



FORSCHUNG aktuell

ILLUSTRATION: UNITED FEATURES SYNDICATE INC./DISTR.: KIPKAKOMIS.DE



NEUROWISSENSCHAFTEN

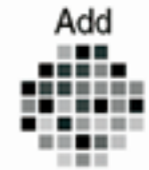
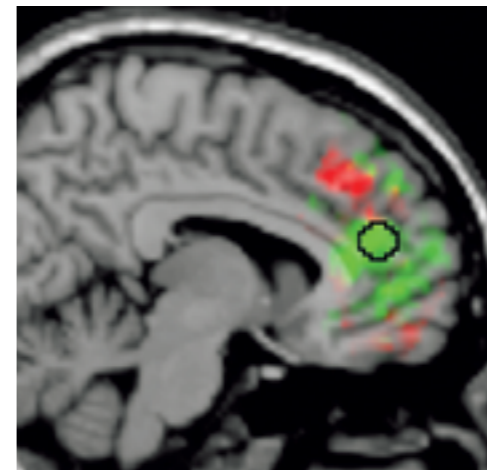
Gedankenlesen mit dem Tomografen

Jeden Tag nehmen wir uns Dinge vor – dem Freund ein Buch zurückzugeben oder einen Termin nicht zu vergessen. Welche Absichten seine Probanden hegen, hat John-Dylan Haynes, der am Max-Planck-Institut für Kognition- und Neurowissenschaften und am Bernstein Center for Computational Neuroscience in Berlin forscht, zusammen mit Kollegen aus London und Tokio aus deren Hirnaktivität abgelesen – zumindest in einem klar definierten Versuchsablauf. Mit Hilfe der Magnetresonanztomografie und hoch entwickelten Analysemethoden haben die Wissenschaftler untersucht, wie und wo das Gehirn Absichten verarbeitet. An dem Aktivierungsmuster des jeweiligen Gedankens haben sie dabei die Pläne ihrer Testpersonen erkannt. (CURRENT BIOLOGY online, 8. Februar 2007).

Was wir uns insgeheim vornehmen, bleibt anderen Menschen verborgen, bis wir unser Vorhaben in die Tat umsetzen – bis jetzt zumindest. Im Rahmen eines klar definierten Versuchsbaus ist es Wissenschaftlern nun aber gelungen, die Absichten ihrer Versuchspersonen schon im Voraus zu entschlüsseln. Dazu ließen sie die Probanden zwischen zwei möglichen Entscheidungen frei wählen. Die Versuchspersonen sollten sich vornehmen, bei einer Rechenaufgabe zwei Zahlen entweder zu addieren oder zu subtrahieren. Und noch bevor sie die Zahlen zu sehen bekamen und zu rechnen begannen, konnten die Wissenschaftler mit 70-prozentiger Genauigkeit die Absicht der Probanden erkennen – allein anhand ihrer Gehirnaktivität.

Die Testpersonen trafen ihre Wahl verdeckt und wussten zunächst nicht, welche zwei Zahlen sie

Subtrahieren oder addieren – das entscheidet sich in den farbig markierten Hirnregionen, die menschliche Absichten verarbeiten. Die roten Areale speichern Vorhaben während der Tat, die grünen davor. Schon bevor ein Proband zu rechnen beginnt, verraten die Muster der Hirnaktivierung (rechts), welche Aktion er plant.



Jeder Gedanke hat dabei sein eigenes Aktivierungsmuster. „Mit unserer Methode können wir also eine Art Bibliothek der Gedanken anlegen“, sagt Haynes. Dabei braucht jede Testperson ihre eigene Gedankenbibliothek, denn die Gedankenmuster sind individuell verschieden – zumindest wenn es um Details geht. „Für Gefühle oder Lügen stimmt das Aktivierungsmuster zwischen Menschen recht gut überein, aber wenn es um konkrete Inhalte einer Absicht geht, sind die Unterschiede sehr groß.“ Bislang können die Wissenschaftler für viele Aktivitäten des

Gehirns nur einen recht groben Bereich angeben: „Wir wissen also schon ungefähr, wo in einer Bibliothek des Gehirns die ‚Bücher‘ für Sehen, Hören oder ihre Absichten stehen“, sagt Haynes: „Wir fangen aber jetzt erst an, in diesen Büchern auch konkrete Inhalte zu lesen.“

Ob eine Person subtrahieren oder addieren will, steht aber nicht nur in einem Buch – je nachdem ob sie schon rechnet oder nur daran denkt. Denn weiter vorn gelegene Bereiche im präfrontalen Kortex kodieren die Intention, bis die Testperson die Aufgabe ausführt. Weiter hinten gelegene Bereiche werden aktiv, sobald die Probanden zu rechnen beginnen. Haynes und seine Mitarbeiter untersuchen nun, wo die prinzipiellen Grenzen ihrer Methode liegen: Reicht es schon zu wissen, wie die Gedankenmuster für Telefon und Buch aussehen, um auch den zusammengesetzten Gedanken an ein Telefonbuch zu erkennen?

