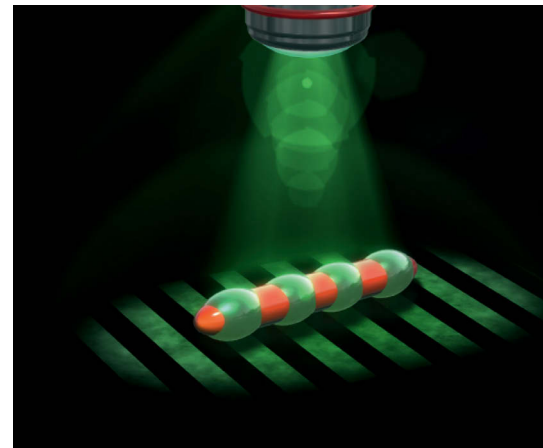


Wimpertierchen als Vorbild

Mikroschwimmer bewegen sich auf ähnliche Weise durch Flüssigkeiten

Wimpertierchen leisten Erstaunliches: Weil sie so winzig sind, erscheint ihnen das Wasser, in dem sie leben, zäh wie Honig. Trotzdem schieben sie sich allein durch die synchronisierte Bewegung Tausender dünnster Filamente an ihrer Außenhaut, den „Wimpern“, durch Gewässer. Forscher des Max-Planck-Instituts für Intelligente Systeme in Stuttgart haben nun winzige Roboter entwickelt, die – wie ihr Vorbild – mit bloßem Auge kaum erkennbar sind und sich auf ähnliche Weise durch Flüssigkeiten bewegen. Die Wissenschaftler um Peer Fischer nutzten für ihre Mikroschwimmer Flüssigkristall-

Elastomere, die sich ausdehnen, wenn sie mit grünem Licht bestrahlt werden. So ergibt sich eine peristaltische Bewegung, die das künstliche Wimpertierchen antreibt, wenn grüne Lichtstreifen über dieses wandern. Ein Mini-U-Boot, das wie in der Science-Fiction autonom durch den menschlichen Körper schwimmt, Krankheiten aufspürt und kuriert, lässt sich mit diesem Prinzip zwar nicht verwirklichen. Doch als kleine medizinische Helfer vor einem Endoskop könnte eine weiterentwickelte Form des neuen Stuttgarter Antriebs durchaus zum Einsatz kommen. (www.mpg.de/10310333)



Angeregter Mikroschwimmer: Das Material des knapp einen Millimeter langen Schwimmkörpers ist so gewählt, dass es sich im Licht ausdehnt. Daher laufen wellenförmige Auswölbungen über den Schwimmer und treiben ihn in entgegengesetzter Richtung an, wenn grüne Lichtstreifen über seine Oberfläche fahren.

Not macht Senioren risikobereiter

In den meisten westlichen Ländern sinkt die Neigung, im Alltag Risiken einzugehen, mit zunehmendem Alter. Dagegen bleibt die Risikobereitschaft in Ländern wie Nigeria, Mali oder Pakistan im Alter konstant. Zu diesem Ergebnis kommen Wissenschaftler der Universität Basel und des Max-Planck-Instituts für Bildungsforschung in Berlin. Beim Vergleich von Daten aus 77 Ländern zeigte sich ein deutlicher Zusammenhang zwischen der Risikobereitschaft und Faktoren wie niedrigem Pro-Kopf-Einkommen, großer Einkommensungleichheit oder hoher Mordrate. Als Grund vermuten die Forscher, dass Menschen in Ländern, in denen die Ressourcen knapp sind, stärker miteinander konkurrieren müssen als Menschen in reichen und sozialen Ländern. (www.mpg.de/9812863)

Kampf um den Wirt

Außer bei „Tom und Jerry“ würde wohl keine Maus auf die Idee kommen, sich freiwillig in der Nähe einer Katze aufzuhalten. Manche Mäuse tun es doch, denn sie werden von Katzen magisch angezogen. Dahinter steckt ein parasitärer Einzeller namens *Toxoplasma gondii*, der das Verhalten der Maus zu seinen Gunsten verändert: Tollkühnere Mäuse werden eher gefressen, was die Ausbreitung des Parasiten begünstigt. Auch andere Parasiten manipulieren das Verhalten ihres Wirts. Doch was geschieht, wenn Parasiten in unterschiedlichen Entwicklungsstadien oder gar verschiedene Parasitenarten mit entgegengesetzten Zielen einen Wirt befallen? Wissenschaftler des Max-Planck-Instituts für Evolutionsbiologie in Plön haben herausgefunden, dass sich Parasiten gegenseitig sabotieren und das Manipulationsprogramm des anderen ausschalten – selbst wenn sie unterschiedlichen Arten angehören. Bei Interessenskonflikten behält den Forschern zufolge immer der Parasit die Oberhand, der sich im infektiösen Stadium befindet und seinen Wirt wechseln muss. Die Forscher haben dies durch die Untersuchung von parasitä-

ren Band- und Fadenwürmern entdeckt, die zunächst Ruderfußkrebse und dann Fische befallen. Dieses Verhalten könnte auch medizinische Konsequenzen haben, wenn beispielsweise Parasiten Manipulationsprogramme von Krankheitserregern unterlaufen und dadurch die Ausbreitung der Erreger erschweren. (www.mpg.de/9941730)



Widerstreitende Ziele: Oft befallen mehrere Parasiten ein und denselben Wirt, wie hier der Bandwurm *Schistocephalus solidus* (grün) und der Fadenwurm *Camallanus lacustris* (blau) einen Ruderfußkrebs. Befinden sich die beiden Parasiten in unterschiedlichen Entwicklungsstadien, versuchen sie, das Verhalten des Krebses in entgegengesetzte Richtung zu beeinflussen.