„Außerdem arbeiten wir daran, die Gedanken mit einer deutlich größeren Trefferquote als 70 Prozent auszulesen“, sagt Haynes. Dann ließe sich seine Methode auch in einem Lügendetektor anwenden – oder im Marketing. „Bei manchen Anwendungen müssen wir genau abwägen, ob wir das wollen“, sagt Haynes: „Marktforschung mit einem Gedankenleser halte ich ethisch für sehr bedenklich.“

Unstrittig dürften dagegen Anwendungen sein, die schwerstgelähmten Patienten das Leben mit computergestützten Prothesen oder Brain-Computer-Interfaces erleichtern. Bisherige Ansätze dafür konzentrieren sich vornehmlich darauf, Bewegungen zu entschlüsseln, die das Gehirn des Patienten plant, der Patient aber nicht mehr ausführen kann. Allein durch die Kraft ihrer Gedanken können Patienten so künstliche Gliedmaßen oder einen Computercursor auf dem Bildschirm bewegen. Die Forschungsarbeiten der Wissenschaftler um Haynes eröffnen nun die Perspektive, zukünftig auch abstraktere Absichten der Patienten, wie zum Beispiel ‚den blauen Ordner öffnen‘ oder ‚E-Mail beantworten‘, in solche Muster neuronaler Aktivität“, so Haynes.

FOTO: BERNSTEIN CENTER FOR COMPUTATIONAL NEUROSCIENCE, BERLIN

Kontakt:
PROF. DR.

JOHN-DYLAN HAYNES
Max-Planck-Institut
für Kognition- und
Neurowissenschaften,
Leipzig
Bernstein Center
for Computational
Neuroscience, Berlin
Tel.: +49 177
8019609
Fax: +49 341
355217-31
E-Mail: haynes@
bccn-berlin.de

BIOSENSORIK

Bauanleitung für eine molekulare Nase

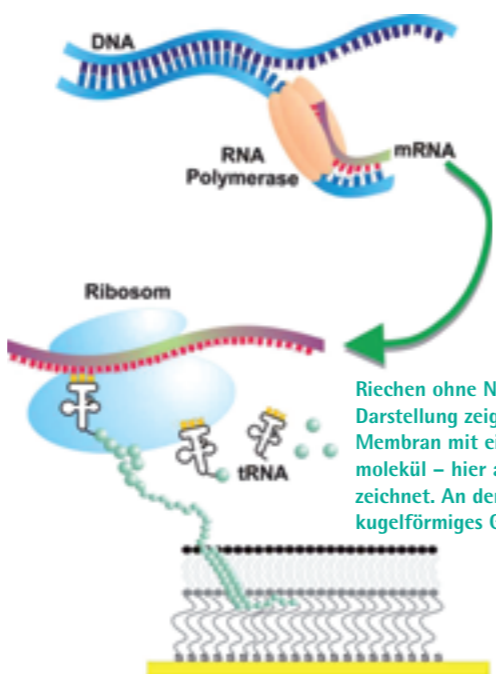
Eine künstliche Nase könnte Gifte, Sprengstoff oder Drogen erschnuppern. Nun haben Forscher des Max-Planck-Instituts für Polymerforschung und des Max-Planck-Instituts für Biochemie eine Bauanleitung entworfen, wie sich Membranproteine in künstliche Strukturen einbetten lassen. Membranproteine übernehmen in Zellen vielfältige und wichtige Aufgaben. Unter anderem dienen sie als Rezeptoren, die Signale etwa von Molekülen in der Luft in das Zellinnere weiterleiten. Membranproteine sind also ideale Biosensoren, waren aber im Labor bislang schwer zugänglich. Den Max-Planck-Wissenschaftlern gelang es nun, durch zellfreie Proteinsynthese hergestellte Membranproteine direkt in künstliche Lipidmembranen einzubetten. (ANGEWANDTE CHEMIE, International Edition, 15. Januar 2007)

Die Sinne der Lebewesen arbeiten mit verschiedenen Mechanismen: Unter anderem nutzen sie Membranproteine als Rezeptoren. Nun haben Wissenschaftler des Max-Planck-Instituts für Polymerforschung und des Max-Planck-Instituts für Biochemie Biosensoren konstruiert, indem sie solche Proteine, genauer gesagt Geruchsrezeptoren, in künstliche Strukturen eingebunden haben. Die zellfreie Proteinsynthese lieferte ihnen dabei die Membranproteine – direkt aus der genetischen Information, die dem Zellextrakt hinzugefügt wurde.

Die Versuche, Biosensoren aus Membranproteinen herzustellen, scheiterten bislang an den besonderen Eigenschaften dieser Proteine. Sie sind nämlich nicht wasserlöslich. Daher versuchten Forscher, die Proteine erst einmal mit Detergentien aus ihrer Membran herauszulösen. Dabei zerstörten sie allerdings die besondere Faltstruktur der Proteine – genau diese Struktur bestimmt aber ihre spezielle Funktion. „Wir stellten sehr schnell fest, wie kompliziert solche Membranproteine zu handhaben sind. Mit herkömmlichen Methoden bekamen wir – und auch andere Gruppen – sie einfach nicht in den Griff“, erzählt Eva-Kathrin Sinner vom Mainzer Max-Planck-Institut für Polymerforschung.

Die Max-Planck-Wissenschaftler fanden nun einen Ausweg. Sie schafften es, die Proteine in eine künstliche Matrix einzubauen, und zwar so, als befände sie sich in einer natürlichen Zellmembran: Die Wissenschaftler boten den entstehenden Membranproteinen schon während ihrer Herstellung künstliche Lipidmembransysteme an, die natürlichen

Zellmembranen ähnelten. Und tatsächlich lagerten sich die Membranproteine – die Forscher benutzten bei ihren Versuchen Geruchsrezeptoren der Wanderratte aus der Klasse der G-Proteingekoppelten Rezeptoren – in die künstlichen Membranen ein. Dass die Geruchsrezeptoren auch wirklich biologisch aktiv sind, konnten die Wissenschaftler durch die Bindung von Geruchsstoffen an die Rezeptoren nachweisen. „Wir haben jetzt praktisch eine Gebrauchsanweisung, wie man

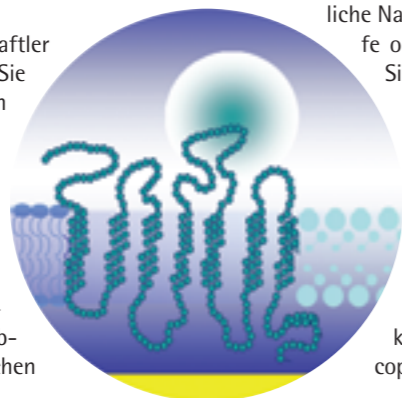


Riechen ohne Nase: Die schematische Darstellung zeigt eine synthetische Membran mit einem Geruchsrezeptormolekül – hier als lange Kette gezeichnet. An den Rezeptor bindet ein kugelförmiges Geruchsmolekül.

bisher schwer zugängliche Membranproteine in ihrer aktiven Struktur herstellen und untersuchen kann“, so Sinner.

Eine künstliche Nase wäre manchmal eine große Hilfe: Das neue Verfahren der Gruppe um Eva-Kathrin Sinner ermöglicht es erstmals, die natürlichen Funktionen solcher Membranproteine in situ zu untersuchen. Anwenden lässt sich die Methode möglicherweise nicht nur für künstliche Nasen, mit denen sich Sprengstoffe oder Drogen aufspüren ließen.

Sie ist auch für die Pharmaforschung von großer Bedeutung, da sich so auch Wirkstoffe an Rezeptoren untersuchen lassen, die bislang noch nicht zugänglich waren. Um solche Anwendungen zu erleichtern, möchten die Wissenschaftler die Lipide in den Membranen künftig durch luftstabile Blockcopolymeren ersetzen.



© Kontakt:
Dr. Eva-Kathrin Sinner
Max-Planck-Institut für Polymerforschung, Mainz
Tel.: +49 6131 379-326
Fax: +49 6131 379-381
E-Mail: sinner@mpip-mainz.mpg.de

MATERIALWISSENSCHAFT

Gel gibt künstlichen Muskeln Kraft

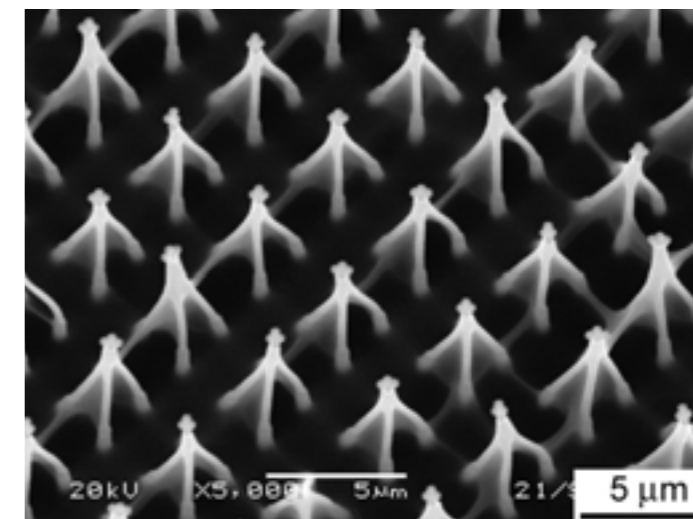
Für einen Sportler sind gallertartige Muskeln kein Grund zur Freude – für Materialwissenschaftler des Max-Planck-Instituts für Kolloid- und Grenzflächenforschung in Potsdam und der amerikanischen Bell Laboratories schon: Sie haben aus einem Gel und Siliziumnadeln einen Werkstoff entwickelt, der wie ein Muskel arbeitet. Aus dem aktiven Material haben sie auch nanometergroße Greifarme konstruiert. Sie bedienen sich dabei eines einfachen, aber äußerst effektiven Prinzips der Natur. Sie nutzen nämlich die Fähigkeit von Gelen, Wasser aufzunehmen und abzugeben und dabei mechanische Arbeit zu verrichten – ganz so, wie es auch Pflanzen können. (SCIENCE, 26. Januar 2007)

Manche Blüten öffnen sich bei Tag scheinbar wie von selbst und schließen sich, sobald es wieder dunkel wird. Es scheint, als hätten sie Muskeln. Tatsächlich bewegen aber gelartige Substanzen die Blütenblätter, indem sie abhängig von der Luftfeuchtigkeit schwellen oder schrumpfen. In der Natur bedienen sich nicht nur Blüten dieses hydraulischen Mechanismus, sondern auch Tannenzapfen oder auch der fleischfressende Sonnentau.

Die Wissenschaftler nutzten diesen Mechanismus nun für neuartige Werkstoffe, genannt HAIRS (*hydrogel high-aspect-ratio rigid structures*) – Hybridsysteme aus nanometergroßen Siliziumnadeln und einem Hydrogel. „Das Besondere des Hybridwerkstoffs ist die Kombination steifer und unflexibler Körper, der Siliziumnadeln, mit elastischen und weichen Verbindungselementen, dem Gel“, sagt Peter Fratzl, Direktor am Max-Planck-Institut für Kolloid- und Grenzflächenforschung. Dadurch entsteht ein aktiver Werkstoff, also ein Stoff, der Arbeit verrichten kann. Je nach Luftfeuchtigkeit verändert das Gel nämlich seine Oberfläche – es schrumpft oder es schwillt an und verändert dadurch die Orientierung der Siliziumnadeln. Mit diesem einfachen Prinzip stellten die Wissenschaftler zwei unterschiedliche Werkstoffe her: HAIRS-1 und HAIRS-2.

Bei HAIRS-1 sind die Siliziumnadeln im Gel verteilt und parallel ausgerichtet. Schrumpft das Gel zusammen, zieht es an den Siliziumnadeln und

kippt sie zur Seite. Das Material verhält sich wie ein künstlicher Muskel. Bei HAIRS-1 sind die Siliziumnadeln nur in das Gel eingebettet, dagegen sind bei HAIRS-2 die Nadeln zusätzlich fest auf einer Siliziumoberfläche verankert. Mit folgender Auswirkung: „Im Gegensatz zu HAIRS-1 können die Siliziumnadeln bei HAIRS-2 nicht kippen, wenn das Gel schrumpft“, erklärt Fratzl. Bei HAIRS-2 müssen sich die Nadeln verbiegen – jeweils vier der benachbarten Nadeln biegen sich aufeinander zu und bilden einen vierarmigen Greifer.



Als hätten sie auf Kommando zugepackt, präsentieren sich die vierarmigen Greifer aus dem aktiven Hybridwerkstoff HAIRS-2. Die Wissenschaftler stellen sich vor, den neuen Werkstoff einzusetzen, um Bewegungen durch Veränderungen der Luftfeuchtigkeit anzutreiben.

Diese spezielle Anordnung ergibt sich, da beim Schrumpfen des Gels Kapillarkräfte auftreten. Das Gel verhält sich wie Wasser auf einer Oberfläche – es strebt danach, seine Oberflächenspannung zu verringern. Deshalb sitzt jeweils ein Geltröpfchen zwischen vier Nadeln, die sozusagen die Eckpfeiler bilden. Schrumpft das Gel nun, zieht es die Nadeln an den Ecken nach innen, es entsteht der vierarmige Greifer. Die Greifbewegung der Nadeln ist komplett reversibel – wird das Gel wieder feucht, dehnt es sich aus und die Nadeln bewegen sich in ihre aufrechte Position zurück.

Der neue Hybridwerkstoff ist der erste aktive Werkstoff, der nach dem Prinzip von Blütenblättern und Tannenzapfen arbeitet. Noch ehe Biologen es in Pflanzen fanden, hatte es der amerikanische Architekt und Ingenieur Buckminster Fuller entdeckt und danach Häuser konstruiert. „Wir haben uns von der Biologie zu diesem aktiven Werkstoff inspirieren lassen“, sagt Fratzl: „Er könnte für Mikroaktuatoren oder in der Mikrofluidik eine Anwendung finden.“

© Kontakt:
Prof. Dr. Peter Fratzl
Max-Planck-Institut für Kolloid- und Grenzflächenforschung, Potsdam
Tel.: +49 331 567-9401
Fax: +49 331 567-9402
E-Mail: Peter.Fratzl@mpikg-golm.mpg.de

FOTOS: MPI FÜR POLYMERFORSCHUNG

FOTOS: MPI FÜR KOLLOID- UND GRENZFLÄCHENFORSCHUNG

OBERFLÄCHENPHYSIK

So nah und doch so fern

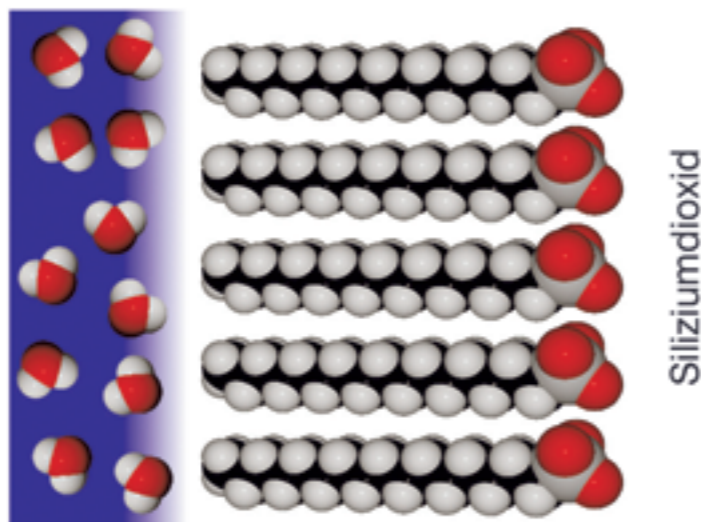
Wasser abweisende Oberflächen lassen Wasser abperlen. So sorgt die Wasser abweisende Beschichtung auf einer Regenjacke dafür, dass man trotz Regenguss seine Wanderung trocken fortsetzen kann. Die Wechselwirkung zwischen den Wassermolekülen und den Molekülen der hydrophoben Oberfläche hält dabei das Wasser fern – wie fern tatsächlich, hat ein internationales Forscherteam um Harald Reichert vom Stuttgarter Max-Planck-Institut für Metallforschung herausgefunden, nämlich knapp einen halben Nanometer. (PNAS, Bd. 103, Nr. 49, S.18401)

Bislang haben Physiker überschätzt, wie weit eine hydrophobe Schicht Wassermoleküle auf Abstand hält. Den Messungen der Stuttgarter Max-Planck-Wissenschaftler zufolge nähern sie sich der Wasser abstoßenden Schicht bis auf den 40000sten Bruchteil eines Millimeters an. Vorhergehende Untersuchungen hatten viel zu große, zum Teil widersprüchliche Werte geliefert. Und in noch einem Punkt konnten die Wissenschaftler eine frühere Streitfrage entscheiden: Wie breit sich der Spalt zwischen dem Wasser und der hydrophoben Schicht öffnet, hängt nicht – wie viele Wissenschaftler vermutet hatten – davon ab, ob in dem Wasser Gase wie zum Beispiel Kohlenmonoxid oder Kohlendioxid gelöst sind. Das kann nämlich in der Natur durchaus vorkommen, zum Beispiel in algenreichem Meerwasser.

Die Wissenschaftler bestimmten die Breite des Spalts jetzt, indem sie untersuchten, wie er Röntgenstrahlen reflektiert: Sie strahlten schräg auf die von Wasser bedeckte Probe – in diesem Fall ein Stück Silizium, das von einer dünnen Schicht Siliziumdioxid und von der sehr wasserabweisenden Substanz Octadecyltrichlorsilan überzogen war. Für verschiedene Einfallswinkel wird der Strahl in charakteristischer Weise zurückgeworfen. Indem die Wissenschaftler den Einfallswinkel systematisch veränderten und die zugehörige Reflexion maßen, konnten sie Rückschlüsse ziehen, wo die Grenze zwischen Wasser und hydrophober Oberfläche verläuft und wie breit der Grenzstreifen ist. Prinzipiell kann man für Reflexionsexperimente auch andere Strahlen

verwenden, zum Beispiel Neutronenstrahlen. Diese haben den Vorteil, dass sie von der Octadecyltrichlorsilan-Schicht nicht so stark absorbiert werden und die Schicht daher nicht so schnell zerstören. Dem Röntgenstrahl hielt das Material nur 50 Sekunden stand – dementsprechend schnell mussten die Messungen ablaufen. Dass die Stuttgarter Forscher trotzdem den energiereichen Röntgenstrahl der European Synchrotron Radiation Facility (ESRF) im französischen Grenoble verwendeten, liegt daran, dass sie das Reflexionsvermögen auf diese Weise zehntausend Mal genauer messen konnten.

Die hydrophoben Effekte, die die Forscher untersucht haben, sind nicht nur für wasserdichte Bekleidung wichtig. Harald Reichert erläutert: „Hydrophobe Effekte sind insbesondere für biologische Prozesse sehr bedeutend, zum Beispiel für den Stoffaustausch durch Ionenkanäle in der Zellmembran. Oder für Proteine, die so ihre endgültige Form erhalten.“ In einer wasserhaltigen Umgebung verbergen sich die Wasser abweisenden Teile eines Proteins in dessen Innerem, um nicht mit dem Wasser in Berührung zu kommen – so faltet sich das ganze Protein, und nur solche, die



Auf Abstand hält die wasserabweisende Schicht der regelmäßig angeordneten Moleküle (rechts) die Wassermoleküle (blau hinterlegt) – wenn auch nur auf knapp einen halben Nanometer.

korrekt gefaltet sind, können ihre Funktion im Stoffwechsel erfüllen.

Um Vorgänge in der Natur richtig zu verstehen, sind allerdings noch weitere Experimente notwendig. In biologischen Systemen befindet sich das Wasser nämlich oft in sehr kleinen Räumen, beispielsweise in winzigen Poren. „Ob unsere Ergebnisse auch für Wasser in einem so beengten Umfeld gelten, wollen wir in Zukunft untersuchen“, sagt Harald Reichert.

Kontakt:
 DR. HARALD REICHERT
 Max-Planck-Institut
 für Metallforschung,
 Stuttgart
 Tel.: +49 711
 689-1927
 Fax: +49 711
 689-1902
 E-Mail: reichert@
 mf.mpg.de

GRAFIK: MPI FÜR METALLFORSCHUNG

ASTROPHYSIK

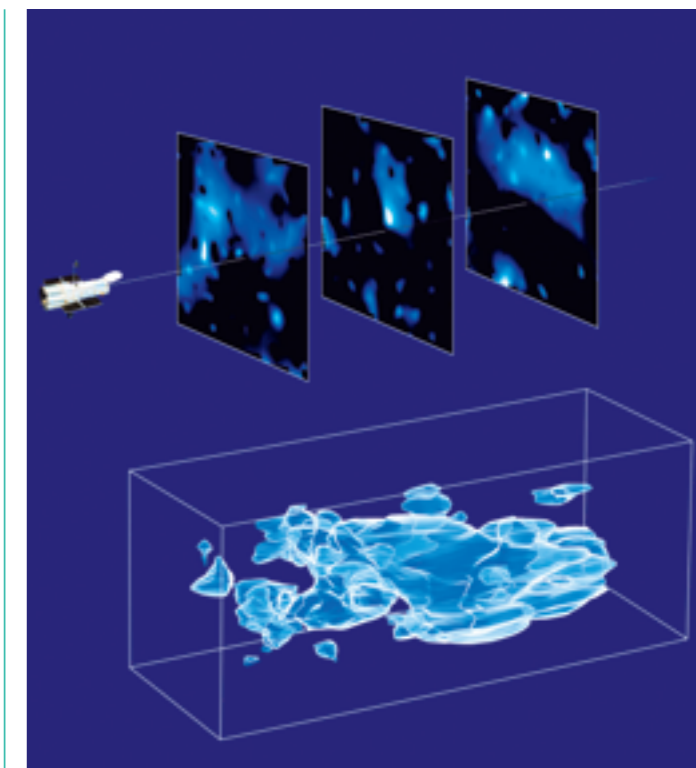
Das Gerüst des Universums

Dunkle Materie gibt dem Universum seine Struktur. Ein internationales Wissenschaftlerteam hat nun eine dreidimensionale Karte dieses unsichtbaren Gerüsts erstellt, um das sich die gewöhnliche sichtbare Materie anordnet. Die Karte zeigt in einem Ausschnitt des Universums sowohl die Verteilung dunkler als auch gewöhnlicher baryonischer Materie. Dieser Ausschnitt umfasst 500 000 Galaxien und ist der bislang größte, den Astrophysiker auf diese Weise kartografiert haben. An der Karte der normalen Materie hat auch das Max-Planck-Institut für extraterrestrische Physik in Garching mitgearbeitet. (NATURE, 7. Januar 2007)

Über 80 Prozent der gesamten Masse des Universums besteht aus dunkler Materie. Sie sendet keine elektromagnetische Strahlung wie etwa sichtbares Licht aus. Nur durch Gravitation kann sie mit normaler baryonischer Materie oder mit Licht wechselwirken. Und genau diese Eigenschaft nutzte das Wissenschaftlerteam aus, um die dreidimensionale Verteilungskarte der dunklen Materie zu zeichnen. Diese Karte bestätigt die Standardtheorie zur Rolle der dunklen Materie. Astrophysiker betrachten sie nämlich als Gerüst des Universums. Ursprünglich war sie gleichmäßig verteilt, später verdichtete sie sich in manchen Bereichen. Diese Stellen mit besonders viel dunkler Materie ziehen durch ihre Gravitation die sichtbare Materie an, so dass sich auch diese zusammenballt. So entstehen Sterne, Galaxien und ganze Galaxienhaufen. Wo sich die baryonische Materie ansammelt, hängt also von der Verteilung der dunklen Materie ab.

Die Daten, die die Forscher für die Landkarte verwendeten, stammen vom Weltraumteleskop Hubble. Im Rahmen des Cosmic Evolution Survey (COSMOS) hat Hubble 1,6 Grad im Quadrat des Firmaments hochaufgelöst abgebildet – die achtfache Fläche des Vollmonds. Dies ist der bisher größte auf diese Weise vermessene Ausschnitt des Alls. Dabei ist eine Sammlung sehr detaillierter Bilder von einer halben Million Galaxien entstanden. Und weil die Gravitation der dunklen Materie das Licht dieser Sternsysteme ablenkt, konnten die Forscher aus der Gestalt der Galaxien auf die Verteilung der dunklen Materie schließen.

Die Methode, die sie dabei verwendeten, beruht auf dem schwachen Gravitationslinseneffekt. Der Effekt lässt sich durch eine einfache Analogie erklären: Wenn Licht durch eine Milchglasscheibe mit aufgerauter Oberfläche, wie zum Beispiel bei Badezimmerfenstern, fällt, wirft es ein charakteristisches Muster an die Wand. Dieses verrät, wie die Oberfläche des Glases strukturiert ist. Auf ganz



Wo sich dunkle Materie in dem Raumausschnitt ansammelt, den Hubble durchmustert hat, zeigen die hellblauen Flecken im unteren Teil des Bildes. Die drei oben gezeigten Schichten stellen das Universum zu verschiedenen Zeiten in der Vergangenheit dar.

ähnliche Weise haben die Astrophysiker aus der Gestalt der Galaxien die Verteilung der dunklen Materie bestimmt.

Doch nicht nur dunkle Materie, sondern auch baryonische Materie, wie zum Beispiel ein Stern oder eine Galaxie, lenkt das Licht ab. Ihre Masse lässt sich aber nicht nur mit Hilfe des Gravitationslinseneffektes, sondern auch aus ihrer Farbe und Entfernung bestimmen. Unter der Leitung von Günther Hasinger und seiner Gruppe am Max-Planck-Institut für extraterrestrische Physik wurde das COSMOS-Feld auch mit dem XMM-Newton-Teleskop der ESA durchmustert. Dieses misst die Röntgenstrahlung von heißem Gas im Universum, also die baryonische Materie, die sich an den Orten zusammenballt, wo besonders viel dunkle Materie vorhanden ist. Das von Alexis Finoguenov am Max-Planck-Institut für extraterrestrische Physik erstellte Röntgenbild hatte für das Kartografieprojekt einen besonderen Wert: Es bestätigte die Verteilung der baryonischen Materie unabhängig von den Messungen des Gravitationslinseneffektes und half damit, die verwendete Methode zu eichen.

Kontakt:
 DR. ALEXIS
 FINOGUENOV
 Max-Planck-Institut
 für extraterrestrische
 Physik, Garching
 Tel.: +49 89
 30000-3644
 Fax: +49 89
 30000-3569
 E-Mail: alexis@
 mpe.mpg.de

COMPUTERANIMATION: NASA, ESA UND R. MASSEY (CALIFORNIA INSTITUTE OF TECHNOLOGY)

HALBLEITERFORSCHUNG

Sparsam und flexibel

Ein Flachbildschirm, der sich aufrollen und in die Jackentasche stecken lässt – organische Transistoren mit niedrigem Energieverbrauch könnten das möglich machen. Wissenschaftler des Stuttgarter Max-Planck-Instituts für Festkörperforschung und der Universitäten Stuttgart und Erlangen haben jetzt komplementäre Schaltkreise aus organischen Transistoren aufgebaut, die sich durch kleine Versorgungsspannungen und geringe Leistungsaufnahme auszeichnen. Diese energiesparenden elektronischen Bauteile bestehen aus zwei unterschiedlichen Transistortypen. Die neuen organischen Elektronikbauteile lassen sich mit deutlich niedrigeren Spannungen betreiben als bisher bekannte organische Schaltkreise – Spannungen, wie sie gewöhnliche Haushaltsbatterien von 1.5 bis 3 Volt liefern. (NATURE 15. Februar 2007)

Transistoren aus organischen Materialien haben gegenüber üblichen Silizium-Transistoren einen Vorteil. Sie lassen sich auch auf flexiblen Oberflächen, wie etwa Kunststofffolien, aufbauen – für tragbare und mobile Geräte wären organische Schaltkreise somit ideal. Die organischen Transistoren hatten bislang allerdings auch einen großen Nachteil: Sie verbrauchten zu viel Energie. Nun haben Wissenschaftler energiesparende organische Schaltungen aus den luftstabilen organischen Verbindungen Pentacen und Hexadecafluoro-Kupferphthalocyanin konstruiert.

Dazu nutzten sie zwei Prinzipien: Zum einen verwendeten sie für den Transistor selbstorganisierende organische Monoschichten als Isolator. Als solche Schicht lagern sich bestimmte organische Verbindungen unter speziellen Bedingungen auf einem oberflächenaktiven Substrat an. Die Schicht besteht nur aus einer Lage der organischen Moleküle, ist also weniger als 3 Nanometer dick. Eine solche Monoschicht senkt die Betriebsspannung des Transistors, da diese direkt von der Dicke des Isolators abhängt. Zum anderen verknüpften die Wissenschaftler unterschiedliche Transistoren, nämlich p- und n-Kanal-Transistoren, zu komplementären Schaltkreisen.

Bei der komplementären Bauweise, die zwar für Silizium-Transistoren, aber nicht für organische Schaltkreise üblich ist, sperrt jeweils einer der beiden Transistoren den Stromfluss – eine Möglichkeit, um Energie zu sparen. „Durch die Kombination der komplementären Schaltungstechnik mit selbstorganisierenden organischen Monoschichten konnten wir die Versorgungsspannung auf das Niveau kleiner Batterien senken“, sagt Hagen Klauk, der Leiter Forschungsarbeiten am Max-Planck-Institut für Festkörperforschung.

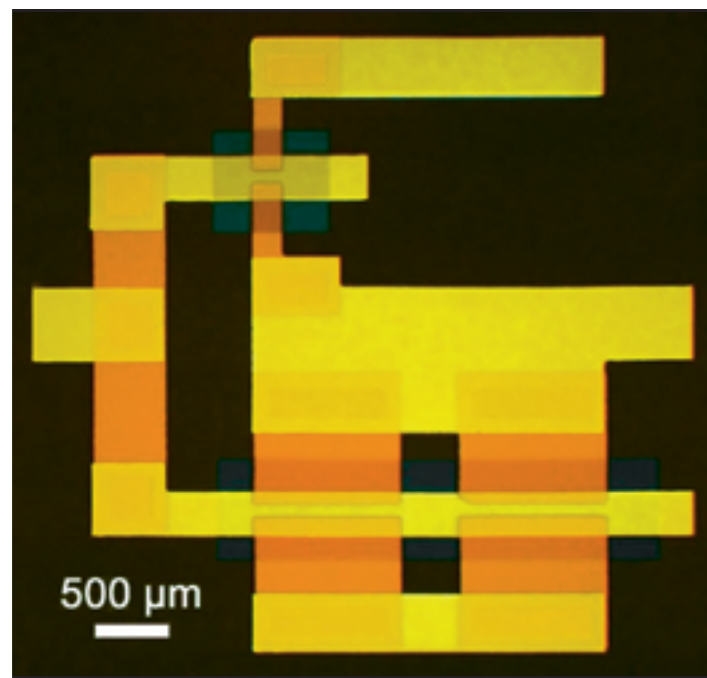
Die Forscher stellten unterschiedliche elektronische Schaltkreise her, nämlich komplementäre Inverter, NAND-Gatter und Ringoszillatoren. Und was besonders wichtig ist: Die verwendeten Materialien erlauben es, die Transistoren und Schaltungen bei Temperaturen bis maximal 90 Grad Celsius herzustellen. Eine solche für Elektronikbauteile relativ niedrige Temperatur ist nötig, falls

man auf flexible und transparente Kunststoffe als Substrat umsteigen will. Die Wissenschaftler demonstrierten, dass sich ihre Methode auch dafür eignet: Sie verwendeten den Kunststoff Polyethylenaphthalat (PEN), um darauf solche Transistoren aufzubauen.

„Silizium-Transistoren benötigen ein Substrat, das die hohen Temperaturen bei der Herstellung des Transistors verträgt. Demgegenüber können organische Transistoren bei Temperaturen unter 100 Grad Celsius hergestellt werden – man kann also Kunststoffe als Substrat verwenden. Diese sind flexibel und dennoch widerstandsfähig“, sagt Hagen Klauk.



@ Kontakt:
 DR. HAGEN KLAUK
 Max-Planck-Institut
 für Festkörperforschung, Stuttgart
 Tel.: +49 711 689-1401
 Fax: +49 711 689-1472
 E-Mail: H.Klauk@fkf.mpg.de



Hier rechnet auch der organische Schaltkreis energiesparend: Das Bild zeigt einen komplementären Inverter aus jeweils einem p- und n-Kanal-Transistor.

FOTO: MPI FÜR FESTKÖRPERFORSCHUNG

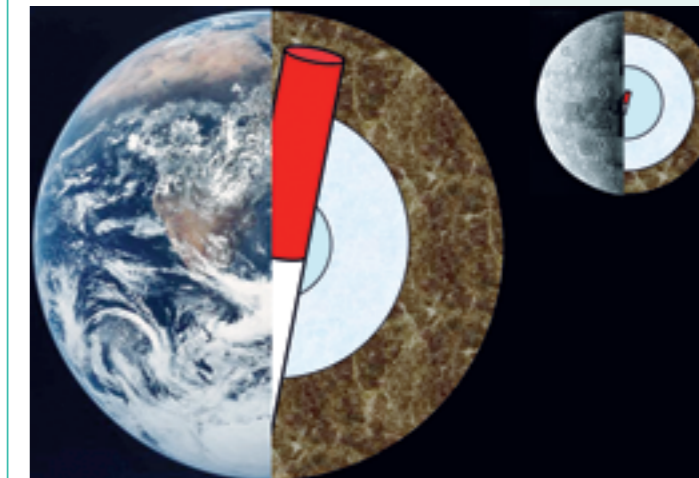
Panorama

MERKURS SCHWACHES MAGNETFELD gab bislang Rätsel auf: Theoretisch sollte es etwa ein Drittel der Stärke des irdischen Magnetfelds aufweisen, ist in der Tat aber hundertmal schwächer als das der Erde. Wissenschaftler am Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung in Katlenburg-Lindau haben jetzt ein Modell entwickelt, das diese Diskrepanz im Einklang mit der gängigen Theorie zur Entstehung planetarer Magnetfelder erklärt. Dieser Theorie zufolge erzeugt der glutflüssige, elektrisch leitende Eisenkern im Innern eines Planeten durch Rotation und interne Strömungen jeweils ein kräftiges Magnetfeld. Bei Merkur allerdings, so das neue Modell, arbeitet nicht der gesamte Eisenkern als Dynamo, sondern nur dessen zentraler Bereich, während die äußeren Regionen des Kerns eine stabile Temperaturschichtung aufweisen: Diese Schichtung unterbindet Strömungen und lässt nur einen Bruchteil des im Zentrum erzeugten Magnetfelds nach außen und an die Oberfläche des Planeten dringen. Zwei Raumsonden, eine amerikanische und eine europäisch-japanische, sollen in nächster Zeit auf Umlaufbahnen um den Merkur dessen Magnetfeld präzise vermessen und die Modellrechnungen der Max-Planck-Forscher überprüfen.

FADENWÜRMER ERSCHNUPPERN ihre Wirte mittels Geruchsneuronen, die in ihre Haut eingebettet sind: Obschon blind, spüren die nur einen Millimeter großen Nematoden auf diese Weise jeweils bestimmte Käfer auf, die ihnen zur Eiablage und danach ihren Larven als Kinderstube dienen. Dabei sprechen die Geruchsneuronen dieser Nematoden auf spezifische Sexuallockstoffe der Käfer an oder auf Substanzen der Pflanzen, die den Käfern als Nahrung dienen. Wie Wissenschaftler des Max-Planck-Instituts für Entwicklungsbiologie in Tübingen jetzt herausgefunden haben, stellt diese Fähigkeit von Fadenwürmern, die auf Käfer als Wirte spezialisiert sind – im Unterschied zu anderen, ihnen nahe verwandten, in Kompost lebenden Nematoden –, das Ergebnis einer besonderen evolutionären Anpassung dar: Ihre Geruchsneuronen wurden so umstrukturiert, dass sie spezifisch auf die Sexuallockstoffe oder Stoffwechselprodukte bestimmter Käfer ansprechen.

EIN ALTER SCHÄDEL LIEFERT neue Belege für die Theorie, dass der Ursprung des modernen Menschen südlich der Sahara in Afrika liegt. Ein internationales Team, darunter Forscher des Leipziger Max-Planck-Instituts für evolutionäre Anthropologie, konnte jetzt den sogenannten Hofmeyr-Schädel datieren, der vor mehr als 50 Jahren nahe der Stadt Hofmeyr in der südafrikanischen Provinz Ostkap gefunden wurde. Dabei wandten die Wissenschaftler eine neue Datierungsmethode an: Sie untersuchten, wie viel radioaktive Strahlung von den Sandkörnchen, die den Schädel aus-

füllten, absorbiert worden war – und kamen so auf ein Alter von etwa 36000 Jahren, entsprechend dem jüngeren Paläolithikum, also der Jungsteinzeit. Wie Vergleiche zeigten, unterscheidet sich der Hofmeyr-Schädel stark von den Schädeln der heute südlich der Sahara lebenden Menschen, ähnelt hingegen europäischen Funden aus dem



Planeten im Vergleich: Die Illustration zeigt die Eisenkerne von Erde und Merkur (der feste Teil ist hellblau, der flüssige weißlich) sowie deren Silikatmantel (braun). Die Größe des festen inneren Kerns von Merkur ist nicht genau bekannt. Das außerhalb der Planeten gemessene Magnetfeld ist durch maßstäblich angepasste Stabmagneten dargestellt.

oberen Paläolithikum. Diese Übereinstimmungen stützen die Befunde aus genetischen Analysen, wonach der moderne Mensch aus Afrika stammt und sich von dort aus – irgendwann im Paläolithikum – auf den Weg nach Eurasien gemacht hat.

MUTATIONSMUSTER KENNZEICHNEN Krebszellen und könnten künftig wertvolle diagnostische und therapeutische Hinweise liefern. Zu diesem Befund kam eine internationale Gruppe, darunter Wissenschaftler des Kölner Max-Planck-Instituts für neurologische Forschung, anhand von genetischen Analysen: Sie testeten dazu Tumorzellen von 1000 Patienten, die an unterschiedlichen Tumoren litten, auf mehr als 200 bekannte und häufige Mutationen in 17 sogenannten Tumorgenen – also solchen Genen, die durch Schreibfehler in der Sequenz ihrer Nukleotide zu Auslösern von Krebs werden. Wie sich dabei zeigte, lassen sich bestimmte Typen von Tumoren jeweils anhand charakteristischer Mutationen in den verschiedenen Tumorgenen unterscheiden und klassifizieren. Außerdem können solche genetischen Tumorprofile auch Hinweise darauf liefern, ob im einzelnen Fall ein bestimmtes Medikament wirksam ist oder nicht – was einen wichtigen Schritt hin zu einer gezielten und nebenwirkungsarmen Therapie bedeutet.

GRAFIK: MPI FÜR SONNENSYSTEMFORSCHUNG



www
 Mehr zu diesen Themen finden Sie unter www.maxplanck.de